

化 學 精 義

GENERAL CHEMISTRY

高 田 德 佐 著

張 資 模 譯

鄭 貞 文 鄭 尊 法 校 訂

中 華 民 國 廿 九 年 貳 月 拾 一 日 發 行

商 務 印 書 館 印 行
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.
SHANGHAI

1935

萬國原子量表

1935

元素名	符號	原子序數	原子量	元素名	符號	原子序數	原子量		
鋁	Aluminium	Al	13	26.97	鉬	Molybdenum	Mo	42	96.0
銻	Antimony	Sb	51	121.76	釷	Neodymium	Nd	60	144.27
氬	Argon	A	18	39.944	氖	Neon	Ne	10	20.183
砷	Arsenic	As	33	74.91	鎳	Nickel	Ni	28	58.69
鋇	Barium	Ba	56	137.36	氮	Nitrogen	N	7	14.008
鋱	Beryllium	Be	4	9.02	銱	Osmium	Os	76	191.5
鉍	Bismuth	Bi	83	209.00	氧	Oxygen	O	8	16.0000
硼	Boron	B	5	10.82	鈳	Palladium	Pd	46	106.7
溴	Bromine	Br	35	79.916	磷	Phosphorus	P	15	31.02
鎘	Cadmium	Cd	48	112.41	鉑	Platinum	Pt	78	195.23
鈣	Calcium	Ca	20	40.08	鉀	Potassium	K	19	39.096
碳	Carbon	C	6	12.00	鐳	Praseodymium	Pr	59	140.92
鈦	Cerium	Ce	58	140.13	鐳	Radium	Ra	88	225.97
銻	Cesium	Cs	55	132.91	釷	Radon	Rn	86	222.
鉀	Chlorine	Cl	17	35.457	錒	Rhenium	Re	75	186.31
鉻	Chromium	Cr	24	52.01	銩	Rhodium	Rh	45	102.91
鈷	Cobalt	Co	27	58.94	銩	Rubidium	Rb	37	85.44
鈷	Columbium	Cb	41	92.91	銩	Ruthenium	Ru	44	101.7
銅	Copper	Cu	29	63.57	釷	Samarium	Sm	62	105.43
鐳	Dysprosium	Dy	66	162.46	釷	Scandium	Sc	21	45.10
鐳	Erbium	Er	68	167.64	硒	Selenium	Se	34	78.96
鐳	Europium	Eu	63	152.0	矽	Silicon	Si	14	28.06
氟	Fluorine	F	9	19.00	銀	Silver	Ag	47	107.880
釷	Gadolinium	Gd	64	157.3	鈉	Sodium	Na	11	22.997
鎵	Gallium	Ga	31	69.72	銩	Strontium	Sr	38	87.63
鍮	Germanium	Ge	32	72.60	硫	Sulfur	S	16	32.06
金	Gold	Au	79	197.2	鎢	Tantalum	Ta	73	181.4
鈳	Hafnium	Hf	72	178.6	銩	Tellurium	Te	52	127.61
氦	Helium	He	2	4.002	鐳	Terbium	Tb	65	159.2
銩	Holmium	Ho	67	163.5	銩	Thallium	Tl	81	204.39
氫	Hydrogen	H	1	1.0078	鈳	Thorium	Th	90	232.12
銩	Indium	In	49	114.76	銩	Thulium	Tm	69	169.4
碘	Iodine	I	53	126.92	錫	Tin	Sn	50	118.70
銩	Iridium	Ir	77	193.1	鈦	Titanium	Ti	22	47.90
鐵	Iron	Fe	26	55.84	鎢	Tungsten	W	74	184.0
氬	Krypton	Kr	36	83.7	鈾	Uranium	U	92	238.14
銩	Lanthanum	La	57	138.92	釩	Vanadium	V	23	50.95
鉛	Lead	Pb	82	207.22	氙	Xenon	Xe	54	131.3
鋰	Lithium	Li	3	6.940	鐳	Ytterbium	Yb	70	173.04
鐳	Lutecium	Lu	71	175.0	鈾	Yttrium	Y	39	88.92
鎂	Magnesium	Mg	12	24.32	鋅	Zinc	Zn	30	65.38
錳	Manganese	Mn	25	54.93	銩	Zirconium	Zr	40	91.22
汞	Mercury	Hg	80	200.61					

緒 言

是書原名『理論實驗化學講義』，爲日本化學家高田德佐氏所手編。內容修潔，辭理條達，故出版以來，風行三島，不及十載，重版至七十餘次，亦可想見其價值之大，聲譽之著矣。譯者因感國內化學教本，近雖日益增多，然其補充用書，尙感缺乏，故亟爲譯出，以饗國人，茲述其大要如下：

1. 本書適合初級中學，或高級中學初年級學生，及應各專門學校入學試驗者之參考補習之用。
2. 本書敘述順序，以普通初中化學教科書爲準，即先於緒論中確立化學量之概念，次述非金屬，金屬及有機化合物。就中關於分類及排列法，尤特加精密之注意。
3. 取材以初中化物教科書之要目爲基本，稍加擴充，且用明確理論說明一切，務使首尾一貫，而無蕪雜之弊。
4. 因化學方程式能最明確的表示化學變化，故說明時力求兼用化學方程式。且各方程式中各物質之狀態及各該化學反應進行上之必要情況，亦一一於書中明示之。
5. 每節之終，常摘舉主要物質之製法，性質，用途及定義等而製爲一覽表，以便學者之記憶及查考。

6. 爲助學者確實理解化學起見,約編插二千問題,凡化學上各方面之問題,幾皆網羅無遺,且各題多附加解答,使初學者得有潛心領會之餘地.

7. 本書所譯化學上術語,悉本鄭貞文先生所著無機及有機化學命名草案,故極有系統.

8. 本書卷首附有最近萬國原子量表,卷末附有索引及譯名對照表各一,以便檢查.

譯者謹識.

目次

第一篇 化學通論

總說	1-5
----------	-----

第一部 簡單氣體

第一章 養氣 淡氣	6-22
第一節 養氣	6
第二節 淡氣 空氣	14
第二章 輕氣 水	23-38
第一節 輕氣	23
第二節 水	29
第三章 炭酸氣 一氧化碳	39-52
第一節 炭酸氣	39

第二節	一氧化碳	47
第四章	綠氣 氯化氫	53 63
第一節	綠氣	53
第二節	氯化氫	57
第五章	硃精 氯化銻	64 73
第一節	硃精	64
第二節	氯化銻	70
第六章	元素	74 78

第二部 化學量

第一章	諸定律	79 95
第一節	關於化學變化之定律	79
第二節	氣體之物理的定律	86
第二章	化學式	96 142
第一節	分子量 原子量 原子價	96
第二節	化學符號	106
第三節	化學方程式	120

第四節	分子 原子	134
-----	-------	-----

第二篇 非金屬

第一部 非金屬及其化合物

第一章	一價元素	143-173
第一節	輕氣	143
第二節	綠氣	146
第三節	溴	152
第四節	碘	157
第五節	氟	161
第六節	造鹽素之比較	165
第七節	特 根 示性式	168
第二章	二價元素	174-209
第一節	養氣	174
第二節	硫黃	180
第三節	硫化二氫 亞硫酸	188
第四節	硫酸	197
第三章	三價元素	210-248

第一節	淡 氣 矽 精 氮 之 氧 化 物	210
第二節	硝 酸	216
第三節	磷	223
第四節	磷 之 化 合 物	228
第五節	砷	233
第六節	銻	238
第七節	硼	243
第四章	四 價 元 素	249-279
第一節	碳	249
第二節	碳 之 化 合 物	257
第三節	煤 氣 焰	266
第四節	硅	275

第 二 部 溶 液

第一章	酸 鹽 基 鹽 中 和	280-304
第一節	酸 鹽 基 鹽	280
第二節	酸 定 量 鹼 定 量	292
第二章	溶 液 之 性 質	305-338
第一節	溶 液 之 濃 度	305

第二節	溶液之冰點與沸點	312
第三節	溶質之電離	315
第四節	溶液內之反應	323
第五節	溶質之電解	331
第三章	非金屬之摘要	339-347

第三篇 金屬

總說	348-351
----	---------

第一部 金屬之一

第一章	金族	352-364
第一節	金	352
第二節	鉑	359
第二章	銅族	365-394
第一節	銀	365
第二節	水銀	374
第三節	銅	381

第二部 金屬之二

第一章	鐵族	395-427
第一節	鐵	395
第二節	銻	412
第三節	錳	417
第四節	鎳 鈷	423
第二章	錫族	428-443
第一節	錫	428
第二節	鉛	432
第三節	鉍	441
第三章	鋅族 土族	444-470
第一節	鋅	444
第二節	鎂	451
第三節	鋁	456

第三部 金屬之三

第一章	鹼金族	471-499
第一節	鈣	471
第二節	鋇 鋇 鎊	489
第二章	鹼族	500-543
第一節	鉑	500
第二節	鉀	518
第三節	銻根	534

第四部 元素結論

第一章	金屬之摘要	544-563
第二章	元素之週期律	564-577

第四篇 有機化合物

緒說	578-580
----	---------

第一部 脂肪族化合物

第一章	碳化氫及其氧化物	581-616
第一節	碳化氫	581

第二節	醇類	591
第三節	醛類	606
第四節	醛類 酮類	611
第二章	有機酸及鹽	617-639
第一節	脂肪酸類	617
第二節	多鹽基酸類	626
第三節	鹽	632
第三章	碳水化合物	640-652
第一節	糖類	640
第二節	澱粉類	646

第二部 芳香族化合物

第一章	芳香族碳化氫及其誘導體	653-670
第一節	芳香族碳化氫	653
第二節	燐之誘導體	658
第三節	焦油腦綠油腦之誘導體	667
第二章	雜化合物	671-699
第一節	香精類	671

第二節 植物鹼類.....	675
第三節 蛋白質.....	679
第四節 有機化合物結論及雜問題.....	684
索引.....	700
譯名對照表.....	715

赤磷



黃磷



一氧化錳



三氧化二錳



一氧化鉛



鉛丹



二氧化鉛



三氧化二鉻



碘化錳



一硫化錳



鉻酸鉛



伯林青



綠青



群青



黃磷



三氧化金



茜素



苦味酸



藍靛



石蕊質



化學精義

第一篇 化學通論

總 說

1. 物質 ⁽¹⁾物,吾人有從物體 (Body) 之方面而觀察之者,有從物質 (Substance) 之方面而觀察之者。前者就物之形而言,如形狀及大小是,後者無關於其形,係指組織物之材料,即物之質也。如刀則指物體,鐵則指物質,故刀與鐵鉗,形異而質同,金盃銀盃,形同而質有金銀之別。

金,銀,銅,鐵等之金屬物質,水,空氣,碳酸氣等之非金屬物質,砂糖,澱粉,蛋白質等之動植物質,悉為化學上研究之材料。

2. 物質之性質 就一物質而應觀察之事項甚多,其主要者為

色,臭,味,比重,結晶形,融點,沸點,溶解度,熱傳導度,電導度,

等,在一定狀況⁽²⁾之下常一定不變。此等概稱為物質之性質。

物質之性質,斷非限於以上所舉數種,但其數,雖隨化學

(1) 化學上之所謂物者,必占有空間且有重量。 (2) 如溫度及壓力乃為狀況之一。

之進步而增加，然物質之研究上，實無一一詳知之必要。蓋吾人研究物質之性質，以區別物質為主。由吾人經驗上之觀察，凡二物質之性質，若有幾種皆精密一致時，則其他諸性質亦必一致無疑，故檢定物質時，僅求其足以區別之特性已足。

3. 物質之形態 融點及沸點，為物質之性質之一。物質隨溫度(並壓力)之高低，而成固體，液體，氣體三形態中之一。

固體 (Solid) 為有一定之形體及有一定之體積者，置之於平面上，能維持其形體而不變，且能保其各方向固有之境界面。

液體 (Liquid) 為無一定之形而有一定之體積者，置於平面上，則流動於四方，隨所容之器而變其形，只其上部保有固有之境界面(水平面)。

氣體 (Gas) 無一定之形且無一定之體積，不論盛之於如何大之器中，常能充滿，且各方面俱無固有之境界面。

一物質之形態，常隨溫度之增高，由固體經液體或由固體而直變為氣體，反之，隨溫度之降下，由氣體經液體或由氣體而直變為固體。但物質上除生或種變化時之外，決無因溫度之增加，由氣體變為液體或固體之事。⁽²⁾

4. 物質之變化 關於物質之變化大別有二：一為物理的變化 (Physical change)，一為化學的變化 (Chemical change)。

(1) 此事實稱為性質之定律。(2) 位於固體與液體間之形態，謂之粘體，如鉛狀之物質屬之，液體與氣體為連續的形態，並無中間體者。

(1) 化學的變化 改變物質特殊性質之變化,謂之化學的變化。如熱硫黃 (Sulphur) 於空氣中,則其特殊之色及形態等之諸性質,爲之一變,而發生與硫黃全不相同之有惡臭無色氣體。鎂 (Magnesium) 被燃時,則其銀白色且強韌之金屬,即變爲白色之粉末。鐵置於溼空氣中而生成與鐵全異之赤銹等,悉屬於此種變化。

(2) 物理的變化 不變物質之特殊性質之變化,謂之物理的變化。如擦硫黃於毛布上而使帶電,或熱之使融解,而仍不失其爲硫黃之性質;使鐵變爲磁石,或赤熱之,而仍不失其爲鐵之性質,故此皆屬於物理變化。

以上二種變化之中,物理的變化,每單獨發生,化學的變化則常伴物理的變化而起,如燃燒硫黃 (化學變化) 必先熔融 (物理變化) 是也。⁽¹⁾

(3) 物理的性質,化學的性質。物質之性質分爲二種:一爲當其特殊性質並未變化時得以觀察之性質,一爲當起化學的變化其特殊性質發生變化而成他物質時所表現之性質,前者爲物理的性質 (Physical property), 後者爲化學的性質 (Chemical property)。如 1 頁所列舉物質之性質,悉屬於物理的性質,鎂燃而成白色粉末,鐵之變爲黃赤色之銹,則屬於化學的性質。

(1) 物理變化與化學變化,有時甚難劃然區別之,如硫黃熔融且氣化時之變化是。

5. 化學 化學之目的如下:

(1) 研究一物質或數種物質相互間所起之化學變化,以發見支配其變化之定律。⁽¹⁾

(2) 闡明物質之性質,成分,製法,講求應用於人生之途。⁽²⁾
故學之者,須有周密之觀察思慮,與精確之記憶。

6. 摘要 物質

物體與物質	物體 (Body)……就物之形而分類之時之名。 物質 (Substance)……就物之實質而分類之時之名
物質之形態	固體 (Solid)……形與體積俱一定者。 液體 (Liquid)……形不定而體積一定者。 氣體 (Gas)……形與體積俱不定者。
物質之變化	物理的變化 (Physical change)……不變物質之特殊性質之變化。 化學的變化 (Chemical change)……改變物質之特殊性質之變化。
物質之性質	物理的性質 (Physical property)……物質不變其特殊性質時所得觀察之性質。 化學的性質 (Chemical property)……物質起化學變化時所表示之性質。
化學之目的	發見支配物質之化學變化之定律。 研究物質之性質,成分,製法,及用途。

7. 問題

1. 物體之數與物質之數孰多。

圖 一物質可以形成數種物體,故物質之數,少於物體之數遠甚,譬如

(1) 定律云者,乃所觀察之事實之總括也。(2) 應用化學中有工業化學,農業化學,生理化學,醫藥化學,衛生化學,裁判化學等。

由玻璃之一種物質,所製之物體如玻璃瓶,玻璃管,玻璃杯,玻璃板等不計其數。

2. 物理的變化與化學的變化,試舉例說明之。

3. 試舉發生化學的變化之諸種原因。

圖 化學的變化,由諸種能之作用而起,熱及電能,最易促進化學的變化,打擊及光能亦能促進某種化學的變化。

8. 實驗

(1) 試熱銅,鎂,白金,而觀察其化學的變化。

(2) 試以毛布摩擦硫黃使之帶電;又使之燃燒而察其變化。

第一部 簡單氣體

第一章 養氣 淡氣

第一節 養氣 (Oxygen)

1. 養氣之製法 強熱白色固體之氯酸鉀 (Potassium chlorate, 圖1) 則發生化學變化, 而變為養氣⁽¹⁾ 之氣體, 及氯化鉀 (Potassium chloride) 之固體。⁽²⁾

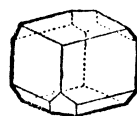


圖 1——氯酸鉀之結晶

若混以黑色粉末狀物質之二氧化錳 (Manganese dioxide, 約為前者四分之一量), 則雖在較前為低之溫度, 亦易發生養氣, 以二氧化錳能促進氯酸鉀之化學變化故也。發生之養氣, 可導於倒立水槽中之玻璃瓶口內而

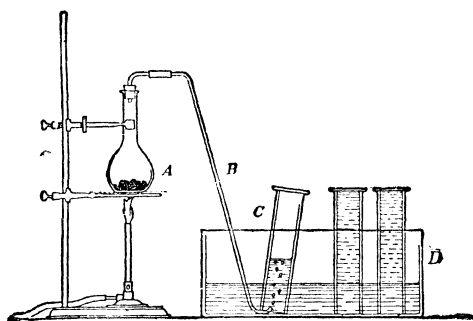


圖 2——熱氯酸鉀製養氣法

(1) 養氣為 1774 年 普利斯特利 (Priestley) 氏所發見, 英文養氣 (Oxygen) 之意, 為酸之母, 蓋誤認此物質, 為呈酸味物質之要素, 故名。其元素之學名為氧。(2) 此變化之化學方程式為 $2 \text{KClO}_3 = 3\text{O}_2 + 2\text{KCl}$

收取之(圖2)。此收取氣體之法,名爲向上置換法 (By the upward displacement),或名排水取氣法。

氣體貯蓄器 養氣或其他難溶於水之氣體,以貯於氣體貯蓄器 (Gas holder) 爲便,其裝置如圖3,通常爲銅製或鉛製之圓筒,具有A, B, C三活栓及D口一,但充以氣體時,先橫置其器,而開D口之塞,以水滿盛於圓筒F中,閉其A, B, C, D而後直立之,次開D口,插入氣體發生器之導管,則圓筒內之水與氣體相置換,又器內之氣體可開活栓A,使水槽G之水,流入圓筒F內,而從C口(或B)逐出之,E爲觀察圓筒內氣體分量之玻璃管。

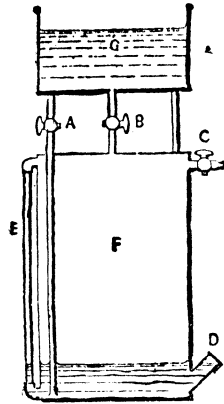


圖3——氣體貯蓄器

2. 養氣之物理的性質 養氣爲無色無臭無味之氣體,一⁽¹⁾升(Liter)重⁽²⁾1.429克,微溶解於水,此氣體若冷至極低溫度,則凝結而變爲淡青色之液體,⁽³⁾液態養氣之比重爲1.1(水之比重爲1.0時),沸點爲-180度,放置之則蒸發而復變爲氣體。

3. 養氣之化學的性質 養氣有助諸物質燃燒之特性,
(1) 燃燒於空氣中之物質,在養氣中不特燃燒更劇烈,且放強光,
(2) 又在空氣中難於支持其燃燒之物質,在養氣中仍

(1) 氣體之體積悉爲於溫度零度壓力760耗之狀況下所測定者,以後準此。(2) 此數值須記憶之。(3) 養氣爲難液化之氣體,至1877年批克推(Pictet)氏始液化之。

能持續燃燒。下之各實驗，爲證明此事實之例。

鑑識 將有殘燼之火柴梗插入於養氣中，則其殘燼能自行復燃，此爲鑑識⁽¹⁾養氣最要之法。

蠟燭之燃燒 插燭火於養氣中，其光益亮（圖 4），且蠟燭之熔解極速。由是可知養氣中之燃燒，烈於空氣中之燃燒。

炭之燃燒 木炭在養氣中，亦增其光而燃燒。其燃燒生成物，爲炭酐（Carbonic anhydride）之無色氣體，能將透明之石灰水變白濁色，故得而鑑識之。

硫黃之燃燒 插燃燒之硫黃於養氣中，則發生美麗鮮紫色之焰而燃，同時發生窒息性之有臭無色之亞硫酐（Sulphurous anhydride）氣體。此氣體，能使藍色石蕊質（Litmus）之水溶液，變爲赤色。

磷之燃燒 養氣中，磷之燃燒極劇烈，發眩目之光，而生白色之烟。此白烟，卽爲磷酐（Phosphoric anhydride），亦與亞硫酐同，有將藍色石蕊質水溶液變赤之特性。

鐵之燃燒 鐵強熱於空氣中，其表面僅變爲黑紫色而已，今將研磨之鋼鐵絲卷作螺旋狀，繫火柴梗於其下端，點火

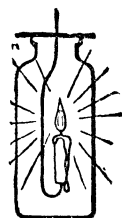


圖 4——養氣中
蠟燭之燃燒

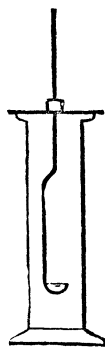


圖 5——炭、硫黃
等用之燃燒匙。

(1) 鑑識云者，乃鑑定物質之爲何物之謂也。

入於養氣中，則鐵如火花線香而燃，生不溶於水之氧化鐵 (Ferric oxide) 小塊，飛散瓶中 (圖 6)。

4. 化合與分解 由上實驗，磷燃於養氣中，則全然變其性質而成白色粉末狀之磷酐，同時養氣亦遭消失。如此二種或二種以上之物質結合，而另生一種新物質之化學變化，謂之化合 (Combination)。由化合所生之物質，謂之化合物 (Compound)。而化合時所需之原物質，稱為其化合物之成分 (Constituent)。例如磷酐，為養氣與磷所生之化合物，其成分即養氣與磷是也。又如上例凡參與化合之物質中之一為養氣時之化合，謂之氧化⁽¹⁾ (Oxidation)，其生成物為氧化物 (Oxide)。氧化鐵，磷酐等，悉為氧化物之例。

一物質變為二種或二種以上全然相異之物質之化學變化謂之分解⁽²⁾ (Decomposition)。養氣與鐵之化合物氧化鐵，雖不易分解，然若銻之氧化物名

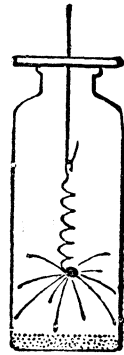
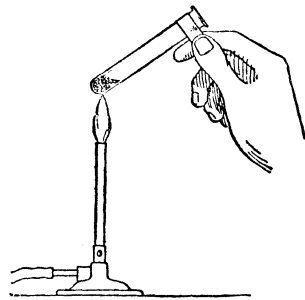


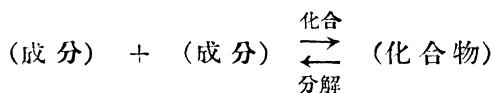
圖 6.—養氣中鐵之燃燒



7 圖——氧化銻之分解

(1) 氧化之意義更有用於廣義者(參照綠氣之章)。 (2) 化合物因與其成分之性質截然不同，故與混合物異。又分解因其生成物與原物質不同，故與分離有別。

一氧化錫者，則僅加強熱（圖 7），即能分解為其成分之養氣與水銀。前熱氯酸鉀以製取養氣，亦即利用氯酸鉀在高溫度容易分解為其成分之性質也。故化合與分解，可知其全為正反對之化學變化，即



化合與分解同時並起之化學變化，謂之複分解 (Double decomposition)。一般如化合或複分解等之物質間之化學變化，謂之反應 (Reaction)，而參與反應之物質中之既知物質，謂之試藥 (Reagent)。如蠟燭燃燒時，與養氣化合變為炭酐與水，為複分解之例。炭酐能使石灰水變白濁色，是此二物質相反應也，此時之石灰水即謂之試藥。

凡本身絲毫不變而能影響於共存之他物質之分解或化合等化學變化之速度之物質，謂之觸媒 (Catalyser)。觸媒之作用謂之接觸作用 (Catalysis)。如分解氯酸鉀時之二氧化錳之作用，為接觸作用之例，而二氧化錳，即觸媒也。故接觸作用，恰與抹油於機械，減去其摩擦，使得容易運轉之作用相同。

5. 氧化之種類 養氣與他物質化合之速，由其溫度之高低而異。凡物質之着火點⁽¹⁾ (Ignition-point)，各有一定之溫度，物質在養氣中（或在空氣中），保持其固有着火點以上之溫度時，則氧化進行極激，而發生多量之熱，其時將氧化之物質，

(1) 着火點：磷 60°C，硫黃 260°C，木炭 700°C。

或由氧化所生之物質，俱被灼熱以至發光。如斯物質當化合時之發熱與光之現象，謂之燃燒⁽¹⁾(Combustion)。由是吾人可知通常點火於欲燃燒之物質，即為使其熱至着火點以上。故着火點者，物質開始燃燒之最低溫度也。

若物質之溫度，常在其着火點以下時，則即使氧化，其發生之熱，非惟不能使物質熱至發光，且氧化作用，亦進行遲緩，此謂之緩慢氧化。如動物之呼吸，木材之腐朽，或鐵之生銹，悉屬於此種氧化。

6. 養氣之用途 養氣與輕氣(Hydrogen)，電石氣(Acetylene, 乙炔) 或醚(Ether)等化合，則能發生極高溫度之熱，故工業上廣用作熱源及光源，使用頗盛。因此常將養氣壓縮於 100 氣壓下而貯於鐵製之圓筒內(圖 8)。養氣亦有用於治呼吸困難之病者(圖 9)。

7. 養氣之所在 養氣之量，為諸元素中之最多者，其成遊離狀者，占空氣之重五分之一，成化合物之成分者，按重量計水有⁽²⁾ $\frac{8}{9}$ ，岩石，土壤有 $\frac{2}{3}$ ，植物有 $\frac{2}{5}$ ，動物有 $\frac{1}{5}$ 之氧，故其總量，實達存於地面之物質之全重量之半以上。

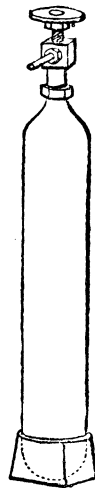


圖8——貯養器之圓筒

(1) 非氧化之燃燒見於後章綠氣之條。(2) 空氣中養氣之重量有 2×10^{15} 噸。

8. 摘要 養氣 一呎之重量爲1,429克(圖10);沸點 -182.5° ;融點 -227° ;臨界溫度 -119° ;溶解度爲常溫之水之 $\frac{1}{35}$ 體積。

所 在	製 法	性 質	用 途
空氣之1/5體積,水之8/9重量,岩石土壤之1/5乃至2/3重量。	熱氯酸鉀,藉二氧化錳之接觸作用而分解之,蒸發液體空氣而除去其淡氣。	無色無臭無味之氣體,在高溫度與他物質劇烈化合。	熱源,光源,醫藥用,硫酸製造用。

定 義

化合(Combination)	由二種以上之物質生成一種新物質之變化,謂之化合。
分解(Decomposition)	由一種物質而生二種以上之新物質之變化,謂之分解。
複分解(Double decomposition)	化合與分解同時並起之變化,謂之複分解。
化合物(Compound)	由化合而生之物質,或可分解之物質,謂之化合物。
成分(Constituent)	化合時所供給之原物質或由分解而生之物質,謂之化合物之成分。
氧化(Oxidation) 氧化物(Oxide)	物質與養氣化合之化學變化爲氧化,其生成物謂之氧化物。
觸媒(Catalyser) 接觸作用(Catalysis)	本身絲毫不變而能影響於他物質之化學變化之速度之物質,謂之觸媒,其作用謂之接觸作用。
燃燒(Combustion) 着火點(Ignition point)	物質發熱與光而化合者,謂之燃燒,物質開始燃燒之溫度(或支持燃燒所須之最低溫度)謂之着火點。
反應(Reaction) 試藥(Reagent)	物質間所起之化學變化,稱爲其間之反應(廣義)。使認知物質存在之變化謂之反應(狹義)。使起反應之物質謂之試藥。

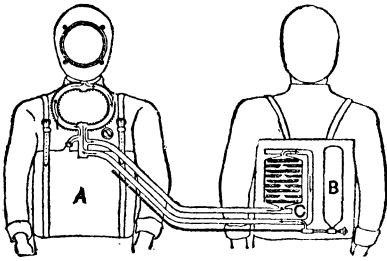


圖 9——養氣救命器 (1)

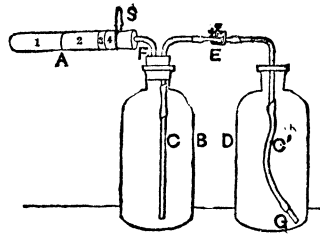


圖 10——量養氣1呎之重量器 (2)

9. 問題

1. 試述養氣之製法,性質,及用途.

2. 取氯酸鉀或一氧化錒 100 克熱之問可得養氣幾呎.但養氣 16 克,需氯酸鉀 41 克或一氧化錒 216 克.

圖 由氯酸鉀所得養氣之量為 $100 \times \frac{16}{41}$ 克, 因養氣 1.4291 克之體積為 1 呎. 故其體積為 $100 \times \frac{16}{41} \text{ 克} \div 1.429 \text{ 克} = 27.3$ 呎.

依同一的理由,由一氧化錒可得 $100 \times \frac{16}{216} \times \frac{1}{1.429} = 5.2$ (呎)

答 2.73 呎, 5.2 呎.

3. 盛於容積 10 呎之氣體貯藏器中之養氣,問需氯酸鉀幾克方能得之.

圖 由氯酸鉀 41 克可得養氣 16 克, 即 $16 \div 1.429 = 11.2$ 呎.

故欲得 10 呎的養氣,所需氯酸鉀的重量如下:

$$41 \text{ 克} \times \frac{10}{11.2} = 36.6 \text{ 克} \dots\dots\dots(\text{答}).$$

(1) 兜係革製有雲母窗, 連接於呼吸囊 A, B 為盛壓榨空氣之圓筒, 有瓣以調整送入於 A 之養氣. C 中貯有苛性鉀之塊. 以吸收呼氣中之炭酸氣與水分, 使養氣變為純粹, 再適於呼吸. (2) 貯氯酸鉀與二氧化錒於 A 之 1, 氯化鈣於 3, 玻璃屑於 2, 4, 若熱 A, 則發生之養氣, 押出 B 內之水至 D, 故可測其水之體積, 以與 A 所減之重量相比較.

10. 實驗

(1) 試用氯酸鉀及二氧化錳製取養氣，以試本節的實驗。

(2) 盛氧化錳於試驗管中強熱後，用火柴餘燼置入其中，以鑑別養氣，並觀察試驗管所析出的水銀如何。

(3) 取一定量之氯酸鉀置於試管中，加熱，使發生的養氣和水置換，此時試測驅出之水之體積，且算出養氣 22.4 升的重量。

第二節 淡氣 (Nitrogen) 空氣 (Air)

1. 淡氣之製法 養氣與磷化合，生易溶於水之稱為磷

酞之白色固體，故燃磷於密閉之玻璃瓶中，以除去其空氣中之養氣(圖 11)，則可得淡氣。⁽¹⁾

但如上所製取之淡氣，非純粹之淡氣，尚有空氣中其他氣體雜存其間，故欲得純粹之氣體，須將亞硝酸鈉

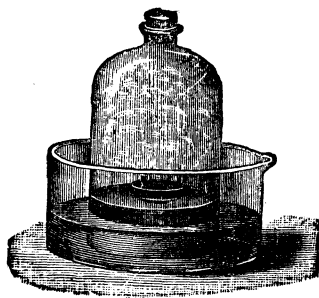


圖 11——燃磷於一定體積之空氣中以除去其養氣

(Sodium nitrite) 與氯化銻 (Ammonium chloride) (悉為白色之結晶) 之混合物熱之⁽²⁾方可。至其發生之淡氣，亦與養氣同，可在水中收集之。

(1) 淡氣不能支持動物之呼吸且能令窒息而死故名。拉瓦節 (Lavoisier) 氏名之以 Azoté，意即不助生命之謂，其元素之學名為氮。

(2) $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$

2. 淡氣之物理的性質 淡氣爲無色無臭無味之氣體，較養氣稍輕，對於水之溶解度，體積上不及養氣之半。

淡氣冷至 -196°C . 之低溫度，則變爲比重 0.8 之無色液體，更冷降二十度，則成冰狀之固體。

然如欲淡氣在其沸點，即 -196°C . 以上之溫度液化時，必需壓縮之，如在 -146°C . 時應加之壓力，則爲 35 氣壓是。若其溫度高於 -146°C . 時，即加任何之強壓，亦只生濃厚之氣體，決不變爲液體也。如斯氣體之得液化與不能液化之界限溫度，每一物質各有一定之值，此時之溫度，謂之臨界溫度 (Critical temperature)，在臨界溫度適足以液化氣體之壓力，謂之臨界壓力 (Critical pressure)。此二值在淡氣爲 -145°C . 與 35 氣壓，而養氣則爲 -119°C . 與 51 氣壓。

3. 淡氣之化學的性質 淡氣與養氣異，其化合力甚鈍，在普通之高溫度，不易與他物質化合，又對於鑑識他種氣體所用之試藥，亦不呈何等反應。既不能自燃，亦無助他物燃燒之力，且因其無特殊之反應，故可與他氣體相區別。

淡氣之化學的性質，雖如是不活潑，但決非缺乏化合力。如於甚高溫度，淡氣能與鎂化合而生氮化鎂 (Magnesium nitride) 之固體，與養氣化合而生氧化氮 (Nitric oxide) 之氣體，又能爲碳化鈣 (Calcium carbide) 之固體所吸收。⁽¹⁾

(1) 硝酸鹽 (Nitrate)，銨鹽 (Ammonium salt)，蛋白質 (Protein) 等，爲主要之氮化合物。

4. 淡氣之用途 淡氣為肥料之成分上必不可缺之物質,今日多製成氧化氮或使其吸收於碳化鈣,以供肥料之製造。

5. 淡氣之所在 淡氣以其化合力弱,故多遊離存在,占空氣體積五分之四,但為生物或礦物之成分者亦不少。

6. 空氣之組成 空氣為養氣與淡氣混合而成,但其成分,隨時隨地略有差異,茲舉其配合之概數如下。

	體 積 (%)	重 量 (%)
養 氣	21.0	23.2
淡 氣	78.1	75.5
氮	0.9	1.3

(1) **氬** ⁽¹⁾ (Argon), 為無色氣體,僅占空氣之百分之一,有淡氣之1.5倍之密度,全無與他物質化合之性,故以強熱之鎂,入於除去養氣之空氣中,使與淡氣化合而生氮化鎂,可製取氬氣

(2) **微量之成分** 組織空氣之氣體,除養氣,淡氣及氬之外,尚含有極微量之氖 (Neon), 氙 (Krypton), 氙 (Xenon), 氦 (Helium), 諸氣體。⁽²⁾ 亦悉與氬同,無與他物質相化合之性。

(1) 氬為拉姆則 (Ramsay) 氏於1894年即氏之四十歲所發見者,此名稱是怠惰者之意。(2) 氖 (新之意) 占空氣中十萬分之一體積,氙 (藏之意) 占二十萬分之一體積,氙 (太陽之意) 占五十萬分之一體積,氙 (新客之意) 占二億分之一體積,又空氣中尚含有極微量之放射性 (Emanation) 之氣體名氣 (Niton)。

空氣，又常夾雜有少量之碳酸氣，及水蒸氣之氣體，並多量之塵埃。⁽¹⁾

7. 空氣之物理的性質 空氣為混合物，故兼有其主成分之養氣及淡氣之性質，即無色無臭無味，其 1 呎重 1.293 克，溶解於 56 呎之水中。

空氣使冷至極點，則成為比重 0.8 之淡青色液體，放置之，則最先蒸發者，為低沸點之淡氣，而殘留純粹之液態養氣，次液態養氣亦逐漸蒸發而去。

因此，液態空氣，可供液態養氣之製取，爆發劑 (Explosive-agent) 之製造等用，又蒸發時，常吸收氣化熱，而冷却他物質，故可供甚低溫度之寒劑用，以為學術上研究低溫度時物質之性質之用。⁽²⁾

8. 氣體之液化 一般氣體若壓縮於其臨界溫度以下時，雖悉變為液體，但養氣及淡氣之氣體，其臨界溫度甚低，遙在普通寒

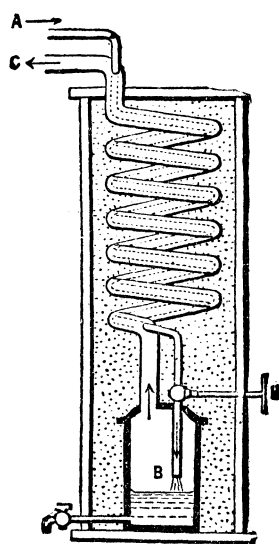


圖 12——液化空氣之裝置

(1) 碳酸氣之含有量為一萬分之四體積，水蒸氣為百分之一體積內外。(2) 注以液態空氣之物體，則冷至 -100°C . 以下，在此低溫度其物體之性質大生變化，如酒精水銀之液體，當然變為固體，若橡皮則全失其彈性。

劑所能達到之點之範圍外，故欲冷却之，須利用氣體當膨脹時其溫度自然降下之特性，徵之實驗，凡氣體不問其種類為何，其體積若膨脹至原體積之四倍時，則溫度約降下一度，故將強壓之氣體，令通過小孔而噴出於大氣中，則其溫度大為降下（用200氣壓者約可降下五十度），此壓縮與噴出之操作若反覆行之，則氣體之溫度，逐漸下降，終通過其固有之臨界溫度，而達於沸點，至是即不再加壓力（即祇用大氣之壓力），亦得變為液態矣。液態空氣基此原理，可由圖12之裝置而製之。

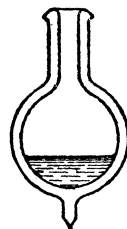


圖 18——德斐氏
瓶(溶液狀空氣)

9. 空氣之化學的性質 空氣中之燃燒——起於空氣中之燃燒，為可燃物與空氣中之養氣間之反應，較之在純養氣中遲緩者，蓋基於下之二原因也。

- (1) 養氣之濃度（即一定體積中養氣之量）小。
- (2) 燃燒時溫度低。

即空氣中之養氣，為其體積之四倍之淡氣所稀薄，且由可燃物與養氣化合所發生之熱，除供給參加其化合之物質外，更為毫與化合無關之多量淡氣所消費故也。

組織之測定——欲精密測定空氣中養氣與淡氣之體

(1) 在壓榨唧筒內將壓榨於約200氣壓之空氣送於A管，A管先為冰與食鹽所冷，次更為由B中所發之冷空氣C所冷却，故其內之空氣之溫度極低，由是開H塞時，空氣向B器中噴出，同時益冷却而成液體，B器內即液態空氣也。

積,如(圖 14),取容有一定體積之空氣之測氣管 (Eudiometer) 倒立於水中,以黃磷之小片插入管內,數小時後,養氣徐徐變為磷酐 P_2O_5 而溶解於水,由此可知此際所消費之體積與殘留之體積,換言之,即可求得養氣與淡氣之體積比.其值,即如前述為 21 : 79 是也.

空氣為混合物——空氣為養氣與淡氣所混合而成者,由次之事實可以闡明之.

(1) 化合物之性質,與其成分之性質異,而空氣則保有其成分之養氣及淡氣之固有性,其比重,溶解度,液態空氣之性質,以及對於燃燒之性質等,悉皆與由其成分之比所定之平均值相一致.

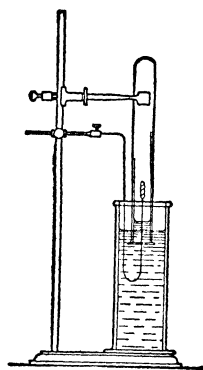


圖 14——定空氣之體積組成

(2) 氣體化合時,其成分之體積比常一定,且其比,常為簡單之整數比,然空氣之主成分養氣與淡氣之體積比,不特隨時隨地,並無一定,且亦不成簡單之整數比.

10. 摘要 淡氣 一併之重量為 1.25 克, 臨界溫度 $-146^{\circ}C$. 沸點 $-196^{\circ}C$. 度, 溶解度為常溫之水之 $\frac{1}{65}$ 體積.

所 在	製 法	性 質	用 途
空氣之 $\frac{4}{5}$ 體積. 動物, 礦物之成分.	除去空氣中之養氣, 熱亞硝酸鈉與氯化銻.	化合力鈍弱, 在甚高溫度與鎂, 養氣, 碳化鈣化合, 與 $\frac{1}{4}$ 體積之養氣混合而成空氣.	肥料之製造.

11. 問題

1. 空氣之組成,試略述之.
2. 工業的由空氣取出養氣及淡氣之方法如何.
3. 試證明空氣為混合物之故.

圖 由本文第19頁已可明瞭,今又得述之如下:

- (1) 空氣中所含的養氣與淡氣之比,非一定不變的.
- (2) 溶解於水中之空氣之組成與在中之空氣不同.
- (3) 空氣中之養氣與淡氣各保其固有的性質.

(4) 將養氣與淡氣相混,則得與空氣同性質之氣體,此時不呈化合的現象如發熱及增加體積等事.

- (5) 液體空氣中之淡氣容易氣化逸去而養氣存留.

4. 用養氣,淡氣,氫之密度,試由空氣之體積組成而計算其重量組成.

圖 養氣,淡氣,氫1呎之重量各為1.43克,1.25克,1.78克.故空氣單位體積中所含之重量如下:

	養 氣	淡 氣	氫	
	1.43×21.0	1.25×78.1	1.78×0.9	
∴ 養氣	$100 \times \frac{1.43 \times 21.0}{1.43 \times 21.0 + 1.25 \times 78.1 + 1.78 \times 0.9}$			$= 23.2\%$
淡氣	$100 \times \frac{1.25 \times 78.1}{1.43 \times 21.0 + 1.25 \times 78.1 + 1.78 \times 0.9}$			$= 75.5\%$
氫	$100 \times \frac{1.78 \times 0.9}{1.43 \times 21.0 + 1.25 \times 78.1 + 1.78 \times 0.9}$			$= 1.3\%$
	答養氣 23.2% 淡氣 75.5% 氫 1.3%			

5. 試求空氣216立尺所含各成分之體積.

圖 由空氣之體積組成得

$$\text{養氣} \cdots 216 \text{ 立尺} \times 0.210 = 45.4 \text{ 立尺}$$

淡氣……216 立尺 $\times 0.781 = 168.7$ 立尺

氫……… 216 立尺 $\times 0.009 = 1.9$ 立尺

答養氣 45.4 立尺，淡氣 168.7 立尺，氫 1.9 立尺。

6. 試由養氣及淡氣之密度，求空氣之密度。

圖 養氣，淡氣之密度每 1 呎各為 1.43 克及 1.25 克空氣體積的組成為養氣 1 分淡氣 4 分故空氣之密度每 1 呎為 x 克則得關係如下：

$$1.43 \text{ 克} \times 1 + 1.25 \text{ 克} \times 4 = x \text{ 克} \times (1+4)$$

$$\therefore x = 1.29 \text{ 克} \quad \text{答 } 1.29 \text{ 克。}$$

7. 溶解於水之空氣之組成，在體積上，為淡氣 65 與養氣 35 之比，試比較此二氣體溶解於水之程度。

圖 空氣體積之組成，對於淡氣 79，養氣如為 21 時，則對於淡氣 65 體積時，養氣當為 $65 \times \frac{21}{79} = 16$ 體積。然在水中對於 65 體積之淡氣溶有 35 體積之養氣，故約達於空氣中養氣體積即 16 體積之二倍。故養氣比較淡氣易溶於水之程度約為二倍。

8. 試由養氣及淡氣之溶解度，計算空氣之溶解度。

圖 養氣，淡氣，空氣各 1 呎各溶解於 35 呎，65 呎， x 呎之水中，故得關係如下：

$$\frac{1}{35} \times \frac{1}{5} \quad + \quad \frac{1}{65} \times \frac{4}{5} \quad = \quad \frac{1}{x}$$

溶於 1 呎水中之養氣 溶於 1 呎水中之淡氣 溶於 1 呎水中之空氣

$$\therefore x = 55 \text{ 呎} \quad \text{答 } 55 \text{ 呎。}$$

12. 實驗

(1) 置極少量之黃磷於試管中，密施木塞，略微加熱，使之燃燒後，於水中去塞，由浸入於試管內之水之高度試定空氣之組成。

(2) 於上之實驗,試驗存留於管內之淡氣不能支持燃燒,及不能使石灰水生白濁之事實。

(3) 如力所及試行(圖14)之實驗正確決定空氣之組成。

第二章 輕氣水

第一節 輕氣(Hydrogen)

1. 輕氣之製法 取某金屬,浸於某種稱爲酸之輕氣化

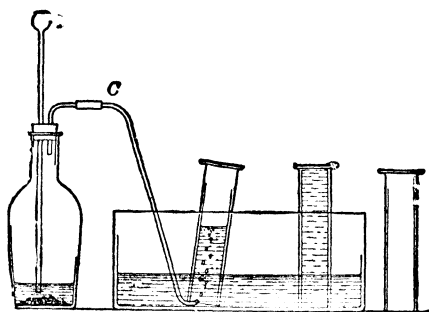


圖 15——浸鋅於硫酸中而製輕氣

合物中時,其成分之氫爲金屬所逐而成遊離輕氣,⁽¹⁾通常所用之酸爲用五倍重量之水稀釋之硫酸(Sulphuric acid),金屬則用鋅(Zinc).⁽²⁾發生之輕氣須於水中收取之(圖 15)。

2. 輕氣之物理的性質 輕氣亦與養氣淡氣同爲無色無臭無味之氣體,⁽³⁾難溶於水,此物質之特性,爲諸物質中之最

(1) 輕氣爲約 300 年前巴拉塞爾士氏(Paracelsus)所發見,其元素之學名爲氫。(2) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ 製取時鋅面之變爲黑色者,因夾雜於鋅中之鉛之細粒爲所析出故也。(3) 發生之輕氣常因含於鋅中之不純物而有帶臭氣者。

輕者,每蚌之重量,僅有 0.09 克,約等於空氣密度十四分之一。

故在空氣中,每蚌有

$$1.29 \text{ 克} - 0.09 \text{ 克}$$

(空氣之重量) (輕氣之重量)

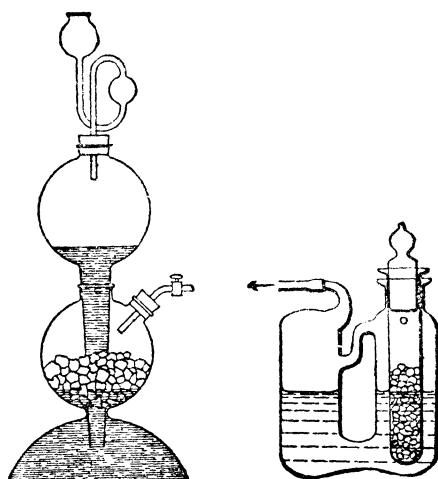
$$= 1.20 \text{ 克之浮力。}$$

輕氣吹成之肥皂球,能上昇於空氣中極速者以此。

將盛輕氣之瓶倒轉,而以空瓶緊合其下(圖 17),則輕氣漸漸滲入下瓶之上層空氣中,空氣亦漸

漸滲入上瓶之下層輕氣中,終成勻和散佈之混合氣體。此異種氣體互相滲入他氣體中之現象,謂之氣體之擴散(Diffusion)。

輕氣擴散之速,用下之實驗得易與其他氣體比較。今將多孔質圓筒(Porous-cell)與玻璃管相連而倒立之於水中,以盛輕氣之燒杯(Beaker)蓋覆此圓筒之上(圖 18),則在管之下端發生氣泡,所以證明輕氣之



(啓善裝置)

(G.C.式發生器)

圖 19.——使固體與液體相作用而得隨時製氣體之裝置(1)

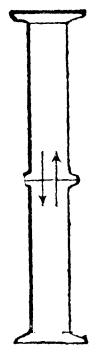


圖 17——上層輕氣擴散於下層空氣中

(1) 啓善裝置,開活塞即可得其氣體, G. C. 式發生器,由圖之位置,將器向左迴轉九十度(即傾倒),即得阻氣體之發生。

急速滲入圓筒內，次除去燒杯，則水反對昇入玻璃管中，以示前滲入之輕氣之急速流出也。於此，知輕氣擴散之速度⁽¹⁾大於空氣，而一般氣體愈輕，則擴散之速度愈大。

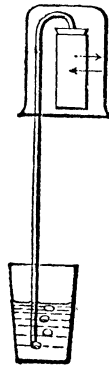


圖 18——表示輕氣擴散於多孔質陶器內之空氣中之速

輕氣之臨界溫度，雖在 -242°C . 之低溫度，然現今亦得液化之。液態輕氣，為無色液體，其重量僅為水之 $\frac{7}{100}$ ，若於低壓之下蒸發之，則一部結冰而變為固體。固態輕氣如冰，為無色之固體，其融點較所視為寒冷之極度之最低溫度（即 -273°C .），僅高十四度云。

3. 輕氣之化學的性質 輕氣之特性，為在高溫度易與諸物質化合。今取盛輕氣之圓筒，以燭火送入其內，則輕氣在圓筒之口發微青色之焰而燃，而燭火則熄滅（圖 19 左）。因輕氣易與養氣化合，而不與蠟（此為易與養氣化合之物質）化合故也。

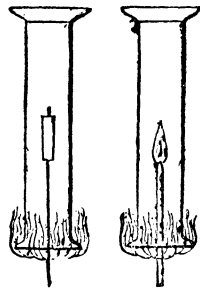


圖 19——輕氣中燭火之滅熄(左)及養氣之燃燒(右)

依此實驗，輕氣似為可燃性之物質，而非助燃性者。但點火於盛輕氣之圓筒口，將養氣流出管徐徐插入輕氣

(1) 輕氣擴散之速度約四倍於空氣。(2) 輕氣之焰，有因玻璃之成分而帶黃色者。

中時，則管端生焰(圖 19 右)，而養氣燃燒於輕氣中。故可燃物與助燃物云者，為吾人從在空氣中之燃燒之見地而便宜上所定之名稱，在化學上之嚴密的意義，此二語，固不得而區別之也。

輕氣之焰，光度雖微，而溫度極高，若養氣之供給充足，可超過 2000 度以上。其所用之裝置，謂之氫氧吹管 (Oxyhydrogen blow pipe 圖 20)，為金屬製之二重管，外管通輕氣，以火燃之，

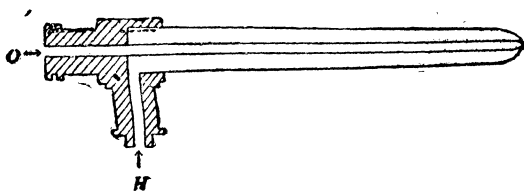


圖 20.——氫氧吹管

次通入養氣於內管時，則輕氣焰縮小，而溫度同時增高。此謂之氫氧焰 (Oxyhydrogen flame)。試以白金線插於此焰中，即白熾而熔融，鐵線則散火花而燃燒，如石灰之難熔金屬氧化物亦為所強熱而放烈光。

但點火於輕氣與養氣(或空氣)之混合物時，即發生猛烈之炸裂。此因容器內之輕氣同時氧化，其所生多量之熱，熱其氧化生成物，而急激膨脹故也。

(1) 輕氣一克之燃燒熱足使水一呎之溫度上昇三十五度。燭火之溫度則為 1000 度內外。(2) 輕氣焰之縮小，不特燃燒其流出之輕氣所要之養氣之體積為空氣體積之五分之一已足，且輕氣與養氣混合均勻而燃燒可及於焰之全部故也。

輕氣之燃燒生成物(即氧化物)爲水,此可由輕氣燃燒時,在玻璃器側壁所生之水露證明之,或以冷玻璃器覆蓋輕氣焰上,亦得收取之。

輕氣不特可以與遊離養氣化合,且能與其他化合物之成分之氧化合而生水,而氧化物失去其氧,復成原物質,如輕氣與灼熱之氧化鐵相遇,即奪其中之氧而成水,而氧化鐵則以失去其氧之故,復爲原有之鐵,此氧化物失去其氧之化學變化謂之還原⁽¹⁾(Reduction),使起還原之物質,謂之還原劑(Reducing agent) 輕氣,即爲重要還原劑之一。

4. 輕氣之所在,用途 輕氣在空氣中極少,水及生物體之成分中,則爲量極夥。

輕氣之工業的製法,多將水分解而製之,(1)利用其比重之小,而供飛行氣球之用,(2)因氧化之際,發生高溫度之故,製爲氫氧焰,以供水晶或或白金之融解,鐵板之切斷,幻燈之光源等之用,(3)爲金屬氧化物之還原用。

5. 化學變化之速度與溫度之關係 一般單位時間化學的變化之物質之量,即化學變化之速度,在高溫度則大,在低溫度則小,但在常溫附近時,溫度每上升十度,其速度常多增加二倍乃至三倍,今假定爲二倍,則在零度時一晝夜,可以終結之變化,則在100度時,當爲一晝夜之 2^{10} 之一,即僅1.5分

(1) 甲物質 + 養氣 → 氧化物……氧化
氧化物 - 養氣 → 甲物質……還元

已足。至1000度。則爲一晝夜之 2^{100} 之一，而瞬時間即可終結矣。故在高溫度易於發生如燃燒等之化學變化，在低溫度時則全似停止者，實其變化過於緩慢，不能察覺耳，如氫酸鉀之分解，實驗上及種種化學工業上使用火力，悉基於此理。

6. 摘要 輕氣 一呎之重量爲0.09克，沸點 -252.5°C ，融點 -259°C ，臨界溫度 -242°C 。

所 在	製 法	性 質	用 途
占水之九分之一之重量	使金屬之鋅與硫酸中之氫置換而得(將水分解)。	1. 物質中比重之最輕者。 2. 在高溫度與養氣(遊離狀及化合狀)化合。	1. 氣球用 2. 氫氧焰用 3. 還原劑

定 義

擴散 (Diffusion)	異種氣體相互滲入於他氣體中之現象之謂。
還原 (Reduction)	氧化物失其氧之全部或一部之化學變化之謂。使起還原之物質，謂之還原劑(狹義) (廣義之定義參照下篇銅族之章)。

7. 問題

1. 輕氣之三種製法及其性質如何?
2. 試說明還原及還原劑。
3. 8000立呎之飛行船之氣囊，盛以輕氣，問需鋅及稀硫酸各若干。但用鋅65克及硫酸98克能發生輕氣2克，又所用之稀硫酸，乃曾爲三倍量之水所稀釋者，又此輕氣之浮力如何?

圖 輕氣1呎之重量爲0.09克，因1立呎 = 1000呎。

故欲充滿此氣囊時所需輕氣之重量爲 $0.09 \text{ 克} \times 8000 \times 1.000 = 720 \text{ 尙}$ 。

故 鋅之重量 $= 720 \text{ 尙} \times \frac{65}{2} = 23000 \text{ 尙}$ 。

稀硫酸之重量 $= 720 \text{ 尙} \times \frac{98}{2} \times 4 = 140000 \text{ 尙}$ 。

1 尙輕氣之浮力爲 1.2 克，故 8000 立呎之浮力如次。

$1.2 \text{ 克} \times 8000 \times 1000 = 9.6 \times 10^7 \text{ 克}$ (約 10 噸)。

答 鋅 23000 尙，稀硫酸 140000 尙，浮力 10 噸。

4. 問燃燒 5 呎之輕氣於空氣中，則生幾克之水。

圖 5 呎輕氣與其半容量即 2.5 呎之養氣化合，故所生水之重量如下：

$0.09 \text{ 克} \times 5 + 1.43 \text{ 克} \times 2.5 = 4.03 \text{ 克}$ 答 4.03 克。

8. 實驗

(1) 試由稀硫酸及鋅製輕氣於水上捕集之。

(2) 觀察上製之輕氣之物理的性狀，且試驗其有可燃性而無助燃性，

並注意此時生水之事實。

(3) 用輕氣吹成石鹼球使之上昇。

(4) 送輕氣於用空氣所吹成之石鹼球點火驗其爆發。

(5) 試作氫氧焰插入鐵線，白金線及石灰以察其變化。

第二節 水 (Water)

1. 水之所在 水有固體，液體，氣體之三態，天然間其量極夥。液態之水，占地面五分之四，固態之水，存於極寒之地，氣態之水，則混合於大氣中，其含於動植物質中者亦不尠。

2. 水之精製 存於天然間之水，殆無純粹者，常混夾有

多少不純物。此不純物可別爲二。

(1) 爲固體而浮遊於水中者。

(2) 溶解而混於水中者。

濾過 水中之固形物，常用不能使其漏過之細孔除去之，此操作，謂之濾過 (Filtration)。其細孔，在實驗室用濾紙 (Filter paper)，淨水工場，則用砂層。

濾紙，爲堅韌纖維所製之白紙，取其已切爲圓形者，疊爲四分圓，擴爲圓錐形，密貼於漏斗⁽¹⁾ (Funnel) 上 (圖 21)，以不純之水注於其上而濾過之。此時，

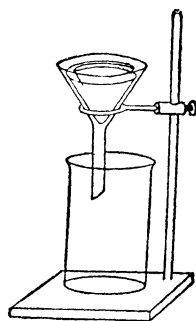


圖 21——水之濾過裝置

不通過濾紙而殘留其上之固形物，謂之殘滓 (Residue)，通過濾紙之液，謂之濾液 (Filtrate)。淨水工場所用之砂層，敷以徑一分內外之細砂至三尺厚

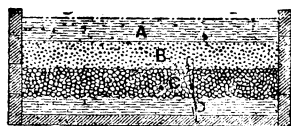


圖 22——濾水器。A. 不純水，B. 砂，C. 小石，D. 濾水。

(圖 22)。乃導業已沉澄其固形物之一部之水於其上而濾之，使每小時約濾過五寸之水層⁽²⁾。

蒸溜 溶解於水之物質，即用濾過之法，亦不能除淨。然此等物質之沸點與水相異，故可利用此性以分離之。即熱不

(1) 漏斗擴開之角約六十度。 (2) 每人每日約需水 6 斗淨，水工場可據此標準而設計之。

純之水使之沸騰，乃將變為氣體之水，導於他處冷却之，使再變為水（圖 23,24）。此操作，謂之蒸溜（Distillation）。蒸溜所得之水，謂之蒸溜水（Distilled water）。

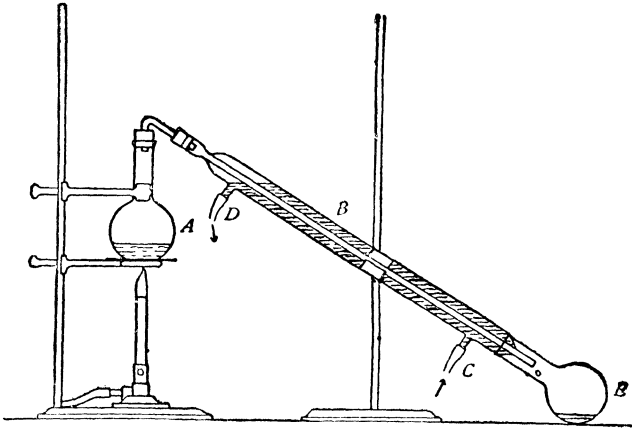


圖 23——蒸溜裝置，A蒸溜器，B冷却器，E受器。

溶解於水之物質如酒精，其沸點低於水者，此時混合液之溫度，須至水之沸點，始可集取其溜出之液。⁽¹⁾

3. 水之物理的性質

液體之水 水為無色透明之液體，在四度時，其密度最大，其 1 c.c. 之重量為一克。

水之最重要之特性，為

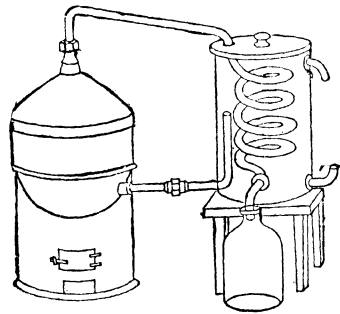


圖 24——製蒸溜水之裝置

(1) 蒸餾為分取溶有物質之液體之方法。蒸發則為集取其溶解物質之方法。

能溶解種種固體、液體及氣體，而成水溶液。諸種之物質間所生之化學變化，多數起於水溶液內，故記憶其物質易溶解於水與否，對於理會化學變化上極關緊要。

固體之水 水於零度冰結，而成無色透明之固體，此時，如無大氣中發生之外力所妨礙，則成規則極正之六片平面星形（圖 25），其表面，能反射光線而呈白色，凡物質凝固時所生規則極正之形體（必以平面圍繞），謂之結晶（Crystal）。凡物質結晶時，必與其夾雜物相分離，故結晶法（Crystallization），與蒸溜法相反，用以精製難揮發之物質。

水在器內凝固時，受外力之影響，不能生固有之結晶形，而生透明之塊，此即冰也。

多數之物質，當凝固時，常收縮其體積，然水結冰之際則

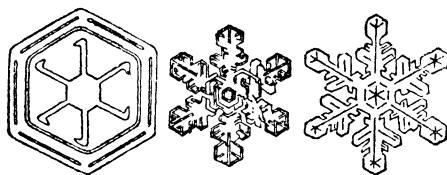


圖 25——水之結晶

反之，約增大其體積十分之一，故冰之密度反小於水，因之浮於液面（即水面上），而與其他多數之固體，沉於液中者相反也。又冰溶解為水時，需多量之熱，通常此熱雖由外部供給之，但混食鹽於冰時，冰不能保持其固態而變為液態，此際，其溶解所要之熱，乃由冰自身吸收而得，因此幾冷至 -20°C 。故食鹽與冰之混合物，謂之寒劑（Freezing mixture），以供物質之冷却用。

氣體之水 水在一氣壓之下，於 100°C 沸騰，而變為無色之氣體，是即所謂水蒸氣也。水當氣化之際，約膨脹至1700倍，

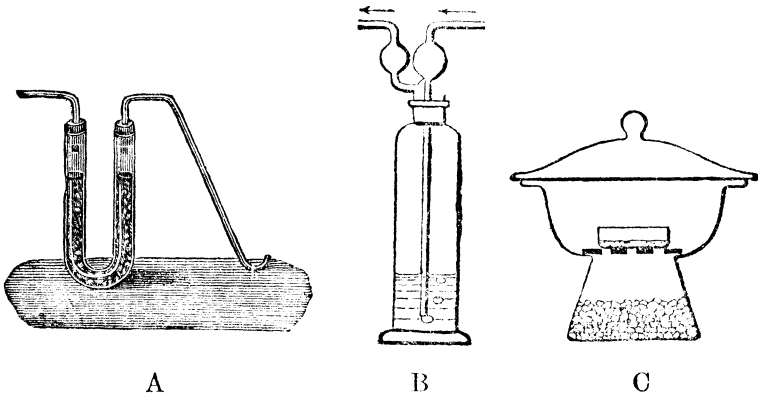


圖 26——用氯化鈣乾燥氣體之裝置(A.)
 用濃硫酸乾燥氣體之裝置(B.)
 用濃硫酸乾燥固體之裝置(C.)

故水蒸氣之密度較水之密度小，其一升之重量，僅為0.8克，較空氣遙輕。此氣體之臨界溫度，為 365°C 之高溫，在常溫，單用壓力亦得液化之。

濃硫酸（液體）或氯化鈣（固體）為吸收水蒸氣之良物質，故溼潤之氣體或固體，常用此等物質乾燥之（圖 26）。

4 水之化學的性質 水之分解 輕氣氧化時則生水，故知水為輕氣與養氣之化合物。欲確證其事

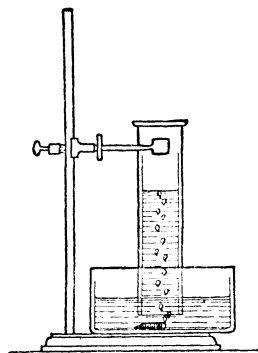


圖 27——用納分出水之輕氣成分

實,可取容易氧化之物質,如灰白色蠟狀之金屬鈉 (Sodium) 投於水中,以奪水之養氣成分,則水之輕氣成分,變為遊離之氣體,而鈉之氧化物溶解於水,變為所謂苛性鈉(Caustic soda 即氫氧化鈉)之物質。

通電流於水,亦能遊離水之養氣成分,即取連絡於電池極之白金板二片,浸於水中,加硫酸數滴,以附電導性於水時,則水受電流之作用而分解,連於陽極之白金板表面,發生養氣,連於陰極之白金板表面,發生輕氣,茲收取而觀察之,則知養氣與輕氣之體積比,為 1 : 2⁽¹⁾ (圖 28)。

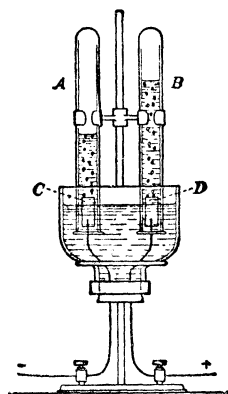


圖 28——用電流分解水為其成分之養氣(右)及輕氣(左)

水之合成⁽²⁾ 將水分解使成養氣與輕氣,知其體積之比為 1 : 2,若水實有上之組成,且不含他成分,則逆使養氣與輕氣以 1 : 2 之體積比化合必生水,欲證明此事實,取養氣與輕氣之 1 : 2 之體積比所混合之氣體,充於倒置於水銀上之測氣管 (刻度玻璃管) 中,而點火之 (點火於此密閉器中之氣體時,須用電花,圖 29), 則氣體之體積全然消失⁽³⁾, 而水銀上昇於測氣管

(1) 養氣較輕氣稍易溶解,故前者不及後者之半,又硫酸之量在水之分解前後並無增減。(2) 水在 1781 年由卡芬狄士氏 (Cavendish) 首先合成之,合成云者,為由人工的製造物質之操作也。(3) 水蒸氣變水時約收縮為 $\frac{1}{1700}$ 體積,須注意。

至充滿而止。此生成之水，其量極少，故附着於管壁，僅生曇氣而已。然此實驗，若自初即在 100° 以上之溫度之測氣管內行之，則由化合而生之水，為水蒸氣，其體積，等於所使用輕氣之體積。故就水之體積組成上，得下之關係。

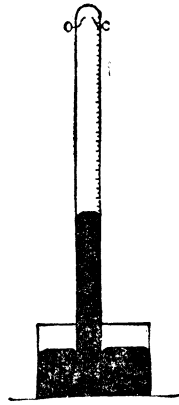
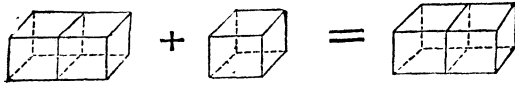


圖 29——用電花使養氣與輕氣化合而定水之組成。



圖 30——將水電解而製成於測氣管之輕氣與養氣之混合物。



⁽¹⁾ 輕氣 2 體積與養氣 1 體積化合，而生水蒸氣 2 體積。⁽²⁾

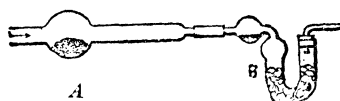
水之成分輕氣與養氣之重量比，可由上之體積比與各氣體之重量，計算而得之。今取上之體積單位為呷時，則得次之關係。

輕 氣	養 氣	水 蒸 氣
(2呷之重量 = 0.09克 × 2)	(1呷之重量 = 1.43克 × 1)	(2呷之重量 = 0.81克 × 2)
1	8	9

(1) 體積之單位未定而比較之之時，則用「幾體積」或「幾容」之名稱。重量之單位未定而比較之之時，則用「量」之名稱。(2) 此關係為給呂薩克 (Gay-Lussac) 氏所發見者。

故輕氣與養氣以1:8之重量比化合而生水9。

此重量之組成，欲以實驗的證明之時，取輕氣，用熱氧化銅 (Copper oxide) 氧化之，其生成之水，吸收於氯化鈣而秤量之，且



一面秤量氧化銅之減少量。如：圖 31——氧化輕氣以定水之重量組成

水之重量 = 盛氯化鈣管之重量之增加 (圖 31 B) = a,

養氣之重量 = 盛氧化銅管之重量之減少 (圖 31 A) = b,

輕氣之重量 = 水之重量 - 養氣之重量 = a - b,

今計算 a - b : b : a, 則得 1 : 8 : 9 之比，與上之結果一致。

5. 摘要 水 融點零度，沸點 100° C. 臨界溫度 365° C. 比重

所 在	精 製	性 質	組 成	用 途
成固體， 液體，氣 體，其量 甚夥。	濾過或 蒸餾。	能溶解諸物質，吸收 於氯化鈣及硫酸。固 化時，則膨脹。液化時， 則吸收多量之熱。	輕氣與養氣為 2:1之體積比， 1:8之重量比 之化合物也。	溶解用。 寒劑，飲料，諸 物質之製造。

定義

濾過 (Filtration)	由細孔而分離固體與液體之操作之謂。
蒸餾 (Distillation)	因欲除去溶解於液體中之物質，熱之使之氣化。 導於他處而冷卻之，使再液化之操作之謂。
結晶 (Crystallization)	物質不受外力之影響自然凝固時，所生之以平 面圍繞之規則極正之形體之謂。

6. 問題

1. 定水之體積組成及重量組成之法，試述之。

2. 通電花於盛輕氣 30 c.c. 與養氣 10 c.c. 之混合物之測氣管,則殘留之體積當有若干。

圖 輕氣 20 c.c. 與養氣 10 c.c. 化合成水,故不會化合之輕氣應有 10 c.c. 存留。 答輕氣 10 c.c.

3. 前題之測氣管,最初保有 100°C . 以上時,其結果如何。

圖 生成之水與輕氣取同一體積,故 20 c.c. 之水蒸氣與 10 c.c. 之輕氣相混而存在。 答水蒸氣 20 c.c. 輕氣 10 c.c.

4. 今貯輕氣與養氣之混合氣體 100 c.c. 於測氣管,而通以電花,其殘留之養氣為 40 c.c. 問最初氣體之組成如何。

圖 化合之氣體為 $100\text{ c.c.} - 40\text{ c.c.} = 60\text{ c.c.}$ 其中三分之二為輕氣他養氣。 答輕氣 40 c.c. 養氣 60 c.c.

5. 取水二克完全電解時,能發生輕氣與養氣幾呎。

圖 水 2 克中 $\frac{1}{9}$ 為輕氣 $\frac{8}{9}$ 為養氣,故以此等重量除輕氣養氣,各 1 呎之重量所得之商即為所求之值。

$$\text{即輕氣 } 2\text{ 克} \times \frac{1}{9} \div 0.09\text{ 克} = 24.8\text{ 呎} \quad \text{養氣 } 2\text{ 克} \times \frac{8}{9} \div 1.429 = 12.4\text{ 呎.}$$

答輕氣 24.8 呎,養氣 12.4 呎。

6. 取灼熱之氧化銅管,以輕氣還原之,其重量輕減 1.2 克. 問生成水之量若干。

$$\text{圖} \quad 1.2\text{ 克} \times \frac{9}{8} = 1.35\text{ 克,} \quad \text{答 } 1.35\text{ 克.}$$

7. 取重量 52.63 克之氧化銅管,連於 41.25 克之氯化鈣管,而亦熱之,通以輕氣,前者之重量減至 49.82 克,後者之重量增至 44.41 克. 由此結果而定水之重量組成。

$$\text{水之重量} = 44.41 \text{ 克} - 41.25 \text{ 克} = 3.16 \text{ 克} \dots \frac{3.16 \text{ 克}}{0.35 \text{ 克}} = 9.$$

$$\text{養氣之重量} = 52.63 \text{ 克} - 49.82 \text{ 克} = 2.81 \text{ 克} \dots \frac{2.81 \text{ 克}}{0.35 \text{ 克}} = 8.$$

$$\text{輕氣之重量} = 3.16 \text{ 克} - 2.81 \text{ 克} = 0.35 \text{ 克} \dots \frac{0.35 \text{ 克}}{0.35 \text{ 克}} = 1.$$

答輕氣,養氣,水之重量比為 1:8:9.

7. 實 驗

- (1) 加食鹽,土,砂於水而攪拌之。
- (2) 將上部之液移於試杯,靜置少頃,由傾瀉法分取上層較清之部分。
- (3) 試用濾紙過濾。
- (4) 試將濾液蒸餾以製蒸餾水。
- (5) 盛濾液於蒸發皿,徐徐蒸發,使之乾涸,試檢所餘之固體。
- (6) 加酒精於水用分餾法分別取出,試點火以鑑別之。

第三章 碳酸氣 一氧化碳

第一節 碳酸氣 (Carbonic Acid Gas)

1. 碳酸氣之製法 ⁽¹⁾ 加稀鹽酸(不可用稀硫酸)於碳酸鈣 (Calcium carbonate) (大理石或石灰石)時,則分解碳酸鈣,而發生碳酸氣⁽²⁾可將導管插於空瓶底內,則瓶內空氣,漸被驅於瓶外,而碳酸氣乃充溢其中(圖 32)。此法,名曰向下置換法, (By the downward displacement of air), 或謂之排空氣取氣法。

2. 碳酸氣之物理的性質 碳酸氣(即二氧化碳),為無色之氣體,殆無臭,而微有酸味,毫無毒性,但動物之窒息於其中者,以缺乏呼吸必需之養氣故也。

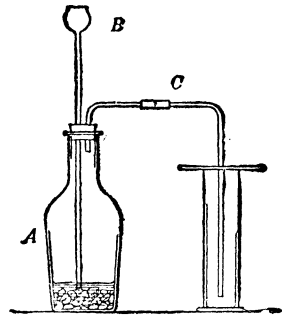


圖 32——加鹽酸於石灰石,將其發生之碳酸氣用向下置換法收取之。

此氣體既可用向下置換法收取之,故可知其重於空氣,

(1) 碳酸氣學名炭酐,或謂之二氧化碳(Carbon dioxide),其發生之現象自古已知之,至十六世紀赫爾夢特氏(Helmont)始以之與他氣體相區別,十八世紀拉瓦節氏(Lavoisier)名之為炭酸。(2) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

其密度約1.5倍於空氣，故以呼氣吹成之肥皂球（所吹之氣體以空氣為主），能浮游於碳酸氣之上（圖33），又依圖18之裝置，以與空氣比較其擴散之速度，則與用輕氣時之結果相反，可知氣體愈重，其擴散之速度愈小也。⁽¹⁾

碳酸氣之臨界溫度為31°，即較常溫為高，故單用壓縮亦得而液化之。液態之二氧化碳，貯藏於銅製圓筒內，以供碳酸水製造之用。

液態二氧化碳，若任其放置，其一部立刻氣化，而殘餘之一部則冷卻變為冰雪狀之固體。此物質溶解於醇精(Ether)之液體中，能生-80°之低溫度，故作為寒劑之用。

3. 碳酸氣之化學的性質 碳酸氣即在高溫度，亦不與養氣或通常之可燃物化合，以其無可燃性及助燃性故也。空氣若含有4%之碳酸氣，即能熄滅燭火（圖35）。通常由碳酸氫鈉(Sodium bicarbonate)與硫酸之作用，而生碳酸氣之消火器，

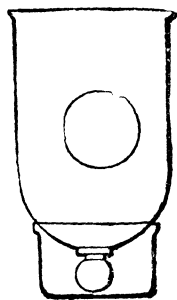


圖 33——由空氣(呼氣)吹成之肥皂球，使浮遊於碳酸氣中。

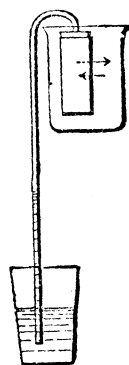


圖34——表示碳酸氣之擴散較空氣遲緩。

(1) 將圖34之陶器插於盛碳酸氣之器內時，水即上昇管中，除去盛碳酸氣之器，則管之下端發生氣泡。(2) $2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

(圖 31) 實為利用此時之壓力而使噴出含有多量之碳酸氣之水之唧筒也。

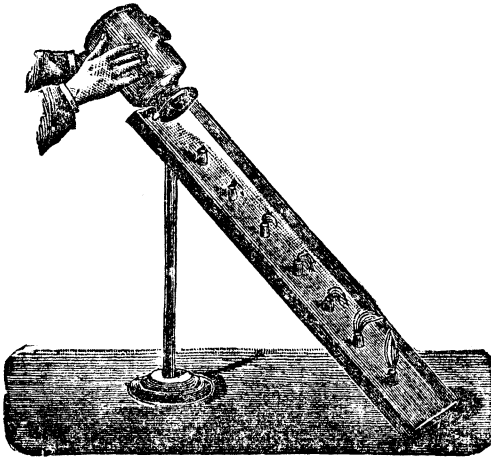


圖 35——注碳酸氣使消滅溝內之燭火

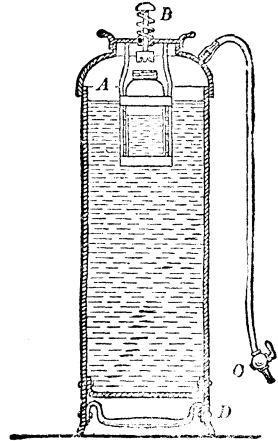


圖 36——消火器

碳酸氣在常溫時，不關其密度之大小，常溶解於等體積之水，其中之若干量與水化合而生碳酸 (Carbonic acid) 之化合物，有爽口之酸味，能變石蕊色質為赤色。但碳酸為不甚安定之化合物，溫之，則分解而發生碳酸氣。

溶解於水之碳酸氣之重量，因所受之壓力愈大，其溶解之量亦愈大，水之溫度愈高，愈減少。如荷蘭水，啤酒等，一去其塞，則沸騰發生氣泡，或在向日之地，其瓶往往破裂者，是因壓力之減少或溫度之增加，而碳酸氣之溶解度，亦因之減少故

(1) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$

也。

將碳酸氣通於澄清石灰水中，即生白色之濁質。此因溶解於石灰水中之氫氧化鈣 (Calcium hydroxide)，與碳酸氣化合而生碳酸鈣 (Calcium carbonate) 固體⁽¹⁾之故。如此凡液體，遇其他氣體或液體而析出之固體，謂之沉澱 (Precipitation)。但碳酸鈣，易溶解於種種之酸，故如繼續通以碳酸氣使生碳酸，或加以鹽酸時，則再變為澄明之液⁽²⁾。

將盛碳酸氣之器，倒立於氫氧化鉀 (KOH) 之溶液中，其液即上昇於器內，此乃碳酸氣為氫氧化鉀溶液所吸收之證。即碳酸氣與氫氧化鉀化合，而生碳酸鉀 (Potassium carbonate)⁽⁴⁾之物質故也。但碳酸鉀易溶解於水，故氫氧化鉀與石灰水異。當其與碳酸氣相遇時，不生碳酸物之沈澱，因此在實驗上常供碳酸氣之吸收劑之用。

4. 碳酸氣之成分 燃燒木炭於養氣中時，則生碳酸氣故碳酸氣，為構成木炭之元素 (即碳) 與氧之化合物也。

碳酸氣果為碳與氧之化合物，則由碳酸氣奪去其成分之氧必殘留其碳，奪取其碳必殘留養氣。欲確證此事實，則取易與養氣化合之物質鈉，與碳酸氣共熱之。鈉，變為氧化鈉，同時析出黑色之碳⁽⁴⁾，又浸葉綠素於碳酸氣之水溶液，曝日光下⁽⁵⁾

(1) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (2) $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (3) $2\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (4) $\text{CO}_2 + 4\text{Na} = \text{C} + 2\text{Na}_2\text{O}$ (5) 碳酸氣生成之際發生多量之熱，反之其分解時之熱，則由外部或其他之能供給之。同化作用時之需日光者即此也。

則碳同化於植物體，而氧則變為氣體發生⁽¹⁾(圖 37)。

由上之分解合成之結果，可知炭酸氣之成分，為碳與氧也。

5. 炭酸氣之組成 盛一定量之木炭於玻璃管中而熱之，通以養氣，其因燃燒所生之炭酸氣，則以氫氧化鉀吸收之，(參照第二章圖 26)而比較其耗消之碳之重量，與生成之炭酸氣之重量，常得 1:3.7 之比。其供給於化合之養氣之重量，則為上二量之差，即 $3.7 - 1 = 2.7$ 。故炭酸氣之組成如次。

	碳	氧	炭酸氣
	1	2.7	3.7
或	3	8	11

即碳與氧，以 3:8 之重量比相化合，而生等於其重量之和之量之炭酸氣。

上之重量，各以其密度除之，則易求得其體積之關係。即
 碳……………體積未知

$$\text{養氣之體積} = \frac{8}{1.43} = 5.6 \text{ (1.43 為養氣之密度)}$$

$$\text{炭酸氣之體積} = \frac{11}{1.96} = 5.6 \text{ (1.96 為炭酸氣之密度)}$$

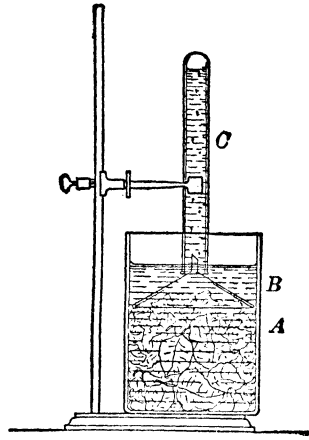
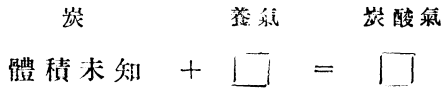


圖 37 用葉綠素分解炭酸氣，而收取其養氣。

(1) $\text{CO}_2 - \text{C} = \text{O}_2$

故生成之碳酸氣之體積，等於耗消之
養氣之體積。



此結果可由燃炭於一定體積之養氣中，在反應前後，其體積毫無增減之事實確實證明之(圖38)。

6. 碳酸氣之生成，所在 碳酸氣為碳與氧之化合物，故一般由燃炭或碳之化合物而生，亦由動物之呼吸而生。蓋動物之呼吸，為攝取食物(碳化合物)之緩慢養化也。⁽¹⁾又碳酸氣亦有由地中噴出，或溶解於水而湧出者，其生成之原因，有如斯種種，而含於大氣中之量，約為大氣一萬分之四體積，其所以無大增減者，即前述植物之分解的作用之結果也。

7. 摘要 碳酸氣 一呎之重為1.96克；沸點零下79°；臨界溫度81°；溶解度與水同體積。

所 在	有大氣一萬分之四。
製 法	用鹽酸分解碳酸鈣。 用硫酸分解碳酸鈉。

(1) 空氣中含有0.7%之碳酸氣則有害於健康。此害除碳酸氣之外，多由呼吸作用所生之有毒物(揮發性有機酸，鹵精，硫化氫，碳化氫等)之作用，吾人一小時約呼出20呎之碳酸氣，故一小時需3立方呎之空氣。

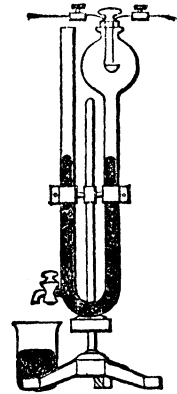


圖 38——表示燃燒木炭於一定體積之養氣中，而其體積無增減。

性 質	無色,無臭,酸味。含有該氣體體積 4% 以上之空氣能熄火。溶於水,則生碳酸。石灰水遇之,則生白濁。吸收於氫氧化鉀。
組 成	重量組成... = 碳 : 養氣 : 碳酸氣 = 3:8:11 體積組成... = 養氣 : 碳酸氣 = 1:1
用 途	飲料用。 消火器用,寒劑。

8. 問題

1. 試述碳酸氣之製法,性質,及鑑識法。

2. 今有盛貯養氣,淡氣,碳酸氣之器,須如何識別之。

圖 順次置火柴餘燼於三器中,如能復燃則為養氣,又加石灰水於所餘二器而振盪之,如呈白濁則為碳酸氣,否則為淡氣。

3. 由上之三種氣體之混合物中,順次除去碳酸氣,養氣,而殘留淡氣之法若何。

圖 如使混合氣體通於苛性鉀中,則碳酸氣消失,又燃燐於所餘之氣體中,或使此氣體通過於加熱之木炭上,再入苛性鉀液中以除去養氣則僅存留淡氣。

4. 啤酒等須藏於冷地,何故。

圖 如置於溫度高處,則溶解之碳酸氣變為氣體,由其壓力能衝去瓶塞且有使瓶破裂之虞。

5. 試述碳酸氣之重量組成,及體積組成,且說明其測定法。

6. 空氣中碳酸氣之含量,如其體積超過 5% 時則有害於人體,今於 336 立呎之密閉室內,燃燒含有碳 90% 之木炭時,問須燃炭若干克纔達有害之程度。

答 10 克。

7. 有混合氣體由分析之結果,知其體積爲有碳酸氣 5%, 養氣 15%, 淡氣 80%. 問 1 氣壓 21 度時,此氣體 8,000 呎之重量如何.

答. 1728 克 1560 克 17280 克.

8. 燃燒炭 12 克,問可生碳酸氣之重量幾何.又此際,需養氣幾呎.

圖 碳 3 量與養氣 8 量化合而生碳酸氣 11 量故由碳 12 克所生碳酸氣之重量爲 $12 \times \frac{11}{3}$ 克 養氣爲 $12 \times \frac{8}{3}$ 克 即 $12 \times \frac{8}{3} \times \frac{1}{1.429} = 22.4$ 呎.

答碳酸氣 44 克, 養氣 22.4 呎.

9. 燃燒輕氣或木炭於 1,000 立尺之空氣中,其中之養氣悉供燃燒,問所生水蒸氣,或碳酸氣之體積若干.

圖 空氣 1,000 立尺中 $\frac{1}{5}$ 體積即 200 立尺爲養氣,然養氣 1 體積能生水蒸氣 2 體積或碳酸氣 1 體積故所求水蒸氣之體積爲 400 立尺,碳酸氣爲 200 立尺.

答水蒸氣 400 立尺 碳酸氣 200 立尺.

9. 實驗

- (1) 試加鹽酸於石灰石以製碳酸氣,並驗其色,臭及味.
- (2) 試吹石鹼球於碳酸氣中,而後使此氣體流於燃有燭火之桶中.
- (3) 如通碳酸氣於水,則生碳酸,試檢其酸性反應,又試加熱使之分解.
- (4) 通碳酸氣於石灰水,使生碳酸鈣之白色沉澱,更通碳酸氣使生碳酸二氫鈣,而使之溶解,更加碳酸鈉液,視其變化如何.
- (5) 加少量苛性鉀液於盛滿碳酸氣之試管而振盪之,以檢視碳酸氣之吸收程度,更加酸使分解所生之碳酸鉀.

第二節 一氧化碳(Carbon Monoxide)

1. 一氧化碳之製法 加濃硫酸於蟻酸(Formic acid)之無色液體而熱之,則蟻酸中之氫及氧之一部為硫酸所奪去而成水,同時蟻酸分解,發生一氧化碳之氣體,⁽¹⁾此氣體,須於水中收取之,有時白色結晶之草酸(Oxalic acid)亦可代蟻酸之用,此時一氧化碳,與等體積之碳酸氣相伴而生,⁽²⁾故於水中收取之之前,須通過氫氧化鉀之溶液,而除去其碳酸氣(用圖 26 之瓶)。

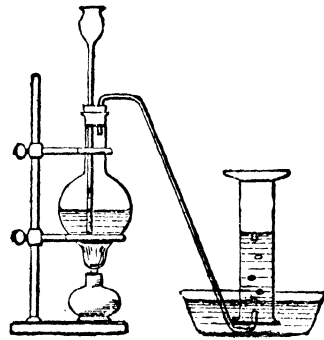


圖 39——用濃硫酸分解蟻酸將其所發生之一氧化碳於水上捕集之。

2. 一氧化碳之物理的性質 一氧化碳之物理的諸性質,頗似淡氣。

今比較之如下。

	一 氧 化 碳	淡 氣
1. 性狀.....	無色,無味,無臭。	無色,無味,無臭。
2. 密度(每升).....	1.25 克	1.25 克
3. 溶解度(每一體積水).....	40 分之 1 體積	60 分之 1 體積
4. 臨界溫度.....	-146°	-140°
5. 臨界壓力.....	36 氣壓。	35 氣壓。

(1) $\text{CH}_2\text{O}_2 - \text{H}_2\text{O} = \text{CO}$ (2) $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{CO}_2$

即一氧化碳爲輕於空氣之無色氣體，難溶於水，且難液化也。

3. 一氧化碳之化學的性質 插燭火於盛一氧化碳瓶中，則瓶口生淡青色之焰而燃，瓶內之燭火則熄滅⁽¹⁾。故一氧化碳似輕氣，有可燃性無助燃性，然以其焰色爲淡青且其生成物爲碳酸氣，故易與輕氣相區別也。

如此一氧化碳更與養氣化合(即燃燒)，而生碳酸氣，故其養氣成分之量必較碳酸氣爲少，由是，將碳酸氣還原，即應變爲一氧化碳。

輕氣或碳，爲適於此目的之物質，今將碳酸氣與輕氣之混合氣體，通於灼熱之細管而強熱之，則碳酸氣因輕氣奪去其一部之氧而成一氧化碳⁽²⁾，又碳酸氣通於赤熱之木炭上，亦失其氧而變爲一氧化碳⁽³⁾，又在熾熱之炭火上，常見發青色之焰者，亦由此變化所生之一氧化碳之燃燒故也。

一氧化碳，爲碳酸氣之還原生成物，故富有再與養氣化合之傾向，因此呈強力之還原作用，此物質與輕氣俱爲氣體之還原劑，以供游離金屬氧化物之金屬用⁽⁴⁾。

一氧化碳頗有毒，空氣含有其 1 % 即能死人，此因一氧化碳與存在於血液中營吸收養氣作用之血赤質 (Hemoglobin) 化合，而生難分解之一氧化碳血赤質之化合物，而血赤

(1) $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ (2) $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$

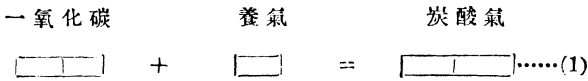
(4) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$

質,失吸取養氣之能力故也。

一氧化碳因發青色之焰而燃,且其燃燒生成物為碳酸氣故能與他氣體區別。

4. 一氧化碳之組成 一氧化碳與養氣化合(即燃燒)而生碳酸氣,故知其為碳與氧之化合物,然其組成,不能如碳酸氣以一定量之碳與養氣化合,而定之。因碳氧化時,即生碳酸氣而不能得所要之一氧化碳故也。故一氧化碳之組成,須按下列之間接方法推定之。

今將正確的2:1之體積比之一氧化碳與養氣,盛於測氣管中,倒立之於水銀上,通電花而使之化合(圖29),則其體積較原體積收縮三分之一。次加以氫氧化鉀之濃溶液數滴,則其殘留氣體,全被吸收,此即為碳酸氣之證也。其關係如下。

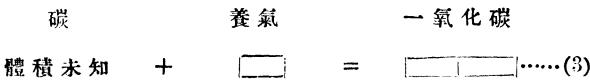


一氧化碳之二體積與養氣一體積化合而生碳酸氣二體積。

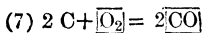
但碳酸氣由等體積之養氣而生。即



以(1)(2)式之左邊相比較,或以(1)式減(2)式而得下之關係。



由是,知一氧化碳二體積,乃養氣一體積與碳化合而成。⁽¹⁾



取上之體積組成計算之式(1),(2),(3)而比較之,其含於同體積(二體積)之碳酸氣及一氧化碳中,碳之重量,由(1)式而知其相等,養氣之重量,由(2),(3)式,而知其在一氧化碳時,爲在碳酸氣時之半,然碳酸氣之重量組成,爲碳3:氧8,故一氧化碳之重量組成,爲碳3:氧4也。

5. 摘要 一氧化碳 一併之重量爲1.25克, 臨界溫度 -140°
沸點 -190° , 融點 -210°

製 法	取蟻酸與硼酸共熱而分解之。
性 質	有毒之氣體。發青色之焰而氧化,生碳酸氣,呈還原作用。
組 成	重量組成 碳3:氧4 體積組成 氧1:一氧化碳2
用 途	還原劑。

6. 問題

1. 燃燒木炭有時亦生一氧化碳何故。
2. 試比較碳酸氣及一氧化碳之性質。

圖

一 氧 化 碳	炭 酸 氣
1. 輕於空氣,難液化。	重於空氣,易液化。
2. 難溶於水。	溶於水而生碳酸。
3. 對於石灰水及氫氧化鉀不生作用。	爲氫氧化鉀所吸收,遇石灰水則生白濁。
4. 和血色素化合使失其作用。	不呈毒性作用。
5. 有還元性,氧化而爲碳酸氣。	不氧化。

3. 將盛木炭之管赤熱之,通以一體積之碳酸氣,則生如何之化合物,并有幾體積。

圖 碳酸氣還原而生一氧化碳,又由一氧化碳與其 $\frac{1}{2}$ 體積之養氣化

合而生同體積之炭酸氣，故炭酸氣 1 體積爲赤熱之碳失去養氣 $\frac{1}{2}$ 體積而生一氧化碳 1 體積，此 $\frac{1}{2}$ 體積之養氣與碳化合而生 1 體積之一氧化碳，故炭酸氣 1 體積與炭化合生一氧化碳 2 體積。⁽¹⁾

4. 於前問，若用炭酸氣 150 c.c.，其結果如何。

解 由炭酸氣 150 c.c. 生一氧化碳 300 c.c.，此時新添之碳，含於一氧化碳 300 c.c. - 150 c.c. = 150 c.c. 之中，其重量如下。

$$1.25 \text{ 克} \times \frac{150}{1000} \times \frac{3}{3+4} = 0.8 \text{ 克.}$$

答與 0.8 克之碳化合而生一氧化碳 300 c.c.

5. 混合養氣 10 c.c.，與一氧化碳 40 c.c.，通電花後，其殘留之氣體爲何並舉其證明之方法，及求各成分之體積。

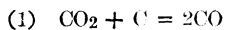
解 養氣 10 c.c. 與其 2 倍體積即 20 c.c. 之一氧化碳化合，生炭酸氣 20 c.c.，故存留 20 c.c. 之一氧化碳，如使此混合氣體與氫氧化鉀液相遇，則炭酸氣被其吸收減 $\frac{1}{2}$ 之體積，其所發之氣體因有可燃性，故知其爲一氧化碳。

6. 加過量之養氣，於一氧化碳 50 c.c. 而燃燒之，生 80 c.c. 之氣體，其所用養氣之體積若干。

解 由 50 c.c. 之一氧化碳可生 50 c.c. 之炭酸氣故 80 c.c. - 50 c.c. = 30 c.c. 爲不受變化之養氣體積，然此時所費養氣之體積，爲一氧化碳體積之半。故養氣全體之體積如下。

$$(180 \text{ c.c.} - 50 \text{ c.c.}) + 50 \text{ c.c.} \times \frac{1}{2} = 55 \text{ c.c.} \quad \text{答} 55 \text{ c.c.}$$

7. 有次之組成之混合氣體 200 克，完全燃燒時，需幾克之養氣。



1 體積 2 體積

輕氣 40 克 一氧化碳 40 克 二氧化碳 20 克.

⑧ 混合氣體中,二氧化碳不與於燃燒,輕氣燃燒時需要 8 倍量之養氣,一氧化碳燃燒時需要 $\frac{4}{7}$ 倍之養氣,故所求之全重量如下.

$$40 \text{ 克} \times 2 \times 8 + 40 \text{ 克} \times 2 \times \frac{4}{7} = 685.9 \text{ 克.} \quad \text{答 6.6 克.}$$

7. 實驗

(1) 取蟻酸少許置試管中,加數倍體積之濃硫酸熱之,試點火於所發生之一氧化碳.

(2) 取草酸少許置試管中加濃硫酸熱之,導其所發生之一氧化碳與二氧化碳之混合物,於水上捕集之.

(3) 加少許濃氫氧化鉀溶液於充滿上集氣體之試管而振盪之,倒置水上,察其所餘一氧化碳之體積為原體積之半.

(4) 試點火於上集之一氧化碳,燃燒後加石灰水於管內振盪之而察其白濁.

第四章 綠氣 氯化氫

第一節 綠氣 (Chlorine)

1. 綠氣之製法 ⁽¹⁾ 取濃鹽酸與二氧化錳共熱之，則發生綠氣。由溶存於前者中之氯化氫(Hydrogen chloride)為二氧化錳所氧化而分解故也。⁽²⁾

用食鹽與稍濃厚之硫酸代濃鹽酸亦可。發生之綠氣，用向下置換法收取之。⁽³⁾

2. 綠氣之物理的性質 綠氣，為黃綠色之氣體，有一種強烈刺戟之臭，其密度約2.5倍於空氣。⁽⁴⁾

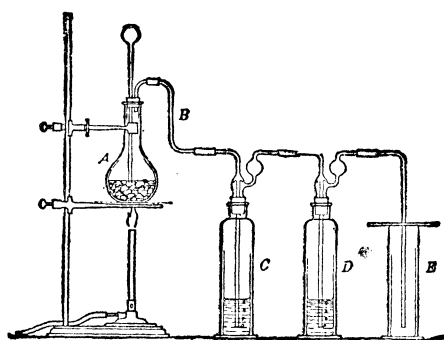


圖 40——熱二氧化錳與鹽酸之混合物，所發生之綠氣用向下置換法收取之。

(1) 綠氣為 1774 年瑞典之社勒 (Scheele) 氏所發見，1810 年給呂薩克 (Gay-Lussac) 氏以希臘語黃綠色之意義之 Chlor 名之，其元素之學名為氯。

(2) $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (3) 用易於遊離養氣之氯酸鉀代二氧化錳亦得綠氣，但有伴生爆發性化合物之虞。 (4) $2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} + \text{MnO}_2 = \text{Cl}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

水能溶解三倍體積之綠氣，而變為帶綠色之氯水。(Chlorine water). 通常之氯水，溶存其重量之0.4%之綠氣，可供試藥或醫藥之用。

綠氣冷卻至 -34° 則凝結而變為濃厚之黃綠色油狀液。此液態之氯(不可目之為氯水)有1.5之比重，更冷卻之，則變為結晶狀之固體。

3. 綠氣之化學的性質

特與輕氣化合極易者，蓋綠氣之主要性質也。今將輕氣之焰置於綠氣中，仍能支持其燃燒，而焰則變為蒼白色，生所謂氯化氫⁽¹⁾之有刺戟性臭氣之氣體。此現象，為燃燒時不必定需供給養氣之好例。綠氣與輕氣之混合物，由點火或直射日光，則炸裂的化合而生氯化氫。

綠氣，不特與遊離輕氣相化合，且能與氫之化合物中之氫成分相化合而遊離其他之成分。如以點火之蠟燭，插入綠氣中，則蠟(含有氫及碳)分解，而發生多量之煤烟(即碳，圖42)，又如將氯水置於日光中，則

綠氣，為有強化合力之物質，其

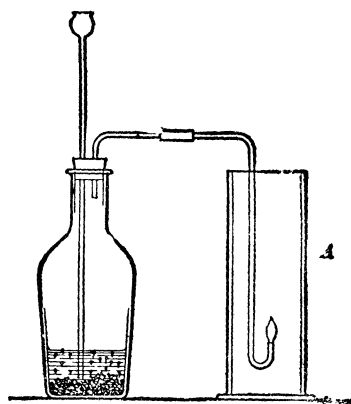


圖41——綠氣中輕氣之燃燒。

(1) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HCl}$

水因其氫成分被奪而分解，發生遊離之養氣。

綠氣分解水之作用，如有易於氧化之物質，如植物性色素等存在時，則進行頗易。此際由水遊離⁽¹⁾之氧，與普通之養氣異，有劇烈之氧化作用，而色素為所作用，變為無色，即微生物，亦被撲滅。如斯由化

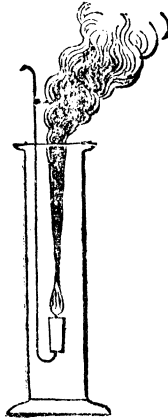


圖 42——蠟燭在綠氣中發煤烟而燃燒。

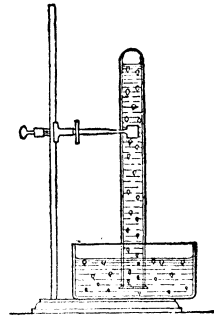
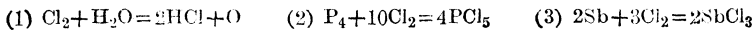


圖 43——置綠氣水於日光中以驗養氣之發生。

合物分解而出之瞬時之物質，謂之發生機 (Nascent state) 之物質，以與其在通常之狀態者相區別。綠氣之用途，多基於此發生機之氧之氧化作用。

(1) 置黃磷於綠氣中，初時自然融解，終發火而燃，生五氯化磷⁽²⁾ (Phosphoric chloride) 白烟，故知綠氣與磷化合，較易於養氣。(2) 撒銻 (Antimony) 之粉於綠氣中，則銻為化合熱所赤熱，而生三氯化銻⁽³⁾ (Antimony chloride) 之白烟。(3) 置銅箔於其中，則即發生青白色之氯化銅⁽⁴⁾ (Copper chloride)。又置灼熱之黃銅線於其中，則能持續其燃燒。水銀遇綠氣常生二氯化銻⁽⁵⁾。



故在水銀上不能收取之,如上所生之綠氣之化合物,一般謂之氯化物 (Chloride)。

4. 綠氣之用途 綠氣,利用其間接的氧化性,多以之供製紙原料之木材,蘘,襪之漂白,或為染色用之木棉纖維之漂白,並消毒殺菌等之用。又近時戰爭上用之為毒氣,供此等目的之用者,通常為液態綠氣,而貯於鋼製圓筒中,或以消石灰 (Slaked lime) 吸收而貯藏之。

5. 綠氣之所在 綠氣之化合力極強,其遊離狀者,天然間無之,其與鈉及鎂之化合物則多量含於海水中,即食鹽及苦鹽是也。

6. 摘要 綠氣 一升之重為 3.22 克,比重 2.5 (空氣=1), 融點 -102° , 沸點 -33.6° , 臨界溫度 146° , 溶解度三倍於水之體積。

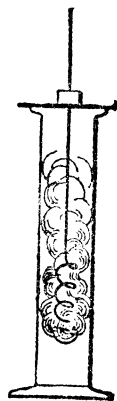


圖 44——綠氣中黃銅線之燃燒。

所 在	食鹽,氯化鎂等之成分。
製 法	加鹽酸於二氧化錳而氧化之。(加硫酸及二氧化錳於食鹽而熱之)。
性 質	黃綠色惡臭之氣體,融解於水為綠氣水,易與輕氣及金屬相化合,能遊離水中之氧而間接呈氧化作用。
用 途	漂白用,消毒用,戰爭用。

定 義

發生機 (Nascent state)	由化合物分解而出之瞬時之物質 (元素), 謂之發生機之物質。
氯化物 (Chloride)	為綠氣與他物質之化合物。

7. 問題

1. 試述綠氣之製法及性質。
2. 製綠氣,須用下方置換法其理由如何。

圖 綠氣易溶解於水,故不能與水置換;又能侵犯水銀,故亦不能與水銀置換;因重於空氣 2 倍以上,故可用下方置換法。然絲毫不混空氣之綠氣,可用食鹽之濃水溶液由上方置換捕集之。

8. 實驗

(1) 加硫酸於食鹽及二氧化錳熱之,由下方置換用五個集氣瓶捕集綠氣。

(2) 注意綠氣之色,比重,及臭氣,加少許之水,用力振盪,以作綠氣水,如加石蕊試液則色消失。

(3) 投綠葉,紅花,石蕊試紙墨水,新聞紙片等於綠氣,而驗其漂白作用。

(4) 將輕氣焰入於綠氣中,用藍色石蕊試紙鑑識其所生之氯化氫,又試降燭火於綠氣中驗其變化。

(5) 投銅箔於綠氣中,以製二氯化銅,投錫粉於綠氣中,以製三氯化錫。

(6) 加一磅硫酸鈉溶液於綠氣中,而振盪之時,試察綠氣之消失。

第二節 氯化氫 (Hydrogen Chloride)

1. 氯化氫之製法 氯化氫雖由綠氣與輕氣相化合而成,然以加硫酸於氯化物,使前者之氫成分,與後者之氯成分,化合而製之爲便,通常加濃硫酸於氯化鈉(食鹽)而熱之,其發

生之氯化氫⁽¹⁾，用向下置換法，與空氣相置換而收取之(圖45)。食鹽之鈉成分，變為硫酸鈉(Sodium sulphate)而殘留於發生器內。

2. 氯化氫之性質

氯化氫約較空氣重1.3倍，為無色之氣體，有劇烈刺戟之臭與強酸味，能使青色石蕊色質(Blue litmus)變赤。氯化氫之特異性質，為遇空氣即生白烟，故此

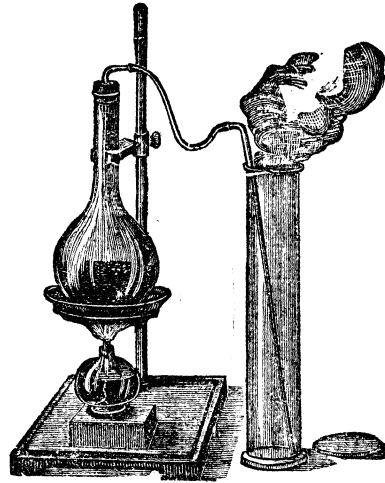


圖 45——熱食鹽與硫酸而製氯化氫。

氣體可由此鑑識之。此白烟為凝結於空氣中之水蒸氣所生之霧，而溶有一定量之氯化氫。⁽²⁾氯化氫冷却而壓縮之，則成無色之液體。液態之氯化氫，沸騰於 -30° ，冰結於 -110° 。氯化氫與綠氣異，無助燃性，亦不能自行燃燒。

3. 氯化氫之溶解 以盛氯化氫之器倒立於水上，則水突入器內，其勢甚猛(圖46)，可知氯化氫極易溶解於水。使稍精密實驗之，其一罇之水，實能溶解450罇之氯化氫。

溶解氯化氫之水，(1)有強酸味，(2)能使青色石蕊變赤。

(1) $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ (2) 白煙含有20%之氯化氫。

(3) 浸鎂於其中，則發生輕氣，凡有此性質之物質，一般稱之為酸 (Acid)，能使青色石蕊變赤之變化，謂之酸性反應 (Acid reaction)。而此所生之氯化氫水溶液，名為鹽酸⁽¹⁾ (Hydrochloric acid)。

4. 氯化氫之組成 綠氣與等體積之輕氣化合，而生等於其成分之體積之和之氯化氫。⁽²⁾即



綠氣一體積與輕氣一體積化合而生氯化氫二體積

今此關係，以實驗的證明之，取中央具有活栓之玻璃管 (圖47)，盛綠氣於活栓之一側，其他之一側，則盛輕氣，開其活栓置於日蔭下，俟綠氣之黃綠色消失後，開管之一端於水銀中，水銀不上昇於管內，而管內氣體亦不逸出管外，是以知管內氣體之體積無變化。次開管之一端於水中，則水即滿充其管內，此管內之氣體，悉變為氯化氫之證也。故綠氣與等體積之

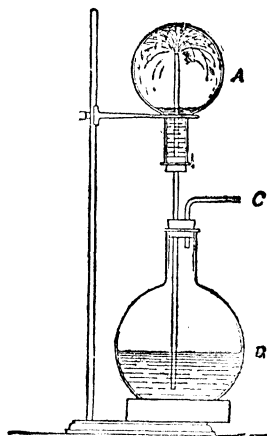


圖 46——表示水突入盛氯化氫之瓶內。



圖 47——表示綠氣與輕氣之等體積化合而生氯化氫。

(1) 鹽酸為氯氫酸之略語，鹽酸雖煉金時代亦有使用，但其純粹者於1600年格勞伯 (Glauber) 氏始用現今之方法製取之。

(2) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$
 一體質 一體積 二體積。

輕氣化合,而生等於其體積之和之氯化氫。

反之,由氯化氫中除去其氯,必殘留其 $\frac{1}{2}$ 體積之輕氣,今將測氣管插於水銀中收取氯化氫,乃加鈉之水銀溶液於其中而振盪之,再將測氣管開於水銀中檢之,必殘留原體積之半之輕氣⁽¹⁾於其中。

氯化氫之重量組成,由其體積組成,與綠氣輕氣之密度而定之,即

$$\frac{\text{輕氣一呎之重}}{\text{綠氣一呎之重}} = \frac{0.09\text{克}}{3.2\text{克}} = \frac{1}{35.5}$$

故組成氯化氫之綠氣,與輕氣之重量比,為 35.5 : 1.

5. 鹽酸 鹽酸,為無色之液體,其濃厚者,盛放氯化氫之臭氣,在濕空氣中,則發烟。其比重 1.2 之鹽酸,含有 40% 氯化氫,而含水愈多者,則比重愈小,故測定鹽酸之比重,可逆知氯化氫之含有量⁽²⁾。

鹽酸之諸性質,雖基因於其中之氯化氫,但溶解於水之氯化氫,與毫不含水者異。

(1) 呈酸性反應, (2) 其成分之氫可與鋅相

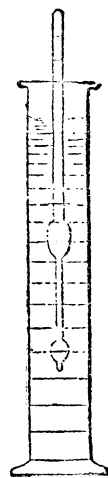
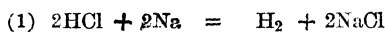


圖 43——用浮秤測鹽酸之比重。

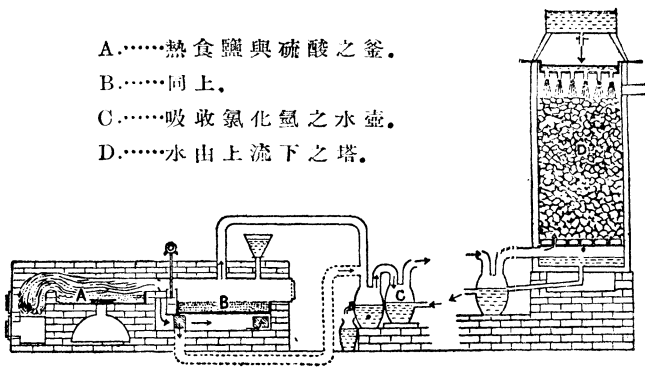


二體積 固 一體積 固

(2) 求鹽酸之濃度,須以其比重減一,而以 200 倍之即得,如有 1.15 比重之鹽酸則含有 $(1.15-1) \times 200=30\%$ 之氯化氫。

⁽¹⁾置換, (3) 爲二氧化錳所氧化,而遊離綠⁽²⁾氣水中氯化氫之狀態則詳述於電離之章。

6. 氯化氫之用途 氯化氫之水溶液即鹽酸,不特爲色質漂白用之氯之製造原料,亦用於氯化鋁及染料之製造,金及白金之溶解(以供王水之製造),及氧化金屬之溶解(鋅鐵



- A.……熱食鹽與硫酸之釜。
- B.……同上。
- C.……吸收氯化氫之水壺。
- D.……水由上流下之塔。

圖 49——工業的製造鹽酸之裝置。

之際)等,又醫藥上用之以收縮身體組織,制止發酵,活潑消化機能等。

7. 氯化氫之所在 氯化氫由火口噴出者極稀,即礦泉中亦不過少許而已,但胃液中,約含有氯化氫 0.3%。

8. 摘要 氯化氫 融點 - 112.5°, 沸點 - 83°, 臨界溫度 - 52.3° 比重 1.27 (空氣 = 1), 密度每呎 1.641 克,液態氯化氫之比重爲 0.988 (水 = 1)。

(1) $2\text{HCl} + \text{Zn} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$, (2) $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

所 在	噴火氣,礦泉,胃液。
製 法	加硫酸於食鹽而熱之。
性 質	凝結水蒸氣而發煙,溶解於水為鹽酸,呈酸性反應。
組 成	綠氣,輕氣與氯化氫在體積上為1:1:2之比,在重量上為35.5:1:36.5之比。
用 途	綠氣,氯化銻,染料等之製造,試藥,醫藥。

定 義

酸性反應(Acid reaction)	青色石蕊色質變為赤色之化學變化之謂。
酸(Acid)	呈酸性反應之物質總稱為酸。

9. 問 題

1. 試述氯化氫之製法及性質。
2. 綠氣與輕氣化合而生氯化氫時,試詳述證明此三者體積之實驗。
3. 求製造30%鹽酸(比重1.15)一呷所需食鹽之重量。

圖 此鹽酸之比重為1.15,故其1呷中之重量為1150克其中30%為氯化氫。然氯化氫36.5量中,含有綠氣35.5量,由此量之綠氣可生食鹽58.5克故可逆而求食鹽之重量如次。

$$1150 \text{ 克} \times 0.3 \times \frac{58.5}{36.5} = 553 \text{ 克} \quad \text{答 553 克。}$$

4. 求氯化氫之百分組成。

$$\begin{array}{l} \text{圖} \quad \text{綠氣} \cdots \cdots 100 \times \frac{35.5}{36.5} = 97.3\% \\ \quad \quad \text{輕氣} \cdots \cdots 100 \times \frac{1}{36.5} = 2.7\% \end{array} \quad \text{答} \left\{ \begin{array}{l} 97.3\% \\ 2.7\% \end{array} \right.$$

5. 氣綠25 c.c.與輕氣30 c.c.混合而放置之,其混合氣體之組

成如何。

【解】 綠氣 25 c.c. 與 輕氣 25 c.c. 化合則生 氯化氫 50 c.c., 而混有 5 c.c. 之 輕氣, 此氣與水相遇則 氯化氫 溶解, 而 5 c.c. 之 輕氣 存留。

答 氯化氫 50 c.c. 輕氣 5 c.c.

10. 實驗

- (1) 加濃硫酸於食鹽熱之, 用三個空瓶捕集 氯化氫。
- (2) 試驗 氯化氫 之色, 臭及其發煙性, 又持蘸有 硝精水 之玻璃棒至其近側, 使生白色 氯化銨。
- (3) 將充滿 氯化氫 之瓶, 倒立水中, 中而察其溶解之迅速。
- (4) 加少許之水於充滿 氯化氫 之瓶中振盪之, 以製 鹽酸。
- (5) 將所製 鹽酸 三分之, 試驗其變藍色 石蕊試紙 為紅色, 又溶解 鎂絲 而發生 輕氣, 又加 硝酸銀 溶液, 使生 氯化銀 之白色沉澱。
- (6) 試用 鹽酸 反覆驗上舉之反應。

第五章 硃精 氯化銨

第一節 硃精(Ammonia)

1. 硃精之製法 氯化銨 (Ammonium chlorid) (俗稱硃砂) 與氧化鈣 (Calcium oxide) (俗稱生石灰) 共熱使分解時, 則發生硃精, 用向上置換法與空氣相置換而收取之⁽¹⁾ (圖 50)⁽²⁾。

2. 硃精之物理的性質 硃精為無色之氣體, 有劇烈刺戟黏膜之臭氣, 且有毒性。其密度 0.6 倍於空氣之密度。此氣體之臨界溫度, 為 131 度, 在常溫時, 僅加七氣壓即得液化之

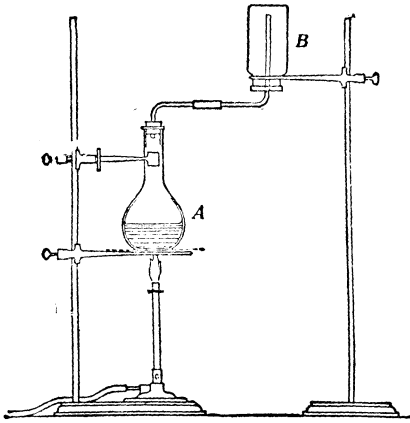


圖 50——熱氯化銨與生石灰而製硃精。

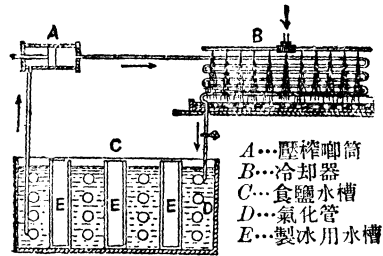


圖 51——由液狀硃精之氣化, 使食鹽水冷卻而製冰之裝置。

(1) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} = 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2) 硃精欲乾燥之, 需將其通過盛生石灰之管, 以此物易與硫酸及氯化鈣之乾燥劑相化合故也。

液態碲精，有 0.6 之比重沸騰於 -40° 。當其氣化時，吸收多量之氣化熱而冷卻他物質，製冰工場，即利用此性質以製冰。

製冰器 人造冰，由將盛水之器浸於冷卻於零度以下（約 -10° ）之食鹽水中，而令水冰結製出。此食鹽水，如圖 51，乃將壓縮液化而冷卻於冷水之液態碲精，移送於浸於食鹽水中之大管中，使其蒸發而被冷卻者也。

3. 碲精之化學的性質 碲精，為最易溶解於水之氣體，零度之水能溶解其 1300 倍體積之碲精。但碲精溶解於水時（圖 52），

- (1) 發生多量之熱，
- (2) 減少液之密度（即膨脹其體積），



圖 52——示水之噴出於盛有碲精之瓶內。

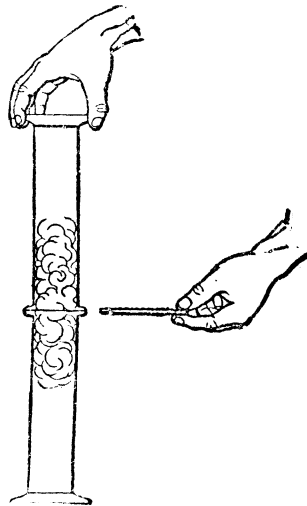


圖 53——碲精與氯化氫化合而生氯化碲之白煙。

(3) 此液有變紅色石蕊色質試液為青色之性。

此鹵精非惟能溶解於水，且與水化合而生氫氧化銻 (Ammonium hydroxide) 之化合物。⁽¹⁾此含有氫氧化銻之水，謂之鹵精水 (Aqua ammonia)。但氫氧化銻為容易分解之化合物，故熱之則分解而發生鹵精，恰似熱碳酸則分解而發生碳酸氣也。

鹵精與氯化氫相混，即生濃厚之白烟 (圖 53)。此鹵精與氯化氫化合，而生固態氯化銻⁽²⁾之故，鹵精之鑑識法，即利用此反應，以玻璃棒醮鹽酸而行之。

以燭火插於鹵精中，其火即熄，此證鹵精之無助燃性，若將鹵精在養氣中點火之，則發綠色之燄而燃，生水與淡氣⁽³⁾，鹵精之氧化生成物，為水與淡氣，故其成分為水與淡氣可以推知之。

4. 鹵精之組成 將養氣 15 c.c. 與鹵精 20 c.c. 相混，而盛於測氣管內，通電花以使之化合，則發生淡氣 10 c.c. 與水少許。此養氣 15 c.c. 使之變水時，需輕氣 30 c.c.，故鹵精 20 c.c.，必由淡氣 10 c.c. 與輕氣 30 c.c. 化合而成。即



鹵精二體積生成輕氣三體積與淡氣一體積。⁽⁴⁾

(1) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$ (2) $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ (3) $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (4) $2\text{NH}_3 = 3\text{H}_2 + \text{N}_2$

由是鹵精之重量組成，爲

$$\begin{matrix} \text{鹵 精} & \text{輕 氣} & \text{淡 氣} \\ \text{(鹵精二體積之)} & \text{(輕氣三體積之)} & \text{(淡氣一體積之)} \\ \text{(重=0.76\times 2)} & \text{(重=0.09\times 3)} & \text{(重=1.25\times 1)} \end{matrix}$$

$$\text{即} \quad 17 \quad 3 \quad 14$$

故組成鹵精之輕氣與淡氣之重量，爲 3 與 14 之比明甚。

5. 鹵精水⁽¹⁾ 爲無色之液體，而有劇烈之鹵精臭氣，其濃厚者含 35% 之鹵精，有 0.88 之比重。

但愈稀薄則比重愈近於一，故測其比重，查右表亦可得鹵精之濃度。

鹵精水能變赤色石蕊色質爲青色，與酸呈正反對之作用，使青色石蕊變赤之變化，稱爲鹼性反應 (Alkaline reaction)，呈鹼性反應之物質，總稱爲鹼 (Alkali)。鹵精水及前記溶有氫氧化鈉之水，悉爲重要鹼類之例。

鹵 精 水	
比 重	鹵精之%
1.00	0.0
0.99	2.3
0.98	5.8
0.97	7.3
0.96	9.9
0.95	12.8
0.94	15.6
0.93	18.6
0.92	21.8
0.91	25.0
0.90	28.3
0.89	31.8
0.88	35.0

6. 中和 滴加鹽酸於鹵精水時，則鹵精水失其特性，而所加之鹽酸，亦失其特異之酸味，變爲呈鹹味之液，以石蕊色質試驗紙(赤及青)浸於液中，俱不變色。如此不變石蕊色質之色之物質，謂之中性之物質，由酸與鹼生中性物質之變化，

(1) 鹵精水古名之爲尿精，至 1800 年康克兒 (Kunkel) 氏始得純粹製出之。(2) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$

謂之中和 (Neutralization), 且由中和所生之物質, 一般稱爲鹽 (Salt)⁽¹⁾。鹵精水爲鹽酸中和所得之鹽, 卽製鹵精時所用之氯化銦也。

7. 鹵精之用途 液態鹵精多供製冰工業之用, 又鹵精化合物, 則爲肥料之用, 但鹵精水, 在實驗室中常爲主要之鹼性試藥, 醫藥上則供治療蟲類刺傷, 及促進氣管黏膜之分泌及發汗之用。

8. 摘要 鹵精 重量每呷 0.77 克, 融點 -78° , 沸點 -83.5° , 臨界溫度 181° , 對於空氣之比重爲 0.597, 溶解度水之 1298 倍 (零度) 乃至 710 倍 (20°) 體積。

製 法	性 質	組 成	用 途
加熱氯化銦與生石灰使分解	溶解於水爲氫氧化銦, 呈鹼性, 用酸中和之則生鹽, 與氯化銦直接化合而生氯化銦之白煙。	淡氣, 輕氣與鹵精之體積比爲 1:3:2, 重量比爲 14:3:17。	製冰, 醫藥, 試藥, 肥料, 炭酸鈉之製造。

定 義

酸性反應 (Acid reaction)	使石蕊色質變紅色之變化, 爲酸性反應; 變青色之變化, 爲鹼性反應; 不變色之變化, 爲中性反應。
鹼性反應 (Alkaline reaction)	
中性反應 (Neutral reaction)	
酸 (Acid)	呈酸性反應之物質爲酸, 呈鹼性反應之物質爲鹼。
鹼 (Alkali)	
中和 (Neutralization)	酸與鹼化合失其特性之變化, 謂之中和。
鹽 (Salt)	

(1) 鹽之味及外觀類似食鹽, 組成爲酸中之氫爲金屬置換者。

9. 問題

1. 試述碲精之製法及性質。

2. 問碲精之鑑識法。

圖 有特種臭味,如遇氯化氫則化合而生白煙,故可由此鑑識。

3. 有圓筒六個,各充以輕氣,一氧化碳,二氧化碳(碳酸氣),碲精,綠氣,養氣,問識別之方法如何。

圖 先由外觀辨認,呈黃綠色者為綠氣;其次略開蓋口放刺鼻臭氣者為碲精;如將燭火降於其中益增光輝者為養氣;即時熄滅者為碳酸氣;此時在圓筒之口舉青色之焰而燃者為一氧化碳;生無色之焰者(如為玻璃器則稍帶黃色)為輕氣。

4. 欲製三呎之碲精,問需碲砂幾克,但碲砂 107 克,能生碲精 34 克。

圖 碲精 3 呎之重量為 0.76×3 克,故所需氯化銦之量為

$$0.76 \text{ 克} \times 3 \times \frac{107}{34} = 7.2 \text{ 克} \quad \text{答 7.2 克。}$$

10. 實驗

(1) 加生石灰及水於氯化銦,加熱將所生之碲精由上方置換法捕集二瓶。

(2) 驗碲精之色及臭氣,將紅色試紙及蘸有濃鹽酸之玻璃棒入於瓶內,以察其變化。

(3) 將充滿碲精之瓶倒立水中,以驗碲精之溶解性。

(4) 加硫酸銅溶液於碲精水,如稀薄時則生綠色沈澱,如濃厚時則生深青色之溶液。

第二節 氯化銨(Ammonium Chloride)

1. 氯化銨之製法 氯化銨，爲由氯化氫與銨精之化合而生，由鹽酸與銨精水之中和⁽¹⁾，亦可製得之。工業的製法，爲加鹽酸於製煤氣(Coal gas)時之副產物之銨精水，而蒸發乾固之，將所得粗製之氯化銨，移於鐵製之鍋，再強熱使昇華(Sublimation)而精製之(圖55)。

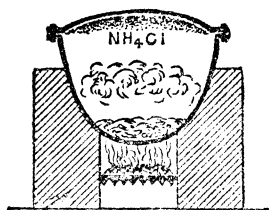


圖 55——精製氯化銨

2. 氯化銨之性質 氯化銨爲與食鹽類似而甚難區別之白色鹹味之結晶，約溶解於三倍重量之水，而成中性之液。此固體被熱，不融解而變爲氣體，附着於冷部，再變爲結晶。如斯固體變爲氣體，而此氣體不經液體而直變爲固體之現象，謂之昇華(Sublimation)。熱氯化銨，雖全變爲氣體，但此氣體實已非氯化銨，乃由其分解所生之氯化氫與銨精之混合物而成者。此二氣體，以密度大異，得由其擴散度之差異，使透多

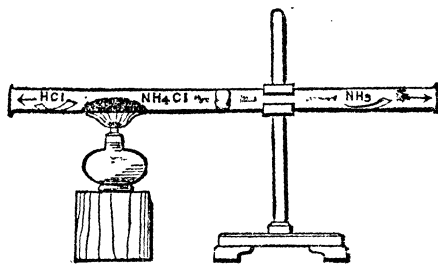


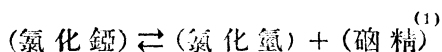
圖 55——熱氯化銨而驗其解離。

(1) $\begin{cases} \text{HCl} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{Cl} \\ \text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \end{cases}$ (2) $\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}$ 此分解藉水之接觸作用而起，熱毫不含水分之氯化銨，則生不分解之氯化銨之氣體。

孔質之隔膜而分離之。即填石棉 (Asbestos) 於玻璃管之中央,而分爲二部,盛氯化銦於其一側而熱之,則鹵精較氯化銦速滲透石棉至於他側,其時使置於其中之赤色石蕊紙變青,又過量之氯化銦則能使加熱側之管中所置之青色石蕊紙變赤(圖 56)。

氯化銦因其有容易發生氯化銦之性質,故供鋅電池之製造用,又因有遊離鹵精之性質,故用以製鹵精。

3. 可逆反應 加熱氯酸鉀,雖能分解其成分之養氣與氯化鉀,但欲由其分解生成物之養氣與氯化鉀使變爲原有之氯酸鉀則難,然熱氯化銦時所起之分解,則與熱氯酸鉀時所起之分解大異,此分解生成物之氯化銦與鹵精,冷至常溫時,即化合而復成原有之氯化銦。如此加熱一物質使起分解,更冷卻其分解生成物,則再化合而生原物質者,此種分解,稱爲熱解離(Dissociation of heat),氯化銦之熱解離可用次式表之。



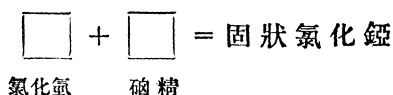
\rightleftharpoons 之記號,所以表示化學變化,因其狀況,得由左向右,或由右向左進行者,此正逆各方向均能進行之變化,謂之可逆反應(Reversible reaction),故熱解離,乃因熱而起之可逆反應也。

凡可逆反應,正逆各方向俱不進行而停止之狀態,謂之化學平衡(Chemical equilibrium),欲達如是之平衡,僅限於其

(1) $\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}$

反應物質之量，適為由此等物質之性質及溫度等之狀況所定之某一定之比時方可，若除去參與反應之諸物質中之一，則平衡不能成立，而其反應，乃向增加其除去之物質之方向進行。⁽¹⁾例如氯化銻起熱解離時，若除去其反應生成物之一之鹵精，則氯化銻乃再行分解而生氯化氫，製取鹵精時，加生石灰於鹵砂者，乃使吸收由後者分解所生之氯化氫故也，故此時凡能吸收氯化氫使變為不揮發性之化合物之物質，悉適合於此目的，又常用氫氧化鈉以代生石灰者亦此理也。

4. 氯化銻之組成 氯化氫與等體積之鹵精化合，則生固態之氯化銻。



此事實，可取前合成氯化氫時所用之玻璃管（圖47），閉其中央之活塞，而各充以氯化氫與鹵精，次開中央之活塞而混和後，開管之一端於水銀中，則水銀昇充管內，而實驗的證明之。由是氯化銻之重量組成，可由其成分之氯化氫與鹵精之組成而定之如次。

	綠氣	輕氣	淡氣
氯化氫之組成	35.5	1	
鹵精之組成		3	14
氯化銻之組成	35.5	4	14

(1) 反應物質濃度之大小，影響於可逆反應者，謂之質量作用之定律。

5. 摘要 氯化銦

製 法	性 質	用 途
氯化氫與硝酸之化合	爲有鹹味白色之結晶,溶解於其三倍量之水,熱之(約450°)則分解爲氯化氫與硝酸,冷則復原。	硝酸之製造,電池之製作,鋅鐵用。

定義

昇華 (Sublimation)	固體被熱而氯化,冷卻其氣體,則直接變爲固體之變化
熱解離 (Dissociation of heat)	停止加熱,再化合而生原物質之分解之謂。
可逆反應 (Reversible reaction) 化學平衡 (Chemical equilibrium)	依狀況之變化,可由此面向他面進行,或向反對之方向進行之化學變化,謂之可逆反應,其反應停止時,謂之化學平衡之狀態。

6. 問題

1. 試述氯化銦之性質及用途。
2. 熱解離,昇華,可逆反應及化學平衡,試舉例說明之。

7. 實驗

- (1) 加硝酸水於鹽酸使之中和,更蒸發之以得氯化銦。
- (2) 盛氯化銦於乾試管而強熱之,將試紙附於管口,以驗其先發生硝酸,而後發生氯化氫。

第六章 元素

1. 元素 由二種或二種以上之物質化合而生者，謂之化合物，其非化合物之物質，謂之元素 (Element)。故元素者，非由二種或二種以上之物質化合而生之物質也。⁽¹⁾

已述之物質中，如

水 氯化氫 鹵精 碳酸氣 氯化銣

等，悉由二種或二種以上之物質化合而生，故為化合物，而

輕氣 淡氣 輕氣 養氣 碳 水銀

等，非由化合所生者，故可稱為元素。⁽²⁾

組成一種物質之元素之種類，不如預料之多。吾人之食物如澱粉、砂糖、脂肪之複雜物質若分解之，僅有碳、氫、氧三種而已。故存於自然界之物質，其種類雖無窮極，但元素之種類極少，今日所知者，僅有八十三種⁽³⁾ (第107頁)。

2. 元素之分類 元素之性質，非個個全然相異，亦有幾

(1) 混合物為不純之物質，而非純物質，故非元素。(2) 非化合物之物質，精言之，不稱為元素，而當稱為單體。一般所謂元素云者，乃指含於種種之物質中，而為得生單體之素質也，即同種元素之集合體，謂之單體，而異種元素之集合體，即所謂化合物也。(3) 元素為吾人現今已知之化學的方法，所不能分解為二種，或二種以上之物質，而非絕對不能分解之物質，故元素之數今後固有增減也。

分互相類似者，故將其類似者編為一團而分類之，對於學習上極為緊要。今將八十三種元素中之為吾人所欲研究者之三十五種，依學習上所信為最有便利之標準而列舉分類之如下。

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| 1. 氫, 鹼, 溴, 碘, 氫 ... (一價元素) 氫及造鹽元素族 | } 非金屬 (14種) | } 元 素 (35種) |
| 2. 氧, 硫..... (二價元素) 氧族 | | |
| 3. 氮, 磷, 砷, 銻, 硼..... (三價元素) 氮族 | | |
| 4. 碳, 矽..... (四價元素) 碳族 | | |
| 5. 金, 鉑..... 金族 | } 金 屬 (21種) | |
| 6. 銀, 銻, 銅..... 銅族 | | |
| 7. 鐵, 鉻, 錳, 鎳, 鈷..... 鐵族 | | |
| 8. 錫, 鉛, 銻..... 錫族 | | |
| 9. 鋅, 鎂, 鋁..... 鋅及土金族 | | |
| 10. 鈣, 鎵, 銀..... 鹼土金族 | | |
| 11. 鈉, 鉀..... 鹼金族 | | |

3. 化合物, 混合物 將化合物 (Compound) 與混合物 (Mixture) 之諸異點, 約略比較之如下。

化 合 物	混 合 物
1. 成分之重量比常一定。	成分之重量比不定。
2. 與成分之性質大異。	共有成分之特性。
3. 有一定之物理的性質之純物質也。	多無一定之物理的性質, 所謂不純物是也。
4. 不由熱, 光, 電之作用, 或他物質之作用等之化學的操作, 則不能分解為成分。	由濾過, 蒸溜, 冷卻等之物理的操作, 能分離為成分。

(1) 硼通常編入碳族中, 此處以原子價為本, 故入三價非金屬之部。

如水爲化合物,其中氧與氫之二成分,常爲8:1之重量比,然此物毫無氧之助燃性,且毫無氫之可燃性,於某狀況之下有一定之密度,在零度冰結而成一定之結晶,在100°沸騰,欲分解之則需電流是也。又如混合物之空氣,則其成分之比率,不特時時有異,且有養氣及淡氣之特性,冷卻而液化者,放置之則揮發淡氣而得分取其養氣。⁽¹⁾

4. 摘要 定義

元素 (Element)	非由二種或二種以上物質化合所生之物質。
化合物 (Compound)	由二種或二種以上物質化合所生之物質。

5. 問題

1. 問元素之意義。
2. 試說明元素,單體,化合物之區別。

圖 此元素乃前頁欄外之元素,由二種以上之物質化合,則成化合物,否則爲單體,能生單體之素質,卽爲元素。

3. 組成氯酸鉀之元素如何。

圖 熱時則變爲養氣與氯化鉀,氯化鉀經電解則生綠氣與鉀,此等生成物,已不能再行分解,故氧,氯與鉀卽所求之元素。

4. 古代以水及空氣爲元素,其錯誤之理由如何。

圖 水可由化學作用,空氣由物理作用以分出其成分,故非元素。

5. 試述混合物質與化合物之差異。

(1) 化合物謂爲由某元素所成,或含有某元素者,爲分解其化合物時,則生其元素之意義之略語。如水謂爲由養氣與輕氣所成,或含有養氣與輕氣者,卽分解水而生養氣與輕氣之略稱也。

6. 簡單氣體一覽表

物質類 (種類)	組成	主要所在	製法	特性	主要用途
養氣 (元素)	氧	空氣,水,種種之氧化物.	熱氯酸鉀而分解之.	高溫時,與他物化合劇烈,能使餘燼再燃(鑑識).	氫氧焰,硫酸製造,吸入用.
淡氣 (元素)	氮	空氣	亞硝酸鈉與氯化銨共熱.	化合力鈍弱,無特別之反應(鑑識).	肥料
輕氣 (元素)	氫	水 煤氣	鋅與硫酸作用.	物質中之最輕者,氧化之則發生多量之熱,發微青色之焰而燃(鑑識).	氣球用,氫氧焰用,還原用.
綠氣 (元素)	氯	食鹽	加二氧化錳於鹽酸而使氧化而分解之.	黃綠色刺戟臭之氣體(鑑識),與輕氣及金屬化合極易,有漂白性.	漂白用,試藥,醫藥.
水 (化合物)	氧 氫 重量 8:1 體積 1:2	河海	蒸溜天然水.	溶解他物質甚易.青變無水硫酸銅(銅族之章)(鑑識).	溶解用,飲料.
碳酸氣 (二氧化碳) (化合物)	碳 氧 重量 3:8 體積 x:1	空氣中	加鹽酸於石灰石而分解之.	白濁石灰水(鑑識).	清涼飲料,碳酸鈉之製造.
一氧化碳 (化合物)	碳 氧 重量 3:4 體積 x:1	煤氣	加濃硫酸於蟻酸而分解之.	發青色之焰而燃,變為碳酸氣(鑑識).有還原性.	還原劑,燃料.

氯化氫 (化合物)	重量 35.5:1 體積 1:1	————	熱食鹽與 硫酸之混 合物。	爲無色有刺戟 臭之氣體,發煙 於空氣中(鑑識), 赤變石蕊色質, 亦能溶解於水。	載酸綠氣 之製造試 藥。
碲精 (化合物)	重量 14:3 體積 1:3	煤氣製造 之際之碲 精水。	碲砂與生 石灰共熱 而分解之。	劇烈刺戟臭之 氣體,青變石蕊 色質,可溶於水, 遇氯化氫則生 白煙(鑑識)。	製冰,肥料, 試藥。
氯化銦 (化合物)	重量 35.5:4:14	————	加鹽酸於 碲精水而 中和之。	有鹹味白色之 結晶,昇華而熱 解離。	電池用,鐳 鐵用,碲精 製造。

第二部 化學量

第一章 諸定律

第一節 關於化學變化之定律

1. 定比例之定律 物質之化合，常以一定之重量比，此謂之定比例之定律 (Law of constant proportion)。今輕氣與養氣化合而生水時，常消費八倍於輕氣重量之養氣，若養氣之重量，多於此比率時，則其過量之養氣不生變化而殘留，反之，養氣之重量過少時，則養氣與其重量之八分之一之輕氣化合，其餘之輕氣則不化合而殘留，故此化合比之有一定，實為化合與混合最主要之異點，茲舉其定比之數例如下。

輕氣：養氣 = 1 : 8.....水

碳：養氣 = 3 : 8.....碳酸氣

碳：養氣 = 3 : 4.....一氧化碳

輕氣：綠氣 = 1 : 35.5.....氯化氫

2. 質量不變之定律 物質互相化合時，其性質雖全變，其化合物之重量，常等於所化合物質重量之和，此謂之質量

(1) 化合之物質，若為氣體，其體積比亦一定。

不變之定律 (Law of constancy of mass). 如輕氣一量與養氣八量化合時,恰如混合之時同,生九量之水,今將大燒瓶密閉之,使磷燃燒其內,若此定律果真,則磷與燒瓶內之養氣,以定比而化合,生等於此二物質重量之和之磷酞(五氧化二磷). 至較其比率過剩之磷,或養氣及淡氣之重量,本無增減. 故在磷之燃燒前後,其燒瓶之全重量亦無變化. 用極精確之天秤嚴密測之,知與此推論相一致(圖 57).

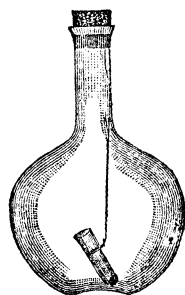


圖 57——表示燃磷於瓶中,而其全量不變。

3. 質量不變之定律之表示法 吾人分解化合物,而能收回其成分,故適用上之定律於分解時,即可推定其分解生成物之重量,必等於原化合物之重量. 此外更可由熱一定量之氧化錒,秤量其所集之分解生成之養氣與水銀,而實驗的證明之,故質量不變之定律亦得如次表述之.

凡與化學變化有關之諸物質之質量之總和,常一定不變。⁽¹⁾

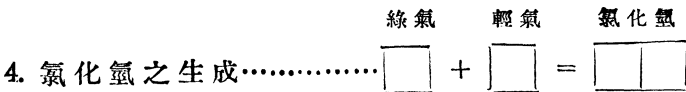
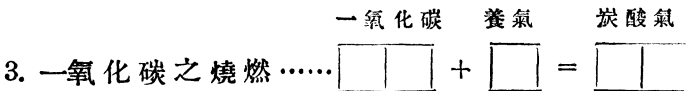
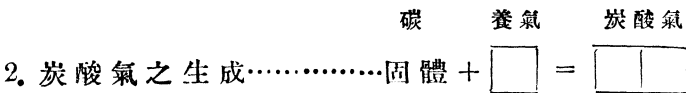
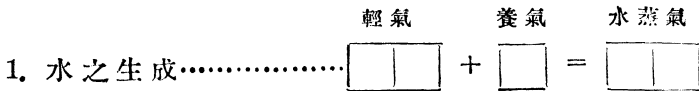
4. 定比例之定律之表示法 前說明之定比例之定律,所以表明化合物成分之重量比為一定,質量不變之定律,所

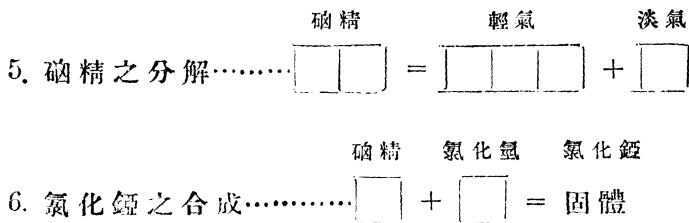
(1) 所謂「有關之物質」者,為起化學變化之物質,即指因化學變化而消失之物質,與化學變化之結果所生之新物質也。以下本節所用之意義皆同。

以表明化合物之重量，等於其成分之重量之和，故化合物之重量與各成分之重量比，亦一定無疑也。如輕氣一量與養氣八量化合時（定比例），常生九量之水（質量不變）。輕氣與水之重量，常為一與九之比。養氣與水常為八與九之比。故定比例之定律，不特祇成立於成分相互之間，且成分與化合物之間亦能成立，故其定律當如次。

凡與化學變化有關之諸物質之質量之間，常有一定之比。

5. 體積化合之定律 依定比例之定律之所示，物質互以重量之定比而化合，故化合之物質若為氣態，其化合之體積比亦必一定，無俟多論。又氣態物質化合時體積上之比率，亦存有極重要之關係，即





將上之諸反應之體積比察之，氣體常以體積上簡單之整數比相化合，故其所生之氣體之體積，亦必與其成分之體積成簡單之整數比。⁽¹⁾如一氧化碳燃燒時，一氧化碳及所要之養氣及生成之炭酸氣互成 2:1:2 之整數比，此事實稱為氣體之體積化合定律，或氣體反應定律⁽²⁾(Law of gaseous reaction)，其定律如次。

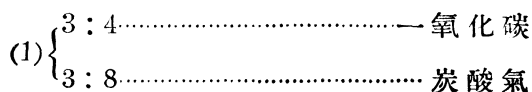
凡參與化學變化之諸氣體之體積，常為簡單之整數比。

此處須注意者，為參與反應之物質中雖有固體或液體之物質存在，然其氣體間之關係，此定律不特依然成立，且若此等之固體或液體氣化時，亦適合於此關係也。如輕氣與養氣以 2:1 之體積比化合而生水，此時若自始保有 100° 以上之溫度，使所生之水成為氣態，則此等之體積比當為 1:2:2 也。

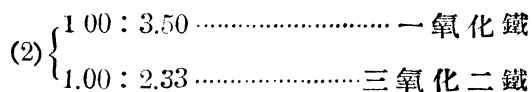
6. 倍數比例定律 一元素屢有與他一元素化合而生二種以上之化合物者，如

(1) 化合物之重量等於其成分之重量之和，其體積則不等於其成分之體積之和。 (2) 此定律亦稱為給呂薩克 (Gay-Lussac) 之氣體反應定律。

碳 養氣



養氣 鐵



即(1)例與等量之碳相化合之養氣之量,就一氧化碳與炭酸氣比較之,正成 1 與 2 之比,第(2)例與等量之養氣相化合之鐵之重量,就一氧化鐵與三氧化二鐵比較之,正為 3 : 2 (3.50 : 2.33 = 3 : 2) 可知也。

如是,在共有甲乙二元素之數種化合物,將與甲元素之同一量相化合之乙元素之諸量比較之,則乙元素之諸量,互為簡單之整數比者,為化合上普汎之事實,此稱之為倍數比例之定律 (Law of multiple proportion). 其定律如次。

種種之化合物,其成分中有共通之二元素時,對於其一元素之一定量之他一元素之諸量,互為簡單之整數比。

7. 摘要 支配化學變化之四定律

<p>質量不變 (Conservation of mass)</p>	<p>與化學變化有關之諸物質之質量之總和,常一定不變。(化合物之重量等於其成分之重量之和)。</p>
--	--

(1) 倍數,非整數倍之意,比之兩項,為小整數之意也。

定 比 例 (Definite proportion)	與化學變化有關之諸物質之質量(若為氣體其體積亦然)之比,一定不變 ⁽¹⁾ (物質之化合比一定)。
體 積 化 合 (Gaseous reaction)	與化學變化有關之諸氣體之體積比,為簡單之整數比(氣體以簡單之體積比化合)。
倍 數 比 例 (Multiple proportion)	與一元素之一定量,相化合之他元素之諸量之比,為簡單之整數比。

8. 問題

1. 試說明質量不變之定律。
2. 試舉例說明倍數比例之定律。
3. 試說明定比例之定律。

圖 關係於化學反應之物質其重量有一定之比例。例如碳與養氣化合而生碳酸氣時,此等三物質常為3:8:11之比。

4. 試舉例說明氣體反應之定律。

5. 分析錫之兩種化合物時其一含有 11.94% 其他含有 21.33% 之養氣,由此結果說明倍數比例之定律。

圖 與錫一定量化合之養氣。

$$\text{甲} \dots \dots \dots \frac{11.94}{100-11.94} = 0.1355 \quad \text{乙} \dots \dots \dots \frac{21.33}{100-21.33} = 0.2711$$

而 $0.1355:0.2711=1:2$ 即為簡單之整數比。

6. 燃燒木炭3克於養氣10坩中,其結果如何。

圖 此坩所存養氣之重量為14.29克。木炭3克與養氣8克,化合(定比定律)則生二氧化碳3克+8克=11克(質量不變之定律),而餘養氣

(1) 此比不如次之二定律之成簡單整數比。

14.29 克 - 8 克 = 6.29 克。

答 碳酸氣 11 克，養氣 6.29 克。

7. 試依化合之定律，證明空氣之非化合物。

圖 空氣主成分之重量比不特因時因地而異，且溶解於水時其比例亦大不同，是背定比之定律。又其體積比為 21:79 而成雜離之比，亦反體積化合之定律。

8. 依下之組成，試說明倍數比例之定律。

(1) 一氧化二氮 養氣 36.4 : 淡氣 63.6

(2) 一氧化氮 養氣 53.3 : 淡氣 46.7

(3) 二氧化氮 (或四氧化二氮) ... 養氣 69.6 : 淡氣 30.4

圖 對於養氣 1 之淡氣之重量如下：

$$\text{甲} \cdots \cdots \frac{63.6}{36.4} = 1.747 \quad \text{乙} \cdots \cdots \frac{46.7}{53.3} = 0.876 \quad \text{丙} \cdots \cdots \frac{30.4}{69.6} = 0.437$$

但

$$1.747 : 0.876 : 0.437 = 4 : 2 : 1$$

故與同量之養氣相化合之淡氣相互之比為 4:2:1，即為簡單之整數比。

9. 有由氫與碳素為 1:3 之重量比，而化合之沼氣 (Marsh gas) 其比重與養氣之 $\frac{1}{2}$ 相當。今將沼氣 12 克完全燃燒，問生若干量之碳酸氣與水，又試依其結果，說明氣體反應之定律。

圖 (1) 沼氣 12 克中所含各成分之量如下：

$$\text{氫} \quad 12 \text{ 克} \times \frac{1}{1+3} = 3 \text{ 克} \quad \text{碳} \quad 12 \text{ 克} \times \frac{3}{1+3} = 9 \text{ 克}$$

然氫 1 量與氧 8 量化合則生 9 量之水，碳 3 量與氧 8 量化合則生 11 量之碳酸氣，故由沼氣 12 克所生物質之量如下：

$$\text{水} \quad 3 \text{ 克} \times \frac{9}{1} = 27 \text{ 克} \qquad \text{炭酸氣} \quad 9 \text{ 克} \times \frac{11}{3} = 33 \text{ 克}$$

(2) 又此時所消費養氣之量由質量不變之定律,當等於由水與炭酸氣重量之和減去沼氣之重量,故得

$$27 \text{ 克} + 33 \text{ 克} - 12 \text{ 克} = 48 \text{ 克}$$

然沼氣,養氣,炭酸氣,水蒸氣1卅之重量各為0.72克 1.43克 1.96克 0.80克,故所求之體積比如下:

$$\begin{array}{cccc} \text{沼氣} & \text{養氣} & \text{炭酸氣} & \text{水蒸氣} \\ \frac{12}{0.72} & : & \frac{48}{1.43} & : & \frac{33}{1.96} & : & \frac{27}{0.80} = 1:2:1:2 \end{array}$$

成爲如此之整數比,適合氣體反應之定律。

第二節 氣體之物理的諸定律

1. 擴散之定律 二種氣體若隔以如陶器之多孔質壁,其滲透而相擴散之速度,密度愈大者則愈小,此事實已在輕氣及炭酸氣之章說明之矣。英人格累謨⁽¹⁾ (Graham) 氏,將其關係述之如次。

氣體擴散之速,與其氣體之密度之平方根成反比例。此謂之擴散之定律 (Law of diffusion), 或稱格累謨之定律。 輕氣與炭酸氣之擴散速度之比如次。

$$\frac{\text{輕氣擴散之速度}}{\text{炭酸氣擴散之速度}} = \frac{\sqrt{\text{炭酸氣之密度}}}{\sqrt{\text{輕氣之密度}}} = \frac{\sqrt{1.96}}{\sqrt{0.09}} = 4.7$$

2. 溶解之定律 氣體溶解於液體之質量,與其氣體所

(1) 格累謨 (1805-1869)

受之壓力相比例而增加。

此關係稱爲亨利⁽¹⁾(Henry)之定律。如1呷之水，能溶解2克之受一氣壓之碳酸氣，若用五氣壓壓之，則能溶解10克。故加壓力而使溶解多量氣體之液，若減其液面之壓力時，其溶解之氣體之一部，變爲氣泡而出。拔嘴嚙水，啤酒，汽水等之塞，而沸騰極急者，即此故也。此定律祇適合於溶解於水之量較少之氣體，若能溶解超過100倍於水之體積之氣體，如硃精，氯化氫，則不能適合也。

3. 氣體之定律 改變氣體之體積之原因有二。(1)加於氣體之壓力之增減，(2)氣體之溫度之昇降是也。爲欲定氣體之體積與溫度及壓力之關係，便宜上常區分爲次之二項而研究之。

(1) **壓力對於氣體體積之影響** 此關係以發見者之名名之，故稱爲波義耳⁽²⁾(Boyle)之定律。其定律如下。

氣體之體積與該氣體所受之壓力相反比而增減。

欲證明此定律，如圖59，將任意之氣體盛於測氣管A，令A、B兩管水銀面之高一致，而測其一氣壓下之體積，次提高B管，使兩管內之水銀面高之差爲76厘時，A管內之氣體受二氣壓，其體積縮爲原體積之 $\frac{1}{2}$ 。可以測知。又反對將管B放

(1) 亨利氏於1893年發見之。(2) 波義耳氏在1669年即三十四歲時發見此定律，而同時馬略特(Mariotte)氏亦發見之。

下,使水銀面較管 A 之水銀面低降 $\frac{76}{2}$ 厘時, A 管之壓力減少,而為 $\frac{1}{2}$ 氣壓,則其體積膨脹為原體積之二倍(圖 59).

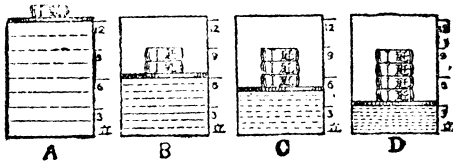


圖 58——表示氣體所受之氣壓與氣體體積之關係。

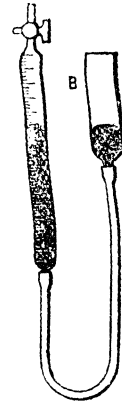


圖 59——實驗波義耳定律之裝置。

(2) 溫度對於氣體體積之影響 取上

之測氣管固定 B 管,令兩管水銀面之高常一致,熱測氣管之周圍,則氣體膨脹,其體積每於溫度上昇一度時,常增加 0° 時所占體積之 $\frac{1}{273}$ 。此事實通常稱為查理⁽¹⁾(Charles) 之定律。

(A) 故將零度之氣體 100 c.c., 溫至 27° , 則膨脹至 $100 \text{ c.c.} \times \frac{1}{273} \times 27$, 其全體積為 110 c.c., 即

$$100 + 100 \times \frac{1}{273} \times 27 = 100 \times \left(1 + \frac{27}{273}\right) = 110 \text{ c.c.}$$

(B) 反之, 27° 之氣體 110 c.c., 冷至零度必得 100 c.c. 即

$$110 \times \frac{1}{1 + \frac{27}{273}} = 100 \text{ c.c.}$$

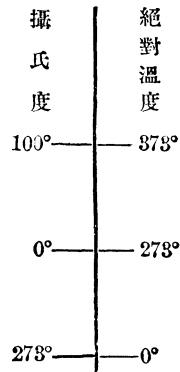
(C) 又最初之溫度非零度,如取溫度 12° 時之氣體 47.5

(1) 為 1801 年查理二十四歲時所發見者,而同時給呂薩克氏亦發見之。

c.c. 而求其溫至 15°C . 時之體積,則可假想先將此氣體冷至零度,次溫至 15° ,即容易求其最後之體積,即

$$47.5 \times \frac{1}{1 + \frac{12}{273}} \times \left(1 + \frac{15}{273}\right) = 47.5 \times \frac{273 + 15}{273 + 12} = 48 \text{ c.c.}$$

今將攝氏表之度數,以 -273° 為基點而表之時,則攝氏 12° 為 $12^{\circ} + 273^{\circ}$, 15° 則為 $15^{\circ} + 273^{\circ}$, 如此加 273° 於攝氏表之度數所得之度數,稱為 絕對溫度 (Absolute-temperature) 之度數。(1) 由是查理之定律可換言之如次。



氣體之體積, 與其絕對溫度成正比而增減。

(3) 氣體之體積與溫度壓力之關係 依上之二定律,即生次之結果。

凡氣體之體積與絕對溫度成正比例,與壓力成反比例而增減。

此稱為氣體之定律,乃關於氣體之計算上所常用之極重要之關係也。例如溫度 10° 壓力 75 厘時之氣體 100 c.c., 至溫度 20° 壓力 76 厘時,即知其占有

(1) 絕對溫度之零度,當為寒冷之極限,稱為絕對零度,以此為基點,而所測之溫度為絕對溫度。 (2) 據查理之定律,則凡氣體至 -273° 時當消失其體積,似不合理,然實際上此種溫度不特為尙未發見之溫度,即有之,則物質在此溫度必悉已液化或固化而非氣體矣。

$$100 \times \frac{273+20}{273+10} \times \frac{75}{76} = 102 \text{ c.c.}$$

絕對溫度之正比 壓力之反比

之體積。

計算氣體之體積時,若僅暗記氣體之定律,往往有錯置比之正反之虞,故須常將氣體之體積受壓則縮,受熱則漲之定性的事實,浮現於腦際,將所求之值豫想其是否大於原值,或小於原值,而後置其比為要。

(4) 標準狀況 氣體之體積,由溫度及壓力而定,故必將其時之溫度及壓力附記於氣體之體積上,但溫度零度壓力76厘之時,特稱之為標準狀態,以前所述之氣體之密度,悉為在此狀態時之值。

4. 摘要 氣體之物理的定律

擴散之定律(Graham's law)	擴散之速度,與其氣體之密度之平方根成反比例。
溶解之定律(Henry's law)	氣體之溶解量(重量或同密度之體積),與其所受之壓力成正比例。
氣體之定律(Boyle-charle's law)	氣體之體積,與絕對溫度成正比例,與壓力成反比例而增減。

5. 問題

1. 將740耗壓力之氣體240 c.c. 盛於內容800 c.c. 之真空器中時,其壓力之變化如何。

$$\square \quad 740 \times \frac{240}{800} = 222 \text{ 耗}$$

答 222 耗。

2. 將一呷即 1.429 克之養氣, 壓縮至 125 c.c., 而以其 50 c.c. 秤之, 則其重若干.

$$\text{圖} \quad 1.429 \times \frac{500}{1000} \times \frac{50}{125} = 0.286 \text{ 克} \quad \text{答 } 0.286 \text{ 克.}$$

3. 養氣 50 c.c. 擴散之間, 輕氣能擴散幾 c.c.

$$\text{圖} \quad 50 \text{ c.c.} \times \frac{\sqrt{1.43}}{\sqrt{0.09}} = 200 \text{ c.c.} \quad \text{克 } 200 \text{ c.c.}$$

4. 盛啤酒 500 c.c. 之壘內之壓力為 5 氣壓, 去其塞時, 問發生幾 c.c. 之炭酸氣.

圖 炭酸氣在 1 氣壓時溶解於同體積之水, 故 500 之啤酒瓶中含有 500 c.c. 之炭酸氣, 而且炭酸氣之溶解與壓力為比例, 故 5 氣壓之下所溶解之炭酸氣當為 500 c.c. $\times 5$, 今去瓶塞則瓶內之壓力減去 1 氣壓, 故所發炭酸氣之容量如下: $500 \times 5 - 500 = 2000$ c.c. 答 2 呷.

5. 在零度時占有 35 呷體積之輕氣, 今壓力不變而溫度則為 24° 時, 問占體積幾呷.

$$\text{圖} \quad 35 \text{ 呷} \times \left(1 + \frac{24}{273}\right) = 38 \text{ 呷} \quad \text{答 } 38 \text{ 呷.}$$

6. 將氣體 28 c.c. 冷却至 -17°, 問其體積如何.

$$\text{圖} \quad 28 \text{ c.c.} \times \left(1 - \frac{17}{273}\right) = 26.2 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 26.2 \text{ c.c.}$$

7. 將養氣 50 c.c. 盛於 23.8° 時之測氣管內, 至 22.2° 時觀察之, 則其體積幾何.

$$\text{圖} \quad 50 \text{ c.c.} \times \frac{273+22.2}{273+23.8} = 49.7 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 49.7 \text{ c.c.}$$

8. 取 18° 時 5 呷之空氣, 其壓力不變而令膨漲至 6 呷, 須如

何而後可。

圖 須加熱,如定其溫度為 x° 則由

$$5 \text{ 坳} \times \frac{273+x}{273+18} = 6 \text{ 坳} \quad \therefore x = 76.2^\circ \quad \text{答 } 76.2^\circ$$

9. 溫度 20° 壓力 776 耗時之氣體,體積若為 500 坳,求在標準狀態所占之體積。

$$\text{圖 } 500 \text{ 坳} \times \frac{776}{760} \times \frac{273}{273+20} = 475.9 \text{ 坳} \quad \text{答 } 475.9 \text{ 坳。}$$

10. 取標準狀態時之輕氣 25 c.c.,測其溫度 21.2° 壓力 75.5 厘狀態時之體積。

$$\text{圖 } 25 \text{ c.c.} \times \frac{760}{755} \times \frac{273+21.2}{273} = 27.12 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 27.12 \text{ c.c.}$$

11. 取標準狀態時之空氣 88.3 c.c.,至溫度 20° 時,移於 100 c.c. 之器內,則其壓力如何。

圖 所求之壓力如以 x 厘表之時則

$$88.3 \text{ c.c.} \times \frac{76}{x} \times \frac{273+20}{273} = 100 \text{ c.c.} \quad x = 72 \text{ 厘} \quad \text{答 } 72 \text{ 厘。}$$

12. 溫度 25° 壓力 70 厘之下,欲得養氣 150 c.c. 時,問需氯鉀幾克。但氯酸鉀 8.2 克,在標準狀態,可得養氣 2.24 坳。

圖 150 c.c. 之養氣在標準狀況時其體積如下:

$$150 \text{ c.c.} \times \frac{70}{76} \times \frac{273}{273+25} = 127 \text{ c.c.}$$

故所需氯酸鉀之量如下:

$$8.2 \text{ 克} \times \frac{127}{2240} = 0.46 \text{ 克。}$$

13. 取溫度 27° 壓力 74 厘時之輕氣 10 坳,以氧化銅完全氧

化之,問可得水幾克.

【解】此輕氣在標準狀況時其體積如下:

$$10 \text{ 呷} \times \frac{74}{76} \times \frac{273}{273+27} = 8.86 \text{ 呷},$$

然此輕氣 1 呷之重量為 0.09 克,且所生成水之重量為輕氣重量之 9 倍,故所求水之重量如下:

$$0.09 \text{ 克} \times 8.86 \times 9 = 7.12 \text{ 克} \quad \text{答 } 71.2 \text{ 克}.$$

14. 取氣體 5 克,減其壓力之 $\frac{1}{2}$,令之膨脹,又取其中 100 c.c. 秤之,如為 0.25 克時,問原體積若干.

【解】重量 0.25 克之氣體 100 c.c., 在原有壓力時占有 50 c.c. 之體積.

故所求之值如下:

$$50 \text{ c.c.} \times \frac{5}{0.25} = 1000 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 1000 \text{ c.c.}$$

15. 於 25° , 745 耗時所測之輕氣為 250 c.c. 若於 15° , 755 耗時測之,問有幾 c.c..

$$\text{【解】 } 250 \text{ c.c.} \times \frac{745}{755} \times \frac{273+15}{273+52} = 239 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 239 \text{ c.c.}$$

16. 有容量 3000 c.c. 之器,盛以標準狀態時之氣體 5 克. 今加至溫度 10° 壓力 750 耗時,則殘留器內之氣體,當減去幾克.

【解】在標準狀況時此氣體 1 c.c. 之重量為 $\frac{5}{2000}$ 克,故在溫度 10° 壓力 750 耗之氣體 2000 c.c., 如在標準狀況則其體積當為

$$2000 \text{ c.c.} \times \frac{750}{760} \times \frac{273}{273+10}$$

故其重量如下:

$$\frac{5}{2000} \text{ 克} \times 2000 \times \frac{750}{760} \times \frac{273}{273+10} = 4.76 \text{ 克} \quad \text{答 } 4.76 \text{ 克}.$$

17. 將在溫度 10° 壓力 750 耗時所測之氣體 1000 c.c., 熱之使膨脹至 1120 c.c. 壓力變為 74° 耗時, 則所熱之氣體上昇之溫度若干.

圖 假定所求之溫度為 t° 則有下之關係

$$1000 \text{ c.c.} \times \frac{750}{740} \times \frac{273+t}{273+10} = 1120 \text{ c.c.}$$

$$\therefore t = 40^\circ$$

答 40°

18. 取 -48° 氣壓 600 耗時所測之氣體 10 克, 熱之使至 177° 且壓力降至 480 耗時, 分取其 250 c.c. 秤之, 如其重量為 0.5 克, 問此氣體之原體積及一呷之重量若干.

圖 先求 250 c.c. 之氣體回復於原狀況時之體積, 而後以 $\frac{10 \text{ 克}}{0.5 \text{ 克}}$ 倍之則得原體積.

$$250 \text{ c.c.} \times \frac{480}{600} \times \frac{273+48}{273+177} \times \frac{10}{0.5} = 2000 \text{ c.c.} = 2 \text{ 呷,}$$

$$\text{故 1 呷之重量為 } 10 \text{ 克} \times \frac{1}{2} = 5 \text{ 克}$$

答 2 呷, 5 克.

19. 取對於養氣有 1.5 比重之氣體, 由標準狀態使變溫度 24° 壓力 740 耗時, 如所占之體積為 6172.3 c.c., 問此氣體之全重量如何.

圖 先求此氣體在標準狀況時之體積, 而後以養氣 1 c.c. 之重量之 1.5 倍乘之即得.

$$0.001429 \text{ 克} \times 1.5 \times 6172.3 \times \frac{740}{760} \times \frac{273}{273+24} = 12 \text{ 克} \quad \text{答 12 克.}$$

20. 氣體溶解於液體之體積, 不拘其壓力如何, 常相等, 試說明之.

圖 氣體溶解於液體中之重量，與氣體之壓力為比例（亨利定律），又氣體一定體積之重量，與此氣體所受之壓力為比例而增加（波義耳定律），故液體不論壓力如何，常能溶解一定體積之氣體，例如 1 呎之水能溶解受 1 氣壓之碳酸氣 1 呎，即 2 克，如在 5 氣壓之下，則能溶解 2×5 克之碳酸氣，故其體積如下，亦為 1 呎，

$$1 \text{ 呎} \times \frac{10 \text{ 克}}{2 \text{ 克}} \times \frac{1}{5 \text{ 氣壓}} = 1 \text{ 呎}.$$

第二章 化學式

第一節 分子量 原子量 原子價

1. 分子量 固體及液體之比重,常以水爲標準,同樣氣態之元素或化合物之比重,則以養氣爲標準,⁽¹⁾取此等比重而32倍之而表示之,對於化學上極爲便利.此值名之爲分子量 (Molecular weight).如碳酸氣之重量爲 1.965 克,而養氣之重量爲 1.429 克,則其上述意義之比重,即分子量當爲

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

是也.今此處雖爲在標準狀態時比較兩氣體重量,然溫度與壓力對於氣體體積之影響,與氣體之種類無關,悉皆一致,故上之比重,在任意溫度任意壓力之下測之,不可不有同一之值.故

分子量云者,爲氣態元素或化合物之重量,與在同一狀況之同體積之養氣重量之比之32倍.

由是則養氣之分子量爲32.00,自不待言.然如空氣等之混合物,雖爲氣態,而其分子量則不可照此推算.

(1) 取養氣爲標準者,因能製取其純粹物,及其有與多數元素相化合之性故也。

茲就既知之物質,而舉其分子量如次。

	於標準狀況時一升之 重量(克)	對於養氣之比重	分子量
輕 氣	0.09	$\frac{0.09}{1.429} = 0.063$	$0.063 \times 32 = 2.0$
硝 精	0.76	$\frac{0.76}{1.429} = 0.532$	$0.532 \times 32 = 17.0$
水 蒸 氣	0.80	$\frac{0.80}{1.429} = 0.563$	$0.563 \times 32 = 18.0$
淡 氣	1.25	$\frac{1.25}{1.429} = 0.876$	$0.876 \times 32 = 28.0$
一氧化碳	,,	,,	,,
養 氣	1.429	$\frac{1.429}{1.429} = 1$	$1 \times 32 = 32.0$
氯化氫	1.51	$\frac{1.51}{1.429} = 1.139$	$1.139 \times 32 = 36.5$
炭酸氣	1.965	$\frac{1.965}{1.429} = 1.375$	$1.375 \times 32 = 44.0$
綠 氣	3.18	$\frac{3.18}{1.429} = 2.216$	$2.216 \times 32 = 71.0$

2. 非氣態物質之分子量 在常溫之氣態物質,如上所論,雖悉得定其分子量,但於常溫,爲液態之水,醇,銻等物質及固體之磷,硫,鋅等物質,則可熱之於高溫而氯化之,以求其對於同狀況之養氣之比重而32倍之,即能定其氣態時之分子量,難於氯化之物質,由適當之方法,亦得定其分子量(參照溶液之章)。

3. 克分子量 物質之一分子量,以克爲單位而表示之之量,稱爲該物質之**1克分子** (Mole or gram molecular weight)

如養氣 1 克分子，爲 32 克，水之 1 克分子，爲 18 克，而碳酸氣之 $\frac{1}{2}$ 克分子，爲其 22 克，2 克分子，則 88 克是也。但養氣 1 克分子在標準狀態時所占之體積，爲

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

而分子量乃表示諸氣體之同體積之重量比之數，故他氣體之一克分子，自亦悉占有上之體積也。故

凡氣體在標準狀態時，其一克分子之體積爲 22.4 呎。

此數值，在化學計算上極爲緊要，須牢記之。

氣體 22.4 呎之重量與一克分子相當，故分子量之定義又如下。

分子量云者，乃其氣體在標準狀態時 22.4 呎之重量，以克爲單位而表示之之數也。

4. 分子量之用法 (1) 依分子量之定義，知其一氣體之分子量時，即能計算其氣體之密度。蓋氣體一克分子之體積，在標準狀態常占有 22.4 呎故也。如所謂沼氣之氣體之分子量爲 16，則在標準狀態時，其 1 呎之重量，爲

$$16 \div 22.4 (\text{呎}) = 0.71 \text{ 克}$$

由是，依氣體之定律，能定其在任意之狀況時之密度。

(2) 分子量爲求氣體之化合之重量比時所使用。依氣體化合之定律，則氣體互以體積上簡單之整數比，而生化學變化，故知其相互反應之體積比時，其重量比，可由其氣體比

重即分子量,而求得之如

輕氣	養氣	蒸汽			
分子量.....2	.....32	.....18			
體積比.....		+		=	
∴ 重量比.....	2×2	:	32×1	:	18×2
即	1		8	.	9

又同樣

一氧化碳	養氣	炭酸氣			
體積比.....		+		=	
重量比.....	28×2	:	32×1	:	44×2
即	7		4		11

5. 原子量 凡一元素之量,若就含有此種元素之諸化合物之一分子量中所含同元素之諸量而比較之時,此等之諸量,悉成某一定量之整數倍,如種種之氧化物,一分子量中所含養氣之量如次.

	分子量	組 成	一分子量中所含養氣之量
水	18	輕氣 1 : 養氣 8	$18 \times \frac{8}{1+8} = 16$
一氧化碳	28	碳 3 : 養氣 4	$28 \times \frac{4}{3+4} = 16$
炭 酸 氣	44	碳 3 : 養氣 8	$44 \times \frac{8}{3+8} = 32 = 16 \times 2$
養 氣	32	養氣 ——	—— $32 = 16 \times 2$

如上表,一分子量中所含養氣之量爲16,或爲其二倍。今日所知之養氣化合物,其數頗多,而此等之一分子量中所含養氣之量,悉爲16之整數倍,無一小於16之值者。凡一元素得存於物質一分子量中之最小量,謂之原子量 (Atomic weight)。故養氣之原子量爲16。同樣可求輕氣之原子量如次。

	分子量	組 成	一分子量中輕氣之量
氯 化 氫	36.5	綠氣 35.5 : 輕氣 1	$36.5 \times \frac{1}{1+35.5} = 1$
水	18	輕氣 1 : 養氣 8	$18 \times \frac{1}{1+8} = 2$
輕 氣	2	輕氣 ——	—— = 2
硝 精	17	輕氣 3 : 淡氣 14	$17 \times \frac{3}{3+14} = 3$

依上之結果,則知輕氣之原子量爲一。

實際上,決定原子量時,常將含有該元素之多數化合物分析之,而取舍於此等之一分子量中之同元素之諸量之最大公約數,即得。由是一分子量中之碳量,如各有24及36之二種之化合時,則炭之原子量,非爲24,而爲其二量之最大公約數之12也。

原子量之定義之必然的結果,爲凡元素及化合物之一分子量,得以其所含元素之原子量之和,或其整數倍之和而表示之,如

$$\text{氯化氫之分子量 } 36.5 = \text{輕氣之原子量 } 1 + \text{綠氣之原子量 } 35.5 \dots\dots(1)$$

$$\text{水之分子量 } \dots\dots 18 = (\text{輕氣之原子量 } 1) \times 2 + \text{養氣之原子量 } 16 \dots(2)$$

硃精之分子量……17 = (輕氣之原子量 1) × 3 + 淡氣之原子量 14……(3)

綠氣之分子量……71 = (綠氣之原子量 35.5) × 2……(4)

炭酸氣之分子量……44 = 碳之原子量 12 + (養氣之原子量 16) × 2……(5)

6. 原子價 將上之 (1), (2), (3) 比較之, 則綠氣, 養氣, 淡氣之各 1 原子量, 各各與輕氣之 1, 2, 3 原子量化合, 而生氯化氫, 水, 硃精之 1 分子量可知矣。凡如綠氣等, 其 1 原子量與輕氣之 1 原子量相化合之元素, 稱為 **1 價元素** (Monovalent element), 如養氣, 其 1 原子量與輕氣 2 原子量相化合之元素, 稱為 **2 價元素** (Divalent element), 又如淡氣, 其 1 原子量與輕氣 3 原子量化合之元素, 稱為 **3 價元素** (Trivalent element), 故輕氣為一價元素。此表示 元素之化合能力, 如 1 價, 2 價, 3 價等之數, 謂之元素之原子價 (Valence)。

如綠氣, 養氣, 易與輕氣化合之元素之原子價, 雖如是易定, 但元素中多數之金屬元素, 不與輕氣化合者甚多。此種元素之原子價, 自然不能由輕氣直接定之, 故須求其 1 原子量與任意之 1 價元素之幾原子量相化合之數, 如此所得之數, 即各元素之原子價也。如鈉, 其 1 原子量與綠氣之 1 原子量化合而生食鹽, 則其原子價為 1, 銅之 1 原子量與綠氣之 2 原子量化合, 故其原子價定為 2 也。

如倍數比例之定律所說, 二種元素, 有時生二種以上之化合物, 故元素之原子價, 亦非祇限於一種, 而亦有二種以上者, 如銅, 水銀之悉為 1 價及 2 價, 如鐵, 鉻之悉為 2 價或 3 價

(1)
是也。

以上所述元素之原子量，爲表示其元素組成化合物一分子時之單位量，而原子價則表示其元素與他元素化合之能力之大小者。故就一元素而知此二量者，爲研究化學變化上最緊要之件。此等之值則揭舉於次章。

7. 當量 以元素之原子價除其原子量，所得之數，謂之其元素之 1 當量 (Equivalent weight)。如

$$\text{養氣之一當量爲} \dots\dots\dots \frac{16}{2} = 8$$

$$\text{淡氣之一當量爲} \dots\dots\dots \frac{14}{3} = 4.7 \text{ 或 } \frac{14}{5} = 2.8$$

$$\text{鐵之一當量爲} \dots\dots\dots \frac{56}{2} = 28 \text{ 或 } \frac{56}{3} = 18.7$$

原子價爲表示元素之一原子量，與輕氣或一價元素之幾原子量相化合之數，故元素之一當量，乃表示互相化合之元素之量者也。一當量以克表示時之量，稱爲 **1 克當量** (Gram equivalent weight)。

8. 摘要 定義

分 子 量 (Molecular weight)	氣態元素或化合物對於養氣之比重之 32 倍。 (標準狀態時之氣態元素或化合物之 22.4 呎之重量以克所測得之數)。
克 分 子 (Mol)	分子量以克爲單位而表示之量也。一克分子量之體積，在標準狀態時占有 22.4 呎。

(1) 有時即同一之原子價，亦有生二種以上之化合物者。

<p>原子量 (Atomic weight)</p>	<p>許多化合物,各一分子量中所含某一元素之諸量之最大公約數。 (因此一分子量得以其所含一元素之原子量之整數倍之和表示之)。</p>
<p>原子價 (Valency)</p>	<p>爲表示元素之一原子量與輕氣或一價元素之幾原子量相化合之數。</p>
<p>當量 (Equivalent weight)</p>	<p>二元素相互化合之量,互稱爲當量。一當量云者,以原子價除其原子量而得之數也。一當量以克表示時之量,謂之一克當量。</p>

9. 問題

1. 試說明分子量。
2. 何謂克分子,又一克分子之體積如何。
3. 氣體之分子量,與對於輕氣之比重之二倍相當,試說明之。

圖 物質之分子量爲對於養氣比重之32倍,故與對於僅有養氣 $\frac{1}{16}$ 之重量之輕氣之比重之2倍相當。

4. 有真空瓶一,於溫度 15° 壓力 756 耗時秤之,爲 153.679 克;如於同溫同壓力時充以綠氣,其重爲 156.844 克;充以養氣,其重爲 155.108 克,問綠氣之分子量如何。

圖 瓶內所盛之綠氣與養氣俱在同一之狀況,故不必顧及其溫度與壓力如何,僅將前者對於後者之比重32倍之即得分子量。

$$\text{綠氣之重量} = 156.844 \text{ 克} - 153.679 \text{ 克} = 3.165 \text{ 克。}$$

$$\text{養氣之重量} = 155.108 \text{ 克} - 153.679 \text{ 克} = 1.429 \text{ 克。}$$

$$\therefore \text{分子量} = \frac{3.165}{1.429} \times 32 = 70.72 \quad \text{答 } 70.72.$$

5. 取硼精 50 c.c. 秤之,其重量為 0.038 克,問其分子量如何。

圖 試求其 22.4 升之重量便得,即

$$50 \text{ c.c.} : 22.4 \times 1000 \text{ c.c.} = 0.038 \text{ 克} : x \text{ 克}$$

$$\therefore x = 17 \text{ 克} \quad \text{答 17.}$$

6. 使某化合物 2.02 克化為氣體,於溫度 16° 壓力 772 托之狀況時測之,其體積為 364 c.c.. 試求其化合物之分子量。

圖 先將此氣體之體積改算為標準狀況時之體積,而後計算其 22.4 升之重量,即 364 c.c. 之 0° 及 760 托時之體積如下:

$$364 \text{ c.c.} \times \frac{772}{760} \times \frac{273}{273+16} = 349.3 \text{ c.c.}$$

故 22.4 升之重量如下:

$$2.02 \text{ 克} \times \frac{22.4 \times 1000}{349.3} = 130 \text{ 克} \quad \text{答 130}$$

7. 在零度 725 托之狀況時,測 14 克之氣體,知其占有 8019 c.c. 之體積,問其分子量如何。

圖 照前解

8. 盛酒精少許於容量 670 c.c. 之玻璃瓶內,而浸於 100° 之熱水中,使酒精完全氣化充滿瓶內時,閉其瓶口,取而秤之,則其重量為 35.63 克。當行此實驗時,氣壓為 755 厘。又玻璃瓶當真空時,重量為 34.62 克。問其酒精之分子量若干。

圖 瓶內酒精之蒸氣,在標準狀況時所占之體積如下:

$$670 \text{ c.c.} \times \frac{755}{760} \times \frac{273}{273+100}$$

$$\text{又其重量} = 35.63 \text{ 克} - 34.62 \text{ 克} = 1.01 \text{ 克}$$

由此求酒精 22400 c.c. 之重量,則得分子量。

$$\therefore 1.01 \text{ 克} \times \frac{22400}{670 \times \frac{755}{760} \times \frac{273}{273+100}} = 46 \text{ 克} \quad \text{答 46}$$

9. 1 克之水, 於 100° 時有 1.043 c.c. 之體積. 今於標準氣壓之下 100° 之水, 如變為同溫度之水蒸氣問其體積增加幾倍.

圖 水蒸氣 1 克分子即 18 克, 在標準狀況之下有 22.4 升之體積. 故其 1 克在標準氣壓 100° 之下, 所占之體積如下:

$$22.4 \text{ 升} \times \left(1 + \frac{100}{273}\right) \times \frac{1}{18} = 1.7 \text{ 升} = 1700 \text{ c.c.}$$

然 100° 之水 1 克之體積, 占有 1.043 c.c., 故所求之值如下.

$$1700 \text{ c.c.} \div 1.043 \text{ c.c.} = 1630 \quad \text{答 } 1630 \text{ 倍}$$

10. 氧之原子量如為 16, 則氫之原子量為 1.008, 設以氫之原子量為 1, 問氧之原子量如何.

$$\text{圖 } 16 : 1.008 = x : 1 \quad \therefore x = 15.87 \quad \text{答 } 15.87$$

11. 試由碳酸氣之分子量 44, 計算其 13, 及 75 種時, 一克所占之體積如何.

圖 標準狀況時, 碳酸氣 44 克之體積占 22.4 升. 故碳酸氣 1 克, 在所與之狀況之體積如下:

$$22.4 \text{ 升} \times \frac{1}{44} \times \frac{76}{75} \times \frac{273+13}{273} = 0.55 \text{ 升} \quad \text{答 } 0.55 \text{ 升}$$

12. 碳之原子量為 12, 其意義如何.

圖 所有含碳之化合物 1 分子量中, 所存碳之最小量為 12 之意.

13. 用輕氣還原 1.64 克之黑色氧化銅, 而得 1.31 克之銅時, 求銅之當量若干.

圖 黑色氧化銅中含氧之量如下:

$$1.64 - 1.31 = 0.33 \text{ 克}$$

氧之當量為 8, 故銅之當量如以 x 表之則其關係如下:

$$0.33 \text{ 克} : 1.31 \text{ 克} = 8 : x$$

$$\therefore x = 31.76 \quad \text{答 } 31.76$$

14. 分析四種之氯化物一分子量,而得綠氣之諸量如次,由此求其綠氣之原子量.

71.0 106.5 142.0 177.5

圖 求此四量之最大公約數即得.

答 35.5

15. 何謂原子價及當量.

16. 碳酸氣之分子量為 44,其組成為碳 3:氧 8.求碳之一當量.

圖 碳酸氣 1 分子量中碳及氧之重量如下:

$$\text{碳} \cdots \cdots 44 \times \frac{3}{3+8} = 12 \cdots \cdots 1 \text{ 原子量}$$

$$\text{氧} \cdots \cdots 44 \times \frac{8}{3+8} = 32 = 16 \times 2 \cdots \cdots 2 \text{ 原子量}$$

即 碳 1 原子量與原子價為 2 之氧之 2 原子最相化合,故其 1 當量為

$$12 \div (2 \times 2) = 3$$

答 3.

第二節 化學符號

1. 元素符號 以元素之拉丁名之首字,為其元素之名稱,及表示一原子量之符號⁽¹⁾.如

拉丁名	符號	記號所表之事項
Hydrogenium.....	H.....	氫 1 量
Carboneum.....	C.....	碳 12 量
Nitrogenium.....	N.....	氮 14 量
Oxygenium.....	O.....	氧 16 量

(1)此元素之記號為柏禮利烏(Berzelius)氏之創案,茲舉其二三之舊符號如次:金☉或水(太陽),銀☾(月),水▽,氧啞或○,碳●等.

至元素名之首字相同者,則於其首字之下附記其中之他一字以區別之,如

- CarboneumC 碳 1 量
- ChlorumCl 氯 35.5 量
- CalciumCa 鈣 40 量
- CuprumCu 銅 64 量

元素符號之主字,不用如 *ℳ* 之花文字而用如 H 之活字型之文字.第二之文字,不用大文字而用如 a 或 *a* 之小文字以表之.但元素符號,有須表示其原子量之必要時,則記之如 C = 12,須表示其原子價時,如 C^{IV},以羅馬之數字記於符號之右肩上.

現今所知之元素及其符號,原子量,原子價如次.

元素表 (1925)

元 素 名		符 號	原 子 價	原 子 量
中	英			
銀*	Silver (Argentum)	Ag	I	107.88
鋁*	Aluminium	Al	III	26.97
氬	Argon	Ar	0	39.91
砷*	Arsenic	As	III, V	74.96
金*	Gold (Aurum)	Au	I, III	197.2
硼*	Boron	B	III	10.82
鋇*	Barium	Ba	II, IV	137.37
銻	Glucinum	Gl	II	9.1
鉍*	Bismuth	Bi	III, (V)	209.0
溴*	Bromine	Br	I, (III, V, VII)	79.916

元 素 名		符 號	原 子 價	原 子 量
中	英			
碳*	Carbon	C	IV, (II)	12.000
鈣*	Calcium	Ca	II	40.07
鎘	Cadmium	Cd	II	112.41
鈰*	Cerium	Ce	IV	140.25
氯*	Chlorine	Cl	I, (III, V, VII)	35.457
鈷*	Cobalt	Co	II, (IV)	58.94
鉻*	Chromium	Cr	II, III, IV, VI	52.01
銫	Cæsium	Cs	I	132.81
銅*	Copper (Cuprum)	Cu	II, I	63.57
鐳	Dysprosium	Dy		162.52
釷	Erbium	Er	III	167.7
鏷	Europium	Eu		152.0
氟*	Fluorine	F	I	19.0
鐵*	Iron (Ferrum)	Fe	II, III, IV	55.84
銦	Gallium	Ga	III	69.72
釷	Gadolinium	Gd	I, III	157.26
銻	Germanium	Ge	IV, II	72.5
氫*	Hydrogen	H	I	1.008
氦	Helium	He	0	4.00
銻*	Mercury (Hydrargyrum)	Hg	II, I	200.61
釷	Holium	Ho		163.4
碘*	Iodine	I	I, III, V, VII	126.932
銲	Indium	In	III	114.8
銱	Iridium	Ir	II, III, IV	193.1
鉀*	Potassium (Kalium)	K	I	39.096
氙	Crypton	Kr	0	82.9
銲	Lanthanum	La	III	138.9
鋰	Lithium	Li	I	6.94
鐳	Lutecium	Lu		175.0
鎂*	Magnesium	Mg	II	24.32
錳*	Manganese	Mn	II, IV, (VII)	54.93

元 素 名		符 號	原 子 價	原 子 量
中	英			
鉬	Molybdenum	Mo	II, III, IV, VI	96.0
氮*	Nitrogen	N	III, I, V	14.008
鈉*	Sodium (Natrium)	Na	I	22.997
鈹	Columbium	Cb		93.1
釹	Neodymium	Nd	III	144.27
氛	Neon	Ne	O	20.2
鎳*	Nickel	Ni	II, IV	58.69
氮	Niton (Radium Emanation)	Nt	O	222.4
氧*	Oxygen	O	II	16.00
銻	Osmium	Os	II, III, IV, VI, VIII	190.8
磷*	Phosphorus	P	III, V	31.027
鉛*	Lead (Plumbum)	Pb	II, IV	207.2
鈳	Palladium	Pd	II, IV	106.7
鐳	Praseodymium	Pr	III	140.92
鉑*	Platinum	Pt	II, IV	195.23
鐳	Radium	Ra	II	225.95
銣	Rubidium	Rb	I	85.44
銑	Rhodium	Rh	III	102.91
鈳	Ruthenium	Ru	II, III, IV	101.7
硫*	Sulphur	S	II, IV, VI	32.064
銻*	Antimony (Stibium)	Sb	III, V	121.77
釷	Scandium	Sc	III	45.1
硒	Selenium	Se	II, IV, VI	79.2
矽*	Silicon	Si	IV	28.06
釷	Samarium	Sm	III	150.43
錫*	Tin (Stannum)	Sn	II, IV	118.7
銣*	Strontium	Sr	II	87.63
鎢	Tantalum	Ta	V	181.5
鉕	Terbium	Tb	V	159.2
碲	Tellurium	Te	II, IV, VI	127.5
釷	Thorium	Th	IV, II	232.15

元 素 名		符 號	原 子 價	原 子 量
中	英			
鈦	Titanium	Ti	IV	48.1
鉛	Thallium	Tl	I, III	204.39
鈦	Thulium	Tu	I	169.4
鈾	Uranium	U	IV, VI	238.17
鈷	Vanadium	V	V, I, III	50.96
鎢	Tungsten (Wolframium)	W	II, IV, VI	184.0
氙	Xenon	Xe	0	130.2
鈦	Yttrium	Y	III	88.9
鐿	Ytterbium	Yb	III	173.6
鋅*	Zinc	Zn	II	65.38
鈷	Zirconium	Zr	IV	91.0

前篇所舉 83 元素中之 35 元素，(附有記號如 * 者)為最普通之元素，將此等符號與原子價確實牢記之，為學習上極要之事，本來元素之中名與符號，毫不關聯，故先記其英名，則容易暗誦其符號。又將元素分為非金屬與金屬而記憶之，則於推定一化合物之能成立與否，大有便宜。因化合常以起於金屬與非金屬之間為通則，間亦有起於非金屬相互之間者⁽¹⁾，然起於金屬相互之間者則稀也。至普通之練習的計算⁽²⁾，用上節之原子量而計之即得。

2. 分子式 (1) 分子式 元素符號，為表示元素名及其一原子量者，故用之以表示元素或化合物之組成，及分子量

(1) 輕氣雖為非金屬，而難與金屬相化合，金屬相互間之化合物，雖亦有 $MgNi_2$, Mg_2Ni , $MgAg$, Hg_2K , HgK 等，但非普通之化合物也。(2) 化學分析之計算則需用本表。

亦可,如

水 18 量(1 分子量) = 氫 2 量(2 原子量) + 氧 16 量(1 原子量)

而 氫 2 原子量 (2) = $H \times 2$

氧 1 原子量 (16) = O

故 水 1 分子量 (18) = $H \times 2 + O$

實際上,凡表示原子量之幾倍之數字,如 $H \times 2$ 之 2 常如指標記於元素符號之右下,如 H_2 ,且符號間之 + 常省略之,而表示之如次,即

水 1 分子量 = H_2O

此由元素符號以示物質之組成及分子量之化學符號,稱爲分子式 (Molecular formula),換言之,分子式乃列記物質中所含諸元素之符號,且將一分子量中含有二原子量以上之元素之數字各附記於其符號之右下,以表示物質分子之化學符號也,但有表示物質之數分子量之必要時,則將其數字列記於分子式之左側,如水之二分子量,則以 $2H_2O$ 表示之。

(2) 分子式之作成. 作成一物質之分子式時,先將其分子量分爲組成之比,次更將其所分得元素之量,以其代表之元素符號記之可也,如

(a) 碳酸氣之分子量爲 44,其成分碳與氧爲 3 與 8 之比,故其分子式如下:

$$\text{一分子量中碳之量} = 44 \times \frac{3}{3+8} = 12 = C$$

$$\text{一分子量中氧之量} = 44 \times \frac{8}{3+8} = 32 = \text{O}_2$$

$$\therefore \text{分子式} = \text{CO}_2$$

(b) 醋酸爲碳 40.0%，氫 6.7%，氧 53.3% 所組成。其分子量爲 60。故其分子式如下：

$$\text{一分子量中碳之量} = 60 \times \frac{40.0}{40.0+6.7+53.3} = 24 = \text{C}_2$$

$$\text{一分子量中氫之量} = 60 \times \frac{6.7}{40.0+6.7+53.3} = 4 = \text{H}$$

$$\text{一分子量中氧之量} = 60 \times \frac{53.3}{40.0+6.7+53.3} = 32 = \text{O}_2$$

$$\therefore \text{分子式} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$$

(3) 由分子式而計算其分子量。知物質之分子式時，則其分子量，以分子式中記號所表示之元素之原子量相加即得。如

(a) 鹵精之分子式爲 NH_3 ，則其分子量爲

$$\text{N} = 14 \times 1 = 14$$

$$\text{H}_3 = 1 \times 3 = 3$$

$$\text{NH}_3 = 17.$$

(b) 硫酸之分子式爲 H_2SO_4 ，其分子量如次。

$$\text{H}_2 = 1 \times 2 = 2$$

$$\text{S} = 32 \times 1 = 32$$

$$\text{O}_4 = 16 \times 4 = 64$$

$$\therefore \text{H}_2\text{SO}_4 = 98$$

(4) 由分子式而求氣體之重量。氣態物質一克分子量

之體積，在標準狀態時占有 22.4 呎，故知其分子式時，即可得計算其一呎之重量。如一氧化碳之分子式為 CO，故一克分子量為 $CO = 12 + 16 = 28$ 克，且占有 22.4 呎，則一呎之重量為

$$28 \text{ 克} \div 22.4 = 1.25 \text{ 克}$$

由是，則一氧化碳在任意狀況時之任意體積之重量，亦可得而計算之。

(5) 由分子式而計算其百分組成⁽¹⁾。將物質 100 量，照其分子式中之元素符號所代表各元素之量之比例，而按分之時，即為其物質之百分組成。如有 C_2H_6O 分子式之物質之百分組成如次：

$$C_2H_6O = 12 \times 2 + 1 \times 6 + 16 = 46$$

$$\text{碳} \cdots \cdots \cdots 100 \times \frac{12 \times 2}{46} = 52.18 \%$$

$$\text{氫} \cdots \cdots \cdots 100 \times \frac{6}{46} = 13.04 \%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \cdots 100 \times \frac{16}{46} = 34.78 \%^{(2)}$$

3. 實驗式 (1) 實驗式及其測定法。用元素符號以表物質組成之化學符號，謂之實驗式 (Empirical formula)。實驗式，乃用以表示分子量未知，而不能定其分子式之物質。如乙烯 (Ethylene) 之組成，為碳 6：氫 1，而以 CH_2 表示之。蓋 $C = 12$ $H_2 = 2$ ，而其比等於 6：1 故也。

(1) 百分組成云者為物質 100 量中各成分之量也。(2) 算出百分組成後，須檢此等之和，是否為 100。若有過或不足時，不可不適當補正之。

一物質之組成，由次之方法，可得構成其實驗式。今將氯酸鉀之組成舉之如次：

鉀 31.92 %， 氯 28.93 %， 氧 39.15 %

(a) 以其元素之原子量除各成分之重量，

$$\text{鉀} \cdots \cdots \frac{31.92}{39} = 0.81$$

$$\text{氯} \cdots \cdots \frac{28.93}{35.5} = 0.81$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{39.15}{16} = 2.43$$

(b) 其商各以其中之最小之數除之。

$$\text{鉀} \cdots \cdots \frac{0.81}{0.81} = 1$$

$$\text{氯} \cdots \cdots \frac{0.81}{0.81} = 1$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{2.43}{0.81} = 3$$

(c) 將此商，記於各元素符號之右下而列書之。即



此即所求之實驗式也。

如上之計算，以原子量除百分組成所得之商 0.81 或 2.43 之數，乃表示該物質中所應含有之原子量之數，即元素符號之數，故知組成氯酸鉀之 K, Cl, O 之符號之數，當為 0.81 : 0.81 : 2.43 之比，但實驗式中元素之符號，常以整數表之，故以其中之最小之數除比之各項，則得 1 : 1 : 3 之整數比。故知此 K, Cl, O, 有 1, 1, 3 之比率也。

(2) 實驗式與分子式之關係。比較實驗式與分子式之定義，則容易理解之，即分子式與實驗式之所以異者，在於式中之元素符號所表示之原子量之總和是否等於其物質之分子量而已。若實驗式中原子量之總和，恰等於其分子量時，則其式同時又為分子式。如水之實驗式亦為 H_2O 是也。但實驗式中之原子量之總和，即不等於其分子量，而其某整數倍，必可等於其分子量。此因實驗式，為表示其成分元素之原子量數（即符號數）之最簡單之比故也。若實驗式中原子量之總和之某分數倍，等於其分子量時，則其一分子量中必含有未滿一原子量之零數之元素。由是乃與分子量必為原子量之整數倍之定義相矛盾矣。如有實驗式 CH_2 之乙烯之分子量，必須為 $CH_2=14$ 之整數倍，如14, 28, 42, 56等數中之一；若不然而為其 $\frac{3}{2}$ 倍，即為 $14 \times \frac{3}{2} = 21$ 之數時，則一分子量中碳之量為 $21 \times \frac{C}{CH_2}$ ，即 $21 \times \frac{12}{14} = 18$ ，而與一原子量之 $\frac{18}{12} = 1\frac{1}{2}$ 倍相當。此明與分子量之定義相背也。

故實驗式改為分子式時，可將前者所示原子量之總和除其分子量，而以所得之商，乘表示實驗式之各符號數之數可也。乙烯之分子量，實為28，故其分子式如次：

$$(CH_2)_n = 28$$

但 $CH_2 = 14$

故 $14 \times n = 28$

$$\therefore n = \frac{28}{14} = 2$$

∴ 分子式爲 $(\text{CH}_2)_2$ 即 C_2H_4

(3) 由原子價推定其實驗式。二種元素之化合物之實驗式，屢由其原子價推定之。此因元素爲互以當量之比率相化合，故化合物中，二元素之當量數等，則其原子價亦相等也。如氯及氫爲一價之元素，故氯化氫之實驗式爲 $\text{H}^{\text{I}}\text{Cl}^{\text{I}}$ ，又碳爲四價，故其與氫之化合物之實驗式爲 $\text{C}^{\text{IV}}\text{H}_4$ ，其氯化物爲 $\text{C}^{\text{IV}}\text{Cl}_4$ 。同樣知氧爲二價，則其與氫之化合物實驗式爲 $\text{H}_2^{\text{I}}\text{O}^{\text{II}}$ ，與碳之化合物之實驗式爲 $\text{C}^{\text{IV}}\text{O}^{\text{II}}_2$ 。鋁爲三價，則其氧化物之實驗式爲 $\text{Al}^{\text{III}}_2\text{O}^{\text{II}}_3$ ，可得而推定之也。

4. 化學式。分子式及實驗式，總稱爲化學式 (Chemical formula)。此後表示一物質時，固用分子式，但分子式未知之物質不尠，故表示此等物質時，則用實驗式也。

5. 摘要。化學符號

元素符號 (Symbol of element)	元素符號爲表示元素名及原子量者。以元素之 <u>拉丁</u> 名之首字或添其他之一字以表示之。
實驗式 (Empirical formula)	以元素符號表示其物質之組成之化學符號也。書其式時，則以其各元素之原子量除其組成，而求其商之整數比，而以此所得之數，附書於各元素符號之右下。
分子式 (Molecular formula)	表示物質之組成及分子量之化學符號也。書其式時，以實驗式所表示之量除分子量所得之商，以之乘實驗式之各符號數，或將其分子量按分之爲其組成之比，所得之量各以其元素符號換書之。
化學式 (Chemical formula)	實驗式，分子式及以後所述之示性式，構造式等之總稱也。

6. 問題.

1. 試記下列元素符號之名,及區別何者為金屬與非金屬

B, F, P, Si, Sb, K Hg, Mg, Ag, Au

2. 如空氣為化合物,則其分子量及實驗式當如何.

圖 空氣 1 呎之重量為 1.293 克,故分子量為

$$1.293 \times 22.4 = 28.96.$$

又空氣由養氣 1 體積 (O₂),及淡氣 4 體積 (4N₂) 而成,故其實驗式當為 N₄O.

答 29 N₄O

3. 試列舉由分子式所得之事項.

圖 分子量,成分及其重量組成,氣體之密度.

4. 問具有下記重量組成之物質之實驗式如何.

碳 40.45 氫 7.86 氮 15.73 氧 35.96

圖 各元素原子數之比如下:

$$\frac{40.45}{12} : \frac{7.86}{1} : \frac{15.73}{14} : \frac{35.96}{16}$$

即 3:7:1:2

答 C₃H₇NO₂

5. 試作氮 26.2%, 氫 7.4%, 氯 66.4% 之物質之實驗式.

圖 由 N = 14 H = 1 Cl = 35.5 故上之組成中,原子量數之整數比如下:

	原子量數	整數比
氮.....	$\frac{26.2}{14} = 1.9$	1
氫.....	$\frac{7.4}{1} = 7.4$	4
氯.....	$\frac{66.4}{35.5} = 1.9$	1

∴ 實驗式 NH₄Cl 答 NH₄Cl

6. 將一物質分析之,知其含鉀 26.6%, 鉻 35.22%, 氧 38.18%,

問其化學式如何。

圖 依前式解之即得。

答 $K_2Cr_2O_7$

7. 求有鎂 9.76, 硫 13.01, 氧 26.01, 水 51.22 之百分組成之物質之化學式。

答 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

8. 有碳, 氫, 氧之化合物, 其分析之結果, 為碳 26.5%, 氫 2.2%, 而分子量為 90.4, 問其分子式如何。

圖⁽¹⁾ 由 $C = 12 \quad H = 1 \quad O = 16$

故 碳..... $90.4 \times \frac{26.5}{100} = 24 = 12 \times 2$ C_2

氫..... $90.4 \times \frac{2.2}{100} = 2 = 1 \times 2$ H_2

氧..... $90.4 \times \frac{100 - (26.5 + 2.2)}{100} = 64 = 16 \times 4$ O_4

∴ 分子式 $C_2H_2O_4$

答 $C_2H_2O_4$

9. 將一有機酸分析之, 而知其為碳 40.0% 氫 6.6% 氧 53.4% 所成, 試計算其實驗式, 又其分子量為 60 時, 則其分子式如何。

整數比

圖 碳 ($C = 12$) $\frac{40.0}{12} = 3.3$1

氫 ($H = 1$) $\frac{6.6}{1} = 6.6$2

氧 ($O = 16$) $\frac{53.4}{16} = 3.3$1

實驗式 CH_2O

又分子式 $(CH_2O)_n = (12 + 2 + 16) \times n = 60$

∴ $n = 2$

∴ 分子式 $(CH_2O)_2$ 即 $C_2H_4O_2$

答 $CH_2O \quad C_2H_4O_2$

10. 將⁽²⁾碳氧氫所成之化合物 10.000 克使充分氧化之, 而得

(1) 凡分子量為已知者時皆可用此法。 (2) 若能徹底的了解此問題則凡作此種之分子式之問題皆可迎刃而解。

碳酸氣 20.001 克, 水 8.181 克. 次將此化合物 0.192 克, 使氣化於氣壓 75 厘, 溫度 200 度中, 而得 89.4 c.c. 之體積, 問其分子式如何.

圖 先求化合物中碳, 氫, 氧重量之比, 而定實驗式; 次由此氣體之重量以定其分子量而作分子式.

$$\text{碳酸氣(CO}_2\text{)中含碳之量} \cdots \cdots 20.001 \text{ 克} \times \frac{12}{44} = 5.455 \text{ 克}$$

$$\text{水(H}_2\text{O)中含氫之量} \cdots \cdots 8.181 \text{ 克} \times \frac{2}{18} = 0.909 \text{ 克}$$

以上為該化合物中所含碳與氫之量, 因而含氧之量如下:

$$10.000 \text{ 克} - (5.455 \text{ 克} + 0.909 \text{ 克}) = 3.636 \text{ 克}$$

故實驗式如下:

$$\text{碳} \cdots \cdots \frac{5.455}{12} = 0.454 \cdots \cdots \frac{0.454}{0.227} = 2$$

$$\text{氫} \cdots \cdots \frac{0.909}{1} = 0.909 \cdots \cdots \frac{0.909}{0.227} = 4$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{3.636}{16} = 0.227 \cdots \cdots \frac{0.227}{0.227} = 1$$

∴ 實驗式為 C_2H_4O

又此氣體 0.192 克在標準狀況時之體積如下:

$$89.4 \text{ c.c.} \times \frac{75}{76} \times \frac{273}{273+200}$$

故其 22.4 升 (22400 c.c.) 之重量如下:

$$0.192 \text{ 克} \times \frac{22400}{89.4 \times \frac{75}{76} \times \frac{273}{273+200}} = 88 \text{ 克}$$

故其分子量為 88, 與 $C_2H_4O = 44$ 之 2 倍相當, 故所求之分子式為 $C_4H_8O_2$.

答 $C_4H_8O_2$

11. 求有 $C_2H_5SO_3K$ 分子式之物質之百分組成.

解

$$C_2 = 12 \times 2 = 24$$

$$H_5 = 1 \times 5 = 5$$

$$S = 32 \times 1 = 32$$

$$O_3 = 16 \times 3 = 48$$

$$\begin{aligned} & \text{K} = 39 \times 1 = 39 \\ \therefore \text{分子量 } \text{C}_2\text{H}_5\text{SO}_3\text{K} &= 148 \end{aligned}$$

故其百分組成如下：

$$\left. \begin{aligned} \text{碳} & \dots\dots\dots 100 \times \frac{24}{148} = 16.22 \% \\ \text{氫} & \dots\dots\dots 100 \times \frac{5}{148} = 3.38 \% \\ \text{硫} & \dots\dots\dots 100 \times \frac{32}{148} = 21.62 \% \\ \text{氧} & \dots\dots\dots 100 \times \frac{48}{148} = 32.43 \% \\ \text{鉀} & \dots\dots\dots 100 \times \frac{39}{148} = 26.35 \% \end{aligned} \right\} \text{答}$$

12. 試計算 KNO_3 200 克中含氮之量。

圖 $\text{KNO}_3 = 14 + 48 + 39 = 101$, 此中含有 $\text{N} = 14$. 故所求含氮之量如下：

$$200 \text{ 克} \times \frac{14}{101} = 27.7 \text{ 克} \quad \text{答 27.7 克}$$

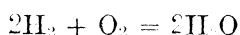
13. 下之二元素之化合物之化學式, 試由原子價推定之。

- (1) 氫與磷 (2) 氧與磷 (3) 氧與硼
(4) 硫與鐵 (5) 碘與鉀 (6) 硅與碳

圖 1. PH_3 2. P_2O_3 P_2O_5 3. B_2O_3 4. FeS Fe_2S_3 5. KI 6. SiC

第三節 化學方程式

1. 化學方程式 分子式為表示物質之種類, 及其一定量, 即分子量者, 故用之以表示一化學變化時之各物質間之質量關係亦可, 此式, 稱為化學方程式 (Chemical equation). 如輕氣與養氣化合而生水之反應, 得以次之化學方程式表之。



式中 H_2 , O_2 , H_2O , 爲輕氣, 養氣, 水之分子式, 其記於 H_2 及 H_2O 之前之數字, 爲表示幾倍於其分子式之數也。此數必以整數表示之, 稱之爲方程式中分子式之係數。又加號, 爲表示參與反應之物質之質量之和; 等號, 則表示兩邊之物質之質量相等者也。故上之方程式, 表示下列三項事實。

1. 氫之 $2\text{H}_2 = 4$ 量, 與氧之 $\text{O}_2 = 32$ 量化合, 其耗費之量之和, 等於其生成之水之 $2\text{H}_2\text{O} = 36$ 量。

2. 此三物質間之重量比, 爲 $4 : 32 : 36$ 或 $1 : 8 : 9$ 。

3. 氣體一分子式所表示之量, 卽一分子量, 不關其物質種類, 而占有同一體積。故上之係數, 亦爲表示氣體間之體積比。卽輕氣二體積與養氣一體積化合而生水蒸氣二體積也。

故化學方程式者, 係將反應物質之分子式, 以 + 號聯之, 而記於 = 號之左邊; 反應生成物之分子式, 以 + 號聯之, 而記於其右邊; 再於各分子式上, 附以相當之係數, 使其左右兩邊之各元素記號數各各相等。且將下列諸種關係最簡明的表出之之化學符號也:

1. 參與化學變化之諸物質之名稱, 及其質量之比, (卽定數比例之定律);

2. 發生化學變化之物質之總量, 等於其生成物之總量

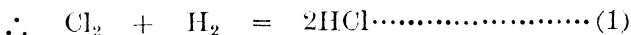
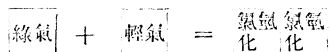
(1) 方程式左邊之(+), 爲表示相反應之義; 右邊之(+), 爲並列其共存之生成物之(與)之義也。

(即質量不變之定律);

3. 參與化學變化之氣體體積之比(即體積化合之定律).

用未知分子式之物質作方程式時,則以實驗式代分子式,故不能表示上記第三之事實,本來化學方程式,為簡明表示其實驗上之事實者,故非知其反應物質之種類,及其體積比或重量比,與其生成物質之種類,及其體積比或重量比,則不能書之,此點與數學之方程式,由其左邊即能推定其右邊者大異.

2. 方程式之作法. (1)氣體之反應之時. 綠氣一體積與輕氣一體積化合,而生氯化氫二體積之反應,列為方程式時,因分子式表示一分子量,且氣體一分子量所占之體積,悉皆一致,故綠氣,輕氣,氯化氫之各一體積,得以其分子式 Cl_2 , H_2 , HCl 代表之,故



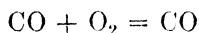
又一氧化碳(CO)二體積,與養氣(O_2)一體積化合,而生碳酸氣(CO_2)之二體積,其方程式如次:



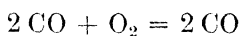
上之方程式(1), (2)之能適合質量不變之定律者由其兩邊之元素符號數之各相等之點可以瞭然,即方程式(1)中兩邊之H之數,Cl之數俱為二,方程式(2)中兩邊之C之數為二,O之數為四故也.

如是氣態物質相反應時之化學方程式，將其體積關係，換書爲其分子式之關係即得。

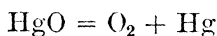
(2) 一般的作法：如上所述，由一氧化碳生碳酸氣之方程式，由其體積關係誘導而得時，其方程式兩邊各元素之原子數，自必相等，然反之，如將參與反應之一氧化碳與養氣之分子式置於左邊，碳酸氣之分子式置於右邊：



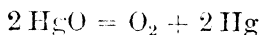
而加係數 2, 1, 2 於各分子式中，使其兩邊之碳及氧之符號各相等時，則得所求之方程式。



此法亦適用於非氣態之一般物質間之反應，如氧化錄(HgO)分解而生養氣(O₂)與水銀(Hg)之反應，列爲方程式時，先書下之分子式：



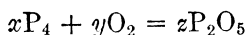
次因欲兩邊各元素之符號數相等，故由視察法可求得其化學式之係數爲 2, 1, 2。



3. 方程式之係數。方程式中化學式之係數，務由視察法索求之，但在表示稍複雜之反應之方程式，如欲索求能滿足其方程式之係數，實非容易，此時則用代數的方法爲便。

今舉簡單之實例而說明之，磷(P₄)被氧化而生五氧化二磷(P₂O₅)之反應之方程式中，其係數爲 x, y, z 時，則得次之

方程式:

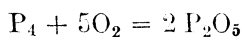


欲使方程式兩邊之各元素符號數相等,則 x, y, z 之間,不得不生次之關係.

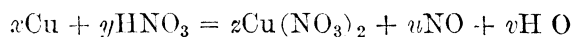
$$P \text{ 之數} \quad 4x = 2z \dots\dots\dots (1)$$

$$O \text{ 之數} \quad 2y = 5z \dots\dots\dots (2)$$

茲對此三個未知數,而僅得二個方程式,故此等之未知數之可能值,雖為無數,然此等未知數之比,必一定.今假定 $x = 1$,則由 (1) 式得 $z = 2$,由 (2) 式得 $y = 5$,以此代入於上之方程式未知數中,即得所求之方程式,即



次舉稍複雜之一例.而定其係數.如



其 x, y, z, u, v 之五個關係,以次之四個方程式示之.

$$Cu \text{ 之數} \quad x = z \dots\dots\dots (1)$$

$$H \text{ 之數} \quad y = 2v \dots\dots\dots (2)$$

$$N \text{ 之數} \quad y = 2z + u \dots\dots\dots (3)$$

$$O \text{ 之數} \quad 3y = 6z + u + v \dots\dots (4)$$

據此而求其最小之整數比,則⁽¹⁾

(1) 四個方程式中 $v = 1$ 時

由 (2) $y = 2$

(3) $\times 3 -$ (4) $v = 2u \therefore u = \frac{1}{2}$

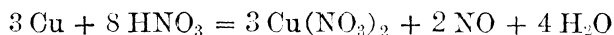
由 (1) (3) $x = z = \frac{y-u}{2} = \frac{2-\frac{1}{2}}{2} = \frac{3}{4}$

$$\therefore x = z = \frac{3}{4}, y = 2, u = \frac{1}{2}, v = 1$$

將各項四倍之而為整數比.
則 $x = z = 3, y = 8, u = 2, v = 4$

$$x = z = 3, \quad y = 8, \quad u = 2, \quad v = 4$$

故所求之方程式如次,

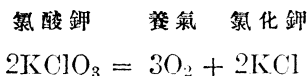


4. 方程式之考究. 每一方程式,常須考究之如下,以定其是否正確:

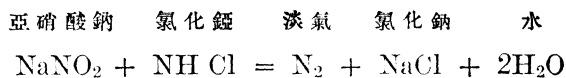
1. 方程式是否表示其實際進行之化學變化.
2. 方程式中之化學式,有無錯誤.
3. 方程式兩邊之元素之原子數,是否各各相等.

5. 方程式之例. 今列舉關於既學之化學變化中之物質製取之化學方程式如下:

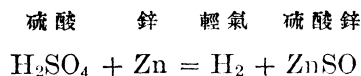
1. 熱氯酸鉀,則發生養氣,而殘留氯化鉀.



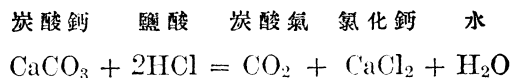
2. 熱亞硝酸鈉與氯化銻,則生淡氣,而殘留氯化鈉與水.



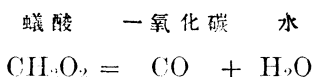
3. 加硫酸於鋅,則生輕氣與硫酸鋅.



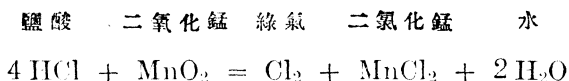
4. 加鹽酸於碳酸鈣,則發生碳酸氣,殘留氯化鈣與水.



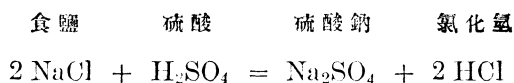
5. 濃硫酸與蟻酸混而熱之,則分解爲一氧化碳與水.



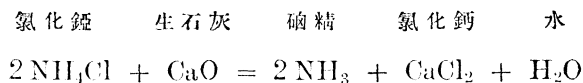
6. 加鹽酸於二氧化錳而熱之,則生綠氣,二氯化錳與水.



7. 加濃硫酸於食鹽而熱之,則生氯化氫與硫酸鈉.



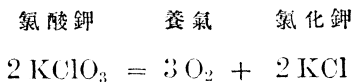
8. 加氯化銻於生石灰而熱之,則生礮精,氯化鈣與水.



6. 方程式之應用. 化學方程式,若爲表示相反應之諸物質,及生成之諸物質間之重量之關係(氣體則體積之關係亦在內)者,則依此可得計算

1. 由反應物質之一定量,求其生成物質之量,又
2. 欲得生成物質之一定量時所應使用之物質之量.

(例 1) 求由氯酸鉀 10 克,應可得養氣之重量及體積,其方程式爲



$$2\text{KClO}_3 = 2 \times (39 + 35.5 + 16 \times 3) = 245$$

$$3\text{O}_2 = 3 \times 16 \times 2 = 96$$

即由氯酸鉀之 245 量,生養氣 96 量之比率,故由前者之 10 克而生之後者之量,可計算次之比例式而求之.

$$245 : 96 = 10 \text{ 克} : x \text{ 克} \quad x = 3.9 \text{ 克}$$

而養氣一呷之重量為 1.429 克,故其體積為

$$3.9(\text{克}) \div 1.429(\text{克}) = 2.74(\text{呷})$$

即 2.74 呷也。但氣體之體積,由上之方程式直接求之為便。一般氣態物質一克分子量,因其占有 22.4 呷(標準狀態時)之體積,由氯酸鉀之 $2\text{KClO}_3 = 245$ 克,應得養氣之 $3\text{O}_2 = 3$ 克分子量,即 $22.4 \text{ 呷} \times 3 = 67.2 \text{ 呷}$,故由前者之 10 克,應生養氣之體積為 x 呷時,則

$$245 \text{ 克} : 10 \text{ 克} = 67.2 \text{ 呷} : x \quad \therefore x = 2.74 \text{ 呷}$$

可知由氯酸鉀 10 克,發生養氣 3.9 克,或 2.74 呷。

(例 2) 欲製輕氣盛於容量 5 呷之氣體貯蓄器內,而求其所要之鋅及 20% 稀硫酸之量,即

依方程式 鋅 硫酸 輕氣 硫酸鋅



由 $\text{Zn} = 65$ 克與 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ 克,發生 $\text{H}_2 = 22.4$ 呷之比率,故製取輕氣 5 呷所要之鋅之量 x 克,及硫酸之量 y 克,可解次之比例式而得之。

$$\text{鋅} \cdots \cdots \cdots 22.4 \text{ 呷} : 5 \text{ 呷} = 65 \text{ 克} : x \text{ 克} \quad \therefore x = 14.5 \text{ 克}$$

$$\text{硫酸} \cdots \cdots \cdots 22.4 \text{ 呷} : 5 \text{ 呷} = 98 \text{ 克} : y \text{ 克} \quad \therefore y = 21.8 \text{ 克}$$

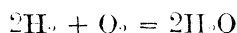
$$\text{由是 20\% 稀硫酸} \cdots \cdots \cdots 100 \text{ 克} \times \frac{21.8}{20} = 109 \text{ 克}$$

故所要之鋅為 14.5 克,稀硫酸為 109 克。

7. 摘要 方程式 化學變化時反應之物質並反應生成物之種類及其量之比率,用方程式能簡單表示之。——方程式表示質量不變之定律,定數比例之定律,及體積化合之定律(就氣態物質而言)。——構造方程式時,以加號聯其反應諸物質之化學式,而記於等號之左邊,以加號聯反應生成物之化學式,而書於其右邊,察視其兩邊之各元素之記號數而等配之,或由代數的方法,定其化學式之係數。——方程式,用以計算由一定量之原料,所能製取之物質之量,或製取物質一定量時所要原料之量。

8. 問題

1. 試舉下記方程式所表示之一切事實。



- 圖 1. 氫 4 量與氧 32 量化合生水 36 量。…………… (定比)
 2. 輕氣與養氣重量之和等於水之重量。…………… (質量不變)
 3. 輕氣與養氣以 2:1 之體積化合而生與輕氣同體積之水。…………… (體積化合)

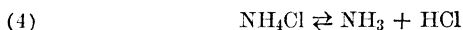
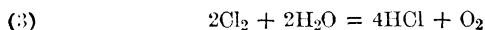
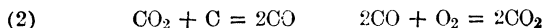
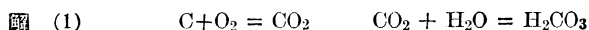
2. 作次之方程式。

(1) 燃炭 (C) 而發生炭酸氣 (CO_2), 加之以水則變成炭酸 (H_2CO_3)。

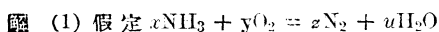
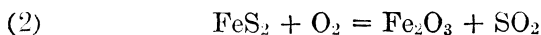
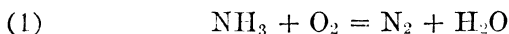
(2) 通炭酸氣 (CO_2) 於赤熱之炭上時, 則成一氧化碳 (CO), 燃燒一氧化碳, 再變為炭酸氣。

(3) 綠氣使水分解, 而生氯化氫及養氣。

(4) 熱氯化銻 (NH_4Cl), 則解離而變為氯化氫 (HCl) 與鹵精 (NH_3)。



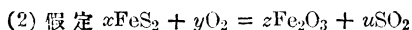
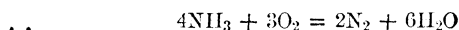
3. 試定次之方程式中化學式之係數。



$$\therefore (N) \dots x = 2z \quad (H) \dots 3x = 2u \quad (O) \dots 2y = u$$

今以 $x=1$, 則得 $y = \frac{3}{4}$, $z = \frac{1}{2}$, $u = \frac{3}{2}$. 如 4 倍之則得 $x=4$,

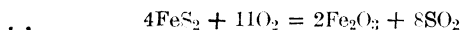
$$y=3, \quad z=2 \quad u=6$$



$$\therefore (Fe) \dots x = 2z \quad (S) \dots 2x = u \quad (O) \dots 2y = 3z + 2u$$

今以 $x=1$ 而解上列方程式, 次取其整數比, 則得:

$$x=4, \quad y=11, \quad z=2, \quad u=8$$



4. 熱氯酸鉀 4.9 克, 所得養氣之體積, 在 15° 及 2 氣壓之下, 應占若干升。

解 於方程式 $2KClO_3 = 3O_2 + 2KCl$ 知由氯酸鉀 $2KClO_3 = 245$ 克, 於標準狀況下可得 3×22.4 升之養氣, 故氯酸鉀 4.9 克所得養氣之體積如下:

$$22.4 \text{ 升} \times 3 \times \frac{4.9}{245} = 1.34 \text{ 升}$$

將此體積就 15° 與 2 氣壓之狀況改算之, 則得:

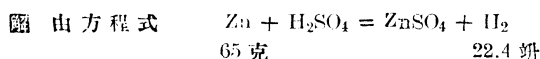
$$1.34 \text{ 呎} \times \frac{273+15}{273} \times \frac{1}{2} = 0.71 \text{ 呎} \quad \text{答 } 0.71 \text{ 呎.}$$

5. 在溫度 24° 氣壓 770 耗時,由一氧化錄 54.6 克之分解,可得養氣幾呎.

圖 由方程式 $\underbrace{2\text{HgO}}_{432 \text{ 克}} = 2\underbrace{\text{Hg}}_{22.4 \text{ 呎}} + \underbrace{\text{O}_2}_{22.4 \text{ 呎}}$ 與前解同法知.

$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{54.6}{432} \times \frac{273+24}{273} \times \frac{760}{770} = 3.04 \text{ 呎} \quad \text{答 } 3.04 \text{ 呎.}$$

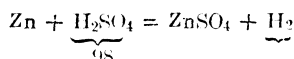
6. 在溫度 17° 氣壓 750 耗時,將鋅 50 克,悉溶解於稀硫酸中,所生之輕氣占有幾呎之體積.



知 $22.4 \text{ 呎} \times \frac{50}{65} \times \frac{273+17}{273} \times \frac{760}{750} = 17.9 \text{ 呎} \quad \text{答 } 17.9 \text{ 呎.}$

7. 10% 之硫酸 50 克,與鋅作用時,能發生輕氣若干克.又標準狀態時之體積如何.

圖 所用之稀硫酸中含有硫酸 $50 \text{ 克} \times \frac{10}{100} = 5 \text{ 克}$,故所生輕氣之量由下列方程式:



$$5 \text{ 克} \times \frac{2}{98} = 0.102 \text{ 克.}$$

又由輕氣 2 克占有 22.4 之體積,故所求輕氣之體積如下:

$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{0.102}{2} = 1.14 \text{ 呎} \quad \text{答 } 0.102 \text{ 克 } \quad \underbrace{1.14 \text{ 呎}}_{\text{V}}$$

8. 由⁽¹⁾鋅與 25% 硫酸製取輕氣,在溫度 17° 氣壓 72 厘時,盛充

(1) 計算問題中,當推如問題 8 一類者為最多.

於容量100立呎飛行船之氣囊中,問其原料各需若干。

圖 100立呎之輕氣在標準狀況時體積如下:

$$100 \text{ 立呎} \times \frac{72}{76} \times \frac{272}{273+17} = 89.183 \text{ 立呎} = 98183 \text{ 呎}.$$

由方程式 $\underbrace{\text{Zn}}_{65\text{克}} + \underbrace{\text{H}_2\text{SO}_4}_{98\text{克}} = \text{ZnSO}_4 + \underbrace{\text{H}_2}_{22.4\text{呎}}$ 知由鋅 65 克 硫酸 98 克 可得

22.4 呎之輕氣,故知

$$\text{鋅之量} \dots\dots\dots 65 \text{ 克} \times \frac{89183}{22.4} = 258.78 \text{ 呎}.$$

$$25\% \text{ 硫酸之量} \dots\dots\dots 98 \text{ 克} \times \frac{89183}{22.4} \times \frac{120}{25} = 1569.65 \text{ 呎}.$$

答 鋅 259 呎, 稀硫酸 1561 呎。

9. 將溫度 18° 氣壓 767 耗時, 使 5 呎之輕氣完全燃燒. 此時所需之養氣, 如由氯酸鉀製取, 問需氯酸鉀幾克。

$$\text{圖 方程式 } \underbrace{2\text{H}_2}_{2\text{體積}} + \underbrace{\text{O}_2}_{1\text{體積}} = 2\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots(1)$$

$$\underbrace{2\text{KClO}_3}_{245\text{克}} = 2\text{KCl} + \underbrace{3\text{O}_2}_{3 \times 22.4 \text{ 呎}} \dots\dots\dots(2)$$

由(1)式知輕氣完全燃燒時所需養氣之體積為輕氣之 $\frac{1}{2}$, 故所需之養氣, 在標準狀況時其體積如下:

$$5 \text{ 呎} \times \frac{1}{2} \times \frac{767}{760} \times \frac{273}{273+18} = 2.37 \text{ 呎}.$$

故由(2)式可得下值:

$$245 \text{ 克} \times \frac{2.37}{3 \times 22.4} = 8.64 \text{ 克} \qquad \text{答 8.64 克}.$$

10. 求溫度 15° 氣壓 73 時, 製取淡氣 7 呎, 所需亞硝酸銣之重量。

圖 7 蚘之淡氣在標準狀況時其體積如下:

$$7 \text{ 蚘} \times \frac{73}{76} \frac{273}{273+15}$$

由方程式 $\underbrace{\text{NH}_4\text{NO}_2}_{64\text{克}} = \underbrace{\text{N}_2}_{22.4\text{蚘}} + 2\text{H}_2\text{O}$ 知所需之原料如下:

$$64 \text{ 克} \times \frac{7}{22.4} \frac{73}{76} \times \frac{273}{273+15} = 18.2 \text{ 克} \quad \text{答} 18.2 \text{ 克.}$$

11. 將盛稀鹽酸之燒杯秤之,投以鋅之小片,至完全溶解後再秤之,則其重量增加 1 克,問投入鋅片之重量幾何.

圖 由方程式 $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ 知投鋅 65 量於酸則發 2 量之輕氣,即其重量當增加 $65-2=63$ 量故如欲增加 1 克重量時所應加之鋅為 x 量,

$$\text{則由 } 65 : 63 = x \text{ 克} : 1 \text{ 克} \quad \therefore x = 1.03 \text{ 克} \quad \text{答} 1.03 \text{ 克.}$$

12. 以輕氣 10 克使一氧化銅還原後,更將此銅氧化,問需幾蚘之養氣.

圖 還原方程式 $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots(1)$

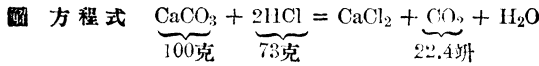
氧化方程式 $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO} \dots\dots\dots(2)$

$2 \times (1)$ 式 $2\text{CuO} + 2\text{H}_2 = 2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots(3)$

由 (2) (3) 式知欲使為 $2\text{H}_2=4$ 克之輕氣所還原而得之銅 2Cu 完全氧化時,須用 $\text{O}_2 = 22.4$ 蚘之養氣,故對於 10 克之輕氣所需養氣之體積如下:

$$22.4 \text{ 蚘} \times \frac{10}{4} = 56 \text{ 蚘} \quad \text{答} 56 \text{ 蚘.}$$

13. 將大理石 15 克,溶解於鹽酸中,所生之碳酸氣在溫度 15° 氣壓 750 耗時,問有體積幾何,又此際需 20% 酸鹽幾克.



如以 x 升表由大理石 15 克於標準狀況時所生之碳酸氣之體積，以 y 克表此時所需氯化氫之重量時，則得下式：

$$100 \text{ 克} : 15 \text{ 克} = 22.4 \text{ 升} : x \text{ 升} \quad x = 3.36 \text{ 升。}$$

15,750 耗之體積如下：

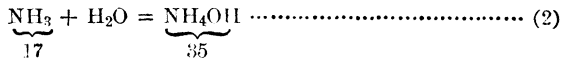
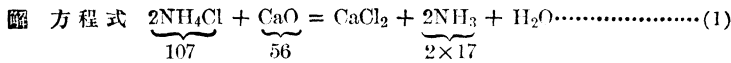
$$3.36 \text{ 升} \times \frac{760}{750} \times \frac{273+15}{273} = 3.6 \text{ 升。}$$

$$\text{又} \quad 100 \text{ 克} : 15 \text{ 克} = 75 \text{ 克} : y \text{ 克} \quad \therefore y = 11 \text{ 克。}$$

故 20% 鹽酸之重量如下：

$$11 \text{ 克} \times \frac{100}{20} = 55 \text{ 克} \quad \text{答 3.6 升, 55 克。}$$

14. 欲得含有 49% 氫氧化銨之礮精水 5 甗時，需氯化銨及生石灰若干。



礮精水 5 甗之內含有 5 甗 $\times \frac{49}{100}$ 之氫氧化銨，由(2)式知此量之氫氧化銨含有礮精如下：

$$5 \text{ 甗} \times \frac{49}{100} \times \frac{17}{35} = 1.19 \text{ 甗。}$$

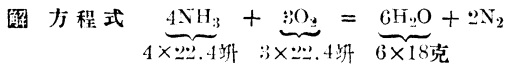
故其原料如下：

$$\text{氯化銨} \dots \dots \dots 1.19 \text{ 甗} \times \frac{107}{2 \times 17} = 3.75 \text{ 甗。}$$

$$\text{生石灰} \dots \dots \dots 1.19 \text{ 甗} \times \frac{56}{2 \times 17} = 1.96 \text{ 甗。}$$

答 氯化銨 3.8 甗，生石灰 2.0 甗。

15. 如將鹵精燃燒於養氣中,得水 54 克,問需鹵精及養氣各幾斤。



$$\text{鹵精} \cdots \cdots \cdots 22.4 \text{ 斤} \times 4 \times \frac{54}{6 \times 18} = 41.8 \text{ 斤。}$$

$$\text{養氣} \cdots \cdots \cdots 41.8 \text{ 斤} \times \frac{1}{4} = 33.6 \text{ 斤} \quad \text{答 鹵精 41.8 斤, 養氣 33.6 斤。}$$

第四節 分子 原子

1. 臆說。爲欲說明關於前述之化學變化而生之諸定律之理由,故就物質之構成,而設次之假定。

(1) 分子說(Molecular-hypothesis)。臆想物質悉由稱爲分子之微細粒子之集合而成者,分子乃

- (a) 由物理的方法而得分割之物質的最小部分;
- (b) 悉各具該物質之特殊性質;
- (c) 有一定之形狀及質量。⁽¹⁾

因之物質若異,則構成物質之分子亦不得不異。

(2) 原子說(Atomicism)。分子爲由更小之數個之原子而成者,原子乃

(a) 將分子用化學之方法分割後所得之物質的最小極限粒子;

(1) 氣體一克分子量之分子數約 10^{24} 個,輕氣分子之直徑爲 2.5×10^{-8} 厘米,其重量爲 3×10^{-24} 克云。

(b) 各原子雖各有特殊之性質,形狀,質量,

(c) 然不能如分子之遊離存在,必與他原子結合,且單獨存在時,不呈物質特有之性質.

又與同種之原子集合而形成元素之分子,與異種之原子集合而形成化合物之分子,因此其原子之種類常等於元素之種類.

(2) 亞佛加特羅氏(Avogadro)之臆說. 同體積內之氣體之分子數,不拘氣體之種類悉爲同數,此名爲亞佛加特羅氏之臆說.此時氣體之體積,應在同溫同壓下比較之,自不待言.

2. 分子量原子量. (1) 分子量之意義. 分子極微細,即取其數千萬個而排列之,其長亦不足一厘,故其重量,亦萬不能以普通之重量單位表示之也.然可將此等之比較的重量,用種種之方法推定之,此量稱爲分子之分子量.

取養氣之分子定其重(即分子量)爲32.00,作爲分子量之標準,對於此養氣之分子量所定之其他分子之比較的重量,即爲其分子之分子量.然氣體之同體積內所含分子之總數,不拘其氣體之種類,其數均等(亞佛加特羅之臆說),故某氣態物質之對於養氣之比重,即與其物質一分子對於養氣一分子之比重相等,所以32倍其比重之數,即爲所求物質之分子量也.

如標準狀態時之輕氣一升,爲0.090克,對於在同狀態之

養氣一卬之重量 1.429 克之比重 $0.090 \div 1.429 = 0.063$, 即爲輕氣一分子, 對於養氣一分子量之比重也。但養氣一分子之重量, 定爲 32, 故輕氣一分子之重量亦爲其 32 倍, 即

$$0.063 \times 32 = 2.016$$

此即輕氣分子之分子量也。

依同樣之方法, 綠氣分子之分子量爲 70.92, 二氧化碳分子之分子量爲 44.00 等, 亦得而定之。

(2) 原子量之意義 原子之比較的重量, 稱爲原子量, 亦以養氣原子爲其標準。而養氣一分子, 依次之理由, 由二原子而成, 故可定養氣一原子之重量 (即原子量) 爲 $32.00 \div 2 = 16.00$ 。蓋養氣一體積與輕氣二體積化合, 而生水 (氣態) 二體積, 故若養氣一體積內分子之數爲 n , 則水 (氣態) 二體積內必有 $2n$ 之分子 (亞佛加特羅之臆說) 又水之一分子最少應含養氣之一原子, 故水之 $2n$ 分子中, 需有養氣之 $2n$ 原子, 此養氣原子, 由化合時所耗費之養氣之 n 分子而來, 故知養氣一分子, 爲由養氣二原子所成也。

輕氣二原子, 與養氣一原子化合, 而生分子量 18.016 之水之一分子。故輕氣一原子之重量 (即原子量) 如次:

$$(18.016 - 16.000) \div 2 = 1.008$$

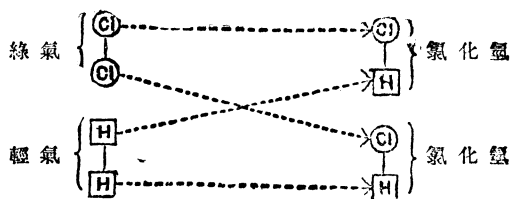
種種原子之原子量, 常如斯由其與養氣原子化合之比率推定之。以養氣作爲原子量之標準者, 蓋基於氧元素易與多數之他元素直接化合也。

實際求某元素之原子量時,常取構成含有該元素之多數化合物之一分子中該元素之最小量,此因一分子中,常不含未滿一原子之原子,故多數之化合物之分子中,必有含某一元素之一原子者。

從來使用之元素符號,乃表示一原子,而分子式則表示一分子。

3. 四定律之說明. 用上述之臆說,能將前述化學變化之四定律明瞭說明。

(1) 質量不變之定律. 化學變化為原子相互之分離結合,如輕氣與綠氣化合,而生氯化氫之變化,為組成輕氣分子之氫原子,及組成綠氣分子之氯原子,變其結合之形式,而生氯化氫,即



由是發生化學變化時,構成化學變化前之物質之原子,應悉含於化學變化後之物質中,故在反應之前後而質量不變,實為當然之事也。

(2) 定比例之定律. 原子各有一定之原子量,故由此而構成有一定分子量之化合物之分子時,此等成分原子數

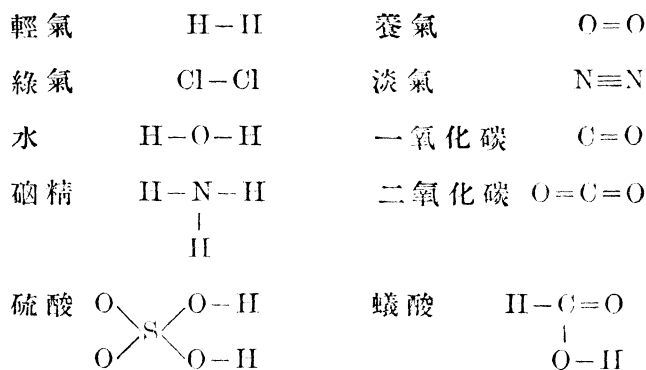
之比，自不得不有一定，例如由輕氣原子（重量1）與養氣原子（重量16）生水一分子（重量18）時，輕氣原子與養氣原子之比，必須為2:1是也。原子數之比既定，則此等原子所集成之元素之重量比必一定，亦為當然之事也。反應為複分解時，亦可照此推知之（第141頁第4問）。

(3) 倍數比例之定律。甲原子與乙原子結合，而構成數種之分子時，與甲原子之一定數相結合之乙原子之數，必常為一原子之整數倍，決無含有其零數者（以原子不能分割之故）。故就數種之分子而將乙原子之數比較之，常為簡單之整數比也。但同一原子之數，若互為簡單之整數比，則其原子所集成之元素之重量，亦為簡單之整數比，可不待論。如碳一原子，與養氣一原子結合，而成一氧化碳之分子，若更加以養氣，使成二氧化碳之分子時，至少亦須其一原子，由是與碳一原子相結合之養氣原子之數，就此二種分子言之，必互為1與2之比，此比即為與碳之一定量相化合之養氣氣體相互之重量比也。

(4) 體積化合之定律。化學變化者，為組成分子之原子相互換其結合對手時所起之作用，故可視為發生於比較的少數分子之相互之間而考之。因此與此反應有關之分子數之比，必為簡單之整數比。但在氣體方面，同數之分子所占之體積，不關其分子之種類如何俱必相等，故與反應有關之氣體之體積比，亦當成簡單之整數比。茲舉例以說明之，綠氣

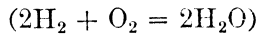
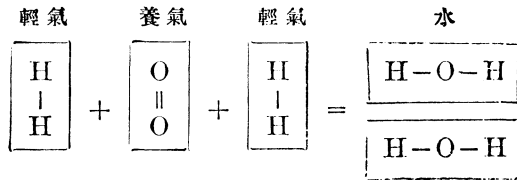
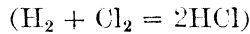
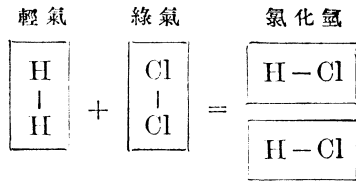
與輕氣化合而生氯化氫時,前二者之分子,悉由二原子而成,後者之分子,則由綠氣及輕氣之各一原子而成,故由綠氣一分子與輕氣一分子,得生氯化氫二分子,因此由綠氣 n 分子與輕氣 n 分子,當生氯化氫 $2n$ 分子也,但分子 n 個所占之體積,悉皆相等,則此等之體積之比,應為 $1:1:2$ 。

4. 構造式. 各元素之原子,可視為各有與其原子價同數之價標(以短線表之),因此凡表示一分子內各原子之相互聯結之形態之圖式,稱為構造式 (Constitutional formula) 例如輕氣一原子,為有一個之價標,藉此價標而將其二原子互相聯結者,如 $\text{⊕} - \text{⊕}$ 即 $\text{H} - \text{H}$, 即為輕氣之構造式,茲舉數例如下:



用上之構造式,將原子互換其結合之對手之化學變化,表示其一二之例如下:

(1) 表示價標之短線其方向並未限定。



構造式非爲表示事實上構成分子之原子之空間的關係之式，祇不過爲表示物質化學上之諸性質之化學式之一種，然一見此式，即能推知其物質之反應之操作，故甚便利。

5. 摘要. 定義 定律

原 子 (Atom)	爲物質所能分割之最小限之粒子(近時有電子之發見，參照第三篇)，雖有一定之重量(原子量)，然無物質之固有性。
分 子 (Molecule)	爲原子之集合體，乃有一定之重量(分子量)，且有物質固有性之最小物質也。
亞佛加特羅之臆說 (Avogadro's hypothesis)	氣體之同體積(同溫同壓時)，爲由同數之分子而成。
構 造 式 (Constitutional formula)	爲表示物質之化學性質之式，將分子式中之元素符號，以與其原子價相當之短線聯結之即得。

6. 問題.

1. 何謂原子及分子，試用以說明關於化合之諸定律。

2. 何謂構造式。

3. 由輕氣與養氣化合而生水之例,試說明養氣一分子爲其二原子所成之事實。

圖 輕氣2體積與養氣1體積相化,而生水蒸氣2體積,今如以 n 表養氣1體積之分子數,則水蒸氣2體積中當含有 $2n$ 之分子。然而其一分子中至少必含有氧1原子,故非有 $2n$ 原子之氧不可。但此 $2n$ 原子之氧,應由 n 分子之養氣所生,故知養氣1分子由氧2原子而成。

4. (PbS) 分子與(O_2) 分子反應,而生(PbO) 分子與(SO_2) 分子之複分解,試說明定比所以能成立之理由。

圖 化學反應乃分子中原子之離合狀態,故反應前分子中之原子,非悉含於反應後之分子中不可,因此反應之分子及生成之分子間相互之比例,當爲:

$$2(\text{PbS}) + 3(\text{O}_2) = 2(\text{PbO}) + 2(\text{SO}_2)$$

即 $2 : 3 : 2 : 2$

分子數如爲定比,則其重量比亦當然爲定比,自不待言。

5. 就(C_2H_6O) 分子與($C_4H_{10}O$) 分子,說明倍比之定律。

圖 兩分子中對於1個之O,所含H之數各爲6,10,其比爲3:5,又所含C之數爲2,4,其比爲1:2,皆爲簡單之整數比。

6. 一氧化碳,氧化而生炭酸氣時之體積關係,試依原子分子說明之。

圖 欲求一氧化碳2體積與養氣1體積化合時所生炭酸氣之體積,如以 n 表此等1體積中分子之數,則

一氧化碳2體積中之分子數 $2n(\text{CO}) = 2n(\text{C}) + 2n(\text{O})$

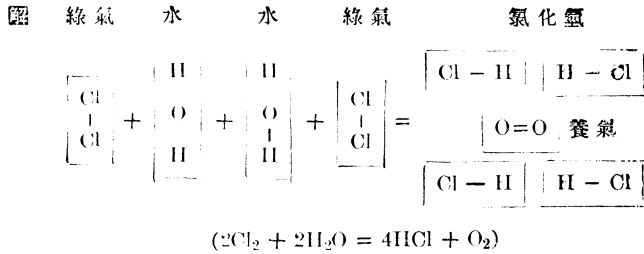
養氣1體積中之分子數 $n(\text{O}_2) = \frac{2n(\text{O})}{2}$

∴ 炭酸氣中之原子數 $= 2n(\text{C}) + 4n(\text{O})$

故碳酸氣中之分子數 $= 2n(\text{CO}_2)$

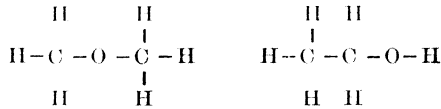
又由碳酸氣 n 分子為 1 體積故知全體積為 2 體積。

7. 將綠氣水曝於日光時,其分解之狀態試用構造式表示之。



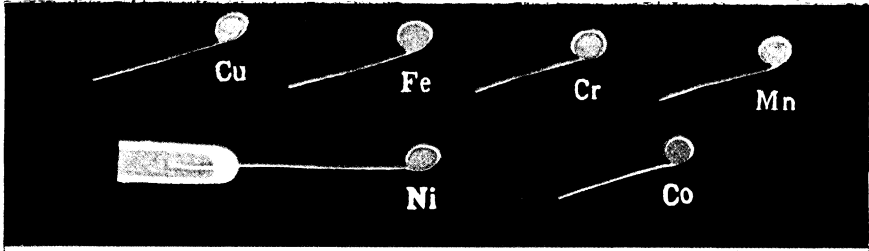
8. 將 C₂H₆O 之式,用構造式表示之。

圖 C……4 價 H……1 價 O……2 價 故所求之構造式如下:

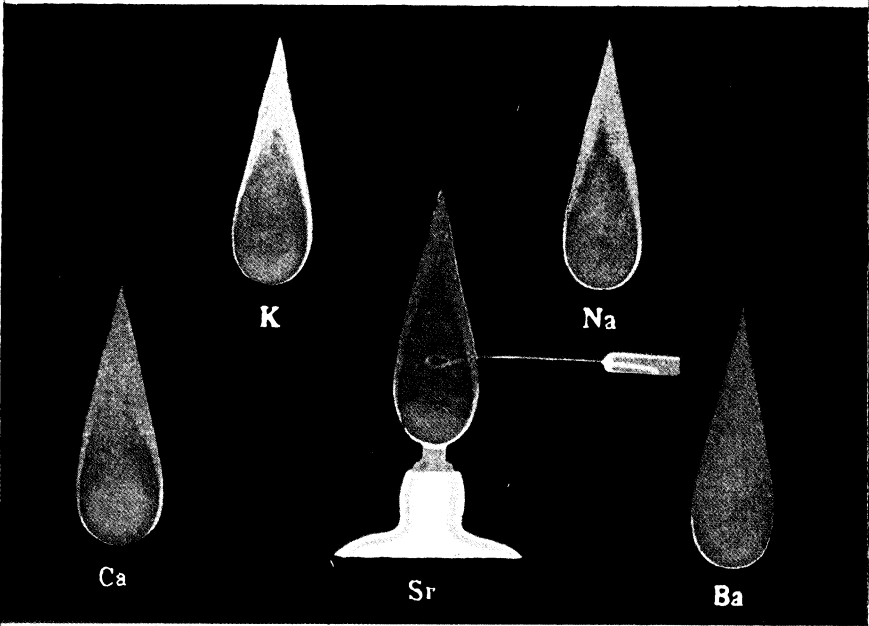


9. 問亞佛加特羅氣體分子之假說如何。

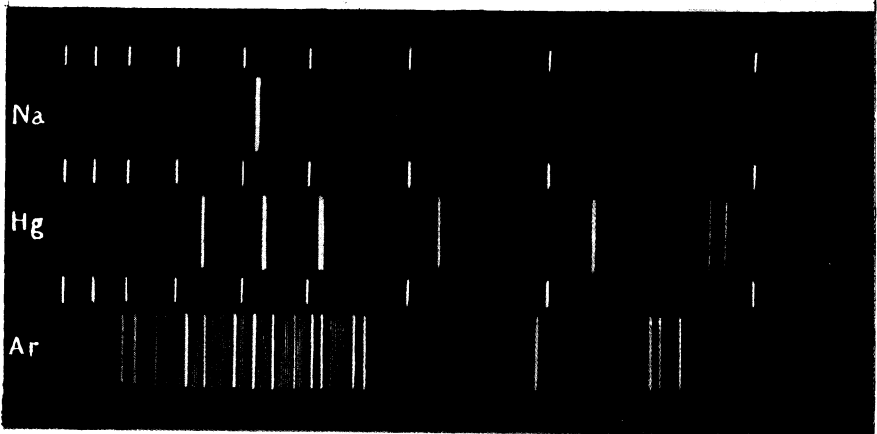
着色反應



(硼砂珠反應)



(焰色反應)



(光谱)

第二篇 非金屬

第一部 非金屬及其化合物

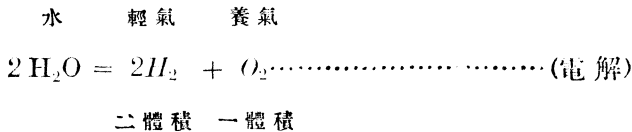
第一章 一價元素

第一節 輕氣 (Hydrogen)

1. 輕氣. $[H_2]$ ⁽¹⁾ 關於輕氣之化學的研究,既已詳述於緒論,故茲僅列舉其定量的表示其化學變化之化學方程式.

2. 製法. (1)水之分解. 若欲自氫之氧化物之水游離輕氣時,則可將水電解,或用易於氧化之金屬,奪取水中之氧即得.

取水電解之,則陽極發生養氣,陰極發生輕氣.

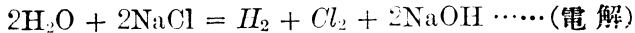


此際宜加硫酸或苛性鈉或硫酸鈉等於水,使帶導電性.

又電解食鹽水而製綠氣之際亦副產之(工業的製法).

(1)在以下本文中所舉之化學方程式及題目之化學式,用黑體字以表其為固態者(沉澱亦含在內),用斜文字 (Italic type) 以表其為氣態者,用普通文字以表其為溶解者及為液態者.

食鹽 綠氣 苛性鈉



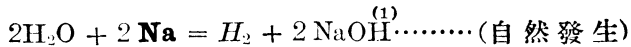
將水蒸氣通於灼熱之鐵上，則氧化鐵而遊離輕氣(工業的製法)。

水 鐵 輕氣 四氧化三鐵



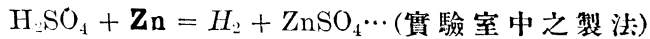
鈉較鐵更易氧化，故能將水分解，其勢極猛。

鈉



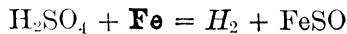
(2) 酸之分解。使金屬作用於酸，而逐出其輕氣成分。其酸用硫酸，而以水稀薄之者；金屬，則用鋅或鐵。

硫酸 鋅 硫酸鋅



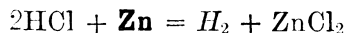
(以水稀薄之者)

硫酸亞鐵

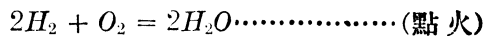


又酸，用鹽酸亦可。

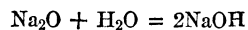
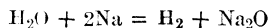
二氯化鋅



3. 輕氣之反應。輕氣在高溫時，容易氧化，其氧化物即水也。

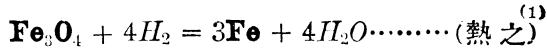


(1) 此反應，分二段而考之為便。即

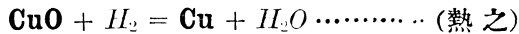


取其氧化物還原之則

四氧化三鐵



一氧化銅



輕氣,直接或間接與種種之非金屬化合,而成化合物。此際常以一價之資格而作用,但難與金屬化合。茲舉輕氣化合物之數例如下:



4. 問題.

1. 溫度 15° C. 時,以 780 耗之氣壓將輕氣充盛於內容積 8000 立呎之飛行船氣囊中時,問需鐵及硫酸各幾尅.

圖 15° C. 7,80 耗時 8000 立呎之輕氣,如在標準狀況應占呎數如下:

$$8000 \text{ 立呎} \times \frac{760}{760} \times \frac{273}{273+15} = 7783 \text{ 立呎} = 7783000 \text{ 呎}$$

故由方程式 $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2 + \text{FeSO}_4$

56 克 98 克 22.4 呎

所求之原料 鐵 $\dots \dots \dots 56 \text{ 克} \times \frac{7783000}{22.4} = 19160 \text{ 尅}$

硫酸 $\dots \dots \dots 98 \text{ 克} \times \frac{7783000}{22.4} = 34050 \text{ 尅}$

答 鐵 19500 尅(約), 硫酸 34000 尅(約)。

2. 由 98 % 之硫酸 1 尅可得輕氣若干.

圖 98 % 硫酸 1 尅中含有硫酸 980 克

(1) 此為可逆反應,得表示之如次: $4\text{H}_2\text{O} + 3\text{Fe} \rightleftharpoons 4\text{H}_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$

故由方程式 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} = \text{H}_2 + \text{ZnSO}_4$ 求之即得

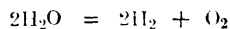
答 224 呷, 20 克。

3. 於 15°C , 1 氣壓時, 用電解法每製 1 萬立呎之輕氣, 問須若干量之水。

圖 所需之輕氣在標準狀況時體積如下:

$$10000 \text{ 立呎} \times \frac{273}{273+15} = 9479 \text{ 立呎}$$

由方程式



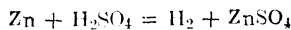
$$18 \times 2 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 呷} \times 2$$

$$18 \times 2 \text{ 克} \times \frac{9479 \times 1000}{22.4 \times 2} = 7617 \text{ 克}$$

答 7617 克, 7617 呷。

4. 投 21.8 克之鋅於稀硫酸中所生之輕氣, 如在 217°C . 750 耗之下, 問其體積如何。

圖 由方程式



$$65.4 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 呷}$$

故知標準狀況時輕氣之體積如下:

$$22.4 \text{ 呷} \times \frac{21.8}{65.4} = 7.47 \text{ 呷}$$

如就 27°C ., 750 耗改算則得。

$$7.47 \text{ 呷} \times \frac{273+27}{273} \cdot \frac{760}{750} = 8.32$$

答 8.32 呷

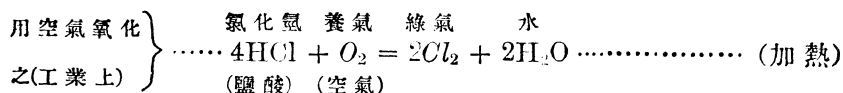
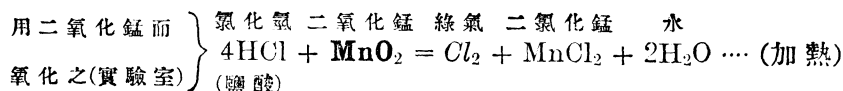
第二節 綠氣 (Chlorine)

1. 綠氣之製法. $[\text{Cl}_2]$ 綠氣由直接或間接遊離食鹽中

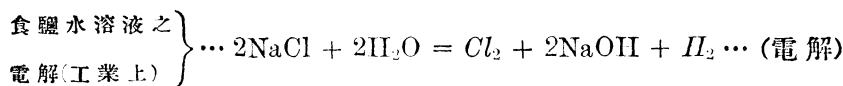
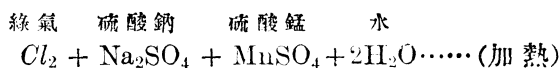
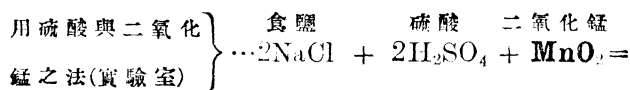
(1) 綠氣詳述於第 53 頁, 故此祇舉其主要方程式而已。

之綠氣成分之方法製取之。

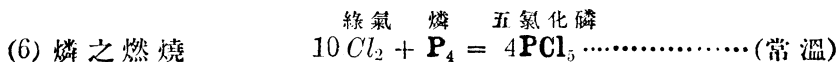
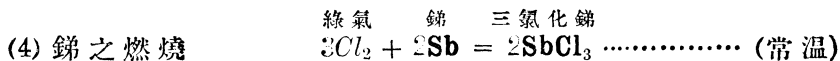
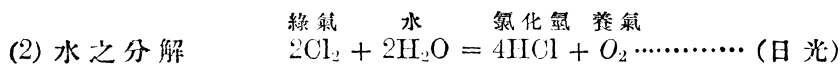
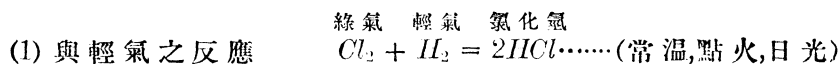
(1) 以鹽酸為原料時。



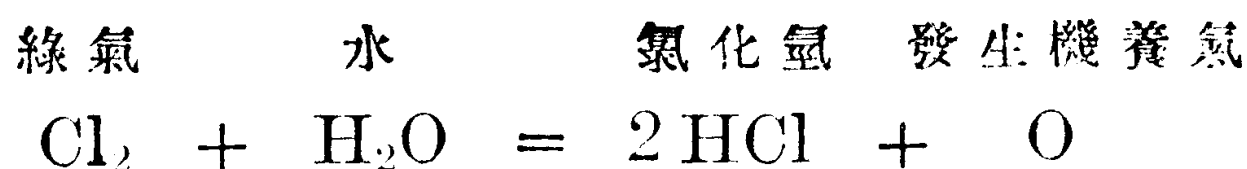
(2) 以食鹽為原料時。



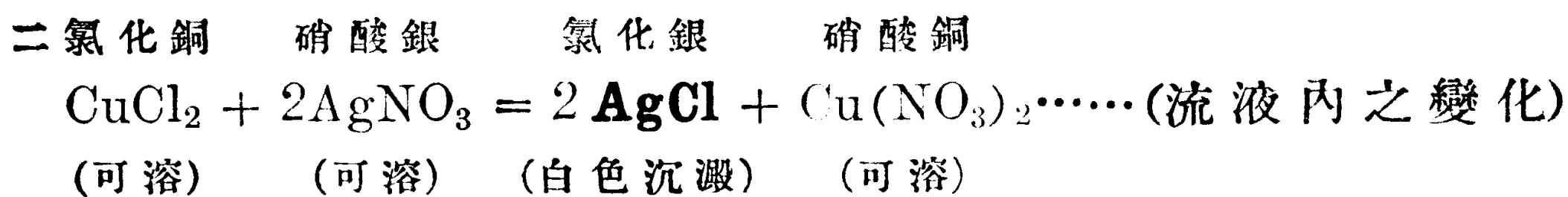
2. 綠氣之性質. 綠氣之主要反應如次:



上之方程式(2),爲表示綠氣最主要之漂白,殺菌性之反應,此時若有色素,細菌等之易於氧化之物質存在時,則進行益易.但此際若欲表示其生成之發生機之養氣,則以用次之方程式爲便.



3. 氯化物之鑑識. 綠氣與一切之金屬化合,而成氯化物.此等之氯化物,多溶解於水,若遇硝酸銀之水溶液,則皆有生白色沉澱之特性.

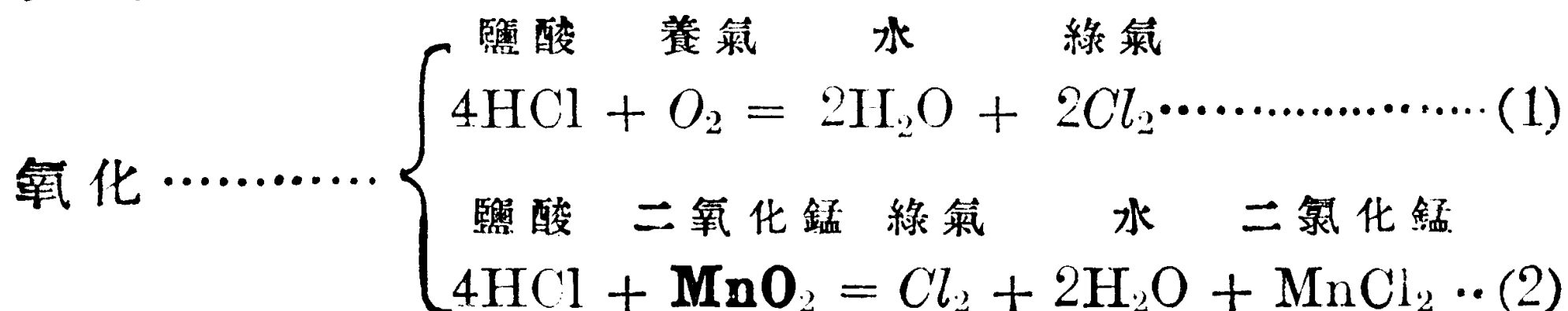


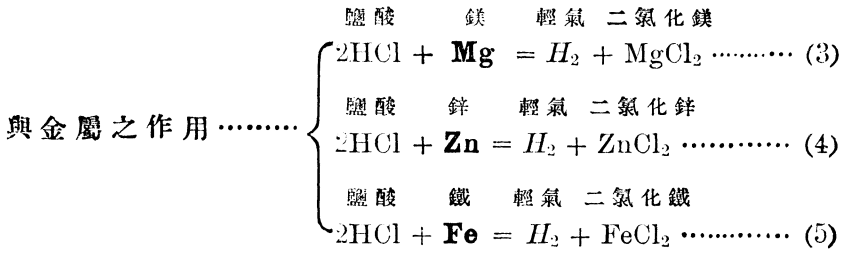
但此沈澱,溶解於硃精水(因其生 $2\text{Ag}\cdot 3\text{NH}_3$ 也).此反應,一般用以鑑識氯化物.

氯化氫.【 HCl 】氯化氫,由加熱食鹽與硫酸之混合物而製取之.

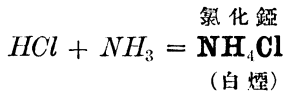


將氯化氫之水溶液(即鹽酸)氧化之,則遊離綠氣,又加金屬,則遊離輕氣.

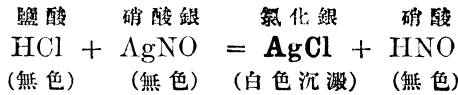




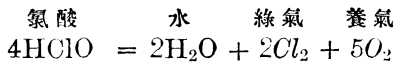
因氯化氫遇鹵精則生白烟,故得而鑑識之.



鹽酸,因其有酸性反應,及遇硝酸銀則生氯化銀之白色沈澱,故得而鑑識之.



5. 氯酸. $[\text{HClO}_3]$ 氯酸⁽¹⁾ (Chloric acid), 為微黃色無臭黏稠之液體,吾人所知者只為其水溶液而已.此物質,極易分解而遊離養氣,熱之則炸裂.



製取養氣用之氯酸鉀,為鉀(K)與氯酸(HClO_3)之氫(H)相置換而有組成 KClO_3 之化合物.

6. 問題

1. 輕氣與綠氣反應生氯化氫時所生之體積變化如何.

(1)加硫酸於綠酸鉀之小豆大之結晶而熱之,則生氯酸.同時而分解之,必惹起激烈之炸裂.

【解】由方程式 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$

知生成物之體積與成分體積之和相等，但遇水則悉溶解。

2. 欲製 20% 之鹽酸 500 克，試由化學方程式計算所需之費用如何，但各原料之價格，每 450 克食鹽 0.35 圓，硫酸鈉 0.26 圓，硫酸 0.17 圓。

【解】鹽酸 500 克中所含之氯化氫

$$500 \text{ 克} \times 0.2 = 100 \text{ 克}$$

由方程式 $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$



先求製氯化氫 100 克時所需各原料之重量，而後計算其價格如下：

$$\text{食鹽} \cdots \cdots 0.35 \text{ 圓} \times \frac{100}{450} \times \frac{2 \times 58.5}{2 \times 36.5} = 0.125 \text{ 圓}$$

$$\text{硫酸} \cdots \cdots 0.17 \text{ 圓} \times \frac{100}{450} \times \frac{98}{2 \times 36.5} = 0.051 \text{ 圓}$$

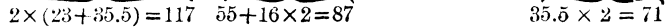
$$\text{硫酸鈉} \cdots \cdots 0.26 \text{ 圓} \times \frac{100}{450} \times \frac{142}{2 \times 36.5} = 0.113 \text{ 圓}$$

故製鹽酸之費用如下：

$$0.125 + 0.051 - 0.113 = 0.063 \text{ 圓} \quad \text{答 6 分 3 釐。}$$

3. 欲製綠氣 1 尅時，問需食鹽及二氧化錳各幾尅。

【解】由方程式 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$



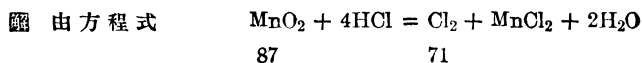
知綠氣 71 量，由食鹽 117 量，二氧化錳 87 量而生，故欲製綠氣 1 尅所用之原料如下：

$$\text{食鹽} \cdots \cdots 1 \text{ 尅} \times \frac{117}{71} = 1.65 \text{ 尅}$$

$$\text{二氧化錳} \cdots 1 \text{ 尅} \times \frac{87}{71} = 1.23 \text{ 尅}$$

答 食鹽 1.65 尅，二氧化錳 1.23 尅。

4. 以鹽酸分解不純之二氧化錳 35 克時，得氯氣 25 克，問二氧化錳之純度如何。



欲使發生 25 克之綠氣時所需二氧化錳之量如下：

$$25 \text{ 克} \times \frac{87}{71} = 30.6 \text{ 克}$$

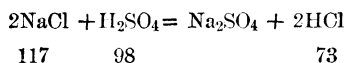
故所問二氧化錳之純度如下：

$$100 \times \frac{30.6}{35} = 87.4 \%$$

答 87.4 %。

5. 欲製 100 克之氯化氫，問需氯化鈉與硫酸若干。

解 氯化氫與其原料之氯化鈉及硫酸之重量關係如下：



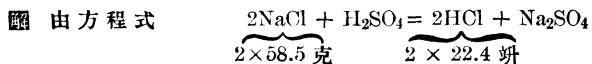
$$\therefore \text{氯化鈉} \cdots \cdots 100 \text{ 克} \times \frac{117}{73} = 160 \text{ 克}$$

$$\text{硫酸} \cdots \cdots 100 \text{ 克} \times \frac{98}{73} = 134 \text{ 克}$$

答 NaCl $\cdots \cdots 160$ 克，

H₂SO₄ $\cdots \cdots 134$ 克。

6. 問由食鹽 6 克在 17° 75 裡時可得氯化氫之體積若干。



$$2 \times 22.4 \text{ 呎} \times \frac{6}{2 \times 58.5} \times \frac{76}{75} \times \frac{273+17}{273} = 2.5 \text{ 呎}$$

答 2.5 呎。

7. 欲得 5 呎綠氣，問需二氧化錳及鹽酸各若干克。但鹽酸

中含 30 % 之 HCl.

【解】由方程式 $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 求之即得。

答 鹽酸 109 克, 二氧化錳 196 克。

7. 實驗.

(1) 加硝酸銀之水溶液於食鹽溶液及鹽酸使氯化銀沈澱, 更加硝酸水使之溶解。

(2) 將氯酸鉀極小結晶片置於試管中, 加一滴之濃硫酸, 熱之, 使之爆發, 但如用量過多則勢猛烈甚為危險。

第三節 溴 (Bromine)

1. 溴之物理的性質. 【Br₂】 溴為⁽¹⁾暗褐色之液態元素⁽²⁾, 不似其他一切非金屬元素之在常溫時之為固態及氣態. 比重為 3, 冷卻於 -7° 則成暗色之結晶塊, 熱至 60° 則沸騰而變為赤褐色之蒸氣. 但在常溫, 則揮發極盛, 而放極難聞之刺激性臭氣. 此所以名之為溴也.

溴之蒸氣甚重, 試以溴之數滴, 滴入於微溫其底部之燒瓶之內, 即氣化而生赤褐色之烟, 停滯於底部而不易上昇. 此密度, 正為養氣密度之 5 倍, 其分子量, 亦為養氣之分子量 32 之 5 倍. 故其分子式為:

$$32 \times 5 = 160 = 80 \times 2 = \text{Br}_2$$

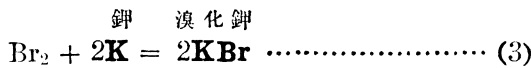
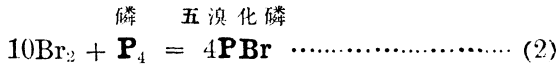
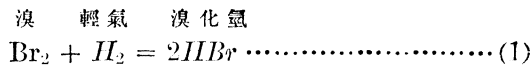
即 Br₂ 是也.

(1) 溴(Bromine)希臘語之惡臭(βρωμοῖ)之義. 1826年柏拉德(Balard)氏發見之. (2) 液態元素只溴與水銀而已.

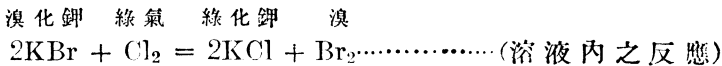
溴之溶解(混和極勻)於水較綠氣易,其溶液稱之爲溴水(Bromine water).溴水之濃厚者,含有 3% 之溴,呈溴之諸反應.

2. 溴之化學的性質. 溴之化學的性質,殆與綠氣同,只其作用僅劣於綠氣而已.

溴亦如綠氣,與輕氣,磷及種種之金屬直接化合,而生與氯化物相對應之溴化物.

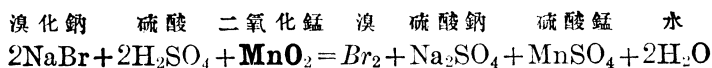


如上之反應(1),須有白金粉之接觸始能完全進行,故與綠氣因日光而能與輕氣爆發的化合相比,其作用則劣,但溴化物作用於綠氣之時,則分解而遊離其溴.

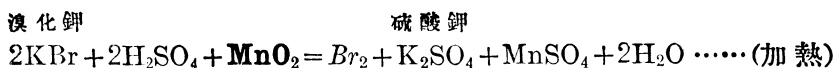


3. 溴之用途. 溴,爲溴水,利用其與輕氣化合之性而製造溴化氫,或爲試藥,又以其能腐蝕黏膜,故可爲實扶的里亞(Diphtheria)(俗名白喉又名喉痧)之塗敷用,或供吸入之用.溴化物中之溴成分,有令神經鎮靜之特效,故溴用以供製造實用於此目的之溴化鉀者爲量最多.

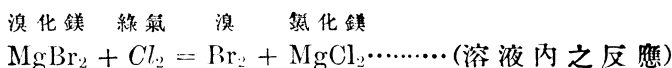
4. 溴之製法. 溴與綠氣同,以其鈉之化合物與硫酸,二氧化錳共熱而分解之,用蒸溜法收取之.



在實驗室中製少量之溴時，溴化物中，則用最普通之溴化鉀即可。



現製造多量之溴，供給於市場之製法，為用溴之化合力較綠氣薄弱之性，即用通綠氣於溴化鎂之水溶液，而逐出其溴之方法也。



5. 溴化氫之製法。【HBr】 溴化氫 (Hydrogen bromide) 藉

赤磷之作用，使溴與水之成分氣相化合而製之。⁽¹⁾

如圖 60，將溴滴入於盛少量之赤磷與水之燒瓶中，則起激烈之反應，而發生溴化氫。其收取法，與收取綠氣同，用向下置換法收取之。但此際之反應如次：

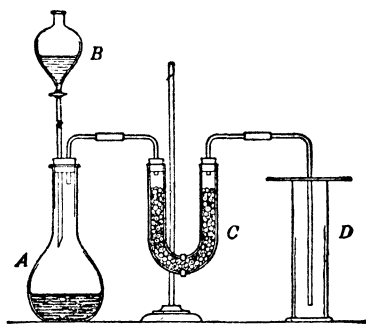
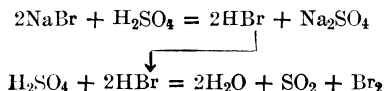


圖 60——由溴水及赤磷，而製溴化氫。

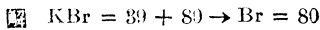
(1) 溴化氫有與氯化氫同樣之組成，然用上之方法製之，而不如後者之用加硫酸於鈉之化合物而分解之方法者，因溴化氫常為硫酸所分解故也。即：



製 法	用 Cl_2 逐出 Mg Br_2 中之 Br_2 ，加硫酸與二氧化錳於 NaBr 而熱之。	藉赤磷之助而使溴與水中之氫相化合。
性 質	為赤褐色之液，溶解度(水100)中為 3，與輕氣及金屬化合。	無色發煙性之氣體，其600體積溶解於水之1體積。
用 途	單體之 Br_2 或其化合物之 KBr 可供試藥及醫藥之用。	為溴氫酸以供試藥之用。

9. 問題.

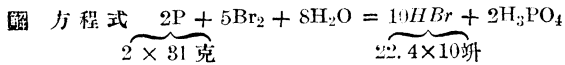
1. 試述溴及溴化氫之製法及性質。
2. 溴化鉀 10 克中所含溴之量為何。



$$10 \times \frac{80}{80 + 39} = 6.72 \text{ 克}$$

答 6.72 克

3. 用 2 克之赤磷能使溴變為幾蚘之溴化氫。



$$22.4 \times 10 \times \frac{2}{2 \times 81} = 7.2 \text{ 蚘}$$

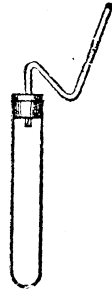


圖 61——製溴。

10. 實驗.

- (1) 將溴化鉀及二氧化錳各少許置試驗管中，加少量濃磷酸熱之，試觀察曲管中所集之溴(圖 61)。
- (2) 試用苛性鉀使溴溶解而為溴化鉀。
- (3) 試加硝酸銀之溶液於溴化鉀溶液，使溴化銀沈澱又加一硫酸鈉溶液使之溶解。

第四節 碘 (Iodine)

1. 碘之物理的性質. $[I_2]$ ⁽¹⁾ 碘, 爲有光澤黑紫色之薄片狀結晶之元素, 5 倍於水之重, 由其表面發多少揮發刺激性之劇臭.

碘之沸點, 爲 180° , 約高於融點 70 度. 熱之, 不變爲液體而即變爲美麗紫色之蒸氣. 但其密度, 與 I_2 之分子式所表示者相當. 碘之蒸氣, 觸於冷卻之器壁而凝固, 呈所謂昇華之現象.

碘微溶解於水, 但極易溶解於二硫化碳 (Carbon disulphide) 之油狀液體, 而呈與其蒸氣同樣之紫色, 溶解於酒精或溶有碘化鉀之水, 而呈褐色. 碘之酒精溶液, 即供醫藥用之碘酒 (沃度⁽²⁾丁幾) (Iodotincture) 也.

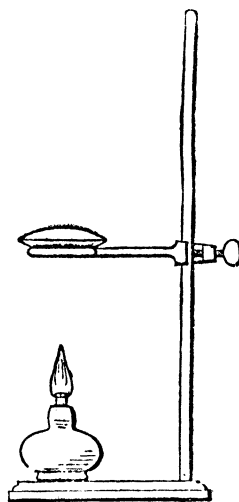


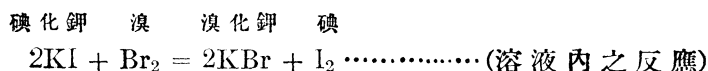
圖 62——碘之昇華。

2. 碘之化學的性質. 碘之化學 的性質, 甚似溴, 但其作用弱於溴, 恰如溴之作用劣於綠氣同. 今以碘之數片覆蓋黃磷之小片時, 稍停即自行發火而生白烟 (PI_3). 碘又與水銀化合而生碘化銻, 又用適當之方法, 則與

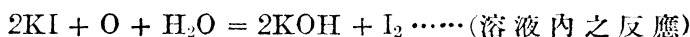
(1) 碘 (Iodine) 紫色 (εωοδης) 之義, 爲 1812 年庫爾他 (Courtois) 氏發見之元素, 此元素之記號, 有以 J 代 I 者. (2) 凡爲物質之酒精溶液, 藥學上稱爲丁幾.

輕氣化合而製碘化氫。

但碘化物，如碘化鉀 (Potassium iodide)，易為作用較強之溴，或作用更烈之綠氣所分解，而遊離其碘，發生機之養氣⁽¹⁾，亦得起同樣之分解：



發生機養氣



碘與澱粉(糊)化合，而生濃青色之化合物，此乃用以為碘之鑑識法之反應。但此化合物即在熱水之溫度亦起分解，變為無色，故上之反應，常用冷糊以試之。

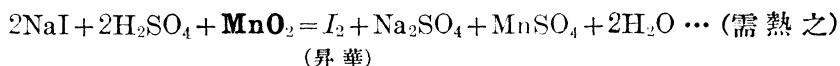
3. 碘之用途。 碘，作成碘酒⁽²⁾，以皮膚刺激劑之目的，而實用於跌打傷者，因其易與輕氣成分化合，故對於有機物質呈腐蝕作用，且較之有同樣性質之綠氣或溴，為不揮發性，而其作用限於局部故也。碘，多供製造碘化鉀 (KI)，三碘甲烷 (亦名黃碘) (Iodoform, CHI_3) 之貴重醫藥之用，實驗室則用為對於澱粉之試藥。

4. 碘之製法。 碘結成碘化鈉 (NaI)，而溶存微量於海水中，結為碘酸鈉 (NaIO_3)，約含 0.3% 於智利硝礦內。

溶存於海水中之碘化物之量極少，但皆為昆布，裙帶菜等海草所吸收，故燒此等植物為灰，約常含有 1% 之碘化鈉。

(1) 發生機之養氣，因綠氣及次舉之二氧化二氫等而發生。於此發生之 I_2 ，得以澱粉鑑識之。 (2) 碘酒約以碘溶解於 12 倍量之酒精者也。

而將此等之海草灰(此灰英國稱為 Kelp, 法國名曰 Varec or varech) 之浸出液,混以硫酸與二氧化錳而熱之,其發生之碘,則利用其昇華性,使結晶於瓷製器內⁽¹⁾(圖 63)。



由碘酸鈉製取碘時,通亞硫酸於碘酸鈉之水溶液,而析出其碘。

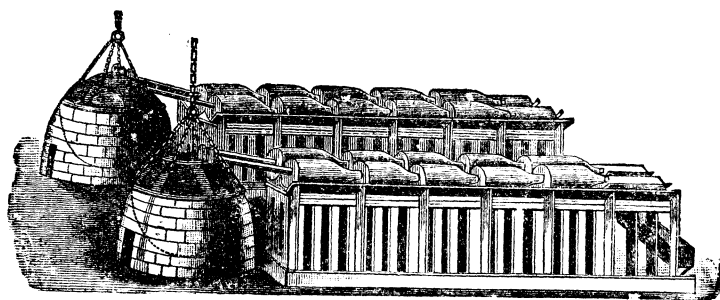
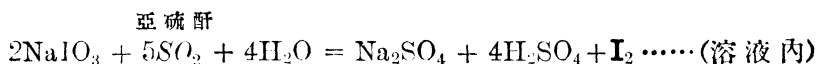
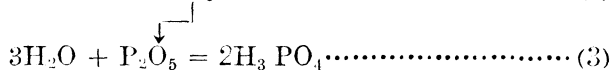
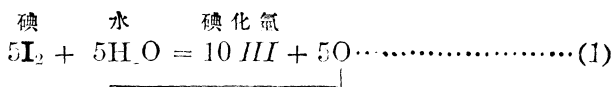


圖 63——由海草灰之浸出液製碘。

5. 碘化氫之製法。【III】碘化氫 (Hydrogen iodide) 因赤磷之作用,使碘與水之成分氫相化合而製之,與製溴化氫之法同。

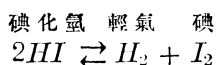


(1) 實驗室內製少量之碘時,則加硫酸與二氧化錳於碘化鉀而熱之即可。

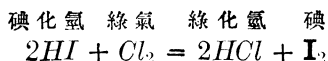


但欲完上之反應之效，則將赤磷與碘混合物，而以水滴加之可也(參照圖60)。

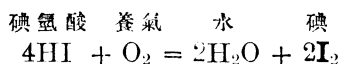
6. 碘化氫之性質。 碘化氫頗類氯化氫，為發烟無色之氣體，重於空氣四倍，冷卻之，則為液體或固體，熱之，則解離而為輕氣與碘。



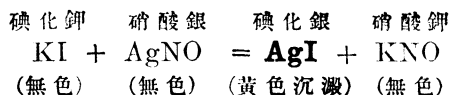
以綠氣作用之，亦能遊離其碘，



碘化氫溶解於水極易，而生強酸性之碘氫酸，將金屬溶解，而遊離輕氣，全與鹽酸或溴氫酸同，放置之，則為空氣中之養氣所氧化，而遊離其碘，變為褐色。此亦為碘化氫之易於分解之證也。



7. 碘化物。 碘化物，(Iodide)多如溴化物，氯化物為易溶解於水之白色固體。此溶液因遇硝酸銀而生黃色之沈澱，故得鑑識之。



8. 摘要。 碘 I = 126.92，分子式 I₂，原子價 1，融點 116.1°，沸點

184.35°, 比重 4.933, 蒸氣比重 8.72(空氣 = 1)°。

分子式	I ₂	HI
名稱	碘 (Iodine)	碘化氫 (Hydrogen iodide)
製法	加 H ₂ SO ₄ 與 MnO ₂ 於 NaI 而熱之。	因赤磷而使碘與水之氫成分相化合。
性質	黑紫色板狀結晶,昇華,溶解於酒精,二硫化碳,作用於澱粉而成青色之化合物。	無色發煙性氣體,能溶解其 400 倍之體積於水。
用途	醫藥,試藥。	——

9. 問題.

1. 問碘之原料,製法,性質及用途。

10. 實驗.

(1) 加碘化鉀, 二氧化錳及濃硫酸於試管熱之, 試觀察碘之蒸氣之色及其昇華之結晶。

(2) 取碘之結晶二三片置於試驗管之水中, 又投碘化鉀之結晶片而加振盪, 使碘溶解, 分取少量加一硫硫酸鈉而觀察碘色之消失。

(3) 試製碘之酒精溶液, 加二硫化碳而視其變化。

(4) 加碘溶液於澱粉糊中, 使呈藍色, 加熱, 使之失色, 放冷使復呈色。

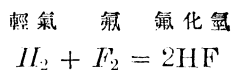
第五節 氟 (Fluorine)

1. 氟之性質. 【F₂】⁽¹⁾ 氟, 為較綠氣更淡之黃綠色之氣體, -190° 成黃色之液, 至 -230° 則冰結。

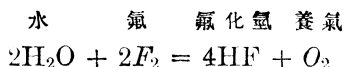
氟之化學的之諸性質, 亦頗似綠氣, 但其作用比綠氣更

(1) 氟, 為 1886 年 謨瓦散氏 (Moissan) 始遊離而得之。

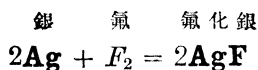
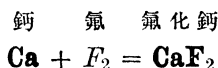
爲劇烈，而難與之化合之元素，僅氧，鉑等之數種而已，氟，在黑暗處與輕氣起爆發的化合，而成氟化氫。



又奪取水之氫成分，而遊離其養氣。此際，其遊離之養氣之一部，變爲臭氧(Ozone)之氣體。



又與鈣，銀等之金屬，亦容易化合而生氟化物。



2. 氟之製法. 氟,天然間,存在於螢石

(Fluor-spar, CaF_2) 與冰晶石 (Cryolite, $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$) 中,此等之氟化物,以硫酸與二氧化錳作用之,或以電分解之,俱不能遊離其氟(此爲與氯化物,溴化物及碘化物之差異). 此蓋氟之化合力甚強,雖遊離之亦即與水等化合故也.

製取氟時,先由螢石製取其液態之氟化氫(非水溶液),盛之於鉑製之器內,保其低溫而電解之.此際須將氟化鉀(KF)溶解於液態氟化氫內,而與以導電性.

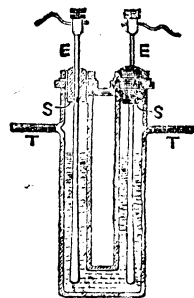
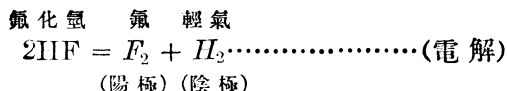


圖 64——電解氟化氫以製氟,U管係白金製,栓 S, S 螢石製,電極 E, E 爲白金與鈦之合金, T, T 爲電解生成之氣體之導管。



3. 氟化氫之製法。【 HF 】加硫酸於氟化鈣而溫之，則發生氟化氫 (Hydrogen fluoride) 之氣體，通常使冷卻之變為液態，或溶解之於水。

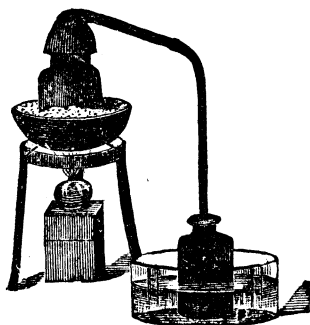
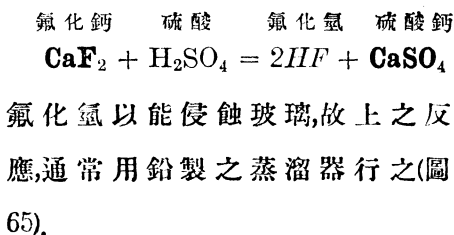
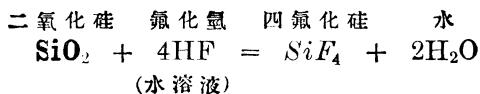


圖 65——製氟化氫。

4. 氟化氫之性質。氟化氫為無色發烟性之氣體，有劇臭，且極有毒。其沸點為 19° ，故夏季為氣態，冬季則為液態，其凝固點為 -90° 。

氟化氫如氯化氫，易溶解於水，而生相當於鹽酸之氟氫酸 (Hydrofluoric acid)。氟氫酸之濃厚者，為含有 50% 之氟化氫，作用於白金，鉛以外之諸金屬而生氟化物，並發生輕氣。但其酸性，弱於鹽酸。

氟氫酸最重要之特性，為能侵蝕玻璃，此因玻璃之主成分二氧化矽 (SiO_2) 與氟化氫化合，而變為四氟化矽 (Silicon fluoride) 之氣體。



但氟化氫與蠟或樹膠,不生作用,故氟氫酸,可貯於稱為馬來樹膠 ⁽¹⁾ (Gutta-percha) 之一種樹膠所製之瓶內。

5. 氟化氫之用途 氟化氫有溶解玻璃之性,故利用之以雕刻玻璃器(圓筒,滴液管,移液管,溫度計)之度數。此操作須與蠟之耐性相輔而行者,即先薄塗蠟(用石蠟 Paraffin)於玻璃之表面,用針尖刻所要之線或書畫等,後塗氟氫酸於其上,數分鐘後,則前所剔去其蠟而露出之玻璃表面,悉被侵蝕,故可加熱而拭去其熔融之蠟。

⁽²⁾ 氟氫酸在化學實驗上多為不溶解於普通試藥之矽酸化合物之溶劑之用。

6. 摘要. 氟 $F=19$, 原子價 1, 分子式 F_2 , 沸點 -187° , 融點 -233° , 液態時之比重為 0.99。



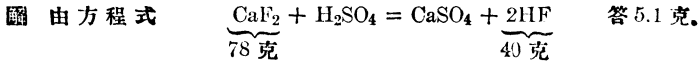
圖 66——用
氟氫酸以刻
花紋於玻璃
器。

分子式	F_2	HF
名稱	氟 (Fluorine)	氟化氫 (Hydrogen fluoride)
製法	電解液態 HF 。	以 H_2SO_4 分解 CaF_2 。
性質	淡黃色之氣體。化合力為元素中之最強烈者。	溶解於水而成氟氫酸,能溶解 SiO_2 。
用途	——	彫刻玻璃之度數等,矽酸化合物之溶解。

7. 問題.

(1) 馬來樹膠乃產於蘇門答臘 (Sumatra) 島,稱為 Gutta 植物,由其裂口滲出之乳態物質所凝固之褐色物質。(2) 氟氫酸觸及皮膚時若不急以鹼精水洗之,則有成難以療治之傷跡之虞。

1. 問由螢石 10 克可得氟化氫之量若干。



8. 實驗.

(1) 薄塗石蠟於試管外側,用錐畫形,以濾紙裹之,外塗氟氫酸,放置數小時,用水洗後,加溫除去石蠟,而觀察玻璃被侵蝕之狀。

第六節 造鹽素⁽¹⁾之比較

1. 造鹽素. 如上所述氟,氯,溴,碘之四元素,以其化學的諸性質互相類似,故總稱之為造鹽素 (Halogen). 今列舉此等之共通性質如下。

1. 造鹽素皆為一價的非金屬元素。

2. 造鹽素皆與輕氣直接化合,而成氫之化合物 HF, HCl, HBr, HI. 此等不特其組成相類似,且悉為無色之氣體,易溶於水,其溶液呈酸性反應。

3. 造鹽素與金屬直接化合,而生造鹽素化合物,如此等之鉀化合物 KF KCl KBr KI, 悉為類似食鹽之可溶性白色結晶。

2. 造鹽素之比較. 造鹽素雖有如上之類似的化學的性質,但詳細比較之,則其間自有顯著之差異,此等之差異,與其原子量有密接關係,且隨其原子量之增加,而成規則極正之變遷,茲將其關係比較之如下。

(1) 造鹽素因其皆構成似食鹽之化合物,故名。

	氟	氯	溴	碘
原子量.....	19	35.5	80	127
差.....	16.5		44.5	47

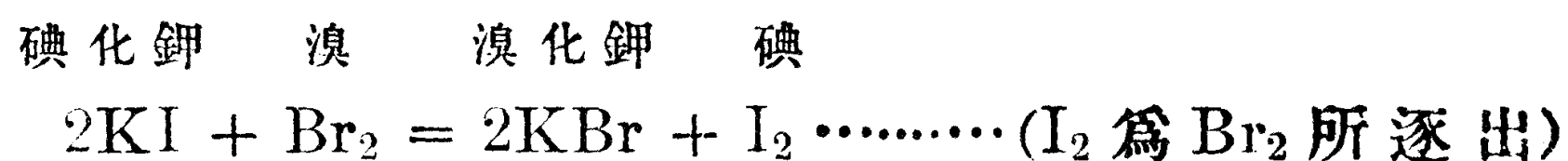
1. 物理的性質. (a) 狀態 氟雖為甚難液化之氣體,而綠氣則容易液化,溴為液態,而碘則為固體.即沸點及融點,其原子量愈大者則愈高也.

(b) 色 氟為淡黃綠色,綠氣為黃綠色,溴為赤褐色,碘為黑紫色,即其原子量愈大者則色愈濃厚也.

(c) 比重 氟及綠氣(液態者)溴,碘之比重,如 1.1, 1.6, 3.2, 5.0 之順次而增加.

2. 化學的性質. (a) 氫之化合物 造鹽素與輕氣化合之作用,隨原子量之增加,其化合力漸次減少.即氟在冷暗地與輕氣生猛烈之化合,綠氣則非受日光或熱之作用,則僅徐徐化合.至於溴及碘,若無白金之接觸,則不能生完全之化合也.因之氟,雖劇烈分解氫之化合物之水,綠氣則徐徐分解之,溴無此作用,碘之輕氣化合物,反有自行分解而發生輕氣之傾向.⁽¹⁾

(b) 金屬化合物 造鹽素與金屬化合之作用,亦隨原子量之增加而遞減,原子量大者之造鹽素,常由其金屬化合物中為原子量小者之造鹽素所逐出.如



(1) $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$

溴化鉀 綠氣 氯化鉀 溴



(c) 氧化物 一般造鹽素生氧化物之傾向,甚小,但原子量之大者,稍富有此傾向,如氟,雖不生氧化物,但碘之氧化物,則甚安定也。

3. 氟與其他之造鹽素. 一覽上之原子量之關係,則氟與溴之原子量之差,雖略等於溴與碘之原子量之差,但氟與氯之原子量之差,則大異,殆不及前者之半,此原子量間之關係,即在其化學的性質上,亦得表而出之。即

1. 氯,溴,碘之輕氣化合物 HCl HBr HI 爲難液化之氣體,其水溶液,爲強酸,若氟之輕氣化合物 HF , 寒時爲液態,且其水溶液爲弱酸。

2. 氯,溴,碘之金屬化合物,如鈉化合物,加以硫酸及二氧化錳而得遊離之,氟之金屬化合物,不特用此方法,不能分解之,即用電流,亦不能分解之。

3. 氯,溴,碘之銀化合物 AgCl , AgBr , AgI 爲不溶解於水之物質,而鈣化合物 CaCl_2 , CaBr_2 , CaI_2 爲可溶性,但氟化物則反之,蓋其銀化合物,爲可溶性,鈣化合物 CaF_2 , 則爲不溶性也。

4. 摘要. 造鹽素之比較表.

(1) 強酸云者,酸性之反應極強,且金屬之作用亦烈之謂也。弱酸則反之。

	氟	氯	溴	碘
原 子 量	19	35.5	80	127
分 子 式	F ₂	Cl ₂	Br ₂	I ₂
色	淡黃綠	黃 綠	赤 褐	黑 紫
比 重	1.1 (液)	1.5 (液)	3.2 (液)	5.0 (固)
融 點	-223°	-102°	-7°	116°
沸 點	-187°	-34°	59°	184°
化 合 性	強 烈	強	稍 強	弱
氫化合物	HF(H ₂ F ₂)(弱酸)	HCl(強酸)	HBr(強酸)	HI(強酸)
銀化合物	AgF(可溶)	AgCl(白色)	AgBr(淡黃色)	AgI(黃色)

5. 問題.

1. 試述造鹽素之所在,製法,性質及用途.
2. 氟與他造鹽素之異點如何.
3. 試舉造鹽素中對於養氣及輕氣之有強化合力者.

圖 碘較易與養氣化合,氟較易與輕氣化合.

6. 實驗.

(1) 取碘化鉀少許溶為水溶液,而加溴水,所生之碘,試以澱粉糊鑑識之.

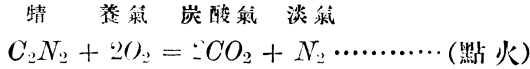
(2) 加氯水於溴化鉀之水溶液,而觀察其析出之溴之狀態.

第七節 蜻 根 示 性 式

1. 蜻.【C₂N₂】 炭,在甚高溫度時,與淡氣化合而生稱為蜻 (Cyanogen) 之無色而有特異之臭之氣體.



點火於精，則舉赤紫色燄而燃燒，生炭酸氣而遊離淡氣。

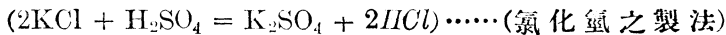
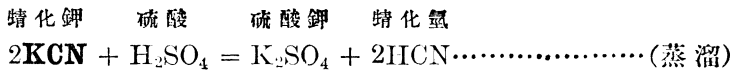


精之化學的性質，在造鹽素中殊酷似綠氣，生與氯化物相當之精化物，如

精，精化物……… $(\text{CN})_2, \text{HCN}, \text{KCN}$

綠氣，氯化物……… $\text{Cl}_2, \text{HCl}, \text{KCl}$

2. 精化氫。【HCN】精化氫 (Hydrogen cyanide) 可由加硫酸於稱爲精化鉀 (KCN) 之白色固體而熱之，用蒸溜法製取之。



精化氫異於氯化氫，在常溫時，爲無色之液體，沸騰於 27° ，凝固於 -15° ，其水溶液稱爲精氫酸或青酸之弱酸性之酸，甚⁽¹⁾有毒，因此物有抑止血液之氧化作用之生理作用也。

約含 2% 之精化氫之水溶液，可供呼吸器病或皮膚洗滌用之醫藥之用。

3. 根。 化學變化之際，不生遊離狀態，而由一物質移於他物質之由二種元素以上所成之原子團，稱爲根 (Radical)。 如上製取精化氫時之反應之方程式其 (CN) 原子團，由 K(CN)

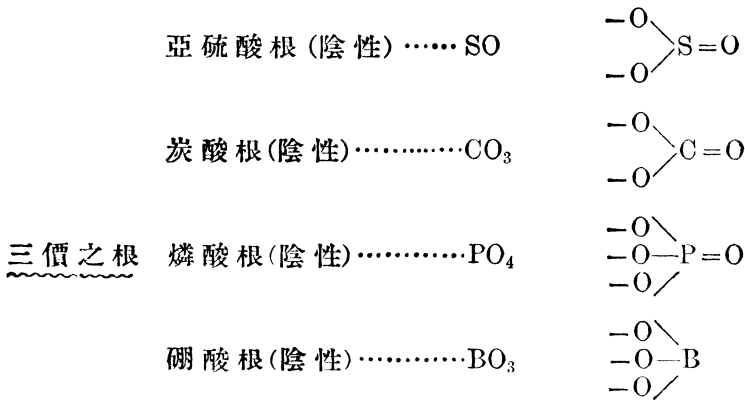
(1) 精化氫之鹽中有青色化合物(亞鐵精化鐵 Ferrocyanide of iron)，故其水溶液有青酸 (Prussic acid) 之名。

移於H(CN), 又(SO₄)由H₂(SO₄)移於K₂(SO₄), 故此二者皆根也。而CN稱為腈根, SO₄稱為硫酸根。

根為非得遊離之物質, 不過單將含有其根之化合物之應呈之反應, 簡單表示之之一種化學符號而已。如化學式中有SO₄根者之水溶液, 悉表示其遇二氯化鋇(BaCl₂)之水溶液, 而生白色沉澱者。

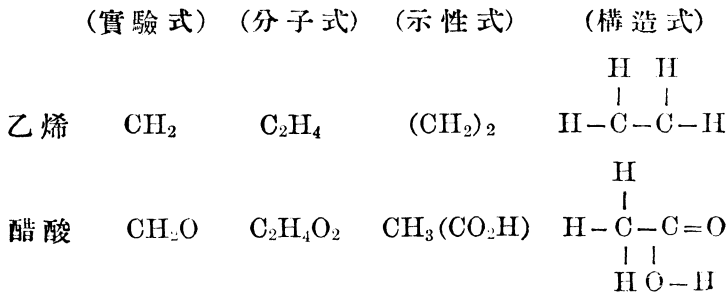
根亦有與元素之原子價相應之價。CN根與氫之一原子相化合如HCN, 故為一價。SO₄根由H₂(SO₄)而知其為二價。茲將重要之根列舉如下:

	(名稱)	(符號)	(構造式)
<u>一價之根</u>	氧氫根(陰性).....	OH	-O-H
	硝酸根(陰性).....	NO ₃	-O-N $\begin{matrix} \diagup O \\ \diagdown O \end{matrix}$
	醋酸根(陰性).....	CH ₃ CO ₂	$\begin{matrix} H \\ | \\ H-C-C=O \\ | \quad | \\ H \quad O- \end{matrix}$
	腈根(陰性).....	CN	-C≡N
	銨根(陽性).....	NH ₄	$\begin{matrix} H & H \\ | & / \\ -N & -H \\ & | \\ & H \end{matrix}$
<u>二價之根</u>	硫酸根(陰性).....	SO ₄	$\begin{matrix} -O & & O \\ & \diagdown & / \\ & S & \\ & / & \diagdown \\ -O & & O \end{matrix}$



4. 示性式. 表示化學式中所含若何之根之式,稱爲示性式 (Rational formula),此因根爲表示物質應呈之反應之符號,故一見此式,即略能推知其性質也,如水之分子式爲H₂O,其示性式即爲H(OH).

凡分析一物質,而得定其組成,即以實驗式表示之,次定其分子量,而求其分子式,更檢其反應,後以示性式或構造式表示之,如是,則構造式,知其爲表示一物質之組成,分子量,及性質之最完全之化學式也,今取一二物質爲例,而表示此四式如次:



5. 摘要. 精 根

分子式	C_2N_2	HCN
名稱	精 (Cyanogen)	精化氫(青酸) (Hydrogen Cyanide)
製法	在高溫度時令炭與淡氣化合。	以 H_2SO_4 分解 KCN。
性質	可燃性之氣體。	無色, 可溶性, 有毒之液體。
用途	——	醫藥

定義.

根 (Radical)	化學變化時並, 不分解, 而由一化合物移於他化合物之原子團也。
示性式 (Rational formula)	表示含有若何之根之化學式。

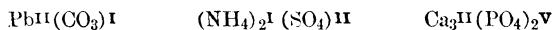
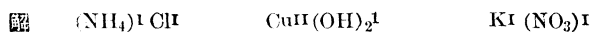
6. 問題.

1. 試說明實驗式, 分子式, 示性式, 構造式之區別。

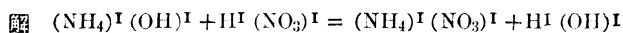
2. 何謂根。

3. 知其元素及根之價時, 試作次各物質之化學式:

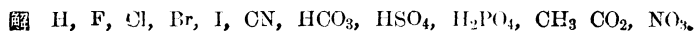
氯化銹 氫氧化銅 硝酸鉀 碳酸鉛 硫酸銹 磷酸鈣



4. 加硝酸(HNO_3)於氫氧化銹, 則生硝酸銹及水, 試作其方程式。

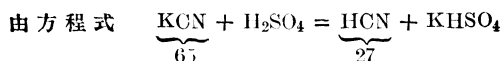


5. 列舉一價之非金屬及一價之根。



6. 欲得含 HCN 百分之二之精化氫水溶液 250 克,問需精化鉀幾克.

圖 所求水溶液中 HCN 之量 $250 \text{ 克} \times \frac{2}{100} = 5 \text{ 克}$



KCN 之量 = $5 \text{ 克} \times \frac{65}{27} = 12 \text{ 克}$ 答 12 克

7. 實驗.

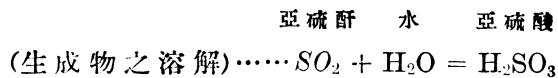
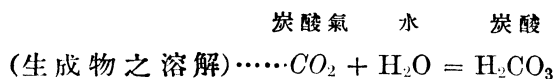
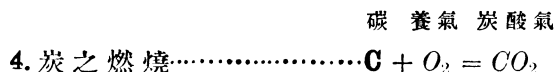
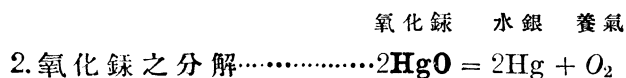
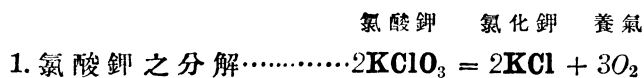
(1) 將紅色試紙浸於精化鉀水溶液中而檢查其反應。

(2) 將精化鉀及硫酸置於試管中熱之,由導管引所發生之精化氫於他試管之水中,使爲水溶液而察其呈酸性反應。

第二章 二價元素

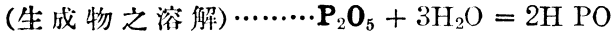
第一節 養氣 (Oxygen)

1. 養氣 [O_2] 表示養氣⁽¹⁾之反應之主要方程式如下:



(1) 關於養氣之詳細參照第6頁。

磷 酐 水 磷 酸



鐵 養 氣 四 氧 化 三 鐵



2. 臭 氧, $[O_3]$ 養 氣, 受 電 振 動 之 影 響, 而 變 為 臭 氧 ⁽¹⁾ (Ozone)

之 物 質.

養 氣 臭 氧



如 圖 67, 盛 於 二 重 管 之 內 外 之 硫 酸, 若 與 以 因 誘 導 圈 ⁽²⁾ (Induction coil) 而 起 之 一 種 強 烈 電 氣, 其 二 重 之 壁 間, 呈 一 種 電 的 變 化, 故 通 以 養 氣, 則 其 一 部 (約 3%) 變 為 臭 氧, 混 養 氣 而 出. ⁽³⁾

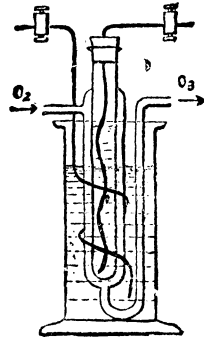


圖 67——示 養 氣 因 電 振 動 之 作 用 而 變 為 臭 氧.

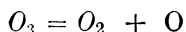
臭 氧, 又 常 於 (1) 將 黃 磷 半 沉 置 於 水 時, (2) 松 杉 之 樹 脂 之 氧 化 時, (3) 水 之 蒸 發 時, (4) 氟 將 水 分 解 時, (5) 加 硫 酸 於 高 錳 酸 鉀 ($KMnO_4$) 時, (6) 雷 鳴 之 時 等 而 生 成, 而 上 之 數 種, 不 絕 發 生 於 自 然 界, 故 大 氣 常 含 有 微 量 之 臭 氧.

臭 氧, 為 有 腥 臭 無 色 之 氣 體, 微 溶 解 於 水. 以 液 態 空 氣 冷 却 之, 則 變 為 濃 青 色 之 液 態 臭 氧.

(1) Ozone 為 臭 之 義. (2) 誘 導 圈 為 使 生 電 振 動 之 器 械, 其 兩 極 間 之 電 位 差, 為 3000-6000 弗 (Volt). 起 於 臭 氧 管 二 重 壁 間 之 現 象, 謂 之 為 無 聲 放 電. (3) 稀 硫 酸 不 特 用 以 為 導 電 體, 且 吸 收 因 此 變 化 發 生 之 熱, 而 防 臭 氧 之 分 解 作 用.

臭氣若有易於氧化之物質存在時，容易分解其養氣與發生機之氧⁽¹⁾：

臭氣 養氣 發生機氣



而劇烈氧化他物質，如銀箔在臭氣中，變為褐色之氧化二銀。

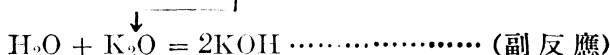
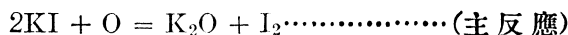
銀 發生機氣 氧化二銀



碘化鉀，亦易被其氧化，而遊離其碘。

碘化鉀

碘

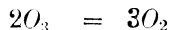


但碘遇澱粉則呈藍青色，故基於上之反應，將混有碘化鉀之澱粉濡塗於紙上，可用以鑑識臭氣。⁽²⁾

臭氣利用其強大之氧化性可供飲料水之殺菌，纖維及澱粉之漂白，香油之製造等之用，故或用電的方法製造之。⁽³⁾

3. 同素異性體 將臭氣通過於熱於 300° 以上之玻璃管，則悉變為養氣。

臭氣 養氣



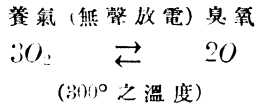
(二體積) (三體積)



圖 68——用碘化鉀澱粉紙以檢臭氣之生成。

(1) 發生機氣(O)可視為原子狀態之氧，但原子非可得而遊離者，故即與他原子結合也。(2) 此紙稱為碘化鉀澱粉紙，實驗室中，常用之以檢驗臭氣。(3) 用此方法時，則黴菌氧化而死滅，且臭氣變為養氣而逸去，無遺留何等有毒物之虞。

又臭氧，逆而由養氣製造之亦可。



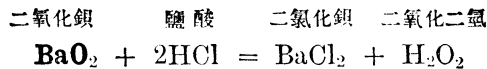
故臭氧與養氣，為同一元素明矣。但臭氧比養氣，不特其密度大1.5倍，即化學作用亦極強烈，此不能與養氣為同物質視之。此元素相同而性質全然相異者，稱為同素異性體(Allotrope)。而同素異性體之特徵，為

1. 此等得互相變遷，
2. 此等之同一量使各與他物質之同一量反應時，悉生

同量之同物質。

如臭氧與養氣不特能互相變遷⁽¹⁾，且其一定量使氧化他物質，如炭之一定量時所生碳酸氣之量常相等⁽²⁾。

4. 二氧化二氫。【H₂O₂】 養氣與輕氣，除能生水之外，尚能發生稱為二氧化二氫 (Hydrogen peroxide) 之化合物。此物質，令稀鹽酸⁽³⁾作用於二氧化鋇⁽⁴⁾而製之。

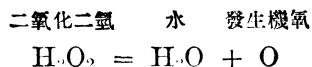


二氧化二氫，又因水之蒸發而自然生成者。

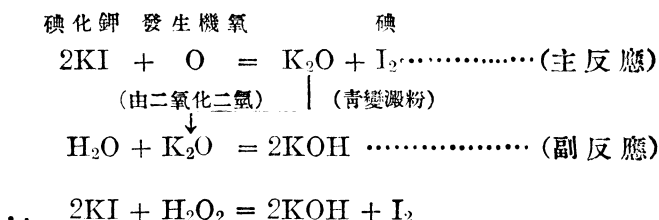
二氧化二氫，為無色黏稠之液體，其比重1.5，因有易於氧

(1) 臭氧於3000度時，為安定之元素，而養氣於常溫為安定之元素也。
 (2) 臭氧與養氣之所以異者，為其含有之化能(Energy)之量之多寡而別之。
 (3) 無水之二氧化二鋇，因難作用於硫酸，故此變化，不可用硫酸。(4) BaO為一氧化鋇，BaO₂為二氧化鋇，

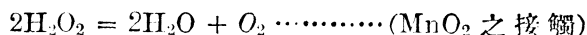
化之物質之存在或觸媒之作用,而易遊離其養氣。



故亦如臭氣能青變碘化鉀澱粉紙。



又遇二氧化錳則分解,發生養氣極盛。



二氧化二氫之用途,在於其發生機氧之氧化作用,且其為液體,故處理上之便利,不特優於臭氣,且一面漂白作用不如綠氣之強盛,故供不適於綠氣如象牙,羽毛,海棉等之漂白,為量最多,供此目的之用之二氧化二氫為30%之水溶液,⁽¹⁾貯於塗敷石蠟之玻璃瓶⁽²⁾中,使用時,則常稀釋至3%。此物,又用於黑變之油繪之復色,⁽³⁾或為糖尿病,癩癩,皮膚病,瘡傷等之藥品用。又世俗常有鋪綿布於草地,不絕灑水,使之漂白者,亦不過利用因水之蒸發而生之二氧化二氫之漂白性而已。

5. 摘要. 養氣 O=16.00, 分子式 O₂, 原子價 2 參照(第12頁)。

(1) 此液稱為 Perhydro. (2) 塗敷石蠟於瓶內者,以防玻璃促二氧化二氫之分解作用故也。 (3) 油繪具之變為黑色(PbS)者,以二氧化二氫氧化之而為白色(PbSO₄)。

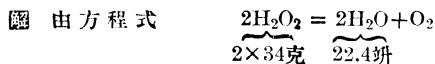
分子式	O ₂	O ₃	H ₂ O	H ₂ O ₂
名 稱	養 氣	臭 氧 (Ozone)	水	二氧化二氫 (Hydrogen peroxide)
製 法	(12 頁)	使起無聲放電於養氣。	(35 頁)	將 BaO ₂ 分解於 HCl 中。
性 質	——	無色之氣體,有惡臭,呈氧化作用。	——	無色黏稠之液體,氧化作用強。
用 途	——	飲料之消毒。	——	色素之漂白醫藥。

定 義.

同素異性體 (Allotrope)	以含有之能(Energy)之量不同,故其性質亦異之元素之謂也。
----------------------	---------------------------------

6. 問題.

1. 由二氧化二氫 34 克分解時所生養氣之體積,試就 10°C, 750 耗時換算,共得若干升。



$$\therefore 22.4 \text{ 升} \times \frac{34}{2 \times 34} \times \frac{273+10}{273} \times \frac{760}{750} = 11.8 \text{ 升}$$

答 11.8 升。

2. 標準狀況時有養氣 56 升,由無聲放電減去原體積之 1.5%,問生臭氧若干克。

圖 由方程式 $3\text{O}_2 = 2\text{O}_3$ 知養氣化為臭氧時,減去原體積之 $\frac{1}{3}$,然而消費之體積為 $56 \text{ 升} \times \frac{1.5}{100} = 0.84 \text{ 升}$,恰與化為臭氧之養氣之體積之 $\frac{1}{3}$ 相

當，故所消費之養爲 $0.84 \text{ 磅} \div \frac{1}{3} = 25.2 \text{ 磅}$ 。其重量爲 $1.429 \text{ 克} \times 2.52 = 3.6 \text{ 克}$ 即爲所生臭氣之量。 答 3.6 克。

3. 於 100 c.c. 之養氣中行無聲放電時，其體積減爲 99 c.c.，將此氣體通於松節油吸收所生之臭氣而餘 97 c.c. 之養氣，試由此作臭氣之分子式。

解 變化爲臭氣之體積 = $100 \text{ c.c.} - 97 \text{ c.c.} = 3 \text{ c.c.}$

所生之臭氣之體積 = $99 \text{ c.c.} - 97 \text{ c.c.} = 2 \text{ c.c.}$

即由 3 c.c. 之養氣收縮爲 2 c.c. 之臭氣，故知臭氣之密度爲養氣密度之 $\frac{3}{2}$ 倍，故臭氣之分子量如下。

$$32 \times \frac{3}{2} = 48 = 16 \times 3 = \text{O}_3 \quad \text{答 } \text{O}_3.$$

7. 實驗.

(1) 將黃磷半浸於瓶水中而放置之，試用碘化鉀澱粉紙鑑識所生之臭氣。

(2) 加稀硫酸於二氧化銀而製二氧化二氮，將碘化鉀澱粉紙浸於其中以驗之，更用二氧化二氮水驗之。

第二節 硫黃 (Sulphur)

1. 硫黃之物理的性質. [S] (1) 固態之硫黃. 硫黃於常溫時，爲黃色脆弱之塊，極良好之非導體。故以毛布摩擦之，容易發電，而帶吸收輕物體之性。硫黃與水，雖振盪之，毫不溶解，但二硫化⁽¹⁾碳 (Carbon disulphide) 中，則溶之極易，而呈黃色。

(1) 硫化⁽¹⁾碳，溶解其 $\frac{1}{2}$ 量之硫黃。

硫黃,隨溫度之高低,而成次之三種同素異性體。

硫黃之二硫化碳溶液,移於錶面皿(Watch glass)而放置之,則二硫化碳揮發,而殘留美麗黃色斜方八面體之結晶之硫黃(參照有色結晶圖),此稱為八面硫或菱形硫(Octahedral, or rhombic sulphur).此物有2.07之比重,115°之融點,為硫黃在常溫時最安定之形態。而從其天然產生者,及永久放置之者,悉成此形。八面硫熱至⁽¹⁾95°以上,則失其透明度,而變為微暗色脆弱之針狀結晶之形態。

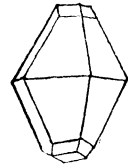
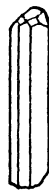


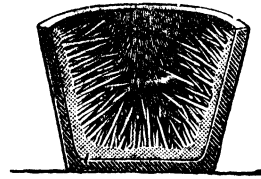
圖 69—菱形硫之結晶。

針狀硫 (Prismatic sulphur) 其結晶為針狀(或稱為柱狀之結晶),在高溫度時,為安定之一形態,故將熔融之硫黃凝固時,常生成之。今如將硫黃盛於坩堝(Crucible),熔融放冷之,俟其生於表面之皮膜將

結合於其中央時,傾其器,使內部之硫黃流出,則見坩堝之內壁叢生黃褐色針狀之結晶⁽²⁾(參照有色結晶圖)。此硫黃,不僅其結晶形異於八



(A)



(B)

圖 70—硫黃之針狀結晶(A),及其叢生於坩堝內之狀態(B)。

(1) 95° 為八面硫與針狀硫之安定度之境界。故此溫度稱為其遷移點。(2) 生於坩堝內針狀之硫黃,由上圖 A 之結晶接合而成。

面硫,其比重較八面硫稍小(1.96),融點稍高(120°).但此結晶,在常溫度時,為不安定,故放置過久,則漸次破碎,而變為細小之八面硫.

將沸騰之硫黃急激冷卻之,則變為有彈性褐色之形態,此稱為彈性硫(Plastic sulphur).其比重為1.95°,此形態無一定之融點,故熱之,漸次呈黏稠狀而變為液態,彈性硫在常溫時,最不安定,雖片刻亦失其彈性,至長時日之後,則呈八面硫之黃色.

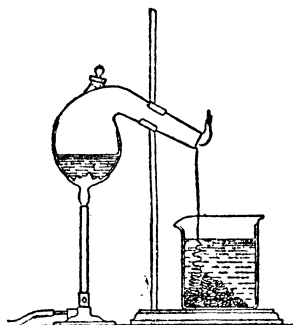


圖 71——注沸騰之硫黃於冷水而製彈性硫。

(2) 液態之硫黃. 硫黃,不問其形態如何,近於120°則成為易流動帶褐黃色之液體,更高其溫度,則先成黏稠體,次再變為易流動之液體而始沸騰.如斯隨溫度之上昇而增加內部摩擦之液體,此外罕見其類.今將此等之狀態與溫度之關係,列之如下:

【溫度】120° (融點) ——→ 250° ——→ 300° ——→ 445° (沸騰)

【狀態】流動容易 黏性最大 流動容易 氣化

【色】 (黃色) (褐色) (黑褐色) (黑褐色)

將沸騰之硫黃冷卻之,則取上之反對順序而凝固,經針狀硫而後為八面硫.

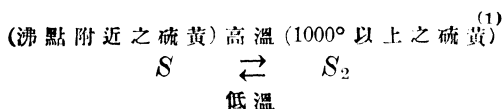
(3) 氣態之硫黃。硫黃在 450°, 變為黑褐色之蒸氣, 由其
 比重所測之分子量為 256, 其分子式, 雖為

$$256 = 32 \times 8 = S_8$$

但其因溫度之上昇而膨脹之度, 較查理氏定律所表示者更
 大, 至 1000° 則分子量減為 64, 故其分子式得表之如次:

$$64 = 32 \times 2 = S_2$$

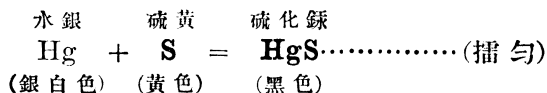
此因在比較的低溫之硫黃蒸氣, 隨溫度之上昇而解離故也,
 其變化, 略計如次式:



此硫黃之分子式, 因其測定時之溫度而異, 故表示硫黃之時,
 單用實驗式 S (即符號)。

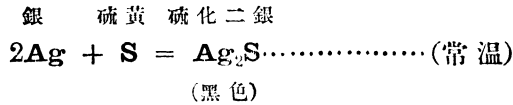
2. 硫黃之化學的性質。 硫黃之化學的性質, 大概酷似
養氣, 常溫時, 其作用不著, 至高溫, 則殆與一切之元素直接化
合, 而生相當於氧化物之硫化物。

取硫黃粉末, 盛於乳鉢, 以水銀混和之 (重量 1:6), 以乳
 棒搗勻之, 則生黑色之硫化銻 (Mercury sulphide)。

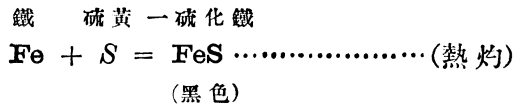


銀, 亦在常溫與硫黃化合, 而生黑色之硫化二銀 (Silver
 sulphide)。

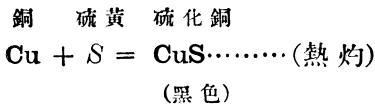
(1) 實際為 $S_8 \rightarrow S_6 \rightarrow S_4 \rightarrow S_2$ 之順。



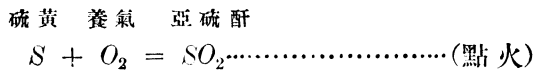
硫黃之化合力,在高溫時最強,故在硫黃蒸氣中,往往可見諸物質之燃燒.今將鐵粉與硫黃以 Fe : S 之比混合,盛於試驗管中而熱之,則鐵發烈光而燃燒,生黑色固態之一硫化鐵 (Ferrous sulphide).



投銅(銅線或銅粉)於硫黃蒸氣中,則即燃燒,而變為黑色脆弱之硫化銅 (Copper sulphide).



硫黃之着火點,在 260° 附近,故其融解而成黏稠者 (250°以上),觸及空氣即舉青色之燄而燃燒,變為亞硫酐 (Sulphurous anhydride) 之惡臭氣體.



硫黃與養氣之相異而應注意之性質,為養氣在高溫,極

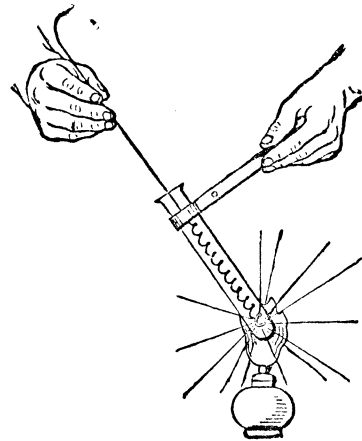
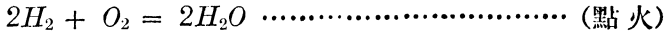


圖 72——燃燒銅線於硫黃之蒸氣中。

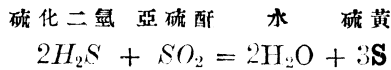
易與輕氣化合,反之,硫黃非長時間保有高溫,則不起此反應。但其生成物硫化二氫之分子式,則與氧化二氫即水之分子式相對應。

輕氣 硫黃 硫化二氫

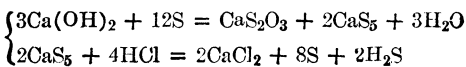


3. 硫黃之用途. 硫黃之主要用途,為燃之而製亞硫酐,以為硫酸製造,啤酒樽或船倉等之消毒及漂白等之用。又硫黃利用其可燃性,供火柴,花火,火藥等之原料,與金屬化合而製硫化銻(朱),硫化鐵,應用其物理的性質,以供電氣器械之製作,彈性橡皮之製造等。又粉末狀之硫黃,可供塗敷皮膚病⁽¹⁾及緩和的瀉藥之用。

4. 硫黃之所在. 硫黃,因頗有與金屬容易化合之性,故含於銅(CuFeS₂),銀(Ag₂S),鐵(FeS₂),鋅(ZnS),鉛(PbS),水銀(HgS)等之礦石內,又與碳,養氣,輕氣,淡氣等化合,而形成生物體(蛋白質,芥子等)。此易於化合之硫黃,在高溫之火山地方有多量遊離者,為由火口噴出之硫黃化合物之硫化二氫與亞硫酐互相反應之結果也。



(1) 疾病上外用藥,則用硫黃華,內用藥,則用沉降硫黃,後者為將溶解於石灰水之硫黃,因鹽酸而使沉澱之細末也。



5. 硫黃之精製. 硫黃之採自堆積於火口者,利用其易於熔融及氣化之性而精製之。即先點火於堆積之粗雜之硫黃塊,則因其一部之燃燒所發之熱,而硫黃為所熔解,與其混合之土砂分離,更盛之於鐵製曲頸甌強熱之,而使氣化,將其蒸氣送於廣大之煉瓦室而冷卻之(圖 73)。

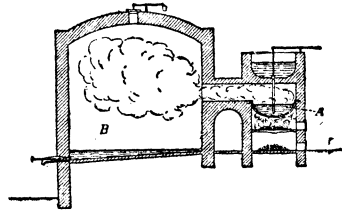


圖 73——用蒸溜法精製硫黃。

此際凝固壁面之細微硫黃末,稱為硫黃華(Flower of sulphur)。但蒸溜室溫至硫黃之融點以上後,硫黃成為液態,而溜於器中,將此注於木製之鑄型中,則得棒狀硫黃。此製得之硫黃,與八面硫有同樣之性質。

6. 摘要. 硫黃 $S=32.07$, 分子式 $S_2 \rightarrow S_8$, 原子價 2, 比重 2, 融點 $113^\circ-120^\circ$, 沸點 4445° 。

同素異性體	八面硫黃	針狀硫黃	樹膠狀硫黃
結 晶 形	斜方八面體	單斜方柱形	無 定 形
製 法	由溶液之結晶	由融體之結晶	融體之急冷
色	黃	黃 褐	褐
比 重	2.07	1.96	1.95
融 點	115°	120°	不 定

(1) 硫黃之主要產地為意大利西西利島及日本等處。(2) 硫黃又可由熱如 $3FeS_2 = Fe_3S_4 + 2S$ 之黃鐵礦而製之。

安 定 度	95° 以下安定	95° - 120° 安定	不 安 定
溶 解	CS ₂ 中可溶	同 上	不 溶 於 CS ₂
分 子 式	S ₂ →S ₈		
名 稱	硫 黃 (Sulphur)		
所 在	存 於 天 然 間		
性 質	黃 色 之 結 晶, 蒸 氣 爲 赤 褐 色, 在 高 溫 與 氧 氣, 金 屬 化 合。		
用 途	亞 硫 酐, 硫 酸, 硫 化 鐵, 硫 化 鋁 之 製 造。醫 藥, 電 氣 器 械, 橡 皮 之 製 造。		

7. 問題.

1. 將硫黃1 尅使完全燃燒時,問需在標準狀況空氣幾 呎。

圖 由方程式 $S + O_2 = SO_2$ 故知燃燒 S = 32 克時,需氧氣 $O_2 = 22.4$ 呎而所需之空氣爲 22.4×5 呎, 故所求之值如下:

$$224 \text{ 呎} \times 5 \times \frac{1000}{32} = 3500 \text{ 呎} \quad \text{答 } 3500 \text{ 呎。}$$

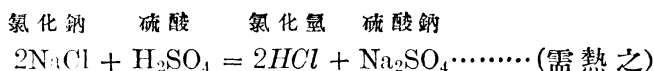
8. 實驗.

- (1) 檢查棒硫之外觀,及其比重,並用絨布摩擦以試驗其帶電性。
- (2) 將棒硫之粉末置試管中,以二硫化碳溶解之,過濾,注入他試管內,將試管浸於熱湯,使大部分之二硫化碳蒸發,數小時後檢查其所生之針狀硫。
- (3) 融解硫黃注於疊成漏斗形之濾紙中,使周圍凝固時,將其中之融解硫黃傾去,擴開濾紙以觀針狀硫。
- (4) 將融解之硫黃注於冷水中而作彈性硫。
- (5) 將硫黃與鐵粉相混置於試管中,加熱於其底部,而觀察二物質化合之狀況,並用硫酸注於生成物中檢其臭氣如何。

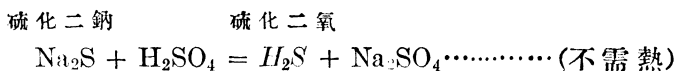
第三節 硫化二氫 亞硫酸

1. 硫化二氫之製法. $[H_2S]$ 硫與一價非金屬之化合物中之最主要者，為輕氣化合物，此稱為硫化二氫(Hydrogen sulphide H_2S)。此物質若欲由其成分元素直接化合而生者，則稍困難(第185頁)，故常使硫酸作用於某硫化金屬⁽¹⁾而製出之。此反應與用硫酸作用於氯化金屬而製氯化氫相類似，即

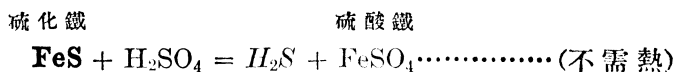
(1) 氯化氫之製取



(2) 硫化二氫之製取



(3) 硫化二氫之製取(實驗室)



實際上，如上之第(3)方程式用硫化鐵代硫化二鈉者，以其價廉也。

硫化二氫供實驗用時，用啓普裝置(第24頁)而製之為便。

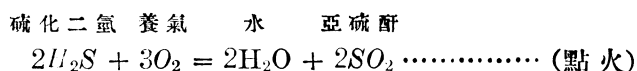
2. 硫化二氫之性質. 硫化二氫為無色之氣體，有如腐卵⁽²⁾之惡臭，且有極毒之性，苟吸入之，則瞬時即發生劇烈之頭

(1) 硫化金屬中可溶於酸者，皆適於此目的。所用之硫酸乃將濃硫酸約稀釋於七倍重量之水者。(2) 卵以硫黃為成分，故腐敗則發生硫化二氫。

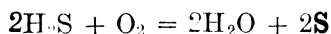
痛眩暈。此氣體之分子式，為 H_2S ，故知其有與養氣略同之密度。硫化二氫亦如他之諸氣體，冷卻之，則變液態或固態。

硫化二氫之溶解度，比之造鹽素之輕氣化合物更小，水，不過溶解其三倍體積之硫化二氫。此溶液雖呈酸性反應，但較造鹽素之輕氣化合物之水溶液弱，故稱之為硫化氫水，不稱為硫氫酸。

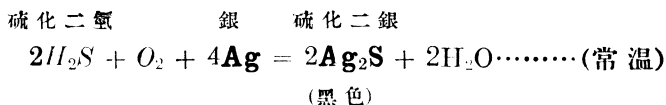
點火於硫化二氫則燃燒，其硫黃成分生亞硫酸，輕氣成分生水。



若此時空氣之供給不充分，或硫化二氫放置於空氣中，而自然氧化時，則其硫黃之一部，不受氧化而遊離析出。⁽¹⁾



此反應，與硫黃容易化合之物質，如銀之存在上，更容易進行。

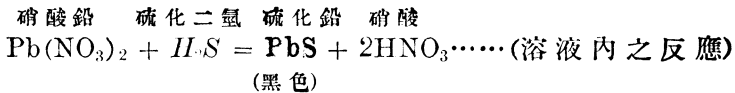


硫化二氫屢屢用之以為還原劑者，因如上所述，容易與養氣化合故也。

硫化二氫由某鹽類之水溶液，使生硫化金屬之沉澱，如通硫化二氫於硝酸鉛(Lead nitrate)之溶液(圖74)，則生黑色

(1) 此反應與造鹽素之輕氣化合物，為二氧化錳或養氣所氧化而遊離造鹽素者相似。

硫化鉛之沉澱⁽¹⁾如



硫化二氫因其臭氣，與黑變溼潤鉛鹽之白紙(上之反應)而鑑識之。

3. 硫化二氫之分析上用途.

硫化二氫由鹽類之溶液生硫化金屬沉澱之性質，為鑑識金屬上極緊要者。硫化二氫之用途，專以此反應為主。茲舉數種之實例如次：

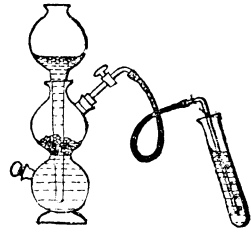
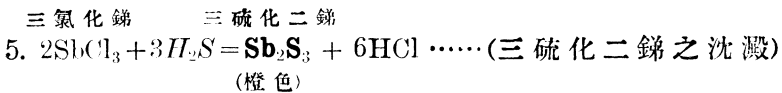
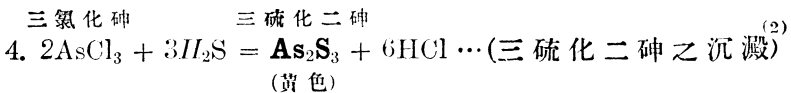
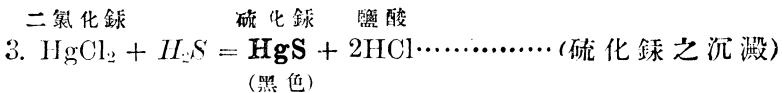
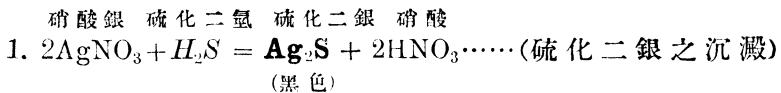
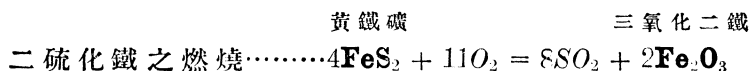


圖 74——通硫化二氫於鹽類溶液中，而使硫化金屬沉澱。

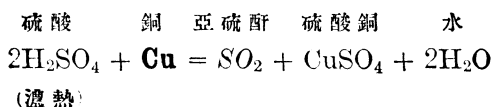


(1) 鉛自在溫泉地黑變者，即此種反應也。 (2) 砷銻與對於硫化氫之金屬呈同樣之反應。

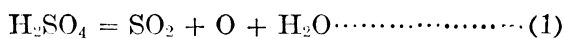


此二反應，悉為工業上具備大規模之裝置而製之者。

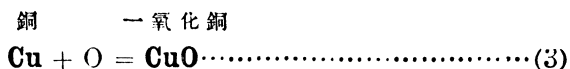
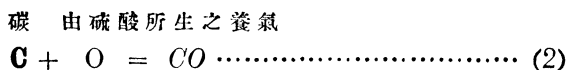
實驗室製亞硫酸之便法，為用銅分解硫酸之法，即加銅粒於硫酸而熱之，將其發生之亞硫酸，用向下置換法收取之。



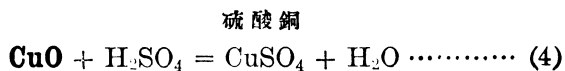
濃硫酸用銅分解之，而發生亞硫酸者，基因於次之變化。原來硫酸，在高溫度，為有分解為亞硫酸，養氣與水之傾向。



若有如炭或銅之能氧化之物質之存在，則此分解更容易進行。



故加炭於濃硫酸而熱之((1)(2)之反應)，則亞硫酸與一氧化碳伴生，用銅((1),(3)之反應)，則所生之一氧化銅為不揮發性，故無變為氣體而發生者，而即與硫酸之他部分化合。



(1),(3),(4)之反應，聯合之如次：

碘 發生機氫 碘化氫



褐色(青變澱粉) 無色(不青變澱粉)

將溼潤之植物色質,置於亞硫酐中,則還原而變爲無色之化合物。故亞硫酐與綠氣同,爲有效之漂白劑。但其作用,爲基因於上之發生機氫之還原性,與基因於發生機氧—綠氣之漂白作用—之氧化性全然相反。

綠氣之漂白作用…… $Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$ (氧化其色質)

亞硫酐之漂白作用…… $SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HI$ (還原色質)

由是漂白於亞硫酐之色質,若觸及奪取輕氣之物質 (Cl_2),或氧化劑 (NO_2) 時,即復其色,又在空氣中,放置稍久時,亦能徐徐氧化之,而復原色。前之反應,用已漂白之赤色草花,容易試得之。後之反應,則常見之於麥藁帽等。

亞硫酐有極烈之毒性,此大約爲其有還原作用所致。亞硫酐之此種性質,往往利用之以殺菌,反之,由石炭之燃燒及冶金工場中礦石(由硫化物所成者)之煨燒而生成者,常使農產物爲之枯死,且大有害於人之健康。

6. 亞硫酐之用途。亞硫酐以供硫酸之製造,及不堪於綠氣漂白之麥藁,布帛等之漂白爲主,又用於啤酒樽或如船底之需密閉地方之消毒,及由碘酸鈉遊離其碘等,其變爲液態者,則用之以爲寒劑。

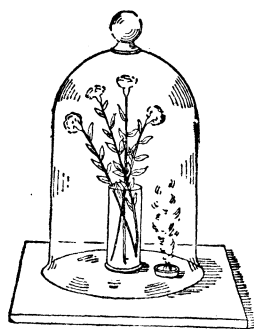


圖 75——示燃燒硫黃所生之二氧化硫,能使草花褪色。

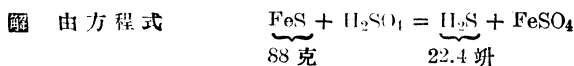
7. 摘要 硫化二氫 融點 - 86°, 沸點 - 62°, 臨界溫度 100°, 比重 1.19 (空氣 = 1)。亞硫酸 融點 - 73°, 沸點 - 8°, 比重 2.26 (空氣 = 1)。

分子式	名稱	製法	性質	用途
H_2S	硫化二氫 (Hydrogen sulphide)	加 H_2SO_4 (稀)於 FeS 。	無色, 惡臭, 有毒之氣體; 溶解於水呈酸性; 由鹽類溶液而沉澱其硫化金屬。	分析用
SO_2	亞硫酸 (Sulphurous anhydride)	用 Cu 分解 H_2SO_4 (濃熱)。	無色, 刺戟臭, 有毒之氣體; 稍溶解於水呈酸性; 易液化, 有還原性, 呈漂白作用。	硫酸製造; 碘製造; 漂白; 消毒; 寒劑。

8. 問題

1. 試述硫化二氫之製法及性質。

2. 將鹽酸作用於 44 克之一硫化鐵, 問所發生之硫化二氫, 在 1 氣壓 16 C° 時體積共若干呎。



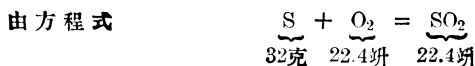
∴
$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{44}{88} \times \frac{273+16}{273} = 11.86 \text{ 呎。}$$

答 11.86 呎。

3. 將硫黃與養氣 85.12 呎 (15° C., 75 厘) 因熱時, 問 (1) 生成氣體之體積在 0°, 76 厘時為若干立厘。 (2) 此氣體中含硫之量若干。

圖 將養氣就標準狀況改算之:

$$85.12 \text{ 呎} \times \frac{273}{273+15} \times \frac{75}{76} = 79630 \text{ 立厘。}$$



銜。

(5) 附硫黃於火箸之端而點火，使觸於紅色花瓣使之漂白。

(6) 加銅及硫酸於燒瓶中，用瓶捕集所生之二氧化硫而檢查其性質，並插入紅花及藍色試紙試之。

(7) 於充滿二氧化硫之瓶中，注入由碘變藍之澱粉稀薄溶液，察其褪色，此因二氧化硫之還原作用使碘化為碘化氫之故。

第 四 節 硫 酸(Sulphuric acid)

1. 硫酐 $[\text{SO}_3]$ 二氧化硫與養氣，因微熱之鉑綿⁽¹⁾之接觸而化合，生硫酐⁽²⁾。



亞硫酐，為硫黃之燃燒生成物，故縱與養氣混而熱之，亦不容易添增其養氣，上之反應之需觸媒者，此也。

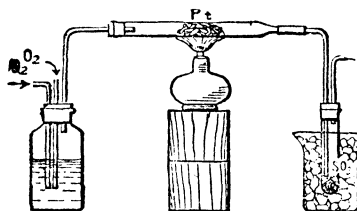


圖 76——由鉑之接觸以合成三氧化硫。

硫酐在常溫時，為易

流動無色之液態，熱至 46° 則沸騰，又冷卻於冰與食鹽之寒劑中，變為長針形無色之結晶。硫酐與水劇烈化合，發多量之熱，而變為硫酸。

(1) 鉑綿云者，為熱鉑之某化合物 $[(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6]$ 而分解之所得海綿狀之鉑是也。 (2) 硫酐亦稱三氧化硫。 (3) 硫黃燃燒於養氣中，亦生微量之硫酐。



2. 硫酸之製法 $[\text{H}_2\text{SO}_4]$ 硫酸,爲硫酐與水化合而生.此際所要之硫酐,爲燒硫黃或硫化金屬所得之亞硫酐,因鉑或一氧化氮之接觸,使其氧化而製之.

(1) **鉑接觸法** 取亞硫酐與養氣之混合物,通於微熱之鉑綿上,次導於水中而溶解之.

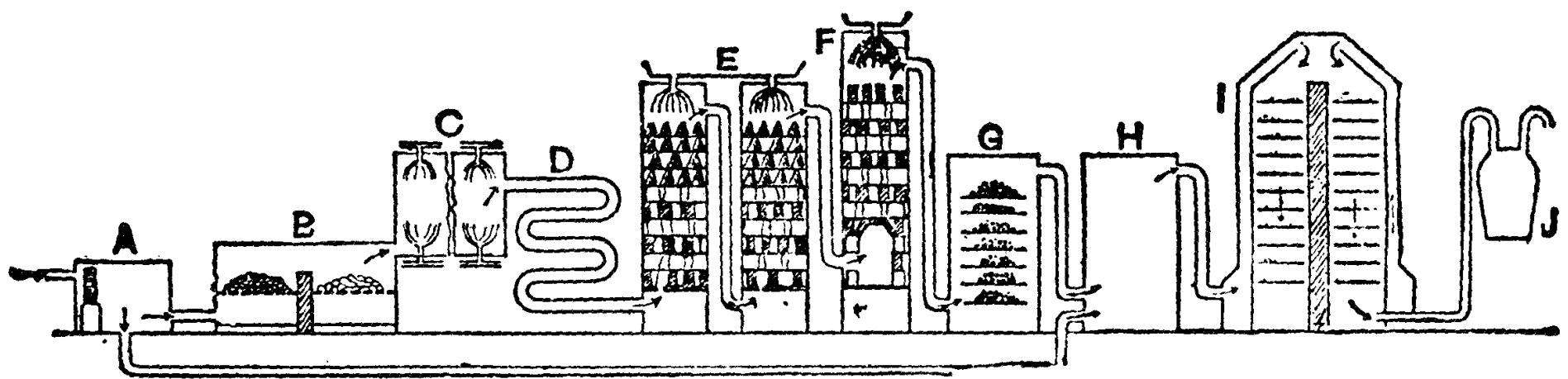
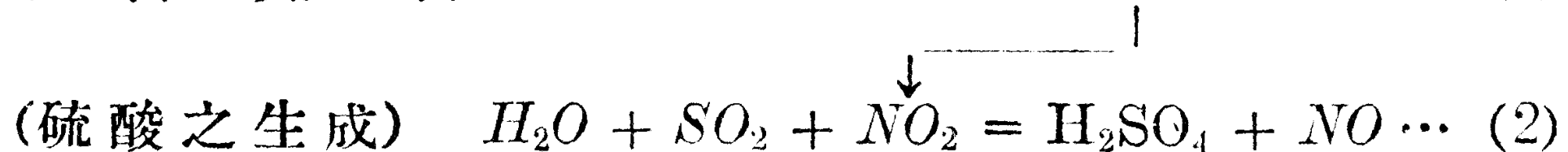
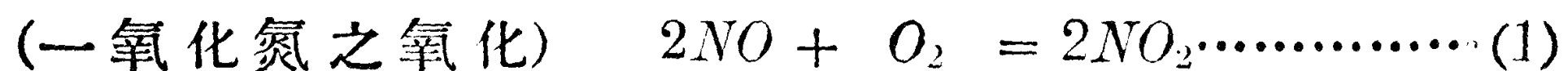


圖 77 —— 由接觸法製造硫酸法。

- | | |
|-----------|-----------------|
| A. 送風機 | G. 除砷塔 |
| B. 燃燒爐 | H. 加熱室 |
| C. 脫塵塔 | I. 接觸室 |
| D. 冷却管 | J. 水瓶 (硫酸在此處生成) |
| E. F. 洗滌塔 | |

(2) **一氧化氮接觸法** 稱爲一氧化氮(NO)之無色氣體,觸及空氣,則攝取其養氣,而變爲二氧化氮(NO_2)之褐色氣體,但遇亞硫酐,則有將所攝取之養氣,授與後者,使變爲硫酐之性.故混合亞硫酐,一氧化氮,空氣,水蒸氣之四氣體,則次之二反應,循環不已,而發生硫酸.



而此一氧化氮反應後,再行發生,故用少量之一氧化氮,得合

成多量之硫酸，然此物質與鉛異，而為氣態，故上之反應時，需廣大之室，且生成之硫酸，因其侵蝕普通建築材料之木，煉瓦，鋅等，室之內壁，須用堪耐硫酸之物質布覆之，此物質，通常用鉛板，故一氧化氮接觸法，又名鉛室法。⁽¹⁾

生於鉛室之硫酸，通常含有30%之水，故盛於鉛或石英玻璃等之蒸發皿，熱之，以蒸發其水分而使之濃厚。

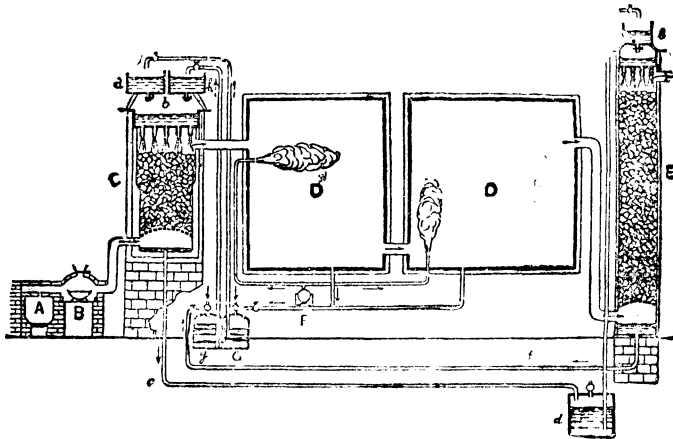
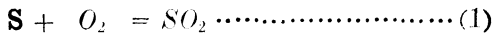


圖78——由鉛室法製造硫酸。

- | | | | |
|--------|-------|-----------------------------|-------|
| A..... | 燒硫爐 | B..... | 硝酸發生器 |
| C..... | 格拉味塔 | D..... | 鉛室 |
| E..... | 給呂薩克塔 | F..... | 水之蒸發器 |
| G..... | 硫酸貯蓄池 | a, b, c, d, e, f, g, h..... | 池 |

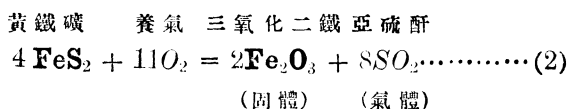
鉛室法之實際 鉛室內之反應，略述如下：

(1) 燒硫爐內之變化 燒硫黃或黃鐵礦，而製亞硫酸。



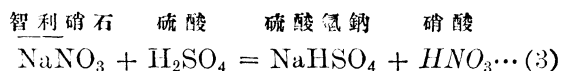
(1) 硫酸於十五世紀已知之，惟鉛室法，在英國始完成之。

化 學 精 義

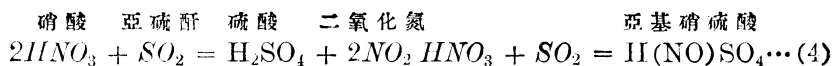


此亞硫酐，混過量之空氣，經C而入於D。

(2) 硝酸發生器內之反應 由盛於瓷製器內之智利硝石與硫酸，發生硝酸之蒸氣。

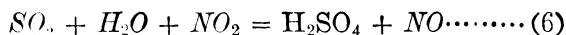


(3) 格拉味塔 (Glover's tower) 內之反應 爲使生成一氧化氮，故所設高三丈之塔，內部填如骸炭之耐酸性之塊，由其上部之液池a,b各將稀硫酸及溶有一氧化氮之濃硫酸滴落。塔內之變化約如下。



淡氣之氧化物移於鉛室，硫酸經c入於d，用唧筒送於e。

(4) 鉛室內之反應 鉛室，爲高幅各24尺，長90尺之室，通常連結其三四室，或用圓筒形之室。於此由格拉味塔送來之亞硫酐，二氧化氮及由蒸汽罐送來之水蒸氣相反應，而生硫酸與一氧化氮。⁽¹⁾



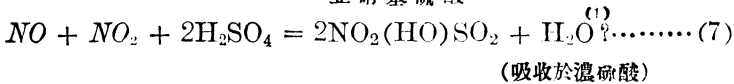
硫酸流入於貯蓄池G，一氧化氮與空氣作用，再變成二氧化

(1) 鉛室之溫度 60°-80°。

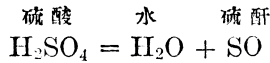
氮,而參與上之反應.

(5) 給呂薩克 (Gay-Lussac) 塔 此為用濃硫酸捕集其逸散之一氧化氮之裝置,由鉛室而來之一氧化氮,通過為上部滴落之濃硫酸所濕之骸炭之間時,則為濃硫酸所吸收,用唧筒再送於塔上.

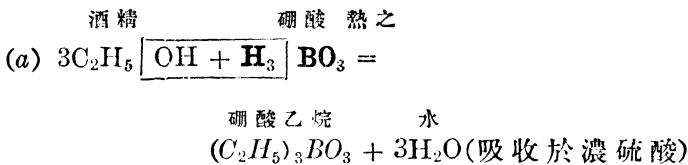
亞硝基硫酸



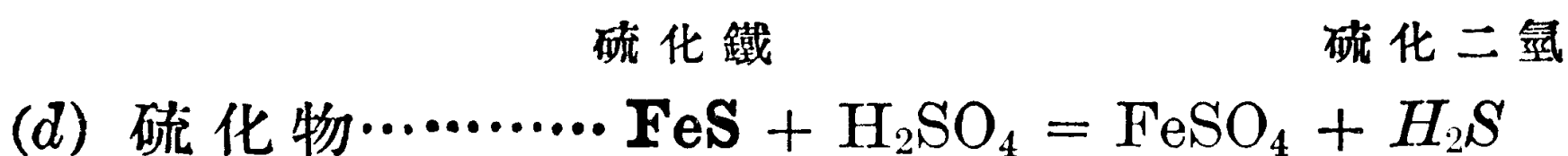
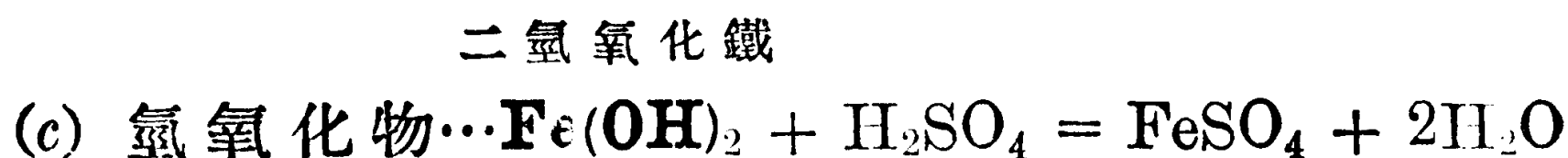
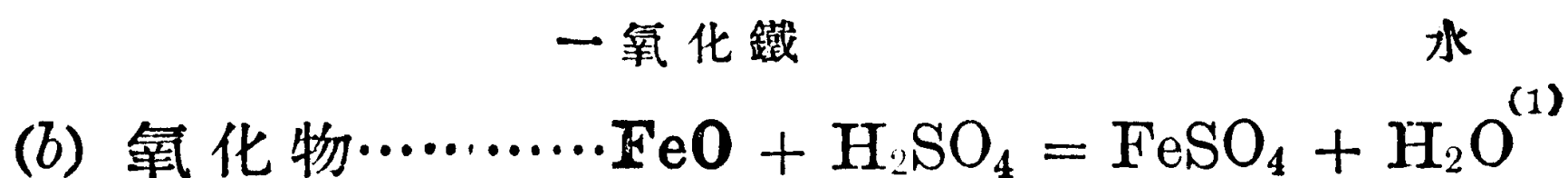
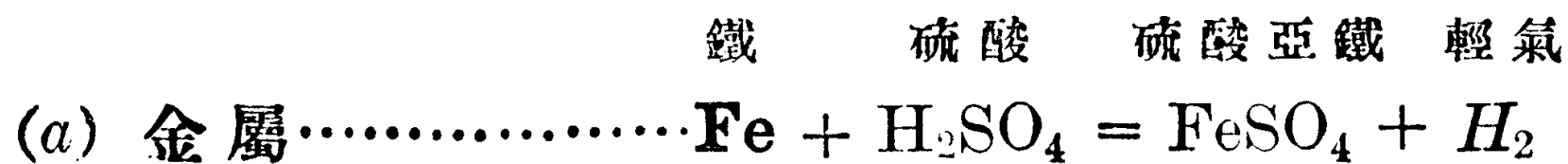
3. 硫酸之性質 (1) 硫酸,為無色黏稠之液體⁽²⁾,有1.8之比重;全然無水之硫酸⁽³⁾,有10.5°之融點;但通常之濃硫酸,則多少含有水分,故冷至零度以下,仍保有其液態.此物質,甚難揮發⁽⁴⁾,至270°始沸騰,同時多少發生如次之分解:



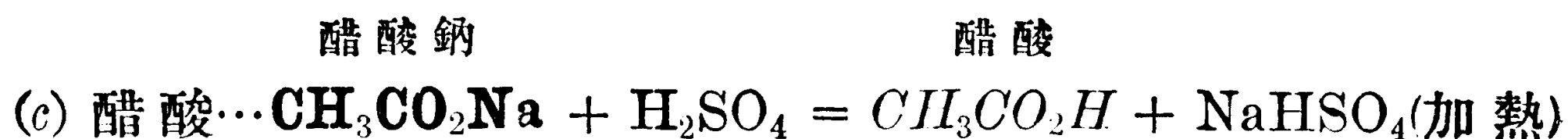
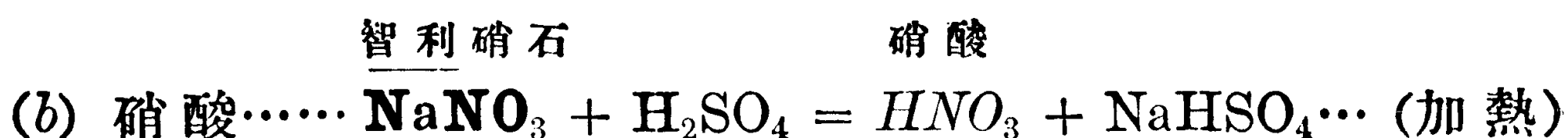
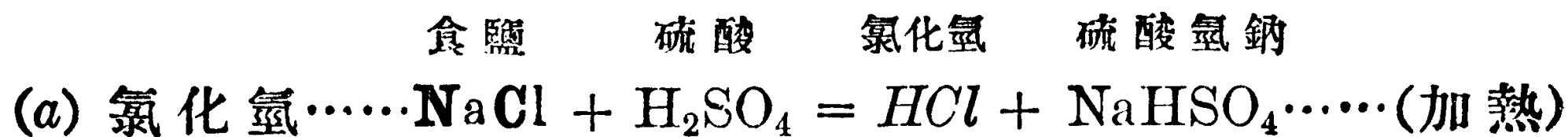
(2) 硫酸,有強吸水性,不特由氣體吸收濕氣而乾燥之,且由碳,養氣,輕氣之三元素所成之化合物,奪去其後二元素如成水之比率而分解之(第47頁).如



(1) 反應(7),為(5)之逆,須注意. (2) 溶解氫,一氧化氮,砷,鉛等於硫酸中,而呈褐色. (3) 無水之硫酸云者,為不混水分之純硫酸 H₂SO₄,非硫酐 SO₃ 也. (4) 亦起 2H₂SO₄ = 2H₂O + 2SO₂ + O₂ 之分解.

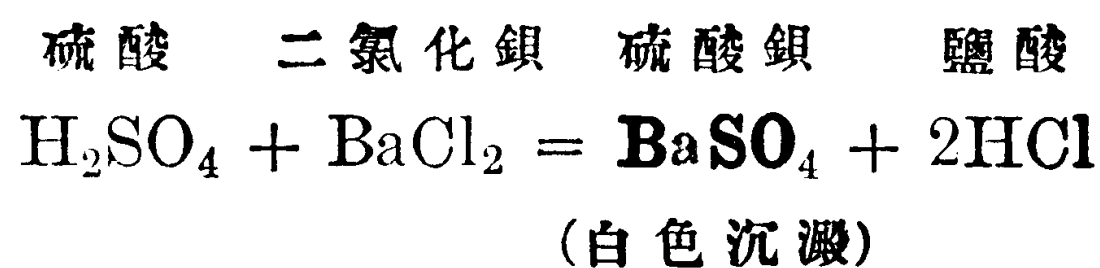


(5) 硫酸之不揮發性, 爲頗可注目之性質之一. 以之加於如鹽酸, 硝酸, 醋酸之揮發性酸之鹽類而熱之, 則遊離其酸.



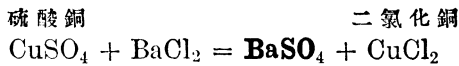
此反應, 常爲分解鹽類而遊離其酸所用者.

硫酸, 因其水溶液之呈酸性反應, 及由二氯化鋇生白色之沉澱而鑑識之.



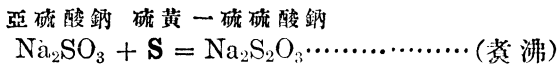
可溶性之硫酸鹽, 亦俱呈後之反應. 如

(1) 與二氧化物之反應 $\mathbf{BaO_2} + \mathbf{H_2SO_4} = \mathbf{H_2O_2} + \mathbf{BaSO_4}$



4. 硫酸之用途 硫酸, (1), 因其由金屬而分解, 故可製輕氣, 亞硫酸; (2), 利用其作用於金屬化合物之性, 以製硫化二氫, 二氧化二氫; (3), 利用其分解鹽類之性, 製造鹽酸, 氫氟酸, 硝酸, 磷酸, 醋酸等之酸類, 並造鹽元素 (但氟不在此內), 硫酸鈉等; (4), 利用其奪水性以為體固體之乾燥, 硝化甘油 (Nitroglycerine), 綿火藥之爆發劑, 或色質, 香料之製造; (5), 利用其由化合物奪取水之成分之性, 以供一氧化碳, 乙烯, 醇精, 等之製造, 並石油, 焦油腦 (Naphthalene) 等之精製等, 其應用之度, 為一切之化合物冠。⁽¹⁾

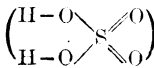
5. 一硫硫酸 $[\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ 硫酸 (H_2SO_4) 中一原子之氧為硫所置換之組成之物質, 稱為一硫硫酸⁽²⁾ (Thiosulphuric acid)。此酸, 雖尚不能遊離之, 但其鈉鹽 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), 為加硫黃於亞硫酸鈉而製之者。



為造鹽素及造鹽素化銀之溶解用之貴重化合物也。⁽³⁾

6. 摘要 亞硫酸 融點 14.8° , 沸點 46° 。硫酸 融點 10.5° , 沸點 270° , 比重 1.85 (15° 時)。

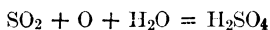
(1) 為熱性諸病之止渴飲料, 下痢, 胃出血, 瘡之洗滌等之醫藥用。發煙硫酸, 由溶解硫酐於純硫酸時所造成 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 。為油狀發煙性酸, 其作用較硫酸強。(2) Thio-云者, 為硫黃之義。(3) $\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{NaCl} + \text{AgNaS}_2\text{O}_3$ 。

分 子 式	名 稱	製 法	性 質	用 途
SO ₃	硫 酐 (Sulphuric anhydride)	SO ₂ 與O ₂ 因鉑綿之接觸而化合。	無色針形之結晶，與水化合，而為硫酸。	硫酸之製造。
H ₂ SO ₄ 構造式 	硫 酸 (Sulphuric acid)	投 SO ₃ 於 H ₂ O。SO ₂ 與 O ₂ 及 H ₂ O 因 NO 之接觸而化合。	無色油狀之液體，不揮發，有奪水性；濃厚者，由銅而發生亞硫酸；稀薄者，由鋅而發生輕氣，且有酸性。溶解金屬之氧化物，氫氧化物；分解鹽而遊離其組成其鹽之酸。	輕氣，亞硫酸，硫化二氫，二氧化二氫，鹽酸，硝酸，醋酸，磷酸，氟化氫，溴，氯，碘，硫酸鈉之製造；乙烯，醇精，硝基甘油，棉火藥，色質，香料之製取；石油焦腦油之精製乾燥用。
H ₂ S ₂ O ₃	一 硫 硫 酸 (Thio-sulphuric acid)	——	其鈉鹽，溶解元素及其化合物。	——

1. 問題

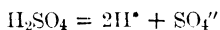
1. 試述硫酸之製法，性質及工業上之用途。

製法： 氧化二氧化硫，使作用於水。

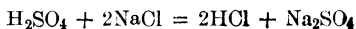


氧化時或用養氣與鉑綿，或用二氧化氮。

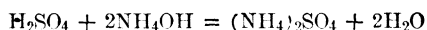
性質： 無色油狀之液體，重於水遠甚；富有吸水性，溶解於水則化為離子：



而發多量之熱。有不揮發性，與種種鹽類共熱則鹽分解而其酸遊離。



與鹽基中和則生鹽。



用途：可供製造硝基甘油，硝基纖維素，醇精等時之脫水劑用；又利用不揮發性，可供鹽酸，硝酸，醋酸等諸酸之製造。

2. 舉硫之主要化合物四種，各述其分子式與其性質。

名稱	分子式	性質
(1) 硫化二氫	H_2S	無色有臭之氣體，由或種鹽類溶液，可使硫化金屬沉澱。
(2) 二氧化硫	SO_2	無色而有刺戟臭之氣體，有殺菌性及漂白性。
(3) 硫酸	H_2SO_4	見前題。
(4) 一硫化鐵	FeS	黑色塊，遇鹽酸則發硫化二氫。

3. 試舉硫酸之主要用途。

4. 盛水於甲乙二試管中，通二氧化硫於甲，通三氧化硫於乙，試視各試管中所生化合物之名稱，符號，並記其生成反應。

二氧化硫	$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$ (亞硫酸)
三氧化硫	$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ (硫酸)

5. 硫酸廣用於工業上，問基因於如何性質。

(1) 脫水性強。故可供氣體及固體之乾燥；石油安息油等之精製；硝基甘油，硝基纖維素，苦味酸等之製造。

(2) 比他種酸類較難揮發。故用以使鹽酸，硝酸，醋酸以及其他多數有機酸之製造。

(3) 濃厚之硫酸呈氧化作用。可供銅，銀，水銀等鹽類及二氧化硫等之製造。

(4) 與種種金屬及化合物能起作用。故供製造輕氣, 二氧化二氫, 硫化二氫, 造鹽素, 及種種磺酸鹽之用。

6. 試比較二價非金屬元素之性質。

圖

	養 氣	硫 黃
符 號	O = 16	S = 32
分子式	O ₂	S ₂ → S ₈
狀 態	氣體	固體
比 重	1.1 (液)	2.0 (固)
化合物	H ₂ O (液), CO ₂ (氣), CuO (固)	H ₂ S (氣), CS ₂ (液), CuS (固)

7. 由含硫 42% 之黃鐵礦 1 噸 (2240 磅), 能生鉛室硫酸 (含硫酸 60%) 幾磅。

圖 黃鐵礦 2240 磅中含硫 $2240 \text{ 磅} \times 0.42 = 940.8 \text{ 磅}$ 。

又由 S = 32 量之硫, 能生 H₂SO₄ = 98 量之硫酸之比例, 故知由 940.8 磅之硫, 可得純硫酸

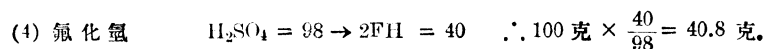
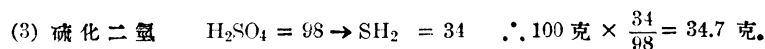
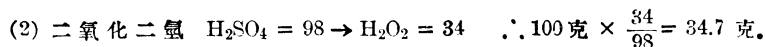
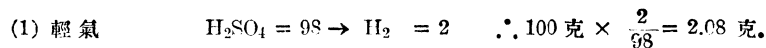
$$940.8 \text{ 磅} \times \frac{98}{32} = 2881.2 \text{ 磅}。$$

故所得鉛室硫酸之量如下:

$$2881.2 \text{ 磅} \times \frac{100}{60} = 4802 \text{ 磅} \quad \text{答 } 4802 \text{ 磅}。$$

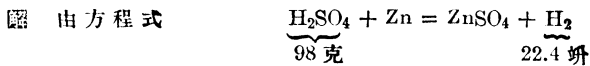
8. 用硫酸 100 克可製輕氣, 二氧化二氫, 硫化二氫, 氟化氫, 硫酸鈉各幾克。

圖



(5) 硫酸鈉 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 = 142 \therefore 100 \text{ 克} \times \frac{142}{98} = 147.9 \text{ 克}.$

9. 加鋅於含有 27.32 % H_2SO_4 之稀硫酸中,所發生之輕氣於 74.25 厘時在 16° C. 之水上捕集共占體積 1033 c.c., 問使用稀硫酸之量如何。



又由水之蒸氣張力表,知 16° C. 之水蒸氣壓力為 1.35 厘,故此輕氣之壓為 (74.25-1.35) 厘,故輕氣在標準狀況之體積如下:

$$1033 \text{ c.c.} \times \frac{273}{273+16} \times \frac{74.25-1.35}{76.00} = 935.9 \text{ c.c.}$$

然標準狀況之輕氣 22.4 升,可由純硫酸 98 克或由所用稀硫酸 $98 \times \frac{100}{27.32}$ 克而得,故欲得此量輕氣所用稀硫酸之量如下:

$$98 \text{ 克} \times \frac{100}{27.32} \times \frac{935.9}{22.4 \times 1000} = 14.8 \text{ 克} \quad \text{答 14.8 克}.$$

8. 實驗

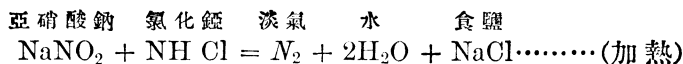
- (1) 滴濃硫酸於紙上,熱之,試察紙之腐蝕。
- (2) 置砂糖或澱粉於蒸發器,加濃硫酸熱之,使其碳化。
- (3) 盛濃硫酸於試管,加鋅粒熱之,或加銅熱之,以與前比較。
- (4) 加濃硫酸於食鹽,熱之使發生氯化氫。
- (5) 加濃硫酸於水,而注意其發熱,並加銅或鋅而察其反應。
- (6) 檢查稀硫酸之酸性反應,且分之為二,其一與鹼中和,其他加二氯化鋇使生硫酸鋇之白色沉澱。

(1) 在水上所捕集氣體之全壓,等於氣體之壓與水蒸氣之壓之和。

第三章 三價元素

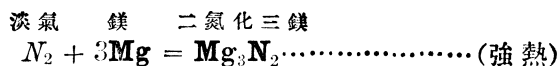
第一節 淡氣 鹵精 氮之氧化物

1. 淡氣 $[N_2]$ 混氯化銹於亞硝酸鈉而熱之，則游離淡⁽¹⁾氣。

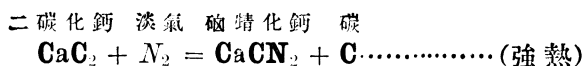


又淡氣可用磷除去空氣中之養氣而得之。

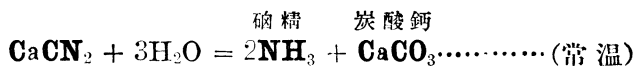
淡氣與熱灼之鎂化合，而生二氮化三鎂。



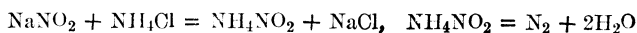
淡氣易被熱灼之二碳化鈣吸收而生鹵精化鈣 (Calcium cyanamide 即氮石灰 Nitrolime)。



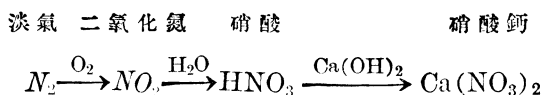
投之於水，則徐徐分解而生鹵精，故鹵精化鈣可直接或間接使所生之鹵精被吸於硫酸後以作肥料。



(1) 此時先成亞硝酸銹，然後再起分解。



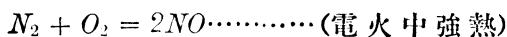
淡氣熱至電弧之溫度,則燃燒而成二氧化氮,故導之於石灰乳中,以製稱為硝酸鈣[Calcium nitrate(俗稱諾威硝石)]之含氮肥料。



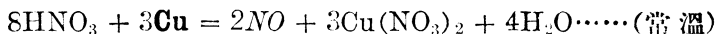
2. 硝精【 NH_3 】關於淡氣之輕氣化合物〔即硝精⁽¹⁾(Ammonia)]之方程式如次:

1. 氯化銻之熱解離…………… $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$
2. 硝精之製取…… $2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$
3. 硝精之溶解…………… $NH_3 + H_2O = NH \cdot OH$
4. 與氯化氫之化合… $NH_3 + HCl = NH_4Cl$
5. 與硫酸之化合… $2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$

3. 一氧化氮⁽²⁾【 NO 】通強烈之電火於空氣中,則淡氣燃燒而生一氧化氮(Nitric oxide)。



實驗室則用銅分解硝酸以製取之。



此時發生之一氧化氮,使通過於水,以除去其所混合之褐色氣體,則可得其純粹物(圖79)。

(1) 淡氣參照第14頁,硝精參照第64頁。(2) 淡氣之氧化物有下之六種: 一氧化二氮 N_2O , 一氧化氮 NO , 二氧化氮 NO_2 , 亞硝酸 N_2O_3 , 四氧化二氮 N_2O_4 , 硝酸 N_2O_5 。

一氧化氮 (NO=30) 爲無色之氣體,其密度然空氣略同,微溶解於水,液化於 -154° 之低溫度。

一氧化氮之銳敏反應之一,爲常溫時與養氣直接化合,而生褐色之二氧化氮 (Nitrogen peroxide) (圖 80)。

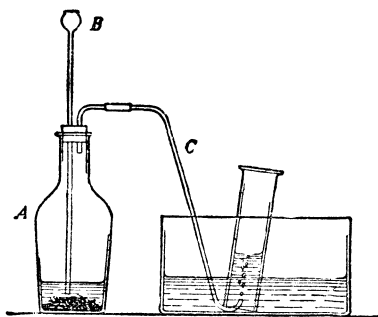
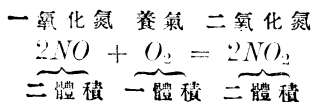


圖 79——製一氧化氮。

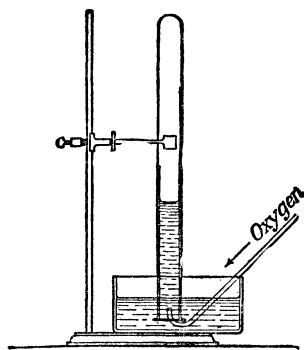
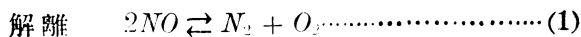
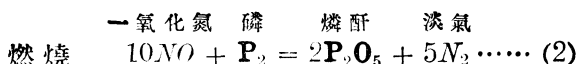


圖 80——示混養氣於一氧化氮中時,則生可溶性之二氧化氮之裝置。

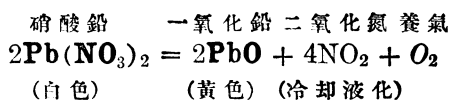
一氧化氮作用於硫酸亞鐵 (FeSO_4) 之溶液,而生暗褐色易於分解之化合物 ($3\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{NO}$),亦爲其敏銳反應之一,此爲常用於鑑識硝酸鹽之反應,如細心加硫酸亞鐵溶液於硝酸鹽溶液與濃硫酸之混合液上,則由後二者所生之一氧化氮,作用於上層之硫酸亞鐵,因之兩液層之境界,即現褐色之層。

一氧化氮無支燃性,但在頗高之溫度,則解離,故如磷等之強力氧化性之物質,能在此中持續燃燒,而遊離其淡氣。

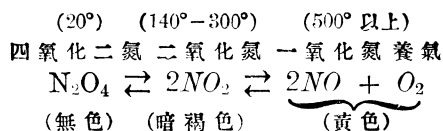




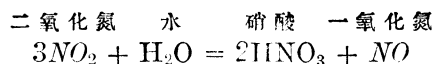
4. 二氧化氮 $[\text{NO}_2]$ 二氧化氮 (Nitrogen peroxide) 由一氧化氮氧化而生。其製取法，則為強熱硝酸鉛之固體，冷卻所發生之氣體而液化之。



二氧化氮雖為濃褐色之氣體，但冷卻之，則漸變為淡色，終成無色之四氧化二氮⁽¹⁾而液化。又熱四氧化二氮，則呈上之反對現象，在140° 二氧化氮悉行解離。

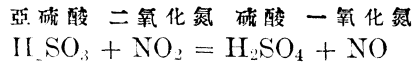


二氧化氮易溶解於水，而生硝酸，遊離一氧化氮。製一氧化氮時，使通過於水，而能除去其褐色之夾雜物（即二氧化氮）者，即因其有此反應故也（第211頁）。

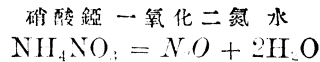


二氧化氮當有易於氧化之物質存在時，則能氧化他物質。故此反應，常利用之以製硫酸。

(1) 四氧化二氮之沸點20°，融點-12°。二氧化氮通常為NO₂與N₂O₄之混合物。

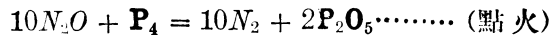
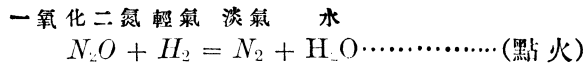


5. 一氧化二氮 $[\text{N}_2\text{O}]$ 一氧化二氮 (Nitrous oxide) 爲無色氣體,由熱硝酸銨⁽¹⁾以製之。



約溶解於同體積之水,故欲收取其氣體,須使與溫水相置換,此氣體與二氧化氮異,僅加冷却亦不易液化。

一氧化二氮在高溫遊離養氣,而呈強力之氧化作用,故磷,木片,輕氣,等能在其中燃燒極烈,與在養氣中無異。

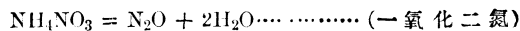


然在常溫,則毫不遊離養氣,故與遊離養氣異,不能氧化一氧化氮使變爲褐色之二氧化氮,此爲區別一氧化二氮與養氣之反應也。

一氧化二氮稍帶甘味,吸入之則侵神經而呈麻醉作用,故其極純粹者,屢供齒科醫藥之用,若吸入其少量,易發狂笑,故又名笑氣。

6. 摘要 淡氣 N=14.01

(1) 與淡氣之製法之比較:



分子式	名稱	製法	性質	用途
N_2	淡氣 (Nitrogen)	熱 NH_4NO_2 .	第 19 頁	——
NH_3	矽精 (Ammonia)	以 CaO 分解 NH_4Cl .	第 68 頁	——
N_2O	一氧化二氮 (Nitrous oxide)	熱 NH_4NO_3 .	沸點 -86° , 無色, 有毒, 有支燃燒.	麻醉用
NO	一氧化氮 (Nitric oxide)	以 Cu 分解 HNO_3 .	沸點 -154° , 無色, 氧化而為 NO_2 .	硫酸製造用.
NO_2	二氧化氮 (Nitrogen dioxide)	熱 $Pb(NO_3)_2$ 而分解之.	沸點 20° , 褐色, 可溶.	吸於石灰乳 以製硝酸鈣.

7. 問題

1. 關於固定空中淡氣而製含氮肥料, 試就所知述之.

圖 就矽精化鈣, 硫酸銻, 挪威硝石等說明之 (見 210, 211 頁).

2. 一氧化氮 30 克之體積使就溫度 $10^\circ C$, 氣壓 75 厘之狀況時換算之.

圖 $NO = 28$ 克, 在標準狀況時占有 22.4 升.

$$\text{故} \quad 22.4 \text{ 升} \times \frac{30}{28} \times \frac{76}{75} \times \frac{273+10}{273} = 19.35 \text{ 升.}$$

3. 試就氮之氧化物, 說明倍比之定律.

圖 就 N_2O , NO , NO_2 而知與 N_2 化合之 O 之數

N_2O , N_2O_2 , N_2O_4 即為 1:2:4 之簡單整數比.

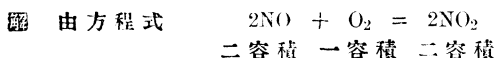
4. 於標準狀況時欲製一氧化二氮 1 升, 所需原料之重量如何.

圖 一氧化二氮 $N_2O = 22.4$ 升, 可由硝酸銻 $NH_4NO_3 = 80$ 克而得, 故所

需原料之量如下·

$$80 \text{ 克} \div 22.4 = 3.57 \text{ 克} \quad \text{答 } 3.57 \text{ 克。}$$

5. 一氧化氮 50 c.c. 與養氣 30 c.c. 相混,其結果如何。



50 c.c. 之一氧化氮與 25 c.c. 之養氣化合生 50 c.c. 之二氧化氮,而留 5 c.c. 之養氣。 答 二氧化氮 50 c.c., 養氣 5 c.c.。

8. 實驗

1. 加銅於硝酸,所生之一氧化氮於水上捕集之。
2. 將瓶中之二氧化氮,使與空氣相觸而生一氧化氮。
3. 加水振盪,使二氧化氮溶解。
4. 上之溶液呈酸性反應試檢驗之。
5. 熱硝酸鉛,則發生養氣,由火柴之餘燼檢之,並觀察其生成二氧化氮及其所餘之一氧化氮。

第二節 硝酸 (Nitric acid)

1. 硝酸之製法 [HNO₃]

通電弧於空氣,冷却後導之於水中可得硝酸(圖 81)。

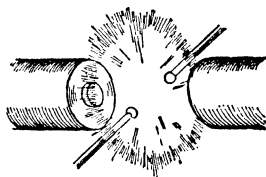
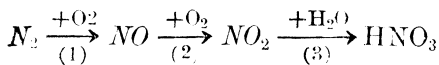


圖 81——因磁石之作用,使生圓形之電弧以強熱空氣。



1. 通電弧之時..... $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$
2. 冷却之時..... $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
3. 通於水之時..... $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

此反應⁽¹⁾，現今工業上大規模的行之。

通常加硫酸於硝酸鈉⁽²⁾而熱之，亦可製得硝酸(圖 82)，此法工業上多使用之(圖 83)。



此時所生之硫酸氫鈉，雖在高温，更作用於硝酸鈉而生硝酸。



然生成之硝酸若熱至如斯之高温，則有惹起分解之虞，故此反應須於減壓之下行之。今將(1)(2)合併則得下之方程式：

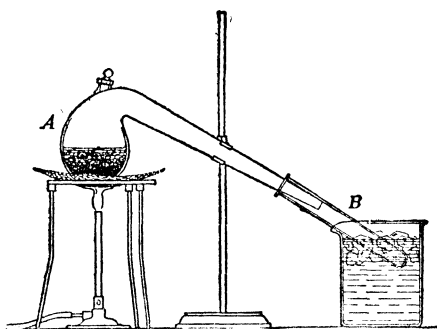


圖 82——由硫酸與智利硝石製造硝酸。

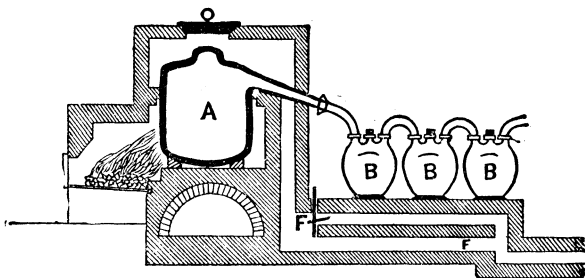
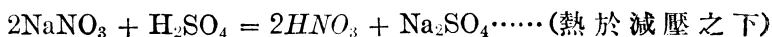
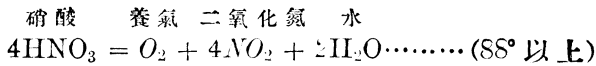


圖 83——工業的製造硝酸。

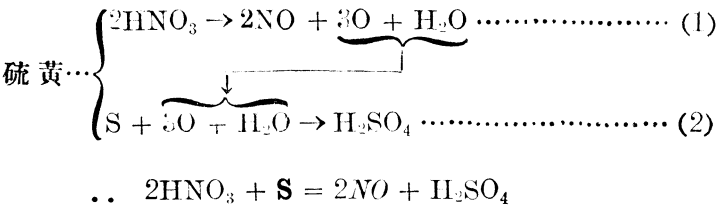
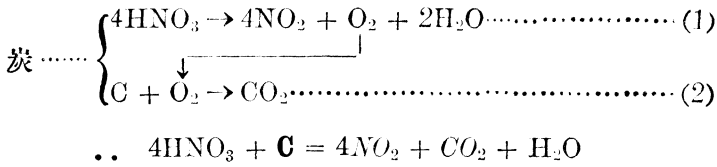
(1) 雷雨之際，空中常起此變化，故雨水含有微量之硝酸。(2) 此物質產於南美智利，祕魯之境，故又有智利硝石之名。

2. 硝酸之性質 硝酸為揮發性之氣體,比重 1.56, 沸點 86°, 凝固點 -47°. 其純粹者雖為無色, 然通常則因受日光之作用而分解生成二氧化氮, 故呈黃褐色, 溶解多量二氧化氮之赤褐色之硝酸, 稱為發烟硝酸 (Fuming nitric acid), 較普通之硝酸, 呈更強之化學作用.

硝酸熱若至 260° 以上, 則悉分解而生成養氣, 二氧化氮與水.⁽¹⁾



硝酸之容易遊離養氣, 為極堪注意之性質, 蓋硝酸之諸反應, 大概基因於此養氣之氧化作用, 如木炭或硫黃與硝酸共熱, 則悉被氧化而生炭酸氣或硫酸.

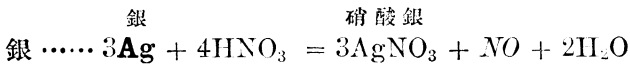
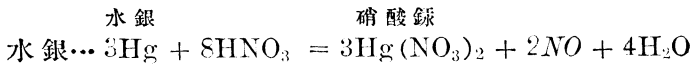
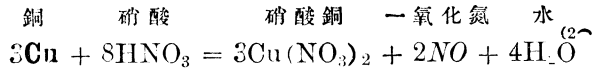
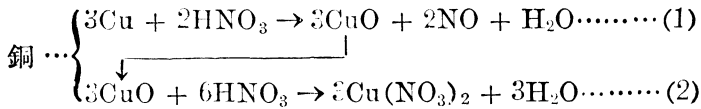


硝酸之劇烈腐蝕動植物質, 亦不外上之氧化作用之結

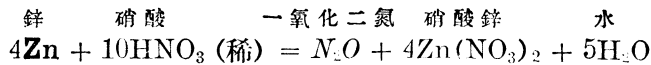
(1) 又有起 $2\text{HNO}_3 = 2\text{NO} + 3\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ 之分解者, 此反應及 (1) 之反應殆可代表硝酸之性質之大半, 故須記憶之。

果。木材，藍靛與硝酸共煮時，則糜爛或褪色。又如皮膚，蛋白，羽毛等之含有蛋白質之物質，觸及硝酸，則變為黃色。

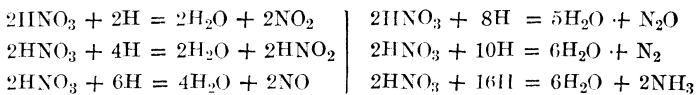
硝酸能氧化銅，銀，水銀等金屬，而使變為可溶於酸之氧化物。從而其生成之氧化物，溶解於過量之硝酸，而變為硝酸鹽⁽¹⁾，此時硝酸被還原變為一氧化氮。如



以硝酸作用於溶解於硫酸，鹽酸等而發生輕氣之金屬如鋅，鎂等，則生此等金屬之硝酸鹽，同時硝酸之一部被還原，而生一氧化二氮 (N₂O) 或硝精 (NH₃)。如



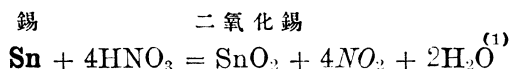
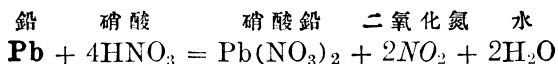
(1) 硝酸對於金屬之變化，或可考之如次：即金屬作用於硝酸，而成硝酸鹽 $\text{Cu} + 2\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}$ 。此際遊離之輕氣，即作用於過量之硝酸而呈還原作用，由是此際之還原生成物，應有下之種類：



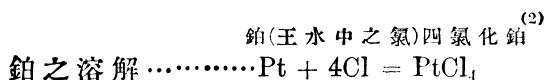
(2) 加金屬於硝酸時，其反應漸次劇烈進行者，基因於生成之 NO 之接觸作用故也。



又硝酸作用於鉛或錫時，則發生二氧化氮。



用硝酸氧化鹽酸時，則遊離發生機氯，能將不溶於普通之酸中之金屬，如鉑，金，等，變為可溶於水之氯化物。

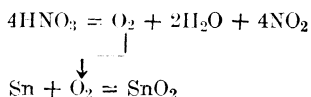


此種混有硝酸之鹽酸，稱為王水 (Aqua regia)。此因其能溶解稱為金屬中之王之金故也。

硝酸溶解於水而成強酸性之液。然稱為濃硝酸者，通常亦含有 40% 內外之水，故普通之硝酸皆有此反應。

3. 硝酸之用途 硝酸能直接或間接的溶解銀，金，鉑以製鍍金用之硝酸銀 (AgNO_3)，三氯化金 (HAuCl_4)，四氯化鉑

(1) 此變化當硝酸受熱分解時，即可發生。



(2) 蒸發此溶液而使結晶，則生 $\text{AuCl}_3 \cdot \text{HCl}$, $\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{HCl}$ 。

(H₂CtCl₆)。利用其氧化性以製硝化甘油 [C₃H₅(NO₃)₃]，綿火藥 [C₁₂H₁₄O₄(NO₃)₆]，苦味酸 [Picric acid, C₆H₂(NO₂)₃OH] 等之爆發劑，又為製造硝基烴 (Nitrobenzene) 之原料，其他醫藥上用作腐蝕藥，又用於凍傷，肝臟病，黃疸等症。

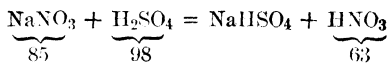
4. 摘要 硝酸沸點 86°，融點 -47°，比重 1.4 (68%者)。

分子式	名稱	製法	性質	用途
HNO_3 $\text{H}-\text{O}-\text{N} \begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{matrix}$	<p>硝酸 (Nitric acid)</p>	<p>加濃硫酸於硝酸鈉而熱之。將 N₂ 燃於空氣中使生 NO₂ 而溶解於 H₂O。</p>	<p>無色之液體，遊離養氣而氧化性極烈，溶解金屬而發生一氧化氮，二氧化氮，一氧化二氮，硝酸。</p>	<p>製造王水，一氧化氮，硝酸鹽，硝化甘油，硝化纖維素，烴油 (藍油) 等。醫藥。</p>

5. 問題

1. 試述硝酸之製法性質及用途。
2. 欲得 100 克之純粹硝酸，問需智利硝石及 90% 硫酸各若干克。

由智利硝石製硝酸之變化如下：



智利硝石..... 100 克 × $\frac{85}{63}$ = 135 克。

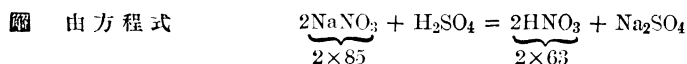
90% 硫酸..... 100 克 × $\frac{98}{63} \times \frac{100}{90}$ = 173 克。

答 { ^{135 克}
173 克

3. 問硝酸自何所而來。

雷鳴時生硝酸於空氣之中，又成酸硝鹽如智利硝石 (NaNO_3) 及硝石 (KNO_3) 而天然產出。

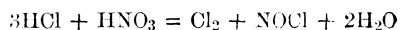
4. 由 1 噸之智利硝石可製含 5 成之水之硝酸若干噸。



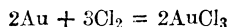
$$1 \text{ 噸} \times \frac{2 \times 63}{2 \times 85} \times \frac{1}{0.5} = 1.5 \text{ 噸} \qquad \text{答 1.5 噸。}$$

5. 鹽酸與硝酸皆各不能單獨作用於金，但為王水則能溶解之，其理由如何。

圖 王水為濃鹽酸與濃硝酸以 3:1 之體積比相混之溶液，前者之氯化氫為硝酸所氧化而遊離氯素。



因此氯與金，鉑化合而生可溶性之氯化物。



6. 實驗

1. 置硝酸鉀於試管，加濃硫酸熱之，將其所生之硝酸蒸氣，由導管引入浸於冷水之試管內，而試其酸性反應及對於銅之反應。

2. 加青藍溶液於硝酸熱之，觀察其因氧化作用而褪色。

3. 浸白木棉絲於硝酸徐徐加熱，而觀察其徐呈黃色。

4. 加銅粒於硝酸以製硝酸銅，於水上捕集其發生之一氧化氮。

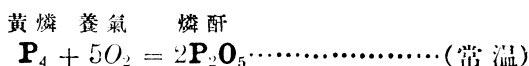
5. 將金箔少許置於二個試管，一加濃鹽酸，一加濃硝酸，熱之，見其毫不變化；而後將兩者混和則見金即溶解。

6. 加硫酸亞鐵溶液於硝酸或硝酸鹽溶液（盛於試管中），沿管壁滴入少量硫酸使達下層，則境界面當生褐色之層。

第三節 磷⁽¹⁾ (Phosphorus)

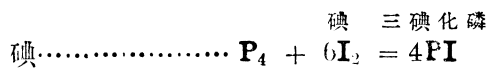
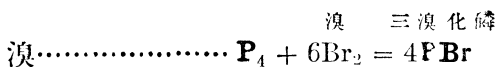
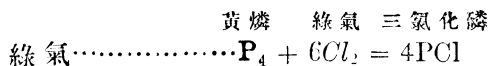
1. 黃磷之性質 **[P₄]** 黃磷為帶黃白色蠟狀之元素,又稱為白磷,比重 1.8,不溶解於水,而溶解於二硫化碳,熱至 44° 則融解,至 296° 變為惡臭無色之氣體,其蒸氣密度與 P₄ 相當。

黃磷之特性為極易與養氣化合,在空氣中放置之,則雖在常溫亦徐徐氧化而生磷酞⁽²⁾。



此際置在暗所呈蒼白之光,其微細者,則此現象更顯(以觸空氣之表面大也),凡曾浸於黃磷之二硫化碳溶液之紙,稍停即着火,其着火點實在於 60° 之低溫,黃磷通常貯藏於水中者,即所以隔斷空氣之接觸而防溫度之上昇故也。

黃磷與造鹽素相遇,其化合力較與養氣時更烈,稍停即行燃燒,將黃磷投於綠氣中,或以碘掩覆黃磷而試之即得。



黃磷不使觸及空氣,而熱於 250° 左右時,則一變其性質,

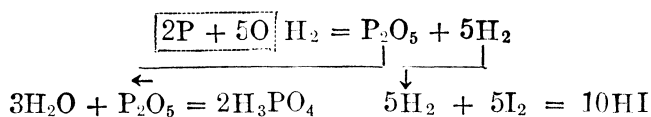
(1) 磷為 1660 年布藍德 (Brand) 氏所發見之元素。 (2) 此際空氣之一部變為臭氣,故黃磷通常發臭氣之臭氣。

而成赤色粉末狀之赤磷。

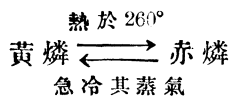
黃磷極有毒，雖僅 0.05 克亦呈劇烈之生理作用，而起心臟麻痺之病。故使用黃磷之工場，其職工往往有受磷蒸氣之中毒，而陷於不治之病者。因磷而生之火傷，甚難療治，故處理此物質時，需細心注意之。

2. 赤磷之性質 赤磷雖為黃磷受熱時之產物，但其性質大異於黃磷。此物為暗赤色之粉末，比重較黃磷稍大，不溶解於二硫化碳，化學的性質甚不活潑，在常溫不氧化，又殆無⁽¹⁾毒性。

赤磷在空氣中熱至 200° 以上，始着火而變為磷酐。赤磷不與造鹽素化合，當有造鹽素存在時，反與水中之氧化合，而助造鹽素化氫之生成。即



赤磷熱至 300° 度以上，而急冷卻其蒸氣，則生黃磷。



故黃磷與赤磷為同種之元素，而前者比後者為不安定。⁽²⁾

3. 磷之用途 磷之主要用途，為利用其着火性而製造

(1) 赤磷之有潮解性者，因其中混有之 P_2O_5 有吸濕性故也。(2) 赤磷為黃磷與金屬磷之混合物，而非單純之物質，然通常多視為黃磷之同素異性體。

火柴,但以黃磷之化性過於活潑,故除僅少量之用於實驗或醫藥之外,悉使變為適於製造火柴之赤磷,火柴盒之側面,用赤磷塗敷以為着火劑,其白楊木所製柴棒之一端,用硫黃或硫化銻(可燃性物)與氯酸鉀及二氧化錳(氧化劑)之混合物糊着之,故將棒頭摩擦盒之側面,則少量之赤磷附於其上,同時因摩擦熱發火,而點火於硫黃,且硫黃因氯酸鉀之充分供給養氣,故開始燃燒,更點火於棒木而使燃燒也。

4. 磷之所在製法 磷,天然間存於磷酸鈣 [Calcium triphosphate, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$], 磷灰石 [Apatite, $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaCl}_2$], 而為動物之骨骼或礦石之主成分。

磷酸鈣(獸骨)與二氧化硅(砂)及炭(骸炭)共熱於電爐中(圖84),則遊離磷。

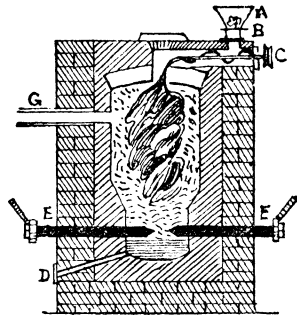
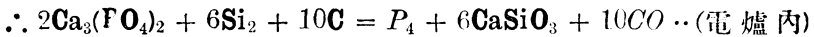
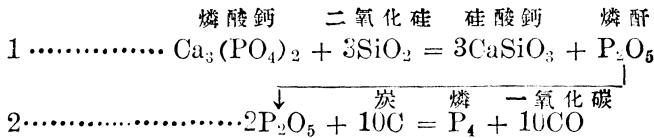
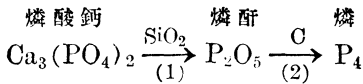


圖84——製磷之電爐。(1)



(1) 磷灰石與砂,木炭之混合物經漏斗AB,迴轉螺旋C,入於爐中,熱於電極E,E間之電弧,其生成之磷與一氧化碳同由G而出,故導於水中而凝結之。D為溶滓之出口。

此時發生之磷之蒸氣，導於水中，則成液態，注於型內而凝固之。

將黃磷盛於排除空氣之生鐵製罐內(圖85)，約十日間，保有 260° 時，其大部變為赤磷，乃洗滌於二硫化碳中，溶去其不變化之黃磷而精製之。

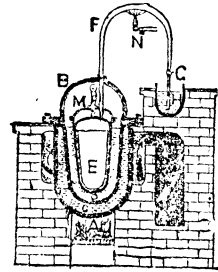


圖85——由黃磷之赤磷製工業的裝置。(1)

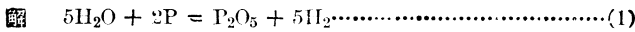
5. 摘要 黃磷 $P = 31.04$, 分子式 P_4 , 比重 1.83, 融點 44° , 沸點 290° , 原子價 3 或 5.

分子式	名稱	製法	性質						用途
			物理性	黃磷	赤磷	化學性	黃磷	赤磷	
P_4	磷 (Phosphorus)	Ca ₃ (PO ₄) ₂ 與 SiO ₂ , C 共強熱之而為黃磷，更熱至 260° 則為赤磷。	物 理 性 狀 比 重 點 二 硫 化 碳 中	黃磷	赤磷	化學性 光 着 火 點 生 理 作 用 與 養 氣 之 作 用	黃磷	赤磷	火 柴 醫 藥 溴 化 氫 化 之 之 製 造。 無 毒 無 毒 無 毒 生 素 水 合 之 而 生 成 之 而 生 成 之 而 生 成
				黃蠟狀 1.8 44° 可溶	赤色 粉末 2.1 不熔 不溶		發 光 60° 有 毒	不 發 光 230° 無 毒		氧 化 之 而 生 成 磷 酐 造 鹽 水 合 存 在 與 時 水 合 中 之 氧 化

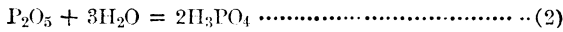
6. 問題

1. 磷之製法，性質，用途如何。
2. 由骨灰100尅所得磷之重量如何。 答 20 尅。
3. 於碘素存在時用磷使水分解而生碘化氫，試說明其變化又使 2 克之碘悉變為碘化氫所需磷之重量若干。

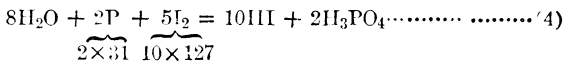
(1) E 熱黃磷之罐，D 砂，C 白鐵，H 冷却器。



P_2O_5 溶解於 H_2O 而生 H_3PO_4 ; 5H_2 與 I_2 作用而生 HI



將 (1) (2) (3) 之反應以一方程式表之,則得:

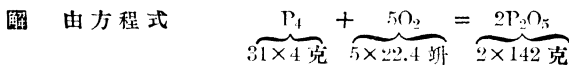


故所求之磷之量如下:

$10 \times 127 : 2 \times 31 = 2 \text{克} : x \quad \therefore x = 0.98 \text{克}$

答 0.98 克。

4. 於 0°C ., 2 氣壓之狀況下之養氣 5 呎中,將 5 克之磷完全燃燒時,試計算: (a) 所生五氧化二磷之重量, (b) 所餘養氣之體積。



(a) 五氧化二磷之重量 = $5 \text{克} \times \frac{2 \times 142}{31 \times 4} = 11.4 \text{克}$

消費養氣之體積 = $5 \times 22.4 \text{呎} \times \frac{5}{31 \times 4} \times \frac{1}{2} = 2.26 \text{呎}$

(b) 所餘養氣之體積 = $5 \text{呎} - 2.26 \text{呎} = 2.74 \text{呎}$

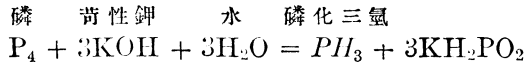
答 11.4 克, 2.74 克。

7. 實驗

1. 將黃磷少量置試管中,加二硫化碳使之溶解。
2. 將濾紙浸於上之溶液,取出置空氣中,而察其自然着火。
3. 以碘掩覆黃磷,而驗其自然着火。
4. 將玻璃蘸紅磷置於火中,而察其燃燒不如黃磷之甚。

第四節 磷之化合物

1. **磷化三氫** $[PH_3]$ 投黃磷於苛性鉀之濃厚水溶液內熱之，則發生磷化三氫 (Phosphine)。



磷化三氫爲無色惡臭猛毒性之氣體，與有類似組成之鹵精 (NH_3) 異，難溶於水，且燃燒極易。通常製此物之際，常伴生液狀自燃性之二磷化四氫 (P_2H_4)，故磷化三氫因後者之着火而燃燒，生磷酐之白烟 (圖 86)。

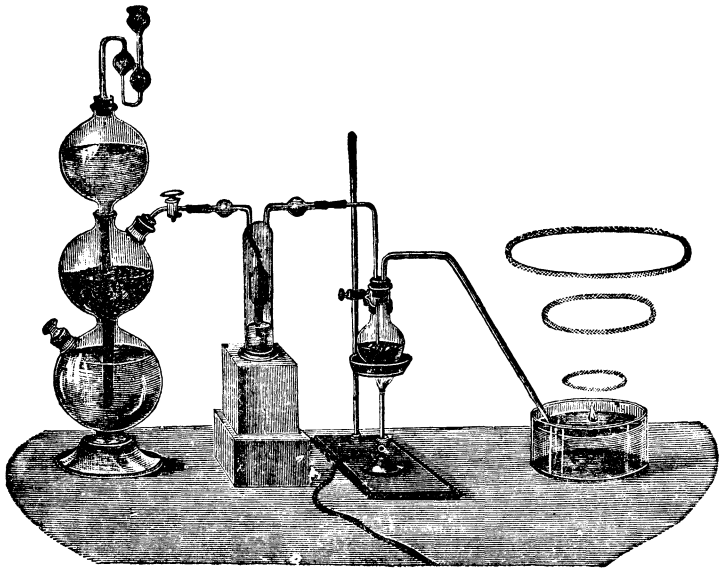
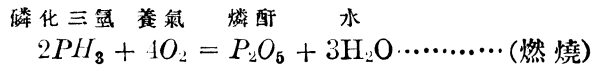
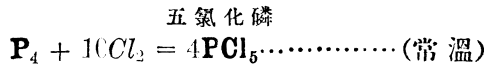
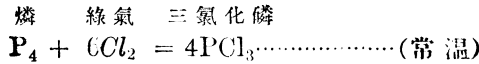
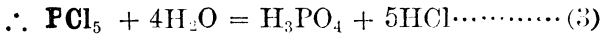
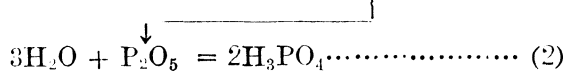
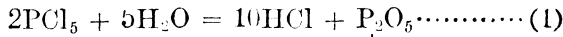


圖 86——燃磷化三氫而生白色之烟。

2. 磷之造鹽素化物 磷能與乾燥之氯化合,若此時氯量不多,則生無色液態之三氯化磷 (Phosphorus trichloride),多,則生淡黃綠色固態之五氯化磷(Phosphorus pentachloride).



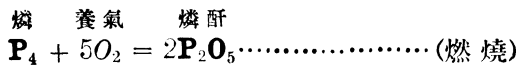
磷之氯化物溶解於水時,悉分解為鹽酸與磷酸。



磷尚直接與氯以外之造鹽素化合,而生相當之造鹽素化磷。

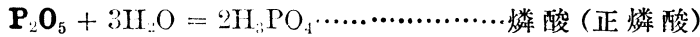
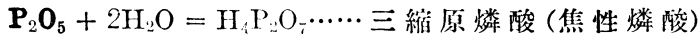
1. 氯化物…… PCl_3 (無色液體) ⁽¹⁾ PCl_5 (淡黃綠色之固體)
2. 溴化物…… PBr_3 (液體) PBr_5 (黃褐色之固體)
3. 碘化物…… PI_3 (黃色固體) PI_5 (赤色結晶)
4. 氟化物…… PF_5 (氣體)

3. 磷酐 [P_2O_5] 磷酐 (Phosphoric anhydride), 一名五氧化二磷 (Phosphorus pentoxide), 磷或磷之化合物燃燒時生之。



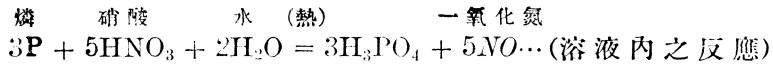
(1) $\text{PCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HCl}$ 之反應,進行劇烈,發生多量之熱。

爲白色之粉末,吸濕性極富,吸收空氣中之水蒸氣液化而溶解之。此現象,稱爲潮解 (Deliquescence)。磷酐與水化合則生三種磷酸。



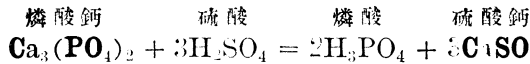
磷酐,利用其吸濕性,常用作較氯化鈣更強之乾燥劑。

4. 磷酸⁽¹⁾ $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ 磷酐與水化合物中,磷酸 (Phosphoric acid) 爲最安定,故二縮原磷酸 (Metaphosphoric acid) 及三縮原磷酸 (Pyrophosphoric acid) 經時而變爲此酸。製取多量之磷酸,常由氧化黃磷於熱硝酸中而得。



此溶液冷卻時,析出磷酸之結晶。

磷酸又可使硫酸作用於磷酸鈣,過濾後而得之。



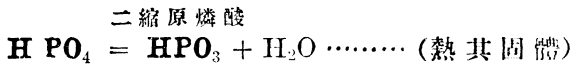
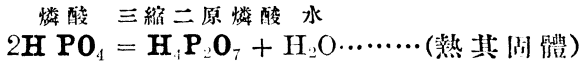
磷酸與硫酸,鹽酸異,爲固態之酸。其融點爲 42° ,溶解於水,而爲有爽快酸味之液。

將磷酸加熱⁽²⁾,則於 250° 縮水,而爲三縮二原磷酸,更強熱

(1) H_3PO_4磷酸 H_3PO_3亞磷酸 H_3PO_2次磷酸

(2) 磷酸因其呈酸性反應,且與含有硝酸之鉬酸銨 [Ammonium molybdate, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$] 水溶液,共熱則生黃色沉澱 $(14\text{MoO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$, 故得而鑑識之。

之，則變為二縮原磷酸。



磷酸用作試藥，又供傷寒 (Typhus) 等之諸熱病，骨症，內部出血等之醫藥用。

5. 摘要 磷之化合物

分子式	名稱	製法	性質	用途
PH_3	磷化三氫 (Phosphine)	投 P_4 於 KOH 之水溶液而熱之。	無色，惡臭有毒之氣體，極易燃燒。	——
PCl_3 PCl_5	磷之氯化物 (Chloride of phosphorus)	將 Cl_2 作用於 P_4	PCl_3 為液體， PCl_5 為固體，吸收水分。	奪水劑
P_2O_5	磷酐 (Phosphorus anhydride)	燃燒 P_4	為白色粉末，而富吸濕性。	吸溼用
H_3PO_4	磷酸 (正磷酸) (Phosphoric acid)	磷於硝酸中氧化。	雖為固體，吸水而為黏稠狀，有爽快之酸味。	醫藥 試藥
HPO_3	二縮原磷酸 (異性磷酸) (Metaphosphoric acid)	熱 H_3PO_4	無色之固體	試藥
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	三縮二原磷酸 (焦性磷酸) (Pyrophosphoric acid)	熱 H_3PO_4	無色之固體	——

定 義

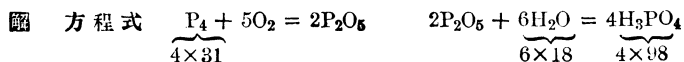
潮 解 (Deliquescence)	固體吸收空氣中之水分而溶解之現象也。此因該固體溶解所生之溶液之蒸氣壓，較空氣中水蒸氣之平均壓為小故也。
------------------------	---

6. 問題

1. 試述磷之氯化物、氫化物及氧化物之製法及性質。
2. 問造鹽素化磷在空氣中發煙之理由如何。

圖 由 $\text{PCl}_5 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HCl}$ 之反應所生之 HCl 與水蒸氣凝結而生鹽酸之小滴，故發煙。

3. 由 12 克之磷所生磷酸之量及此時所需之水之量如何。



$$\text{磷酸之量} = 12 \text{ 克} \times \frac{4 \times 98}{4 \times 31} = 37.9 \text{ 克。}$$

$$\text{水之量} = 12 \text{ 克} \times \frac{6 \times 18}{4 \times 31} = 1.04 \text{ 克。}$$

答 37.9 克, 1.04 克。

4. 求磷化三氫 10 呎之重量及其中所含磷之量。

圖 $\text{PH}_3 = 34$ 克之體積，為 22.4 呎。故 10 呎之重量及其中磷之量如

下: $34 \text{ 克} \times \frac{10}{22.4} = 15.2 \text{ 克} \quad 15.2 \text{ 克} \times \frac{31}{34} = 13 \text{ 克。}$

答 15.2 克, 13 克。

7. 實驗

1. 燃磷於瓶內製五氧化二磷，加水振盪而為磷酸，試檢其酸性反應。
2. 加硝酸於五氧化二磷之水溶液，煮之使成磷酸，滴加於銀酸銻溶液之上而察其生黃色沉澱。

3. 加稀硫酸於磷酸鈣而放置之,過濾,此液加銀酸銻於溶液中之酸性磷酸鈣而檢驗之。

4. 用謹慎之注意亦可試製磷化三氫。

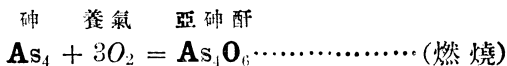
第五節 砷 (Arsenic)

1. 砷 $[\text{As}_4]$ ⁽¹⁾ 砷亦如磷,有不安定與安定之二種形態,其不安定者,為由砷蒸氣之急冷而生之無定形之灰色塊,在空氣中,自然氧化,而發放蒜臭;安定者,為菱形結晶之灰白色金屬樣之物質,普通之砷,皆於屬此種。

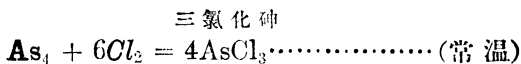
將砷熱於無空氣之處,則不融解而直接變為黃褐色之氣體,由密度而定其分子式為 $300 = \text{As}_4$ 砷既具有此種容易昇華之性質,故當製取時常利用之,即強熱稱為硫砷鐵礦〔又名毒砂(Arsenopyrite, FeSAs)〕之砷原礦,而昇華其砷蒸氣即得。



將砷在空氣中熱之,則於 180° 發火,舉蒼白色之燄而燃燒,生亞砷酐之白煙。



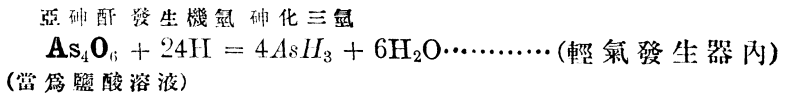
又砷能與綠氣化合,而生三氯化砷 (Arsenic chloride),與磷相同。



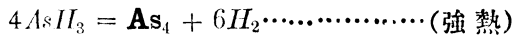
(1) 砷為十三世紀時馬格那斯 (Albertus Magnus) 氏所發見之元素。

砷有類似金屬之性質，雖難與金屬化合，然能與之融合，而增加金屬之硬度。砷與鉛之合金，為製砲彈之重要原料物。

2. 砷化三氫 $[\text{AsH}_3]$ 亞砷酐之鹽酸溶液，注加於輕氣發生器中，則生砷化三氫 (Hydrogen arsenide)，與輕氣混合而出。此反應可視為亞砷酐為發生機氫所還原而起者。



砷化三氫為無色有蒜臭之氣體，有猛烈之毒性。加冷得使變為固態 (融點 -110° ，沸點 -40°) 又通於赤熱之管，則分解而為成分元素之砷與輕氣。



點火於砷化三氫時，則舉蒼白色之燄而燃燒，然燄之內部即空氣供給不充足之部分，亦惹起上之分解，故將白色之瓷器，插入其中，則在其表面，析出砷之污點 (圖 87)。此污點，稱為砷鏡 (Arsenic mirror) 呈黃褐色，溶解於漂白粉之

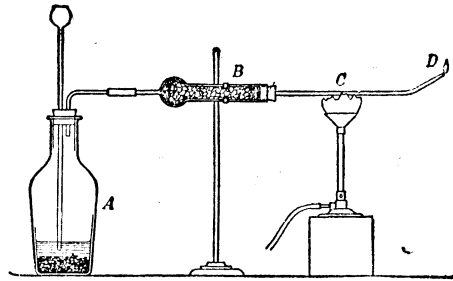
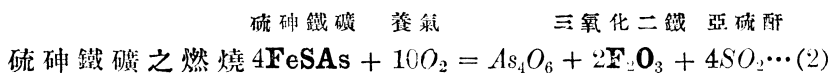
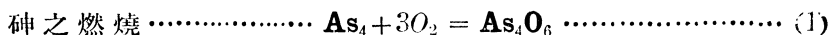


圖 87——馬許氏之檢砷法。

(1) 砷與錫之性質與金屬相類似。 (2) $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ (3) AsH_3 有犯心臟之作用，克蘭 (Gehlen) 氏當研究中，僅吸入其一氣泡，九日後即死云。

溶液,是其特徵,利用此反應,即微量之砷亦能檢出,故名之曰馬許(Marsh)之驗砷法。

3. 亞砷酐. $[\text{As}_4\text{O}_6]$ 亞砷酐(Arsenious anhydride)由燃燒砷或砷之化合物而生。



製造多量亞砷酐時,通常利用後者之反應,煅燒(通空氣而燒之)硫砷鐵礦(圖88),而將亞砷酐昇華後,再用昇華法精製之。

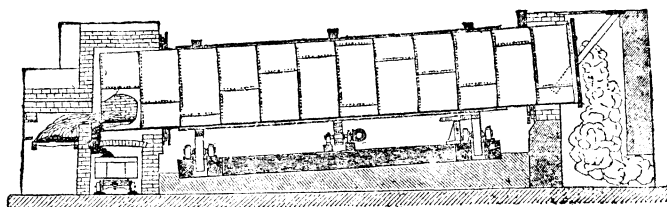
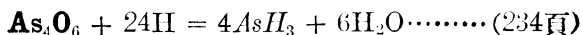


圖 88——強燒硫砷鐵礦,而使所生之亞砷酐昇華於大空筒內之裝置。

亞砷酐為比重3.7之白色結晶狀固體,受熱則不融解而直接氣化,故亦有昇華性。

此物以發生機氫還原之,則發生砷化三氫。



以木炭末還原之,則遊離砷(圖89)。

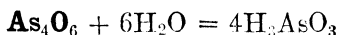
(1) $\text{As}_4 + 6\text{CaOCl}_2 = \text{As}_4\text{O}_6 + 6\text{CaCl}_2$ (2) 又俗稱為亞砷酸,砒石,白砒等。

(熱)



亞砷酐與硫酐,磷酐等異,微溶解於水,而成弱酸性之亞砷酸(Arsenious acid).

亞砷酸



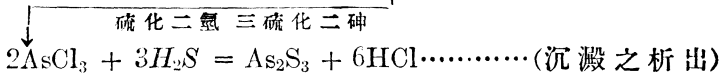
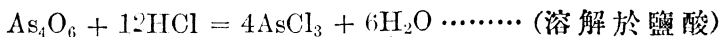
與苛性鉀相作用,則生亞砷酸鉀.

亞砷酸鉀



又亞砷酸之鹽酸溶液,含有三氯化砷,加硫化二氫則生黃色沉澱.

鹽酸 三氯化砷



(黃色沉澱)

亞砷酐為有猛烈毒性之物質,若服其0.05克,則血液循環即生障礙以至急死.故誤飲之時,需即服新製之三氫氧化鐵,使可溶性之砷化物($\text{H}_3\text{AsO}_3, \text{AsCl}_3$)變為不溶性之亞砷酸鐵(FeAsO_3)則可得救.

亞砷酸,用於顏料之製造,玻璃之脫色及染色防腐,又供癌腫,齒髓腐蝕皮膚病等之醫藥用.

4. 砷之其他化合物. 主要者如下.

(1) 亞砷酐變為砷化三氫,可用馬許法檢驗之.

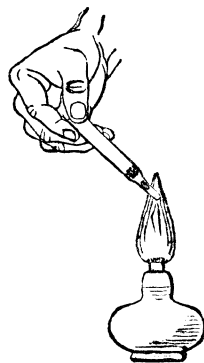


圖 89——混木炭末於亞砷酐中而熱之使砷昇華。

(1) 二硫化二砷 (Arsenic disulphide, As_2S_2) (雞冠石)——產於天然間,又將硫黃與砷一同熔融亦可製得之,為紅色顏料。

(2) 三硫化二砷 (Arsenic trisulphide, As_2S_3) (雄黃)——加硫黃於亞砷酐融熔之而製得,又產於天然間,為黃色顏料。

(3) 亞砷酸銅 (Cupric arsenite, $CuHAsO_3$)——為人工所製之美麗綠色顏料。

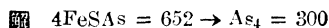
(4) 砷酸 (Arsenic acid H_3AsO_4)——為與磷酸相當之物質,使亞砷酸於硝酸中氧化而製之。

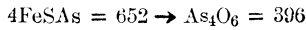
5. 摘要. 砷 $As = 74.96$ 分子式 As_4 , 原子價 3, 比重 5.7, 融點 480° 內外(強壓之下), 沸點 459° 。

分子式	名稱	製法	性質	用途
As_4	砷 (Arsenic)	熱 $FeSAs$, 而將 As_4 昇華之。	灰白色之固體, 沸點低於融點, 易與養氣及綠氣化合。	砲彈之製造。
AsH_3	砷化三氫 (Arsine)	以發生機氫還原 As_4O_6 之鹽酸溶液。	無色, 惡臭, 猛毒之氣體, 熱之則分解而生砷, 有可燃性。	—
As_2O_3	亞砷酐 (Arsenious anhydride)	燒 $FeSAs$, 而將昇華之。	微溶於水, 容易溶解於 KOH , HCl 中而生 K_3AsO_3 , $AsCl_3$	醫藥染料

6. 問題.

1. 試述砷及三氧化二砷之製法性質, 用途如何。
2. 熱 5 尅硫砷鐵礦可得若干量之砷, 又使此砷燃燒時可得若干量之三氧化二砷。





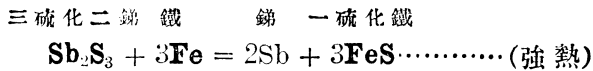
$$\text{答} \begin{cases} \text{As}_4 & 2.3 \text{ 尪} \\ \text{As}_4\text{O}_6 & 3.2 \text{ 尪} \end{cases}$$

7. 實驗.

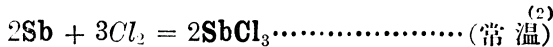
- (1) 置三氧化二砷少許於燃燒管底,熱之,而察其昇華之狀。
- (2) 於上實驗加木炭末於三氧化二砷,置之使砷昇華。
- (3) 試由馬許之方法檢查砷之存在。

第六節 銻 (Antimony)

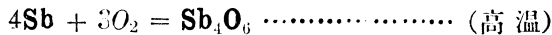
1. 銻. **【Sb】** 銻與硫化合,爲三硫化二銻 [Sb_2S_3 (輝銻礦)] 而產出. 此礦石與鐵共熔融時,則鐵與硫黃化合,而變爲難融解之一硫化鐵,其還原之銻,變成液態,而與前者分離.



銻,有類似砷之性質,而與金屬之性質亦甚相似撒布銻於綠氣中,則發火花而化合,生三氯化銻 (Antimony trichloride) 之白煙.



強熱之,則燃燒而成白色之三氧化二銻 (Antimony oxide)

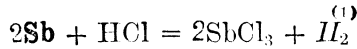


此元素之有金屬性,可由其下列之諸性質知之:(1)呈金屬光澤之灰白色;(2)比重 6.8;(3)能導電;(4)分解熱濃鹽酸,而逐出

(1) 十五世紀伐倫泰訥 (Basilus Valentinus) 氏發見銻之元素.

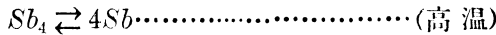
(2) 或 $2\text{Sb} + 5\text{Cl}_2 = 2\text{SbCl}_5$

輕氣;



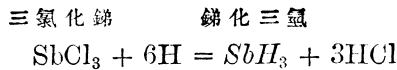
(5) 難與金屬化合.

銻於 630° 融解, 至 1300° 始氣化. 由其蒸氣比重所定之分子量, 較以 Sb_4 所表示者稍小. 此因其起如下之熱解離故也.



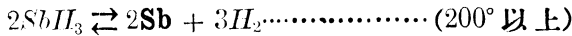
將銻與錫(等量), 鉛(二倍量)相混而融合之, 則變為頗強韌易於熔融且凝固時則體積稍膨脹之合金即供鑄造活字用之活字金也. 此為銻之主要用途.

2. 銻化三氫. $[\text{SbH}_3]$ 三氯化銻為發生機之氫所還原, 則生銻化三氫(Stibine).

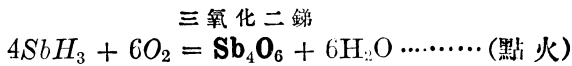


其法: 混三氯化銻於濃鹽酸中, 而注於輕氣發生器內即得. 此與砷化三氫之製法同.

銻化三氫, 為有微臭無色之氣體, 冷卻之, 則為液體, (在 -90°) 或固體 (在 -100°), 熱至 200° 則全部解離而變為銻與輕氣.



點火於銻化三氫, 則舉帶綠白色之燄而燃燒.

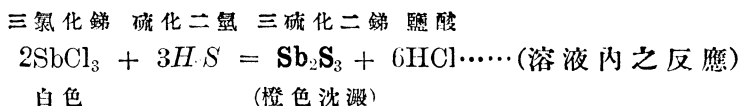


(1) $2\text{Sb} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

在空氣供給不充足之部分,同時惹起上之熱解離,故以白瓷器插其中,則即析出銻之污點,此污點,雖甚似砷之污點(第234頁),然因其色黑,且不溶解於漂白粉之溶液,得與後者相識別。

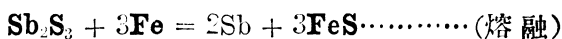
3. 三氧化二銻. $[\text{Sb}_2\text{O}_3]$ 三氧化二銻,為燃銻而生之黃色固體,其易於昇華,及對於水,鹽酸,苛性鉀之反應等,全似亞砷酐. 此物質與酒石(Tartar, $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$)之化合物,為稱為吐酒石[Tartaremetic, $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$]之貴重嘔吐劑。

4. 三硫化二銻. $[\text{Sb}_2\text{S}_3]$ 三硫化二銻,為產於天然間之美麗銀灰色長針狀之結晶,又通硫化二氫於三氯化銻之鹽酸溶液亦可得之。



此生成之三硫化二銻,呈橙色,一見與天然產無異,但被熱則變為灰白色,又將天然之灰色三硫化二銻熔融,使急冷而凝固者,搗碎之則如人造品,呈黃色,故上之二物質,全為同一物,因而知三硫化二銻有二種之不同形態,此種類例頗多,於後章屢見之。

天然產之三硫化二銻,用以製銻。

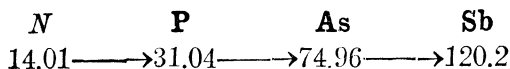


又用作火柴之原料(可燃劑),橙色之人造品,為油繪,水彩畫等之顏料,其有 Sb_2S_5 之組成之橙赤色粉末,供赤色橡皮之製造,或作用除痰藥。

5. 摘要. 銻 Sb=120.2, 分子式 $Sb_4?$, 原子價 3, 比重 6.7, 融點 630.6° , 沸點 1300° .

分子式	名稱	製法	性質	用途
$Sb_4?$	銻 (Antimony)	將 Sb_2S_3 以鐵 還原之	灰白色,金屬性之固 體。難與金屬化合, 與養氣,綠氣化合。	活字之鑄 造
SbH_3	銻化三氫 (Stibine)	以輕氣還原 $SbCl_3$ 之鹽酸 溶液。	無色,微臭可燃性之 氣體,熱解之則分解 而生銻。	——
Sb_4O_6	三氧化二銻 (Antimony oxide)	燃燒銻。	黃白色之固體。	銻化合物 之原料。
Sb_2S_3	三硫化二銻(輝 銻礦)(Stibnite)	產於自然界, 以砷化於溶 液中之	天然者為銀灰色,人 造者為橙色之固體。	銻之原料 顏料。

6. 氮族元素. 氮,磷,銻,銻四元素其諸性質互相類似,故統稱之為氮族元素.茲比較其異同點如下.



(1) 性狀. 除氮外,磷,砷,銻,為類似金屬之物質,皆有結晶形與無定形之二同素體.其金屬性,則因原子量愈大而愈增.

(2) 分子式. 如 (N_2) , P_4 , As_4 , $(Sb \rightarrow) Sb_4$ 其一分子量多各由四原子而成者.

(3) 原子價. 悉成三價五價之二種化合物.

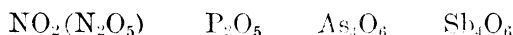
(4) 造鹽素化合物. 與造鹽素直接化合,生組成相似之化合物,此化合物,吸收水而分解.但氮,不與造鹽素直接化合.

(5) 輕氣化合物. 輕氣化合物,皆有同類之形式,



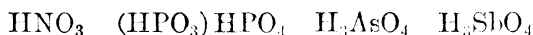
俱爲有臭無色可燃性之氣體。但砷精，頗難燃燒，溶於水，則呈鹼性反應。此等化合物，因熱分解，其原子量大者此性質愈著。

(6) 氧化物。 生組成略和類似之氧化物。



但淡氣之氧化物，溶解於水而呈強酸性，磷之氧化物呈弱酸性，砷及銻之氧化物，難溶於水，且作用如鹽基。

(7) 酸。 各生組成相似之酸，如上所述，僅前二者呈酸性反應。



故氮族四元素之物理的及化學的性質俱相類似，而其性質因原子量之增加而有多少之變遷。

7. 問題。

1. 試述銻之製法，性質及其用途如何。
2. 何試列舉銻之化合物並舉其特性。
3. 試述氮族元素性質之異同。

圖 (見241頁)

又原子量與物理的性質之關係如下：

	N	P	As	Sb
原子量	14	31	75	120
比重	0.89(液)	1.8-2.1	5.7	6.8
融點	210.5°	44°	480°	630.6°
沸點	-194°	290°	450°	1300°
色	無	黃白-赤	灰白	灰白

4. 氮與同族之他元素異點如何。

圖 (1) 難液化。

(2) 氫化物溶解於水,呈強酸性反應。

(3) 氧化物溶解於水,呈強酸性反應。

(4) 不與造鹽素及氧直接化合。

5. 由含 20% 不純物之輝銻礦,欲得銻 50 尅,需此礦石幾尅。

圖 方程式 $Sb_2S_3 + 3Fe = 2Sb + 3FeS$ 答 87.5 尅。

6. 砷化物與銻化物區別之方法如何。

圖 (1) 使變為氫化物而點火,將瓷器插入焰中,而察其附着之污點之色,並察其對於漂白粉之反應。

(2) 於其酸性溶液通以硫化二氫時,所生之沉澱如為黃色,則為砷;如為橙色,則為銻。

8. 實驗。

(1) 取三硫化二銻粉末極少量與氯酸鉀極少量相混,以紙包之,擊之則猛烈爆發。

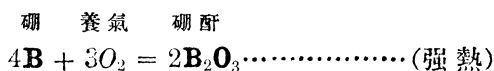
(2) 試由馬許氏方法檢查銻之存在。

(3) 通硫化二氫於三氯化銻之水溶液使生橙色沉澱。

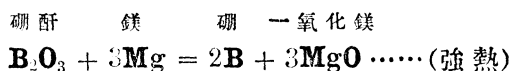
第七節 硼 (Boron)

1. 硼。⁽¹⁾【B】硼為黑褐色無定形之固體,比重 2.5,有結晶形及無定形之二種同素體,前者硬度亞於金剛石,故又有硼金剛石(圖90)之稱,強熱硼於空氣中則氧化而生硼酐。

(1) 硼為 1808 年德斐 (Davy) 氏所發見者。



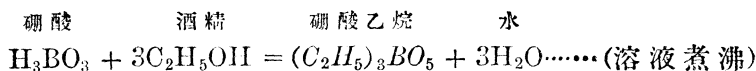
又與鹽酸相作用,則生三氯化硼(BCl_3)。硼由共熱硼酐與鎂或鋁使其還原而製之。



2. 硼酸. $[\text{H}_3\text{BO}_3]$ 硼酸⁽¹⁾為有與亞磷酸 (H_3PO_3) 亞砷酸 (H_3AsO_3) 相當之組成之化合物,成有光亮之鱗片狀,以手捫之有軟滑之觸感。

此物約溶解於25倍重量之冷水,3倍重量之熱水,呈弱酸性,有良好之殺菌性。

加熱硼酸與酒精之溶液,則發生稱為硼酸乙烷 (Ethylborate) 之化合物。



以火點之,則其燄之緣,呈美麗之綠色而燃燒(圖91)。此為硼酸及其化合物之主要鑑識法。

強熱硼酸之固體,則分解而失水生成三氧化二硼。

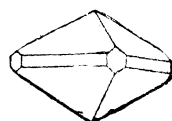
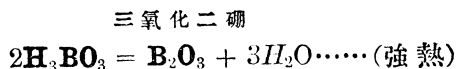


圖 90——硼
金剛石。

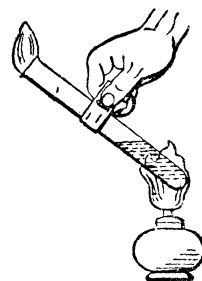


圖 91——因硼酸乙
烷之焰色以鑑識硼。

(1) $\text{P}^{\text{III}}(\text{OH})_3 = \text{H}_3\text{PO}_3$ $\text{As}^{\text{III}}(\text{OH})_3 = \text{H}_3\text{AsO}_3$ $\text{B}^{\text{III}}(\text{OH})_3 = \text{H}_3\text{BO}_3$

硼酸，爲無毒性之防腐劑，多使用於魚類之貯藏⁽¹⁾，又供吸入，含嗽，軟膏等之醫藥用。

硼酸，天然含於意大利多斯加納 (Tuscany) 地方所噴出之水蒸氣中，故在該地方，多導此水蒸氣於冷水中而凝結之(圖 92)，更將此溶有多量硼酸之水，移於鉛製蒸發皿，利用其由地中噴出之水蒸氣之熱，蒸發使之濃厚，復冷却其液，使硼酸結晶。

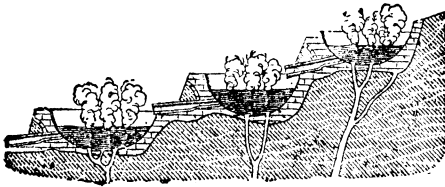


圖 92——集取由地中噴出之硼酸。

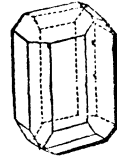
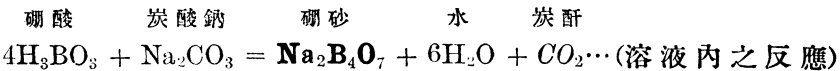


圖 93——硼砂之結晶。

實驗室內，欲得純粹之硼酸，則加硝酸於硼砂之水溶液中，放置一晝夜許，集其析出之硼酸結晶，更用再結晶法精製之。



3. 硼砂. $[\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ 硼砂(Borax)，爲五縮四原硼酸之鈉鹽($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)，加碳酸鈉於硼酸之溶液，而煮沸冷却之，則成結晶而析出。



(1) 硼酸之有害於人體與否，尙屬疑問，日本禁用硼酸貯藏魚類。

此物成斜菱柱形之結晶(圖 93),溶解 50% 於熱水或 7% 於冷水中,微呈鹼性之反應。⁽¹⁾

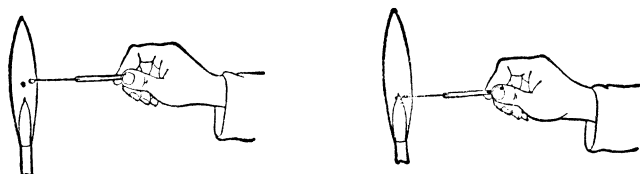
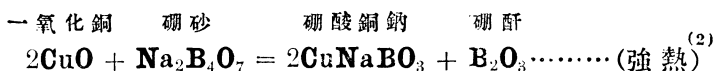


圖 94——熱硼砂球於氧化焰(左)及還原焰(右)中而檢其色。

以小鉑絲圈醮硼砂而強熱之,則先放出結晶水,而膨大如白色海棉形,次熔融而成無色玻璃狀之小粒(圖 94)。此稱為硼砂珠(Borax bead)。熔融之硼砂,能熔解金屬氧化物而呈特異之色,但其色,因金屬之種類而異,如與銅之化合物一同熔融,則生帶綠青色之硼酸銅鈉。



今將硼砂珠之主要呈色反應示之如下:

氧化金屬	氧化焰	還原焰
銅	綠(熱), 青(冷)	無色或赤
鈷	青	青
鉻	綠	綠
鐵	黃(熱), 褐(冷)	污綠或橄欖色
鎳	紫(熱), 黃褐(冷)	灰或暗
錳	紫	灰或暗
鋅, 鉛	無色	無色

(1) 因加水分解而生胥性鈉故也。 (2) 此變化又可考之如下
 $\text{CuO} + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 = \text{Cu}(\text{BO}_2)_2 + 2\text{NaBO}_3$

硼砂因有溶解金屬氧化物之性,故常銲接或鍛接金屬時,常用之以敷接合口而除去其銹,又因其溶解氧化金屬而呈特異之色,故常供金屬之鑑識用。

4. 摘要. 硼 B = 11.0, 分子式未知, 原子價 3, 比重 2.5.

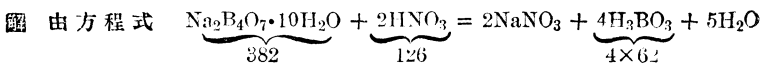
分子式	名稱	製法	性質	用途
B?	硼 (Boron)	以 Mg 還原 B ₂ O ₃ .	為黑褐色之硬固體,有 二種同素體。	——
H ₃ BO ₃	硼酸 (Boric acid)	產於自然界; 以硝酸分解 硼砂。	白色鱗形結晶,水溶 液呈弱酸性,有殺菌 性,硼酸乙烷之焰色 為綠色。	防腐劑 醫藥
Na ₂ B ₄ O ₇ (10H ₂ O)	硼砂 (Borax)	以碳酸鈉作 用硼酸。	無色結晶,與金屬融合 而着色。	分析用;硼酸 製造;防腐劑。

5. 問題.

1. 試述硼酸之製法,性質,用途如何。
2. 試說明硼砂之所在及製法,且舉其主要之性質。

圖 所在……北美合眾國, 其他見 246 頁。

3. 求由 1000 克之硼砂所得硼酸之重量。



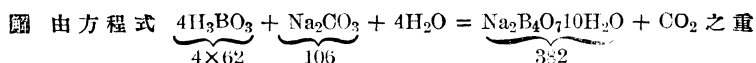
求之

答 649 克

4. 欲得純粹硼酸 100 克,問需硼砂及 55% 濃度之硝酸各若干。

圖 由前問之方程式得次之結果: 答 硼砂 154 克,硝酸 82 克。

5. 由硼酸 1 尅所得硼砂之重量,及此反應所需碳酸鈉之重量如何.



量關係求之即得。

答 硼砂 1.54 尅, 碳酸鈉 0.43 尅。

6. 實驗

- (1) 試驗硼酸水溶液所呈之酸性反應,又加碳酸鈉使之中和。
- (2) 加硼酸或硼砂及濃硫酸於酒精熱之,點火於所發生之硼酸乙醇而察其焰色。
- (3) 由硼砂珠反應,檢查本節之金屬。

第四章 四價元素

第一節 碳 (Carbon)

1. 碳之物理的性質. 【C】 碳有物理的性質不同之三形態:即金剛石(Diamond),石墨(Graphite),無定形炭(Amorphous-carbon)是也,

(1) 無定形炭. 炭之成無定形者,其比重,硬度皆小,爲易於燃燒之黑色固體,乏導電性.

隔絕空氣而強熱之,則變爲灰色,而帶金屬光亮,同時比重,硬度,導電性亦增加,至 3500° 始融解且氣化.炭,不溶解於強酸,強鹼中,唯熔融之鐵約溶解5%之碳而已.

炭,可利用其不揮發性,由強熱碳化合物使之分解,以除去揮發分而製之(圖95),此變化稱爲碳化(Carbonization).

無定形炭,從其所自製之材料而各有特性分爲下之數種.



圖 95——熱木質而碳化之。

油煙。 油煙(Lampblack), 爲碳氫化合物, 在空氣之供給不完全處燃燒時所生之最近於純粹之無定形炭, 呈純黑色。加油, 則爲印刷用之油墨; 和以動物膠使其固結, 則成墨; 又與砂糖, 蜜共練, 而製皮靴用墨膠。

木炭。 木炭(Charcoal), 爲強熱木材使其成分之氫, 氧與碳之一部成揮發性化合物而驅出後所得之多孔質無定形炭, 有善吸收氣體之特性。木炭之一定體積, 所能吸收之氣體之體積如下:

硝精.....	171	一氧化碳.....	21
乙炔.....	71	養氣.....	18
碳酸氣.....	68	淡氣.....	15

木炭能吸收數倍於自己之體積之氣體⁽¹⁾者, 蓋因氣體在其表面多少液化所致, 故木炭之爲多孔質, 而其表面積愈大, 則此作用自愈著。凡固體在其表面吸取他物質之性, 稱爲吸收作用(Absorption)。木炭因具有此性質故往往利用之以吸收惡臭之氣體。

獸炭。 吸收水中所含物質之最良物質, 爲稱爲獸炭(Animalcoal)之多孔質

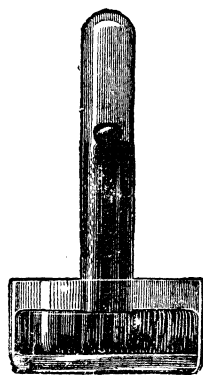


圖 96——表示集取於水銀上之氣體, 爲木炭所吸收之裝置。

(1) 木炭吸收氣體之量, 因木之種類, 有多少差異。又所吸收之物質其組成愈複雜者, 愈容易。(2) 吸收硝精一克, 要 50 平方呎之面積。

之塊，由熱牛馬等之骨於無空氣處使其碳化而製之，碳之外，尚含有骨之主成分之磷酸鈣 (Calcium phosphate)，更浸之於鹽酸中，以溶解其夾雜之磷酸鈣時，則成極良質之獸炭，獸炭專供吸收溶存於粗製糖汁中之色質而漂白之之用。

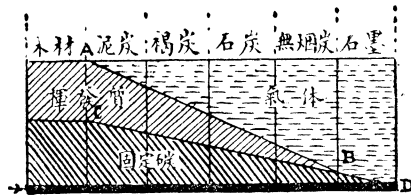


圖 97——表示木質與石炭中之碳與揮發質之比率。⁽¹⁾

石炭。石炭 (Coal)，

為埋沒於地中之太古之植物，受強壓而碳化之不純之炭，混多量之泥土，含氫，氧，氮及硫等成分，其主用途為燃料。⁽²⁾

焦煤。焦煤 (Coke)，為強熱石炭使更進其碳化之度所成之灰色金屬狀光澤之炭，燃燒之際，不生燄，故用之可得極高之溫度，又有耐酸性，為其特徵，故鑄造及冶金上或氣體洗滌塔內皆使用之。

煤氣炭。煤氣炭 (Gas carbon)，為由煤氣之分解而成之炭，無定形炭中之最緻密者也，故比重大，且有導電性，以供電池，電燈，電爐等之電極用。

(2) 石墨。石墨，為黑灰色，有金屬樣之光澤之六角形之結晶，比重 2.2，有次之重要特性，即

1. 容易分裂為平滑之鱗片形；
2. 電之良導體；

(1) A B 線上之氣體，為自木質變為石炭之間所失之氣體。(2) 石炭之分析例，碳 72.6 %，氧 12.2 %，氫 5.4 %，氮 1.3 %，硫 0.7 %，水 6.5 %，灰 3.0 %。

3. 難 燃 燒.

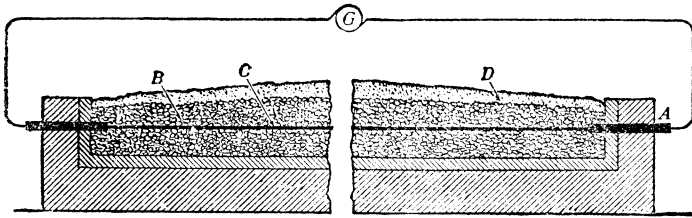


圖 98——用電爐製造石墨之裝置。

第一之性質用於機械之減摩劑及鉛筆之製造；第二之性質，⁽¹⁾用於電鑄術上以使蠟之鑄型具導電性；第三之性質，則利用之以塗敷暖爐之外面，防鐵之氧化，及製造坩堝等。石墨之天然產額不多，故常人工的製造之。法：填無煙煤於電爐，而通以強電流（圖98），使無煙煤盡變為石墨即得。

(3) 金剛石。金剛石，⁽²⁾為無色透明之八面體結晶（圖99），比重3.5與石墨異，全缺導電性，其硬度占物質中之最高位，又光之屈折率極大，為其最重要之性質。此物質用以切玻璃削鋼，穿巖石等，又琢磨之則成寶石，又磨成適當之形時，則能將光線完全反射，且分散之使放美麗之光彩，故為寶石中之貴重品。

金剛石產於天然岩石中者不多，大概為炭在岩石間受強壓而生成。其人工的製法，乃將溶解多量之炭之熱鐵，投於水內（圖100），而急冷之，其時隨鐵凝固而溶解之炭，受強壓，變

(1) 加陶土於石墨而燒之即成鉛筆，粘土之量多且其煨燒之溫度愈高則愈硬，坩堝用之石墨亦混有多量之粘土。(2) 金剛石之比重大，透過 \times 線，且由鑷而發光輝，故得與玻璃相區別。

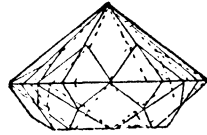


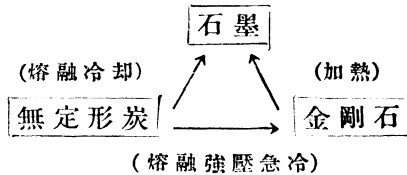
圖 99——天然產之金剛石左及研磨後之金剛石。

圖 100——金剛石之人造法。

為金剛石，後用鹽酸溶解鐵，而採集之。但所生成之結晶，其直徑不過數十分之一耗而已。

(4) 同素異性體之相互關係。 以上所述無定形炭，石墨，金剛石，其性狀雖大異，但因

(1) 無定形炭，能變為石墨或金剛石，



(2) 取此等物質之等量，燃於養氣中則生等量之炭酸氣，故知其互為同素異性體。此等之三物質中，其含能(Energy)最多者，為無定形炭；最少者，為金剛石也。由是，而知金剛石為炭之最安定之形態。

2. 碳之化學的性質。 炭，為化學性甚安定之物質，在常溫時，除氟之外不受任何元素及化合物之作用，如塗油煙於木柵電柱等之下部，或特焦灼之，使之碳化，以及煤氣炭用為

電池之極板等,俱不外利用此耐性。

但碳,在高溫時,容易與養氣化合,而生炭酸氣。⁽¹⁾

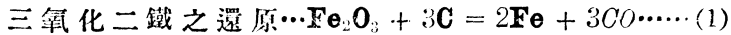
碳 養氣 炭酸氣



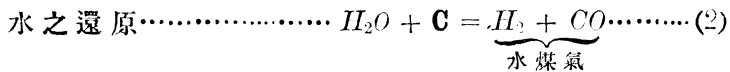
此時放出多量之熱,其量,每碳一克,約為8000卡路里(Calorie)。

碳在高溫易於氧化之性質,即可推定其為強力之還原劑。此際被還原之物質,可不問其為固體,液體,或氣體。即

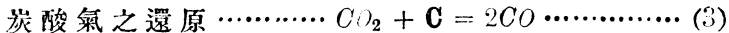
三氧化二鐵 炭 鐵 一氧化碳



水 焦煤 輕氣 一氧化碳



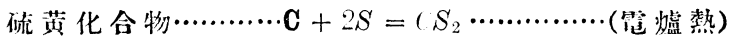
炭酸氣 炭 一氧化碳



上之反應(1)(2),悉用大規模之裝置行之。由(2)之反應所生之輕氣與一氧化碳之混合物,名之曰水煤氣⁽²⁾,以供燃料。

碳,又在電弧之高溫,與硫黃,輕氣,淡氣直接化合。

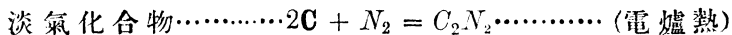
炭 硫黃 二硫化碳



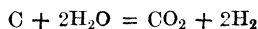
炭 輕氣 乙炔



淡氣 氮



(1) 軟木 300°, 石炭 330°, 木炭 360° 焦煤 700°。 (2) 赤熱焦煤, 以水蒸氣通之, 則能製造多量。若其溫度低時, 則起次之反應, 故結果不良好。



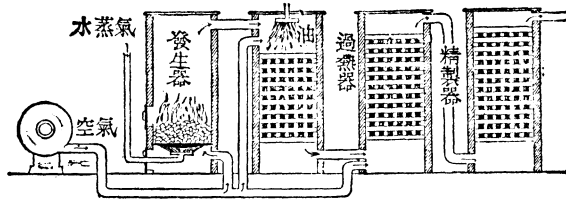


圖 101——水煤氣之製造裝置。水蒸氣在發生器與碳素相反應而生水煤氣，次與油相混而入於過熱器，此處油變為揮發碳化氫，經精製器，而集於煤氣貯蓄器。

碳之輕氣化合物，除上之乙炔(Acetylene)外，其種類達於數百種，此種碳之與輕氣以種種相異之重量比，而生化合物之事實，為頗需注意之化學的性質之一。

3. 摘要. 炭 C=12.00, 分子式未知, 原子價, 比重1-3.5, 融點約 3500°

種類	製法	性質	用途
金剛石 (Diamond)	產於天然。	無色，八面體結晶，光之屈折率大，硬度為物質中最大。	寶石。 切斷器。
石墨 (Grāphite)	產於天然，強壓熔融之炭。	灰白色結晶，有耐火性，導電性，滑性。	鉛筆，坩堝之製作，暖爐，電爐之塗料，減摩劑。
無定形炭 (Amorphous carbon)	加熱分解其碳化合物。	黑色或灰色之固體，有煤(黑色)，木炭(吸收性，可燃性)，焦煤(可燃性，耐礫性)，煤氣炭(耐酸性導電性)，石炭(可燃性)等之別，雖有化學的耐性，然在高溫則與養氣及硫黃化合。因電爐之強熱而能與淡氣及輕氣化合。	燃料，色質之吸收用，電極，墨類洗滌塔用。

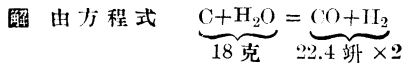
(1) 硬度表 (1)滑石 (2)石膏 (3)方解石 (4)螢石 (5)磷灰石
(6)正長石 (7)水晶 (8)黃玉石 (9)剛玉石 (10)金剛石

定義。

碳化(Carbonisation)	熱碳化合物使之分解,除去其揮發物而殘留碳之變化。
-------------------	--------------------------

4. 問題。

1. 試就碳單質說明之(上表)。
2. 通水蒸氣9克於赤熱之炭中所生氣體在27°C, 2氣壓時之體積,試用立糧計算之。



知混合氣體在標準狀況時其體積如下:

$$22.4 \text{ 升} \times 2 \times \frac{1}{18} = 22.4 \text{ 升}$$

如就所與之溫度改算則得。

$$1000 \text{ 立糧} \times 22.4 \times \frac{273 + 27}{273} \times \frac{1}{2} = 12300 \text{ 立糧。}$$

答 12300 立糧。

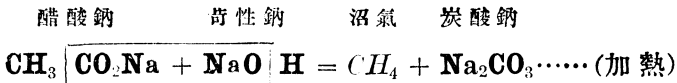
5. 實驗。

- (1) 盛鋸屑於管,熱之,使之碳化,而點火於所發生之氣體。
- (2) 置獸炭於試管,加石蕊試液熱之,而後過濾,如是數次,則見其色漸薄。
- (3) 將木炭與種種之酸類及鹼類共熱,而試其安定之程度。
- (4) 將木炭末與氧化銅末相混,入於試管中強熱之,則發生二氧化碳及銅,試各用石灰水及硝酸以鑑識之。

第二節 碳之化合物

1. 沼氣。【CH₄】 沼氣學名甲烷(Methane)為植物質在水底受黴菌(Bacteria)之分解作用而生者,存於沼澤,⁽¹⁾又石油井,石炭坑亦有噴出之。

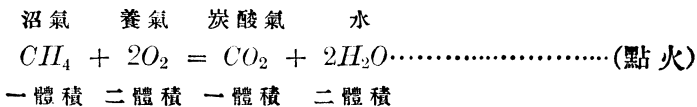
其製法:將稱爲醋酸鈉之化合物與苛性鈉共熱,其分解發生之氣體,於水中收取之即得。



此反應之進行,雖要極高溫度,然若用消石灰與苛性鈉混合所成之蘇打石灰,則其混合物不生融解,故在實驗上大爲便利。

沼氣,爲不溶性之無色,無臭,無味之氣體,可以 CH₄ 分子式表示其組成與比重,即碳與氫有 3:1 之重量比也。其密度,沼氣一升爲 0.72 克,⁽²⁾略與空氣之 1/2 相當。

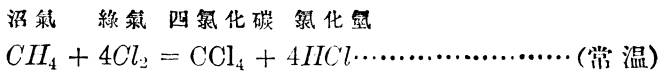
點火於沼氣,則舉淡青色之燄而燃燒,其成分之碳變爲碳酸氣,其氫則變爲水,故含有碳,氫或氧之化合物之燃燒生成物,常爲碳酸氣與水。



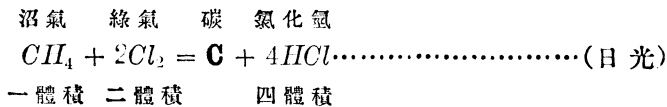
(1) 由水底發出之氣體,多爲沼氣與碳酸氣之混合物,由石炭坑之裂隙所噴出者,爲含有沼氣 80% 之氣體。 (2) CH₄ = 16 克 (22.4 升)

但如上之方程式所示,混二倍體積之養氣或10倍體積之空氣於沼氣中,而點之以火,則燒燃瞬時完結,而惹起猛烈之爆發,石炭坑內所呈之慘害,往往爲此種變化所致。⁽¹⁾

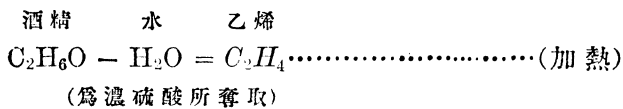
今以在常溫時之綠氣,作用於沼氣,則其成分之氫徐徐與綠氣置換。



若混以二倍體積之綠氣,曝之日光中則起爆發,而遊離碳。

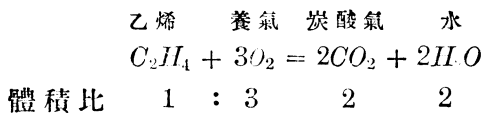


2. 乙 烯. $[C_2H_4]$ 乙 烯 (成 油 氣, Ethylene) 爲 酒 精 因 熱 濃 硫 酸 之 作 用 而 縮 水 時 之 產 物。



乙 烯 爲 無 色 之 氣 體, 有 一 種 之 甘 臭 氣, 微 溶 解 於 水。

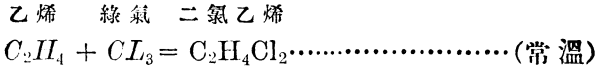
點 火, 則 舉 燄 而 燃 燒, 較 沼 氣 更 爲 光 輝, 又 與 養 氣 或 空 氣 生 爆 發 性 混 合 物。



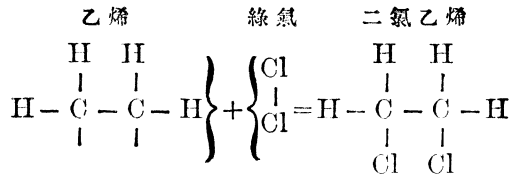
乙 烯 對 於 綠 氣 之 反 應, 與 沼 氣 大 異, 卽 沼 氣 中 之 氫 之 一

(1) 混六乃至十四倍體積之空氣於沼氣,則所得之混合氣體,易起爆發,在石炭坑內,黃鐵礦等之自然發火,爲其爆發之原因。

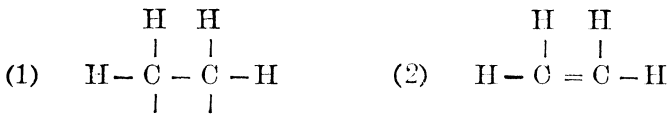
部,或全部為綠氣所置換;反之,乙炔則直接與之化合,而生稱為二氯乙炔 (Ethylene chloride) 之油狀物質。



在上之反應,乙炔之得以增加氯素,乃表示乙炔尚有化合力之餘裕,此種物質稱為不飽和化合物 (Unsaturated Compound); 又如沼氣之無此種性質者,則稱為飽和化合物 (Saturated compound),故可區別之,但此反應,可用次之構造式表明之。



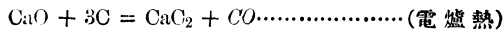
其實表示乙炔之不飽和之價標,不應如下式(1)之遊離者,而當如(2)式,以二線連結二原子以表示之。



此結合,稱為二重結合,碳原子間之二重結合,為表示不飽和之一符號。

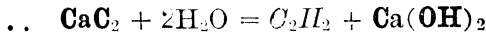
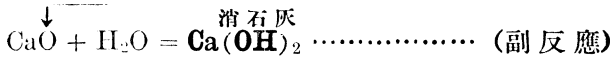
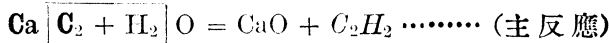
3. 乙炔. $[C_2H_2]$ 浸二碳化鈣於水中,則起次之變化,而

(1) 二碳化鈣之分子式,不可由其成分元素之原子價而推定之為 Ca_2HCl_4 . 又此物質,俗稱 carbide, 由石灰與焦煤所製成。



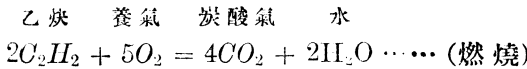
發生乙炔(俗稱電石氣, Acetylene).

二 碳 化 鈣 水 一 氧 化 鈣 乙 炔



乙炔,爲無色之氣體,其純粹者,雖無臭,然通常由二碳化鈣內所夾雜之磷化鈣,而生成磷化三氫混於其中,故放蒜臭,頗有毒。

點火於乙炔,則發多量之煤烟而燃燒,但由特別之火口(圖 102)供以充足之空氣,則完全氧化而放甚強白色之光。



故此燄用作幻燈之光源,及自轉車用燈等,又用氫氧吹管所生之氧炔燄,因其溫度與氫氧燄相匹敵,故其用途與後者相同。

乙炔⁽¹⁾添加綠氣,而生四氯乙炔 (Acetylene chloride), 與乙烯之作用相似。

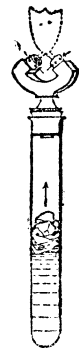
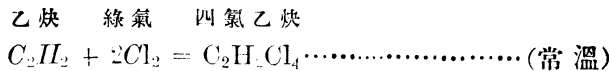
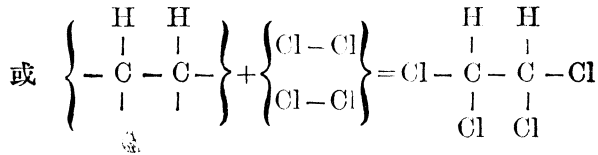
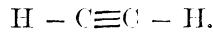


圖 102——製電石氣,點火而使其燃燒之裝置。

(1) 乙炔貯於銅製氣體貯藏器中時,則有發生爆發性化合物(Cu₂C₂)之作用。



故乙炔亦為不飽和之化合物,其構造式為

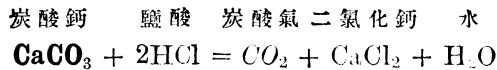


4. 一氧化碳. **【CO】** 碳之氧化物,有一氧化碳及二氧化碳(碳酸氣)二種.此等之性質,既已詳述於前,故茲單舉其主要之反應.

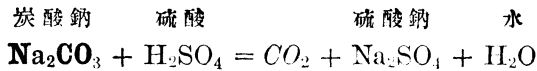
1. 由蟻酸製取 $\text{CH}_3\text{O}_2 - \text{H}_2\text{O} = \text{CO}$
(為熱濃硫酸所奪取)
2. 一氧化碳之燃燒 $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$
3. 還原作用 $3\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$

5. 二氧化碳. **【CO₂】** 其主要反應方程式如次:

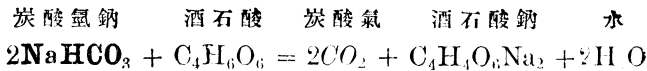
1. 石灰石之分解

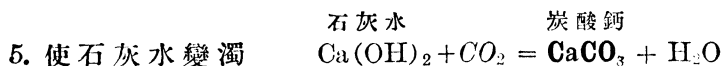


2. 碳酸鈉之分解

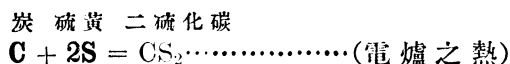


3. 碳酸氫鈉之分解



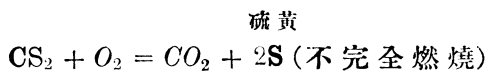
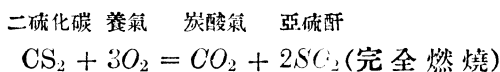


6. 二硫化碳. $[\text{CS}_2]$ 二硫化碳(Carbon Sulphide), 為強熱焦煤與硫黃之混合物於電爐內(圖103)而製之.



二硫化碳為比重1.3易於流動之無色氣體, 容易揮發, 而放不快之臭氣, 此為夾雜於二硫化碳中之某種硫化物所發之臭氣也.

點火於二硫化碳, 即舉青色之燄而燃燒, 生亞硫酐與炭酸氣, 但空氣供給不充足時, 則析出硫黃.



二硫化碳之貴重性質如下:

(1) 屈折分散光線之性質強.

(2) 溶解磷, 硫黃, 碘等元素及脂肪, 樹膠等之化合物.

二硫化碳之化學上用途, 則以利用其第二性質為多.

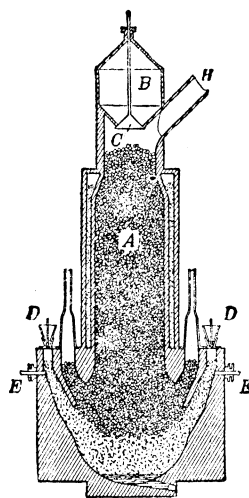


圖 103——製二硫化碳之電爐。(E)電極, (C)碳素, (D)硫黃入口。

7. 疇. $[C_2N_2]$ 以炭為電極，而放電於淡氣中，則生稱為疇(Cyanogen)之氣體，又此物質之化學的性質，與綠氣相似等項既已詳述於前，(第168, 169頁)茲不復贅。

8. 摘要. 碳之化合物.

分 式 子	名 稱	製 法	性 質	用 途
$\begin{array}{c} C \\ | \\ H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array}$	沼 氣 (Methane)	加 NaOH 於 CH_3CO_2Na 而熱之。	無色無臭之氣體，有可燃性，用綠氣置換其輕氣成分。	燃 料
$\begin{array}{c} C_2H_4 \\ | \quad | \\ H \quad H \\ | \quad | \\ H-C=C-H \end{array}$	乙 烯 (Ethylene)	用硫酸奪去 C_2H_6O 之水。	無色無臭之氣體，有可燃性，增加綠氣而變為油狀。	燃 料
$\begin{array}{c} C_2H_2 \\ | \quad | \\ H-C \equiv C-H \end{array}$	乙 炔 (Acetylene)	加 H_2O 於 CaC_2 。	無色，惡臭(因不純物之故)之氣體，善於燃燒，其際生有光輝之餘增加氯素。	燈料，氧炔 錠。
CO	一 氧化 碳 (Carbon monoxide)	用濃硫酸由蟻酸奪水而分解之。	無色無臭有毒之氣體，有可燃性，呈還原作用。	燃 料 還 原 劑
CO ₂	二 氧化 碳 (Carbon dioxide)	用鹽酸分解碳酸鈣。	無色無臭，無可燃性，溶解於水使石灰水變濁。	滅火器用， 清涼飲料。
CS ₂	二 硫 化 碳 (Carbon disulphide)	硫黃與炭之化合。	無色揮發性之液體，光之屈折率大，溶解硫黃，磷，碘，等。	溶 媒 光 之 器 械
C ₂ N ₂	疇	炭與淡氣之化合。	無色有毒之氣體，有可燃性。	_____

定義.

不飽和化合物 (Unsaturated compound)	化合物中所含各元素之結合力尙未滿足之物也。不飽和化合物，得直接與他元素或化合物化合。
飽和化合物 (Saturated compound)	化合物中所含各元素之結合力已滿足之物也。飽和化合物雖得置換其中之成分，然不能直接與他物質化合。

9. 問題.

1. 沼氣 8 克完全燃燒時，問需養氣幾克。又此時所生水及二氧化碳各幾克。

解 由 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 求之即得。

答 養氣 32 克，炭酸氣 22 克，水 18 克。

2. 以鹽酸處理 15 克之大理石時所發之炭酸氣在 15°C ., 72 厘氣壓時，問占有幾呎之體積。

解 由方程式 $\underbrace{\text{CaCO}_3}_{100\text{克}} + 2\text{HCl} = \underbrace{\text{CO}_2}_{22.4\text{呎}} + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{15}{100} \times \frac{15 + 273}{273} = 3.74 \text{ 呎} \quad \text{答 } 3.74 \text{ 呎。}$$

3. 將輕氣與電石氣之混合氣體 100 立厘，用空氣使之完全燃燒，分析其燃燒生成物，得 70 立厘之炭酸氣，問原混合氣體中之輕氣與電石氣之體積各如何。

解 由方程式 $\underbrace{2\text{C}_2\text{H}_2}_{2\text{體積}} + 5\text{O}_2 = \underbrace{4\text{CO}_2}_{4\text{體積}} + 2\text{H}_2\text{O}$

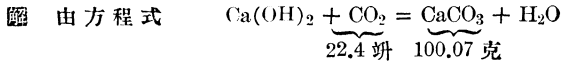
能生 70 立厘之炭酸氣時所需電石氣之量：

$$70\text{C.C.} \times \frac{2}{4} = 35\text{C.C.}$$

故輕氣之體積： $100\text{C.C.} - 35\text{C.C.} = 65\text{C.C.}$

答 H_2 , 65C.C.; C_2H_2 , 35C.C.

4. 取某室中空氣 5 呎,用石灰水吸收其中之碳酸氣而得 0.007 克之碳酸鈣,求此空氣中碳酸氣體積之百分率。



能生 0.007 克碳酸鈣時所需碳酸氣之體積:

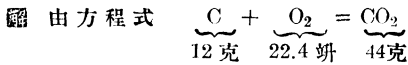
$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{0.007}{100.07} = 0.001567 \text{ 呎}$$

故其百分率:

$$\frac{0.001567}{5} \times 100 = 0.031 \%$$

答 0.031 %。

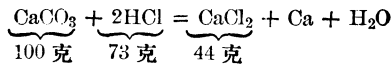
5. 炭 36 克完全燃燒時所需養氣之體積,在 750 耗 10°C .時當為幾呎,又與此時所生碳酸氣之同體積之碳酸氣須由幾克之石灰石及 20 % 鹽酸始能製得。



使 36 克之炭完全燃燒時所需之養氣在標準狀況之下為 22.4×3 呎,如改算為所與之狀況,則得如下:

$$22.4 \text{ 呎} \times 3 \times \frac{700}{750} \times \frac{273 + 20}{273} = 70.6 \text{ 呎}$$

而生成之碳酸氣為 44 克 \times 3 克故由方程式:



所需之石灰石為 100 克 \times 3, 鹽酸 73 克 \times 3 \times 5

答 70.6 呎, 300 克, 1095 克。

6. 取二碳化鈣 450 克,加水,問於 15°C ., 75 鍾時可得幾呎之

電石氣.

圖 由方程式 $\underbrace{\text{CaC}_2}_{64} + 2\text{H}_2\text{O} = \underbrace{\text{C}_2\text{H}_2}_{22.4 \text{ 呎}} + \text{Ca(OH)}_2$ 以 450 克之二碳化

鈣爲原料,所得之電石氣在標準狀況時體積如下:

$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{450}{64} = 157.5 \text{ 呎}$$

如就所要之狀況改算則得.

$$157.5 \text{ 呎} \times \frac{23 + 15}{273} \times \frac{760}{750} = 168 \text{ 呎} \quad \text{答 } 163 \text{ 呎.}$$

10. 實驗.

- (1) 用棒插於沼澤之底而捕集所發生之沼氣,並點之以火。
- (2) 將無水之醋酸鈉及蘇打石灰之混合物置於試管,熱之使生沼氣,於水上捕集之並點以火。
- (3) 加數倍體積之濃硫酸於少量之酒精中,則發生成油氣,於水上捕集之並點以火(但須注意勿使水逆流)。
- (4) 依本節之方法,用水及二碳化鈣製得電石氣而燃燒之。
- (5) 用二硫化碳使溶解種種物質。
- (6) 將少量之二硫化碳置瓶中振盪之,使化爲氣而點火。

第三節 煤氣 燄

1. 煤氣之性質. 煤氣(Coal gas),爲由輕氣,沼氣,一氧化碳所成之混合物,而其體積組成,大畧如下:

輕氣(H ₂).....50 %		一氧化碳(CO)....10 %
沼氣(CH ₄).....30 %		乙烯等.....10 %

由此組成計其一呎之重量,爲

$$\frac{\overbrace{0.09 \text{ 克} \times 50}^{\text{輕氣}} + \overbrace{0.72 \times \text{克} \times 30}^{\text{沼氣}} + \overbrace{1.25 \text{ 克} \times 10}^{\text{一氧化碳}} + \overbrace{1.25 \text{ 克} \times 10}^{\text{乙 烯}}}{50 + 30 + 10 + 10} = 0.5 \text{ 克}$$

而知其不及空氣密度之半。

煤氣之組成分，悉為可燃性之氣體，故點火則氧化而變為碳酸氣與水，同時發生多量之熱。⁽¹⁾

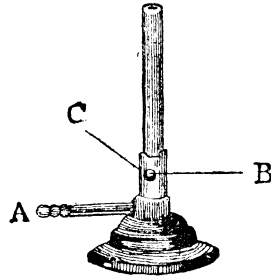
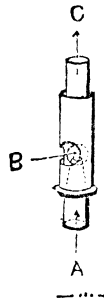
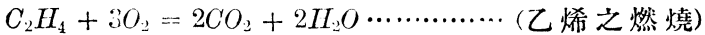
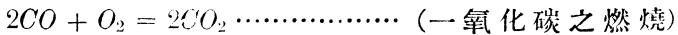
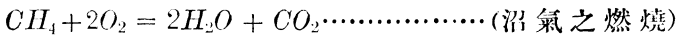
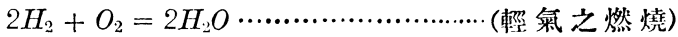


圖 104——完全燃燒煤氣之火口。

圖 105——實驗室用本生燈。

(A)煤氣口，(B)空氣口，(C)點火口。

欲使煤氣完全燃燒，需豫先混以適量之空氣，因此所用之火口，如圖 104，由一長管及迴轉於其外側之短管而成，當兩管側面之小孔 (B) 相一致，而使煤氣由底部之管 (A) 噴出時，則管內之壓力減少，而空氣得由 (B) 孔通入，與煤氣相混，由

(1) 燃燒一呎之煤氣，其所生之熱足使一呎之水增高溫度五度。

管之上口(C)流出,故在其上燃點之,則發無光輝之燄而燃。至通入於管內之空氣之量,得迴轉外側之短管而自由調節之。

實驗室內加熱用之本生燈(Bunsen burner),其火口爲直立式(圖105)⁽¹⁾,家庭內供燈用者,大概爲倒置式(圖107),又廚房用之煤氣爐,則爲橫臥式(圖106)。

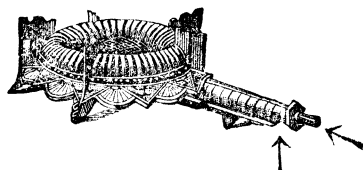


圖106——煤氣爐。

2. 煤氣之製法. 石炭除碳分外,尚含有少量之氫,氧,氮,硫之諸成分,今隔絕空氣而強熱之,則此等成分,變爲揮發性之物質而放出,故精製之以除去下列諸物質:

(1) 在常溫時爲液態之物質(焦油—Tar—類),

(2) 難燃燒或不燃燒之物質(矽精,碳酸氣),

(3) 燃燒生成物中之有毒物質(硫化二氫,二硫化碳),則所得者即爲煤氣。

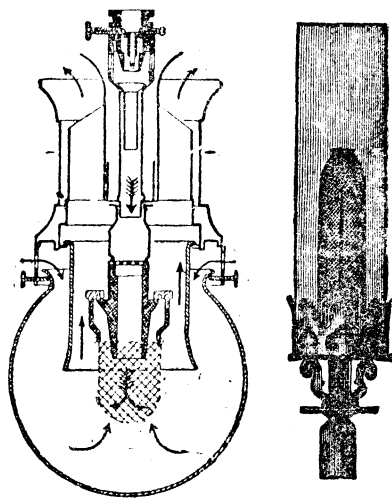


圖107——煤氣燈及煤氣燈罩。

(1) 此燈爲1655年本生(Robert Bunsen)氏所創製。

在實驗室內製造煤氣如圖 108, 盛石炭之粉末於瓷製或鐵製之曲頸甌內 (A), 以炭火強熱之, 將發生之氣體, 先導於空玻璃瓶 (B) 內

冷卻之, 次以水 (C) 洗滌後, 於水上 (D) 收取之。此際殘留焦煤於 (A), 凝結黑色之煤焦油於 (B), 又分盛

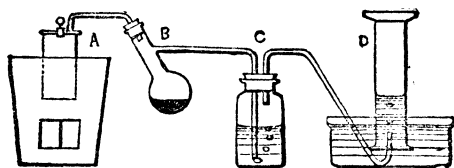


圖 108——實驗室內製煤氣之裝置。

其洗滌液 (C), 而各加以石灰水, 硝酸鉛, 涅斯拉液 (Nessler's solution), 則各呈白色, 黑色, 褐色, 因而得檢出其含有碳酸氣, 硫化二氫, 鹵精。

次圖所示者為工業上製造煤氣之大規模的裝置。⁽¹⁾

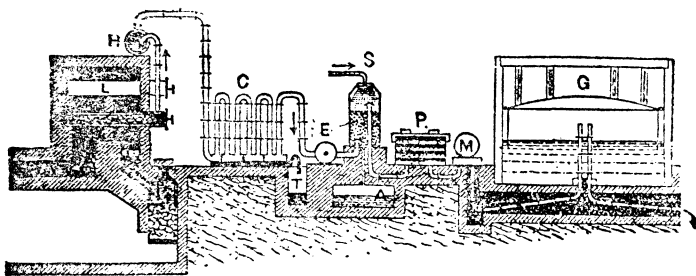


圖 109——煤氣之工業的製造。

L. 陶土製曲頸甌 (Clay retort)——盛石炭而強熱之, 則發生揮發性物質, 而殘留焦煤。

(1) 由一噸石炭所製得之量約為煤氣 13000 立方尺 (18% 重量), 煤焦油 3.51 公升 (5% 重量), 煤氣液 7.02 公升 (3% 重量), 焦煤 684 公斤 (68% 重量),

- H.* 水平管 (Hydraulic main)——爲半盛以水之水平管，由數個之曲頸甌送來之氣體，通過其中之水，則析出煤焦油之大部分，氣體則送於 *C*。
- C.* 冷卻器 (Condenser)——爲曝露於大氣之鐵管，氣體通過其中則冷至常溫，主析出由碳化氫所成之煤焦油及鹵精水。
- L.* 唧筒 (Pump)——吸收由曲頸甌送來之氣體，而壓送於洗滌塔。
- S.* 洗滌塔 (Scrubber)——充以焦煤，由其上部注水，使不絕溼潤以溶解氣體中之夾雜物。
- P.* 清淨器 (Purifiers)——設架數個，中盛氧化鐵與消石灰，使吸收硫化二氫及炭酸氣，所剩之煤氣，經煤氣測量器 *M* 而送往氣體貯蓄器中。
- G.* 氣體貯蓄器 (Gas-tank)——爲鐵製大貯蓄甌，煤氣由此用鐵管送往各地，氣體之壓力約爲 77 檯。

3. 製造煤氣之副產物。 煤氣製造工場，除煤氣之外，尚有多種有用之副產物，焦煤爲殘留於曲頸甌而不含揮發性物質之炭，用以供高熱之燃料；煤氣炭爲由揮發之碳化氫，分解析出之炭塊用作電極；煤焦油 (Coal-tar) 爲人造染料及有用藥品之主要原料；鹵精液爲鹵精，氯化銦，硫酸銦等之製造原料。

4. 燄之生成。 燄 (Flame)，爲氣體燃燒時所現之現象，點火於煤氣，輕氣等之氣體，卽生燄，又如石油，酒精以及硫黃，蠟等之因燃燒發生之熱而能氣化之物質，亦生同樣之燄。然如焦煤，鐵等沸點甚高，其燃燒熱不足以氣化之，故不生燄。然一切物質必須熱至着火點以上時始行燃燒，故若冷卻物質，使

至着火點以下，則雖供給任何量之養氣，終不能生燄。吾人通常之吹熄火燄，蓋即送冷氣流而使之冷卻所致。又以金屬網遮燄(圖 110)，則燄之熱，傳於金網而散於四圍，因之發燄之物質，冷至着火點以下，故金屬網之眼，雖比較的粗大，燄不能越網而生。⁽¹⁾

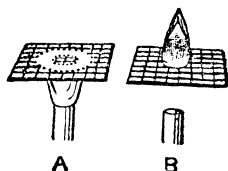


圖 110——燄之一部，用金屬網冷卻之。

在含有爆發性氣體如沼氣之炭坑內，其所用之燈，亦應用此理。以金屬網包圍之燈火持至含有爆發性氣體之處，則在燈內發輕微之爆聲與以警戒，而不致使周發有爆體之慮，故名之為安全燈(Safety lamp)(圖 111)。

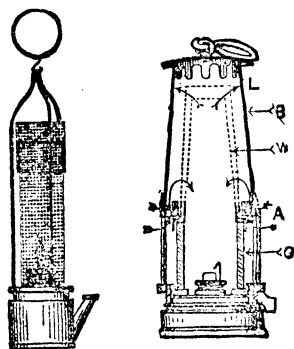


圖 111——安全燈
舊式(左) 新式(右)
G. 玻璃, W. 金屬網。

5. 燄之構造。煤氣之燄(有光輝者)，及蠟燭之燄等，由燄心，內燄，外燄之三部分而成(圖 113)。

(1) 燄心(Central zone of flame)

為燄之中心之暗黑部分，由將燃燒之可燃性無色透明之氣體而成，在燭火則此氣體乃為燃燒熱所氣化之蠟(Paraffin)之蒸氣。

(1) 故電石氣燈，煤氣燈之近於煤氣口之管內，常張以金網以防燄之侵入管內。

(2) **內燄** (Inner flame) 爲包圍燄心而發最光輝之燄之主要部分,凡由燄心送來之可燃性氣體(主爲碳氫之化合物)均於此處分解,所生輕氣完全燃去,而遊離之碳則被灼熱,故此部分因灼熱之炭而呈強力之還原作用,由是又有還原燄 (Reducing flame)之稱,混空氣於煤氣而燃燒時,則在內燄析之碳,起不完全之氧化,而成一氧化碳,亦呈還原作用。

(3) **外燄** (Outer flame). 爲包圍燄之最外部之無光輝之部分,因空氣之供給充足,故燃燒完全,由內燄送來之炭,亦氧化而成碳酸氣,此部分含有強熱之空氣而呈氧化作用,故又名氧化燄 (Oxidizing flame)。

6. **燄之光**. 凡灼熱固體時則放光,灼熱溫度愈高,則所發之光亦愈強,以鉑線,依次插入於燭火,酒精燈燄,吹管燄,氫氧燄中熱之,可試得之,由是知欲得強燄之光,須滿足次之事項。

(1) 燄中含有固體。

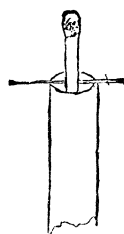


圖 112——置火柴於內燄中。

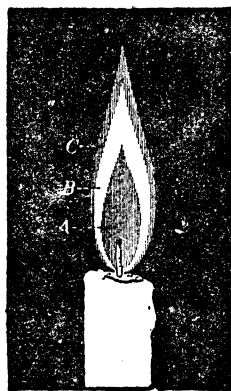


圖 113——燄之構造。
(C) 外燄, (B) 內燄,
(A) 燄心。

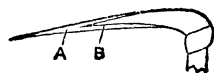


圖 114——A 氧化燄,
B 還原燄。

(2) 燄之溫度高。

(3) 發燄之氣體之密度大(即燄中有多量之固體)。

如燭火之光,爲蠟之蒸氣分解所生之炭被熱而發之光,若插於養氣中,則燃燒劇烈,溫度上昇,而光輝益增,又電石氣燄(Acetylene flame)較燭火光輝者,因前者之氧化較後者進行急速而溫度亦高故也。又點火於壓縮之電石氣,則所發之光輝愈強。

吾人燈用之光,大概爲碳素所發之光,或氧化金屬所發之光,如燭火,石油燈,白熱電燈,弧燈等,雖有利用燃燒熱者,亦有利用電流者,然悉爲碳素(C)所發之光則一。攝影用之鎂燈,幻燈用之石灰燈,煤氣用之白熱套等⁽¹⁾之光,俱爲一氧化鎂(MgO),一氧化鈣(CaO),二氧化鈦(ThO₂)與三氧化二銻(Ce₂O₃)之氧化金屬所發之光也。⁽²⁾

7. 摘要. 煤氣之製造.

(1) 白熱套,即煤氣網罩,浸木棉製或絹製之網套於混有硝酸鈾100分之一之硝酸鈦液中,加熱而製得者,因發見者爲 Auer Von Welshbach 氏,故亦稱爲奧爾套。此種二氧化鈦與三氧化二銻之混合物,呈觸媒之作用,以助煤氣之氧化使燄之溫度昇高。(2) 鎢電球,乃利用其融解點極高(3500°)之光源也。

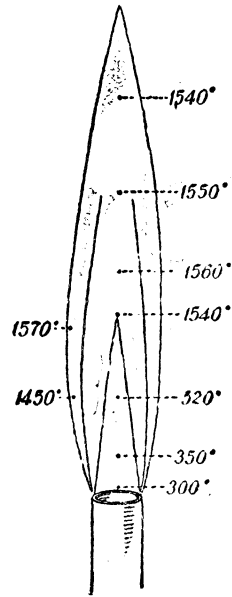
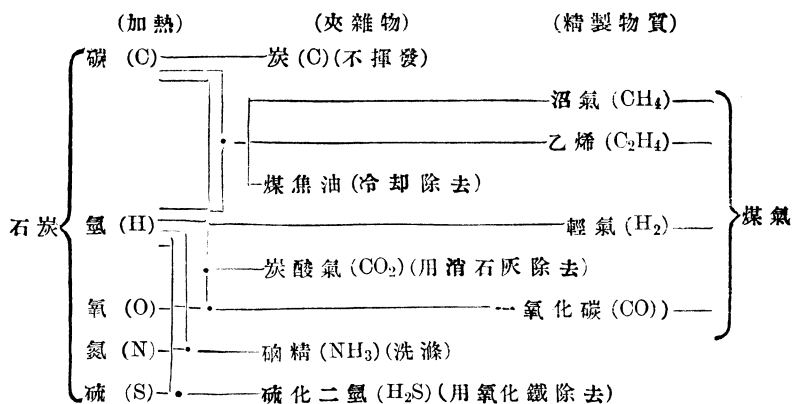


圖 115——木生燈,燄之溫度。



定義

燄 (Flame)	燄為因氣體之燃燒而生之現象，分為燄心，內燄，外燄三部。
燄之光	燄之光，為存於燄中被灼熱之固體所發之光。

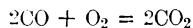
8. 問題.

1. 燄之構造及發光之理由如何。
2. 試述製煤氣時所生之要重副產物及其用途如何。
3. 蠟及磷燃時則發強光，然輕氣燃時則否，何故。

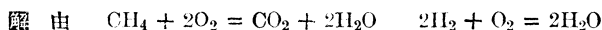
圖 燄之光輝以燄中所存赤熱之固體為主，在蠟因碳化物分解所生之碳粒子發光，在磷因氧化時所生五氧化二磷之粒子發光，而輕氣燃時不生固體故不發光。

4. 煤氣有毒，但燃時則否，何故。

圖 因有毒成分之一氧化碳氧化而為無害之碳酸氣之故。



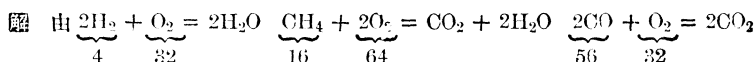
5. 由沼氣 30%，輕氣 20%，淡氣 50% 之體積組成之氣體 10 升，燃燒時問生何物質若干升(標準狀況)。



故知碳酸氣之體積: $10 \text{ 升} \times 0.3 = 3 \text{ 升}$. 答 碳酸氣 3 升, 淡氣 5 升.

6. 有下列重量百分組成之混合氣體 200 克, 完全燃燒時, 問需養氣若干克.

輕氣 20%, 沼氣 10%, 一氧化碳 40%, 二氧化碳 30%.



$$200 \text{ 克} \times \left(\frac{20}{100} \times \frac{32}{4} + \frac{10}{100} \times \frac{64}{16} + \frac{40}{100} \times \frac{32}{56} \right) = 445.7 \text{ 克}$$

答 445.7 克.

9. 實驗.

(1) 置石炭於試管, 傾管口強熱之, 而觀察所生之煤焦油, 並點火於所生之氣體.

(2) 將燭火吹熄而點火於所發白烟之端, 觀察火燃而下.

(3) 將玻璃管插入於燭火或煤氣燈燄中而點火於所發生之氣體.

(4) 將火柴頭插入燄心則不發火.

(5) 將玻璃棒插入內燄中則見有黑色粉末附着.

(6) 調節本生燈之燄使成無色, 由通風口送入炭粉便見燄增光輝.

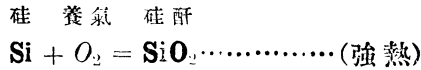
(7) 將金屬網由水平置於燄中, 最初見燄不出其上, 其次見金屬網熱成環狀.

第四節 硅 (Silicon)

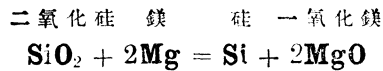
1. 硅. $[\text{Si}]$ ⁽¹⁾ 硅通常為褐色粉末之元素, 冷卻其溶融物, 則變為鐵灰色而帶光澤之結晶, 此二種可視為硅之同素異

(1) 硅, 1823 年 Berzelius 氏始製之.

性體，但結晶硅即強熱於空氣中，亦無變化而無定形硅，則不起完全燃燒而生硅酐(二氧化硅)。



將二氧化硅(即天然產之水晶(Quartz))與鎂共熱而使還原則遊離硅。



但其生成之硅，因不溶於酸，故可將上之生成物投於鹽酸中，以溶去夾雜之一氧化鎂。⁽¹⁾

硅之氧化物及鹽類，構成巖石土砂，存在於礦物界極廣，恰似碳之存在於植物界然，故其在自然界之總量，除養氣外以硅為最多。

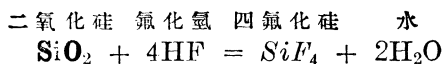
2. 二氧化硅。【SiO₂】產於天然之純粹二氧化硅，為稱為水晶之無色透明六方柱之結晶⁽²⁾(圖 116)，比重 2.6，質硬，能將光屈折，故用以作寶石及眼鏡，但由人工製成者，常為白色無定形之粉末，二氧化硅不特較玻璃更難溶解，且對熱之膨脹率亦甚小，故融解之於電爐內，以製試驗管，坩堝，燒盃等，能耐高熱，即受溫度急變，亦無破損之虞，故實驗室中多賞用之。二氧化硅，又有化學的耐性，除氟化氫



圖 116——二氧化硅之結晶。

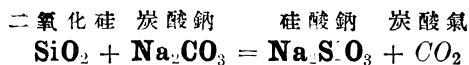
(1) $\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2) 含錳化合物者為紫晶(Amethyst)，含碳者為墨晶(Smoky quartz)。

之水溶液外,其他任何物質殆皆不能溶解之。



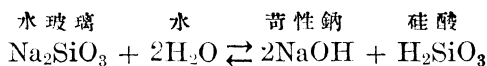
二氧化硅除水晶外,成無定形之石英,而為岩石之主成分,崩壞則成砂,瑪瑙 (Agate),燧石 (Flint),蛋白石 (Opale),亦為多少含有水分之二氧化硅,但此物質,又貯於竹幹,木賊,稻等之纖維內,或堆積於海底,而成稱為**硅藻土** (Kieselgular)之地層。

3. 水玻璃⁽¹⁾ $[\text{Na}_2\text{SiO}_3]$ 二氧化硅與碳酸鈉共熔解時,則起下式所表示之反應。

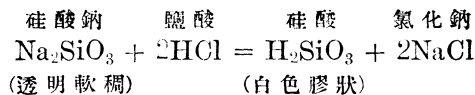


加水煮沸之,則成黏稠之液體,即**水玻璃** (Water glass)也。

水玻璃塗於器具,布等乾之,則成有耐火性類似玻璃之皮膜,又因其水溶液起加水分解而呈鹼性反應,故用作劣等肥皂之填料。



4. 硅酸⁽²⁾ $[\text{H}_2\text{SiO}_3]$ 加鹽酸於水玻璃,則略起次之反應,而遊離硅酸。



(1) 普通之水玻璃中 SiO_2 之量較 Na_2SiO_3 為多。 (2) 硅酐為二氧化硅,不可與硅酸相混。

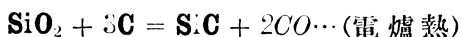
硅酸，爲白色之膠狀塊，難溶於水，乾燥之，則縮水而變爲二氧化硅。



故硅酸之化學式 H_2SiO_3 乃由硅酸鹽推定之而非直接的決定者也。硅酸在天然界中，成鈉鹽，鋁鹽而形成地殼。

5. **碳化硅**。【S:C】〔金剛砂—Carborundum〕混焦煤於石英，強熱於電爐中(3500°)，則生碳化硅⁽¹⁾(圖 117)。

石英 碳 碳化硅 一氧化碳



碳化硅，爲有金屬光澤之綠褐色結晶(以不純物之故)，硬度 9.5，其堅實亞於金剛石，故多用以製鏢紙，切玻璃器，砥石等。

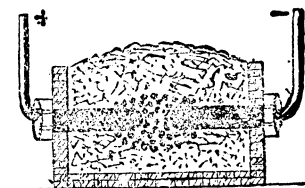


圖 117——製造金剛石之電爐。

6. **摘要** 硅 Si = 28.3, 分子式未知, 原子價 4.

分子式	名稱	製法	性質	用途
Si?	硅 (Silicon)	以 Mg 還原 SiO_2 .	褐色，有二種同素體。	——
SiO_2	二氧化硅 (Silicic anhydride)	存於自然界。	無色透明之結晶，屈折率大，膨脹率小，融點高，有化學的耐性，惟融解於氟化氫，融合碳酸鹽而作玻璃。	寶石，透鏡，實驗用具，玻璃，碳化硅等之製造。
SiC	碳化硅 (Carborundum)	以 SiO_2 與 C 共強熱。	紫黑色之硬固體。	研磨用

(1) 1871 年 阿拆孫 (Acheson) 氏創製之。

H_2SiO_3	硅 酸 (Silicic acid)	加鹽酸於硅 酸鈉。	白色不溶性之固 體。	_____
Na_2SiO_3	硅酸鈉 (Sodium silicate)	加 Na_2CO_3 於 SiO_2 而熱之。	溶解於水，為水玻 璃呈鹼性反應。	肥皂，防火 布之製造。

7. 問題.

1. 試述自然界所起硅酸鹽類之分解.

圖 成爲岩石之長石 $KAlSi_3O_8$, 雲母 $Al_3K(H_2Si_3O_{12})$, 等複硅酸鹽, 受水, 空氣, 碳酸氣等之作用徐徐分解, 硅酸之鹼鹽溶解於水而流去, 硅酸鎂成爲陶土, 或因不純而成黏土或土壤, 有時更失水分而成二氧化硅即砂。

8. 實驗.

- (1) 赤熱石英玻璃且浸於冷水而試驗其不破損。
- (2) 將水玻璃溶解於水, 而檢查其呈鹼性反應。
- (3) 將水玻璃投於濃鹽酸中用玻璃棒攪拌使生硅酸。

第二部 溶液

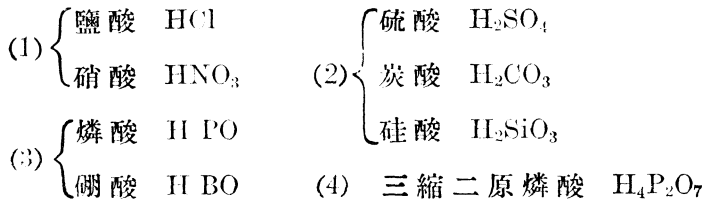
第一章 酸 鹽基 鹽 中和

第一節 酸 鹽基 鹽

1. 酸之性質。稱爲酸之物質，雖有如氯化氫之爲氣態者，有如硫酸之爲液態者，又有如硼酸之爲固態者，但其水溶液⁽¹⁾悉有共通之性質，即：

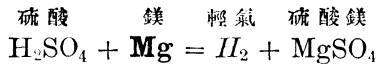
- (1) 有酸味，
- (2) 能變石蕊色質 (Litmus) 爲赤色，即呈酸性反應，
- (3) 遇鎂則發生輕氣。⁽²⁾

但爲探究其通性之所由來，故將已述之酸之組成列書於下：



通覽上酸，知悉爲含氫之化合物，與鎂作用則發生輕氣而生鎂之化合物，如：

(1) 表示其爲水溶液時，常加 Aq 之附號於溶質之分子式右側，如鹽酸，則記如 HClAq。Aq 爲 Aqua 之略字，即水之義也。(2) 此時所生之氫，亦有即與酸之他部作用，而發生輕氣以外之氣體 (SO₂, NO₂, NH₃ 等) 者。



故酸 (Acid) 云者，為含有得為金屬置換之氫之化合物也。

2. 酸之種類. 酸由其組成之形式上以區別之，因其分子式中所含之得為金屬置換之氫原子數，而名之為一鹽基酸 (Monobasic acid)，二鹽基酸 (Dibasic acid)，三鹽基酸 (Tribasic acid) 等，又二鹽基以上之酸，總稱為多鹽基酸，表示此鹽基性之數，稱為酸之鹽基度 (Basicity)。如前述之鹽酸，硫酸，磷⁽¹⁾酸三縮二原磷⁽¹⁾酸，各為一鹽基酸乃至四鹽基酸，而其鹽基度則為 1, 2, 3, 4.

酸，又因其酸性之強弱，而分為強酸與弱酸。強酸對於金屬 (如鎂) 作用頗烈，而遊離輕氣，但弱酸則此作用極弱，其區別，因酸之種類而定，非因酸之濃淡而定者也。如鹽酸，不拘其濃度如何，終為強酸，醋酸則常為弱酸，以其強弱為標準而分之，大略如下。

強酸……鹽酸 硝酸 硫酸

弱酸……磷⁽¹⁾酸 醋酸 炭酸 硫化二氫水

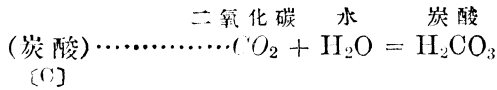
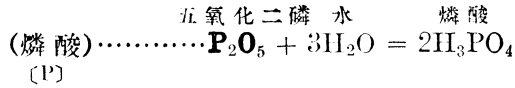
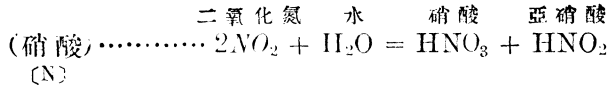
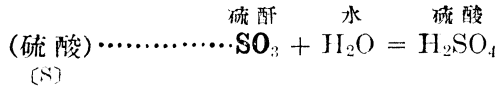
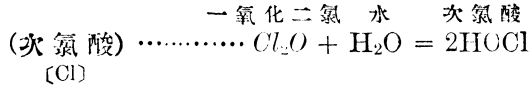
3. 酸之製法. 製酸之法雖頗多，但得大別之為次之二法。

(1) 溶解非金屬之氧化物 (酞) 於水。

(2) 用他種酸分解鹽。

(1) 醋酸 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 分子式中雖含有四原子氫，但得與金屬相置換之氫，只限於一原子，故為一鹽基酸，常用示性式表之如下： $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$

使非金屬元素變為氧化物，而溶解於水，則容易成酸。

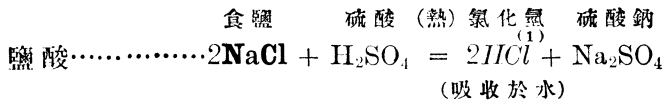


非金屬氧化物之有酐(Anhydride)或酸性氧化物(Acid oxide)之名者，即以其與水化合而生酸故也。

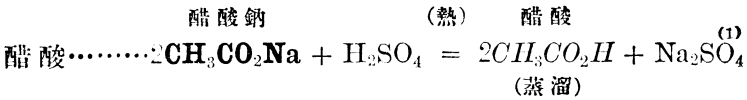
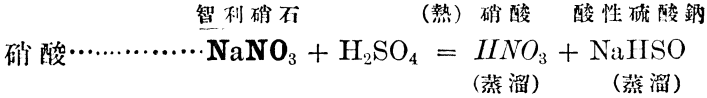
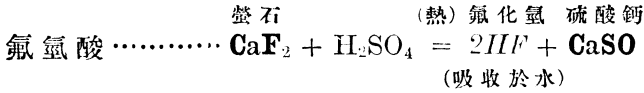
製酸之普通方法，為使他酸作用其鹽，此時所生之酸，有三法以分別之。

- (1) 利用其揮發性，
- (2) 利用其溶解於水之性，
- (3) 利用其不溶解於水之性。

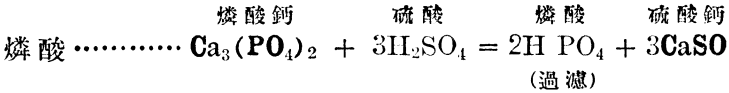
(a) 鹽酸，氟氫酸，硝酸，醋酸等之製法，可加不揮發性之硫酸於其鹽中而熱之，以蒸溜所發生之酸或使吸收於水。



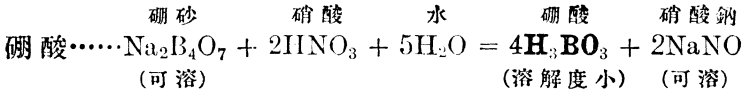
(1) HCl 為氣體，故吸收於水。



(b) 磷酸,因其易溶解於水,可用過濾法以分別之.此種反應,常行於有機酸之製取.



(c) 硼酸難溶解於冷水,故用硝酸分解硼酸鈉可使其沉澱析出.

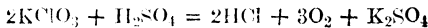
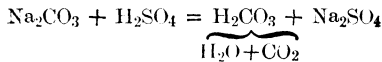


4. 鹽基之性質. 稱爲鹽基之物質,悉爲金屬之氫氧化物,有下之通性.

- (1) 與酸化合而生鹽與水.
- (2) 其水溶液呈鹼性反應.

第 2 性質,自爲溶解於水之鹽基之特有反應,此種鹽基特稱

(1) 由碳酸鹽,氯酸鹽遊離其酸時,則其酸即起分解.



爲鹼 (Alkali) (第 67 頁). 普通之鹽基 (Base) 如下所示:

- | | | |
|-----|---|--|
| (1) | { | 苛性鈉.....NaOH.....(可溶) |
| | | 苛性鉀.....KOH.....(可溶) |
| | | 氫氧化銻.....NH ₄ OH ⁽¹⁾(可溶) |
| (2) | { | 二氫氧化鋇.....Ba(OH) ₂.....(可溶) |
| | | 二氫氧化鈣.....Ca(OH) ₂.....(稍溶解) |
| | | 二氫氧化銅.....Cu(OH) ₂.....(不溶) |
| (3) | { | 三氫氧化鋁.....Al(OH) ₃.....(不溶) |
| | | 三氫氧化鐵.....Fe(OH) ₃.....(不溶) |
| | | 三氫氧化鉍.....Bi(OH) ₃.....(不溶) |

5. 鹽基之種類. 鹽基亦如酸, 依組成之形式上而分類之. 因其分子式中所含氫氧根之數而各稱爲一, 二, 三酸鹽基 (Mono-, bi-, triacid base), 此等之數, 稱爲鹽基之酸度 (Acidity). 上節所舉之鹽基, 凡屬於 (1), (2), (3) 者, 各爲一, 二, 三酸鹽基之例.

鹽基又因其水溶液所呈鹼性之強弱而得分類之, 與酸相似. 苛性鈉, 苛性鉀, 二氫氧化鋇 (重土水), 二氫氧化鈣 (石灰水) 屬於強鹽基, 氫氧化銻 (硃精水) 屬於弱鹽基.

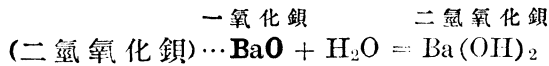
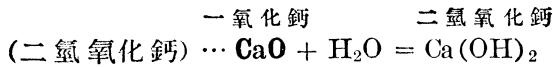
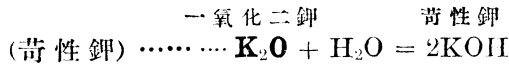
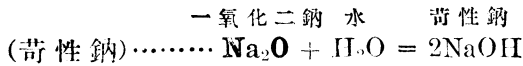
6. 鹽基之製法. 製取鹽基, 亦如酸, 有二法:

- (1) 氧化物之溶解. (2) 鹽之分解.

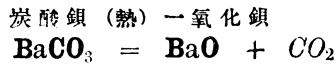
金屬之氧化物, 與水化合而生鹽基, 故亦稱爲鹽基性氧

(1) (NH₄) 根之化學性, 恰如金屬, 能成鹽基.

化物 (Basic oxide). 然此反應, 似僅限於輕金屬 (Light-metal), 重金屬 (Heavy-metal) 之氧化物則無與水直接呈反應者.

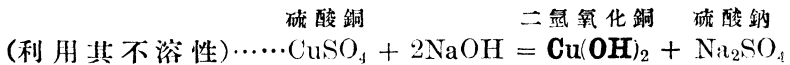
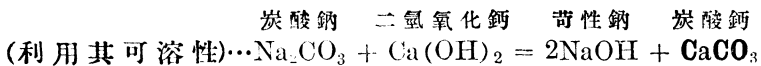


(a) 由後法製造鹽基, 如鈣及鋇之碳酸鹽, 因熱而分解, 放出碳酸氣而殘留氧化金屬.



故將此生成物投於水, 即得鹽基.

(b) 凡易溶解於水之鹽, 可用他種鹼作用之, 利用其所生鹽基之溶解或不溶解之性質, 而各得與共存之物質相分離.

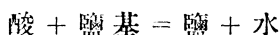


7. 鹽之性質. 酸中之氫之一部或全部為金屬所置換時所成之物質, 總稱之為鹽, 有次之通性:

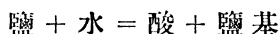
(1) 多爲不揮發性之固體，成一定之結晶。

(2) 其水溶液，除例外者外，悉呈中性反應。

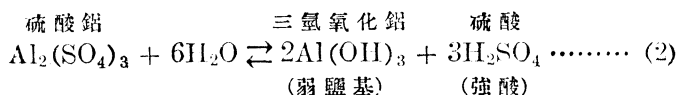
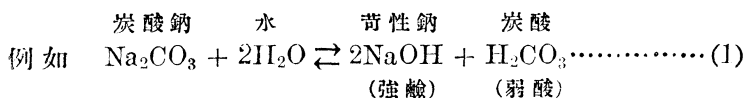
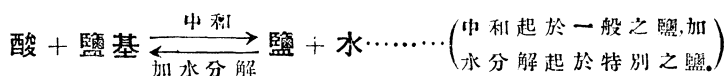
鹽，爲由酸與鹽基之化合而生之物質。



故鹽之水溶液之呈中性反應，固爲當然之事，然有數種鹽，其中一部分有與水化合而分解爲酸與鹽基者。



凡鹽溶解於水，同時與水化合而分解爲鹽基與酸之變化，稱爲加水分解 (Hydrolysis)。故與其中和之關係如下：



(1) 之反應，其生成之鹼較酸強，故其結果呈鹼性；(2) 之反應，酸較鹼強，故呈酸性之反應。若所生成之酸與鹼，其強相等時，必呈中性之反應，即不起加水分解。故起加水分解之鹽，爲由強酸與弱鹽基，或弱酸與強鹽基之中和時而生者。⁽²⁾

8. 鹽之種類。 鹽由其組成之形式上區別之，可分爲三

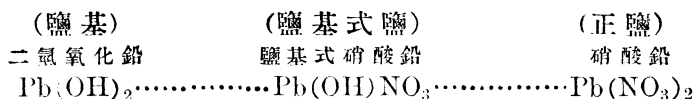
(1) 揮發之鹽如 NH_4Cl (乾燥者)， HgCl_2 等。(2) 酸與鹽基俱弱時，所生之鹽，亦起加水分解。

種,即酸式鹽 (Acid salts),鹽基式鹽 (Basic salts),正鹽 (Normal salts) 是也。

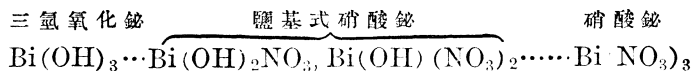
(1) 酸式鹽. 用金屬置換酸中之氫之一部而生之鹽,即尚多少含有酸所特有之氫之鹽之總稱,此種鹽,每冠以「酸式」或「酸性」⁽¹⁾二字,故凡分子式中僅含酸特有之氫一原子,如鹽酸(HCl),硝酸(HNO₃),醋酸(CH₃CO₂H)等之一鹽基酸,不生酸式鹽,如硫酸(H₂SO₄),碳酸(H₂CO₃)之二鹽基酸,各生一種酸式鹽,即酸式硫酸鈉(硫酸氫鈉 NaHSO₄),酸式碳酸鈉(碳酸氫鈉 NaHCO₃)是也,又如磷酸(H₃PO₄)之三鹽基酸,則生二種之酸式鹽,即磷酸二氫鈉(NaH₂PO₄)與酸式磷酸鈉(磷酸氫二鈉 Na₂HPO₄)是也。

(2) 正鹽. 酸之特有之氫,悉為金屬所置換而成之鹽,稱為正鹽(或中性鹽 Neutral salt),故常單稱其鹽之名而常省略其冠詞「正」(或中性),如硝酸鈉(NaNO₃),硫酸鈉(Na₂SO₄),磷酸鈉(Na₃PO₄)悉為正鹽之例。

(3) 鹽基式鹽. 上述多鹽基酸,其氫之一部與金屬相置換則成酸式鹽,同樣二酸鹽基以上之多酸鹽基,其中氫氧根之一部,亦得與酸之根相置換而生鹽,此鹽稱為鹽基式鹽,此種鹽常冠以「鹽基式」或「鹽基性」以表之,如



(1) 亦有以「重」字代「酸式」者,如日本名之重碳酸曹達(Na₂HCO₃)是。

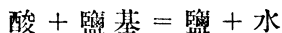


然此處所須注意者，爲酸式鹽，正鹽，鹽基式鹽之三種，如上所述，乃由其組成之形式上而分類，並非表示其反應者也。例如正鹽之呈酸性反應或鹼性反應，由加水分解之諸例已可明見，酸式鹽之中，有呈酸性者，有中性者，亦有鹼性者。⁽¹⁾又鹽基式鹽亦未必呈鹼性反應。

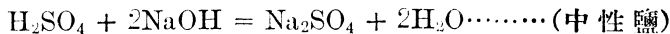
9. 鹽之製法。製鹽，通常有如下列三種之法：

- (1) 中和。
- (2) 由於生揮發性物之複分解。
- (3) 由於生不溶性物之複分解。
- (a) 由中和法製鹽。

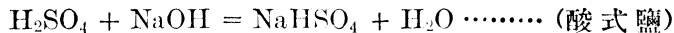
使鹽基與酸作用時，則中和而生鹽與水。



此際所加鹽基之量若適足以中和酸，則生中性鹽。



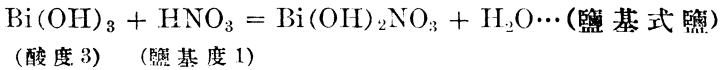
若加酸度小之鹽基於多鹽基酸中，而其量尙不足以中和酸則生酸式鹽。



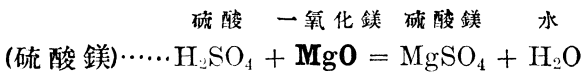
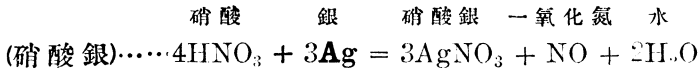
若加鹽基度小之酸於多酸鹽基中，而其量尙不足以中和鹽

(1) 酸式鹽中 NaHSO_4 呈酸性， NH_4HCO_3 呈中性， Na_2HPO_4 呈鹼性（在 Methylorange 試藥中則殆呈中性）。

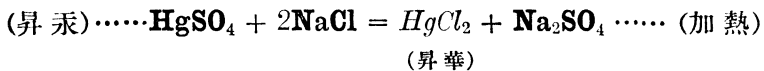
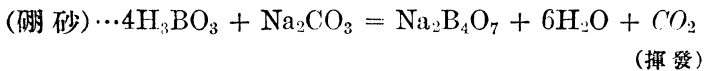
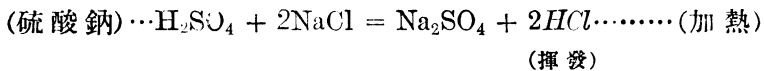
基則生鹽基式鹽。



此外亦有加金屬或金屬之氧化物於酸而製鹽者。



(b) 由於生揮發性物之複分解。 爲以某鹽作用酸或鹽而製他鹽之法，如硫酸鈉，硼酸或昇汞 (Corrosive sublimate) 之製取，爲其好例。



(c) 由於生不溶性物之複分解。 爲以他鹽作用一種鹽而製第三鹽時所用之法也。如：



10. 摘要. 酸 鹽 基 鹽

	酸 (Acid)	鹽基 (Base)	鹽 (Salt)
定 義	爲含有得爲金屬置換之氫之化合物。 H - (酸根)	爲金屬之氫氧化物, 卽與酸中和而生鹽之化合物。 [金屬] - OH	酸中之氫(一部或全部)爲金屬所置換之化合物。 [金屬] - (酸根)
通 性	有酸味, 呈酸性反應, 遇金屬而發生輕氣。	中和酸, 其水溶液呈鹼性反應。	爲結晶性之難揮發固體, 其水溶液概爲中性。
種 類	(1) 因分子式中所含酸特有之氫之數卽鹽基度, 而分爲數種鹽基酸。 (2) 因酸性反應之強弱, 而分爲強酸弱酸。	(1) 應分子式中氫氧根之數(卽酸度), 而分爲數種酸鹽基。 (2) 可溶性之鹽基, 因其鹼性反應之強弱, 而分爲強鹽基, 弱鹽基。	分子式中含有酸特有之氫者, 爲酸式鹽; 有氫氧根者, 爲鹽基式鹽; 此外爲正鹽。
製 法	(1) 溶解非金屬氧化物於水。 (2) 用他種酸分解其鹽。	(1) 溶解金屬氧化物於水。 (2) 熱其鹽使成金屬之氧化物而溶之於水, 或加他種鹽基於其鹽之溶液。	(1) 中和。 (2) 由於生揮發性物之複分解。 (3) 由於生不溶性物之複分解。

定 義

加水分解 (Hydrolysis)	鹽與水反應而分解爲酸與鹽基之現象(狹義)。 物質一克分子量與水反應而分解爲二克分子量以上之現象(廣義)。
----------------------	---

11. 問題

1. 試舉酸, 鹽基, 鹽之共通性質。
2. 試就酸, 鹽基, 鹽之各種類說明之。

3. 問由硫酸與苛性鈉所生之中性鹽與酸式鹽之分子式如何。

【 答 】 中性鹽 Na_2SO_4 , 酸式鹽 NaHSO_4 。

4. 問酸, 鹽基與鹽之簡單識別法如何。

【 答 】 由石蕊試藥, 燐醇試藥, 甲烷紫試藥之反應知之。

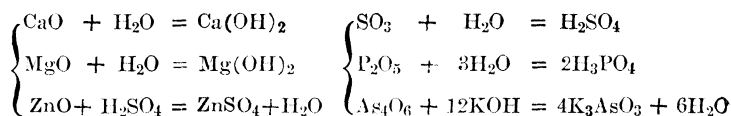
5. 舉例詳述加水分解之意義。

6. 金屬之氧化物與非金屬氧化物有何差異, 各舉三例說明之。

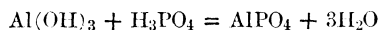
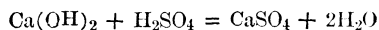
【 答 】 金屬之氧化物與水化合則生鹽基, 即不與化合, 然亦能與酸中和而生鹽及水, 故稱為鹽基性氧化物。非金屬氧化物與水化合則成酸, 即不溶解於水, 亦善與鹽基中和, 故稱為酸性氧化物。

例如: 金屬氧化物

非金屬氧化物



7. 酸與鹽基之化學反應, 試舉三例說明之。



8. 以鹵精水與 100 克之純硫酸中和可得硫酸銹若干。

答 135 克。

9. 試舉不含硫之酸之種類。

10. 試舉與下列各項相當之物質各一, 且示其組成。

(1) 溶解於水而呈酸性者。

(2) 溶解於水而呈鹽基性者。

(3) 溶解於水不呈酸性亦不呈鹽基性者。

圖 (1) 硼酸 H_3BO_3 (2) 苛性鈉 $NaOH$ (3) 食鹽 $NaCl$ 。

11. $KOH + HCl = KCl + H_2O$ 方程式之意義如何。

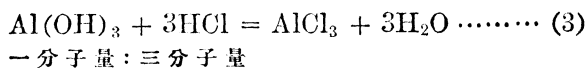
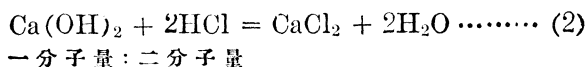
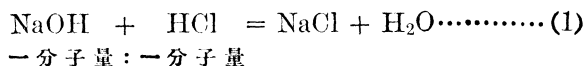
圖 表示鹽基性之苛性鉀與酸性之氯化氫各一分子，反應互相中和而生中性之氯化鉀及水各一分子。

12. 區別一鹽基酸與二鹽基酸時最重要之性質，試舉例說明之。

圖 氯化氫 1 克分子 $HCl = 36.5$ 克與苛性鈉 1 克分子 $NaOH = 40$ 克中和，硫酸 1 克分子 $H_2SO_4 = 98$ 克與苛性鈉 2 克分子中和。故鹽酸為一鹽基酸，硫酸為二鹽基酸。故須對於酸 1 克分子與苛性鈉幾克分子中和之性質加以注意。

第二節 酸 定 量 鹼 定 量

1. 當量。生中性鹽所要之酸之量與鹽基之量稱為互為當量。若就下列酸與鹽基作用而生中性鹽之方程式言之：

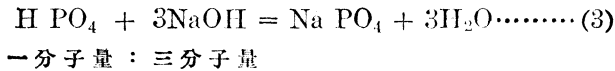
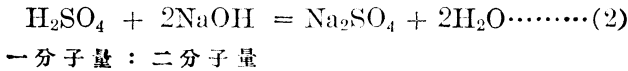
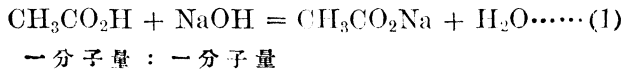


則苛性鈉 $NaOH = 40$ 克與氯化氫 $HCl = 36.5$ 克互為當量，二氫氧化鈣 $Ca(OH)_2 = 74$ 克與氯化氫 $2HCl = 73$ 克互為當量

是也。當量之單位，常取一鹽基酸之一分子量爲一當量，而與此互爲當量之鹽基之量亦爲一當量。故由上述之方程式，可知酸度一之苛性鈉之一分子量，爲一當量；酸度二之二氫氧化鈣之一分子量，爲二當量；酸度三之三氫氧化鋁之一分子量，爲三當量也。故一般鹽基之一當量，以酸度除其分子量所得之商表示之。

$$\text{鹽基之一當量} = \frac{\text{分子量}}{\text{酸度}} \dots\dots\dots (A)$$

同樣如下述之二鹽基酸，三鹽基酸等之一分子量，與苛性鈉之二當量，三當量等相中和，



故知此等之一當量，亦爲以鹽基度除其分子量所得之商。

$$\text{酸之一當量} = \frac{\text{分子量}}{\text{鹽基度}} \dots\dots\dots (B)$$

一當量以克爲單位而表示之量，稱爲克當量。故

$$1 \text{ 克當量} = \frac{\text{一克分子量}}{\text{酸之鹽基度或鹽基之酸度}} \dots\dots (C)$$

主要之酸及鹽基之克當量如次：

	分子式	一克分子量	一克當量
氯化氫	HCl	= 36.5 克	36.5 克 ÷ 1 = 36.5 克
硫酸	H ₂ SO ₄	= 98 克	98 克 ÷ 2 = 49 克
磷酸	H ₃ PO ₄	= 98 克	98 克 ÷ 3 = 32.7 克
苛性鈉	NaOH	= 40 克	40 克 ÷ 1 = 40 克
二氫氧化鈣	Ca(OH) ₂	= 74 克	74 克 ÷ 2 = 37 克
三氫氧化鋁	Al(OH) ₃	= 78 克	78 克 ÷ 3 = 26 克

2. 規定溶液. 取酸或鹽基之一克當量,加水溶解之使合成一 ㊄ ,則所得之液稱為規定溶液 (Normal solution) (用N以表之),用 n 克當量時,稱為 n 規定溶液,故一規定鹽酸溶液之一 ㊄ 中,溶存氯化氫一克當量,即36.5克,5規定苛性鈉一 ㊄ 中,溶存苛性鈉5克當量,即200克。「規定」之名,亦適用於酸或鹽基以外之物質。

製規定溶液,可取一定量之酸或鹽基,盛於容量已知之燒瓶中,加水溶解之,供此用者,為 ㊄ 燒瓶 (Liter flask),如圖118,在其細長之頸部,刻有圈線,在此圈線以下之容量,業已精密測定其為一 ㊄ (或 $\frac{1}{2}$ ㊄ , $\frac{1}{10}$ ㊄),故若先盛以酸或鹽基之一克當量,次加水使適至圈線,則即得其規定溶液,如盛以 n 克當量,則可得 n 規定溶液。

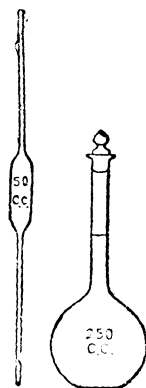


圖118——移液管(左),
 ㊄ 燒瓶(右)。

又如鹽酸,硫酸等必含有水,故與苛

性鈉等之固體物異⁽¹⁾不能稱量其純粹者之一克當量,因此欲製此等物質之規定溶液時,須先測定所供給之酸爲幾規定溶液(參照3),然後方取其一定體積,盛於研燒瓶中而稀釋之。例如所供給之酸之濃度爲7.5 N,而欲稀之使爲2N,則每一研燒瓶中所應取之體積(x 研),可如下法算得之:因2N之酸一研中,應含有純酸二克當量,此量含於7.5 N之酸之 x 研中自不待言,故可得次之關係。

$$2(\text{N}) \times 1(\text{研}) = 7.5(\text{N}) \times x(\text{研})$$

$$\left(\begin{array}{c} 2\text{N之酸一研中} \\ \text{純酸之克當量數} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} 7.5\text{N之酸}x\text{研中} \\ \text{純酸之克當量數} \end{array} \right)$$

$$\therefore x = 266.7 \text{ c.c.}$$

故取7.5N之酸266.7 c.c. 盛於研燒瓶中,加水稀釋使成一研時,即得所要之2N之酸。此關係亦適用於鹼。

3. 酸定量,鹼定量. 酸與鹼,既以等當量之比例互相中和(依當量之定義),故 n' 規定之鹼 v' 研與 n 規定之酸 v 研相混,而適中和時,則酸之當量數爲 nv ,鹼之當量數爲 $n'v'$ 此當量數,應相等。即

$$nv = n'v'$$

(1) 實際上苛性鈉亦含水,若欲稱量其一克當量實甚困難。故通常以鹽酸之一定體積作用一定量之大理石,由後者之減量而計算鹽酸中氯化氫,因而得定鹽酸之濃度,用此液依次項之方法行之,即可定苛性鈉液之濃度。

$$\begin{aligned} \text{或} \quad & \text{酸之濃度 (規定)} \times \text{酸之體積} \\ & = \text{鹼之濃度 (規定)} \times \text{鹼之體積}^{(1)} \end{aligned}$$

又上之關係，無論用任何之體積單位，亦能成立，故若知適相中和之酸及鹼之體積及其中之一之濃度時，即得確定其他之濃度。

如濃度未知之鹽酸 25 c.c.，若能與 $\frac{1}{2}$ N 之苛性鈉溶液 75 c.c. 相中和時，則鹽酸之濃度當為 x ，即：

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(\text{N}) \times 75 (\text{c.c.}) &= x (\text{N}) \times 25 \text{ c.c.} \\ & \quad (\text{NaOH}) \qquad \qquad \quad (\text{HCl}) \\ \therefore x &= 1.5\text{N} \end{aligned}$$

若溶液之濃度既定，則其任意體積中所含純酸或純鹼之量，即可如下式算得之。

$$\begin{aligned} \text{溶存物質之量 (克)} &= \\ & \quad \text{一克當量 (克)} \times \text{濃度 (N)} \times \text{體積 (呎)} \end{aligned}$$

如 0.2N 之硫酸 200 c.c. 中純硫酸之量

$$49 (\text{克}) \times 0.2 (\text{N}) \times \frac{1}{5} (\text{呎}) = 1.96 \text{ 克} \quad \left[\because \frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{2} = 49 \right]$$

決定酸與鹼互相中和之體積之方法，稱為滴定法 (Titration)。法將應檢液 (如鹽酸) 之一定體積，用移液管 (Pipette) 吸取之而移於器中 (圖 119)，加以因色之變化而表示中和之

(1) 互相中和之酸與鹼之濃度 (N) 之比，等於此等體積之反比。

$$n : n' = v' : v$$

境界之指示藥 (Indicator), 如石蕊色質等,⁽¹⁾乃由滴管 (Burette) 滴加規定溶液 (如苛性鈉溶液), 不絕攪拌至適達中和為止。今設移液管所取之濃度未知之鹽酸, 其體積為 50 c.c., 而所消耗之苛性鈉溶液 (濃度 2N) 之體積為 20 c.c., 則鹽酸之濃度當為:

$$50x = 2 \times 20 \quad \therefore x = 0.8N.$$

又其中 (50 c.c. 中) 之氯化氫當為:

$$36.5 \text{ 克} \times 0.8 \times \frac{50}{1000} = 1.46 \text{ 克}$$

(∵ HCl = 35.6)

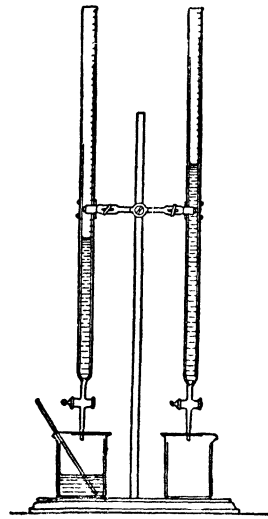


圖 119——由滴管滴落標準溶液而定其應檢液之量之裝置。

4. 摘要. 定義

當 量 (Equivalent)	$\text{一當量} = \frac{\text{分子量}}{\text{鹽基度(酸度)}}$ <p>一克當量 = 一當量用克為單位所表之量。</p>
規 定 溶 液 (Normal solution)	溶液一呎中, 溶存反應物質之一克當量者, 稱為一規定液。
滴 定 (Titration)	<p>用他種濃度既知之溶液測定某溶液之濃度之方法也。〔規定液之濃度(N)〕×〔規定液之體積〕</p> $= \text{〔應檢液之濃度(N)〕} \times \text{〔應檢液之體積〕}$

(1) 石蕊色質為由某種類 (Lichens) 所採得之色質 [C₇H₇NO₃ 之氧化物]。酚酞試藥 (Phenolphthalein) 為由石炭酸所製之物質 (C₂₀H₁₄O₄) 溶解於酒精, 遇酸無色, 遇鹼則變赤色。又於甲烷橙 (Methyl orange), 為由煤焦油所製之色質 (C₁₄H₁₄N₃SO₃Na), 遇酸呈赤色, 遇鹼呈橙黃色。

5. 問題.

1. 與 10 克之苛性鈉相當量之氯化氫, 硫酸各重量如何.

圖 由苛性鈉 1 克當量 $\text{NaOH} = 40$ 克, 故其 10 克為 $\frac{1}{4}$ 克當量, 故 $\frac{1}{4}$ 克當量之氯化氫及硫酸之量如下:

$$\text{鹽酸} \dots\dots\dots \text{HCl} \times \frac{1}{4} = 36.5 \times \frac{1}{4} = 9.1 \text{ 克.}$$

$$\text{硫酸} \dots\dots\dots \text{H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = 98 \times \frac{1}{8} = 12.3 \text{ 克.}$$

$$\text{答} \begin{cases} \text{HCl, } 9.1 \text{ 克.} \\ \text{H}_2\text{SO}_4, 12.3 \text{ 克.} \end{cases}$$

2. $\frac{1}{10}$ 規定硫酸溶液 1 c.c. 中, 含有幾克之硫酸.

圖 硫酸 1 克分子量 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1.008 \times 2 + 32.04 + 16.00 \times 4 = 98.086$ 克, 硫酸為二鹽基酸, 故 1 克分子量為二克當量.

$$\text{故} \quad 98.086 \text{ 克} \times \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} \times \frac{1}{1000} = 0.0049043 \text{ 克.}$$

答 0.0049043 克.

3. 20% 之鹽酸比重為 1.10, 試算出其濃度.

圖 此鹽酸 1 呷之重量中含有氯化氫之量如下:

$$1000 \times 1.10 \times 0.2 = 220 \text{ 克}$$

$$\text{又因} \quad \text{HCl} = 1 + 35.5 = 36.5$$

$$\text{故} \quad 220 \text{ 克} \div 36.5 \text{ 克} = 6.07 \quad \text{答 } 6.07 \text{ N}$$

4. 純硫酸 20 克化為 1 呷之稀硫酸時, 問此溶液為幾規定液.

圖 由硫酸 1 規定液 1 呷中應含有 $\frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{2} = 49$ 克, 則 1 呷中溶解有

20 克之硫酸時，此稀硫酸之濃度如下：

$$20 \div 49 = 0.4N \qquad \text{答 } 0.4N$$

5. 欲作苛性鉀 2N 溶液，問於 250 c.c. 之燒瓶中須用幾克苛性鈉投入使之溶解方可。

【解】 求苛性鉀 2N 液 250 c.c. 中之苛性鉀之量即可。

$$\text{故由 } KOH = 56 \qquad 56 \text{ 克} \times 2 \times \frac{250}{1000} = 28 \text{ 克} \qquad \text{答 } 28 \text{ 克。}$$

6. 比重 1.2 之稀硫酸含有 27.3% 之純硫酸，問此稀硫酸為幾規定液。

【解】 稀硫酸 1 呎中所含純硫酸之量，如用硫酸 1 克當量除之時，所得之商即為所求之規定。今純水 1 呎為 1000 克，而此稀硫酸 1 呎為 1200 克，故其中所含純硫酸之量：

$$1000 \text{ 克} \times 1.2 \times \frac{27.3}{100} = 327.6 \text{ 克。}$$

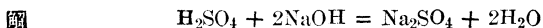
$$\therefore \text{規定} \dots\dots\dots 327.6 \div 49 = 6.7N \qquad \text{答 } 6.7N。$$

7. 將前問之硫酸置於 500 c.c. 之燒瓶中，加水以作 1 規定液，問應取若干 c.c.。

$$\text{【解】} \qquad 6.7N : 1N = 500 \text{ c.c.} : x \text{ c.c.}$$

$$\therefore x = 74.6 \text{ c.c.} \qquad \text{答 } 74.6 \text{ c.c.。}$$

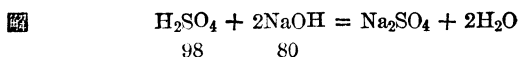
8. 欲中和 100 分中含有 21 分 H_2SO_4 之稀硫酸（比重 1.155）10 立厘，問需苛性鈉重量若干克。



$$1.155 \times 10 \times \frac{21}{100} \times \frac{80}{98} = 1.98 \qquad \text{答 } 1.98 \text{ 克。}$$

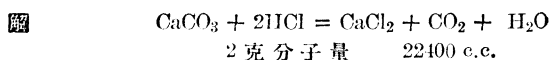
9. 濃度 20% 之硫酸 50 克，如用 10% 之苛性鈉溶液中和，問

需幾克。



$$50 \text{ 克} \times \frac{20}{100} \times \frac{80}{98} \times \frac{100}{10} = 81.6 \text{ 克} \quad \text{答 81.6 克。}$$

10. 加 10 立厘之稀鹽酸於過剩之碳酸鈣在攝氏零度 1 氣壓時得 56 立厘之碳酸氣，問所使用稀鹽酸之濃度為幾克分子量。



$$2 \text{ 克分子量} \times \frac{56}{22400} \times \frac{1000}{10} = 0.5 \text{ 克分子量} \quad \text{答 0.5 克分子量。}$$

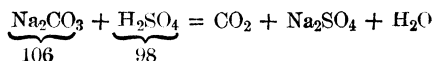
11. 有濃度不明之硝酸溶液取出 25 c.c., 加石蕊試液, 滴加 1 規定苛性鈉溶液 16.5 c.c. 始變為紅色, 問此硝酸溶液 1 呷中所含硝酸之量幾克。

圖 此硝酸之濃度為 $\frac{16.5}{25}$ 規定, 故所求硝酸 ($\text{HNO}_3 = 63$) 之量為:

$$63 \text{ 克} \times \frac{16.5}{25} = 40.58 \text{ 克} \quad \text{答 40.58 克。}$$

12. 將碳酸鈉 53 克溶解於 1 呷之水中, 取其 25 c.c. 而中和之時, 用去稀硫酸 24.5 c.c., 問此稀硫酸 1 呷含有幾克之硫酸。

圖 碳酸鈉液 25 c.c. 中所含碳酸鈉之量 53 克 $\times \frac{25}{1000}$, 中和此量所需硫酸之量, 可由下列方程式求之:



$$53 \text{ 克} \times \frac{25}{1000} \times \frac{98}{106} = 1.22 \text{ 克。}$$

而此硫酸則含於 24.5 c.c. 之稀硫酸中,故其 1 所 含 之 量 如 下:

$$1.22 \text{ 克} \times \frac{1000}{24.5} = 49.8 \text{ 克} \quad \text{答 } 49.8 \text{ 克.}$$

13. 中和濃度 1N 之苛性鉀液 50 c.c., 需要鹽酸 45 c.c., 問此鹽酸之濃度如何.

圖 此鹽酸比苛性鉀液濃厚 $\frac{50}{45}$ 倍,故其濃度如下:

$$1N \times \frac{50}{45} = 1 \frac{1}{9} N \quad \text{答 } 1 \frac{1}{9} N.$$

14. 中和濃度不明之苛性鈉液 50 c.c., 需要濃度 5N 之硫酸 15 c.c., 問此苛性鈉液之濃度及含有苛性鈉之量如何.

圖 苛性鈉液 50 c.c. 由硫酸 15 c.c. 中和,故其濃度較硫酸稀薄,而為硫酸之 $\frac{15}{50}$ 倍,即 $5N \times \frac{15}{50} = 1.5N$.

故苛性鈉液 50 c.c. 中所含 NaOH 之量如下:

$$40 \text{ 克} \times 1.5 \times \frac{50}{1000} = 3 \text{ 克} \quad \text{答 } 1.5N, 3 \text{ 克.}$$

15. 有鹵精水 35 c.c., 用 0.4N 之硫酸中和時共費 40 c.c., 問此鹵精水之濃度及所溶解鹵精之量如何.

圖 中和硫酸 40 c.c. 用 35 c.c. 之鹵精即足,故鹵精水濃度比硫酸更濃,為硫酸之 $\frac{40}{35}$ 倍,故其濃度如下:

$$0.4N \times \frac{40}{35} = 0.46N$$

故 1 所 中 所 含 溶 解 鹵 精 之 量,由 $NH_3 = 17$

$$\dots \quad 17 \text{ 克} \times 0.46 = 0.78 \text{ 克} \quad \text{答 } 0.46N, 0.78 \text{ 克.}$$

16. 將氫氧化鈉 12.5 克溶解於水,稀釋而為 1 所,用以中和

鹽酸時，每鹽酸 25 c.c. 需氫氧化鈉液 80 c.c.，問此鹽酸 1 呷中含有幾克之氯化氫。

圖 氫氧化鈉溶液 80 c.c. 中 NaOH 之量為 $12.5 \text{ 克} \times \frac{80}{1000}$ 。

由方程式
$$\underbrace{\text{NaOH}}_{40} + \underbrace{\text{HCl}}_{36.5} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$$

故與此當量之氯化氫之量為：

$$12.5 \text{ 克} \times \frac{80}{1000} \times \frac{36.5}{40}$$

然以上之 HCl 含於鹽酸 25 c.c. 之中，故 1 呷中所含之量如下：

$$12.5 \text{ 克} \times \frac{80}{1000} \times \frac{36.5}{40} \times \frac{1000}{25} = 36.5 \text{ 克} \quad \text{答 } 36.5 \text{ 克。}$$

17. 氫氧化鉀 10% 溶液 50 c.c.，如用 $\frac{1}{5}$ N 硫酸中和時間需若干 c.c.

圖 苛性鉀雖溶解於水，但水之體積可視為毫無增減，故 10% 苛性鉀液 1000 c.c. 中 KOH 之量當如下：

$$10 \text{ 克} \times \frac{1000}{90} \div 56 = 2(\text{N})$$

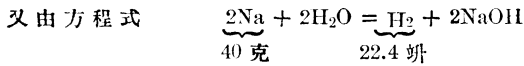
對於中和 50 c.c. 之苛性鉀液所加 $\frac{1}{5}$ N 硫酸之體積如為 v c.c. 時，則

$$\text{由} \quad 2 \times 50 = \frac{1}{5} \times v \quad \therefore v = 500 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 500 \text{ c.c.}$$

18. 欲製中和 $\frac{1}{4}$ N 鹽酸 50 c.c. 之氫氧化鈉溶液，問須將鈉幾克溶解於水方可，又此時所生輕氣之體積如何。

圖 中和 $\frac{1}{4}$ N 鹽酸 50 c.c. 時，須 $\frac{1}{4}$ N 之苛性鈉 50 c.c.，欲製含此量 NaOH 時所用之 Na 之量，可由 $\text{NaOH} = 40 \rightarrow \text{Na} = 23$

$$40 \text{ 克} \times \frac{1}{4} - \frac{50}{1000} \times \frac{23}{40} = 0.3 \text{ 克}$$



$$\therefore \text{輕氣之體積} = 22.4 \text{ 升} \times \frac{0.3 \text{ 克}}{46 \text{ 克}} = 0.14 \text{ (升)}$$

答 0.3 克, 140 c.c.

19. 有苛性鈉溶液於此, 取其中 32 c.c. 加 0.8N 之鹽酸 28 c.c. 恰得中和, 今欲將此苛性鈉液使化為 0.5N 之溶液時, 問每 100 c.c. 中須加若干之水使之稀薄。

圖 此苛性鈉液之濃度

$$0.8\text{N} \times \frac{28}{32} = 0.7\text{N}$$

故新加之水之量如為 x c.c. 時, 則其關係如下:

$$0.7 \times 100 = 0.5 \times (100 + x)$$

$$\therefore x = 40 \text{ c.c.} \quad \text{答 } 40 \text{ c.c.}$$

20. 有鹼性溶液於此, 其中之 40 c.c. 可用 $\frac{1}{5}$ N 之鹽酸 50 c.c. 中和, 如用此鹼液 60 c.c. 可中和硫酸 300 c.c. 時, 問此硫酸為幾規定。

$$\text{圖 鹼液之濃度} = \frac{1}{5} \text{ N} \times \frac{50}{40} = \frac{1}{4} \text{ N.}$$

$$\therefore \text{硫酸之濃度} = \frac{1}{4} \text{ N} \times \frac{60}{300} = 0.05\text{N} \quad \text{答 } 0.05\text{N.}$$

21. 於 $\frac{\text{N}}{2}$ 之鹽酸 500 c.c. 中通以 2800 c.c. 之矽精氣時, 問此鹽酸之濃度生如何之變化。

圖 矽精 1 克分子量占 22400 c.c., 故其 2800 c.c. 中所含克分子數如

下: $2800 \text{ c.c.} \div 22400 \text{ c.c.} = \frac{1}{8}$ (克分子)

因此所中和 HCl 之量亦為 $\frac{1}{8}$ 克分子, 然而所與之鹽酸中, 含有 HCl 之量如下:

$$\frac{N}{2} \times \frac{500}{1000} = \frac{1}{4} N$$

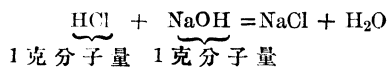
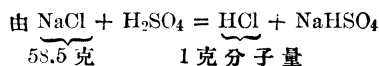
即含有 $\frac{1}{4}$ 克分子, 故中和後所餘之量如下:

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{8} = \frac{1}{8} \text{ 克分子}$$

故 1 呷中所應含之量為 $\frac{1}{4}$ 克分子。 答 $\frac{1}{4} N$ 。

22. 以硫酸分解 11.7 克之氯化鈉所生之氯化氫, 欲溶於水如中和此水溶液須用 $\frac{1}{8}$ 呷之苛性鈉液時, 問此苛性鈉之濃度如何。

解



$$1 \text{ 克分子量} \times \frac{11.7}{58.5} = 0.2 \text{ 克分子量。}$$

$$0.2 \text{ 克分子量} \div \frac{1}{8} = 1.6 \text{ 克分子量。}$$

答 1.6 規定。

6. 實驗。

1. 用規定鹼液以定量種種之酸, 如醋中之醋酸, 梅, 柚, 橘中之檸檬酸 (枸橼酸) 等。

第二章 液溶之性質

第一節 溶液之濃度

1. 溶液. 凡物質混於液體中而生全部均勻之液體之現象稱爲溶解 (Dissolution). 所溶解之物質稱爲溶質⁽¹⁾ (Solute), 溶解物質之液體稱爲溶媒 (Solvent), 溶質溶解於溶媒後所成之液稱爲溶液 (Solution). 如投食鹽於水中, 則食鹽溶解而生全部均勻有鹹味之溶液. 此時食鹽爲溶質, 水爲溶媒.

溶液之名稱, 常於溶媒之名冠以溶質之名而表之, 如稱爲食鹽之水溶液, 碘之酒精溶液是也. 溶質之種類雖多, 然溶媒之種類則不多. 若水, 酒精, 二乙醚, 安息油, 揮發油等皆爲普通所用之溶媒. 就中以水爲最普通, 故水溶液多簡稱之爲溶液.

2. 濃度之單位. 構成溶液之溶媒與溶質之量之關係, 常以濃度 (Concentration) 表示之. 通常所使用之單位有下之三種:

(1) 百分率 (%). 以溶液 100 量 (重量) 中所含溶質之

(1) 溶質若爲液體, 即二液互相混合時, 則其量多者爲溶媒, 少者爲溶質.

量以表示濃度者，稱為百分率，用符號 % 表示之。如 10% 苛性鈉溶液云者，即該溶液 100 克中含有苛性鈉 10 克之溶液也。

(2) 克分子標準液。以溶液一罇中，所溶解之溶質之克分子數以表示濃度者，稱為克分子標準液，一罇中溶存一克分子量者取為單位，稱為一克分子溶液，例如稀硫酸一罇中含有純硫酸一克分子量 (= 98 克) 者，即為一克分子溶液，含有 5 克分子量者，即為 5 克分子溶液是也。

(3) 規定液(N)。溶液一罇中所含溶質之量，以其溶質之克當量數為單位所表之濃度，稱為規定液(第 294 頁)。如鹽酸(HCl)，苛性鈉(NaOH)等，其一克分子量與一克當量相等，故用克分子所表之濃度與用規定所表之濃度相同；然如硫酸，消石灰等，其一克分子量與二克當量相等，故其一克分子溶液與二規定溶液相當。

(4) 稀釋度(D)。此外更有以溶質之單位量(一克分子量或一克當量)所占之溶液之罇數以表示濃度者，此不稱為濃度，而名之曰稀釋度(Dilution)。如有濃度為 5 克分子之標準溶液，則其溶質之一克分子量應溶存於 $\frac{1}{5}$ 罇之溶液中，即其稀釋度為 $\frac{1}{5}$ 也，故知濃度為稀釋度之逆數。

$$\frac{1}{\text{濃度(克分子量)}} = \text{稀釋度(罇)}$$

3. 飽和溶液。溶液之濃度，非可無限度增加，常因其溶質之種類與溶媒之性質而定(但在一定之溫度時)。有此最

大濃度之溶液名爲飽和溶液 (Saturated solution) (參照第310頁之定義),從而未達最大濃度之溶液則爲不飽和溶液 (Unsaturated solution),故飽和溶液中若有固體存在,則此固體與已溶解之部分,保有次之平衡:

溶質(固體) \rightleftharpoons 溶質(溶解者)

若更加溶媒而減少溶液之濃度,則固體更行溶解以飽和其溶液,又用適當之法除去溶媒(蒸發),則溶解之物質成固體析出,但此際析出之固體,概成固有之結晶,而結晶往往爲溶質與水之化合物,如碳酸鈉之結晶,爲 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; 硼砂之結晶,爲 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. 此等結晶被熱,則發散水分而崩壞,此種形成結晶所必要之水,稱爲結晶水 ⁽¹⁾ (Water of crystallization).

由不含固體之飽和溶液蒸去水分時,有時並不析出固體,而爲濃度更大之溶液,此液稱爲過飽和溶液 (Supersaturated solution) 極不安定,若以溶質之小結晶投於其中,即生成多量之結晶,過飽和溶液又可由冷卻飽和溶液而得之,故冷卻一硫硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 之高熱飽和溶液,得容易實驗其過飽和之狀態.

4. 溶解度. 在飽和溶液溶媒 100 量中所溶之溶質之量,稱爲某溶質之溶解度 (Solubility),如水 100 克溶解明礬 10 克而飽和,故明礬之溶解度即爲 10.

然溶解度爲溶媒溫度之高低所左右,固體之溶解度,大

(1) 不含結晶水之結晶亦有多種,如 NaCl , H_3BO_3 , SiO_2 等是也.

概溶媒之溫度愈高則愈大,如水之溫度與昇汞之溶解度之關係如下:

[水之溫度].....	0°	10°	20°	30°	40°	60°	80°	100°
[溶解度].....	3.5	4.5	5.4	7.2	9.3	14.0	23.1	38.0

由是表示溶解度時,必須明記溶媒之溫度。

溶解度因溫度之高低而變化之狀態,表示於圖較製表爲便,法取交於直角之二直線,以其交點爲起點,而各等分之,於橫直線之等分

線上記以溫度,垂直線上則記以溶解度,自二直線上之某溫度及某溶解度之二點各作垂直線,則其交點即表示一物質之溶解度,在種種之溫度所求得此等之諸點以線連結之,可得一曲線,稱爲溶解度曲線,如圖 120 所示者是也。

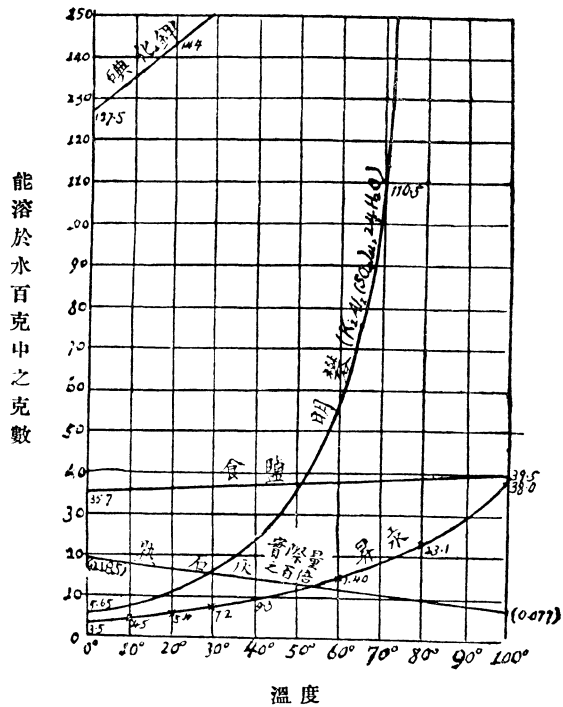


圖 120——溶解圖曲線。

溶解度與溫度之關係,以一曲線圖示之時有下列之諸利點:

- (1) 溶解度因溫度之昇降而生之變化,可一見得之。
- (2) 可推知未實測之溫度時之溶解度。
- (3) 由數種物質之溶解度曲線之相互關係,得設法以分離各物質。

例如依上之圖表,可知明礬之溶解度,因溫度之上升,其增加極顯,消石灰之溶解度則反行減少,又於⁽¹⁾50°時製昇汞之飽和溶液,應加於水 100 克中之昇汞之量(12克)可一目瞭然,又如欲分離明礬與昇汞之混合物時,可利用明礬在高溫度時之溶解度優於昇汞,先將溶液蒸發使昇汞結晶,次冷卻其液而使明礬結晶。

溶質為液體時,其溶解度與溫度之關係雖甚複雜,然大體上實無甚差異,以氣體為溶質時,溶解度因溫度之上升而益減少,又因壓力之增加而益增加(第87頁),至其溶解度之表示方法,常用在零度一氣壓時溶質(氣體)之體積對於溶媒之體積之比,如鹵精之溶解度,在零度之水中為其⁽²⁾1300倍體積,在20°之水中為其700倍之體積是也。

5. 摘要. 定義

(1) 亦有至某溫度止其溶解度增加,自此以上則反減少者。如硫酸鈉為其一例。此因在此溫度其組成已起變化故也。(2) 表示氣體之溶解度,多將溶解於1 c.c.之液體中之氣體之體積,改正之為零度76 厘壓力時,此值稱為氣體之吸收率。

溶 液 (Solution)	溶質溶解於溶媒中而生之液體，謂之溶液。
濃 度 (Concentration)	表示構成溶液之溶媒與溶質之量之關係之語稱爲濃度。普通所用者爲%(溶液100重量中溶質之重量)，克分子標準液(溶液一呎中溶質之克分子數)，規定(溶液一呎中溶質之克當量數)之三種單位。
稀 釋 度 (Dilution)	用克分子標準所表示之濃度之逆數，稱爲稀釋度。卽溶質一克分子所占之體積用呎表示之之數也。
飽 和 溶 液 (Saturated solution) 不 飽 和 溶 液 (Unsaturated solution) 過 飽 和 溶 液 (Persaturated solution)	溶液在一定之溫度與溶質相接而有最大之濃度時，謂之飽和溶液。不然者謂之不飽和溶液。又超過最大之濃度而呈不安定之狀態者，稱爲過飽和溶液。
溶 解 度 (Solubility)	在飽和溶液溶解於溶媒 100 量中之溶質之量，稱爲溶解度。

6. 問題.

1. 溶解食鹽 2 克於水，使其體積爲 100 c.c. 時，其濃度如何。

解 食鹽 1 克分子之溶液，卽 1000 c.c. 中含有食鹽 $\text{NaCl} = 58.5$ 克，今所與之食鹽水 1000 c.c. 中，含有食鹽 20 克，故其濃度如下：

$$20 \text{ 克} \div 58.5 \text{ 克} = 0.34 \text{ (克分子量)} \quad \text{答 } 0.34 \text{ 克分子量。}$$

2. 問濃度 0.5 之硝酸銀溶液 25 c.c. 中，含有銀幾克。

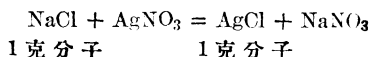
解 硝酸銀 AgNO_3 1 克子中含銀 $\text{Ag} = 108$ 克，故硝酸銀溶液 25 c.c. 中含銀之量如下：

$$108 \text{ 克} \times 0.5 \times 0.025 = 1.35 \text{ 克} \quad \text{答 } 1.35 \text{ 克。}$$

3. 有食鹽水於此，取其中 20 c.c. 用硝酸銀溶液充分注加之時，生 0.5 克之白色沉澱。問食鹽水之濃度及 100 c.c. 中所含

食鹽之重量如何。

圖 食鹽與硝酸銀相混時，由如下之反應而生白色之氯化銀沉澱：



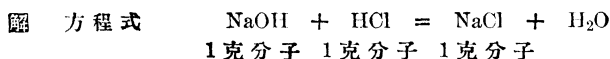
但 $\text{AgCl} = 143.5$ 克，故氯化銀 0.5 克與 $(0.5 \div 143.5)$ 克分子相當。又由方程式氯化銀 1 克分子由食鹽 1 克分子而生。故此又為食鹽 20 e.c. 中之克分子數，故 1000 e.c. 中之量如下：

$$\frac{0.5}{143.5} \times \frac{1000}{20} = 0.17 \text{ 克分子}$$

故 100 e.c. 中所含之重量，由 $\text{NaCl} = 58.5$

$$58.5 \text{ 克} \times 0.17 \times \frac{1}{10} = 10 \text{ 克} \quad \text{答 } 0.17 \text{ 克分子, } 10 \text{ 克.}$$

4. 有苛性鈉 1 克分子之溶液 2 呎，如以鹽酸 1 克分子之溶液中中和時，問可得幾克分子之食鹽溶液。又此食鹽之量如何。



1 克分子苛性鈉之 2 呎中含有 2 克分子之 NaOH ，欲中和時須用 1 克分子之鹽酸 2 呎，故所生食鹽之量為 2 克分子，即 $2\text{NaCl} = 117$ 克。然而食鹽 2 克分子，含於苛性鈉及鹽酸體積之和即 4 呎中，故 1 呎中所含之量，即濃度 = $\frac{1}{2}$ 克分子。

答 $\frac{1}{2}$ 克分子, 117 克.

5. 中和稀硫酸 50 e.c. 時，需濃度 2 克分子之苛性鈉液 20 e.c.，問硫酸之稀釋度如何。

關 由方程式 $H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$ 知硫酸 1 克分子與苛性鈉 2 克分子為當量，故 2 克分子苛性鈉液 20 c.c. 與 1 克分子之稀硫酸 20 c.c. 為當量，但此量之純硫酸含於 50 c.c. 之稀硫酸中，故後者較前者稀薄 (50 ÷ 20) 倍，故其稀釋度為 2.5。 答 2.5。

7. 實驗.

1. 將一硫酸鈉之結晶盛試管中熱之，使之溶解，俟冷卻後，將一結晶片投入其中，即時生多量之結晶而且發熱。
2. 取食鹽，氯酸鉀等約 3 克，各盛於試管中，各加水 1 c.c. 熱之，求全部溶解時所需之水之體積而比較之。
3. 將飽和溶液之一定量蒸發之，試測算其殘留溶質之重量而定其溶解度。

第二節 溶液之冰點與沸點

1. 冰點下降與沸點上昇. (1) 定義. 溶液之一通性，為溶質對於其溶媒之冰點及沸點之影響，一般溶有溶質之溶媒，即冷卻至其固有之冰點亦不凝固，又熱至其固有之沸點，亦不沸騰。⁽¹⁾ 此現象稱為溶液之冰點下降及沸點上昇 (Depression of freezing-point and elevation of boiling-point).

(2) 定律. 溶液之冰點下降或沸點上昇之度，與溶液之濃度有密切關係，其比較的稀薄之溶液則依次之。⁽²⁾ 定律。

(1) 溶液之沸點高於溶媒之沸點者，因溶液之蒸氣壓小於純溶媒之蒸氣壓故也。此因溶質之分子吸引溶媒之分子，而妨其蒸發所致。(2) 此關係為 1882 年拉烏爾 (Raoult) 氏之發見。

(a) 溶解同一物質於一定量之同一溶媒中時，其冰點下降或沸點上昇，與溶質之重量相比例。

(b) 溶解異種物質之等克分子數於一定量之同一溶媒中時，此等冰點下降或沸點上昇，不關溶質之種類而同一者也。

例如蔗糖 1 克溶解於水 100 克中之溶液，其冰點為 -0.054° ，沸點則為百度以上 0.015° ；若溶解其 2 克，則冰點與沸點俱為上之二倍（定律 a），又如水 100 克中溶解蔗糖 ($C_{12}H_{22}O_{11} = 342$) 1 克，即 $\frac{1}{342}$ 克分子量者，與溶解葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6 = 180$) 之 $\frac{1}{342}$ 克分子量，即 $180 \text{ 克} \times \frac{1}{342} = 0.526 \text{ 克}$ 者，其溶質之重量上雖差異甚大，而悉於 -0.054° 凝固，百度以上 0.015° 沸騰（定律 b）。

(3) 分子下降與分子上昇。 溶解任意溶質之一克分子量於某溶媒之 100 克所成之溶液，其冰點下降或沸點上昇，照上述之稀薄溶液所推算而得之值，稱爲該溶媒之冰點⁽¹⁾之分子下降或沸點之分子⁽²⁾上昇⁽³⁾ (Molecular depression or molecular elevation)。此值在同一之溶媒固爲恆數（既定之值），然因溶媒之種類而異其值，如下表所示：

(1) 在比較的稀薄之溶液溶媒 100 克中，溶液之溶質 P 克時，其冰點降下若爲 t ，則分子量 $\times \frac{t}{P}$ 稱爲分子降下。(2) 冰點下降沸點上昇之定律如上所說僅限於稀薄溶液方能成立，如溶媒 100 克中實際溶解溶質一克分子量之濃厚溶液，則此定律不能適用，通常溶液愈濃厚，則此恆數之值愈減少。

	冰 點 下 降	沸 點 上 昇
水 (H ₂ O)	18.5°	5.2°
酒精 (C ₂ H ₆ O)	—	11.5°
醋酸 (C ₂ H ₄ O ₂)	38.6°	25.3°
烴 (C ₆ H ₆)	50.0°	26.7°
石炭酸 (C ₆ H ₆ O)	75.0°	30.4°

用此恆數,可以計算任意濃度之溶液之冰點,如取蔗糖 2.5 克溶解於水 50 克者,爲

$$\text{蔗糖一克分子量 } O_{11}H_{22}O_{11} = 342 \text{ 克}$$

$$\therefore \text{蔗糖 2.5 克} = \frac{2.5}{342} \text{ 克分子}$$

此克分子數爲溶於水 50 克中者,其溶於水 100 克中者,則爲上之二倍也,故由水之恆數 18.5° 與 5.2° 而得所要之值如次:

$$\text{冰點} = -18.5^{\circ} \times \frac{2.5}{342} \times \frac{100}{50} = -0.27^{\circ}$$

$$\text{沸點} = 100^{\circ} + 5.2^{\circ} \times \frac{2.5}{342} \times \frac{100}{50} = 100.08^{\circ}$$

2. 分子量之測定. 溶液之冰點之分子下降與沸點之分子上升,爲因溶媒之種類而定之值,與所含溶質之種類無關,故可利用而推求溶質之分子量,法取分子量未知之物質一定量,溶於一定恆數之溶媒 100 克中,而測定其冰點下降,即可算出其冰點降至其分子下降之度數時,所應含該物質之重量即其分子量也,測沸點之上升亦與測冰點之下降同,難於氣化之物質之分子量,常用此法以定之(第 97 頁),如溶

解葡萄糖 0.15 克於水 50 克所成之溶液，其冰點若較水之冰點低 0.032° ，則此溶液之冰點下降至水之冰點之分子下降恆數 18.5° 時，其中所含葡萄糖之重量當為 (定律 a)：

$$0.15 \text{ 克} \times \frac{18.5}{0.032}$$

然水 100 克中所含之量當為其 $\frac{100}{50}$ 倍，

即葡萄糖之一克分子量 (定律 b) 也。

故 葡萄糖一克分子量 = $0.15 \text{ 克} \times$

$$\frac{18.5}{0.032} \times \frac{100}{50} = 178 \text{ 克}$$

∴ 分子量 = 178

[但實際之值為 180]

由溶液之冰點或沸點法所得之

分子量常為概數，非甚精密，但此毫無損於分子量測定上之價值。蓋分子量為決定其分子式之必要數值，而分子式常以實驗式之整數倍表示之 (第 113 頁)，又實驗式可由組成直接求之，故欲定既知其組成即知其實驗式之物質之分子式時所要之分子量，可不必適等於其實驗式所表之量 (式中之原子量之和) 之整數倍，即為其整數倍之近似數已足。如葡萄糖之實驗式為 CH_2O ，用上之方法所求之分子量為 178

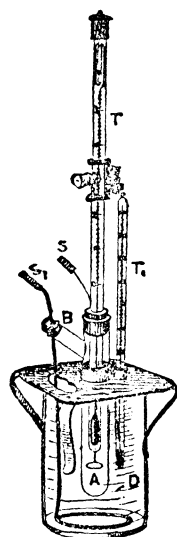


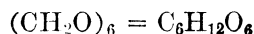
圖 121——測溶液之冰點下降。

- A.....盛溶液之器。
- D.....寒劑。
- T, T,.....溫度計。
- S, S,.....攪拌器。

故 $(\text{CH}_2\text{O})_n = (12 + 2 + 16) \times n = 178$

$$\therefore n = \frac{178}{30} = 5.9^{\text{①}}$$

n 之數因其性質應為整數，故當為 6，其分子式如下：



3. 摘要. 定律 定義

溶液之冰點與沸點	溶液之冰點下降或沸點上昇，因溶媒之種類與溶液之濃度（即溶媒一定重量中之溶質之克分子量數）而定，與溶質之種類無關。
溶液之恆數	溶質之一克分子量溶解於溶媒 100 克中之溶液與純溶媒之冰點相互之差，或沸點相互之差（由其稀薄溶液推算而得之值），稱為冰點之分子下降及沸點之分子上昇。
分子量測定	分子量 = $\left(\frac{\text{溶解於溶媒 100 克}}{\text{中之溶質之克數}} \right) \times \frac{\text{溶媒之恆數}}{\text{冰點下降或沸點上昇}}$

4. 問題.

1. 物質對於水之溶解度及溫度之關係試舉例述之。
2. 將砂糖 4.8 克溶於 100 c.c. 之水中，測其冰點得 -0.265° 求砂糖分子量之概數。

圖 水 100 c.c. 可以視為 100 克，如以 M 表分子量時，則由

$$4.8 : M = 0.265 : 19$$

$$\therefore M = 344 \quad \text{答 344.}$$

(1) 用此法而得之分子量 (178)，以其近於實際之分子量 (180)，故一般 n 之小數部分常近於 9 或 0，可得而捨之。

3. 將碘 2 克溶解於酒精 50 克中,測其沸點見上昇 0.18°, 求溶媒沸點之分子上昇。

解 此溶液中酒精每 100 克含有碘 4 克之比例, 又因 $I_2 = 254$ 故所求之值如下:

$$0.18 \times \frac{254}{4} = 11.4^\circ \quad \text{答 } 11.4^\circ.$$

4. 二氧化二氫之組成爲氫 6%, 氧 94%, 其 3% 水溶液之冰點爲 -1.7° , 問其分子式如何。

解 實驗式 $\frac{6}{1} : \frac{94}{16} = 1 : 1 = \text{HO}$

又此溶液爲水 97 克中含有二氧化二氫 3 克, 故水 100 克中所含之量爲 3 克 $\times \frac{100}{97}$ 。又因水之恆數爲 18, 故其分子量爲

$$3 \text{ 克} \times \frac{100}{97} \times \frac{18}{1.7} = 34.1 \text{ 克}.$$

故 $(\text{HO}) \times n$ 即 $(1 + 16) \times n = 34.1 \quad \therefore n = 2$

故分子式爲 H_2O_2 答 H_2O_2 。

第三節 溶質之電離

1. 酸, 鹼, 鹽之通性。酸, 鹽基, 鹽之水溶液, 與他物質 (如砂糖) 之水溶液, 其性質大異。即

(1) 酸, 鹽基, 鹽之稀薄水溶液之冰點下降或沸點上昇, 顯較同濃度之他物質之水溶液之值爲大。

(2) 酸, 鹽基, 鹽之水溶液, 多與他物質之水溶液異, 容易通過電流, 同時多少分解。

(3) 含同一元素或同一根之酸, 鹽基, 鹽, 不拘其中所含之他元素或根之爲何, 其水溶液悉呈同一之反應。

如氯化氫之水溶液(即鹽酸)之冰點下降, 約二倍於同濃度(溶解於水100克中之溶質, 其克分子數相等者)之砂糖水之冰點下降(性質之第1), 又取與電池及電鈴相連結(圖122)

之電極浸於純水中, 而後溶以氯化氫時(或加鹽酸亦可), 則電鈴忽鳴, 此表示鹽酸爲導電體也, 同時氯化氫分解, 由電極之表面發生氣泡極盛(性質之第2)。又如 HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 等俱含有同

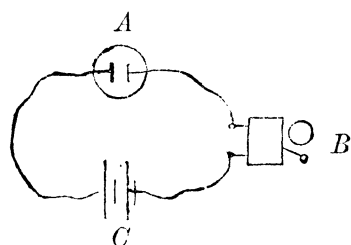
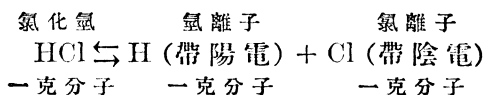


圖122——試驗電解質之水溶液, 能導電之裝置。

- A.....盛電解質水溶液之器。
B.....電鈴。
C.....電池。

一成分H, 故不拘其他之成分各爲 Cl , NO_3 , SO_4 , PO_4 而悉呈酸性反應, 又如 HCl , NaCl , NH_4Cl 等之氯化物, 其他一成分雖各爲 H , Na , NH_4 , 然遇硝酸銀 (AgNO_3) 之水溶液, 則悉生易感日光之白色沉澱 (AgCl) 是也(性質之第3)。

2. 電離。 爲欲說明上之事實, 故假定酸, 鹽基, 鹽溶解於水而分離爲獨立之二部分, 其中一部分帶陽電, 他一部分帶陰電。今氯化氫一克分子量溶解於比較的多量之水中, 則殆全部解離而生帶陽電之氫一克分子與帶陰電之氯一克分子。



即溶液中等於含有物質二克分子也，故對於冰點下降，與以二克分子之影響，又此時解離而生之帶陽電之氫呈酸性反應，帶陰電之氯能與硝酸銀相作用而生白濁，但鹽酸之傳導電流，亦因此帶電物質移動之故。

如斯溶質在水溶液中解離而為帶電部分之作用，稱為電離 (Electrolytic dissociation)，由溶質電離而生之物稱為離子 (Ions)。如酸、鹼、鹽等能電離之物質，總稱為電解質 (Electrolyte)。

電解質溶解於水時，其電離之部分非溶質之全部，一般電離之比例，因

- (1) 溶質之種類 (2) 溶液之濃度

而有異，故以電離而生之總離子量，對於溶質全量之比，表示電離之程度時，稱為溶質之電離度。若就比較的稀薄之同濃度之溶液，而比較溶質之電離度，則鹽類概善於電離（有至八成者），酸類如鹽酸、硝酸、硫酸，鹼類如苛性鈉、苛性鉀、氫氧化鈣等，皆為善於電離之電解質也。

3. 離子。 在前項電解質之水溶液中之解離生成物，曾附以離子之名稱，但離子云者，為在水溶液中各呈獨立之反

(1) 電離為電解離之略，電解質為起電離子物質（或得以電解之物質）之略。

應之酸、鹼，或鹽之部分，悉帶陽電或陰電之物質之謂也。

從而離子之特性如下：

(1) 離子不特與遊離元素之性質全然相異，僅能存在於水溶液中，且與其他之帶反對之電之離子相對而共存，……
 ……………(與元素之差異)

(2) 離子不如化合物之成分之受共存之他成分(即共存離子)之影響，常呈獨立之作用，……
 ……………(與化合物之成分之差異)

如鹽酸中之氯化氫，其電離所生之氫離子與輕氣全異，輕氣不過微溶解於水，而氫離子只存在於水中，能使石蕊色質變為紅色，又氯離子無綠氣之臭，色，漂白作用，然有使硝酸銀成白濁狀性質，輕氣或綠氣雖各能單獨溶存於水中，然此等離子必須伴有相對之離子，而決不能單獨存在。上之離子之第2特性極為緊要，普通之化合物如HCl, H₂O中之H，受其結合對手之Cl或O之影響，其性質因不能豫知，然H離子則可不問共存離子之為Cl離子或NO₃離子，常呈其獨立之特性。

一般離子之命名法，常附加離子之語於構成離子元素或根之名，如呼為氫離子，氫氧離子等是，又因其帶電之種類分爲陽離子(Cation)與陰離子(Anion)，又應其原子價或根之價，而在構成離子之元素符號或根之右肩上，記以代表陽電及陰電之一定量之符號·及'，以表示其名稱，組成與

(1) 離子之必成對而存在，為離子之檢查所需注意之事。

(1)
電量.

今就由非金屬元素並根所成之主要離子,而舉其符號及特有反應如次:

離子名稱	符號	色	特有反應	電解質之例
氫離子	H ⁺	無	變石蕊色質為赤色。	HCl
銨離子	NH ₄ ⁺	無	變 Nessler's solution 為黃色	NH ₄ Cl
氯離子	Cl ⁻	無	使硝酸銀水溶液成白濁狀。	HCl
溴離子	Br ⁻	無	變硝酸銀水溶液為淡黃濁狀。	KBr
碘離子	I ⁻	無	變硝酸銀水溶液為黃濁狀。	KI
氫氧離子	OH ⁻	無	變紅色石蕊色質為青色。	NaOH
硝酸離子	NO ₃ ⁻	無	濃硫酸混合液與硫酸亞鐵之液層間生褐色之層。	HNO ₃
硫離子	S ²⁻	無	變硝酸鉛溶液為黑色。	H ₂ S
硫酸離子	SO ₄ ²⁻	無	使二氯化鉍生白色沉澱。	H ₂ SO ₄
碳酸離子	CO ₃ ²⁻	無	使石灰水生白色沉澱。	H ₂ CO ₃
砷離子	As ³⁻ (³⁻)	無	因硫化二氫而變為黃色。	AsCl ₃
銻離子	Sb ³⁻ (³⁻)	無	因硫化二氫而變為橙色。	SbCl ₃
磷酸離子	PO ₄ ³⁻	無	使鉍酸鉍液變為黃色。	H ₃ PO ₄

如上表非金屬元素及根概為陰離子,氫及金屬常為陽離子。⁽²⁾

電解質之電離狀態,用次之方程式表示之。

氯化氫 氫離子 氯離子

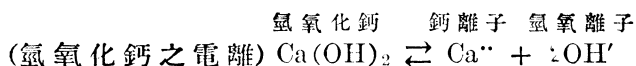
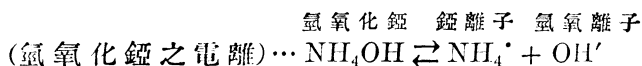


硫酸 氫離子 硫酸離子



(1) 一克當量之物質變為離子時,所帶之電量為 96,540 庫 (Coulombs)。

(2) 根無遊離者,其為離子者,則遊離而存於水中。



作電離方程式時所應特需注意者，爲離子所荷之電，毫非由外部加入，而由不帶電之電解質之解離而新生，故在水溶液中陽電之總量，必應等於陰電之總量。換言之，溶液中離子所帶之‘與’之數應相等。如上式中由鹽酸之電離所生之‘及’之數悉爲 1，硫酸則爲⁽¹⁾2 是也。

4. 摘要 定義

電解質 (Electrolyte)	爲酸、鹼、鹽類等物質溶解於水而解離爲離子之物質之謂。
離子 (Ion)	爲在水溶液中呈獨立之反應之電解質之部分，悉帶陽電或陰電。
電離 (Electrolytic dissociation)	電解質解離爲離子之謂也。

5. 問題.

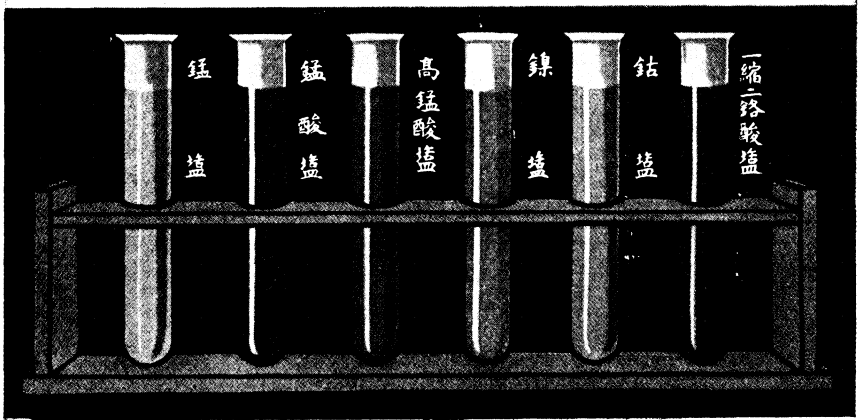
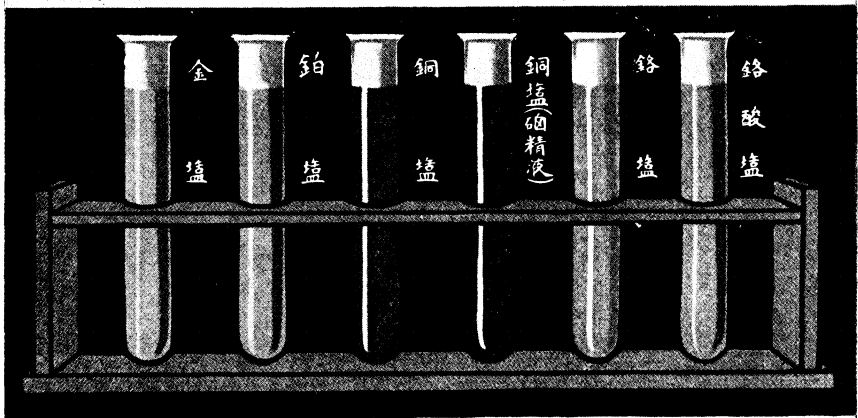
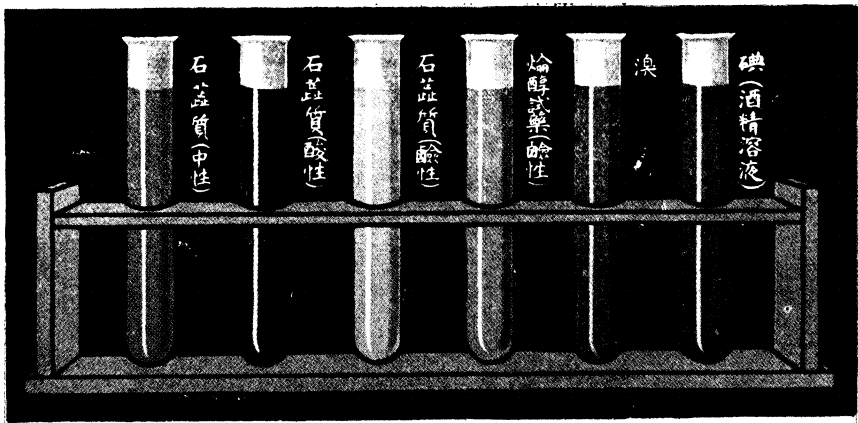
1. 何謂電離及電離度。
2. 試述離子與離子說。

圖 離子爲水溶液中所存之帶電原子或原子團，不問溶液中共存之物質爲何常呈獨立之反應。

3. 鹽酸、硫酸、食鹽、苛性鈉等水溶液之冰點降下，較同濃度

(1) 2H⁺爲 2(H⁺)之意，表示 H 及 + 之二倍者也。

水溶液之色



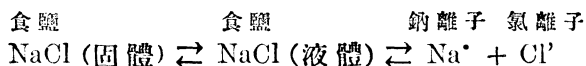
之砂糖水溶液之冰點降下爲大,其理由如何。(319頁)

6. 實驗.

- (1) 作種種物質之水溶液而通電流,查其物質是否爲電解質.
- (2) 試驗本節中各離子之反應.

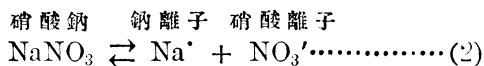
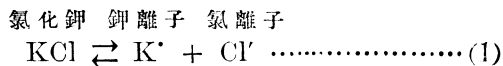
第四節 溶液內之反應

1. 離子平衡. (1) 一種電解質. 投電解質(如食鹽)於水,則漸次溶解,至達飽和狀態後,則固體之食鹽與被溶解之食鹽互保其平衡,又已溶解之部分,其一部分電離而成之離子與未電離部分間,亦保持平衡,即:

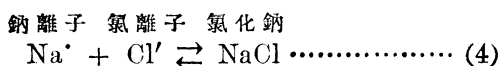


故此時如除去 Cl^- ,則已溶解之食鹽勢必重復電離以補充之,因而間接促進固體食鹽之溶解.

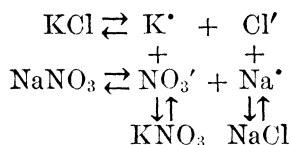
(2) 二種電解質. 爲欲研究二種電解質溶解於水時之平衡,可製氯化鉀與硝酸鈉之混合溶液以行試驗,此溶液中含有下列之八種物質,而互保平衡,即二種溶質($\text{KCl}, \text{NaNO}_3$)及其電離所生之四種離子($\text{K}^+, \text{Cl}^-, \text{Na}^+, \text{NO}_3^-$).



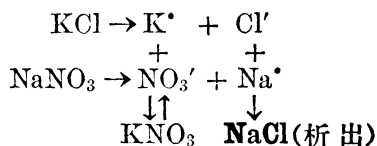
與此等離子化合而成之二種新電解質($\text{KNO}_3, \text{NaCl}$),



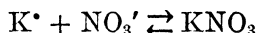
其關係以式表之如下：



(a) 破壞平衡之一。設此平衡中除去任一物質如 NaCl 時，以考察其反應之進行狀態，即 NaCl 被除去，因之 Na[•] 與 Cl' 結合以補其缺，又因更欲補此二種離子，故促 KCl 及 NaNO₃ 之電離，而反應乃向以矢所示之方向逐次進行，如下式所示：



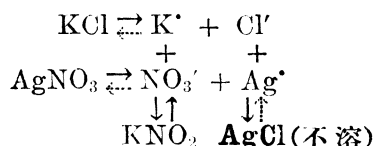
至最後則 KCl, NaNO₃ 二物質悉行消失，而溶液中惟有 K[•], NO₃' 與 KNO₃ 互為平衡而已，即：



故若蒸發此最後之溶液以除去水，則可得 KNO₃ 之固體。此法為工業上由硝酸鈉(NaNO₃)與氯化鉀(KCl)製硝酸鉀(KNO₃)時之反應，生成之食鹽(NaCl)，則因其在共存之諸物質中最難溶解於溫水，故得而除去之。

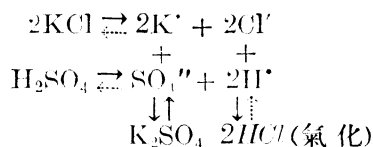
(b) 破壞平衡之二。在上之反應若以硝酸銀 (AgNO₃)

代硝酸鉀(KNO₃)時,則因共存於溶液中之八種物質中,



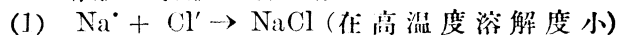
氯化銀 (AgCl) 殆不溶解於水,即沉澱而被擯於平衡之外,故反應乃向實線所示之方向進行,結果,溶液中只含KNO₃及K⁺, NO₃⁻離子而已,此反應常用於可溶性銀鹽或氯化物之鑑識。

(c) 破壞平衡之三. 欲破壞二種電解質之混合溶液中之平衡而使反應終結時,雖常須逐出其反應物質之一於反應外,然其方法不必定如上之二例所用之沉澱法,加濃硫酸(H₂SO₄)於氯化鉀而熱之,則平衡中之氯化氫(HCl)最易揮發,故變為氣體而被逐出,因之反應向下式中之實線之矢所示之方向進行,此即氯化氫之製法也。



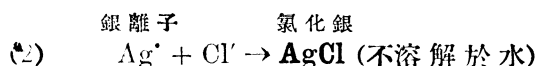
2. 離子反應. 據上之所論,可知溶液內二種電解質間之化學變化,非未電離部分之變化,實為電離生成之離子間之變化也,重言之,前項第一例所示氯化鉀與硝酸鈉之反應,為氯離子與鈉離子作用變為氯化鈉而除去。

鈉離子 氯離子 氯化鈉

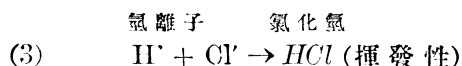


(1) 製取 HCl 時常用 NaCl, 但用 KCl 亦能得同樣之結果。

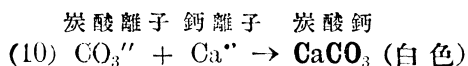
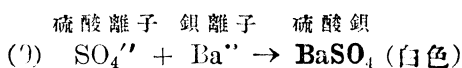
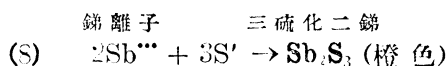
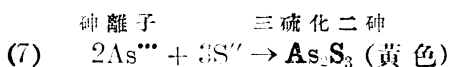
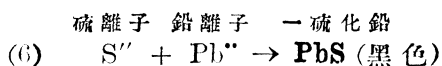
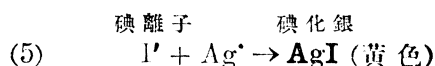
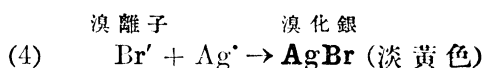
第二例爲氯離子與銀離子生氯化銀沉澱之反應。



第三例爲氯離子與氫離子化合而生成揮發性之氯化氫之反應也。



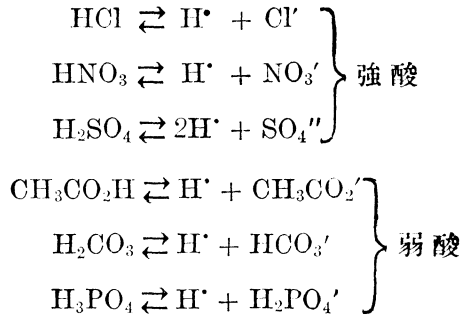
故第 321 頁所舉離子之特有反應，自亦可推知其爲離子間之反應，此等之離子方程式如下：



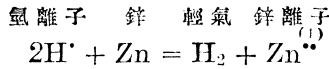
如上二種離子化合而析出沉澱之反應，常利用於離子之鑑識。

3. 酸,鹼,中和. (1) 酸. 酸云者,爲溶解於水而生氫離子

(H') 之物質之謂,其有酸味,能變石蕊色質為赤色,且溶解金屬而發生輕氣者,皆此 H' 之作用也,今舉酸之電離方程式如下:



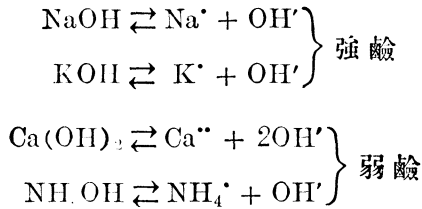
即皆生氫離子(H'),與金屬相觸則失其所荷之電,而變為氫,



酸之特性,若因 H' 之作用而起,則 H' 之濃度大者之酸當為強酸,小者之酸當為弱酸,然在濃度(規定)相等之諸種酸其一定體積中所含氫離子之量,因其酸之電離度之大小而異,故強酸為電離度大者之酸,弱酸為電離度小者之酸,從可知也。一規定之鹽酸,硝酸,硫酸之電離度皆比較的大,約為 0.8—0.6,但醋酸,碳酸,硼酸則皆小僅約 0.005 而已,由此可知酸之強弱之度,懸隔殊甚也。

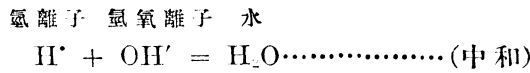
(2) 鹼. 鹼性反應,為氫氧離子(OH')所呈之反應,故溶解於水而生此種離子之物質悉為鹼也。

(1) $2\text{HCl} + \text{Zn} = \text{H}_2 + \text{ZnCl}$

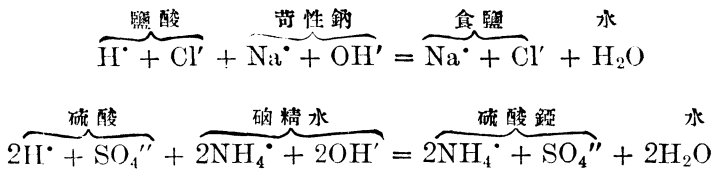


鹼之強弱亦因 OH' 之濃度之大小而定，即由於其電離度之大小而分強弱，與酸無異。

(3) 中和。氫離子與氫氧離子相遇則生不電離之水，故含氫離子之物質(即酸)與含氫氧離子之物質(即鹼)相混時，則失其酸性並鹼性而變為中性，即所謂中和之化學反應是也。⁽¹⁾

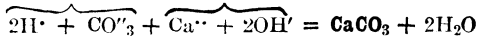


但此際酸及鹼中之與 H' 或 OH' 成對之他種離子，則多不變化而存在於溶液中，此即鹽也。如：⁽²⁾

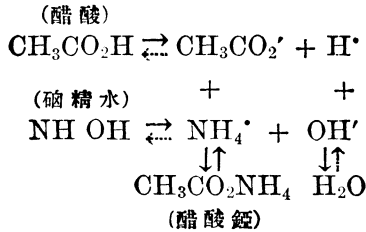


取電離度小之酸(即弱酸)使與電離度小之鹼(即弱鹼)中和，則溶液中非僅電離存在之 H' 與 OH' 化合而已，且因中和之進行而促未解離部分之電離，終則酸及鹼之全部，悉變為鹽與

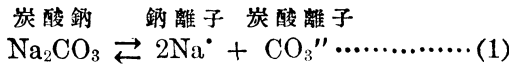
(1) $\text{H}' + \text{OH}' = \text{H}_2\text{O} + 13.8$ 卡路里。 (2) 與 H' 或 OH' 成對之離子有於中和時即行化合者，如通碳酸氣於石灰水時是。



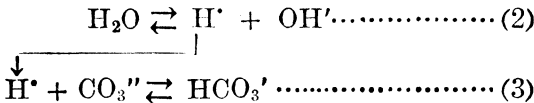
水,此關係可參照下列平衡方程式,即得容易理解之。



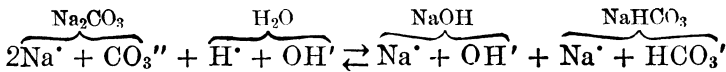
4. 鹽之加水分解. 酸與鹽基強弱之度大異時,所生之鹽常起加水分解之現象(第286頁),亦可由離子反應而詳細說明之,如碳酸鈉在溶液中電離其大部分生Na'與CO₃''。



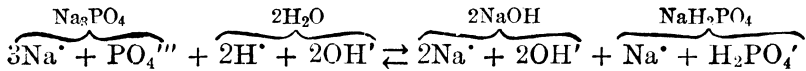
但碳酸(H₂CO₃)本為弱酸,難於電離,故此時所生之CO₃''即取電離極微之水之氫離子,而成電離度小之HCO₃'⁽¹⁾。



因之水愈電離,而OH'之濃度愈增加,終至溶液呈鹼性之反應,此(1)(2)(3)三反應併為一方程式則如次:

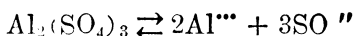


同樣磷酸鈉之加水分解,亦可表之如次:

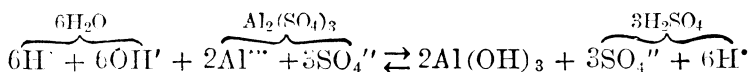


(1) H₂CO₃若完全電離,則當為H₂CO₃ ⇌ 2H' + CO₃'',故H₂CO₃ ⇌ H' + HCO₃'為電離度小之狀態也。

又取硫酸鋁爲溶質時,因此鹽之原料之氫氧化鋁爲難電離之物質,故硫酸鋁電離所生之鋁離子,



與水之氫氧離子化合,而生氫氧化鋁,使氫離子遊離而呈酸性反應,即:



故鹽之起加水分解,乃基因於生成該鹽之酸或鹼之一方遠較他方之電離度爲小者(或兩者俱弱)從可知也。

5. 摘要. 離子反應

酸與鹼及其強弱	酸在水溶液中生H,鹼生OH',故其強弱因離子之濃度之大小而定。
中 和	中和爲酸中之H ⁺ 與鹼中之OH'化合而生不電離之H ₂ O之現象。
加 水 分 解	鹽之加水分解,由於生成該鹽之酸或鹽基之電離度甚小時而起。
離 子 反 應	在溶液內,溶質間之反應一般發生於離子之間。

6. 問題.

1. 試表示酸及鹽基在溶液中之狀態,並說明其強弱.
2. 中和及加水分解爲如何之化學變化,試說明之.
3. 下列反應試以離子式表之:

(1) 由電離度大之酸,鹼而成之鹽,如Na₂SO₄,由Na₂SO₄ ⇌ 2Na⁺ + SO₄²⁻所生之離子,得以不起變化而存於水中。此因NaOH, H₂SO₄皆善於電離,而能各生Na⁺, SO₄²⁻,故不起水分解。

(1) 碳酸鈉與稀鹽酸 (2) 氧化鋇與硫酸



4 試述由硝酸鈉與氯化鉀製硝酸鉀之方法。

圖 將兩物質之混合溶液加熱蒸發，擲去所析出之食鹽，使溶液降冷而生硝酸鉀之結晶(其理論詳見324頁)。

5. 主要非金屬離子之離子反應，試用方程式表之。(326 頁)

6. 鹽酸強於硫酸何故。

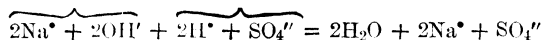
圖 因同濃度之鹽酸比硫酸電離更多，而生氫離子(H^*)之故。

7. 以苛性鈉液於稀硫酸中和時所生之反應，試用離子式說明之。

圖 苛性鈉液中之苛性鈉電離為 $\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^* + \text{OH}'$ ，故遇稀硫酸時，則硫酸離子中 $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}^* + \text{SO}_4''$ 之氫離子 H^* ，與前者中之氫氧離子 OH' ，即時結合而生不解離之水。



溶液中存有前者之鈉離子 Na^* ，與後者之硫酸離子 SO_4'' ，如將此反應以一式表之如下：



第五節 溶質之電解

1. 電解。溶液中溶質，因電流而起分解之現象，稱為電解(Electrolysis)，電解質在溶液中解離而為陰陽之兩離子，故將浸於其中之電極，各連結於電池之陽極(Anode)及陰極

(1) 電極為電流通入於電解質之部分，如圖123右方為陽極，左方為陰極，其向該二處移動之物質，各稱為陰離子及陽離子。

(Cathode) 時, 因電極之電與離子之電之引斥作用之結果, 陰離子 (Anion) 移於陽極而接於極板, 於是中和其所荷之電而失離子性, 故成遊離狀之元素, 陽離子 (Cation) 移於陰極, 亦同樣失電而變為遊離元素, 因此遊離所生之元素:

- (1) 若為不溶於水之氣體, 則即揮發,
- (2) 若為固體, 則沉澱 (電極之物質上),
- (3) 若為構造電極之物質或作用於水者, 則此時必伴生第二之化學變化,
- (4) 若離子為由根所成, 則在電極上失

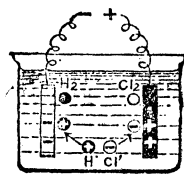


圖 123——示 HCl 之電解。

其帶電時, 即行分解, 或作用於電極或其周圍之物質。

然一面來自電池之電極上之電, 不絕為離子之電所中和, 故陰陽兩電常由電池流出, 賴銅絲之傳導而達於電極以補充之, 此電解質之所以視為能導電流也 (第 319 頁)。

2. 電解之例. 茲舉數種之例以說明電解之化學變化。但此乃用比較的高電壓 (3 volts 以上) 電流時之反應也。

(1) 生不溶性之氣體於水中時. 取氯化氫之濃厚水溶液以鉑為電極而電解之時, 由陰極發生輕氣, 陽極發生綠

(1) 起於電壓 2 弗前後時之反應如次, 水微電離而成: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$.
 (1) 加鹽酸或硫酸於此而電解之, 則在陰極之水及酸之 H^+ 放電而成 H_2 , 在陽極之水之 OH^- 較酸之 Cl^- 或 SO_4^{2-} 易於放電而成 OH , 同時分解而發生 O_2 .
 (2) 電解苛性鈉或苛性鉀之鹼溶液, 則陰極之 H^+ 較 Na^+ 或 K^+ 容易放電而成 H_2 , 陽極之 OH^- (水或鹼) 放電之結果發生氧氣。
 (3) 電解硫酸鈉溶液, 亦與前同樣, 水之 H^+ 與 OH^- 放電, 而由陰極發生輕氣, 陽極發生氧氣, 但此際殘留過量之 OH^- 於陰極而呈鹼性, 殘留 H^+ 於陽極而呈酸性反應, 故上之電解, 其實皆不外為水之分解也。

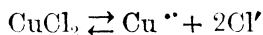
氣。此因溶液中之氯化氫起如下之電離：



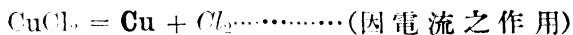
由電池流入於陰極之陰電，吸引荷陽電之氫離子(H⁺)以中和其陽電而使氫失離子性，流入於陽極之陽電，吸引荷陰電之氯離子(Cl⁻)以中和其陰電而使氯失離子性。此被遊離之輕氣及綠氣不甚溶於水，故成氣體而發生也。此化學變化用一個之式表之，則為：



(2) 析出固體於電極時。二氯化銅之水溶液含氯離子與銅離子如次：



故通以電流時，陰極之電吸引荷陽電之銅離子(Cu²⁺)而中和其電，銅為金屬而析出於陰極上。但由陽極發生綠氣則與前無異。



(3) 生成物作用於水時。通電流與氯化鈉之溶液中時：



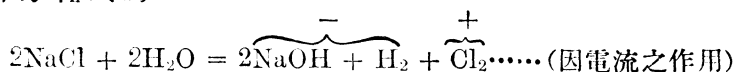
鈉離子(Na⁺)移於陰極而失其所荷之電，變為金屬鈉(Na)，但此物即作用於水使遊離輕氣：

(1) 此變化能反對由右側向左側進行而生成 HCl，故如上用電能 (Electrical energy) 而完結之也。

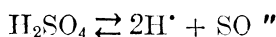


(由離子所生者)

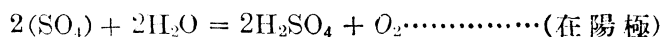
而在陽極之生成物則為綠氣,與前相同故氯化鈉水溶液之電解方程式為:



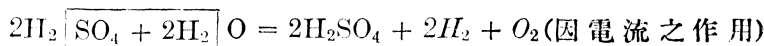
(4) 溶質之一成分為根時. (a) 電解硫酸時,由陰極發生輕氣,由陽極發生養氣,此時硫酸之電離生成物為:



H' 移於陰極而為 H_2 , 又 SO_4'' 移於陽極而為 SO_4 , 但根非可得而遊離者,故即分解電極之水而為硫酸,且遊離養氣:



故其反應方程式,為:

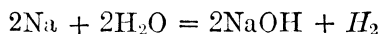


二體積

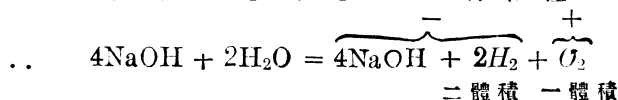
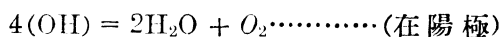
(b) 電解苛性鈉溶液時,其電離生成物之二種離子中:



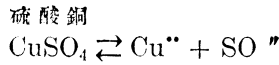
Na' 移於陰極而成 Na , 乃分解水而發生輕氣:



OH' 移於陽極而為 OH 根,但即分列而變為養氣與水:



(c) 取硫酸銅溶液,以銅板為電極而電解之,則存於溶液中之離子:



Cu^{++} 變為 Cu 而附於陰極, SO_4^{--} 變為 SO_4 作用於構造電極之銅,而再生 CuSO_4 , 即:



故此可視為陽極之銅溶解,移於陰極而析出之變化,蓋即不純銅之精製時所用之反應也。

如上所述,電解器之電極,為由離子所析出之種種物質之接觸部分,故必須用頗有化學的耐性之物質,此炭或鉑所以常供電極之用也。

3. 電解之定律. 離子之一克當量,不關其種類如何,常帶有一定量之電,且為由電池所供給之電所中和時,則變為遊離元素而析出,故

(1) 因電流而放電之離子量,與供給於電解質之電之總量相比例,

(2) 因同量之電而放電之離子量,與其元素之克當量相比例.

此稱為法拉第之定律(Faraday's law)⁽¹⁾. 離子一克當量所帶之電量為 96 540 庫,故用與此同量之電所析出之元素之量為

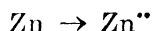
(1) 為 1833 法拉第(Faraday)氏之發見。

輕氣 $H = 1.008$ 克, 鈉 $Na = 23.00$ 克也。但由電流之強之單位, 凡每秒通過一庫之電之電流, 其強為一安, 故欲析出元素之一克當量時, 應於 $96,540$ 秒間通以一安之電流, 或於 $(96,540 \div n)$ 秒間通以 n 安之電流也。依此可以算得以一定之強之電流, 在一定時間內所應析出之物質之量, 如 5 分間內通 10 安之電流於稀硫酸時, 其發生輕氣之量為 x 克,

$$69,540 \text{ (庫)} : 10 \times 5 \times 60 \text{ (庫)} = 1.008 \text{ 克} : x \text{ 克}$$

$$\therefore x = 0.031 \text{ 克}$$

4. 電池. 電池 (Cell) 為將離子所帶之電傳於銅絲, 而變為移動之電流之裝置, 今將鋅棒與炭棒對立於稀硫酸中時 (圖 124), 因鋅富於離子化之傾向, 故入於溶液中而荷陽電:



從而鋅棒生與之相當之陰電, 又此時溶液中之鋅離子 (Zn^{++}), 因欲由溶液逐出硫酸電離而生之氫離子, 故輕氣自炭棒之表面析出:

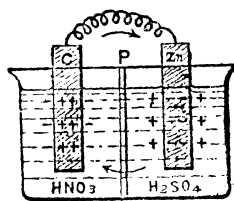
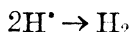


圖 124——池電。

而將其所荷之陽電賦與炭棒, 故若用銅絲連結炭棒與鋅棒, 則電經線者由前者移於後者, 此即為電流。然析出於炭棒表面之輕氣, 因其量之增加, 則再溶解而為氫離子, 因之賦與陰電與炭棒, 頗屬不利, 故必需使此輕氣氧化除去。通常盛於炭棒周圍之氧化劑為硝酸 (第 124 圖), 二

氧化錳,一縮二鉻酸鉀等:

(因硝酸氧化) $\overset{\text{陽極板之氫}}{\text{H}_2} + 2\text{HNO}_3 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2 \dots\dots(\text{本生電池})$

(因二氧化錳氧化) $\text{H}_2 + 2\text{MnO}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{勒克蘭社電池})$

(因一縮二鉻酸鉀氧化) $\text{H}_2 + \overset{(1)}{\text{O}} = \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots(\text{一縮二鉻酸電池})$

5. 摘要. 定義 定律

電解(Electrolysis): 電解質因電流而分解之現象,謂之電解。	
電解生成物	析出於電極之電解生成物,因其性質,或為元素狀,或與電極或溶媒作用而生第二之化學變化。
電解之定律	電解生成物之量與電之總量並元素之克當量相比例。

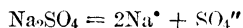
6. 問題.

1. 於稀硫酸,苛性鈉,食鹽,硫酸銅之水溶液中,如通以電流時,所生之化學變化如何. (333, 334 頁)

2. 試述關於電解之法拉第法則. (335 頁)

3. 用鉑極通電流於硫酸鈉之水溶液中時,其兩極所起之化學變化試說明之。

圖 硫酸鈉電離則生 Na^+ 與 $\text{SO}_4^{''}$, 故



由電流之作用, Na^+ 移於陰極而為金屬鈉,即時將水分解而生輕氣:



$\text{SO}_4^{''}$ 成爲 SO_4 根,使水分解而生硫酸發生養氣:

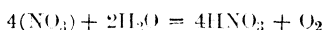


(1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{O} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$

故陰極呈鹼性，陽極呈酸性，而且所發生之輕氣與養氣為2:1之體積比。

4. 通電流於硝酸銀之水溶液時變化如何。

圖 硝酸銀之水溶液中 $\text{AgNO}_3 = \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ 所生之銀離子 (Ag^+) 失電性而析出於陰極，硝酸離子 (NO_3^-) 於陽極失電性即與水作用而生硝酸發生養氣：



5. 加少量硝酸於水，用 2 安電流通 10 分鐘時，問生輕氣與養氣各若干 c.c.，又所分解之水量若干。

圖 輕氣 1.008 克可由 96,540 庫之電量析出，故由 $2 \times 10 \times 60$ 庫之電量所分解析出之輕氣量如下：

$$1.008 \text{ 克} \times \frac{2 \times 10 \times 60}{96540} = 0.012 \text{ 克}$$

又因輕氣 1000 c.c. 之重量為 0.09 克，故上之輕氣之體積如下：

$$1000 \text{ c.c.} \times \frac{0.012}{0.09} = 133.3 \text{ c.c.}$$

然養氣之體積恰為此量之半，故所分解之水之重量為輕氣重量之 9 倍。

答 輕氣 133.3 c.c.，養氣 66.7 c.c.，水 0.108 克。

7. 實驗。

(1) 試由本節記述電解數種物質。

第三章 非金屬之摘要

1. 非金屬元素

元 素	化 學 量				性 質				
	符號	分子式	原子量	原子價	融 點	沸 點	比 重	特 性	
氫	氫	H	<i>H</i> ₂	1	1	-259°	-252.5°	0.07 (液)	氫,易與氧氣,綠氣 化合。
造 鹽 素	氟	F	<i>F</i> ₂	19	1	-233°	-187°	0.99 (液)	與 諸 元 素 化 合 極 劇 烈。
	氯	Cl	<i>Cl</i> ₂	35.5	1	-102°	-33.6°	1.47(液)	與 輕 氣,金 屬 化 合。
	溴	Br	<i>Br</i>	80	1	-7°	59°	3.19	同 上
	碘	I	<i>I</i> ₂	127	1	116.1°	184.4°	4.93	同 上 變 澱 粉 為 青 色。
氧 族	氧	O	<i>O</i> ₂	16	2	-227°	-183°	1.13 (液)	與 造 鹽 素 以 外 之 元 素 化 合 甚 劇 烈。
	臭氧	-	<i>O</i> ₃	-	-	-	-120°	-	氧 化 力 強。
	硫	S	<i>S</i> ₂ → <i>S</i> ₈	32	2	113°- 120°	445°	2	與 氧 氣 及 金 屬 化 合。
氮 族	氮	N	<i>N</i> ₂	14	3	-211°	-196°	0.80(液)	化 合 力 鈍。
	磷	P	<i>P</i> ₄	31	3	44°	290°	1.8	易 氧 化。
	砷	As	<i>As</i> ₄	75	3	486° (加壓)	450°	5.73	與 鉛 之 合 金 則 硬。
	銻	Sb	<i>Sb</i> ₄ ?	120	3	630°	1300°	6.8	與 鉛 之 合 金,凝 固 之 際 則 膨 脹。
碳 族	硼	B	<i>B</i> ₂ ?	11	3	—	—	2.5-2.7	—
	碳	C	—	12	4	—	—	1.5-3.5	有 化 學 的 耐 性,在 高 溫 時 氧 化。
	硅	Si	—	28	4	1500°	—	2.4-3.0	—

(1)本表及次表之分子式,為在常溫時之狀態。用斜體字表氣體,普通字表液體,黑體字表固體。

2. 非金屬相互之化合物

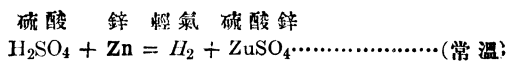
—	H	Cl	O	S	其 他	離 子 (元素) (根)	
H	H_2	—	—	—	—	H'	OH'
F	H_2F_2	—	—	—	—	F'	—
Cl	HCl	Cl_2	—	—	(HClO ₃) NH ₄ Cl	Cl'	ClO ₃ '
Br	HBr	—	—	—	PB ₃	Br'	—
I	HI	—	(I ₂ O ₅)	—	PI ₃	I'	—
O	H_2O H_2O_2	(Cl ₂ O)	O_2, O_3	—	—	—	—
S	H_2S	(SCl ₂)	SO_2, SO_3	S_2, S_8	H_2SO_3, H_2SO_4 ($H_2S_2O_3$)	S''	SO ₄ '' SO ₃ ''
N	NH_3	(NCl ₃)	N_2O, NO NO_2, N_2O_4	—	HNO ₃ , (HNO ₂) C_2H_2, HCN	—	NO ₃ ' NH ₄ '
P	PH_3	PCl ₃ PCl ₅	P_2O_5	(P ₂ S ₅)	HPO ₃ , H ₃ PO ₄ H ₄ P ₂ O ₇	—	PO ₄ '''
As	AsH_3	AsCl ₃	As ₄ O ₆	As ₂ S ₃	—	As'''	AsO ₃ '''
Sb	SbH_3	SbCl ₃ SbCl ₅	Sb ₂ O ₃	Sb ₂ S ₃	—	Sb'''	SbO ₄ '''
B	—	(BCl ₃)	(B ₂ O ₃)	—	H ₃ BO ₃	—	BO ₃ '''
C	CH_4, C_2H_4 C_2H_2	(CCl ₄)	CO, CO_2	CS ₂	(H ₂ CO ₃) SiC, CH ₃ CO ₂ H	—	CO ₃ ''
Si	(SiH ₄)	(SiCl ₄)	SiO ₂	—	SiF ₄ H ₂ SiO ₃	—	—

3. 重要化學方程式

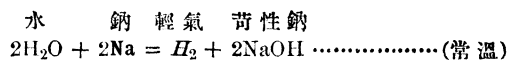
1. 一價元素.

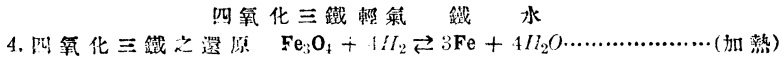
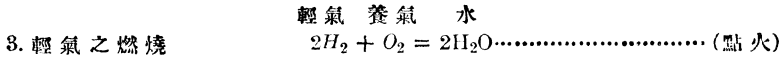
I. 輕氣.

1. 輕氣之製法

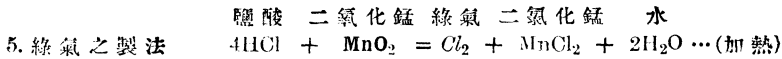


2. 水之分解

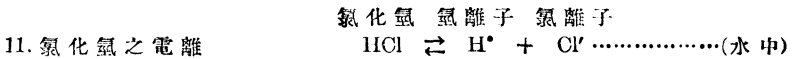
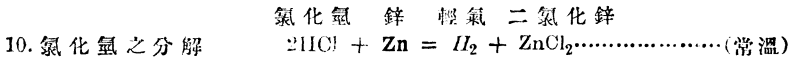
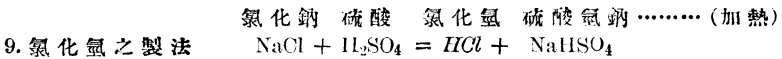
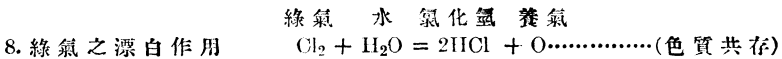
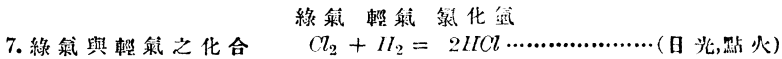
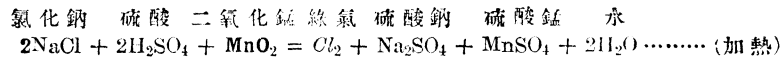




II. 綠氣.

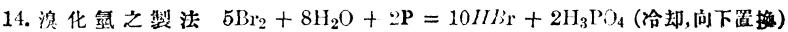
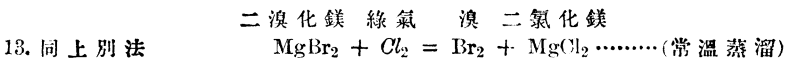
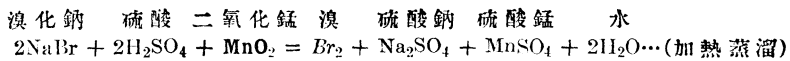


6. 同上別法



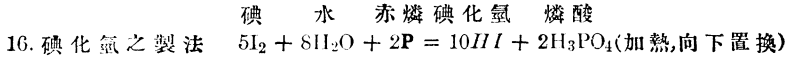
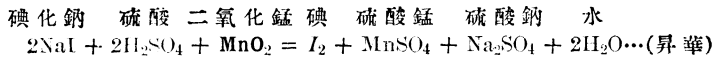
III. 溴.

12. 溴之製法

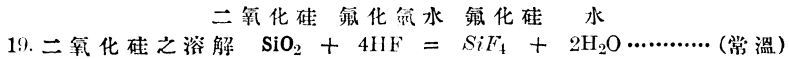
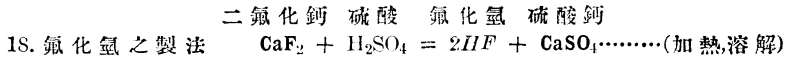


IV. 碘.

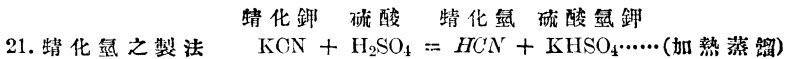
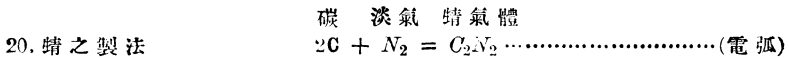
15. 碘之製法



V. 氟.

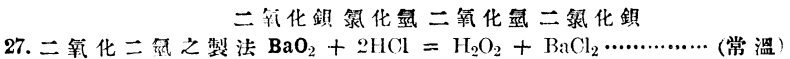
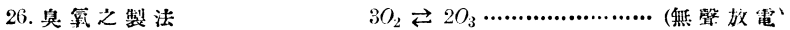
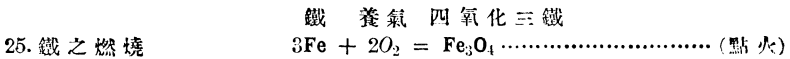
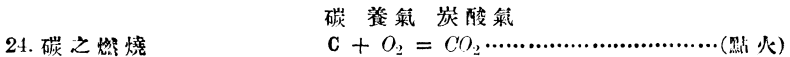
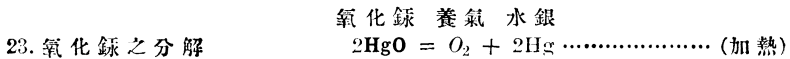
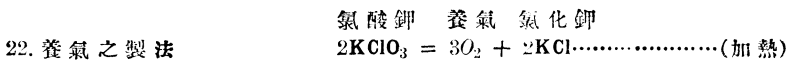


VI. 碇.



2. 二價元素.

I. 養氣.



28. 二氧化二氫之漂白作用 $H_2O_2 = H_2O + O \dots\dots\dots$ (色質共存)

II. 硫黃.

29. 硫黃之生成 $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O \dots\dots\dots$ (天然)
亞硫酐 硫化二氫 硫黃 水

30. 硫黃之燃燒 亞硫酐製法之一(漂白上)
 $S + O_2 = SO_2 \dots\dots\dots$ (點火)
硫黃 養氣 亞硫酐

31. 硫黃與鐵之化合 $S + Fe = FeS \dots\dots\dots$ (加熱)
硫黃 鐵 一硫化鐵

32. 硫化二氫之製法 $FeS + H_2SO_4 = H_2S + FeSO_4 \dots\dots\dots$ (常溫)
一硫化鐵 硫酸 硫化二氫 硫酸亞鐵

33. 因硫化二氫之一硫化鉛之沈澱
硫化二氫 硝酸鉛 一硫化鉛 硝酸
 $H_2S + Pb(NO_3)_2 = PbS + 2HNO_3 \dots\dots\dots$ (常溫)

34. 亞硫酐製法之二(工業上)
黃鐵礦 養氣 亞硫酐 三氧化二鐵
 $4FeS_2 + 11O_2 = 8SO_2 + 2Fe_2O_3$

35. 亞硫酐製法之三(實驗室)
硫酸 銅 亞硫酐 硫酸銅 水
 $2H_2SO_4 + Cu = SO_2 + CuSO_4 + 2H_2O \dots\dots\dots$ (加熱)

36. 亞硫酐之漂白作用
亞硫酐 水 硫酸 發生機氫
 $SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H \dots\dots$ (在應還原之物質之存在中)

37. 硫酐之製法 $2SO_2 + O_2 = 2SO_3 \dots\dots\dots$ (鉑接觸)
亞硫酐 養氣 硫酐

38. 硫酸之製法(接觸法) $SO_3 + H_2O = H_2SO_4 \dots\dots\dots$ (常溫)
硫酐 水 硫酸

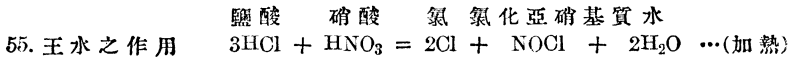
39. 同上(鉛室法) $SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO \dots\dots\dots$ (NO接觸)
亞硫酐 二氧化氮 水 硫酸 一氧化氮

40. 硫酸之電離 $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$
- 硫酸 鋅 輕氣 硫酸鋅
41. 稀硫酸之反應 $H_2SO_4 + Zn = H_2 + ZnSO_4 \dots\dots\dots$ (常溫)(見前)
- 硫酸 銅 亞硫酸 硫酸銅 水
42. 濃硫酸之反應 $2H_2SO_4 + Cu = SO_2 + CuSO_4 + 2H_2O$ (加熱)(見前)
- 硫酸 苛性鉀 硫酸鉀 水
43. 中和 $H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O \dots\dots\dots$ (常溫)

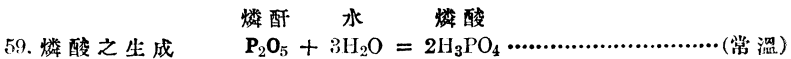
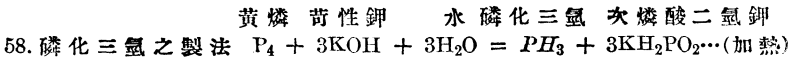
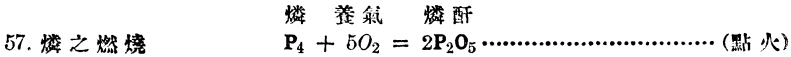
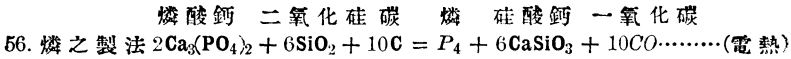
3. 三價元素.

I. 淡氣.

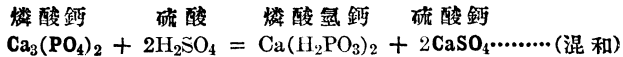
- 硝酸 亞硝酸鈉 淡氣 氯化鈉 水
44. 淡氣之製法 $NH_4Cl + NaNO_2 = N_2 + NaCl + 2H_2O$ (加熱,水上集取)
- 硝酸 生石灰 硝酸 二氯化鈣 水
45. 硝酸製法 $2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$ (加熱,向上置換)
46. 氯化銨之合成 $NH_3 + HCl = NH_4Cl \dots\dots\dots$ (常溫)
47. 硝酸水之中和 $NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O \dots\dots\dots$ (常溫)
- 氯化銨 硝酸 氯化氫
48. 氯化銨之熱解離 $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl \dots\dots\dots$ (加熱)
- 氯化銨 銨離子 氯離子
49. 氯化銨之電離 $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^- \dots\dots\dots$ (常溫)
- 硝酸銨 氧化二氮 水
50. 氧化二氮之製法 $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O \dots\dots$ (加熱,水上集取)
- 硝酸 銅 一氧化氮 硝酸銅 水
51. 一氧化氮之製法 $3HNO_3 + 3Cu = 2NO + 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O$ (水上集取)
- 硝酸鉛 二氧化氮 氧 一氧化鉛
52. 二氧化氮之製法 $2Pb(NO_3)_2 = 4NO_2 + O_2 + 2PbO$ (加熱後冷卻)
- 智利硝石 硫酸 硝酸 硫酸氫鈉
53. 硝酸之製法 $NaNO_3 + H_2SO_4 = HNO_3 + NaHSO_4 \dots\dots$ (加熱蒸溜)
54. 因硝酸銀之溶解
- 銀 硝酸 硝酸銀 一氧化氮 水
 $3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O \dots\dots$ (加熱)



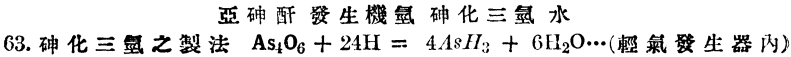
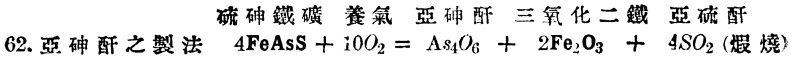
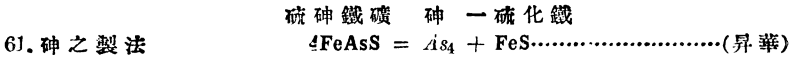
II. 磷.



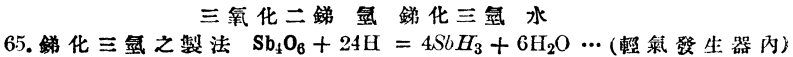
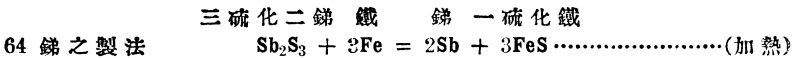
60. 磷酸肥料之製法



III. 砷.

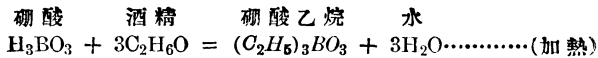


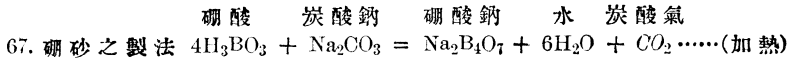
IV. 銻.



V. 硼.

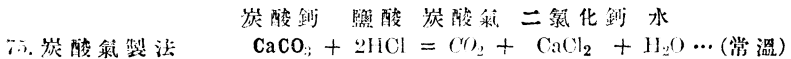
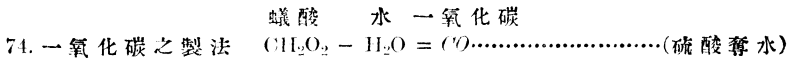
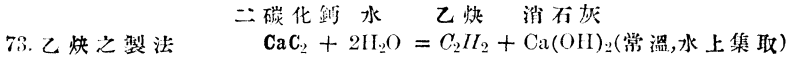
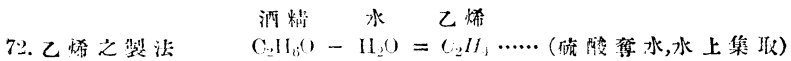
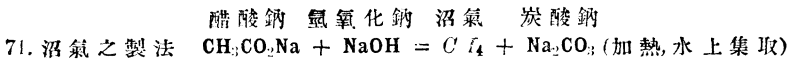
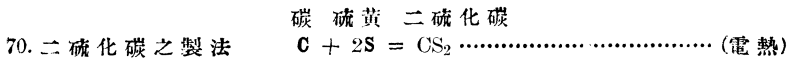
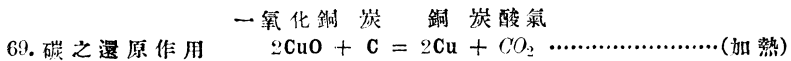
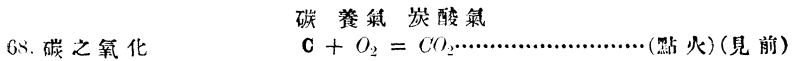
66. 硼酸乙烷之製法



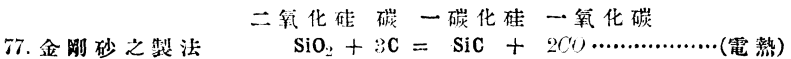
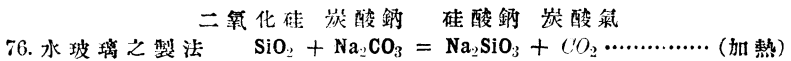


4. 四價元素

I. 碳.



II. 硅.



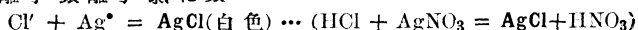
5. 離子之反應

氫 離 子 氫 氧 離 子 水



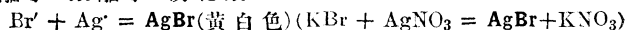
79. 氫離子之反應

氯離子 銀離子 氯化銀



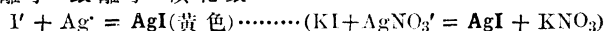
80. 溴離子之反應

溴離子 銀離子 溴化銀



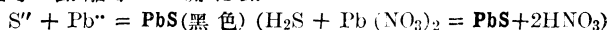
81. 碘離子之反應

碘離子 銀離子 碘化銀

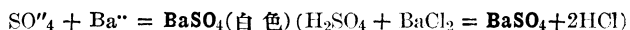


82. 硫離子之反應

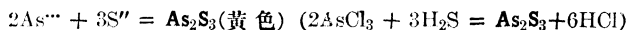
硫離子 鉛離子 一硫化鉛



83. 硫酸離子之反應

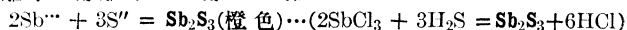


84. 砷離子之反應



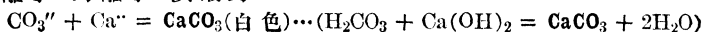
85. 銻離子之反應

銻離子 硫離子 三硫化二銻



86. 碳酸離子之反應

碳酸離子 鈣離子 碳酸鈣



第三篇 金屬

總 說

1. 金屬元素之物理的通性. 吾人所稱為金屬之物質, 概具有下述之物理的性質:

(1) **外觀**. 金屬元素多為灰白色之固體,⁽¹⁾其研磨之表面,則善反射光線而呈美麗之金屬光澤。

(2) **展延性**. 金屬元素大多數可用輾機 (Roll) 或鐵鎚而得展為薄箔 (圖125),又可由細孔抽出而得引延為細金屬絲 (圖126),此細金屬絲皆有耐於牽引之性,即強韌性。

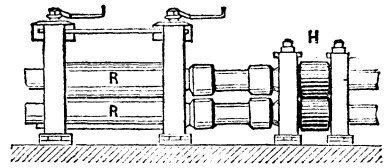


圖 125——製金屬板之輾機(R).

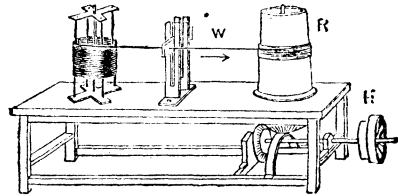


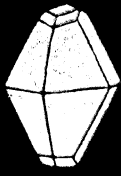
圖 126——製金屬絲之裝置。

H 把手, W 金屬絲,
R 捲金屬絲之筒。

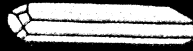
(3) **傳導性**. 金屬元素皆為熱之極良導體,且亦為電之良導體。

(1) 水銀在常溫為液態,金呈黃色,銅呈黃赤色。

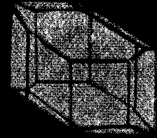
有色之結晶



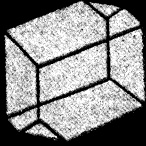
S



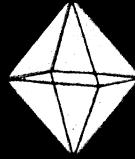
S



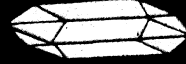
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



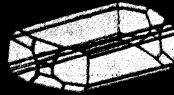
$\text{FeK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$



$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$



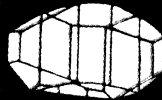
K_2CrO_4



$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

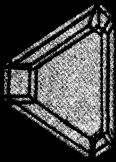


$\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$



$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

KMnO_4



NiCl_2



$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



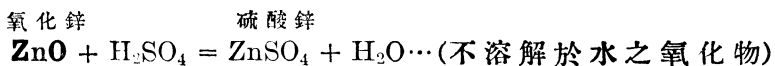
CoSO_4

(4) 融合性。 金屬元素之在融熔狀態時混合者，冷却凝固後，仍保有均勻之性質，即成所謂合金 (Alloys) 是也。合金常較其成分之諸金屬，硬而易熔，其展延性傳導性常減少，而化學的耐性則增加。

2. 金屬元素之化學的通性。 茲列舉金屬元素之足與非金屬元素相區別之化學的通性如下：

(1) 離子。 金屬元素之單獨的在水溶液中者，必成陽離子，如銅之鹽類在水溶液中電離而生陽性之銅離子(Cu⁺⁺)是也。一般金屬化合物在水溶液內之反應，皆基因於其金屬離子之性質，故凡冶金學之化學者，苟能明金屬離子之諸性質，則即可謂已達其目的之大半矣。

(2) 氧化物之鹽基性。 金屬元素之氧化物，溶解於水而成鹽基，其不溶解於水者，亦與酸中和而生鹽(第283頁)。此與非金屬元素之氧化物，溶解於水而成酸(第281頁)，或與鹼中和而生鹽之性質，全然相反。例如：

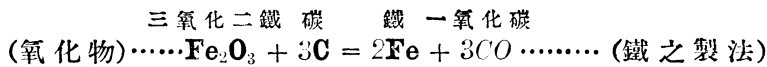


(3) 化合力。 金屬元素難以相互化合，亦難與輕氣化合(第110頁)。故金屬化合物之成分中之一，概為氫以外之非金屬元素或根，就中以氧，硫及酸根等為最主要。

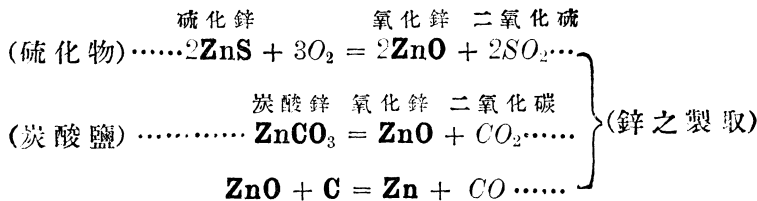
3. 金屬元素之製法。 金屬元素因有上之化合性，故在

自然界中亦成 (1) 遊離狀, (2) 氧化物, (3) 硫化物, (4) 鹽類而產生。由此等之礦石製鍊金屬之法, 稱為冶金 (Metallurgy), 得大別之為還原法 (Reduction) 及電解法 (Electrolysis) 二種。

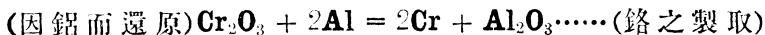
(1) 還原法。凡金屬之成氧化物而產生者, 常使其與炭一同強熱, 而還原之, 如



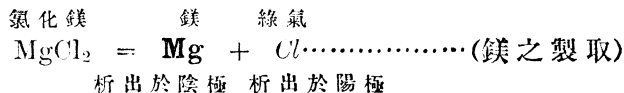
硫化物及碳酸鹽當灼熱於空氣中時, 則前者氧化, 後者分解, 而皆變為氧化物, 故亦得用炭還原之。



但或種之金屬氧化物, 極為安定, 即用炭亦不能還原之。此種物質, 須用強熱之鎂或鋁以代碳, 始能達還原之目的。



(2) 電解法。置金屬之氯化物或氫氧化物於電爐內, 通強力之電流而分解之, 則礦石先行熔融, 變為液體, 次被電解, 而析出金屬於陰極。



4. 金屬元素之分類。 金屬元素常因其化學的性質, 而

分類之如下:

- (1) $\left\{ \begin{array}{l} (a) \text{ 金族} \cdots \cdots \text{金 鉑} \\ (b) \text{ 銅族} \cdots \cdots \text{銀 銻 銅} \end{array} \right\}$ 皆不溶解於稀薄之鹽酸, 硫酸.
- (2) $\left\{ \begin{array}{l} (a) \text{ 鐵族} \cdots \cdots \text{鐵 銻 錳 鎳 鈷} \\ (b) \text{ 錫族} \cdots \cdots \text{錫 鉛 鈹} \\ (c) \text{ 鋅族及土族} \cdots \cdots \text{鋅 鎂 鋁} \end{array} \right\}$ 概溶解於稀薄之鹽酸, 硫酸.
- (3) $\left\{ \begin{array}{l} (a) \text{ 鹼土族} \cdots \cdots \text{鈣 鋇 鈹} \\ (b) \text{ 鹼族} \cdots \cdots \text{鈉 鉀} \end{array} \right\}$ 皆溶解於水.

5. 摘要. 金屬元素與非金屬元素之比較.

	金 屬	非 金 屬
1. 狀態	概為有金屬光澤之灰白色之固體.	狀態不一定.
2. 展延性	概有展延性, 強韌性.	無此等之性質.
3. 傳導性	為熱, 電之良導體.	概為不導體.
4. 融合性 (以上物理性)	多互相融合而為合金.	——
1. 化合性	難以相互化合, 難與輕氮化合.	能相互化合, 亦易能成氫之化合物.
2. 氧化物	氧化物為鹽基性.	氧化物為酸性.
3. 氯化物	氯化物安定.	氯化物不安定, 溶於水中則分解.
4. 離子 (以上化學性)	單獨時為陽離子.	單獨時多成陰離子.

6. 問題.

1. 試區別金屬與非金屬.
2. 試舉金屬之主要物理通性及化學通性.

第一部 金屬之一

第一章 金族⁽¹⁾

第一節 金 (Gold)

1. 金之性質. **【Au】**金爲次於金屬中之鉑之重金屬元素,其平滑之表面,發特異之黃色,與美麗光澤.其細微之粉末,則呈褐黑色,此普通之西洋攝影畫之所常見者也.

金頗柔軟,爲金屬中最富有展延性者,因其極耐器械的操作,故可鎚擊之爲薄箔,其厚有僅爲 0.000002 耗者.此金箔爲半透明,能透過綠色之光.又一克之金,可延長之使成 4000 呎之金絲.

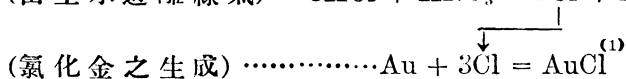
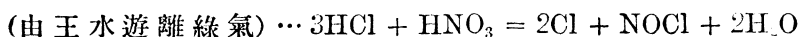
金因過於柔軟,故單獨的不適於器物之製作.因此供實用之金,常使成銅之合金,以增加其硬度.當論其成色時,則以合金 24 量中所含純金之量表之,稱之爲「金」或「開」(Carats).如 24 金爲純金,18 金則爲含 18/24 之金之合金是也.金之合金中,更有名爲赤銅者,乃混 10-100 倍量之銅於金中,且使其表

(1) 除王水外,其他酸類,不能侵蝕之. (2) 金爲古代既知之金屬,古之化學者稱之爲太陽,用⊙表之.金之產地爲奧大利,墨西哥等. (3) 赤銅爲赤褐色之合金,乃塗硫化鈉於其表面,熱之,使銅成黑色之硫化銅後所得之物.

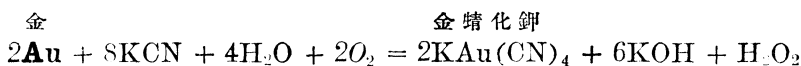
面變為紫黑色後所得之物也。

金難以融解，約熱至 1100°，始變為綠色之液體，在電爐之高熱下，則氯化變為紫色之蒸氣。

金頗富有化學的耐性，即在任何之高溫，亦不與養氣化合。又如鹽酸，硝酸，硫酸之強酸類，苛性鉀，苛性鈉之強鹼亦不能侵蝕之，此其所以有貴金屬之稱也。但金徐徐為綠氣所作用而成氯化物，故以王水中之發生機氯（用硝酸氧化鹽酸而製成者）作用之，則極易變為氯化物而溶解（第 220 頁）。

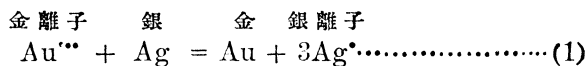


金又受空氣中養氣之補助作用，而溶解於靖化鉀溶液中。

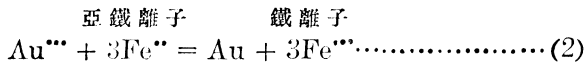


金因呈美麗黃色，故廣用之以製成板狀（金盃，表殼，紀念章等），箔狀（屏風，建築用），粉狀（繪畫）及溶液（鍍金液，攝影用），以供裝飾品之製造。

2. 金離子。【Au⁺⁺⁺】金離子為黃色，當其遇銀離子（Ag⁺）或亞鐵離子（Fe⁺⁺）時，則其電荷被奪，變為金屬狀之金，呈黑紫色而析出。



(1) 生成之 AuCl₃ 更與 HCl 化合：AuCl₃ + HCl = HAuCl₄。 (2) 金鹽之溶液，除 Au⁺⁺⁺ 外，比較的含多量之 AuCl₄⁻（參照溶液之色圖）。

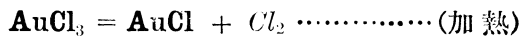
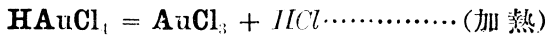


凡某金屬離子，其電荷 (Electric charge) 能為他金屬所奪者，因前者之離子化傾向較後者為小故也。上之反應 (1) 用於攝影術之鍍金(第369頁)，(2) 則用於金化合物之鑑識。⁽¹⁾

3. 金氯氫酸。【 $\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 】蒸發金之王水溶液，則氯化金(AuCl_3)與氯化氫(HCl)化合而生 $\text{AuCl}_3 \cdot \text{HCl}$ ，即 HAuCl_4 之黃色結晶(第353頁)。此物稱為金氯氫酸(Hydrochloroauric acid)。用苛性鈉中和之，則得黃色之金氯化鈉($\text{NaAuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)結晶。

金氯氫酸及其鈉鹽，供攝影印畫之鍍金用，又用以製造供鍍金用之金精化鉀。

熱金氯氫酸，則發散氯化氫而成 AuCl_3 。更強熱之，則失綠氣而為變 AuCl 。



茲比較所成二種氯化金之組成如下：



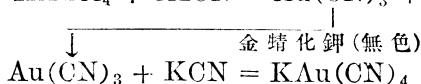
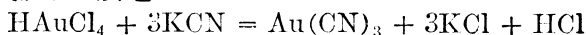
可知(1)式之金，以一價而作用；(2)式之金，則以三價而作用。如斯凡金屬元素，生其原子價相異之二種化合物時，其原子價小者之化合物，稱為第一化合物，原子價大者之化合物，稱為第二化合物。⁽²⁾故 AuCl 亦稱為氯化第一金， AuCl_3 亦稱為氯

(1) $\text{AuCl}_3 + 3\text{FeSO}_4 = \text{Au} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3$ 。(2) 第一化合物，第二化合物之第一第二之語，與其原子價之一價二價無關，須注意。

化第二金。

4. 金睛化鉀。【 $\text{KAu}(\text{CN})_4 \cdot 1\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 】加睛化鉀溶液於金氯氫酸而蒸發之，則得金睛化鉀 (Potassium auricyanide)。

金氯氫酸(黃色)



金睛化鉀為板狀之無色結晶，善溶於水，電離生鉀離子與金睛離子。



但此金睛離子之極小部分，更電離而生金離子。



故取金屬製之物體，浸於其中，作為陰

極，別以金板浸之，作為陽極，而通以電流，則金離子在陰極放電而成金，析出於物體之表面(圖127)。此即鍍金法也。但析出於陽極之睛根即作用於金板而使之溶解⁽¹⁾。

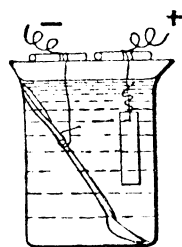
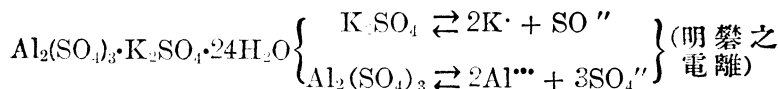


圖127—鍍金法。

5. 複鹽，錯鹽。金睛化鉀之組成，恰如由睛化鉀〔 KCN 〕與睛化金〔 $\text{Au}(\text{CN})_3$ 〕互相結合而成者〔 $\text{Au}(\text{CN})_3 \cdot \text{KCN}$ 〕，又稱為明礬〔 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 〕之物質，其組成如由硫酸鉀〔 K_2SO_4 〕與硫酸鋁〔 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 〕結合而成。

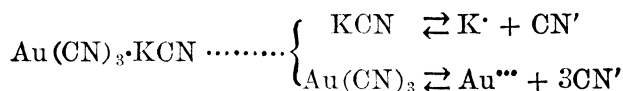
(1) 實際上之鍍金液，僅用KCN即可，因陽極之金板溶解於KCN而生 $\text{KAu}(\text{CN})_4$ 故也。又鍍金時若用 HAuCl_4 ，因 Au^{+++} 之濃度大，常析出粗金粒，則所得之物呈黑紫色，且易剝脫。

然明礬溶解於水時，仍分解為原來之各鹽，故其溶液中含有下列之諸離子。

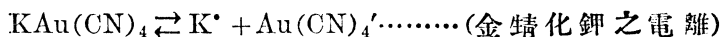


如斯凡由二種鹽化合所生之鹽，當其成溶液時，仍分解為原來之各鹽者，稱為複鹽 (Double salt)。而構成複鹽之原來之鹽，則稱為單鹽。

然金精化鉀在溶液內，並不如下生單鹽之離子。



因其 CN' 與 Au''' 常結合而生金精離子故也。



如斯凡由二種離子化合而生之新離子，稱為錯離子⁽¹⁾ (Complex ions)。如金精化鉀溶解於水而生錯離子之鹽，則稱為錯鹽 (Complex salts)。

6. 金之精鍊。 金因有化學的耐性，故在天然界亦常成遊離狀而存在，可除去其夾雜物精製之，但其方法，則因金粒之大小，而有如下之各種：

(1) **淘汰法** (Washing Processes)。金粒稍大者，可利用其比重約六倍於土砂之事實，即取含金之土砂，投於流水中，則流去比重較小之土砂，而比重較大之金，沉澱於水底，即可集

(1) OH' , NO_3' , SO_4'' 非錯離子，因 O, N 等不化為離子故也。

取之。

(2) 鍊齊法 (Amalgamation Processes)。金粒稍小者，則取金礦，破碎於水銀中，使金溶於水銀，與土砂分離後，移於曲頸甌而強熱之，則水銀蒸發而金殘留。

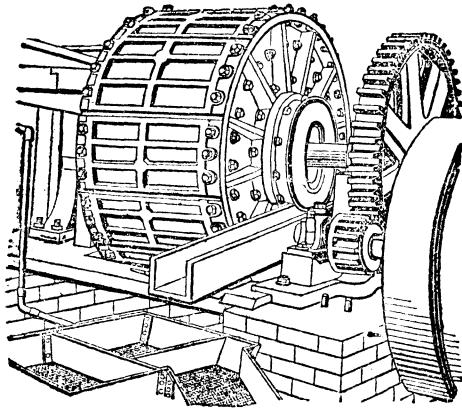
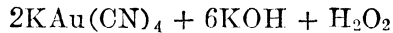


圖 128——鍊齊裝置(迴轉圓筒中容礦石與水銀)。

(3) 精化法 (Cyanide Processes)。金粒微細者，則取粉碎之金礦，投於精化鉀之稀薄溶液中，通以空氣，而使金溶解。



取此溶液以鉛為電極而電解之，即可集取其析出於陰極表面之金，此稱為金之電解精化鍊製法，其用最廣。

7. 摘要。 金 $\text{Au} = 197.2$ ，原子價 1,3 (安定)，比重 19.3，融點 1062.4° ，沸點 2530° 。

化學式	名稱	製法	性質	用途
Au	金 (Gold)	用比重法,使溶解於水銀或 KCN 之法。	呈美麗之黃色,有耐性,不為氧氣,酸,鹼所作用。溶解於王水,硝化鉀溶液。	裝飾用。
Au ⁺⁺⁺	金離子 (Auric-ion)	金鹽之溶解。	黃色,因硫酸亞鐵而被還原。	——
Au(CN) ₄ ⁻	金腈離子 (Auri-cyanion)	加 CN ⁻ 於 Au ⁺⁺⁺ 。	無色。	——
HAuCl ₄ (4H ₂ O)	金氯氫酸 (Hydrochloroauric acid.)	蒸發金之王水溶液而使結晶。	溶解於水而為黃色之液。	鍍金用,金化合物之原料。
NaAuCl ₄ (2H ₂ O)	金氯化鈉 (Sodium hydrochloroaurate)	用 NaOH 中和 HAuCl ₄ 。	黃白色可溶性之結晶。	鍍金用。
AuCl	氯化第一金 (Aurous chloride)	強熱 HAuCl ₄ 。	黃白色可溶性之粉末。	——
AuCl ₃	氯化第二金 (Auric chloride)	微熱 HAuCl ₄ 。	褐色可溶性之結晶。	——
KAu(CN) ₄ (1 ½ H ₂ O)	金腈化鉀 (Potassium auri-cyanide)	加 KCN 於 HAuCl ₄ 。	無色可溶性結晶。	鍍金用。

定義

第一化合物(-ous compound)	一元素成原子價相異之二種化合物時,其原子價小者之化合物為第一化合物,大者之化合物,為第二化合物。
第二化合物(-ic compound)	

複鹽(Double salt)	爲如由二種鹽之化合而成之鹽,僅能成固態而存在,其水溶液則仍含各單鹽之離子之謂,然其溶解度較所自成之各單鹽爲小。
錯離子(Complex ion)	由二種之離子結合而成之新離子之謂。
錯鹽(Complex salt)	溶解於水而生錯離子之鹽之謂。

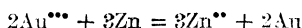
8. 問題.

1. 有金銀銅之合金,如欲分取其中之金,當用何法。

圖 如加硝酸,則銀銅溶解,而金獨存。

2. 如投鋅於金鹽之水溶液,問生何種變化。

圖 金鹽之水溶液多少含有金離子,鋅比金易於離子化,故能使金離子變爲金,而自變爲鋅離子。



3. 攝影用氯化金 ($\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 10 克中之金之量若干。

答 4.8 克。

9. 實驗.

1. 使王水溶解金箔。

2. 加硫酸亞鐵溶液於金氯氫酸溶液,以使金粒析出。

3. 加碲化鉀溶液於金氯氫酸溶液中,使生無色之碲金化鉀。

第二節 鉑 (Platinum)

1. 鉑之性質. 【Pt】鉑俗名白金,⁽¹⁾爲灰白色之重金屬元素,比重占普通元素中之主位,質雖黏硬,然赤熱之,⁽²⁾極易軟化,

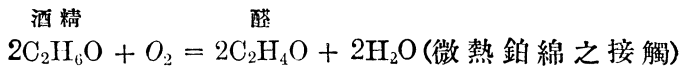
(1) 鉑爲 1700 年所發見之物,最初工業的製出之者爲 Debray 氏。

(2) 鉑之比重爲 22.4,爲物質中之最重者,鉑則居其次。

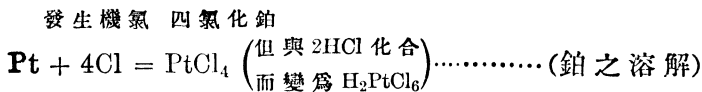
適於接合或延長，鉑線之細者，其徑有僅為5000分之一者。其融點為1750°之高温，故非用氫氧燄不能融解之，鉑對於熱之膨脹率與玻璃約略相等。

取稱為銱(Iridium)之金屬，使與鉑融合而成合金時，則變為極富有耐性之強硬之質。

鉑呈強接觸作用⁽¹⁾，能急速氧化二氧化硫而為三氧化硫(第197頁)。且能氧化酒精，使變為醛(Aldehyde, 參照第613頁)。



鉑之化學的諸性質，甚類金，無論在何種狀況，不能與氧直接化合，且不為濃酸所作用，然溶解於王水，則變為氯化物。



然鉑又稍為熔融之苛性鹼所侵蝕，又能與鉛，銅，砷，銻等製成易於融解之合金。

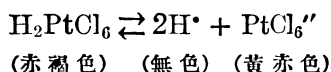
鉑不特有耐熱及耐酸之特性，且較金之質為堅硬，雖不製為合金，亦極適於器具之製作，故在學術上及工業上之用途遙勝於金：

(1) 利用其耐酸性，廣供坩堝蒸發皿，電極等之製造；

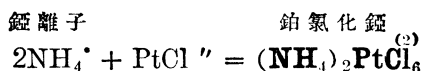
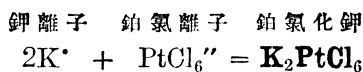
(1) 鉑綿(質粗者)，鉑黑(微細之粉末)之接觸作用尤強，鉑粗末常能吸收自身體積之800倍之養氣。鉑之呈氧化的接觸作用者，蓋即此吸收之養氣之作用也。

- (2) 利用其耐熱性,以製造實驗用之鉑板,鉑線;
- (3) 因在高溫不氧化,故用於覆蓋感應圈,電鈴等發生電花之接觸面;
- (4) 利用其膨脹率與玻璃相等之性,以供連絡白熱電球之纖維於球外之導線之用;
- (5) 其為海綿狀者,多用作製造硫酸時之觸媒;
- (6) 鉑與鈹之合金,因其重而堅,無磨滅之虞,放可用以製造法碼,尺度,鋼筆尖端等。

2. 鉑氯氫酸. $[\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 蒸發鉑之王水溶液,則 PtCl_4 與 2HCl 化合成鉑氯氫酸 (Hydrochloro-platinic acid) 之赤褐色結晶而析出.此物善溶於水(參照溶液之色圖).



存在於溶液中之 H^+ , 呈酸性反應,其 $\text{PtCl}_6^{''}$ 之錯離子遇 K' 或 NH_4^+ , 則生黃色之沉澱.⁽¹⁾



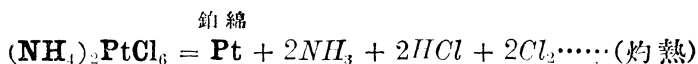
此乃常用以鑑識可溶性鉀鹽及銨鹽之反應也.所生之鉑氯

(1) K' 由可溶性之鉀鹽所生, NH_4^+ 由可溶性之銨鹽所生.

(2) $2\text{KCl} + \text{H}_2\text{PtCl}_6 = \text{K}_2\text{PtCl}_6 + 2\text{HCl}$

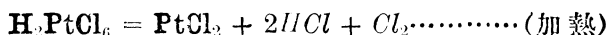
$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{PtCl}_6 = (\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6 + 2\text{HCl}$

化鉀 (K_2PtCl_6) 常供攝影用, 鉑氯化銻 $[(NH_4)_2PtCl_6]$ 則常燒之, 以供製造鉑綿之用。



鉑氯氫酸常供鍍鉑用, 及分析用, 又供鉑氯化鉀, 鉑綿, 鉑黑 (投鉍於鉑氯氫酸中而製之) 之製造。

3. 亞鉑精化鉍. $[BaPt(CN)_4 \cdot 4H_2O]$ 取鉑氯氫酸之固體, 熱至 300 度使變為二氯化鉑後,



乃與碳酸鉍 ($BaCO_3$) 共投於熱水中, 使成泥狀, 更通以精化氫時, 則生亞鉑精化鉍 (Barium platinous cyanide)。

亞鉑精化鉍為美麗黃色結晶之錯鹽, 因其有能變眼不能見之 X 線, 陰極線, 鐳線等之放射線為眼所能見之光之特性, 故塗於紙上, 名曰螢光板, 以供檢驗此等放射線之用。

4. 鉑之製鍊. 鉑因有化學的耐性, 故在天然界中成遊離狀而產生。⁽¹⁾ 與金同, 可用淘汰法採集之, 然其構成合金 (與鈹為主) 而產生者, 則先溶之於王水中使變為 H_2PtCl_6 , 次加 NH_4Cl 而集取其

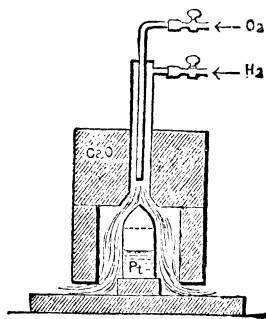


圖 129—熔解鉑之爐。

(1) 鉑之產地為俄之烏拉(Ural)山, 巴西, 祕魯, 墨西哥, 澳大利亞等地。

沉澱之 $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ ，投於坩堝中強熱之，更用氫氧燄使之熔融而成塊狀(圖 129)。

5. 摘要. 鉑 Pt = 195.2, 原子價 2,4 (安定), 比重 21.4, 融點 1750° 沸點 2450° 。

化學式	名稱	製法	性質	用途
Pt	鉑 (Platinum)	用淘汰法或取鉑之合金溶於王水中而分取之。	黏硬而比重大。富有耐熱性，耐酸性，展延性。早接觸作用。溶解於王水。	觸媒，法碼，尺度用，坩堝，蒸發皿，鉑線，電極之製造，鉑鹽之製造。
PtCl_6''	鉑氯離子 (Chloro-platinic ion)	取鉑溶解於王水中。	為黃褐色，因 K^+ , NH_4^+ 而沉澱。	——
K_2PtCl_6 ($6\text{H}_2\text{O}$)	鉑氯氫酸 (Chloro-platinic acid)	取鉑溶解於王水中而蒸發之。	赤黃色可溶性之結晶。其溶液含有 PtCl_4'' 。	分析用鍍金用，鉑化合物之原料。
H_2PtCl_6	鉑氯化鉀 (Potassium platino-chloride)	$\text{H}_2\text{PtCl}_6 + \text{KCl}$	黃色之結晶。不溶於冷水。	鉑攝影用。
$(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$	鉑氯化銨 (Ammonium platino-chloride)	$\text{H}_2\text{PtCl}_6 + 4\text{NH}_4\text{Cl}$	黃色之結晶。不溶於冷水。灼熱之，則殘留鉑綿。	鉑綿之原料。
$\text{BaPt}(\text{CN})_4$ ($4\text{H}_2\text{O}$)	亞鉑腈化銨 (Barium platino-cyanide)	$\text{PtCl}_2 + \text{BaCO}_3 + \text{HCN}$	黃色之結晶，呈螢光。	螢光板。

6. 問題.

1. 問鉑製之一尅法碼之體積若干。

答 46.7 c.c.

2. 試求製鉑綿10克所要鉑氯化銦之重量。

答 22.8 克。

7. 實驗。

1. 以石棉浸鉑氯化銦,強熱之使成鉑綿,置於由燃燒硫磺所生之二氧化硫中,以驗其生三氧化硫之白煙。

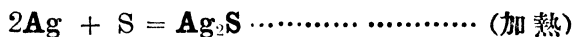
第二章 銅族

第一節 銀 (Silver)

1. 銀之性質. 【Ag】⁽¹⁾ 銀為灰白色之金屬,呈美麗之光澤,其微細之粉末,則為暗褐色.質柔韌,展延性略次於金,得展為厚0.0002耗之薄箔,一克之銀,得延長至20000呎.其富有導熱及導電之性,實占物質中之第一位銀在高溫度融解,遇氫氧燄變為青綠色之蒸氣.

銀常融合其 $\frac{1}{4}$ 量之銅,以增加其硬度,供製造裝飾品之用.其銅之量增至銀之二倍以上者,名為四分之一.

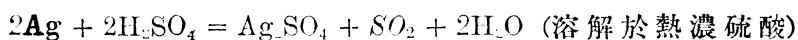
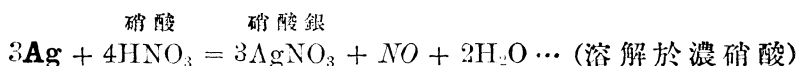
銀富有化學的耐性,即強熱於空氣中亦不氧化,但熱於受強壓之空氣中,或使與臭氧作用,則變為褐色之氧化銀,又與硫黃化合,則生黑色之硫化銀.



銀不溶解於稀薄之酸類,此因其較氫難以離子化 (Ionization),⁽²⁾故不能驅出酸中之氫離子而自身離子化也.然銀容

(1) 銀為古代既知之金屬,古之學者以月 (☾) 之符號表之.蓋其色澤如月之蒼白也. (2) 銀若較氫易離子化,則必起 $2\text{Ag} + 2\text{H}^+ = 2\text{Ag}^+ + \text{H}_2$ 之反應.

易溶解於呈氧化作用之酸類,如濃厚之硝酸或硫酸等。

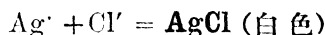


此因銀先氧化變為氧化銀,而此氧化銀則溶解於過剩之酸⁽¹⁾故也(第203,219頁)。

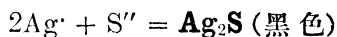
又銀抵抗熔融之苛性鹼之性,遙優於鉑。

銀因色澤美麗且富有耐性,故廣用以製裝飾品,或製苛性鹼用之蒸發皿,又多變為硝酸銀,以供種種之用(第367頁)。

2. 銀離子。【Ag⁺】銀離子無色,其特性為遇氯離子而生白色氯化銀之沉澱。

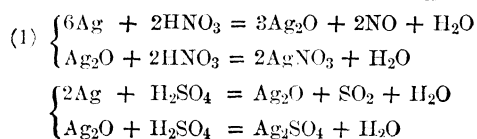


又為硫離子所作用(用硫化二氫),則生黑色硫化銀之沉澱。

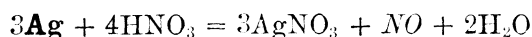


又銀離子當有機物存在時,受日光之作用,則還原而遊離黑褐色之金屬銀,此物又能凝固蛋白質,故對於生物呈劇烈毒性,然人體中因存有多量之氯離子(食鹽),能使其變為不溶物,故其作用大為所制限。

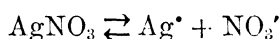
3. 硝酸銀。【AgNO₃】使銀溶解於硝酸中,而蒸發其溶



液時，則析出硝酸銀 (Silver nitrate) 之結晶。⁽¹⁾

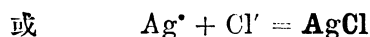
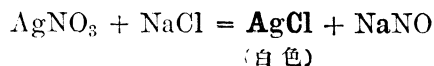


硝酸銀為無色之結晶，極善溶解於水（在常溫溶解於其半量之水），其溶液因含銀離子，

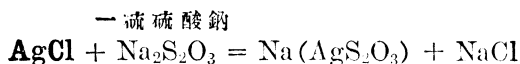


故在實驗室用作試藥，又供造鹽素化銀 (AgCl, AgBr, AgI)，特化銀 (AgCN) 之製造，在醫術上為腐蝕劑，殺菌劑，用於咽喉炎，胃腸病，點眼等。

4. 氯化銀。【AgCl】加食鹽之水溶液於硝酸銀之水溶液中，則生氯化銀之白色沉澱。



氯化銀亦不溶解於強酸類，但容易溶解於鹵精水或一硫硫酸鈉之溶液中（第205頁）。



氯化銀晒於日光中時，則分解變為黑紫色，此恐由於發生一

(1) 通常之銀，因含有銅，故當溶解於硝酸中時，則硝酸銀之外，更生硝酸銅 [Cu(NO₃)₂]。苟欲精製之，則須蒸發其液，使乾固之，而保其赤熱，則Cu(NO₃)₂分解，變為不溶性之CuO，故可加水使溶解硝酸銀，而再結晶之。

(2) 結晶形及其大小，因溶媒之種類，溶液冷卻之緩急等而異。本書所示者，為以水為溶媒時所得之普通結晶而擴大之者也。

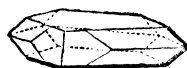
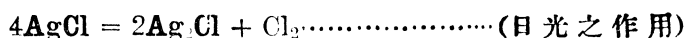


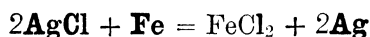
圖130——硝酸銀
之結晶。⁽²⁾

氯化二銀 (Ag_2Cl) 之故。



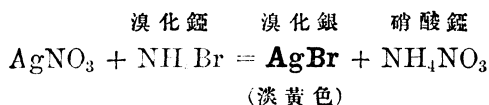
但此時若有有機物共存，則所生之綠氣為所吸收，故上之反應，更易進行，此性質攝影術上利用之。

氯化銀雖為不溶性(水)，然加稀薄之酸使成泥狀，投鐵於其中而放置之，則銀被還原，成灰白色之微粒析出，同時鐵變為可溶性之二氯化鐵。

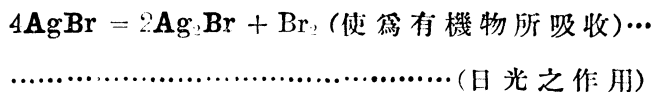


此乃遊離化合狀之銀所常用之法也。

5. 溴化銀攝影。硝酸銀之溶液，遇可溶性之溴化物如溴化銨之溶液，則析出淡黃色溴化銀之沉澱。



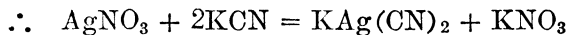
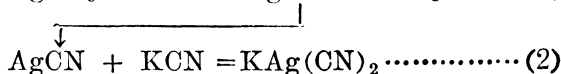
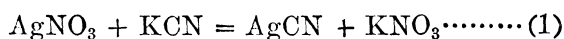
溴化銀亦有甚類似氯化銀之化學性質，容易溶解於一硫酸鈉之溶液，又受日光作用之性極敏銳，但此時似還原為一溴化二銀 (Ag_2Br)。



攝影 攝影之乾片，乃塗敷感光性極敏之溴化銀與透明之膠(有機物)之混合物於平滑之玻璃面上而製成者。裝置之於攝影機內，使由透鏡(lens)所生物體之實像，投射於其上，則光強之處，全被還原，弱處或少被還原，或全不起變化，此乃攝影時之化學變化也，次浸之於呈還原作

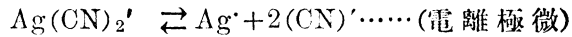
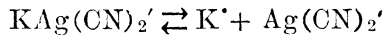
用之物質，如焦性沒食子酸 $[C_6H_2(OH)_3]$ 之溶液中時，則其被還原之溴化二銀，益被還原而變為黑褐色微粒之銀（謂之現像）。未受光之溴化銀，則不生作用，故後者可用一硫磺酸鈉之溶液解除去之（謂之定像⁽¹⁾）。經此操作之乾片，在其透明之膠中，僅含黑褐色不透明之銀粒，而銀粒之量，在光強之部分密，暗黑之部分疏，故實物之白處現黑色，實物之黑處現白色（透明），此名之曰陰片（Negative plate）。另取數塗溴化銀之感光紙，置陰片於紙上，而曝於光亮處後，取此紙用還原劑及一硫磺酸鈉，如前之順序處理之，則得由黑色之銀粒所成之陽片（即照相）。此即所謂溴（Bromide）像是也。但感光紙若塗敷氯化銀以代溴化銀，則得由褐色之銀粒所成之像，取此浸於金鹽之溶液中而鍍金之，即為普通之照相⁽²⁾。其浸於鉑鹽中而施以鉑鍍金者，即為鉑照相。

6 銀精化鉀。 $[KAg(CN)_2]$ 加精化鉀於硝酸銀溶液，則先生白色之精化銀沈澱，但更加其過量，則沉澱再溶解，而變為銀精化鉀（Potassium argentio-cyanide）。



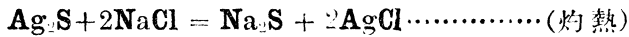
銀精化鉀乃專用於鍍銀之白色結晶性之錯鹽。取銀板為陽極，金屬製之物體為陰極，而電解此溶液，則銀之薄層敷於物體之表面。此因由下列反應所生微量之銀 Ag^+ 之放電故也⁽³⁾（第 355 頁）。

(1) $AgBr + Na_2S_2O_3 = Na(AgS_2O_3) + NaBr$ 。(2) 像之鍍金 $Au^{+++} + 3Ag = Au + 3Ag^+$ 。(3) $AgNO_3$ 溶液以 Ag^+ 之濃度大，不適於鍍銀。

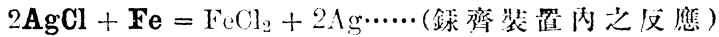


7. 銀之冶金. 銀雖稍有遊離產生者,但大部分成硫化二銀 (Ag_2S) (硫銀礦,爲八面體之結晶) 而產出。

由硫化二銀提取銀時,常先與食鹽共燒,使變爲氯化銀。



次使與鐵屑,水銀及水共移於鍊齊裝置中,則鐵奪取氯化銀中之氯而成可溶性之二氯化鐵,被還原之銀,則溶解於水銀中。



(可溶於水) (可溶於水銀)

故欲分取之,可加強熱而蒸去水銀即得。

硫化銀往往與硫化鉛(方鉛礦)伴生,故由方鉛礦所製之鉛,比較的含有多量之銀,屢供製銀之原料。由此種合金分離銀時,可先加熱熔融而徐徐冷却之,掬去結晶之鉛。反覆行此操作,而取所得富有銀之鉛,置於塗敷骨灰之多孔質之反射爐中,不絕吹送空氣強熱之,則鉛氧化,變爲一氧化鉛(PbO)之粉末,其大半熔融流出,一部吸收於爐底,一部則被吹去,但銀即在高溫,亦不氧化,故依然殘留於爐底上,此稱爲灰吹法。前述由電解精化製鍊法所得之金,其中所含之鉛,亦用此法

(1) 銀之產地爲德之夫拉伯盧,俄之烏拉山,墨西哥等。又自然銀有重至百克者。(2) 因 $Ag_2S + O_2 = 2Ag + SO_2$ 之變化而生銀。

除去之。

8. 摘要. 銀 $\text{Ag} = 107.88$, 原子價 1, 比重 10.5, 融點 960° . 沸點 1300° 左右。

化學式	名稱	製法	性質	用途
Ag	銀 Silver	(1) 還原硫化銀。 $\text{Ag}_2\text{S} \xrightarrow{\text{NaCl}} \text{AgCl} \xrightarrow{\text{Fe}} \text{Ag}$. (2) 灰吹法:使 Pb 變為 PbO 而分取其銀。	展延性大,熱電之良導體。即熱於空氣中,亦不氧化。不溶於鹽酸,為臭氣,硝酸,熱硫酸所蝕蝕。	製飾品,銀箔,蒸發皿,銀化合物。
Ag^+	銀離子 (Silver ion)	銀鹽之溶解。	無色。有毒。因 $\text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-, \text{S}^-$ 而沉澱。	醫藥,試藥。
$\text{Ag}(\text{CN})_2^-$	銀腈離子 (AgCy-ion)	加 CN^- 於 Ag^+ 。	無色。	——
AgNO_3	硝酸銀 (Silver-nitrate)	取 Ag 溶解於 HNO_3 。	無色可溶性結晶。生 Ag^+ 。	Ag^+ 及銀化合物之主要原料。
AgCl	氯化銀 (Silver chloride)	加 Cl^- 於 Ag^+ 。	白色不溶性,因日光而變為 Ag_2Cl_2 。因 Fe 而變為 Ag 。可溶於硝酸水及 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。	攝影用。
AgBr	溴化銀 (Silver bromide)	加 Br^- 於 Ag^+ 。	黃色不溶性,因日光而變為 Ag_2Br_2 。可溶於 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。	攝影用。
$\text{KAg}(\text{CN})_2$	銀腈化鉀 (Potassium silver cyanide)	加腈化鉀於硝酸銀。	白色可溶性之錯鹽,生 $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ 。	鍍銀用。

9. 問題.

1. 試述銀之冶金法及其性質。 (370 頁)
2. 試述主要銀鹽之名稱,分子式及其用途。 (上表)
3. 攝影術上使用下列三物質,是基於何種特性,並試記各物質之色,形態及其分子式。

(a) 溴化銀 (b) 三氯化金 (c) 一硫硫酸鈉

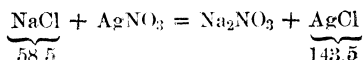
4. 貴金屬通有之特性如何。

【 答 案 】 鉑 Pt, 金 Au, 銀 Ag。

1. 以上之金屬,即在空氣中加熱,亦不氧化。
2. 鉑與金,除王水外,不受他種酸類所侵犯。

5. 有食鹽水於此,取 20 克,用硝酸銀液充分注加時,生 0.5 克之白色沉澱,問此食鹽水 100 克中所含食鹽之重量若干。

【 答 案 】 食鹽與硝酸由下列反應而生氯化銀。



欲生 0.5 克之氯化銀所需食鹽之量如下:

$$0.5 \text{ 克} \times \frac{58.5}{143.5}$$

此量含於 20 克食鹽水之中,故 100 克中之含量如下:

$$0.5 \text{ 克} \times \frac{58.5}{143.5} \times \frac{100}{20} = 1.02 \text{ 克。}$$

答 1.02 克。

6. 有半圓銀幣 0.5 克,溶解於硝酸中,如注鹽酸,則得 0.52 克之氯化銀,此銀幣之各成分,試以百分比表之。

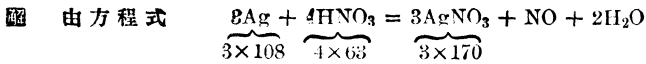
【 答 案 】 銀量..... $0.52 \text{ 克} \times \frac{\text{Ag}}{\text{AgCl}} = 0.52 \text{ 克} \times \frac{107.5}{143.0} = 0.39 \text{ 克。}$

$$\therefore 0.39 \div 0.5 \times 100 = 78\%$$

$$\text{銅量} \quad 100 - 78 = 22\%,$$

答銀 78%，銅 22%。

7. 由 50 克之銀，問可得幾克之硝酸銀。又此時需 45% 硝酸若干克。

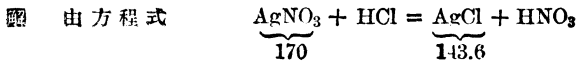


$$\text{硝酸銀} \cdots \cdots 50 \text{ 克} \times \frac{3 \times 170}{3 \times 108} = 78.7 \text{ 克}$$

$$\text{硝酸} \cdots \cdots 50 \text{ 克} \times \frac{4 \times 63}{3 \times 108} \times \frac{100}{45} = 86.4 \text{ 克}$$

答硝酸銀 78.7 克，硝酸 86.4 克。

8. 由 100 克之硝酸銀可得氯化銀幾克。又所需之 2 規定鹽酸體積如何。



$$\text{氯化銀之量} = 100 \text{ 克} \times \frac{143.6}{170} = 84.4 \text{ 克}.$$

又使硝酸銀 170 克（即 1 克分子）變為氯化銀時所需氯化氫之量，由上之方程式，亦為一克分子，此量當含於規定鹽酸 500 c.c. 之中，故使硝酸銀 100 克變為氯化銀時，所需鹽酸之體積如下：

$$500 \text{ c.c.} \times \frac{100}{170} = 294 \text{ c.c.}$$

答 84.4 克，294 c.c.。

9. 欲使含有 3% 之氯化鈉之食鹽水溶液 70 克中之氯沉澱時，所需硝酸銀之量如何。

由方程式 $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$

硝酸銀之量 $70 \text{ 克} \times 0.63 \times \frac{170}{58.5} = 6.1 \text{ 克}$

答 6.1 克。

10. 實驗.

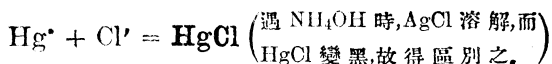
1. 將銀箔溶解於硝酸使成硝酸銀,加食鹽水使氯化銀沈澱,照於日光以觀其變化。
2. 加食鹽水於硝酸銀溶液,將所生之氯化銀二分之,分別加礬精及一磅硫酸鈉溶液,使之溶解。
3. 如用溴化鉀或碘化鉀以代食鹽,使生溴化銀或碘化銀,各加一磅硫酸鈉使之溶解。
4. 加噁化鉀溶液於硝酸銀溶液,以作銀噁化鉀溶液,試用以電鍍。

第二節 水銀 (Mercury)

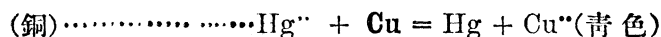
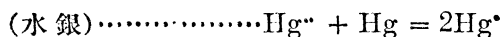
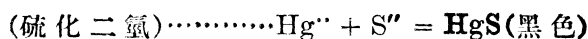
1. 水銀. 【Hg】水銀學名爲汞,爲在常溫唯一之液態金屬元素。比重 13.6,對於溫度之昇降,生極有規則之膨脹收縮。冷至零下 39.4°,則成銀樣之固體,熱至 356°,則沸騰而變爲極有毒之無色氣體。由其蒸氣比重所定之分子式爲 Hg,故知水銀與多數之非金屬元素異,其一分子量爲由其一原子量所成。此種情形不僅限於水銀,即多數之他種金屬亦復如是。水銀又爲金屬之溶媒,善溶解金,銀,錫,鈉等而成合金,此種水

(1) 由辰砂製水銀之法,西曆紀元前 300 年提奧夫刺斯特(Theophrast)氏之紀錄中已敘述之,至 1700 年始確認其爲金屬。古之化學者,以符號 ☿ 表之。

2. 銻離子. $[\text{Hg}']$ $[\text{Hg}'']$ 銻離子皆無色,有猛毒.而亞銻離子 (Hg') 恰如銀離子 (Ag') , 遇氯離子 (Cl') 則生白色一氯化銻沉澱.

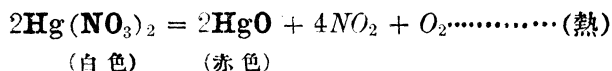


亞銻離子 (Hg') 爲硝酸所氧化時,則變爲銻離子 (Hg'') . 銻離子因遇氯離子不生沉澱,故易與亞銻離子相區別.然銻離子遇硫化二氫,則生黑色沉澱,使與水銀相作用,則成亞銻鹽,遇銅則溶液逐出,而析出水銀.



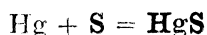
如上所述, Hg 變爲 Hg' 更變爲 Hg'' , 即增加陽離子價之變化,一般亦稱爲氧化.反之,如 Hg'' 變爲 Hg' 或 Hg , 即減少其陽離子價之變化,則稱爲還原.又如 I' 變爲 I , 即減少陰離子價之變化,爲氧化;如 I 變爲 I' 即增加陰離子價之變化,則爲還原.

3. 一氧化銻. $[\text{HgO}]$ 溶解水銀於硝酸,而將所製得之硝酸銻靜熱之,即可得一氧化銻.



一氧化銻爲赤色之重粉末,強熱之,則分解爲水銀與養氣.

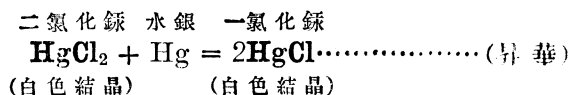
4. 一硫化銻. **【HgS】** 研攪水銀與硫黃之混合物時,則生黑色之一硫化銻⁽¹⁾,昇華之則變為鮮赤色。



一硫化銻俗稱銀硃⁽²⁾(Vermilion),色鮮豔,且極安定(王水能溶解之),故為貴重之顏料,用途極廣。一般顏料云者,為由不透明不溶性之色質而成,善於覆蔽物體之底質,通例其膠着劑常用膠,樹脂,乾性油等。

一硫化銻之產於自然界者,為暗赤色六角形之結晶,俗稱辰砂,為水銀及銻化合物之主要原料。

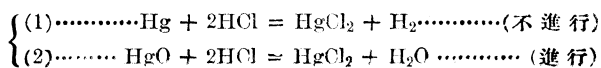
5. 一氯化銻. **【HgCl】** 一氯化銻由加 Cl' 於 Hg' 而生,但常取二氯化銻與水銀共熱昇華以製之。



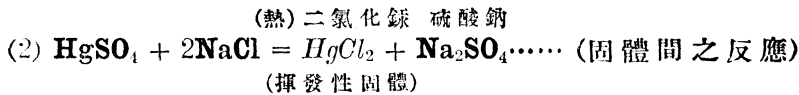
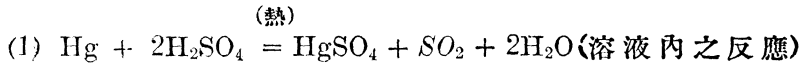
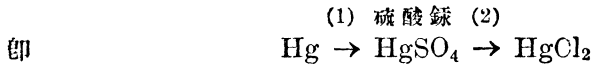
一氯化銻通常稱為甘汞 (Calomel), 為白色結晶, 幾不溶於水, 故呈銻離子之毒作用甚微, 醫藥上廣用作下劑, 利尿劑。然觸日光時, 則起上之逆反應, 而有生猛毒性之二氯化銻之虞, 故須注意貯藏於暗地。

6. 二氯化銻. **【HgCl₂】** 取水銀溶於硫酸⁽³⁾中, 蒸發其溶

(1) 又可利用 $\text{Hg}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{HgS}$ 之反應而製之。 (2) 銀硃中往往混有鉛丹(四氧化三鉛)。然鉛丹遇硝酸, 則變為黑褐色, 故易與銀硃相鑑別。 (3) 水銀不溶解於鹽酸, 故不起下之反應 (1) 須注意。



液,加食鹽於所得之硫酸銻而昇華之,則得二氯化銻。



二氯化銻俗稱昇汞 (Corrosive sublimate), 又稱為猛汞。對於冷水之溶解度約為六, 其溶液含有銻離子。



呈猛毒作用, 即其二萬倍之稀薄溶液, 亦能防止病菌之發育, 至二千倍則能完全撲滅之。此基因於重金屬離子之通性, 即使蛋白質凝固之作用也。故卵蛋白屢利用之以解銻毒。⁽¹⁾

7. 水銀之冶金。水銀在⁽²⁾近於其沸點之高溫, 反由其氧化物遊離, 故燃燒辰砂於空氣中, 則即起下之反應, 而遊離水

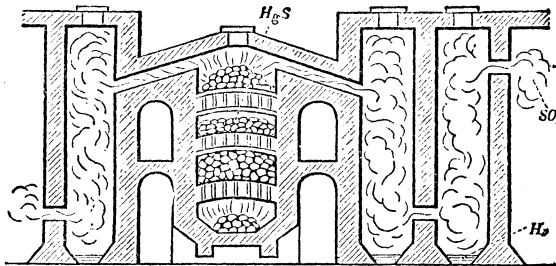
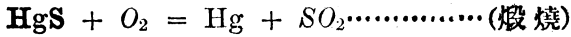


圖 131—燒辰砂以蒸餾生成之水銀。

(1) 昇汞為被昇華之銻化合物之意, 猛汞為猛毒之銻化合物之意。
(2) 水銀之產地為奧之伊多利亞, 西班牙之亞兒馬丁, 美國之加利弗尼亞。

銀。

一硫化汞 空氣 水銀 二氧化硫



可導於冷室中液化之。

8. 摘要. 水銀 Hg = 200.6, 分子式 Hg, 原子價 1 (不安定), 2 (安定), 比重 13.6, 融點 -38.85°, 沸點 357.5°.

化學式	名 稱	製 法	性 質	用 途
Hg	水 銀 (Mercury)	燒 HgS 而製之。	液態, 比重大, 有耐性, 溶解性, 難氧化, 可溶於硝酸, 熱濃硫酸。	溫度計, 晴雨計, 理化學器械, 金銀之冶金, 汞齊, 醫藥, 汞化合物。
Hg ⁺ Hg ⁺⁺	亞汞離子 (Mercurous ion) 汞離子 (Mercuric ion)	鹽類之溶解。	Hg ⁺ 因 Cl ⁻ 而生 HgCl 之沈澱, Hg ⁺⁺ 因 S ²⁻ 而生 HgS 之沈澱, 皆有毒, 且因 Cu 而還原。	殺菌用。
HgO	一氧化汞 (Mercuric oxide)	熱硝酸汞 Hg(NO ₃) ₂ .	赤色不溶性之粉末, 熱則分解。	製取養氣, 醫藥。
HgS	一硫化汞(銀硃) (Mercuric sulphide)	研和水銀與硫黃昇華之。	赤色不溶性之粉末。	顏料。
HgCl	一氯化汞(甘汞) (Mercurous chloride)	取二氯化汞與水銀昇華之。	白色不溶性之粉末。	利尿劑, 下劑。
HgCl ₂	二氯化汞(昇汞) (Mercuric chloride)	取水銀製為硫酸鹽, 與食鹽共昇華之。	可溶性之結晶, 生 Hg ⁺⁺ .	殺菌劑, 甘汞之原料。
Hg(NO ₃) ₂	硝酸汞 (Mercuric nitrate)	取水銀溶解於硝酸。	溶解於水。	一氧化汞之原料。

定 義

氧化 (Oxidation)	增加陽離子價者稱爲氧化,減少陽離子價者稱爲還原,關於陰離子價,則反之(廣義的)。
還原 (Reduction)	
顏料 (Pigment)	凡不透明不溶性之色質,而善能被覆物體之底質者,稱爲顏料。凡可溶性之色質,而適於染色者稱爲染料。
染料 (Dyestuff)	

9. 問題.

1. 由 20 尅辰砂可得水銀若干量。

答 172 尅。

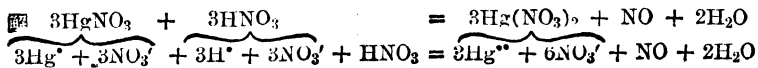
2. 取 50.4 克之一氧化錫熱之,所得養氣之體積爲若干升。

答 2.16 升。

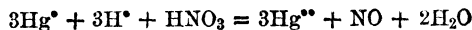
3. 水銀 100 克與硫黃 20 克共熱時,求所生一硫化錫之量。

答 116 克。

4. 亞錫離子氧化時則生錫離子,試用離子方程式表之。



消去兩邊不反應之物質,



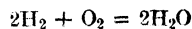
即 Hg^+ 由 H^+ 奪取電荷而變爲 Hg^{2+} , H 爲 HNO_3 氧化而生 H_2O 。

5. 1 氣壓 18°C . 之輕氣 477.54 升作爲爆鳴氣,使悉爆發時所需養氣之量,當用幾克之一氧化錫熱之方可。

解 所與輕氣之體積,如就標準狀況求之,可得

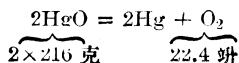
$$477.54 \text{ 升} \times \frac{273}{273 + 18} = 447.72 \text{ 升}$$

悉變爲水時所需養氣之體積,由



知爲上量之半,即 223.86 磅。欲發生此量之養氣所用一氧化錫之量,

由方程式



$$216 \text{ 克} \times 2 \times \frac{223.86}{22.4} = 4317.3 \text{ 克} \quad \text{答 } 4317.3 \text{ 克。}$$

6. 求昇汞 $\frac{1}{100}$ 克分子水溶液 50 c.c. 中含氯之量。

圖 昇汞 1 克分子 (HgCl_2) 中含氯 $\text{Cl}_2 = 71$ 克,故所與之溶液中含氯之量:

$$71 \text{ 克} \times \frac{1}{100} \times \frac{50}{1000} = 0.0355 \text{ 克} \quad \text{答 } 0.0355 \text{ 克。}$$

7. 昇汞爲氯與錫之化合物,知其分子量爲 271,問其分子式如何。

圖 假定所求之分子式爲 Hg_xCl_y , 由 $\text{Hg} = 200$, $\text{Cl} = 35.5$ 得次式如下:

$$200x + 35.5y = 271$$

由 x, y 當爲整數, 故 $x = 1, y = 2$ 答 HgCl_2 。

10. 實驗.

1. 強熱一氧化錫以製水銀,加硝酸使之溶解,更加食鹽水使一氧化錫沈澱。
2. 將水銀與硫磺盛乳鉢內,磨之使成一硫化錫,加熱使之昇華。
3. 加碘化鉀於昇汞水,使紅色之二碘化錫沈澱,更加過量使再溶解。

第三節 銅 (Copper)

1. 銅之物理的性質. 【Cu】銅之遊離產生者,爲量尙多,故與金銀俱爲自昔既知之金屬.其新研磨之面,呈特異之赤黃色,爲他金屬所無,但不久即爲暗色之氧化物薄層所蔽,變

(1) 銅爲太古時代既知之金屬,銅器時代次於石器時代.古之化學者以早(金星)爲其符號。

爲通常所見之銅色,銅之供實用之主要性質如下:

- (1) 富有展延性,且強韌,適於器械的操作;
- (2) 爲電之極良導體(電導性較鐵約大六倍);
- (3) 難融解(融點 1050°),且富有化學的耐性;
- (4) 可製有重要的諸性質之合金。⁽¹⁾

銅置於軋機可展爲板,供建築材料;抽爲金絲,用於電工業;鎚擊之以製銅器或銅箔;⁽²⁾又多量供製造合金之用。

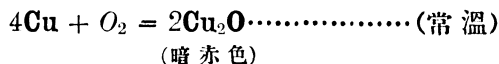
由銅所成合金之種類,在金屬中占最多數,主要者如次:

名 稱	組 成	特 性	用 途
黃 銅	銅 2, 銻 1.	呈美黃色,強韌,富有展延性,且適於鑄造。	諸器具之製作,建築用。
青 銅	銅 4, 錫 1.	赤褐色,硬,適於鑄造。	器具,裝飾品,銅像之鑄造。
白 銅	銅 3, 鎳 1.	白色,硬。	製造貨幣。
赤 銅	銅 95, 銀 4, 金 1.	雖爲赤色,但硫化其表面而使之變黑者,其色雅美。	裝飾用。
四分一	銅 3, 銀 1.	帶銀色,有耐性。	裝飾用。
日耳曼銀	銅 2, 鎳 1, 銻 1.	帶銀色,質硬。	裝飾用。
鉛青銅	銅 9, 鉛 1.	帶黃金色,強韌,富有展延性。	製造裝飾品。
含磷青銅	銅 9, 錫 1, 磷少量。	強韌,質頗堅。	機械之製作。
含硅青銅	銅 9, 錫 1, 硅少量。	富有導電性。	電話線。

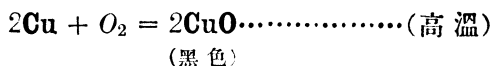
(1) 銅全產量之二分之一製黃銅,四分之一爲銅線,餘四分之一製器具之用。(2) 融解之銅當凝固時,體積多少收縮,故不適於鑄造。故銅器專由鎚擊而製之,銅每經此器械的操作後,常增加硬度,變爲脆弱,但微赤熱之,則能再回復其展延性。

2. 銅之化學的性質. 銅成一價及二價之二種化合物, 其二價之化合物安定, 與水銀同.

銅放置於空氣中, 則表面生一氧化二銅 (Cu_2O) 之暗色薄層.

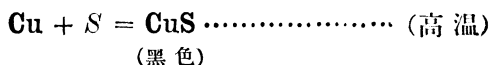


強熱之, 則即生一氧化銅 (CuO), 呈黑色.

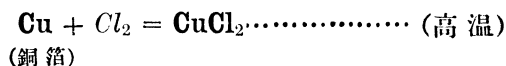


又久置濕空氣中, 則生稱為銅綠 (Blue verditer) 之鹽基性碳酸銅 [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$].

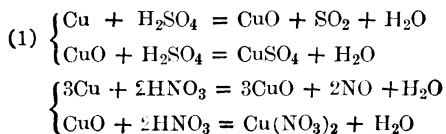
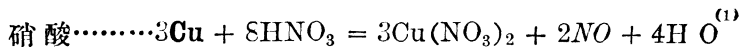
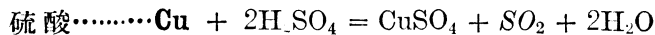
銅在硫黃蒸氣內燃燒極烈, 變為黑色之一硫化銅.



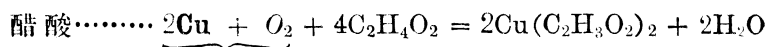
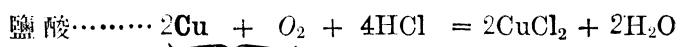
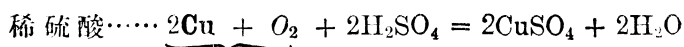
在綠氣內亦燃燒而生二氯化銅.



銅對於氫離子之反應, 全與上述之水銀同. 即銅不溶解於鹽酸或稀硫酸, 但溶解於硝酸或熱濃硫酸而生銅鹽.



銅又在空氣之自由接觸處，溶解於不呈氧化作用如鹽酸，稀硫酸，醋酸之酸類，此因銅先為空氣中之氧氣所氧化，而生可溶性之一氧化銅故也。

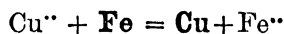


銅之食器中盛醋(醋酸)，則有生有毒銅鹽之虞者，即基於上之反應也。

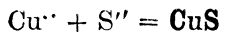
3. 銅離子。【Cu²⁺】〔Cu·甚稀〕銅離子之性質如下：

(1) 青色，有劇毒性，呈強力殺菌作用。

(2) 浸鐵片於其中時，則被還原而析出金屬銅。



(3) 通以硫化二氫，則生黑色之一硫化銅沉澱。



(由 H₂S) (黑色)

(4) 遇過量之精化鉀，則生無色之銅精錯離子。

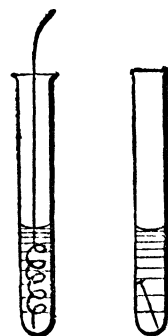
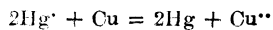
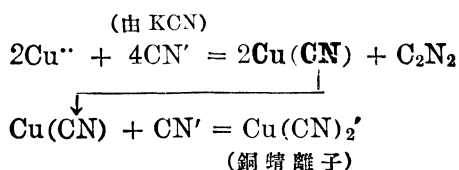


圖 132——(左) 浸銅線於硝酸銅溶液，⁽¹⁾
(右) 浸鐵釘於硫酸銅溶液。

(1) 銅因較水銀容易離子化，故能還原汞離子，而水銀附着於銅線之表面。



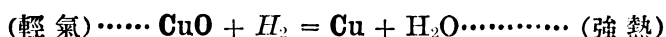


(5) 遇 硃 精 水, 則 生 深 青 色 之 錯 離 子 [含 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{++}$]。

此等之諸性質,皆為檢驗銅鹽時所利用者。

4. 銅之氧化物. $[\text{Cu}_2\text{O}][\text{CuO}]$ 一氧化二銅 (Cu_2O) 為褐赤色之粉末,銅在比較的低溫度氧化時生之,又產於天然者為赤銅礦 (Cuprite).

一氧化銅 (CuO) 為銅在赤熱時之氧化生成物,成黑色之脆性塊狀或粉末狀,與炭或輕氣共熱,則容易還原而析出銅。



基因於此反應,一氧化銅屢氧化有機物中之碳及氫,故可用作氧化劑。

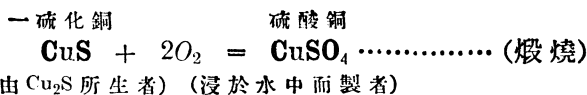
5. 銅之硫化物. $[\text{Cu}_2\text{S}][\text{CuS}]$ 一硫化二銅 (Cu_2S) 之產於自然界者,為稱為硫銅礦 (Chalcocite) 之淡黑色柱狀結晶之礦石,與三硫化二鐵化合而產生者,即稱為黃銅鑛 (Chalcopyrite, $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$) 之黃色光輝結晶。此二物質為銅之主要原料。

一硫化銅 (CuS) 為銅與硫黃或銅離子與硫離子化合

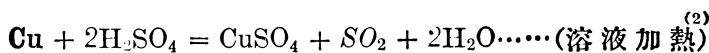
而生之黑色不溶性物質⁽¹⁾。



6. 硫酸銅。【 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 】硫酸銅在工業上常將硫銅礦徐徐燒於空氣中，以水浸出其氧化生成物而多量製出之。



在實驗室內則溶銅於濃硫酸而製之。



由溶液析出之硫酸銅為五水藍青色稜柱狀之結晶，俗稱膽礬⁽³⁾(Blue vitriol)。熱之(100度以上)，則放出結晶水而為白色之粉末此物名為無水硫酸銅。

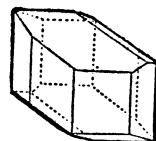


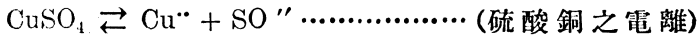
圖 133——硫酸銅之結晶(青色)。



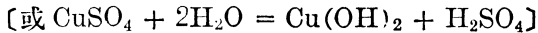
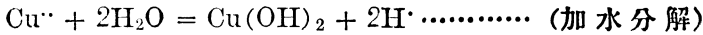
此種含水之有色結晶，當其失去結晶水時，則皆不特崩壞其結晶形且失其特殊之色。無水硫酸銅⁽⁴⁾以有強吸濕性，故屢應用以吸收酒精中之水分。

結晶硫酸銅善溶於水(溶解度在10度時為35, 100度時為200)，而生青色之銅離子。

(1) $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 。 (2) 此反應用於製造二氧化硫。
(3) 礬云者乃某種硫酸鹽之總稱也。 (4) 鈷之氧化物失去結晶水時，則反呈青色。

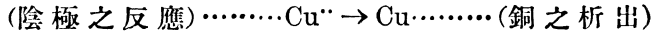
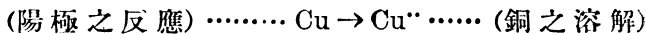


同時微起加水分解,而呈酸性.



硫酸銅爲銅化合物中之最有用者,可供電池電鑄用,顏料之製造,木材之防腐用,又醫藥上常用作催吐劑及腐蝕殺菌劑.

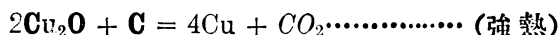
7. 電鑄. 以銅爲電極而電解硫酸銅溶液時,則陽極之銅溶解,而陰極有銅析出.



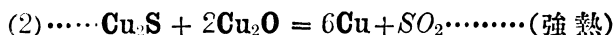
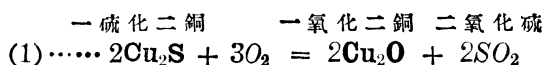
故取刻有書畫之導電性物質,作爲陰極,則生緻密之銅層於其表面,至有相當之厚,而由其型剝下時,則得與其型凹凸相反之書畫,此卽印刷用銅板也.此恰與用電流在低溫度鑄造銅板者無異,故此法稱爲電鑄法 (Electrotyping).電鑄用之型,常以塗敷石墨之馬來樹膠 (Gutta-percha),或融點極低之合金製之(武德合金).卽先刻所要之書畫於木板,將前者(馬來樹膠)壓印其上,或取後者(合金)熔融注加之,而翻取其書畫.但電鑄終後,可加熱軟化之,或融解之,使與銅板分離.⁽¹⁾

(1) 本書插圖等之原版多由電鑄法製成,又鍍銅時可用 Cu^{++} 之濃度較小之 $\text{KCu}(\text{CN})_2$ 溶液.

8. 銅之冶金。自然銅之產量不多。⁽¹⁾銅礦石中之主要者爲黃銅礦 ($\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{Fe}_2\text{S}_3$), 硫銅礦 (Cu_2S), 赤銅礦 (Cu_2O)。使赤銅礦與焦煤共熱, 則銅容易析出。



硫銅礦可先通空氣燒之, 次隔絕空氣強熱之, 則最初生成之一氧化二銅, 更作用於尙未變化之一硫化二銅, 而遊離銅。



由黃銅礦 ($\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{Fe}_2\text{S}_3$) 製銅時, 先煅燒礦石使鐵氧化, 此物與二氧化硅 [SiO_2 (砂)] 化合, 變爲容易融熔之硅酸鐵 (FeSiO_3)

除去, 同時取其氧化生成之氧化銅, 使作用於尙未變化之硫化銅而遊離其銅, 與上處理硫化銅時相似。此種欲使礦石還原, 常於反射爐 (Reverberatory furnace)

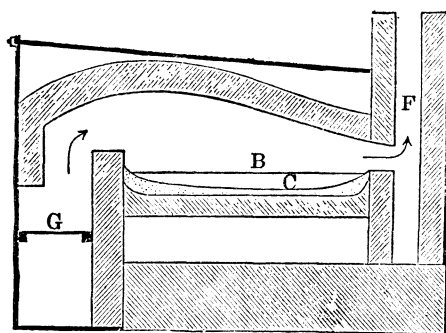


圖 134——反射爐 G 火牀, C 爐之被覆物, B 礦石, F 煙突。

中行之。反射爐爲一種竈, 能使燄反射, 故礦石得爲在上面之點火所強熱。

(1) 自然銅產於俄, 奧等國, 銅礦產於北美, 智利, 澳洲, 日本等地。

在反射爐所製之銅,因其含有多少之夾雜物,故用電解法精製之。即浸此粗銅於硫酸銅之溶液中,作為陽極,取純銅板為陰極,通以電流,則陽極之粗銅溶解,而純銅析出於陰極

(1)
上。

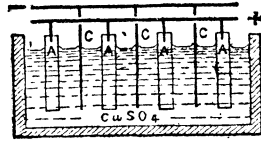


圖 135—電解法精製銅。

(A) 粗銅, (C) 純銅

9. 摘要. 銅 $\text{Cu} = 63.57$, 原子價 1 (不安定), 2 (安定), 比重 8.9, 融點 1050° .

化學式	名稱	製法	性質	用途
Cu	銅 (Copper)	用 C 還原 Cu_2O , 用 Cu_2O 還原 Cu_2S . 又粗銅用電解法精製之。	富有導電性, 熱傳導性, 耐熱耐久性, 展延強韌性, 融合性, 與養氣, 硫黃, 綠氣化合物。為氧化劑所作用時, 溶解於酸。	電工業用, 熱器具, 建築材合金。
Cu^{++}	銅離子 (Cupric ion)	銅鹽之溶解。	青色有毒, 因 H_2S 生黑色 CuS 之沉澱, 因 KCN 生無色溶液 $[\text{Cu}(\text{CN})_2]'$, 因 NH_4OH 生深青色溶液。	防腐劑。
$\text{Cu}(\text{CN})_2'$	銅睛離子 (Cuprous cyan ion)	加過量之 KCN 於 Cu^{++} .	無色	電鍍用。
Cu_2O	一氧化二銅 (Cuprous oxide)	微熱銅於空氣中 (產生自然界)。	赤色粉末, 不溶於水。	氧化劑製鑄用。

(1) 用此方法時, 銅中所混之金或銀, 沉澱於溶液內, 故得收取之。此精製法亦用以精製金, 銀, 鐵, 鋅, 錫, 鎳, 鉍, 鎘等。

CuO	一氧化銅 (Cupric oxide)	強熱銅於空氣中。	黑色固體，不溶於水。	氧化劑。
Cu_2S	一硫化二銅 (Cuprous sulphide)	(產於自然界)	暗色固體。	製銅用。
$\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{Fe}_2\text{S}_3$	黃銅礦 (Copper pyrite)	(產於自然界)	黃黑色結晶。	製銅用。
$\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$	鹽基性碳酸銅(銅綠) (Copper basic carbonate)	銅在濕空氣中所生者(產於自然界)。	綠青色之固體，可溶於酸。	顏料，製銅用。
$\text{CuSO}_4(5\text{H}_2\text{O})$	硫酸銅(礬礬) (Cupric sulphate)	溶解銅於硫酸。燒硫化銅，曝之空氣中，用水抽出之。	青色結晶，無水者有吸溼性。溶解於水生 Cu^{++} 。	電池，電鑄，電鍍，醫藥。
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(2\text{H}_2\text{O})$	硝酸銅 (Cupric nitrate)	溶解銅於硝酸。	青色之結晶，可溶於水。	_____
CuCl	一氯化銅 (Cuprous chloride)	_____	白色不溶性之固體。	_____
$\text{CuCl}_2(2\text{H}_2\text{O})$	二氯化銅 (Cupric chloride)	銅與綠氯化合。	淡青色之結晶，可溶於水。	_____

10. 問題。

1. 試述由黃銅礦製銅時之化學變化。 (388頁)
2. 試比較銅之性質及銀之性質之異同。

類 似 之 點 (1) 富展性及延性及熱電之良導體。

(2) 常溫甚難氧化。

(3) 與硫作用。

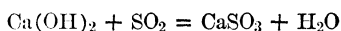
(4) 鹽酸及稀硫酸不能侵犯，但對濃硫酸則起作用。

相異之點 (1) 銅赤色,銅離子藍色,銀白色,銀離子無色。

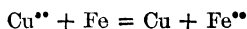
(2) 銅於空氣中加熱則氧化,銀非在強壓之下,不受氧化。

3. 烟害與礦毒果爲何物之作用,當用何法防之。

圖 煙害者,由冶銅工場所發硫磺之氧化物,即二氧化硫,使附近之植物枯死之謂也,防之之法,將反射爐所生之二氧化硫,導引於石灰水流下不絕之長煙道,使被吸收。



礦毒者由,銅礦粉碎洗滌時所生之 Cu^{**} ,混入河水,而害及農作物之謂也。可用鐵屑除之。

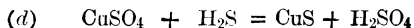
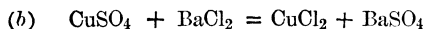
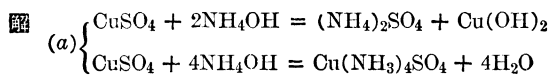


4. 銅之主要合金,及其性質用途如何。 (382 頁)

5. 硝酸,硫酸對於銅之作用如何,試說明之。

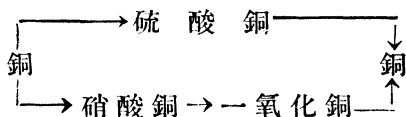
6. 將下列物質加於硫酸銅溶液中時,其化學變化如何。

(a) 鹵精水 (b) 氯化鋇 (c) 碇化鉀 (d) 硫化二氫



7. 銅鹽之簡單鑑識方法如何。 (384 頁)

8. 從下圖矢之方向,順次記各物質生成之化學反應式。



- 圖 (1) 銅 → 硫酸銅 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 (2) 硫酸銅 → 銅 $\text{CuSO}_4 (\text{溶液}) + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$
 (3) 銅 → 硝酸銅 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
 (4) 硝酸銅 → 一氧化銅 $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
 (5) 一氧化銅 → 銅 $\text{CuO} + \text{C} = \text{Cu} + \text{CO}$

9. 試舉銅族元素最普通之鹽類各一，並記其分子式及其用途。

圖 銅族元素照本書所舉為銅、銻、銀固可，然照元素週期表為銅、金、銀亦可，此等物之鹽類，如 CuSO_4 ， AgNO_3 ， HAuCl_4 ， HgCl_2 等。

10. 由二氯化銅之水溶液使金屬銅析出之方法如何。又製硝酸銅水溶液之方法如何。

圖 (1) 由二氯化銅之水溶液使銅析出之法，或投以鐵，或行電解均可。
 $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{FeCl}_2$ $\text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{Cl}_2$

(2) 由二氯化銅製硝酸銅之法，當加硝酸銀而濾去析出之氯化銀。
 $\text{CuCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$

11. 通輕氣於一氧化銅 40 克中，加熱，則生銅 31.9 克，求銅之原子量。

圖 於方程式 $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 中以 x 表銅之原子量，
 因 $\text{O} = 16$ 故 $\text{CuO} = x + 16$ $\therefore \text{Cu} = x$
 $\therefore x : x + 16 = 31.9 : 40$ $\therefore x = 63$ 答 63。

12. 將銅溶解於濃硫酸以製膽礬 100 克時，問需銅及硫酸各若干克。

答 銅 38.7 克，硫酸 123.3 克。

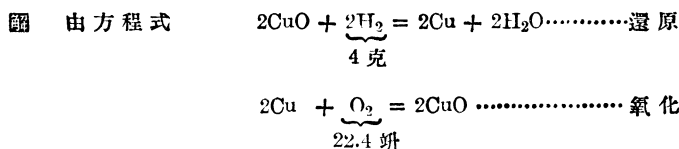
13. 通硫化二氫於前題之膽礬,可得硫化銅之沉澱若干。

答 60 克。

14. 求膽礬 2.3 克中結晶水之重量。

答 0.8 克。

15. 用輕氣 10 克,將一氧化銅還原,若使所得之銅再行氧化時,問需養氣幾升。



知被 $2\text{H}_2 = 4$ 克所還原之銅,可由 $\text{O}_2 = 22.4$ 升之養氣氧化,故欲氧化由 10 克之輕氣所還原之銅時,所需養氣之體積當如下:

$$22.4 \text{ 升} \times \frac{10}{4} = 56 \text{ 升} \quad \text{答 56 升。}$$

16. 分析黃銅礦 2.5 克時,得一氧化銅 0.3129 克,求此礦石中銅之百分率。

圖 一氧化銅 $\text{CuO} = 79.6$ 中含有 $\text{Cu} = 63.6$ 之銅,故一氧化銅 0.3129 克中所含銅之重量如下:

$$0.3129 \text{ 克} \times \frac{63.6}{79.6} = 0.25 \text{ 克,}$$

此銅含於礦石 2.5 克之中,故黃銅礦 100 中,所含銅之重量如下:

$$\frac{0.25}{2.5} \times 100 = 10 \quad \text{答 10\%。}$$

11. 實驗.

1. 試熱銅箔使爲一氧化銅,又點濃硝酸於銅箔,使爲硝酸銅。

2. 試熱膽礬除去結晶水,使成白色之無水硫酸銅,並加水溶解之。
3. 將上溶液分之爲五,以藍色試紙浸之而檢其酸性反應。又加硫化二銻使成一硫化銅。加苛性鈉使成氫氧化銅。加碳酸鈉使成銅綠。
4. 將上所餘之液,先加少量之碲精水,使成氫氧化銅,更加過量,使之溶解而成深藍色之液。

第二部 金屬之二

第一章 鐵族

第一節 鐵 (Iron)

1. 鐵之物理的性質. **【Fe】** 鐵⁽¹⁾爲灰白色之金屬，富有延性，鐵絲之強韌及耐牽引性，居金屬中之首位，融點遙高於銅，赤熱 (600°) 之，則有變爲極柔軟之特性，故加工極易。鐵在金屬中，感磁之性最強。

鐵之物理的諸性質，常因其中所混少量之碳而影響極著，隨量之多少，分爲生鐵 (Cast iron)，鋼 (Steel)，熟鐵 (Wrought iron) 三種。

熟鐵。 爲碳之含量在 0.5% 以下之鐵，其性質殆與純鐵無異。(1) 強韌而富有延性；(2) 因被赤熱而軟化，容易製成所要之形，又易於鍛接⁽²⁾；(3) 雖能感磁，然缺保存之性。

鋼。 爲碳之含量在 1% 內外之鐵。(1) 赤熱之則軟化，與熟鐵同；(2) 融點較純鐵低，故鑄造亦易；(3) 取赤熱之鋼急冷

(1) 鐵器由金字塔 (Pyramid) 中所發見之事實觀察之，則有史以前，似已有用之者。然由其礦石製鐵，則遲於銅。古時鐵以 ♂ (軍神之鎗之意) 之符號表之。(2) 鍛接鐵時，因欲除去其所生之氧化物，故需填硼砂於接合面。

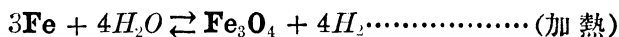
之，則增加其硬度，再熱之於適度之溫度後，放冷之，能任意減其硬度，同時其彈性亦增加；(4) 鋼又易感磁，有保存之性。

生鐵。 爲碳之含量在 4% 內外之鐵，融點最低，由鐵礦最初鍊得之鐵卽此物也。其際急冷之者，則爲含有鐵與碳之化合物，呈白色。其徐徐冷却之者，則析出石墨而呈灰色。故稱前者爲白生鐵 (White cast iron)，後者爲灰生鐵 (Gray cast iron) 以區別之。

鋼之混有 8% 之錳或 1% 之鉻者，其硬度甚大。熟鐵之混有 3% 之鎳者，則強韌而富有彈性。然混以硫黃或磷之鐵，則脆弱不適實用。

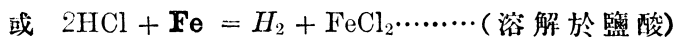
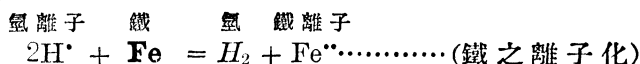
2. 鐵之化學的性質。 鐵爲二價及三價之元素，作亞鐵化合物及鐵化合物兩種。前者概氧化於空氣中，而易變爲鐵鹽，後者則皆安定。

鐵於常溫，若在全然乾燥之空氣中，則無變化，若受含有溼氣及二氧化碳之空氣之作用，則生主成分爲三氫氧化鐵 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 之赤褐色粗糙之銹。故鐵器若不敷油或鍍以錫或鋅，或以四氧化三鐵之薄層覆其表面，以防空氣之接觸，則必被漸腐蝕。上述之四氧化三鐵，爲鐵在高溫度所生之黑紫色氧化物，又若通水蒸氣於赤熱之鐵器，亦得生成之於其表面。

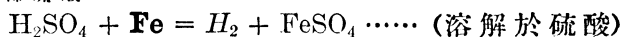


此反應亦表示鐵能奪取氧化物與水中之氧成分，故知鐵較銅更易氧化。

鐵與銅族元素大異，其離子化傾向較氫為大，故作用於稀薄酸類，而驅出氫離子，自身則離子化溶解，此時先生亞鐵化合物。



稀硫酸



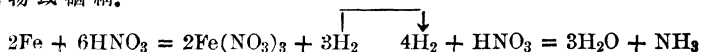
然如濃硫酸之缺少氫離子之酸，反難以侵鐵。⁽¹⁾

3. 鐵之用途。 鐵因(1)強韌；(2)赤熱之則軟化；(3)由加熱冷卻之操作；而得與以任意之硬度及彈性；(4)產額多而價廉，故廣供機械工業之用。如鋼供刃器，鐵甲板，銃鉋，鐵軌，機械，建築材料，鐵絲類等之用。生鐵供鐵管，鐵柱，器械，器具之鑄造用。熟鐵以有一時的感磁性，故廣用作電機械之電磁石。鎳鋼，鉻鋼，用途亦廣。然純鐵用途反狹，不過製為鐵粉，以供貧血症之藥用。

4. 鐵離子。 $[\text{Fe}^{\cdot\cdot}]$ $[\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}]$ 亞鐵離子及鐵離子皆無色，呈次之反應。

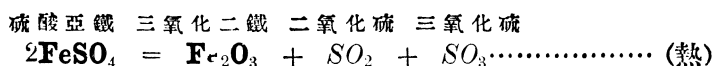
——	赤血鹽 $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{\cdot\cdot\cdot}]$	一硫疇酸鉀 $(\text{SCN})^{\cdot}$
$\text{Fe}^{\cdot\cdot}$	生青色沉澱 $\{\text{Fe}_3(\text{Fe}(\text{CN})_6)_2\}$ 。	無變化。
$\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}$	無沉澱，溶液呈暗褐色。	呈血赤色 $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$ 。

(1) 鐵溶解於硝酸，則生硝酸鐵與輕氣，然輕氣還原硝酸，而生氮之氧化物或硝精。



此反應常用以鑑別亞鐵鹽與鐵鹽。

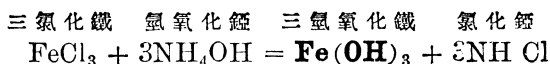
5. 鐵之氧化物。【 Fe_2O_3 】【 Fe_3O_4 】【 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 】 三氧化二鐵 ($\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}_3$)。多成赤鐵礦 (Hematite) 而產生,又焙燒硫酸亞鐵亦可製得之。



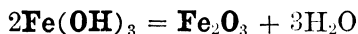
此物為赤色不溶性之粉末,俗稱代赭石(天產者),用作顏料。又與油練和者,名黃銅擦粉,供玻璃或金屬之研磨用。

四氧化三鐵 (Fe_3O_4)。卻如由一氧化鐵與三氧化二鐵化合 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) 而成之氧化物,產於天然,又鐵在高溫度氧化時,或分解水時亦生之。質密緻,故常使之生成於鋸,銃身,彈條等鐵器之表面,以防其生銹,因油或鋅等之防銹劑,亦不適用於此等物體也(第396頁)。

三氫氧化鐵 [$\text{Fe}(\text{OH})_3$]。為加鹼於鐵鹽之溶液時所生之褐色沉澱。

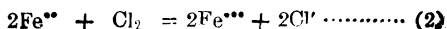
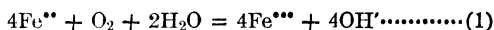


乾燥之,則失水而變為三氧化二鐵。



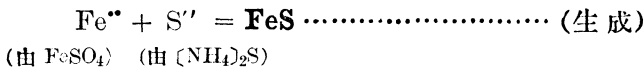
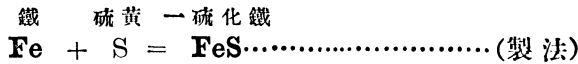
生於鐵材表面之赤銹,為略有 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 之組成之粗

(1) 加硝酸(氧化劑)於亞鐵離子熱之,或用綠氯(漂白粉)作用之,則氧化而成鐵離子。

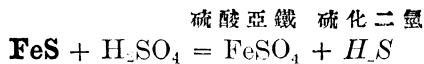


鬆物質。

6. 鐵之硫化物。【FeS】**一硫化鐵** (FeS)。爲組成與一氧化鐵 (FeO) 相當之硫化物⁽¹⁾，然極安定。取硫黃使作用於赤熱之鐵上，則能製造其多量，加硫化銦於亞鐵離子，亦生此物。

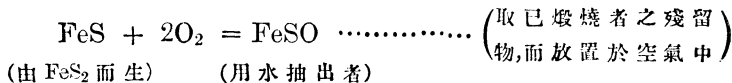
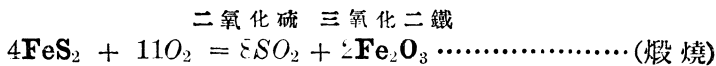


一硫化鐵爲黑色金屬狀之塊，不溶解於水，溶解於稀薄酸類，則生亞鐵鹽與硫化二氫⁽²⁾ (第188頁)。



根據此反應，故一硫化鐵專供硫化二氫之製取用。

二硫化鐵 (FeS₂)。稱爲黃鐵礦 (Pyrites)，產量極多，爲黃銅色之八面體結晶，可供二氧化硫及硫酸亞鐵之製造用。



元來硫黃與養氣，其化學的性質相似，故多數之物質，其

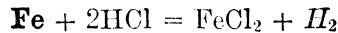
(1) FeO 爲黑色之粉末，熱草酸亞鐵於無空氣之處而製之，Fe(OH)₂ 爲加 NaOH 於 FeSO₄ 而得之白色沉澱，但即氧化而變黑。(2) 一硫化鐵溶解於酸，故鐵離子不能用硫化二氫使之沉澱。

成硫化物者，常與其氧化物相對應，然鐵則反之，亦奇事也。如

FeO……………不安定 Fe₂O₃……………安定 FeO₂……………無

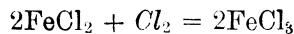
FeS……………安定 Fe₂S₃……………不安定 FeS₂……………安定

7. 鐵之氯化物. **【FeCl₂·4H₂O】【FeCl₃·6H₂O】** 二氯化鐵 (FeCl₂·4H₂O). 由溶解鐵於鹽酸製之。

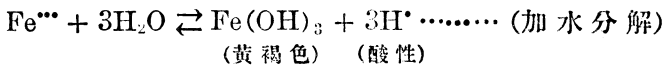


為淡青綠色之結晶鹽，富有吸濕性。

三氯化鐵(FeCl₃·6H₂O). 由通綠氣於二氯化鐵溶液製之。

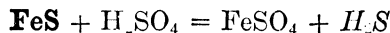
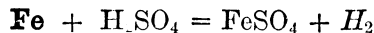


此物質為吸溼性甚富之黃褐色結晶，在空氣中潮解極速，其水溶液含有鐵離子外，又因加水分解而生氫離子，故呈酸性，同時因生成三氫氧化鐵，故溶液呈黃褐色。



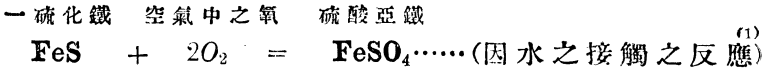
三氯化鐵用作試藥，又為收斂性鐵劑，因其有凝固血液之性，故用作止血藥。⁽¹⁾

8. 鐵之硫酸鹽. **【FeSO₄·7H₂O】【Fe₂(SO₄)₃·9H₂O】** 硫酸亞鐵 (FeSO₄·7H₂O). 為鐵或硫化鐵溶解於硫酸時所生之物。



(1) 為三氯化鐵加等量之水之液。

但工業上則由濡潤煅燒不完全之黃鐵礦 (FeS_2), 而放置於空氣中以製之, 此時由黃鐵礦所生之一硫化鐵, 徐徐吸收養氣, 變為硫酸亞鐵.



故可用水抽出之, 使其結晶.

硫酸亞鐵為含有七分子水之青綠色單斜系菱柱狀之結晶 (圖 136), 俗稱綠礬 (Green vitriol), 此物善溶於水, 而生收斂性無色之亞鐵離子.

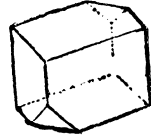
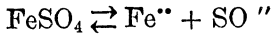
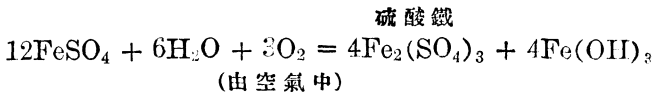


圖 136——綠礬之結晶(綠).

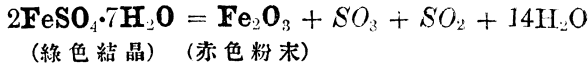


因空氣中之養氣, 而徐徐氧化為鐵鹽.



此生成物遇沒食子酸 (Gallic acid), 生黑色之沉澱 (黑洋墨水).⁽²⁾

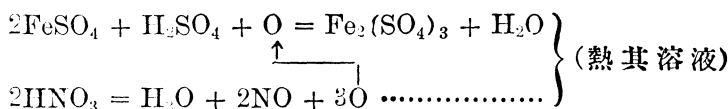
燒硫酸亞鐵之固體, 則先失其結晶水變為白色粉末, 終分解而殘留三氧化二鐵.



(1) 硫酸製造廠之黃鐵礦燒殼, 可供此用. (2) 洋墨水為加 FeSO_4 , 及防其氧化用之少量硫酸於沒食子酸, 更加藍色染料及亞拉伯樹膠後所得之水溶液. 以之書寫文字時, 硫酸與紙面之氫氧化鋁相中和, FeSO_4 則觸及空氣, 氧化變為 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 係用於沒食子酸而變黑.

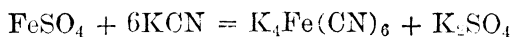
硫酸亞鐵多量供洋墨水及代赭石之製造，又染色術及試藥上之用途亦廣。⁽¹⁾

硫酸鐵 $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}]$ 。由加硫酸於硫酸亞鐵，以硝酸氧化之而得。



加硫酸鉀於此鹽之溶液，蒸發使之濃厚，則析出組成如 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 之淡紫色八面體之結晶，此即稱為鐵明礬 (Iron alum) 之複鹽 (第355頁) 也。

9. 鐵之錯鹽。 $[\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}][\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 黃血鹽 $[\text{K}_4\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 。加精化鉀於硫酸亞鐵之水溶液，則生五精化鐵 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 與精化鉀 (KCN) 之錯鹽，即亞鐵精化鉀 $[\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 也。



此物質之工業的製法，常用淡氯化物 (血，毛，爪等) 與炭酸鉀及鐵屑共熔融之，取其所生之塊，浸於水中，使其結晶即得。

亞鐵精化鉀亦稱黃血鹽，形成黃色之結晶 (圖137)，其水溶液含幾無色之亞鐵精離子 $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{\text{IV}}]$ 。



圖137—黃血鹽之結晶黃色。

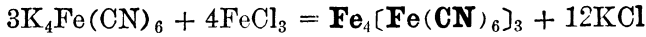
(1) FeSO_4 在溶液中能生黑色之化合物 $3\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{NO}$ ，故可用以鑑識 HNO_3 及其鹽 (第212頁)。

亞鐵精離子

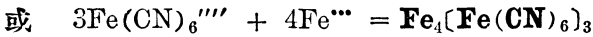


加鐵鹽於此溶液，則生深青色之普魯士藍 $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ 之沉澱。

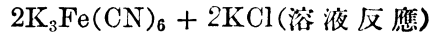
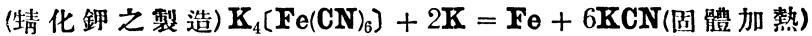
亞鐵精化鐵



普魯士藍



黃血鹽 (1) 基於上之反應，故可製貴重之青色顏料普魯士藍；(2) 又與鉀共熔融以製精化鉀；(3) 使作用綠氣以製赤血鹽。



赤血鹽 $[\text{K}_3\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]$ 。赤血鹽由上記之反應而生。此因黃血鹽中二價之鐵，為綠氣所氧化而成三價之鐵故也。

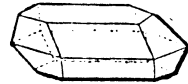
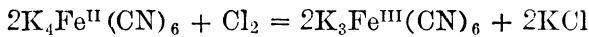
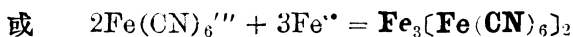
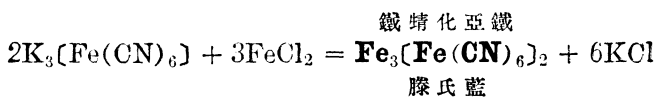


圖 138——赤血鹽之結晶 (赤色)。



赤血鹽學名鐵精化鉀，為赤色結晶之錯鹽 (圖 138)，其溶液含有幾無色之鐵精離子 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]''$ 。雖不因鐵離子而呈何等之變化，但遇亞鐵離子，則生青色之滕氏藍 (Turnbull's blue) $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ 之沉澱，此亦為貴重之青色顏料。

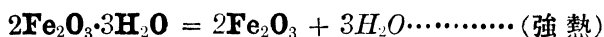
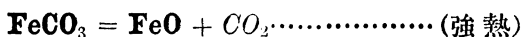


10. 鐵之冶金. 鐵為容易氧化之金屬,故其在自然界中成遊離狀者甚稀,⁽¹⁾概成氧化物,碳酸鹽,硫化物而產生.前二者,為製鐵之主要礦石.硫化鐵(黃鐵礦)雖產量甚多,然其不僅還原不易,且由此所製之鐵,混有硫黃,脆弱而不適用,故無用以製鐵者.製鐵用之氧化鐵及碳酸鐵之種類如次:⁽²⁾

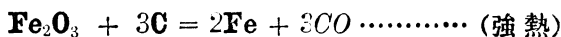
赤鐵礦 Fe_2O_3 褐鐵礦 $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ 磁鐵礦 Fe_3O_4

菱鐵礦 $FeCO_3$

加焦煤於上之礦石而強熱之,則氧化物以外之礦石,先變為氧化物.



氧化鐵更為焦煤或由其燃燒所生之一氧化碳所還原,而遊離鐵.



其夾雜於礦石中之硅酸鹽類,則因石灰石而變成容易熔融之硅酸鈣($CaSiO_3$),得除去之.

(1) 有發見25噸之自然鐵於格林蘭者.又隕石之主成分為鐵,且伴有銅,錳,鎳等. (2) 鐵之產地為我國,英國,美國等.

上之反應常於稱爲熔礦爐〔Blast furnace (圖 139)〕之直立圓筒形之大爐中之。取礦石,石灰石,焦煤之三物質,交互層疊盛於此爐內,由爐之下底小口,吹送 500° 左左之熱空氣,使焦煤燃燒,其生成之鐵,則由爐之下部流出,故其原料可不絕由爐之上部投入,而繼續行此反應。

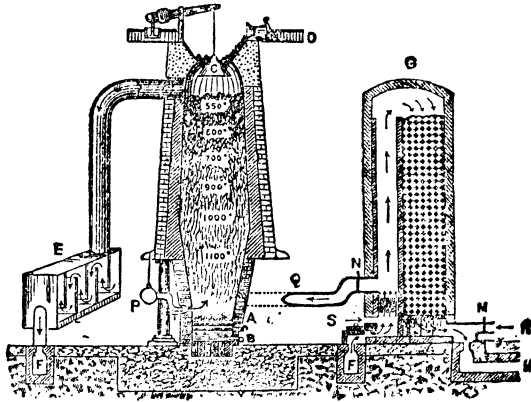


圖 139——熔礦爐。(1)

由熔礦爐所得之鐵,因其溶有還原用之焦煤,而成生鐵(即鑄鐵),故欲變爲鋼或熟鐵時,需除去其碳之一部,及夾雜之硅,磷,硫而後可。因此使用之裝置,常用難熔融之物質如石灰,氧化鎂等以塗敷其內部之鐵製之梨形回轉爐〔Converter

(1) 如圖之熔礦爐高約九十尺,由 D, C 投入礦石等,由 N 送風,由 A 流出熔滓,由 B 使生鐵流出,廢棄之熱氣體,導於 E 以除埃,經 F, F 入於 G , 與空氣相混,使之燃燒,以熱其中之耐火煉瓦,已經燃燒之氣體,則由 H 以至烟突,其次左方之 F , 亦使與另一個,而與 G 相同之裝置相連結,導空氣於 M 口,經過已受熱之 G 內,由 P 口送入於熔礦爐。

(圖 140)], 注入熔融之生鐵於其中, 由其下口吹送強壓之空氣, 是時不用燃料, 而燃燒生鐵中之夾雜物, 則碳變為碳酸氣; 硫變為二氧化硫而飛散; 矽變為二氧化矽, 即與氧化鐵共變為易熔解之熔滓; 又已氧化之磷, 則為塗於爐之內面之氧化鎂所吸收, 完成此工作後所得之鋼, 可反轉其爐使之流出, 又融解生鐵於皿形之爐, 加適量之氧化鐵, 更通氣體燃料於其上, 亦可得鋼。⁽¹⁾

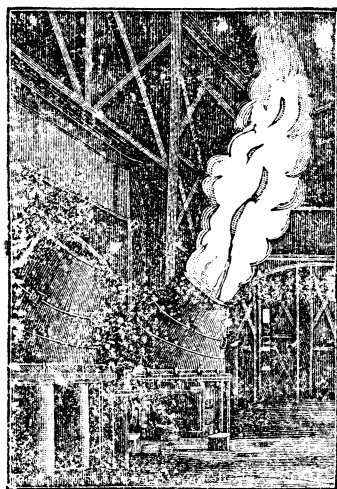
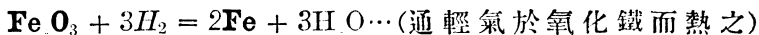


圖 140——迴轉爐。

熟鐵因其碳之含量少而難熔融, 不能用上之方法製之。故常盛生鐵於反射爐, 通以空氣攪拌之, 使燃燒其夾雜物, 次取出其疎質之鐵, 用蒸汽鎚擊壓使堅而製之。

製純鐵時, 則常用輕氣以還原氧化鐵。此因輕氣為氣體, 與碳異, 無夾雜於鐵中之虞故也。供此製造用之氧化鐵, 由第 398 頁之方法製之。



(1) 前之操作稱為柏塞麥法, 後之操作稱為西門子馬丁法。我國古來之製鋼法, 乃插入熟鐵於赤熱之炭火中, 使吸收碳以製之。

如此所得之純鐵常稱為還原鐵 (Reduced iron)。

11. 摘要. 鐵 Fe = 55.84, 原子價 2 (不安定), 3 (安定), 比重 7.88, 融點 1610° , 沸點 2950° 。

——	碳之含量	融點	比重	製 法	特 性	用 途
鐵 (Iron)	無	1600°	7.88	用輕氣還原 氧化鐵。	延性, 強韌性 大。有感磁性。 融解之先不 軟化。與碳融 合。氧化易, 在 高溫能分解 水, 易溶解於 酸類。	實驗用。 醫藥。
熟 鐵 (Wrought iron)	0.5% 以下	1600°	7.8	盛生鐵於反 射爐熱之, 除 去其碳。	質不硬, 赤熱 之則柔軟。不 保存磁性。	鐵絲。 電磁石。
鋼 (Steel)	0.5—1.6%	1400°	7.7	盛生鐵於回 轉爐, 通以空 氣而使碳燃 燒。	赤熱之則柔 軟, 適於鑄造, 急冷則增硬 度, 徐冷則增 彈性。保存磁 性。	板, 鋼絲, 彈 條, 刃器, 器 具等。
生 鐵 (Cast iron)	2.5—4.5%	1200°	7.2	用焦煤還原 氧化鐵。	質硬, 融解易, 適於鑄造。	鑄造用。

化學式	名 稱	製 法	性 質	用 途
Fe ^{••}	亞鐵離子 (Ferrous ion)	亞鐵鹽之溶液。	無色, 遇赤血鹽, 變為藍色。	——
Fe ^{•••}	鐵離子 (Ferric ion)	加 Cl ₂ 於 Fe ^{••} 。	無色, 遇 SCN' 變 為赤色。	——
Fe(CN) ₆ ^{••••}	亞鐵腈離子 (Ferrous cyan ion)	黃血鹽之溶液。	無色, 遇 Fe ^{•••} 變 為藍色。	——

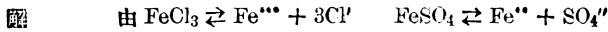
$\text{Fe}(\text{CN})_6'''$	鐵 嗜 離 子 (Ferric cyan ion)	赤 血 鹽 之 溶 液。	無 色，遇 Fe^{++} 變 為 藍 色。	——
Fe_2O_3	三 氧 化 二 鐵 (Ferric oxide)	自 然 產，燒 FeSO_4	赤 色 不 溶 性 粉 末。	顏 料，研 磨 用，製 鐵。
Fe_3O_4	四 氧 化 三 鐵 (磁 鐵 礦) (Magnetite)	通 水 蒸 氣 於 熱 鐵。	黑 紫 色 不 溶 性 之 固 體。	鐵 之 防 銹，製 鐵 用。
FeS	一 硫 化 鐵 (Ferrous sulphide)	熔 合 Fe 與 S 。	黑 色 塊。	製 造 硫 化 二 氫。
FeS_2	二 硫 化 鐵 (黃 鐵 礦) (Iron pyrite)	天 然 產。	黃 色 結 晶。	二 氧 化 硫，硫 酸 鐵 之 原 料。
FeCO_3	炭 酸 鐵 (菱 鐵 礦) (Ferrous carbonate)	天 然 產。	不 溶。	製 鐵 用。
FeCl_2 ($6\text{H}_2\text{O}$)	二 氯 化 鐵 (Ferrous chloride)	加 HClAg 於 Fe 。	帶 綠 色 結 晶，可 溶。	三 氯 化 鐵 之 原 料。
FeCl_3 ($6\text{H}_2\text{O}$)	三 氯 化 鐵 (Ferric chloride)	通 Cl_2 於 FeCl_2 。	為 黃 色 結 晶，有 潮 解 性。	試 藥，醫 藥。
FeSO_4 ($7\text{H}_2\text{O}$)	硫 酸 亞 鐵 (綠 礬) (Ferrous sulphate)	燒 黃 鐵 礦 而 晒 於 空 氣，用 水 浸 出 之。	綠 色 結 晶，可 溶。	洋 墨 水，染 料，代 赭 石 之 原 料。
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ($9\text{H}_2\text{O}$)	硫 酸 鐵 (Ferric sulphate)	加 H_2SO_4 與 HNO_3 於 FeSO_4 。	可 溶，無 水 鹽，呈 黃 白 色。	鐵 明 礬 之 製 造，染 料。
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	鐵 明 礬 (Iron alum)	混 合 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 與 K_2SO_4 之 溶 液。	淡 紫 色 之 複 鹽。	染 色。

$K_4Fe(CN)_6$ ($3H_2O$)	黃血鹽 (Potassium ferro-cyanide)	熔融血(毛皮),炭 酸鉀,鐵。	黃色可溶性之 結晶。	普魯士藍,赤 血鹽,KCN之 原料。
$K_3Fe(CN)_6$	赤血鹽 (Potassium ferri-cyanide)	通綠氣於黃血 鹽溶液。	赤色之結晶,可 溶。	染料用。

12. 問題.

1. 試記鐵之主要原礦之名稱及其化學式,並說明由此製鐵之方法. (第404頁)

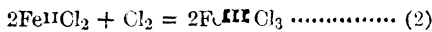
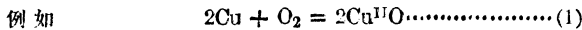
2. 三氯化鐵及硫酸亞鐵呈酸性之理由如何.



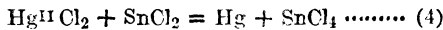
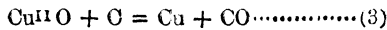
所生鐵離子(Fe^{+++} , Fe^{++}),與由水電離之微量氫氧離子(OH^-)化合,而生不電離之氫氧化鐵 $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, 因之使由水電離之氫離子(H^+)濃度增大故也。

3. 試舉例說明氧化作用.

一般增加陽原子價,稱為氧化,減少之,則稱為還原,就陰原子價言,適與相反。

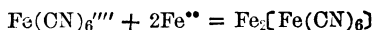
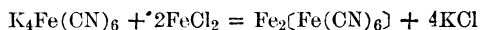
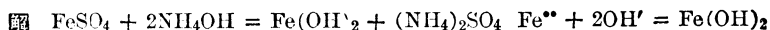


於上式中,Cu由0價增至陽價2價,Fe由陽2價增為3價,故皆為氧化,又如

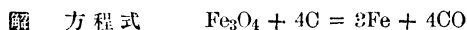


於上式中Cu及Hg之陽原子價,俱見減少,故為還原. (376頁)

4. 加碘精水及硫化二鈉於硫酸亞鐵時,又加二氯化鐵於黃血鹽溶液時之變化,試用方程式表之.



5. 5000 尪之磁鐵礦與木炭共熱時，問得幾尪之鐵。



由 $\text{Fe}_3\text{O}_4 = 231.4$ 可得 $3\text{Fe} = 55.8 \times 3$ 之鐵，故由磁鐵礦 5000 尪，所得鐵之重量如下：

$$5000 \text{ 尪} \times \frac{55.8 \times 3}{231.4} = 3617 \text{ 尪} \quad \text{答 } 3617 \text{ 尪。}$$

6. 將鐵溶解於硫酸，使成硫酸亞鐵時，問須注意何事。又由鐵 2.8 克所得綠礬之量如何。

圖 硫酸亞鐵由空氣中之養氣氧化為硫酸鐵，故切避空氣之接觸。又由 $\text{Fe} = 56$ ，能生 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 278$ ，故由鐵 2.8 克，能生綠礬 13.9 克。

答 13.9 克。

7. 將 10 克之水蒸氣通於赤熱之鐵上時，問生幾坩之輕氣。

答 12.5 坩。

8. 將三氧化二鐵 9 克還原時，則得 6.3 克之鐵，問鐵之當量如何。

圖 此化合物中所含養氣之量為 9 克 - 6.3 克 = 2.7 克，又養氣之當量為 8，如以 x 表鐵之當量，依下式求之即得。

$$2.7 : 6.3 = 8 : x \quad \therefore x = 18.7 \quad \text{答 } 18.7。$$

9. 求磁鐵礦，赤鐵礦，褐鐵礦中鐵之百分率。

答 7.24%，70%，60%。

10. 氧化 22.4 克之鐵，得氧化鐵 32 克，求氧化鐵之化學式。

【解】與鐵 22.4 克化合氧之量，為 32 克 - 22.4 克 = 9.6 克，

所求之方程式，如以 Fe_xO_y 表之時，由 $Fe = 55.8, O = 16.0$ ，得關係如下：

$$55.8x : 16.0y = 22.4 : 9.6$$

$$\therefore \frac{x}{y} = \frac{22.4}{9.6} \times \frac{16.0}{55.8} = \frac{2}{3}$$

$$\therefore Fe_2O_3$$

答 Fe_2O_3 。

11. 將不純之黃血鹽 0.5793 克分析之，得硫酸鉀 0.4650 克，求此鹽之純度。

【解】由黃血鹽 $K_4Fe(CN)_6 = 368$ ，可得硫酸鉀 $2K_2SO_4 = 348$ ，故求由硫酸鉀 0.4650 克所生黃血鹽之理論的重量，對於 0.5793 之百分比，即得。

$$\therefore 0.4650 \text{ 克} \times \frac{368}{348} \times \frac{1}{0.5793 \text{ 克}} \times 100 = 84.9 \quad \text{答 } 84.9\%$$

12. 加含有 23.82% 之 HCl 之鹽酸於 98% 純度之一硫化鐵中，在 20°，745 耗時，得 613.1 c.c. 之硫化二氫，問使用之鹽酸及硫化鐵之量如何。

答 鹽酸 7.66 克，硫化鐵 2.24 克。

13. 取鐵 2.4 克，加過量之酸，使悉溶解而發生 1.015 呎之輕氣，此時溫度 10° C.，氣壓 745 耗，問此鐵之純度如何。

答 99.2%。

13. 實驗.

1. 將鐵針加熱，使其表面生黑褐色之四氧化三鐵。
2. 用稀硫酸溶解鐵粉，並用赤血鹽以驗亞鐵鹽之反應。
3. 加硝酸於上得之硫酸亞鐵，使成硫酸鐵，試由一硫磺酸鉀鑑識之。
4. 加黃血鹽及一硫磺化鉀於三氯化鐵溶液，試行鐵鹽之反應。

5. 加鋅粉於三氯化鐵溶液,用赤血鹽以檢查其已還原為亞鐵鹽。

第二節 鉻 (Chromium)

1. 鉻. $[\text{Cr}]$ ⁽¹⁾ 鉻用鋁還原三氧化二鉻而製之。



鉻為灰白色之硬金屬,比重6.8,融點在於 3000° 之高温,故氫氧燄亦不能熔融之.此物質無單獨的供實用者,專供混合於鋼,使增其硬度及強韌性,即鉻鋼是也。

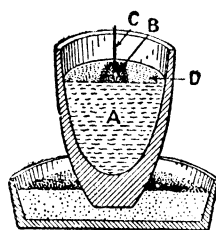


圖 141——用鋁還原三氧化二鉻。⁽²⁾

鉻之化學的諸性質甚類鐵,即不僅成二價及三價而作用,且其二價者為不安定之物質,又在稀鹽酸或稀硫酸中發生輕氣而溶解,先成亞鉻鹽,⁽³⁾然其與鐵異者,則為在空氣中至高溫度始氧化而生三氧化二鉻 (Cr_2O_3 , 鐵為 Fe_2O_3), 又不溶解於硝酸。

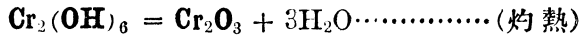
2. 鉻離子. $[\text{Cr}^{III}]$ 亞鉻離子 (Cr^{II}) 雖為青色,然即變化而為堇色之鉻離子 (Cr^{III}), 後者與過量之鹼反應,生美麗綠色之液。⁽⁴⁾

(1) 鉻於1779年由Vauquelin氏製出之。(2) 第141圖, A為 Cr_2O_3 與Al粉之混合物, B為 BaO_2 與Al粉, C為導火用之鎂, D為覆蓋之之螢石粉. 今點火於鎂時,火漸次移於下面, Al燃燒而生鉻。

(3)
$$\begin{cases} 2\text{HCl} + \text{Cr} = \text{CrCl}_2 + \text{H}_2 \\ \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cr} = \text{CrSO}_4 + \text{H}_2 \end{cases}$$

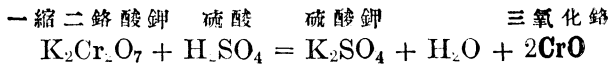
(4) 因含有 $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{O}$ 之故,又鉻鹽濃溶液,通常呈綠色。

3. 鉻之氧化物. $[\text{Cr}_2\text{O}_3][\text{CrO}_3]$ 三氧化二鉻 (Cr_2O_3). 爲與三氧化二鐵 (Fe_2O_3) 相當之氧化物,可熱三氫氧化鉻得之.



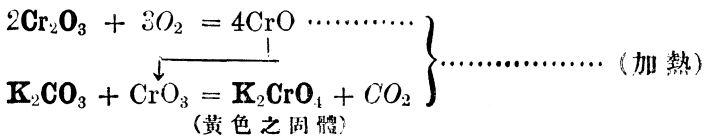
此物爲灰綠色不溶性之無定形固體,俗稱鉻綠(Chrome green),以供顏料或陶瓷器着色之用.產於自然界之鉻鐵礦,有 $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ 之組成,爲鉻及鉻化合物之原料.

三氧化鉻⁽¹⁾ (CrO_3). 加濃硫酸於一縮二鉻酸鉀之水溶液,則析出三氧化鉻之赤色針狀結晶.



此物呈強氧化作用,故爲氧化劑,以代一縮二鉻酸鉀之用.如(製綠氣)..... $2\text{CrO}_3 + 12\text{HCl} = 2\text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2$

4. 鉻酸鉀. $[\text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ 加碳酸鉀及硝石於鉻鐵礦而熔融之,則生黃色之鉻酸鉀 (K_2CrO_4).



可用水抽出之,而使結晶.

鉻酸鉀爲斜方體之有色結晶(圖 142),善溶解於水,而生黃色之鉻酸離子.

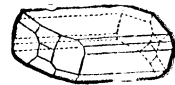
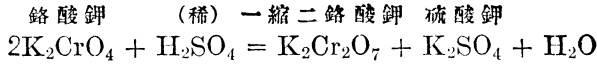


圖 142——鉻酸鉀之結晶(黃).

(1) CrO_3 之組成相當於 SO_3 , 亦稱鉻酐,其水溶液即鉻酸 (H_2CrO_4), 其鉀鹽 K_2CrO_4 爲安定之物質.

於鉻酸鉀而製之。



此鹽為美麗赤色稜柱狀之結晶(圖 143),
 約溶解於 10 倍量之冷水,生赤色之一縮二鉻
 酸離子。

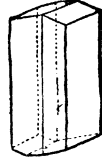
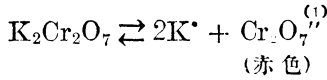
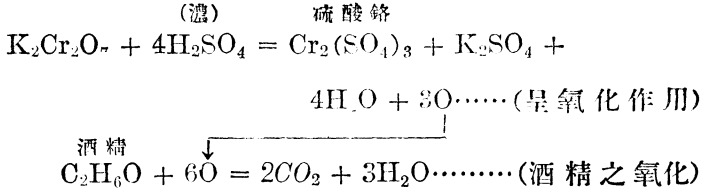


圖 143——一縮二鉻酸鉀之結晶。



一縮二鉻酸鉀與硫酸作用,則分解放出發
 生機氧,呈強氧化作用。此時如有輕氣或易於氧化之有機物
 質共存時,則其作用更顯。



故此物用於電池,染色,鞣皮工業等之量最多。

7. 鉻明礬. $[Cr_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O]$ 蒸發上述硫酸與一縮二鉻酸鉀之混合液,則析出由硫酸鉻與硫酸鉀所成之複鹽。此物稱為鉻明礬。其水溶液含有鉻離子(Cr^{+++}),故應用於鞣皮或染色。

8. 摘要. 鉻 $Cr = 52.0$, 原子價 2 (不安定), 3 (安定), 比重 6.8, 融點 3000 度。

(1) 加鹼則復原 $Cr_2O_7^{(1)} + 2OH^- = 2CrO_4^{(2)} + H_2O$.

化學式	名稱	製法	性質	用途
Cr	鉻 (Chromium)	用 Al 還原 Cr_2O_3 .	與鐵造硬韌之合金。可溶於鹽酸、硫酸，不溶於硝酸。	製鋼用。
Cr^{+++}	鉻離子 (Chromium ion)	溶解鉻鹽。	堇色。因鹼而呈青色。	鞣皮，媒染劑。
CrO_4^{--}	鉻酸離子 (Chromate ion)	溶解鉻酸鹽。	黃色。因 H^+ 而變赤。	——
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{--}$	一縮二鉻酸離子 (Dichromate ion)	溶解一縮二鉻酸鹽。	赤色。因 OH^- 而變黃。	——
Cr_2O_3	三氧化二鉻 (Chromium sesquioxide)	成 $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ 而產出。	灰綠色，不溶。	鉻鹽之原料。
CrO_3	三氧化鉻 (Chromium trioxide)	加濃 H_2SO_4 於 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。	赤色，針狀，氧化性強。	氧化劑。
K_2CrO_4	鉻酸鉀 (Potassium chromate)	取 $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ 與 K_2CO_3 及 KNO_3 共熔融之。	黃色結晶，可溶。	鉻酸鉛，一縮二鉻酸鉀之製造。
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	一縮二鉻酸鉀 (Potassium dichromates)	加 H_2SO_4 於 K_2CrO_4 。	赤色結晶，可溶，有氧化性。	電池，染色鞣皮等。
$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$	鉻明礬 (Chromium alum)	由 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ， H_2SO_4 ，有機物而生。	紫色結晶，可溶，複鹽。	染色，鞣皮。

9. 問題。

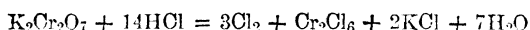
1. 試述鉻之製法及用途如何。 (412頁)
2. 試舉鉻酸鹽及鉻鹽中之鉻之性質相異之點。

【圖】 鉻酸鹽生 CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 之陰離子, 鉻鹽生 Cr^{3+} 之陽離子。

3. 加酸於錳酸鉀及鉻酸鉀之水溶液時, 各變其色, 其理由如何。

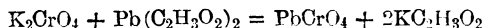
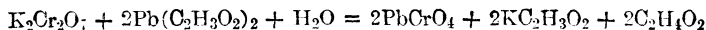
4. 加鹽酸於一縮二鉻酸鉀時, 生如何之變化。

【圖】 一縮二鉻酸鉀一部分受鹽酸作用, 遊離養氣, 此養氣將他部分之鹽酸氧化, 而遊離綠氣, 即



5. 加醋酸鉛之溶液於一縮二鉻酸鉀及鉻酸鉀之水溶液時, 生如何之變化。

【圖】 皆生鉻酸鉛之黃色沉澱。



6. 100 克之一縮二鉻酸鉀中, 含有幾克之鉀。

【圖】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 78 + 104 + 112 = 294$

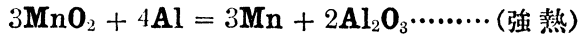
$$\therefore 100 \text{ 克} \times \frac{104}{294} = 35.4 \text{ 克} \quad \text{答 } 35.4 \text{ 克。}$$

10. 實驗.

1. 用本節之方法, 試由鉻化合物製鉻酸鉀並得其水溶液。
2. 加硝酸於鉻酸鉀溶液, 使得一縮二鉻酸鉀, 加醋酸鉛, 使得鉻酸鉛。
3. 加硫酸及草酸於一縮二鉻酸鉀溶液, 熱之, 使一縮二鉻酸鉀分解為硫酸鉻及硫酸鉀。

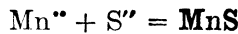
第三節 錳 (Manganese)

1. 錳. **【Mn】** ⁽¹⁾錳與銻同,可用鋁還原其氧化物而製之.⁽²⁾



錳為帶赤灰色之硬金屬,難溶解,專用以混合於鐵,以增加其硬度(8%). 錳之諸性質,殆與鐵,銻同. 然其安定者,則為其二價之化合物.

2. 錳離子. **【Mn⁺⁺】** 錳離子呈淡紅色,遇S''則生一硫化錳(MnS)之淡紅色沉澱.



MnS與FeS同,可溶於酸,故其沉澱劑宜用硫化銻,而不能用硫化二氫.

3. 二氧化錳. **【MnO₂】** 二氧化錳亦稱過氧化錳,產於自然界者,稱為軟錳礦(Pyrolusite),呈褐色,研成粉末狀,則變黑色.

此物(1)當熱氫酸鉀而使分解時,呈接觸作用;(2)在製取造鹽元素時,為造鹽素化氫之氧化劑等之性質,既已詳說於前.

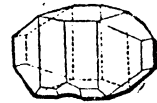
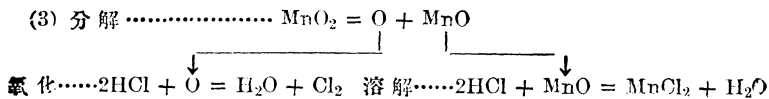
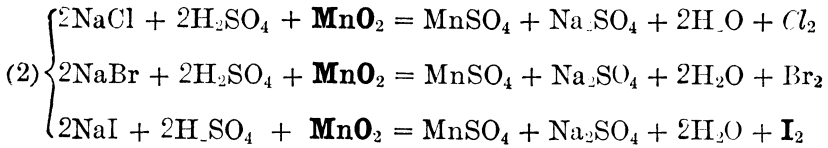


圖 144——硫酸錳之結晶(淡紅).



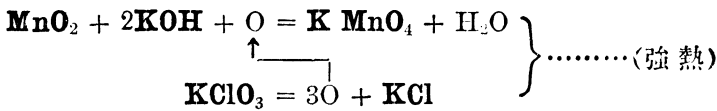
(1) 錳為1789年 Gahn 氏游離而得者. (2) 用碳還原者,因混有碳常不純.



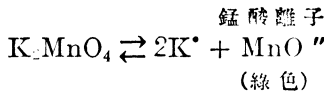


二氧化錳又與二氧化矽化合，生紫色之矽酸錳，故可供陶器之着色及玻璃之消色用，其他為火柴之發火藥，電池之消極劑，⁽¹⁾錳化合物之原料，用途極廣。⁽²⁾

4. 錳酸鉀。【 K_2MnO_4 】取二氧化錳與苛性鉀（或碳酸鉀）及氧化劑（氯酸鉀或硝石）共熔融於鉑板上，則生錳酸鉀之美麗綠色塊，此反應頗銳敏，故又常用於錳化合物之鑑識。

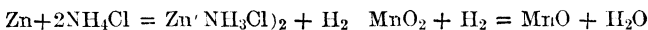


上之固塊，用水抽出之，則成呈錳酸離子之綠色之溶液（參照溶液之色）。



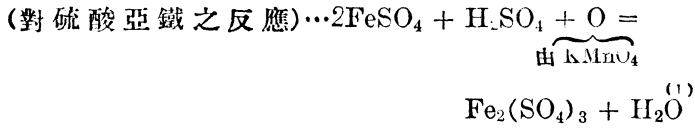
加酸，則即變為紫色之高錳酸鉀液。又此變化，因受空氣中之碳酸氣之作用，亦容易進行。

(1) 用於電池之氧化劑之作用如次。



(2) 錳之氧化物有下之數種：

- 一氧化錳…… MnO 四氧化三錳…… Mn_3O_4 三氧化二錳…… Mn_2O_3
- 二氧化錳…… MnO_2 七氧化二錳…… Mn_2O_7



故此物質供有機物或亞鐵鹽之定量用，又為氧化性殺菌劑，以作含嗽劑，防臭劑⁽²⁾之用。

6. 摘要. 錳 Mn = 54.93, 原子價 2 (安定), 3 (不安定), 比重 8.0, 融點 1245 度, 沸點 1900 度。

化學式	名稱	製法	性質	用途
Mn	錳 (Manganese)	用 Al 還原 MnO ₂ .	灰色, 質硬, 在高溫能分解水, 又可溶於酸。	錳鋼。
Mn ⁺⁺	錳離子 (Manganese ion)	MnSO ₄ 之溶液。	淡紅色, 因 (NH ₄) ₂ S 生淡紅色之沉澱 (MnS)。	——
MnO ₄ ^{''}	錳酸離子	K ₂ MnO ₄ 之溶液。	綠色, 因 H ⁺ 而變紫。	——
MnO ₄ '	高錳酸離子	KMnO ₄ 之溶液。	紫色, 因 OH ['] 而變綠。	——
MnO ₂	二氧化錳 (Manganese dioxide)	天然產。	黑色之粉末, 呈接觸作用, 呈氧化作用, 因 KOH 與氧化劑而生 K ₂ MnO ₄ 。	養氣, 造鹽原素, 錳鹽之製造, 電池。
KMnO ₄	高錳酸鉀 (Potassium permanganate)	加酸於 K ₂ MnO ₄ 。	黑紫色之結晶, 生 MnO ₄ ' , 呈氧化作用。	試藥, 醫藥, 防臭劑。

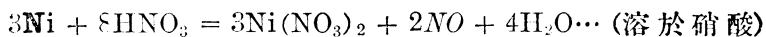
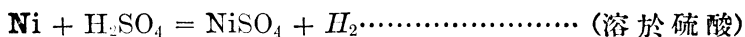
(1) $10\text{FeSO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KMnO}_4 = 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$. (2) 投於廁中, 則呈有效之防臭作用。

8. 實驗.

1. 試用本節之方法,由二氧化錳製高錳酸鉀溶液.
2. 加濃硫酸於高錳酸鉀之粉末,並撒下硫磺末及糖使之發火.
3. 試檢驗高錳酸鉀溶液氧化草酸或硫酸亞鐵而褪色之作用.

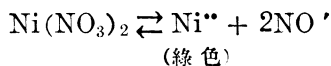
第四節 鎳 (Nickel) 鈷 (Cobalt)

1. 鎳. $[\text{Ni}^{(1)}]$ 鎳為白色硬韌之物質,在空氣中難受變化,故可直接製作器具,鍍於鐵,黃銅等之表面,而防其生鏽,又供白銅(銅3,鎳1),德國銀(鎳1,鋅1,銅2),鎳鋼(鎳3%)等合金之製造.此物徐溶解於鹽酸,容易溶解於硝酸.



鎳之原子價,與鐵屬之他元素同,為二價及三價.其二價之物安定,與錳相似.

2. 鎳離子. $[\text{Ni}^{(2)}]$ 可溶性鎳鹽之溶液,含綠色鎳離子.



加硫化銻於其中,則析出黑色硫化鎳之沉澱.

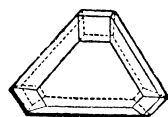
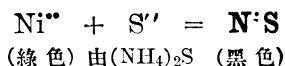


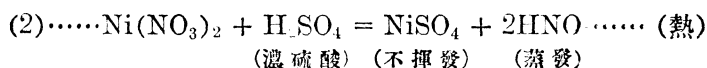
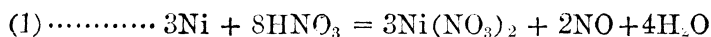
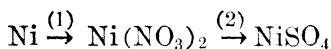
圖 146—氯化鎳之結晶綠。



3. 硫酸鎳. $[\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ 鎳不過徐徐溶解於硫酸,故

(1) 鎳為 1751 年 Cronsted 氏所發見之金屬。

欲製硫酸鎳，必先溶解鎳於硝酸，使生硝酸鎳，次加濃硫酸熱之，而蒸發分解生成之硝酸，即得。



硫酸鎳為綠色單斜狀之結晶（有色結晶圖），成與硫酸亞鐵同一形式之七水鹽，其溶解度在常溫約為40。此物質與硫酸銨所成之複鹽，稱為硫酸鎳銨 $[\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 。色綠，有可溶性，為鍍鎳用之原料。

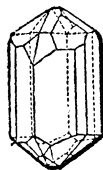
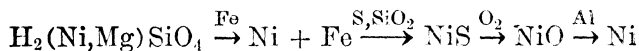


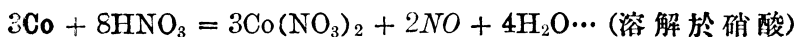
圖 147 — 硫酸鎳之結晶（綠）。

4. 鎳之冶金。 鎳主成硅酸鹽 $\text{H}_2(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_4$ (Garnierite) 而產生，加鐵於此礦石而熔融之，則鎳與鐵融合而成合金，故加硫黃與砂灼熱之，則鎳變為硫化鎳，而與可溶性之硅酸鐵分離，更燒之，則成氧化鎳，用鋁還原之，即可得鎳。⁽¹⁾



5. 鈷。【Co】 鈷為帶赤白色之硬金屬，在空氣中難變化，徐溶解於鹽酸及硫酸，而易溶解於硝酸，原子價為二價及三價，及其二價物安定等之性質，全與鎳相一致。

(1) $3\text{NiO} + 2\text{Al} = 3\text{Ni} + \text{Al}_2\text{O}_3$



此金屬於實用上尙未發見其用途。

6. 鈷離子。【 Co^{++} 】 呈桃色，因一硫化銦而生黑色之硫化鈷沉澱。

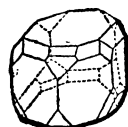
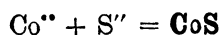
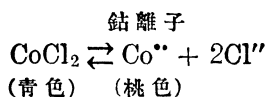


圖 148——硫酸鈷之結晶(桃)。

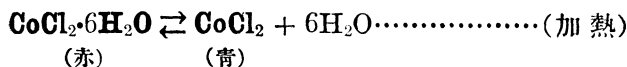


7. 二氯化鈷。【 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 】 溶解

氫氧化鈷於鹽酸，則得二氯化鈷之赤色單斜狀之結晶鹽。其無水鹽 (CoCl_2) 呈青色，然其水溶液則帶鈷離子之桃色。



故如溶解食鹽於二氯化鈷溶液，則因由食鹽所生之氯離子，而增加其溶液中 Cl^{-} 濃度，於是上之反應，向左側進行，即增加不解離之 CoCl_2 之濃度，其液遂呈極顯之青色。又含水鈷鹽雖為赤色，然熱之以除去結晶水，則變為青色之無水鹽。



8. 其他之鈷鹽。硅酸鈷【 CoSi_2O_7 】 當氧化鈷與玻璃或陶土等(硅酸鹽)融合時生之玻璃或陶土之帶青色，即含有是物故也。

使鈷化合物與硼砂珠融合時，則生青色之硼酸鈷。此乃鑑識鈷時所用之反應也(着色圖)。

9. 鈷之冶金. 鈷之礦石,以砷鈷礦 (Smaltite CoAs_4), 輝鈷礦 (Cobaltite, CoAsS) 爲主. 先煅燒此礦石,使變爲氧化鈷,次以鋁還原之,則鈷即遊離而出.



10. 摘要. 鎳 Ni = 58.68, 原子價 2 (安定), 3 (不安定), 比重 8.9, 融點 1484° . 鈷 Co = 58.97, 原子價 2 (安定), 3 (不安定), 比重 8.5, 融點 1520° .

化學式	名稱	製法	性質	用途
Ni	鎳 (Nickel)	燒礦石使成氧化物,用Al還原之.	灰白色,強韌常溫時不氧化.可溶於硝酸.	器具,鍍金,合金.
Co	鈷 (Cobalt)	同上.	同上.	——
Ni ^{••}	鎳離子 (Nickel ion)	鎳鹽之溶液.	綠色.因S ^{••} 而生黑色沉澱.	——
Co ^{••}	鈷離子 (Cobalt ion)	鈷鹽之溶液.	桃色.因S ^{••} 而生黑色沉澱.	——
NiSO ₄ (7H ₂ O)	硫酸鎳 (Nickel sulphate)	使Ni成Ni(NO ₃) ₂ ,加硫酸而熱之.	青綠色.造複鹽NiSO ₄ •(NH ₄) ₂ SO ₄ •6H ₂ O.	鍍鎳用.
CoCl ₂ (6H ₂ O)	二氯化鈷 (Cobaltic chloride)	溶解氫氧化物於鹽酸.	桃色結晶.無水鹽青色.與玻璃及硼砂造青色化合物.	玻璃及瓷器之着色(但供此目的,多用CoO).

11. 問題.

1. 試舉鎳與鈷鎳之主要化合物,並說明其性質.(上表)
2. 用硫酸鎳溶液鍍時,其化學變化如何.

圖 由 $\text{NiSO}_4 \rightleftharpoons \text{Ni}^{++} + \text{SO}_4'$ 所生之 Ni^{++} ，至陰極放電，析出於所鍍物體之上， SO_4'' 至於陽極，成爲 SO_4 而溶解鎳極之板。

3. 試就鐵屬元素及其化合物舉其共通之點。

圖 (1) 灰白色強韌；(2) 在空氣中難變化，高溫時使水分解；(3) 溶解於酸，但不受鹼之侵犯；(4) 2 價及 3 價；(5) 生組成類似之化合物。

12. 實驗。

1. 用二氯化鈷行隱顯墨之實驗，並試礪砂球之反應。

第二章 錫族⁽¹⁾

第一節 錫 (Tin)

1. 錫. 錫(1)具有耐性,在空氣中難變化,且有光澤;(2)質柔軟,有展性;(3)在重金屬(比重4以上者)中融點最低,而融解容易;(4)可製造有重要性質之合金,故極適合於實用.

錫熱於200°,則甚脆弱而容易粉碎,次遂熔融(230度).在1500°生相當於Sn之分子式之無色氣體.然冷却其熔融之錫時,則當凝固之際,變為結晶狀.⁽²⁾

錫與鉛之合金,名為白鐵,融點低;與水銀之合金即錫銻齊(Tin amalgam),善反射光線;與銅之合金之青銅,則適於鑄造,為其特性(第382頁).

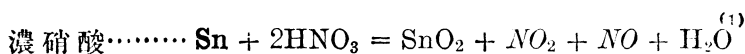
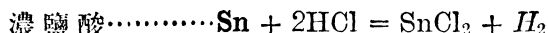
錫成二價及四價而作用,其四價之化合物,一般為安定之物.

錫放置於空氣中時,不受水及碳酸氣之作用,但強熱之,則發白光而燃燒,其燃燒生成物,為二氧化錫.



(1) 悉溶液解於稀薄之酸類。 (2) 此結晶可用鹽酸洗錫之面而得觀察之,又由風曲棒狀錫時,因錫結晶相互間之傾軋,發一種音,亦可知之。

錫在稀薄酸類中,只徐徐爲所作用而已.但在濃鹽酸及硝酸中,則溶解容易.

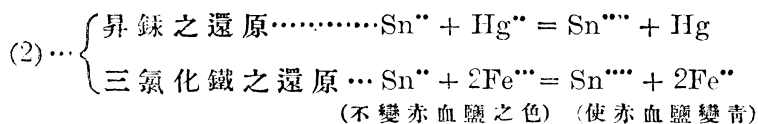


錫用於鍍鐵板之表面,即製造所謂馬口鐵者,爲量最多.馬口鐵因兼有鐵之物理的耐性,及錫之色澤,及化學的耐性,故廣供罐頭,裝飾品,玩具等之製造.

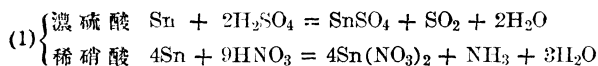
錫又製爲箔,以包易溼潤之物品,揮發性之香料,或供電機械之製作.錫之合金之青銅,白鐵,錫錫齊(Britannia metal 錫140,錫7,銅3),活字金,則用以製器具,器械,活字等.

2 錫離子. $[\text{Sn}^{2+}]$ $[\text{Sn}^{4+}]$ 錫生二價與四價之二種離子.

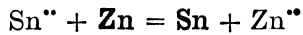
亞錫離子 (Sn^{2+}). 無色,遇硫化二氫,則生一硫化錫之黑褐色沉澱.易氧化而成錫離子 (Sn^{4+}) 故呈強烈之還原作用.



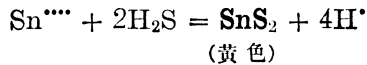
然用離子化傾向較錫更大之金屬,如鋅,還原之,則生結晶狀之金屬錫.



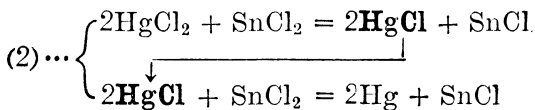
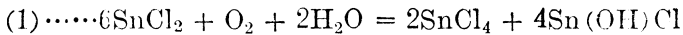
(2) 鍍錫於鐵之表面時,取清淨之鐵板,浸於熔融之錫中,次移置於油中而冷卻之.



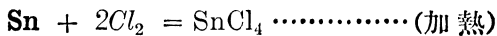
錫離子 (Sn^{+++})。雖亦為無色，然與亞錫離子異，遇硫化二氫，則生黃色之二硫化錫沉澱。



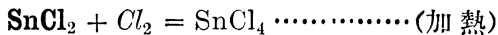
3. 錫之氯化物。【 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 】【 SnCl_4 】蒸發錫之鹽酸溶液時，則生二氯化錫 (SnCl_2) 之白色針狀之二水鹽結晶。此物之特性，為甚易氧化，其水溶液由空氣中吸收養氣，則生四氯化錫。又能還原二氯化銻之溶液，使先成白色一氯化銻之沉澱，次更遊離其灰色之水銀。



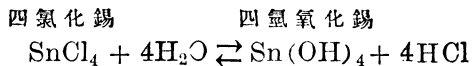
四氯化錫由熱二氯化錫且通以綠氣而得多量製出之。



(但反應時為液狀)



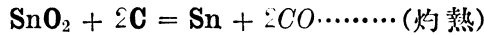
此鹽與亞錫鹽異，為有發煙性之無色氣體，溶解於水時，則加水分解而生四氫氧化錫之膠狀沉澱。



四氯化錫又能與氯化銻化合，而生稱為粉紅鹽 (Pink Salt, $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl}$) 之複鹽。此物乃用作媒染劑而用途甚廣

之錫鹽也。

4. 錫之冶金. 錫之產於自然界者, 爲二氧化錫 (SnO_2), 即錫石 (Cassiterite). 燒之, 而使逸散其夾雜之硫黃及砷之氧化物, 更與石炭共強熱於反射爐內, 則遊離錫。



生成之錫, 通常注入於鑄型內而製爲棒狀。

5. 摘要. 錫 $\text{Sn} = 119.0$, 原子價 2 (不安定), 4 (安定), 比重 7.3, 融點 230° , 沸點 1500°

化學式	名稱	製法	性質	用途
Sn	錫 (Tin)	用 C 還原 SnO_2 .	色美而有耐性。重金屬中溶解最易。可溶於濃鹽酸, 濃硝酸, 造合金。	馬口鐵, 錫箔, 合金。
Sn^{++}	亞錫離子 (Stannous ion)	溶解亞錫鹽。	無色, 還原作用強。	——
Sn^{+++}	錫離子 (Stannic ion)	溶解 SnCl_4 .	無色。	——
SnCl_2 ($2\text{H}_2\text{O}$)	二氯化錫 (Stannous chloride)	溶 Sn 於 HCl.	針狀, 白色結晶。可溶, 易氧化。	媒染劑, 還原劑。
SnCl_4	四氯化錫 (Stannic chloride)	使 Cl_2 作用於 SnCl_2 .	無色發烟性液體。	媒染劑。
SnO_2	二氧化錫 (錫石) (Stannic oxide)	產於自然界。	不溶。	錫之原料。

(1) 錫石產於英國, 東印度, 秘魯。

6. 問題.

1. 試述錫之冶金法,性質及其用途如何. (428 頁)
2. 青銅,黃銅,洋銀,馬口鐵,各爲何種金屬.⁽¹⁾ (382 頁)
3. 試說明二氯化錫之製法及性質. (430 頁)

7. 實驗.

- (1) 將錫熱之,檢查其易融解之性質.
- (2) 加昇錄溶液於二氯化錫溶液,使之還原.
- (3) 將馬口鐵加熱,使錫分離,又用硝酸溶解之,以檢鐵之存在.

第二節 鉛 (Lead)

1. 鉛.⁽²⁾ 鉛爲帶青色之金屬,其主要之特性,爲比重大,質柔軟而加工容易,有化學的耐性,可製易於融解之合金等,故極適合於實用.

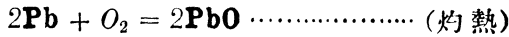
鉛與錫之合金爲白鐵,與銻(少量之錫)之合金,爲活字金(凝固時則膨脹),與銻及鎘(Cd)之合金,爲武德(Wood)合金. 悉以容易融解,爲其特性,又其與砷之合金,硬度大,適於製造發彈.

鉛之新磨研之面,暫時放置後,即失其光澤.此因鉛受空氣及溼氣之作用,而其表面生氫氧化鉛($Pb(OH)_2$)之薄層故也.但如水道,鉛管之觸天然水者,因受水中所含鈣之硫酸鹽,酸性碳酸鹽之作用,而氫氧化鉛變爲不溶性之硫酸鉛,碳酸

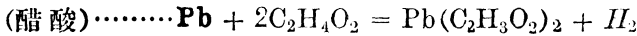
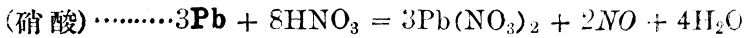
(1) 馬口鐵非合金,應注意. (2) 鉛爲自昔已知之金屬,舊約全書中亦有記載之.古之化學者以土星(♄)之符號表之.

鉛,固着於鉛之表面,⁽¹⁾反使增加鉛之耐性。

鉛熱於空氣中,則變為黃色之氧化物。



鉛幾不為鹽酸,硫酸所侵蝕。此因鉛與此等之酸反應,生難溶於水之氯化鉛,硫酸鉛,而覆於鉛之表面故也。⁽²⁾然如硝酸鉛及醋酸鉛,易溶於水,故鉛能溶解於硝酸,醋酸中,尤以在硝酸中溶解更速。



如上之諸例所示,鉛通常為二價物。

鉛有耐性,且柔軟,不特加工容易,且其價,除鐵外,在金屬中為最廉,故製為鉛管,以供煤氣管,水道管之用;製為鉛板,以造硫酸之鐵室,實驗室水溝等。又可製為坩堝,其合金中如白鐵(鉛1,錫1),活字金(鉛75,錫20,錫5)等,極為重要。

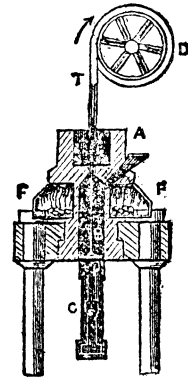
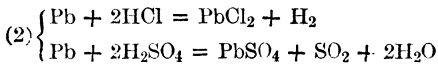
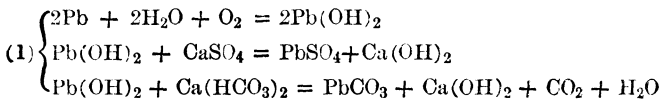


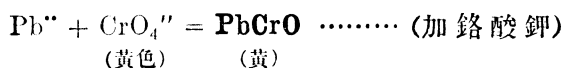
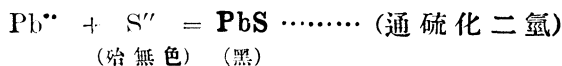
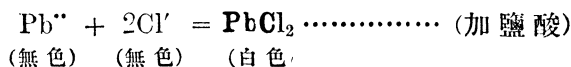
圖 149——製造鉛管。⁽³⁾

2. 鉛離子。【Pb²⁺】鉛離子為二價之陽離子,無色,有一種甘味,能犯神經系統,

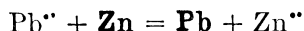


(3) 由 A 注入鉛於以炭火 F 加熱之 B 中,閉 A 後,將 C 壓上,而卷所生之鉛管 T 於 D。

而使成不治之病。遇氯離子(鹽酸),硫離子(硫化二氫),及鉻酸離子(鉻酸鉀),各析出白色,黑色,黃色之沉澱。



鉛離子又易為金屬鋅所還原,成羊齒狀之結晶而由溶液中析出(圖150)。此因鉛之離子化傾向較鋅為小故也。



3. 鉛之氧化物. 【PbO】 【Pb₃O₄】

【PbO₂】 一氧化鉛(PbO). 為強熱鉛

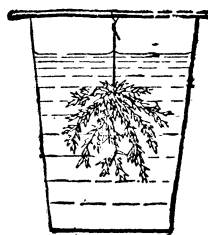


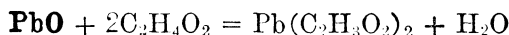
圖150——鉛樹。

於空氣中時所生之化合物(第433頁),故當用灰吹法由鉛分離銀時,副產之量極多(第370頁)。



一氧化鉛為俗稱密陀僧(Litharge)之黃色粉末。

(1) 溶解於醋酸,則生醋酸鉛。

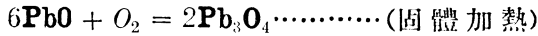


(2) 與玻璃融合,則成光之屈折率大之硅酸鉛。

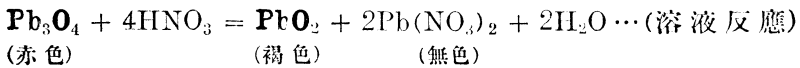
(3) 可製蓄電池。

四氧化三鉛(Pb₃O₄). 熱一氧化鉛使之融解,通以空氣,

則生赤色粉末狀之四氧化三鉛⁽¹⁾



此物又稱為鉛丹 (Minium), 多量供赤色顏料之用。此物遇硝酸, 則變為褐色之二氧化鉛 (PbO_2), 故容易與硃相區別。



4. 蓄電池。一氧化鉛有變電能 (Energy) 為化學能而貯藏之之性。用於此目的之蓄電池, 即浸固着一氧化鉛之鉛板數枚於稀硫酸之裝置 (圖151), 此鉛板各各為陰陽兩極, 當通電流而電解稀硫酸時, 陽極之一氧化鉛為發生之養氣所氧化, 而生二氧化鉛, 陰極之一氧化鉛, 為輕氣所還原, 而變為鉛, 此即充電之狀態也。

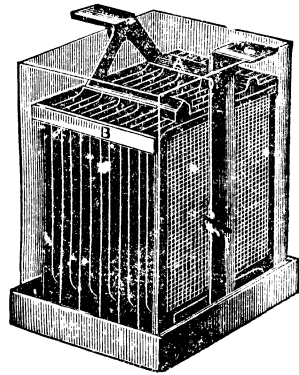
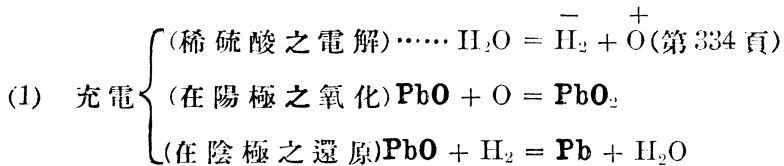


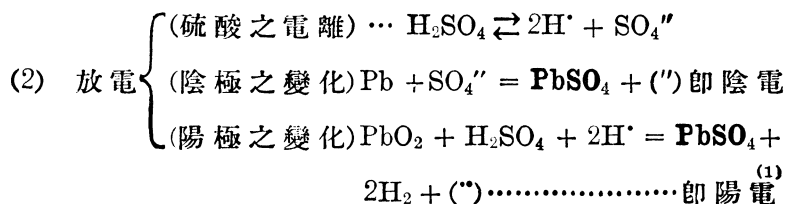
圖 151——蓄電池。



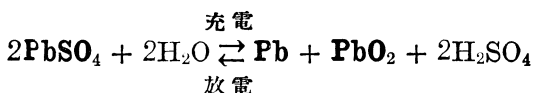
今將上二鉛板, 用導線連絡之時, 稀硫酸中所含之 SO_4^{--} , 移於陰極, 授其陰電於極板, 即與 Pb 化合而變為 PbSO_4 之固體。同樣 H^+ 移於陽極而放電, 作用於 PbO_2 及 H_2SO_4 , 而生 PbSO_4 。故

(1) $\text{Pb}_3\text{O}_4 = \text{PbO}_2 \cdot 2\text{PbO}$ 更強熱之, 則分解而發生養氣。

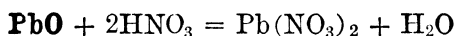
在導線內不絕發生電流。因此隨反應之進行，其兩極之鉛板，漸次為硫酸鉛所被覆。



故蓄電池之化學變化 (1), (2), 得表之如次:



5. 硝酸鉛. $[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]$ 硝酸鉛由溶解一氧化鉛於硝酸而製之。



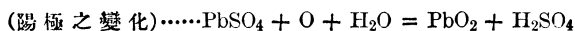
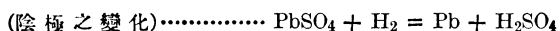
此物與多數之難溶於水之鉛鹽異，為善溶於水之白色結晶鹽。強熱之，則分解而為一氧化鉛，同時發生二氧化氮氣 (第 213 頁)。



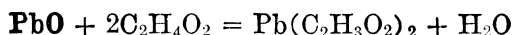
故此物可供純一氧化鉛，二氧化氮之製取，及作含鉛離子之試藥之用。

6. 醋酸鉛. $[\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 溶解一氧化鉛於醋酸

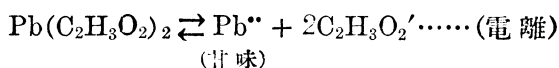
(1) 一次放電之蓄電池，仍得使充電如舊。



時，則生醋酸鉛。



此鹽亦如硝酸鹽，爲可溶性之白色結晶，在常溫其溶解度爲⁽¹⁾50°，其溶液含鉛離子，呈特異之甘味，故又有鉛糖 (Sugar of lead) 之名。



醋酸鉛主用作含鉛離子之試藥，又爲收斂劑，醫藥上供腸出血，或止下痢之用。

7. 鹽基性碳酸鉛。【 $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ 】⁽²⁾ 加碳酸鈉之溶液於鉛鹽之溶液，則生鹽基性碳酸鉛之白色沉澱。



鹽基性碳酸鉛之工業的製法，則使鉛藉醋酸之補助作用，與空氣中之養氣，碳酸氣及水蒸氣化合而製之。古來所用之法，爲卷薄鉛板而置於無底之樽中，其下置以盛醋之鍋，用炭火加溫50°至數星期即得。又歐美諸國，則在馬糞或槲皮之

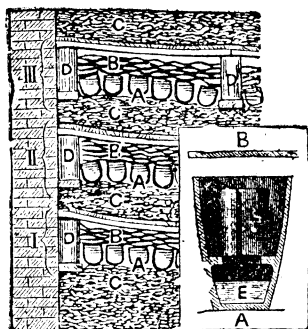
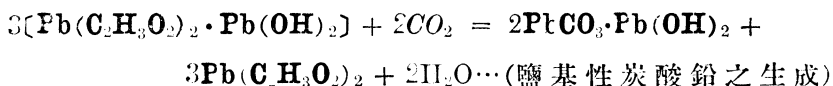
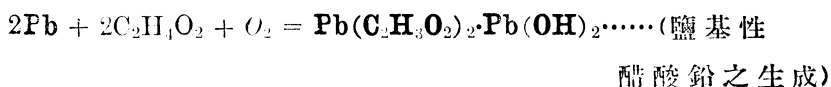


圖 152——鉛白之工業的製造。A 醋壺，B 鉛板，C 動植物質，D 支柱，E 醋，L 鉛板。

(1) 醋酸鉛溶解於水時，生氫氧化鉛之白濁，故須加醋酸數滴，使其澄清。 (2) $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ 爲 $[(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2]$ 而非 $2[\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2]$

(3) 用離子式表之則如次： $3\text{Pb}^{++} + 2\text{CO}_3^{--} + 2\text{OH}^- = 2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$

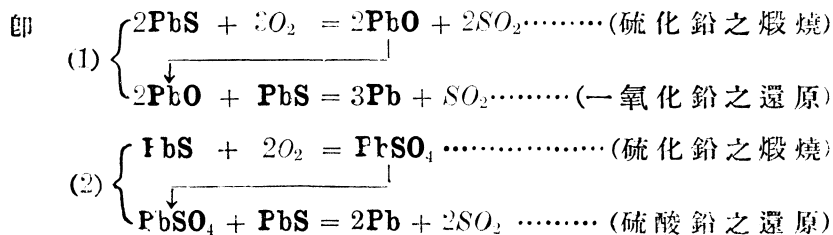
上,列置盛醋與鉛板之甕數個,密閉其室,約放置二個月以製之。此二法皆使鉛板先觸及由醋所生之醋酸蒸氣而成鹽基性醋酸鉛,次更以由炭火或動植物之廢棄物所發生之炭酸氣作用之,則變為鹽基性炭酸鉛之白色粉末,剝取後,更水簸之。此際之反應,可用次式表之:



鹽基性炭酸鉛俗稱鉛白,因其色純白,且有強被覆力,故為重要之顏料,使用極廣。其供化粧用者,為與澱粉及香油之練合物。又供塗料用時,則常加乾性油之亞麻仁油,桐油而練合之。惟此物稍溶於水而生有毒之鉛離子,及遇硫化二氫而變黑(生硫化鉛),為其缺點。

8. 鉛之冶金. 鉛之產於自然界者,多為與硫黃之化合物,即硫化鉛,此礦石稱為方鉛礦(Galena)。

用硫化鉛製取鉛時,先燒之於空氣中,使生一氧化鉛,次更還原此氧化物即得。惟所用之還原劑為硫化鉛,而不用炭。



其操作爲盛礦石於反射爐,最初供給充分之空氣而燒之,後更限制空氣強熱之,即得。

9. 摘要. 鉛 $Pb = 207.10$, 原子價 2, 比重 11.4, 融點 326° , 沸點約 1525°

化學式	名稱	製法	性質	用途
Pb	鉛 (Lead)	取 PbS 變爲 PbO, 用 PbS 還原之。	有耐性,柔軟且易融解,熱於空氣中則氧化,不溶於鹽酸,硫酸,可溶於硝酸。	鉛板,鉛管,破彈,蓄電池用,製造活字金,白鐵,鉛化合物。
Pb ⁺⁺	鉛離子 (Lead ion)	鉛鹽之溶液。	無色,有甘味,有毒。因 Cl ⁻ , S ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , 而生沉澱。	——
PbO	一氧化鉛 (密陀僧) (Lead monoxide)	熱鉛於空氣中,熱硝酸鉛。	黃色粉末,可溶於酸,與玻璃融合。	鉛玻璃,鉛鹽之製取,醫藥,蓄電池用。
Pb ₃ O ₄	四氧化三鉛 (鉛丹) (Lead tetroxide)	熱 PbO 於空氣中。	赤色粉末,因硝酸變爲褐色之 (PbO ₂)。	顏料,填料。
PbS	硫化鉛 (方鉛礦) (Lead sulphide)	產於天然。	灰色結晶。	鉛之原料。
PbCl ₂ PbSO ₄	二氯化鉛 (Lead chloride) 硫酸鉛 (Lead sulphate)	由 Pb ⁺⁺ 與 Cl ⁻ 或與 SO ₄ ²⁻ 之化合而生。	白色不溶。	——
Pb(NO ₃) ₂	硝酸鉛 (Lead nitrate)	取 Pb 溶解於 HNO ₃ 。	白色結晶,可溶,熱則分解。	PbO, NO ₂ , 及 Pb ⁺⁺ 之原料。

$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ($3\text{H}_2\text{O}$)	醋酸鉛(鉛糖) (Lead acetate)	取 PbO 溶解於醋酸。	白色可溶性之結晶。	Pb^{++} 之原料。
PbCrO_4	鉻酸鉛 (Lead chromate)	加 CrO_4^{--} 於 Pb^{++} 。	黃色之粉末,不溶。	顏料。
$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	鹽基性碳酸鉛(鉛白) (Lead basic carbonate)	取醋,碳酸氣,使作用於鉛。	白色粉末,可溶,被覆力強。	顏料。

10. 問題.

1. 試述由方鉛礦製鉛之方法,並說明此時之化學變化。

(第 438 頁)

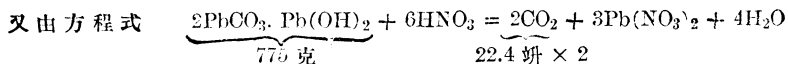
2. 問鉛之性質及其用途。

(第 432 頁)

3. 加硝酸於 12 克之鉛白中,在 20°C ., 70 鍾時,發生 180 c.c. 之碳酸氣,問此鉛白中鹽基性碳酸鉛之量若干。

圖 所生碳酸氣之體積,如就標準狀況改算:

$$180 \text{ c.c.} \times \frac{273}{273 + 20} \times \frac{760}{760} = 154.5 \text{ c.c.}$$



求能生上式之碳酸氣之鹽基性碳酸鉛之重量,而定其對於原料之比即得。

$$775 \text{ 克} \times \frac{154.5}{44800} \times \frac{1}{12 \text{ 克}} \times 100 = 22.27 \% \quad \text{答 } 22.27 \%$$

4. 取白鐵 100 克氧化,得一氧化鉛,二氧化錫之混合物 116 克,問此合金之組成如何。

圖 試以 x 克表白鐵 100 克中鉛之重量,則錫之重量為 $(100-x)$ 克。

然而一氧化鉛 $PbO = 207 + 16 = 223$

二氧化錫 $SnO_2 = 119 + 16 \times 2 = 151$

$$\therefore x \text{ 克} \times \frac{223}{297} + (100 - x) \text{ 克} \times \frac{151}{119} = 116 \text{ 克}$$

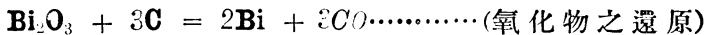
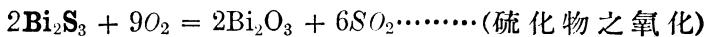
$$\therefore x = 56.8 \text{ 克} \quad \text{答 鉛 56.8 克, 錫 43.2 克。}$$

11. 實驗.

- (1) 用硝酸溶解鉛及一氧化鉛使爲硝酸鉛。
- (2) 將硝酸鉛之結晶熱之,使分解爲一氧化鉛。
- (3) 將硝酸鉛(或醋酸鉛)溶液三分之,取其一分,加碳酸鈉溶液,使成鉛白,更加硝酸,使之溶解。
- (4) 加鹽酸於上之鉛鹽溶液,使成二氯化鉛,加熱使其溶解,更加鉻酸鉀溶液,使得鉻酸鉛。
- (5) 加硫酸於鉛鹽溶液,使生硫酸鉛之沈澱。

第三節 鉍 (Bismuth)

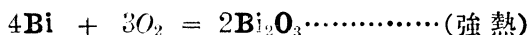
1. 鉍 $[Bi_2]$ ⁽¹⁾ 鉍爲產額甚少之金屬,其在天然間者,則成遊離狀,或爲氧化物 (Bismuth ocher, Bi_2O_3), 硫化物 (Bismuth glance Bi_2S_3). 其成遊離狀者,可熔融之使與土砂分離.至其礦石,則須先燒之使爲氧化物,次更用炭還原之,則可得鉍。



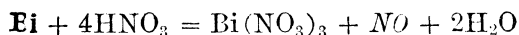
鉍爲稍帶赤色之白色金屬,其物理的性質,與砷,銻之非

(1) 鉍於 1400 年,已知於世,產於德國,北美。

金屬相類似，因其不特缺乏金屬通性之展延性，且為電之不導體。此物在空氣中，失其光澤甚速，強熱之，則燃燒而變為三氧化二鉍。

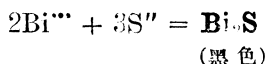


鉍難為水及稀薄之酸所侵蝕，硝酸則易溶解之而生硝酸鉍。



鉍之重要性質，為製融點極低之合金。如鉍，鉛與錫(重量比2:1:1)之合金，融解於90度，更加錫時，則得融點為60度之合金(重量比4:2:1:1)。此等合金，俗稱為武德合金(Wood's fusible metal)，插於電燈線之一部或塞消火器⁽¹⁾，又供製電鑄用之模型之用(第387頁)。

2. 鉍離子。【 Bi^{+++} 】鉍離子為三價，無色，因硫化二鉍而生黑色三硫化二鉍之沉澱。



3. 次硝酸鉍。【 $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ 】取硝酸鉍 $[\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ 溶解於水，則加水分解，而生雪白色粉末狀之鹽基性硝酸鉍。



此物為次硝酸鉍(Bismuth subnitrate)能止下痢，為胃腸症所廣用之藥劑⁽²⁾。

(1) 有強電流通過，則即融解而自截斷電線。又失火之時，即行融解而自動的開放水管。 (2) 一次之量，次硝酸鉍1克，阿片末0.02克。

4. 摘要. 鉍 Bi = 208.0, 原子價 3, 分子式 Bi₂, 比重 9.8, 融點 269°, 沸點 1435°.

化學式	名稱	製法	性質	用途
Bi ₂	鉍 (Bismuth)	天然產。還原氧化物或硫化物。	製易融解之合金。	製武德合金。
Bi(NO ₃) ₃ (OH) ₂	次硝酸鉍 (Bismuth subnitrate)	取 Bi(NO ₃) ₃ 溶解於水。	水白色離溶之粉末。	止下痢藥。

5. 問題.

1. 試述鉍之製法,及其用途如何。
2. 試述鹽基性硝酸鉍之製法,性質及其用途如何。

第三章 鋅族 土族⁽¹⁾

第一節 鋅 (Zinc)

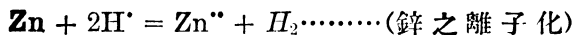
1. 鋅. **[Zn]** 鋅如其研磨之表面所見,呈美麗之帶青白色,由其融體而凝固者甚脆弱,全不適用.此因鋅為結晶狀之故,而此結晶在新洋鐵製之手桶上,可得見之.熱此結晶之鋅於100度至150度間,則其質一變而有展延性,始成適於實用之物.熱至200度,則再變脆弱而容易粉碎.熔融於420°,不觸空氣而熱之,則至920度沸騰,生無色之氣體,由其分子量所定之分子式,與Zn相當.

鋅頗富有耐性,在空氣中不易被侵蝕,此因其氧化所生之鹽基性碳酸鋅 [$\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$],成密緻無色之薄層,被覆其表面而保護鋅質故也.

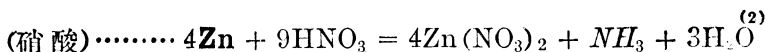
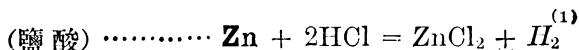
鋅在空氣中熱至500°,則舉青色之焰而燃燒.



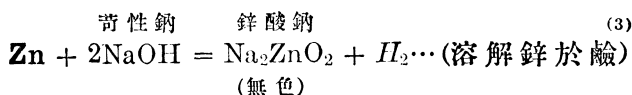
投鋅於酸時,則溶解而發生輕氣,此表示鋅較輕氣更易離子化也.



(1) 此族之金屬,悉溶解於酸. (2) 鋅在十七世紀由我國輸向歐洲,至1721年 Henkel 氏始由礦石製取之.



鋅又溶解於苛性鹼而發生輕氣,其生成物非為鋅鹽,而為鋅酸 (H_2ZnO_2) 之鹼鹽例如溶解於苛性鈉時之反應如次:

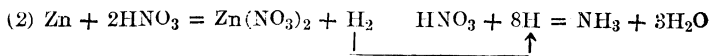


鋅之原子價,如上之諸反應所示,常為二價。

鋅(1)利用其化學的耐性,鍍於鐵之表面,而製所謂鋅被鐵 (Galvanized iron),以供蓋屋或製器物之用。又鍍於鐵線,以製電報線。鋅被鐵之製法與馬口鐵相似,為浸清淨之鐵於熔融之鋅中而製成者。兼有鐵之物理的耐性與鋅之化學的耐性,較之馬口鐵則光澤雖劣,然化學的耐性則過之。⁽⁴⁾(2)鋅與銅融合,則得黃銅。(3)利用其對酸之性,以供電池之極板或製取輕氣之用。(4)又供鋅化合物之製造。

2. 鋅離子. $[Zn^{++}]$ 鋅離子無色,遇硫化銻 (S^{--}), 則生白色之沉澱 (ZnS); 遇苛性鹼 (OH^-), 最初生乃白色膠狀之沉澱

(1) 純鋅不溶解於酸。此因其時所生之輕氣, 附於鋅之表面而妨酸之接觸故也。此時以鉑線觸之, 則輕氣由鉑線之表面發出, 而鋅速即溶解。用不純之鋅 (夾雜他金屬者) 製取輕氣時, 反得良好結果者, 與此理同。



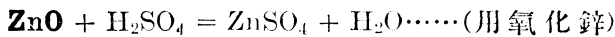
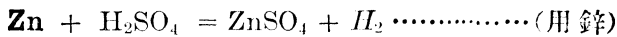
(3) 鋅酸鈉之電離式: $Na_2ZnO_2 \rightleftharpoons 2Na^+ + ZnO_2^{--}$ 。 (4) 鋅被鐵雖剝離其鋅而露出鐵, 亦較普通之鐵, 難以變化, 此因鋅較鐵更易氧化故也。

枕木,以爲防腐用。

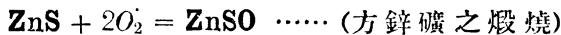
(2)因能溶解如氧化鋅,氧化錫之金屬氧化物,故當銲接鋅被鐵,馬口鐵板時,塗於其接合面,以供除銹之用。

(3)因能溶解棉,故爲溶媒,以供電燈泡用炭線之製造。

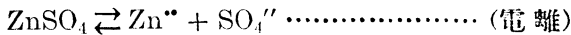
5. 硫酸鋅. **[ZnSO₄·7H₂O]** 硫酸鋅爲溶解鋅或氧化鋅於硫酸而製成者。



工業的製法,爲靜燒硫化鋅礦而放置之,此時所生之硫酸鋅,可用水抽出之,與由硫化鐵製硫酸鐵之法相似(第401頁)。



硫酸鋅亦稱皓礬(White vitriol),與硫酸亞鐵同,爲七水鹽,成斜方柱狀之無色結晶(圖153)。善溶解於水而生Zn⁺⁺;且起加水分解而呈弱酸性反應。



硫酸鋅爲媒染劑,又因其有殺菌性,故供點眼,⁽³⁾灌洗等之藥用。

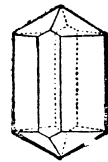


圖153——硫酸鋅之結晶。

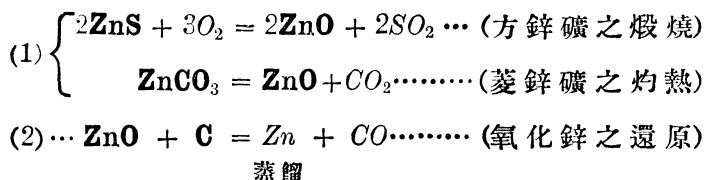
6. 鋅之冶金. 鋅之天然產者,以方鋅礦(ZnS)及菱鋅礦(Zinc spar, ZnCO₃)爲主。燒此等

(1) ZnO 遇 ZnCl₂ 溶液,則成 Zn(OH)Cl 而溶解。 (2) 電燈泡之炭線,爲棉之氯化鋅溶液,通過小孔壓出之,成細線後,在碳化氫氣中通以電流而熱之時所製成者,然今已不用之矣。 (3) 用0.3-0.5%之溶液。

之礦石,則生氧化鋅,次與木炭共盛於曲頸甌內而強熱之,可使鋅還原溜出。



圖 154——鋅之蒸餾器
(左)蒸餾甌, (右)受器。



7. 鎘 【Cd】 方鋅礦常含有少量之硫化鎘,故用以製鋅時,其硫化鎘亦為所還原,先鋅而溜出。

鎘如鉛為軟青白色之金屬,有似鋅之化學的諸性質,其主要用途,為製武德合金(錫,鉛,鈹之合金),又其銻齊,因片刻即硬化,故供齒科醫上填補齲齒之用,其硫化物(硫化鎘)用作黃色顏料。

8. 摘要. 鋅 $\text{Zn} = 65.37$, 原子價 2, 分子式 Zn , 比重 6.9-7.2, 融點 418.2° , 沸點 950° .

化學式	名稱	製法	性質	用途
Zn	鋅 (Zinc)	燒 ZnS , ZnCO_3 而製 ZnO , 更用 C 還原之。	青白色,有化學的耐性,溶解於酸,鹼而發生輕氣。	鋅被鐵,及線,電池用,輕氣發生用,黃銅之製造。
Zn ⁺⁺	鋅離子 (Zinc ion)	鋅鹽之溶液。	無色,有毒,且 S ['] 生白色之 ZnS 沉澱,因 OH ['] 生白色之 Zn(OH)_2 , 溶解於其過量。	殺菌。

ZnO	一氧化鋅 (鋅華) (Zinc oxide)	燒 Zn。	白色不溶性粉末。	顏料, 醫藥。
ZnS	硫化鋅 (方鋅礦) (Zinc sulphide)	產於天然。	——	鋅原料。
ZnCl ₂	氯化鋅 (Zinc chloride)	溶 Zn 於 HCl。	無色結晶, 有潮解性。溶解 SnO ₂ , ZnO, 棉。	脫水劑, 防腐劑, 溶媒。
ZnSO ₄ (7H ₂ O)	硫酸鋅 (皓礬) (Zinc sulphate)	溶加 Zn 於 H ₂ SO ₄	無色結晶, 可溶。	殺菌劑, 媒染劑。
Cd	鎘 (Cadmium)	取 CdS 還原之。	比重 8.6, 融點 32 度, 沸點 77 度, 性似鋅。	融金, 銻齊, 顏料之製造。

9. 問題.

- 試述鋅之原礦, 冶金法, 性質及其用途如何。
- 就白色顏料中, 試述鉛白與鋅華之長所及短所。

■

鉛白

鋅華

被覆力強

被覆力弱

遇硫化二氫變黑

無如左之短所

又有毒性

- 試述下列各金屬在空氣中加熱之結果如何。

a. 鋅, b. 銅, c. 鐵, d. 金, e. 銀。

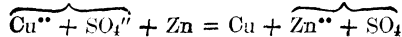
■

a. 燃燒, 生白色之氧化鋅。 b. 生黑色一氧化銅。

c. 生四氧化三鐵。 d, e 無變色。

- 將鋅投入硫酸銅溶液時, 生如何變化, 試用方程式表之。

■

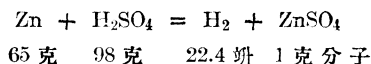


5. 由方鋅礦 1000 尅所得鋅之量如何。

答 670 尅。

6. 1 呷中含有純硫酸 49 克之稀硫酸 200 c.c., 與鋅 7 克作用時所生輕氣之體積, 在 1 氣壓 273°C. 時爲若干呷, 又此時所生之硫酸鋅, 如可視爲全部解離, 問所得鋅離子之濃度爲幾克分子。

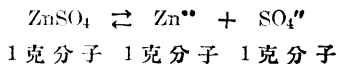
圖 所與稀硫酸 200 c.c. 中含有純硫酸 49 克 $\times \frac{270}{1000} = 9.8$ 克, 可溶於此硫酸中之鋅之量, 由方程式:



知爲 6.5 克, 即少於所與之 7 克鋅量。故此硫酸全體變化而發生在標準狀況時 2.24 呷之輕氣, 同時生 0.1 克分子硫酸鋅, 此時所發生之輕氣, 溫度如昇爲 27.3°, 則得

$$2.24 \text{ 呷} \times \frac{273 + 27.3}{273} = 2.46 \text{ 呷}$$

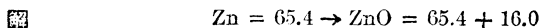
又 0.1 克分子之硫酸鋅, 如全部解離,



生鋅離子 (Zn^{++}) 0.1 克分子

答 2.46 呷, 0.1 克分子。

7. 欲製鋅華 100 斤, 問須用鋅若干。



$$\therefore 100 \text{ 斤} \times \frac{65.4}{65.4 + 16.0} = 80 \text{ 斤} \quad \text{答 80 斤}$$

8. 100 克之鋅悉數溶解時, 問需濃度 4 克分子之硫酸幾 c.c., 又所生鉛礬之重量如何。

答 38.5 c.c., 442 克

10. 實驗.

- (1) 將鋅在空氣中熱之,使爲氧化鋅,又溶於稀硫酸使爲硫酸鋅。
- (2) 用稀硫酸溶解鋅華,以製硫酸鋅。
- (3) 加苛性鈉於硫酸鋅而製氫氧化鋅,更加過量之苛性鈉使之溶解。
- (4) 加二氯化鋇於硫酸鋅,過濾,由溶液取氯化鋅。
- (5) 加碲精水於硫酸鋅,更加硫化二氫使硫化鋅沉澱。

第二節 鎂 (Magnesium)

1. 鎂. **【Mg】** 鎂爲銀白色之輕金屬,在溼空氣中爲氧化物之薄層所蔽,而失其光澤。鎂在稍低於其融點(632°)之溫度變爲柔軟而帶黏性,故可於此時引爲紐狀。鎂合金中之主要者,爲與鋁所成之鋁鎂齊(Magnalium),具有輕而強韌之特性。

鎂之主要化學性質之一,爲極易氧化。今點火於鎂紐之一端,則即燃燒。



此生成之氧化鎂,甚難熔融,故被強熱,則放烈光。此光富有化學線,對於攝影乾片上之造鹽素化銀之作用極強,故適於夜間攝影之用。然供此用者,多爲粉末狀之鎂

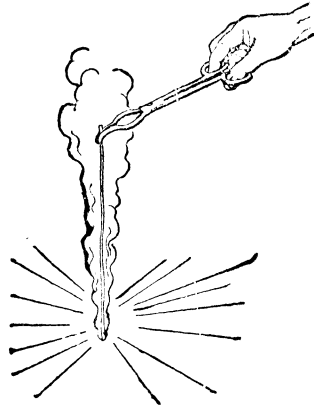
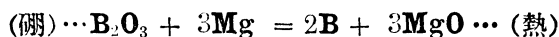
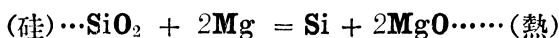
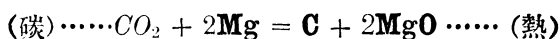


圖 155——鎂帶之燃燒。

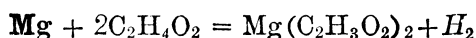
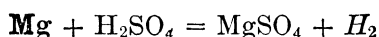
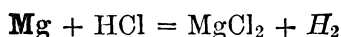
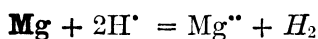
(1) 鎂於1838年,由德斐氏用電解 MgCl_2 法製出之。

與氯酸鉀之混合物，其燃燒之繼續時間，不足0.1秒。

鎂之易於氧化之性，屢利用之為還原劑，以供還原難分解之非金屬氧化物之用，即



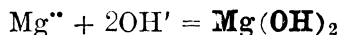
鎂較輕氣之離子化傾向為大，故即使作用極弱酸類，亦能使輕氣遊離，自身變為離子而入於溶液中。⁽¹⁾



鎂之原子價，常為二價。

鎂供夜間攝影用之光源，煙火，還原劑及合金等之原料，又在實驗室供酸之鑑識用。

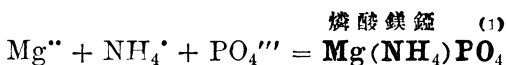
2. 鎂離子。【Mg''】鎂離子無色，有苦味，與重金屬離子異，不呈毒作用，與鋅離子同，遇鹼則生膠狀之白色沉澱，但不溶解於過量之鹼（第445頁）。



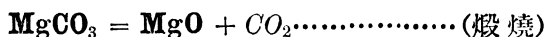
加入銨離子NH₄'（用NHCl與NH₄OH）及磷酸離子PO₄'''（用Na₂HPO₄）於Mg''，則析出結晶狀無色沉澱，此為用以鑑識Mg''

(1) 鎂在高溫度徐分解水使遊離輕氣。Mg + 2H₂O = Mg(HO)₂ + H₂

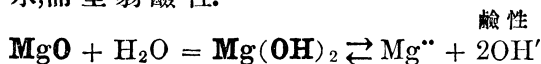
及 PO_4''' 之重要反應。



3. 一氧化鎂。【 MgO 】存於天然間之碳酸鎂，即菱鎂礦 (Magnesite, $MgCO_3$)，被熱，則生一氧化鎂。

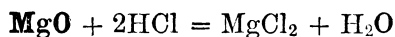


一氧化鎂為白色粉末，即在電爐之高溫度中，亦不熔融。微溶解於水，而呈弱鹼性。

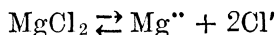


一氧化鎂多用以塗敷電爐及製鋼爐之內面，又製為制酸劑，緩下劑，⁽²⁾亞砷酸解毒劑等極有效。

4. 氯化鎂。【 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 】氯化鎂由溶一氧化鎂於鹽酸而製成者。



氯化鎂為無色針狀結晶(圖 156)，易潮解，溶解於水而呈鎂離子之苦味，故又有苦汁之稱。



取氯化鎂之結晶熱之，則起加水分解，而揮發氯化氫氣體。



其殘留之氧化鎂，殆不溶解於水，取而嘗之，亦不呈鎂離子之

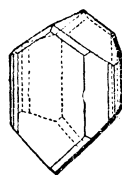


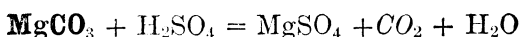
圖 156——氯化鎂之結晶。

(1) $MgCl_2 + NH_4OH + Na_2HPO_4 = Mg(NH_4)PO_4 + 2NaCl + H_2O$
 (2) 製酸劑一次用量 0.2-0.5 克。緩下劑 2.0-10.0 克。

苦味，燒由海水所製之粗製食鹽(有含 10% 之 $MgCl_2$ 者)，去其苦味，以製所謂燒鹽者，即應用此反應也。用蒸汽罐熱海水時，亦起同樣之反應，然此時蒸汽罐之材料之鐵，則有為生成之氯化氫所侵蝕之虞。

氯化鎂以能使棉線變為黏韌，故紡織業多使用之。

5. 硫酸鎂。【 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 】硫酸鎂產於天然間，又工業上使硫酸作用於天然產之碳酸鎂礦(菱鎂礦)⁽¹⁾，而製碳酸氣時，硫酸鎂為其副產物。



硫酸鎂為無色之結晶(圖 157)，俗稱瀉利鹽(Epsom salt)。善溶解於水而呈 Mg^{++} 之苦味，與氯化鎂同。惟無潮解性，反徐徐失去其結晶水，而變為無水鹽。凡含水鹽失其結晶水，而崩壞其固有之結晶形之反應，稱為風化(Efflorescence)。

硫酸鎂為極主要之瀉劑，每次之服用量為 0.5 克乃至 15.0 克。

6. 鎂之冶金。鎂之原礦⁽²⁾，為白

鹵鹽(Carnallite)，即氯化鎂與氯化鉀之複鹽。盛此礦石於鋼

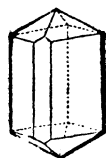


圖 157—硫酸鎂之結晶。

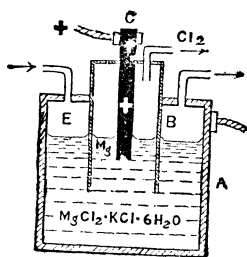
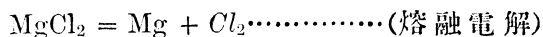


圖 158—製鎂之裝置。⁽³⁾

(1) 由 $Mg^{++} + CO_3^{--} = MgCO_3$ 反應所製得碳酸鎂，可製牙粉(見第 479 頁)。
 (2) 存在於天然間之鎂化合物，為菱鎂礦($MgCO_3$)，硫酸鎂礦($MgSO_4 \cdot H_2O$)，鉀瀉利鹽(Kainite) 礦($MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$)，白鹵鹽($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$)等。
 (3) 陰極 A 為製鐵器，陽極 C 為碳棒，B 為瓷製筒。由電解所生之鎂浮於上層，通以不與鎂相作用之氣體於 E 而防其氧化。

鐵製之坩堝中,以坩堝爲陰極,以插於坩堝中之碳棒爲陽極(圖15S),而通強電流時,則礦石熔融,同時其中所含氯化鎂電解,析出金屬鎂。



7. 摘要. 鎂 $\text{Mg} = 24.32$, 分子式 Mg , 原子價 2, 比重 1.75, 融點 632° , 沸點 1120°

化學式	名稱	製法	性質	用途
Mg	鎂 (Magnesium)	電解熔融之 MgCl_2 .	在高溫易氧化,呈激烈還原作用,溶解於酸而生輕氣。	攝影用,還原用,合金。
Mg^{++}	鎂離子 (Magnesium ion)	Mg 鹽之溶解。	無色,苦味,因 OH^- 生白色沈澱,因 PO_4^{---} 與 NH_4^+ 亦生白色沈澱。	——
MgO	氧化鎂 (苦土) (Magnesium oxide)	熱 MgCO_3 .	白色之粉末,即強熱亦不溶解。	電爐用,制酸劑。
MgCO_3	碳酸鎂 (Magnesium carbonate)	產於天然間。	不溶於水。	鎂鹽之製取。
MgCl_2 ($6\text{H}_2\text{O}$)	氯化鎂 (苦汁) (Magnesium chloride)	溶解 MgO 於 HCl .	無色結晶,有潮解性,熱之則變爲 MgO 。	紡織用。
MgSO_4 ($7\text{H}_2\text{O}$)	硫酸鎂 (瀉利鹽) (Magnesium sulphate)	溶解 MgCO_3 於 H_2SO_4 .	無色之結晶,溶解於水。	瀉劑。

定義。

風化 (Efflorescence)

含水鹽失其結晶水，而崩壞其固有之結晶形之謂也。凡其蒸氣壓較大氣中水蒸氣之平均壓為大之固體(第232頁)均起此現象。

8. 問題。

1. 試述鎂之製法，性質及其用途如何。 (451頁)
2. 試舉鎂之主要化合物，並示其性質及用途如何。(上表)
3. 燒鹽之理如何。

9. 實驗。

- (1) 點火於鎂條，使生一氧化鎂。又以氫酸鉀與鎂粉相混點火，即燃，並發烈光。
- (2) 將鎂投於稀酸中，使生鎂鹽而發輕氣。
- (3) 取固體之二氯化鎂熱之，試用藍色試紙驗其發生鹽酸。
- (4) 加苛性鈉於硫酸鎂所生之二氫氧化鎂，與氫氧化鋅不同，不溶解於過量之苛性鈉液。

第三節 鋁 (Aluminium)

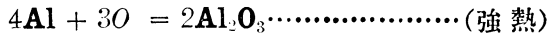
1. 鋁。【Al】⁽¹⁾ 鋁有下列之諸特性：

- (1) 呈銀白色，且耐空氣及水之作用；
- (2) 質強韌，而富展延性，適於實用；
- (3) 比重僅為鐵之三分之一；
- (4) 在高溫度與氧氣化合激烈，故呈強力還原作用。

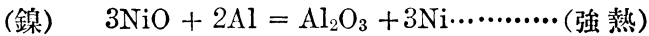
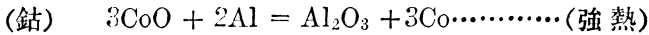
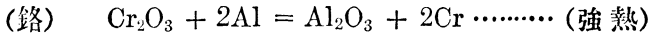
(1) 鋁亦稱礬質。1980年 Heroult 氏始用電解法製出之。

鋁與鎂之合金鎂鋁齊(Magnalium),強韌而輕;與銅之合金鋁銅齊(Aluminium gold),強韌而呈美麗之黃色;與銀之合金三分一銀,黏硬而適於雕刻。

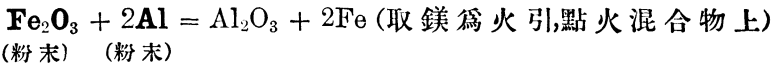
鋁在空氣中之有化學的耐性者,因其表面所生之氧化鋁,成幾為無色透明之薄層,而保護其內部故也。強熱鋁時,則即燃燒而變為三氧化二鋁。



此金屬在高溫度起激烈氧化之性質,常利用之以還原不為炭所還原之物,如錳,鉻,鈷,鎳等之氧化物等,概已詳述於前章(第412頁)。



點火於鋁粉與三氧化二鐵之混合物時,則起次之反應。

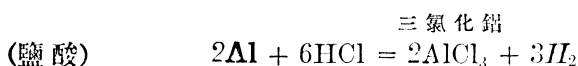
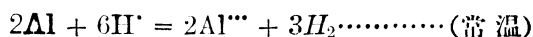


此際發生多量之熱而游離鐵(此時鐵與三氧化二鋁皆被熔融),故取此混合物置鐵軌等之接口而點火,則其局部⁽¹⁾熔融,可得而熔合之。又用同法,得修繕破損之鐵器。

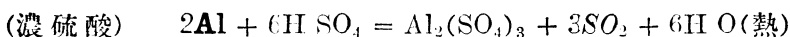
鋁較輕氣之離子化傾向大,故作用於鹽酸,稀硫酸,使發

(1) 三氧化二鐵或其他金屬氧化物與鋁之混合粉末,稱爲鋁融接劑(Thermite)。

生輕氣而溶解。

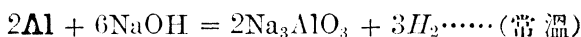


作用於濃硫酸時，則發生二氧化硫氣，而不發生輕氣，與鋅，鎂等異。

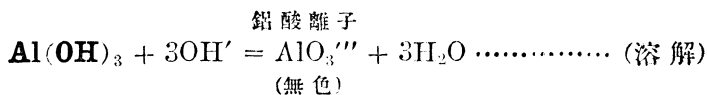
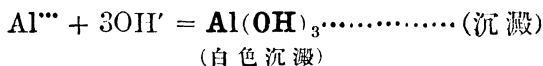


然鋁對於硝酸，不拘其濃淡如何，皆不溶解，此因硝酸之氧化所生之氧化物，不溶於酸，蔽於鋁之表面故也。

浸鋁於苛性鹼中時，則發生輕氣而溶解，其生成物非鋁鹽，而為鋁酸⁽¹⁾ (Aluminic acid, H_3AlO_3) 之鹼鹽。故此反應頗似鋅 (第 445 頁)。

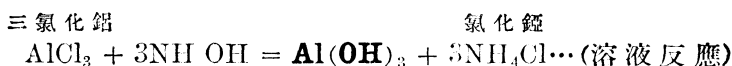


2. 鋁離子。【 Al^{+++} 】 鋁離子無色，有收斂性之味。加鹼，則生三氫氧化鋁之膠狀白色沉澱，然即溶解於過量之鹼，與鋅相似。



(1) 鋁與食鹽共存時，有容易為有機酸所侵蝕之缺點。

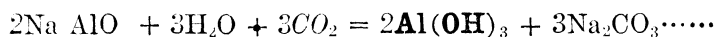
3. 三氫氧化鋁. $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 加鹵精水於鋁鹽之水溶液,則生三氫氧化鋁之白色膠狀沉澱.



工業上多量製造三氫氧化鋁時,則用下之方法,即研碎鐵礬土(由三氧化二鋁與氧化鐵之混合物所成之礦石)使與碳酸鈉強熱而熔融之,則其中之氧化鐵殘留不變,而三氧化二鋁變為可溶性之鋁酸鈉(Sodium aluminate).



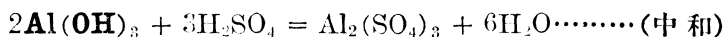
用水抽出之後,通碳酸於其溶液中,則生三氫氧化鋁之沉澱.



……(溶液內之反應)

三氫氧化鋁為無定形之白色固體:

(1) 對酸之作用如鹽基 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$,而對鹼之作用則如酸 $[\text{H}_3(\text{AlO}_3)]$;



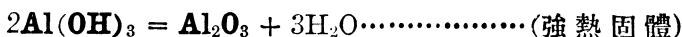
(2) 易與可溶性之有機色質化合,而變為不溶性之物質;

(3) 容易溶解於酸類而生鹽.

上之第二性質,染色術上常利用之以使色質固着於纖維.此種為染色之媒介之物質,稱為媒染劑(Mordant).

三氫氧化鋁為製煉鋁之主要原料,又為硫酸鋁之原料.

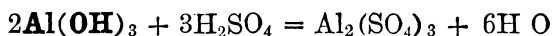
4. 三氧化二鋁. $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ 強熱三氫氧化鋁,則放出水而生白色無定形之三氧化二鋁.



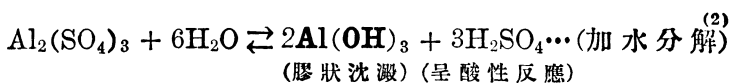
此種曾經一次強熱之三氧化二鋁,與其他多數之金屬氧化物異,無溶解於酸類之性.

三氧化二鋁之產於天然者,稱為**剛玉** (Corundum). 成菱面體之結晶,其硬度亞於金剛石.純粹者雖為無色透明,然常因有微量之夾雜物,故有帶美麗之紅色或青色者,悉製為寶石,或供玻璃,鋼之研磨及鐘表之軸承用.⁽¹⁾

5. 硫酸鋁. $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}]$ 溶三氫氧化鋁於硫酸中,而蒸發其溶液,則可製得硫酸鋁.



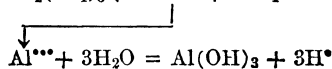
硫酸鋁通常為白色之塊狀物,善溶解於水,其溶液有鋁離子之收斂性之味,且呈酸性反應.



硫酸鋁之主要性質,為如上式所示,作用於水而生三氫氧化鋁,故若投之於濁水中,則所生三氫氧化鋁之膠狀物,伴細微之泥土而沉降.又使吸收於纖維內,而用水蒸氣處理之時,則

(1) 金剛砂為由鋁,鈣,鐵之硅酸鹽而成之物.

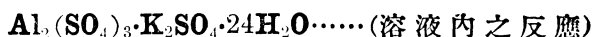
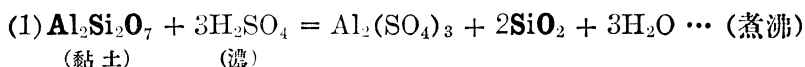
(2) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 2\text{Al}^{+++} + 3\text{SO}_4^{--}$



三氫氧化鋁沉積於纖維內，而奏媒染之效。

硫酸鋁因有上之性質，故用作媒染劑及飲料水之清澄劑，又製紙上之用途極廣。

6. 硫酸鋁鉀。【 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 】⁽²⁾ 當不能製得純粹之硫酸鋁時，可取黏土與硫酸共煮沸之，將所得之硫酸鋁之不純溶液，利用複鹽較單鹽難溶解之通性，而加硫酸鉀於其中，則硫酸鋁成複鹽析出，此複鹽即硫酸鋁鉀也。



硫酸鋁鉀為無色八面體之結晶，通常稱為明礬(Alums)受熱，則失結晶水而崩壞，變為白色之粉末，此物稱為燻明礬(Burnt alum)，亦名枯礬。明礬因為複鹽，故溶解於水，則各分解為單鹽，而呈硫酸鋁之諸反應。

明礬之成燒明礬者，可供醫藥之用。其主要之用途，因其呈硫酸鋁之作用，多供媒染劑，清澄劑及製紙之用。

7. 一般之明礬。如【 $\text{R}_2^{\text{III}}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{R}'_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 】之式，由三價金屬(R^{III})之硫酸鹽，與一價金屬(R')硫酸鹽所成之複鹽，總稱為明礬⁽³⁾。其主要之金屬如下。

(1) 飲料水1呷中所含之硫酸鋁，以不超過0.01克為度。 (2) 又如 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 表之亦可。 (3) 明礬中又有如 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{MnSO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ 之以二價金屬之 Mg, Fe 代一價金屬者，然此等複鹽，與普通明礬並非同形態。

(一價金屬) $R^I \dots\dots\dots K \quad Na \quad NH_4(\text{根})$

(三價金屬) $R^{III} \dots\dots\dots Al \quad Fe \quad Mn \quad Cr$

故由此等金屬所生之明礬之種類凡 12, 而其最通常者為下之五種(參照着色圖).

$Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O \dots\dots\dots$ 鉀明礬(明礬)(無色)

$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O \dots\dots\dots$ 銻明礬(無色)

$Fe_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O \dots\dots\dots$ 鐵明礬(淡紫色)

$Cr_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O \dots\dots\dots$ 鉻明礬(黑紫色)

$Mn_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O \dots\dots\dots$ 錳明礬(淡紅色)

此等明礬,本應以二種之金屬名冠於明礬之上而稱之,但通常多將含於普通明礬中之金屬,即鉀或銻,略而不稱,如稱鐵鉀明礬為鐵明礬是。

明礬不特其組成相類似,即結晶形亦悉相同(八面體)。此種物質稱為異性同形體(Isomorphism)。凡異性同形體,得於其一種之結晶之周圍,生另一種之結晶,如吊鉻明礬之小結晶於普通明礬之濃厚溫溶液中,則明礬即以鉻明礬之結晶為核,而漸次生長其結晶。

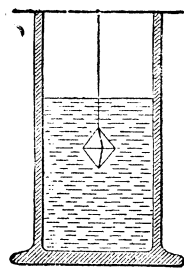
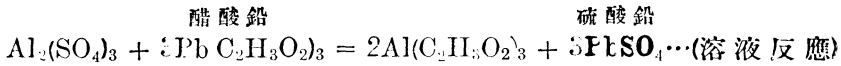
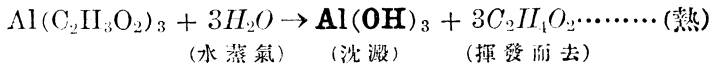


圖 159——明礬之結晶。

8. 醋酸鋁。【 $Al(C_2H_3O_2)_3$ 】 加醋酸鉛之溶液於硫酸鉍溶液中,則生不溶於水之硫酸鉛沉澱,過濾後,蒸發其濾液,可使醋酸鋁結晶析出。



取熱水蒸氣使作用醋酸鋁，則即分解而變為三氫氧化鋁與醋酸。但此時所生之醋酸，與硫酸異，有揮發性(第460頁)，故此反應得完全進行。



基於上之反應，若使醋酸鋁吸收於需染色之纖維中，次以水蒸氣處理之，則較用硫酸鋁更易得三氫氧化鋁之沉澱。故醋酸鋁專供媒染劑之用。

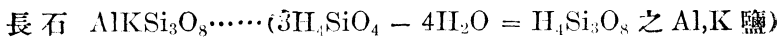
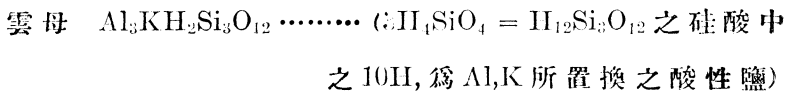
9. 硅酸鋁. $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7]$ 硅酸鋁可視為硅酸之縮水鹽，即



之鋁鹽，乃因岩石之自然風化而生成者。

硅酸鋁為俗稱陶土 (Kaoline) 之白色粉末，雖為熱濃硫酸及氫氟酸所侵，然不為其他之酸或鹼所作用。此物質之特性為與水練合時則成有黏性之塊，乾燥之，則平均收縮，變為即浸於水亦不再軟化之堅質，更強熱之，則愈收縮，而增其硬性，且殆不熔融。

硅酸鋁與硅酸鉀成複鹽而形成岩石，如長石及雲母是。



上之複硅酸鹽與石英 (SiO_2) 之混合物，即花崗石也。

硅酸鋁供陶瓷器之製造用,又可製稱爲羣青 (Ultramarine)⁽¹⁾之美麗青色顏料。

10. 陶瓷器. 混和硅酸鉀於硅酸鋁中,則融點降下,強熱之即能融合,陶瓷器即利用此性而製成者。今取陶土 (Clay, $Al_2Si_2O_7$), 長石 (Orthoclase, $AlKSi_3O_8$) 及石英,碎爲細粉末,和勻濕潤之,塑成所要之形,乾於日蔭之下而後置於窯內,約熱於 500° , 則成多孔質之素燒 (Biscuit)。次浸於稱爲釉藥 (Glaze) 即長石與灰汁 [即碳酸鉀液 (K_2CO_3)] 之混合液中,再置於窯內而熱之約至 1500° 。由是附着於素燒表面之長石與碳酸鉀,變爲透明如玻璃狀之硅酸鹽,同時素燒亦多少收縮,而生堅固白色呈透明有光澤之瓷器 (Porcelain)⁽²⁾。但塗浸釉藥之前,用氧化金屬畫花紋於素燒之上,則當強熱時,即生是等金屬之硅酸鹽,因金屬之種類,而各呈特異之色。⁽³⁾

瓷器用最純粹之陶土,且加熱時之溫度亦最高。陶器 (Tayence) 用較不純之陶土造之,又加熱時之溫度亦低。又土器 (Earthern ware) 則用最不純之陶土,即在最低溫度熱黏土而製成者,其帶有褐色者,爲陶土中混有三氧化二鐵之色之故。

11. 鋁之冶金. 鋁以三氧化二鋁 [$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ (鐵礬土)]

(1) 混硫酸鈉,炭,硫黃於陶土中,先絕空氣而熱之,後更加硫黃,通以空氣而熱之時,則可製得羣青。 (2) 若素燒與釉藥之膨脹率相異,則生裂隙於瓷器之表面。

(3) 青……氧化鈷 黃……氧化錒
綠……氧化鉻 紫……氧化錳

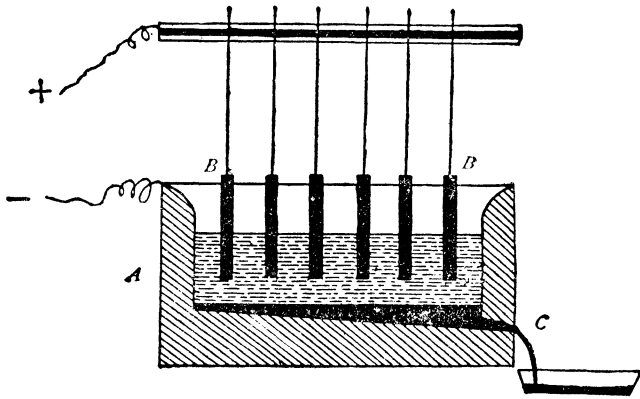
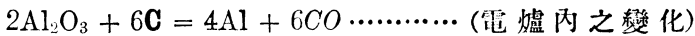


圖 160——鋁之冶金。

爲原料,取其已精製者,與螢石(CaF₂)或冰晶石(AlF₃·3NaF)共盛於內面塗有耐火性物質(氧化鎂,氧化鈣)之鐵坩堝中,以此坩堝爲陰極,又以垂直插於其中之碳棒爲陽極(圖 160),而通以強力電流時,則三氧化二鋁爲所強熱熔融,同時起電解,而析出鋁於陰極坩堝內。



此時生於陽極之氧氣,即與電極之碳化合,變爲一氧化碳逸去,故此變化亦可視爲三氧化二鋁因強熱之碳而被還原者。



至投於坩堝內之螢石或冰晶石,爲氟之化合物,此時不受變化(第 162 頁),僅混於三氧化二鋁中,而呈使其融點變低之作用而已。

12. 摘要. 鋁 $Al = 27.1$, 原子價 3, 比重 2.6, 融點 657° , 沸點

1890°

化學式	名稱	製法	性質	用途
Al	鋁 (Aluminium)	電解 Al_2O_3 .	有展延性, 比重小, 在高溫甚易氧化, 溶解於鹽酸, 硫酸, 苛性鹼.	器具, 線及箔, 合金, 還原劑.
Al^{+++}	鋁離子 (Aluminium ion)	溶解鹽類.	無色, 有收斂性之味, 因鹼而生白色沉澱, 溶解於其過量中.	——
Al_2O_3	三氧化二鋁 (Aluminium oxide)	熱 $Al(OH)_3$ 產於天然間.	不溶於酸, 天然產者堅硬.	寶石, 研磨用, 冶金之原料.
$Al(OH)_3$	三氫氧化鋁 (礬土) (Aluminium hydroxid)	用 Na_2CO_3 及 CO_2 處理鐵礬土.	白色膠狀, 可溶於酸, 鹼, 與色質化合.	硫酸鋁, 三氧化二鋁之原料.
$Al_2(SO_4)_3$ ($16H_2O$)	硫酸鋁 (硫酸礬土) Aluminium sulphate)	溶解 $Al(OH)_3$ 於 H_2SO_4 中.	可溶, 其水溶液起加水分解.	醋酸鋁之原料, 製紙, 淨水用.
$Al_2(SO_4)_3$ $K_2SO_4 \cdot 24H_2O$ $RH_2(SO_4)_3 \cdot R_2SO_4 \cdot 24H_2O$	明礬 (Alum)	混硫酸鋁與硫酸鉀.	八面體結晶, 可溶.	媒染劑, 製紙, 淨水用.
$Al(C_2H_3O_2)_3$	醋酸鋁 (Aluminium acetate)	加醋酸鉛於硫酸鋁.	白色可溶性之結晶, 起加水分解.	媒染劑.
$Al_2Si_2O_7$	矽酸鋁 (Aluminium silicate)	存於天然間.	白色粉末, 不溶, 難熔融.	陶瓷器之原料.

定義.

媒染劑(Mordant)

與可溶性之染料化合,而使之變為不溶性之物質之謂。

同形體(Isomorphism)

結晶形同,且其組成相類似之鹽之謂。

13. 問題.

1. 試述鋁之所在,製法,性質及其用途如何。 (456 頁)
2. 試記氫氧化鈉對於金屬鋁及三氫氧化鋁之作用。(458, 459 頁)
3. 明礬之種類及性質如何。
4. 試述銀及鋁之差異。

圖 1. 比重 鋁之比重約等於銀之 $\frac{1}{4}$ 。

2. 展延性 鋁之展延性較劣於銀。

3. 傳導性 鋁之熱及電之傳導性,約為銀之 $\frac{1}{3}$ 。

4. 氧化性 鋁在高溫度氧化甚劇,而銀則不氧化。

5. 硫化性 銀生黑化硫化物,而鋁則否。

6. 與酸之作用 鋁溶解於鹽酸,而不溶解於硝酸,銀則相反。

5. 下列諸金屬,可供日用器具之製造,係利用何種性質。

a. 鋁

b. 錫

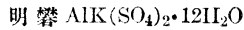
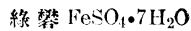
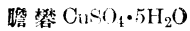
c. 鋅

圖 { a. 因比重小,且具有物理的化學的耐性。
 b. 有光澤,且有化學的耐性。
 c. 有化學的耐性。

6. 明礬之水溶液呈酸性反應,其理由如何。

7. 何種化合物稱為礬。

圖 金屬之硫酸鹽，易溶於水，即



8. 試述同素體與同形體之區別。 (176 頁, 452 頁)

9. 試舉鋁類似於非金屬之點何在。

圖 非金屬與氧化合而生酸基，如 (NO_3) , (PO_4) , (BO_3) 等，鋁因其溶解於苛性鈉而生鋁酸基 (AlO_3) ，故類非金屬。

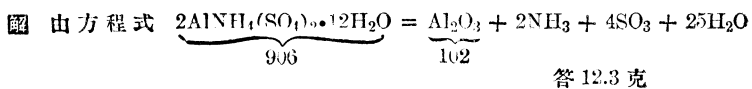
10. 試比較鐵與鋁性質之優劣。

圖 鋁輕且難氧化，較鐵為優。但鐵強韌，由鍛鍊能得種種硬性之鋼，則較優於鋁。

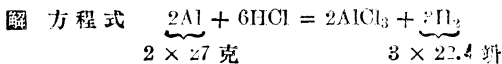
11. 純黏土及明礬中所含鋁之百分比，試表示之。

$$\left. \begin{array}{l} \text{圖 純黏土} \cdots \cdots \cdots 100 \times \frac{\text{Al}_2}{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7} = 24.3 \% \\ \text{明礬} \cdots \cdots \cdots 100 \times \frac{\text{Al}}{\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}} = 5.7 \% \end{array} \right\} \text{答}$$

12. 將鉍明礬 11 克灼熱時，所得三氧化二鋁之量如何。



13. 取鋁若干量，加鹽酸發生輕氣，在 18°C ，746 厘之下，於水上捕集之，得 420 c.c. 之體積，問使用之鋁之量如何。但 18°C 水之蒸氣壓為 15.4 托。



420 c.c. 之輕氣，於 18°C 有 $(746.4 - 15.4)$ 托之壓力，故將標準狀況改算時，其體積如下：

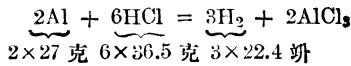
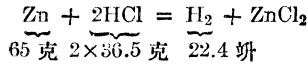
$$420 \text{ c.c.} \times \frac{273}{273 + 18} - \frac{746.4 - 15.4}{760.0} = 379 \text{ c.c.}$$

但 3×22.4 呎之輕氣，可由 2×27 克之鋁而得，故所求之值如下：

$$2 \times 27 \text{ 克} \times \frac{379}{3 \times 22.4 \times 1000} = 0.3 \text{ 克} \quad \text{答 } 0.3 \text{ 克}$$

14. 含鋅 33.3% 之鋁之合金 12 克，投於含 HCl 35% 之鹽酸 180 克中，在標準狀況時，問發生幾克之輕氣。

圖 此合金中含鋅 $\frac{1}{3}$ 量即 4 克，及鋁 8 克，又由方程式



溶解此合金全量所需氯化氫之量如下：

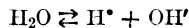
$$4 \text{ 克} \times \frac{2 \times 36.5}{65} + 8 \text{ 克} \times \frac{6 \times 36.5}{2 \times 27} = 46.2 \text{ 克}$$

所與之鹽酸 180 克中，含有氯化氫 $180 \text{ 克} \times 0.35 = 63 \text{ 克}$ ，故合金悉數溶解，而所發生輕氣之量如：

$$22.4 \text{ 呎} \times \frac{4}{65} + 22.4 \text{ 呎} \times 3 \times \frac{8}{2 \times 27} = 11.3 \text{ 呎} \quad \text{答 } 11.3 \text{ 呎}$$

15. 硫酸銅及明礬之水溶液呈酸性反應，其故何在。

圖 此兩鹽類為強酸及弱鹽基之鹽（明礬之一成分硫酸鉀，不與此反應），故溶解於水時，其金屬離子與由水之電離



所生之極少量之氫氧離子化合而沉澱。



故水漸益電離，生比較的多量之氫離子，而呈酸性。

14. 實驗

- (1) 將氧化鐵粉與鋁粉相混,置坩堝中,以鎂爲引火,而點火之。
- (2) 以鋁溶解於鹽酸及苛性鈉液中,使發生輕氣而驗之。
- (3) 檢查硫酸鋁溶液及明礬水之反應,並加少量之苛性鈉,使成爲三氫氧化鋁,更加過量,使之溶解。
- (4) 加硃精水於色素之稀薄溶液,更加硫酸鋁溶液放置之,則見其沈澱着色甚濃。

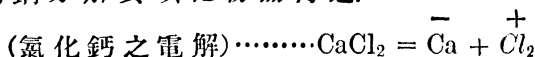
第三部 金屬之三

第一章 鹼土族⁽¹⁾

第一節 鈣 (Calcium)

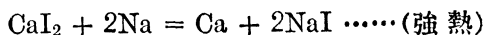
1. 鈣 [Ca] ⁽²⁾ (1)鈣因甚易氧化,故無成遊離狀而產生者,多變為碳酸鹽(CaCO₃)而構成岩石;成硫酸鹽(CaSO₄·2H₂O),磷酸鹽[Ca₃(PO₄)₂],氟化物(CaF₂),及硅酸鹽(Ca₂Si₃O₈)等而產生。

金屬鈣由電解其熔融之氯化物,或用鈉分解其碘化物而得之。



……(用電流強熱而分解之)

(碘化鈣之分解) ……………



鈣為白色之金屬,比重1.55,質稍硬於鉛,甚易氧化,受熱則舉黃赤色之焰燃燒,而生白色之一氧化鈣(CaO)。在常溫徐徐奪取水中之氧而使輕氣遊離,同時鈣自身變為氧化物,溶解於水則成氫氧

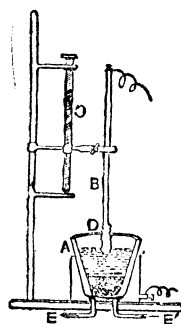
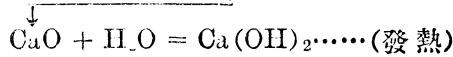
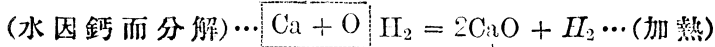


圖 161——鈣之電解製造器。

A 石墨製坩堝(陽極),
B 鐵棒(陰極), C 調整鐵棒位置之螺旋, E E 通冷水以冷却坩堝底之管,
D 析出之鈣。

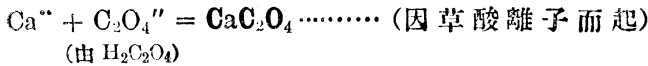
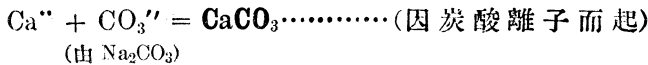
(1) 悉溶解於水。 (2) 鈣於1808年德斐氏始製得之。

化物。



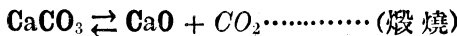
投鈣於酸中,則發生輕氣甚烈。

2. 鈣離子. $[Ca^{2+}]$ 鈣離子遇碳酸離子(CO_3^{2-}),則生白色之碳酸鈣沉澱,又遇草酸離子($C_2O_4^{2-}$),則析出白色之草酸鈣。



用鉑綫蘸鈣鹽而插於無色之焰中,則因鈣成分之氧化而焰呈黃赤色(焰色反應圖)。凡某金屬當氧化時,使無色焰發特殊之色之現象,稱為焰色反應。焰色反應,在鹼土金屬及鹼金屬之鑑識上,極為重要。

3. 一氧化鈣. $[CaO]$ 碳酸鈣被強熱時,則解離而變為一氧化鈣與碳酸氣。



此反應即為工業上由石灰石製造生石灰時所利用者。

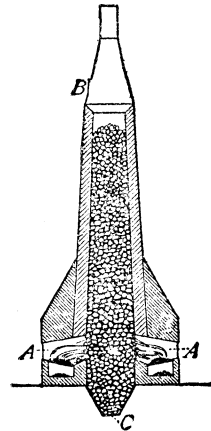
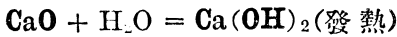


圖 162——生石灰製造爐。
爐高約 50 呎,滿貯石灰石,生成之石灰由爐底取出之。
A, A 火爐, B 石灰石入口, C 通風口。

一氧化鈣,通常稱爲生石灰(Quick lime).爲白色無定形物,融點甚高,卽遇電爐之強熱(約2000度),亦不融解.注加以水,則急激化合而生氫氧化鈣.



此時發生多量之化合熱.故加水於塊狀之生石灰,時常因被熱氣化之水蒸氣之作用,而其生成物大起膨脹,變爲粉末狀(圖163).

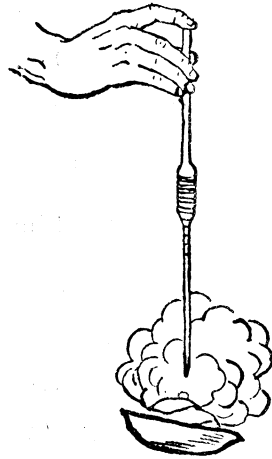


圖 163——加水於生石灰時所起之現象。

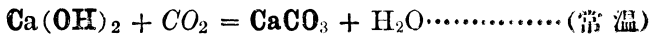
一氧化鈣之用途甚廣:(1)多量用於氫氧化鈣之製造;(2)因其融點高,故用作耐熱性之物質,以製電爐,鉑熔解爐等;(3)用氫氧焰灼熱之,可供光源之用.

4. 氫氧化鈣. $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 氫氧化鈣,由注水於一氧化鈣而成.

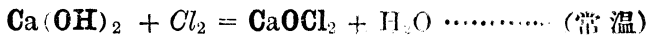


氫氧化鈣通常稱爲消石灰(Slaked lime).爲白色無定形之粉末,其主要之性質如下:

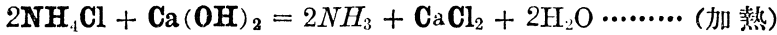
(1)善吸收碳酸氣而變爲碳酸鈣,



(2)吸收綠氣而成漂白粉.

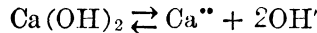


(3) 與氯化銻共熱,則氯化銻被分解而生矽精(第211頁),



(4) 混於水中,則其大部分不溶解而呈白濁狀,放置數小時後,則得無色透明之溶液.前者稱為石灰乳 (Milk of lime),後者稱為石灰水 (Lime water).

(5) 飽和之石灰水,其一呎中僅溶存二克之氫氧化鈣而已.其已溶解之部分,殆完全電離而變為鈣離子與氫氧離子,



故遇碳酸離子 (CO_3^{--}), 則生碳酸鈣之白濁,又呈強鹼性反應.彼用石灰水以檢出碳酸氣者,蓋即利用碳酸氣溶解(碳酸)後所生之碳酸離子與鈣離子起上之反應故也.

消石灰之用途極大:(1)因其吸收碳酸氣則變為碳酸鈣而硬化,故廣供製造水泥(Cement),三合土(Mortar),白壁等⁽¹⁾; (2)因其能與綠氯化合而成易分解之化合物,固用以製漂白粉; (3)因其溶液含氫氧離子(OH^-)而呈強鹼性,故可用以製苛性鉀,苛性鈉,矽精等之鹼性物質;又多利用之以為肥料,獸皮脫毛劑,消毒劑.

5. 二碳化鈣. $[\text{CaC}^{(2)}]$ 置一氧化鈣與焦煤於電爐而強熱之,則鈣成分與碳化合而生二碳化鈣.



(1) 白壁由消石灰用水練和而成;三合土由消石灰,黏土與砂三者用水練成;水泥 $[4\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Ca}_3(\text{AlO}_3)_2]$ 則由煨灼石灰石與黏土而製成者.

(2) 二碳化鈣之化學式為 CaC_2 , 而非 $\text{CaI}_2\text{C}^{IV}$ (頁 259)

二碳化鈣殆為無色之結晶,市上之商品則呈灰黑式,頗

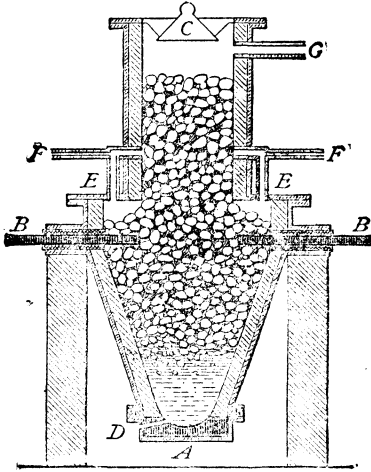


圖 164——二碳化鈣製造爐。

A, B 電極, C 石灰與石炭入口, D 二碳化鈣出口, E 一氧化碳導口, F 通風口, G 燃燒生成物出口。

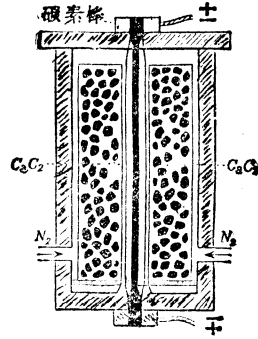
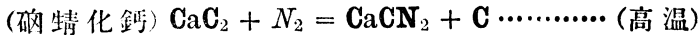
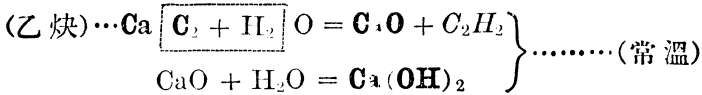


圖 165——硃精化鈣製造爐。

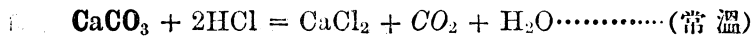
用電流熱二碳化鈣使吸收空氣中之淡氣。

不純,放磷化三氫之惡臭,二碳化鈣之特性,為:(1)作用於水而發生電石氣(乙炔);(2)又保有赤熱時,則吸收遊離淡氣而生製造含氮肥料用之硃精化鈣(Calcium cyanamide, CaCN₂).

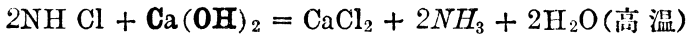


二碳化鈣因有上述之特性,故廣供電石氣及含氮肥料之製造。

6. 氯化鈣。【CaCl₂·6H₂O】在實驗室中,用鹽酸分解碳酸鈣以製碳酸之時,常副生氯化鈣。



工業上，用消石灰分解氯化銦以製鹵精時，氯化鈣常為其主要之副產物，且為量極多。



氯化鈣為無色之結晶鹽，與其他鈣鹽不同，善溶於水，而富有潮解性，若赤熱之而除去其結晶水，則所得之無水鹽，吸溼性甚強。

利用上述之性質，氯化鈣可供乾燥輕氣，碳酸氣，空氣等之用，又結晶氯化鈣與冰之混合物，因其生⁽¹⁾ -55° 之低溫，故用為寒劑。

7. 漂白粉。【 $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ 】⁽²⁾ 氯氧化鈣，約能吸收其重量之半之氯，而生稱為漂白粉(Bleaching powder)易分解之化合物。

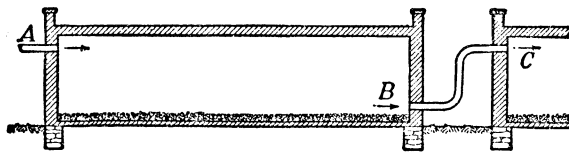
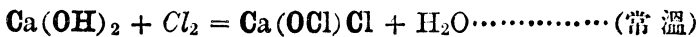
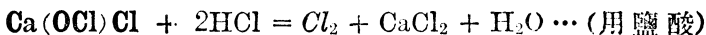


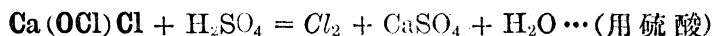
圖 166——漂白粉製造室。A, B, C 均為綠氣之通路。

此物之外觀，殆與消石灰無異，但發散綠氣之臭氣極著，加酸，則即分解而散出全部之綠氣。



(1) CaCl_2 與 NH_3 化合，則生成 $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3$ ，故不能乾燥鹵精(第33頁)。

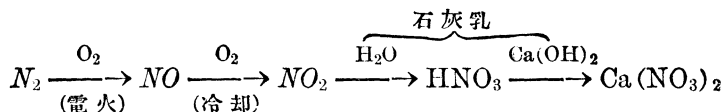
(2) 漂白粉之組成，亦可視作由次氯酸鈣 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 與氯化鈣 CaCl_2 而成者。



因此漂白粉可視為遊離綠氣之貯藏器。

漂白粉,因含遊離綠氣而呈氧化作用,故多量供有機色質之漂白及病菌之撲滅用。將布帛浸於漂白粉溶液中,使充分吸收上之化合物後,移於硫酸中即可達漂白之目的。但殘留於布帛上之綠氣,需用水洗滌之,或浸於一硫硫酸鈉溶液中,而除去之為要。

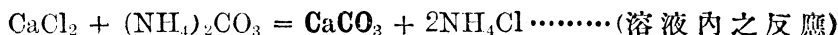
8. 硝酸鈣. $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 由通電於空氣中所得之氮之氧化物,導於石灰乳中即可製得硝酸鈣。



為潮解性之白色結晶,通常稱為挪威硝石,主供肥料之用。

9. 碳酸鈣. $[\text{CaCO}_3]$ 碳酸鈣為方解石,大理石,白堊等礦物及珊瑚,貝殼,蛋殼等之主成分,在自然界之產量極豐。

在實驗室中,可使碳酸銦作用於氯化鈣而製之。



存於天然間之碳酸鈣,有二種不同之形態。一稱為方解石(Calcite),為斜方六面體之無色透明之結晶,有能使透過光綫屈折為二重之性質。大理石及石灰石,乃屬於此種之不純物也。其他為稱為霏石(Aragonite)之斜方錐

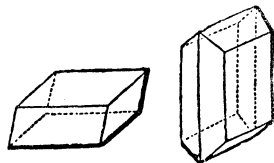


圖 167—霏石(左),方解石(右)。

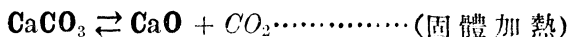
形之形態,比重較方解石稍小,且甚不安定,凡有同一之組成,而性質相異之化合物,稱為異性同分體



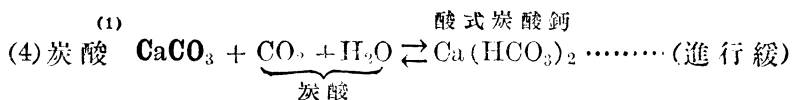
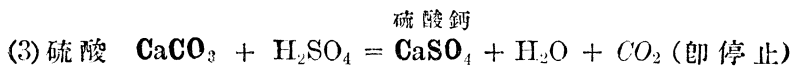
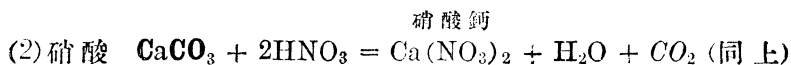
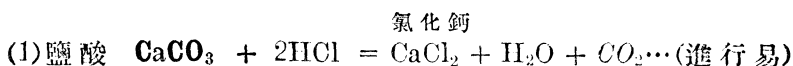
圖 168——方解石之二重屈折。

(Isomer). 化合物之異性同分體恰與元素之同素異性體相當。

碳酸鈣不問其形態如何,被熱則解離而變為氧化鈣與碳酸氣。



碳酸鈣毫不溶解於水,遇酸則起下列之諸反應。



即如(1)(2)式所示,碳酸鈣易溶解於鹽酸及硝酸中而生鈣鹽,如(3)式則其表面為新生之不溶性硫酸鈣所包,致妨礙酸之接觸,故反應片刻後即行停止。

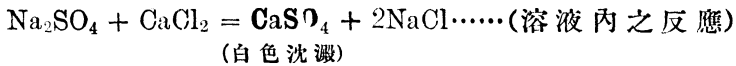
如(4)式所示,碳酸鈣溶解於碳酸——溶有碳酸氣之水溶液——中之反應,雖與他酸類異,進行甚緩,然此反應正在

(1) 充分通酸氣於石灰水中時即起此反應。

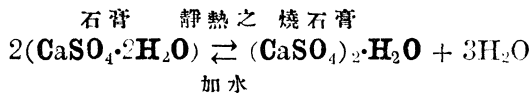
自然界中大規模的進行，經長久年月而不絕。各處所發見之石灰岩洞窟，乃因岩石之主成分之碳酸鈣，為含有碳酸氣之天然水徐徐溶去而成者，至其洞窟中下垂之鐘乳石 (Stalactite) 及直立之石筍 (Stalagmite)，則不外由溶解於水中之酸式碳酸鈣，因起逆反應後所生之碳酸鈣堆積而成。鐵瓶或蒸汽罐內之生湯垢，亦主因水中含有酸式碳酸鈣，受熱時則析出碳酸鈣而沉積所致。

石灰石為生石灰及碳酸氣之製造原料，大理石可供建築材料；方解石可製造光學器械。又用沉澱法所製之粉末狀碳酸鈣則供擦牙粉⁽¹⁾，強壯劑，制酸劑等之用。

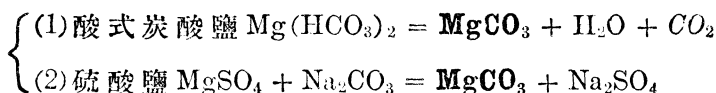
10. 硫酸鈣。【 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 】 硫酸鈣即石膏 (Gypsum)，產量極多。其純粹者，常加氯化鈣之溶液於硫酸鈉之溶液而製之。



硫酸鈣，通常成二水鹽 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 而為無色透明之結晶。碎之，熱於不超過 120° 之溫度中，則失其結晶水之一部，而變為燒石膏 [$\text{Plaster of Paris} (\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$]。此物之特性：為與水化合再變為石膏而硬化。故其與水之捏和物，約放置 15 分鐘即完全硬化。

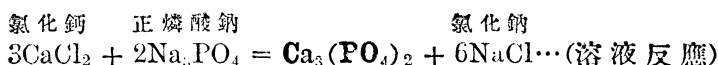


(7) 擦牙粉之一例： CaCO_3 3, MgCO_3 7, KClO_3 少量。

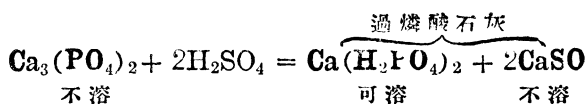


如上之反應(1)所示,凡含酸式碳酸鹽之硬水,僅加熱煮沸時即被軟化,故稱爲一時硬水.反之,凡含硫酸鹽之硬水,則稱爲永久硬水.

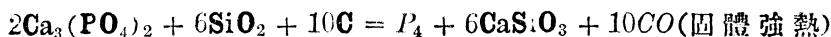
12. 磷酸鈣. $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ 磷酸鈣存於骨灰,磷灰土,磷灰石 $[\text{3Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2]$ 中.其製法,可使氯化鈣與正磷酸鈉於溶液內互起反應即得.



磷酸鈣爲不溶於水之白色塊狀物,溶解於鹽酸.又加硫酸而合拌之,則得過磷酸石灰.



混砂及焦煤於磷酸鈣而強熱之於電爐中,則遊離磷.



鹽酸鈣爲磷及含磷肥料之製造原料.

13. 玻璃. 普通之玻璃,殆可視爲硅酸鈣 (CaSiO_3) 與硅酸鈉 $(\text{Na}_2\text{SiO}_3)$ 之混合物,乃由融合二氧化硅 (SiO_2) ,碳酸鈣 (CaCO_3) ,碳酸鈉 (Na_2CO_3) 而製成者.但其組成略與 $\text{Na}_2\text{CaSi}_6\text{O}_{14}$ 相當.具有次述之特性:

(1) 水,酸,鹼及其他藥品難以侵蝕之;

- (2) 能透過光綫而使之屈折;
- (3) 加熱時,熔融之前,先變為柔軟黏質。

玻璃中,尚有鉀玻璃(Potash glass),鉛玻璃(Lead glass)二種,茲比較其原料,組成,性質如下:

	原料 (生成之化合物)	(玻璃)	(特性)	(用途)	
二 氧 化 硅 (SiO ₂)	碳酸鈉 (Na ₂ CO ₃)	— 硅酸鈉 Na ₂ SiO ₃ ?	普通玻璃 (鈉玻璃) Na ₂ O·SiO ₂	質軟,易熔融, 價廉。	普通之用途
	碳酸鈣 (CaCO ₃)	— 硅酸鈣 CaSiO ₃?				上製玻璃 (鉀玻璃)
	碳酸鉀 (K ₂ CO ₃)	— 硅酸鉀 K ₂ SiO ₃ ?	K ₂ O·SiO ₂	質硬,難熔融。	化學器具
	一氧化鉛 (PbO)	— 硅酸鉛 PbSiO ₃ ?	火石玻璃 (鉛玻璃) K ₂ PbSiO ₄	質最軟,得以 磨研,光之屈 折率大。	光學器械

硅酸之重金屬鹽,多呈特異之色,故加此等金屬之氧化物於玻璃中而熔融之,則呈種種顏色如

赤……氧化二銅,金

紫……二氧化錳

黃……鈾,銻

黑……氧化鎳

綠……一氧化鐵,三氧化二鉻

白……氟化鈣

青……氧化鈷

(1)
(珠璣乃混有二氧
化錫之鉛玻璃也。)

14. 摘要. 鈣 Ca = 40.09, 分子式 Ca, 原子價 2, 比重 1.8, 融點 760°。

(1) 普通之玻璃瓶,因含有亞鐵化合物故呈青綠色,啤酒瓶因含有鐵化合物故呈褐色,石綿乃硅酸鈣鎂鹽也。

化學式	名稱	製法	性質	用途
Ca	鈣 (Calcium)	熔 CaCl_2 而電解之 (用 Na 分解 CaI_2)。	白色,易氧化,在常溫分解水,褐色反應為黃赤色。	輕氣之製造。
Ca^{++}	鈣離子 (Calcium ion)	投 Ca 於水中。	無色,因 CO_3^{--} 或 $\text{C}_2\text{O}_4^{--}$ 而生白色沈澱。	試藥。
CaO	一氧化鈣 (生石灰) (Calcium oxide)	熱 CaCO_3	白色,難熔融,與水化合而生 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。	耐熱燼,光源,消石灰,二碳化鈣之製造。
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	氫氧化鈣 (消石灰) (Calcium hydroxide)	投 CaO 於水。	白色,吸收溶 Cl_2 , CO_2 , 溶解度為 0.2, 其溶液含有 Ca^{++} 與 OH^- 。	鹼,漂白粉,水泥之製造,試藥。
CaC_2	二碳化鈣 (Calcium carbide)	強熱 CaO 與 C。	黑灰色,作用於 H_2O 而發 C_2H_2 , 吸收 N_2 。	電石氣,矽化鈣之原料。
CaCl_2 ($6\text{H}_2\text{O}$)	氯化鈣 (Calcium chloride)	用 NH_4Cl 與 Ca ($\text{OH})_2$ 製造 NH_3 時之副產物。	白色,可溶,有潮解性,吸溼性。	乾燥劑,寒劑。
CaOCl_2	漂白粉 (Bleaching powder)	使 Cl_2 吸收於 Ca ($\text{OH})_2$ 。	可溶,因酸而發生綠氣。	漂白,殺菌。
CaF_2	氟化鈣 (螢石) (Calcium fluoride)	天然產。	不溶,與硫酸作用而發生 HF, 呈螢光。	熔融劑, HF 之製造。
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($4\text{H}_2\text{O}$)	硝酸鈣 (Calcium nitrate)	溶解 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 於硝酸中。	無色結晶,可溶。	肥料。

CaCO_3	碳酸鈣 (石灰石) (Calcium carbonate)	天產。加 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 於 CaCl_2 。	不溶。無色結晶或白色粉末，起熱解離。溶於酸則生碳酸氣。	建築，光學用。生石灰，碳酸氣之原料。
CaSO_4 ($2\text{H}_2\text{O}$)	硫酸鈣 (石膏) (Calcium sulphate)	天產。加 Na_2SO_4 於 CaCl_2 。	殆不溶，其失去一部之水者能吸水而硬化。	模型，綑帶。鑄型，白墨。
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	磷酸鈣 (Calcium phosphate)	天產。	不溶。可溶於鹽酸，硫酸。	肥料，磷之製造。
$\text{CaSiO}_3?$	硅酸鈣 (Calcium silicates)	天產。	與硅酸，鹼融合而為玻璃。	玻璃。
$\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ (H_2O)	醋酸鈣 (Calcium acetate)	使醋酸作用於消石灰。	無色可溶性。	丙酮之製造。

15. 問題.

1. 試列舉天產之鈣化合物並述其性質。 (上表)

2. 試舉二例說明熱解離。

圖 可用 NH_4Cl 與 CaCO_3 為例。 (211,472 頁)

3. 試述氧化鈣及硫酸鈣之製法性質及用途。(472,479 頁)

4. 生石灰，石灰石，消石灰，石灰水，石灰乳之區別如何。

(473-474 頁)

5. 試舉主要之鈣化合物五種並記其分子式。

圖 石灰石 CaCO_3 石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 漂白粉 CaOCl_2 二氯化鈣
 CaCl_2 消石灰 $(\text{CaOH})_2$

6. 加水於一氧化鈣時所起之變化，試用化學方程式表之，

且述生成物質之應用。 (473 頁)

7. 通碳酸氣於石灰水時生如何之變化。 (474 頁)

圖 最初生白濁而後清澄。

8. 漂白粉之製法及漂白作用試說明之。 (476—477 頁)

9. 列舉普通漂白劑之名稱,並各舉其特異之點。

圖 漂白粉…… 綠氣之間接氧化作用; 二氧化二氯…… 氧化作用;
 二氧化硫…… 還原作用。

10. 何謂硬水,並述軟化之方法。 (480 頁)

11. 試記下列之反應。 (478 頁)

二碳化鈣及水, 碳酸鈣及硫酸, 碳酸鈣及硝酸

12. 附着於鐵瓶或蒸汽罐之湯垢,是何物質,此物質以何狀態存於水中。 (479 頁)

13. 試舉玻璃之種類及其特性,並述製造之原料。 (482 頁)

14. 玻璃之中難受鹼類之作用者及可耐高熱者,其成分與普通玻璃有何差異。

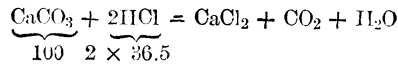
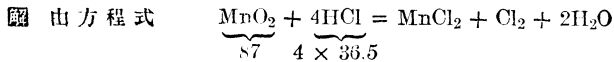
圖 普通之玻璃為硅酸鈣與硅酸鈉之混合物,但此玻璃則為硅酸鈣與硅酸鉀之混合物,且硅酸鉀之量較少,而二氧化硅之量較多。

(照參 276 頁 二氧化硅)

15. 玻璃與瓷器成分上有何差異。

圖 玻璃為硅酸鈣鹽與鹼鹽之混合物,瓷器為硅酸鋁鹽與鹼鹽之混合物。

16. 由下列百分比所成之混合物 100 克溶解時,問須若干量之鹽酸。 二氧化錳 87% 碳酸鈣 13%



氯化氫全量 $100 \text{ 克} \times 0.87 \times \frac{4 \times 36.5}{87} + 100 \text{ 克} \times 0.13 \times \frac{2 \times 36.5}{100} = 155.5 \text{ 克}$ 。

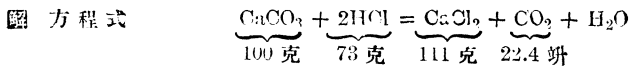
如視氯化氫爲鹽酸，則此量卽爲所要之值。 答 155.5 克。

17. 化學的純粹之漂白粉 1 分子中所含有效氯素之量，試用百分比表之。

圖 漂白粉 $\text{CaOCl}_2 = 127$ 量所含之有效氯素 $\text{Cl}_2 = 71$ 量，用百分率表之如下：

$$\frac{71}{127} \times 100 = 55.9\% \quad \text{答 } 55.9\%$$

18. 用含 20% HCl 之鹽酸，以完全分解大理石 200 克時所須鹽酸之量若干，又此時所生氯化鈣之重量，及碳酸氣在 15°C ，750 耗時之體積如何。



$$\text{鹽酸之量} = 200 \text{ 克} \times \frac{73}{100} \times \frac{100}{20} = 730 \text{ 克}$$

$$\text{氯化鈣之量} = 200 \text{ 克} \times \frac{111}{100} = 222 \text{ 克}$$

$$\text{碳酸氣之體積} = 224 \text{ 呎} \times \frac{270}{100} \times \frac{760}{750} \times \frac{273 + 15}{273} = 63 \text{ 呎}$$

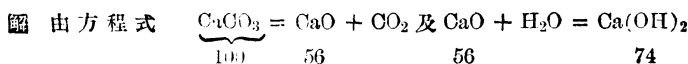
答 HCl 730 克， CaCl_2 222 克， CO_2 63 呎。

19. 強熱石灰石 10 尅時所得石灰之重量及碳酸氣之體積如何。

圖 由方程式： $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ 求之卽得。

答 CaO, 5.6 尪; CO₂, 2240 呷。

20. 欲得 20 尪之生石灰, 問須石灰石若干克, 又由此生石灰所得消石灰之量若干。

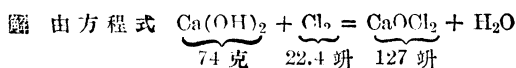


$$\text{石灰石之重量} = 20 \text{ 尪} \times \frac{100}{56} = 35.7 \text{ 尪}$$

$$\text{消石灰之重量} = 20 \text{ 尪} \times \frac{74}{56} = 26.4 \text{ 尪}$$

答 CaCO₃, 35.7 尪; Ca(OH)₂, 26.4 尪。

21. 100 克之消石灰能吸收幾呷之綠氣, 又此漂白粉中含有幾%之氯。



$$\text{綠氣之體積} = 22.4 \text{ 呷} \times \frac{100}{74} = 30.3 \text{ 呷}$$

$$\text{氯之百分率} = 100 \times \frac{71}{127} = 55.6 \%$$

答 30.3 呷, 55.6 %。

22. 有若干量之漂白粉, 用鹽酸處理時, 能發生其重量之 18 % 之綠氣, 問此漂白粉中含有幾%之 CaOCl₂。

圖 此漂白粉每 100 克中含有 18 克之氯, 欲生此量之氯所需漂白粉之量如下:

$$18 \text{ 克} \times \frac{\text{CaOCl}_2}{\text{Cl}_2} = 18 \text{ 克} \times \frac{127}{71} = 32.2 \text{ 克} \quad \text{答 } 32.2 \%$$

23. 由含有 40 % 不純物之二碳化鈣 1 尪, 可得電石氣若干體積。

有碳酸鈣之水二分之一,加鹽酸使之溶解,其他更通碳酸氣使成酸式碳酸鈣而溶解。

(3) 將由上方法所得含有酸式碳酸鈣之水三分之一,其一加熱,其一加苛性鈉,使碳酸鈣再行析出,其餘加石鹼水振盪,其發泡之狀況,試與加石鹼水於普通之水時相比較。

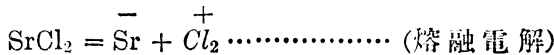
(4) 用燒石膏造模型,加碳酸鈉液於溶解石膏之水,使生白色沉澱。

(5) 加硫酸於漂白粉,使色素漂白。

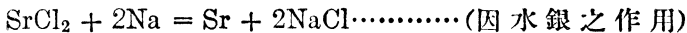
第二節 鋇 (Strontium) 鋇 (Barium) 鐳 (Radium)

1. 鋇. 【Sr】 鋇在天然間成碳酸鹽(Strontianite, SrCO₃), 硫酸鹽[Celestite, SrSO₄(天青石)]而產出。

金屬鋇由電解二氯化鋇之熔融物而得。



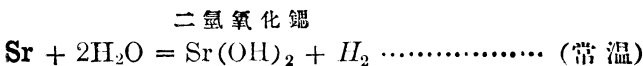
或加鈉銻齊於二氯化鋇之濃厚溶液,而蒸去所生鋇銻齊中之水銀,亦可得鋇。



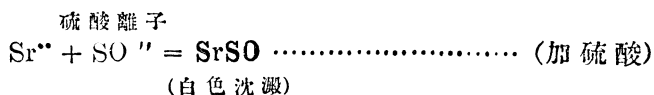
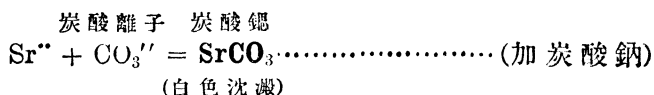
純粹之鋇,為較鈣柔軟之白色金屬,在空氣中急速氧化,熱之,則舉深紅色之焰而燃燒。



此金屬對於水之分解作用,較鈣更烈。

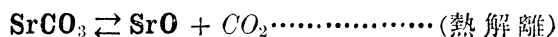


鋇溶解於水而成二價之無色離子，此離子之反應，全與鈣離子同。

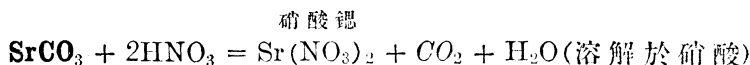
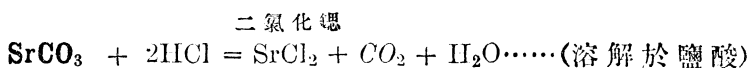


鋇鹽呈銳敏之焰色反應，即其量微少，亦變無色之焰為深紅色(着色反應圖)。

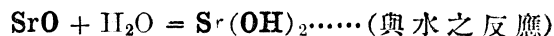
2. 碳酸鋇。【 SrCO_3 】 碳酸鋇為產於自然界中之礦石，有與霏石同形之斜方結晶形，為鋇化合物之主要原料，其化學性質，全與碳酸鈣同，強熱之則解離而為氧化物。



又溶解於酸類而成各該酸之鋇鹽。



3. 其他之鋇化合物。 一氧化鋇【 SrO 】為強熱碳酸鋇時所得之白色固體，與水化合，則生二氫氧化鋇【 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 】，與一氧化鈣相似。

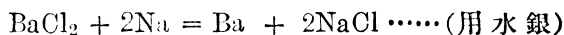
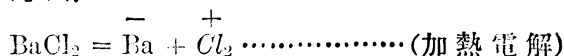


但此生成物，微溶解於水，即其溶解度，稍大於氫氧化鈣。二氯化鋇【 SrCl_2 】及硝酸鋇【 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 】悉為易溶於水之鹽類，後者

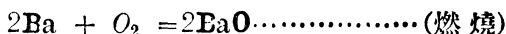
混於氧化劑之氯酸鉀及可燃物之硫黃等以製赤色之煙火。⁽¹⁾
 硫酸鋇(S:SO₄)則較硫酸鈣更難溶於水,在天然間成斜方柱狀之結晶而產出。

4. 鋇. **【Ba】** 鋇亦如鋇,成碳酸鹽〔Witherite, BaCO₃(毒重石)〕,硫酸鹽〔Barites BaSO₄(重晶石)〕而產出。

通電流或加鈉鎂齊於其氯化物,使之分解,則可製得金屬鋇亦與鋇同。



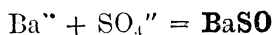
鋇為白色金屬,在空氣中容易氧化,熱之則舉綠色之焰而燃燒,變為氧化物。



鋇之分解水之作用,較鋇更形劇烈。



鋇離子無色,有毒,不特因碳酸離子(CO₃'')而生白色沉澱(BaCO₃),即遇硫酸離子亦生完全不溶於酸之白色重沉澱(BaSO₄)。後之反應,常用以鑑識硫酸離子。

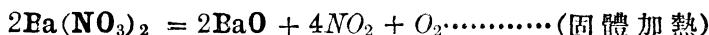


鋇鹽常因其呈綠色之焰色⁽²⁾反應,故得而檢出之。

5. 鋇之氧化物氫氧化物. 一氧化鋇 **【BaO】** 一氧化鋇

(1) 赤色煙火之組成為 Sr(NO₃)₂:S:KClO₃ = 3:1:1 (2) 試焰色反應時鹽二氯化鋇溶液於鉑線上,而插於焰中即可。

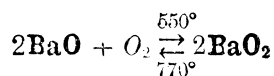
亦稱重土 (Baryta)。此物由強熱碳酸鋇而得。但其實際上所要之溫度，較碳酸鈣熱解離時之溫度更高，因之操作困難，故通常由熱硝酸鋇⁽¹⁾以製之。



此物質，亦似一氧化鈣，為白色之塊狀物，與水化合則成氫氧化物。



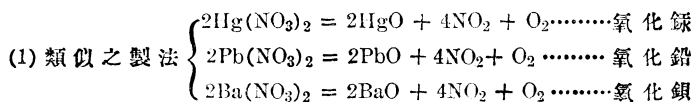
一氧化鋇在微赤熱時，則吸收養氣而變為灰白色之二氧化鋇，更強熱之，則再分解而發散養氣。



此性質，工業上利用之以由空氣中提取養氣⁽²⁾。

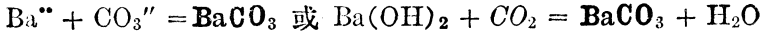
一氧化鋇製為重土水 (Baryta water) 以作碳酸氣或硫酸等之試藥或又製為二氧化鋇，以供製取養氣或二氧化二氫之原料。

二氫氧化鋇。【 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 】稍溶解於水，電離而生鋇離子與氫氧離子。

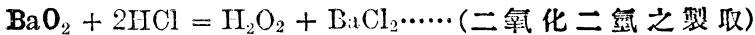


(2) 上之反應，實際上若保有一定之溫度，而增減壓力，可使向任意方向進行。

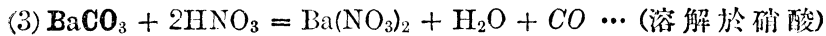
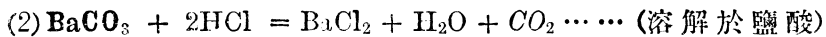
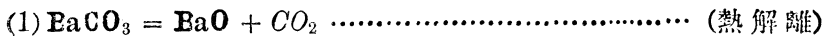
故遇碳酸氣則生白濁,又呈鹼性反應。



二氧化鋇。【 BaO_2 】以鹽酸作用之,則生有漂白性之二氧化二氫。



6. 鋇鹽。碳酸鋇【 BaCO_3 】碳酸鋇成不溶性之斜方晶系之結晶而產於天然間,為鋇化合物之主要原料,熱之,則解離而生氧化物,遇酸,則生該酸之鋇鹽,全與碳酸鈣同。



二氯化鋇。【 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 】為無色斜方板狀之結晶,由溶解碳酸鋇於鹽酸中而製得。



此鹽之特性,為善溶解於水而生鋇離子。
故用作硫酸鹽定量時之試藥。

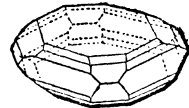
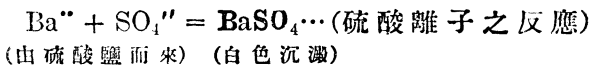
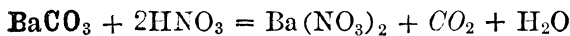


圖 169——二氯化鋇之結晶。



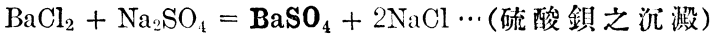
硝酸鋇。【 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 】由溶解碳酸鋇於硝酸而製成。



此鹽亦易溶於水,因其呈綠色之焰色反應,常常混於氧化劑

(氯酸鉀)及可燃物(硫黃)以製煙火。

硫酸鋇。 $[\text{BaSO}_4]$ 爲產於天然間之重晶石。色白，與其他金屬之硫酸鹽異，毫不溶解於水，爲其特性。故可溶性之硫酸鹽，遇可溶性之鋇鹽(如氯化鋇)，則悉成硫酸鋇之白色沉澱。



硫酸鋇爲不溶物，且呈不變之白色，故用作顏料，以爲鉛粉之代用品。

7. 鹼土金屬。 以上所述鈣、鋇、鋇三種金屬，其性質上，多共通之點，故總稱之爲鹼土金屬 (Alkaline earths)。茲比較其性質如下。

(1) **共通之性質。** (a) 金屬。爲白色之輕金屬，比較的柔軟，缺乏展延性。

(b) 與氧氣之反應。在空氣中徐徐氧化，在高溫則燃燒而呈特異之焰色。

(c) 與水之反應。在常溫，分解水而使發生氫氣。

(d) 碳酸鹽。悉起熱解離而變爲氧化物。

(e) 氧化物。氧化物與水化合而生氫氧化物，多少溶解於水而呈鹼性。

(f) 鹽類。氯化物善溶於水，碳酸鹽難溶於水，且與大多數之其他金屬鹽不同，其硫酸鹽及氟化物爲不溶性。

(g) 離子。悉爲二價之無色陽離子，遇 CO_3^{2-} 或 SO_4^{2-} 則生

白色之沉澱。

(2) 相異之性質。 上述之諸性質,若精細比較之,則其間各有多少差異,但其差異,隨其原子量之增加而生規則的變遷,即

	鈣	鋇	鋇
原 子 量	40	87	137
比 重	小(1.8)	(2.5)	大(3.75)
融 點	高(760°)	(600°)	低(赤熱以下)
展 延 性	大	←	小
分 解 水 之 作 用	徐	→	強烈
炭 酸 鹽 熱 解 離 之 溫 度	低(赤熱以下)	→	高(白熱)
氫 氧 化 物 之 溶 解 度 及 鹼 性	弱(0.2)	→	強(0.4)
硫 酸 鹽 之 溶 解 度	大(0.2)	←	小(不溶)
焰 色 反 應	赤黃	深紅	綠

8. 摘要. 鋇 Sr = 87.63, 原子價 2, 比重 2.5, 融點 600°. 鋇 Ba = 137.57, 原子價 2, 比重 3.8, 融點赤熱以下。

化學式	名 稱	製 法	性 質	用 途
Sr	鋇 (Strontium)	電解熔融氯化物,或用Na	色白而柔軟。易氧化,分解水。	——
Ba	鋇 (Barium)	分解氯化物。		
Sr ⁺⁺	鋇離子 (Strontium ion)	鹽類之水溶液。	無色。遇CO ₃ ^{''} , SO ₄ ^{''} 皆生白色沈澱。	試藥。
Ba ⁺⁺	鋇離子 (Barium ion)			

SrO BaO	一氧化鋇 (Strontium oxide) 一氧化鋇 (Barium oxide)	熱炭酸鹽	與水化合而 生氫氧化物。	——
Sr(OH) ₂ Ba(OH) ₂	二氫氧化鋇 (Strontium hydroxide) 二氫氧化鋇 (Barium hydroxide)	加水於氧化 物。	稍溶解於水， 溶液呈鹼性。	試藥。
SrCl ₂ BaCl ₂ (2H ₂ O)	二氯化鋇 (Strontium chloride) 二氯化鋇 (Barium chloride)	投炭酸鹽於 鹽酸。	溶解於水而 生各該金屬 離子。	製為試藥供 焰色反應之 用。
Sr(NO ₃) ₂ Ba(NO ₃) ₂	硝酸鋇 (Strontium nitrate) 硝酸鋇 (Barium nitrate)	溶解炭酸鹽 於硝酸。	可溶。	烟火之原料。
SrCO ₃ BaCO ₃	炭酸鋇 (Strontium carbonate) 炭酸鋇(毒重石) (Barium carbonate)	產於天然間。	不溶性斜方 晶。	化合物之原 料。
SrSO ₄ BaSO ₄	硫酸鋇 (Strontium sulphate) 硫酸鋇 (Barium sulphate)	加硫酸鹽於 氯化物。	白色不溶。	—— 顏料。
BaPt(CN) ₄	亞鉑睛化鋇 (Barium platino cyanide)	(第363頁)	——	——

9. 鐳及釷。鐳 [Ra] 為產量極稀之鹼土族之元素，其主要原

礦之瀝青鈾礦 (Pitchblende) U_3O_8 , 亦不過含有此物千萬分之一而已。由上之礦石所製成之鐳之溴化物, 即現今所稱爲鐳而使用者也。⁽¹⁾ 純鐳由電解氫化物而得, 爲銀白色物, 其比重較金大, 約熔融於 700 度, 觸及空氣, 即與氧氣化合, 投於水中, 則即分解水而溶去。鐳及其化合物, 不絕崩壞而放散氦 (Helium) 原子。此原子與普通之氦原子異, 帶有陽電, 且約以光之十分之一之速度而放射, 與硫化鋅衝突, 則使發美麗之閃光, 又與空氣以導電性, 但其透過力弱, 即取紙一片亦容易隔絕之, 失去電荷與速度, 而變爲普通之氦。鐳雖不絕放散氦而崩壞, 然欲耗滅其量之半, 實需 1769 年之久云。

鐳原子失去氦原子則生氡 (Niton) Nt 原子。氡亦稱爲鐳放射氣 (Radium emanation), 爲可溶性物, 加冷卻則液化, 雖乏化合力, 然常發多量之熱, 使硫化鋅放螢光, 且與空氣以電導性, 呈種種劇烈生理作用。通常鐳之有療治之效者, 即以此氡之作用爲主。⁽²⁾ 氡更放射氦原子而速崩壞, 由鐳生成後, 僅四日即滅其量之半, 但氡原子變成物之一, 爲稱爲電子 (Electron) 之微粒子,電子之質量, 僅爲吾人昔時所想像爲物質最小極限之粒子, 即鐳原子之 1800 分之一,帶有陰電, 其放射之速度與光之速度匹敵, 透過多數物質, 又衝突於其上則發熱, 且起能媒之小波動, 此小波動有最強之透過力, 有易感於攝影乾片之性, 但失去此電子之氡之變成物, 尚經幾次變遷最後似成爲鉛。

鐳以其不絕繼續此種變化, 故以上之作用, 可視爲鐳元素之普通性質。但此種原子崩壞及元素變遷之現象, 實足以危及現今之化學基礎。

(1) Ra = 226.4 爲 1899 年居利 (Curie) 夫人所發見之元素, 現今世界上所有鐳之總量, 不過七克內外而已。 (2) 氡量之單位爲馬拆, 蓋爲馬拆 (Mache) 氏所提出者故也。通常之得稱爲含鐳溫泉者, 其熱湯一升中, 必須含有氡 30 馬拆以上。

10. 問題.

1. 試述鋇及鋇主要化合物之特性及其用途如何。
2. 試比較鹼土金屬之性質。
3. 試將下列各元素就化學的分類並記其理由。

磷 氮 鈣 溴 銻 砷 碘 鋇

圖 可分為造鹽素、氮族及鹼土金屬三類。

4. 試比較鹼土金屬之硫酸鹽及碳酸鹽。

圖 (1) CaCO_3 SrCO_3 BaCO_3

(2) CaSO_4 SrSO_4 BaSO_4

(1) 碳酸鹽皆不溶於水，遇酸則發輕氣，熱則分解而為氧化物。

(2) 硫酸鹽微溶於水，由酸及熱不生化學變化，但其溶解度因其原子量之增加逐漸減少。

5. 取黃鐵礦 1.02 克分析，其結果得硫酸鋇 3.4537 克，問此礦石百分中含硫之量若干。

圖 $\text{BaSO}_4 = 233$ 中含有 $\text{S} = 32$ ，由此求硫酸鋇中所含硫之重量，而後定對於黃鐵礦重量之百分比。

$$3.4537 \times \frac{32}{233} \times \frac{1}{1.02} \times 100 = 46.5\% \quad \text{答 } 46.5\%$$

6. 取稀硫酸 20 c.c.，加過量之二氯化鋇，將所得之沉澱秤之，得 0.976 克，此稀硫酸之濃度，試以克分子及 % 表之。

圖 由方程式 $\underbrace{\text{H}_2\text{SO}_4}_{1 \text{ 克分子}} + \text{BaCl}_2 = \underbrace{\text{BaSO}_4}_{233 \text{ 克}} + 2\text{HCl}$

由硫酸 1 克分子，可生硫酸鋇 233 克，故後者 0.976 克，由硫酸 $(0.976 \div 233)$ 克分子而生，20 c.c. 之溶液中含有此量之硫酸，故一卬中含有硫酸之

量 $\frac{0.976}{233} \times \frac{1000}{20} = 0.2094$ 克分子,

今假定稀硫酸之比重爲 1, 則其 20 c.c. 之重當爲 20 克, 故所求之百分比,

由 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 89$ 可得

$$98 \times \frac{0.976}{233} \times \frac{1}{20} \times 100 = 2.05 \% \quad \text{答 } 0.2094 \text{ 克分子, } 2.05 \%.$$

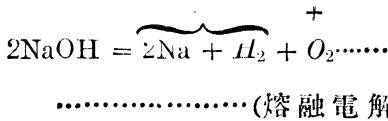
11. 實驗.

- (1) 試檢驗土金屬之焰色反應。
- (2) 通呼氣於重土水而製碳酸鋇, 又加硫酸使變爲硫酸鋇沈澱。
- (3) 加硫酸溶液於二氯化鋇溶液, 使硫酸鋇沈澱。

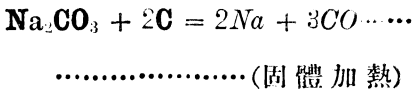
第二章 鹼 族

第一節 鈉 (Sodium)

1. 鈉. **[Na]** ⁽¹⁾鈉由電解氫氧化鈉,或用炭還原碳酸鈉而製之。通強電流於氫氧化鈉之固體,則熔融而分解,生氫氣於陽極,生鈉與輕氣於陰極。



此析出之鈉,在熔融之氫氧化鈉上層,故可不絕取出之。又加木炭於碳酸鈉而強熱之時,則金屬鈉與一氧化碳同時發生。



故可導之於石油中,使鈉凝固。

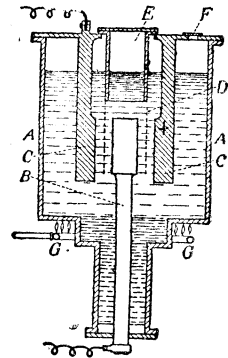
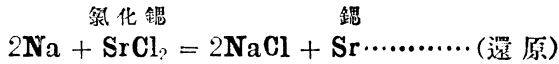


圖 170——由融熔之氫氧化鈉製金屬鈉之電解槽。
A, A 鐵製槽, B 鐵製陰極, C, C 鐵製陽極, D 圓筒形鐵絲網, E 圓筒, F 養氣出口, G 加熱用煤氣燈。

(1) 鈉於1807年德斐氏用電解法製出之。(2) 西名 Sodium 亦稱為 Natrium, 當其為化合物之成分時, 則有稱之為曹達 (Soda) 者, 如碳酸鈉, 一名碳酸曹達。



鈉在實驗室中,應用於水之分解及有機物之分析等,工業上,則供鹼土金屬及二氧化鈉 (Na_2O_2) (爲二氧化二氫之原料)之製取。

2. 鈉離子。【 Na^+ 】鈉離子無色,不能用沉澱法檢出之,此因鈉之化合物殆無不溶解於水故也,然鈉呈甚銳敏之黃色焰色反應,故鈉之化合物,可用此方法鑑識之。

3. 氫氧化鈉。【 NaOH 】氫氧化鈉即苛性曹達,在工業上使鈉銻齊作用於水而製之,但此際所要之鈉銻齊,由電解食鹽之濃厚水溶液,以水銀爲陰極製得之。

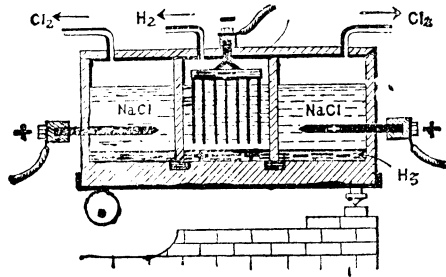
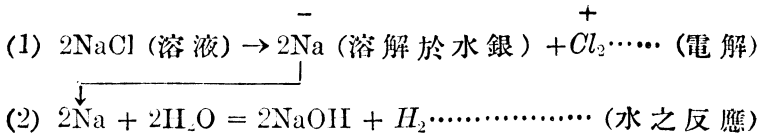
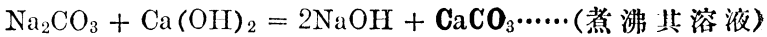


圖171——工業上製氫氧化鈉之電解槽。(1)

(1) 電解槽區分爲三,其底置有水銀,因支持槽之左方之離心軸之迴轉,使槽動搖不絕,由 NaCl 電解生成之 Na ,在左右兩室中溶解於 Hg ,送至中央室,與水作用而生 NaOH 。

氫氧化鈉在實驗室中,由加石灰乳於碳酸鈉之水溶液中,使碳酸鈣沉澱後,分取其上層澄清之液而製之。



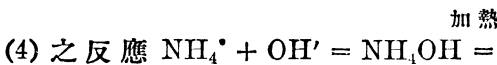
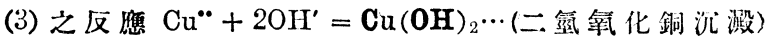
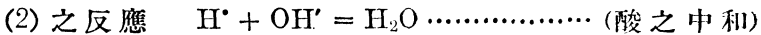
不論用何種方法,其生成之氫氧化鈉水溶液,常移盛於耐鹼性物質如銀製之蒸發皿中煮稠之,注於鑄型內使成棒狀。

氫氧化鈉為白色之非結晶性塊狀物,吸收濕氣而潮解,易溶解於水,發多量之熱而電離。

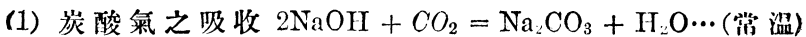


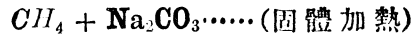
氫氧化鈉之種種化學的特性,皆基因於此氫氧離子之作用。

即此物: (1) 呈強鹼性之反應; (2) 能中和酸; (3) 變重金屬離子為氫氧化物而沉澱; (4) 遇銻離子而發生硃精; (5) 有溶解動物質而糜爛之諸作用,此物之冠以苛性二字者,蓋即因其具有上之第(5)性質也,茲將上之諸反應以方程式示之如下:

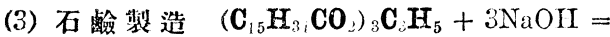


氫氧化鈉又有下列之作用: (1) 善吸收碳酸氣而變為碳酸鹽; (2) 分解醋酸鈉而發生沼氣(甲烷); (3) 鹼化脂肪使成石鹼。

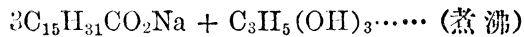




脂肪



石鹼



苛性鈉基因於其氫氧根之反應，故實驗室中多供酸之中和，氫氧化金屬之沉澱，鹵精之製取等之試藥用，此外亦用以製取沼氣及碳酸氣之定量，然其消費於石鹼之製造者，為量最多。

4. 氯化鈉. **【NaCl】** 氯化鈉存於天然間之量極多，結成岩鹽之大礦層，又海水中約含其3%⁽¹⁾，故前者可溶之於水而使其再結晶，後者先用太陽熱蒸發之，使其液變濃⁽²⁾後，用火蒸發乾固而製得之，將如是製成之物，再溶於少量之

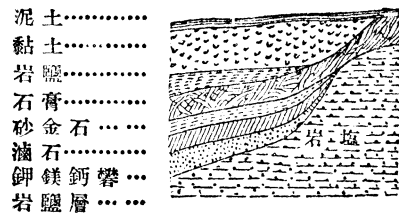


圖 172——岩鹽層。

水中，通以氯化氫而使之飽和時，則純氯化鈉即結晶析出。

氯化鈉俗稱食鹽，乃鹽類中之最普通者，與大多數之鹽

(1) 岩鹽常含氧化鐵，故呈赤褐色。又海水除含食鹽外，尚有如下之種種物質：NaCl 2.8%，NaBr 0.05%，CaSO₄ 0.2%，K₂SO₄ 0.15%，MgSO₄ 0.1%。

(2) 引海水使撒布於清潔之砂（鹽田）上而蒸發之，乃集其砂，盛於箕中，注如海水，以溶解附於砂上之食鹽，則可得濃厚之食鹽溶液。

同,比重約爲2.不含水而成立方形之結晶,其結晶之大者,爲無色而能透光,有吸收熱綫之特性約溶解於三倍重量之水,其溶解度,與其他多數之鹽類異,因溫度之上昇而增加極微.其飽和溶液中之平衡狀態如下.

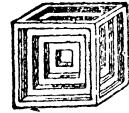
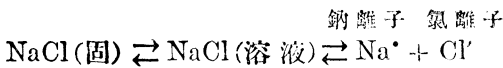


圖 173—食鹽之結晶.



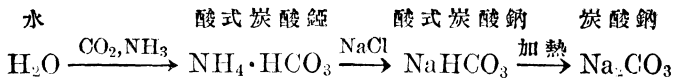
故通以氯化氫(HCl)而增加氯離子(Cl⁻)之濃度,則其反應向左側進行,而生固態之食鹽.上之氯化鈉之精製法,即基於此理.

食鹽爲鈉鹽中最重要之鹽,除多量供食料,及貯藏肉類等之防腐劑外,化學工業上之用途亦甚廣.即其鈉成分(Na),可爲金屬鈉(Na),苛性鈉(NaOH),碳酸鈉(Na₂CO₃)之原料,其氯成分(Cl)則爲綠氣(Cl₂),氯化氫(HCl),氯化銀(AgCl)之原料是也.

5. 碳酸鈉. **[Na₂CO₃·10H₂O]** 碳酸鈉亦稱碳酸曹達,或單稱曹達,爲極重要之鹽.

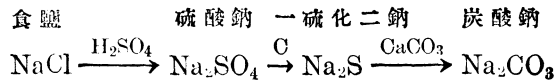
以食鹽爲原料,用下之三種方法製取之.

(1) 索爾未法(鹼法).

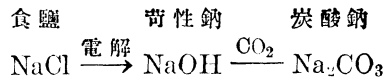


(1) 食鹽之鹹味,非Na⁺之味,乃未電離NaCl之味也.

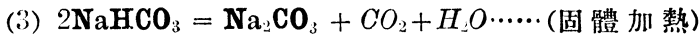
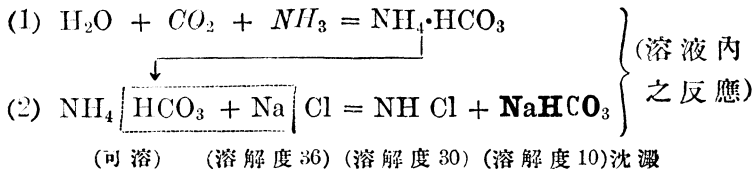
(2) 路布蘭法.



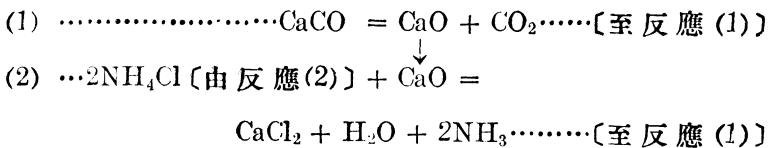
(3) 電解法.



(1) 索爾未 (Solvay) 法. 為藉鹵精之補助作用, 由食鹽水與碳酸氣合成碳酸鈉之法, 其操作: 係通鹵精氣於食鹽之飽和溶液中, 次壓入碳酸氣, 集取沉澱之酸式碳酸鈉而強熱之即得, 其化學變化如下:



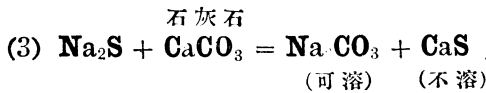
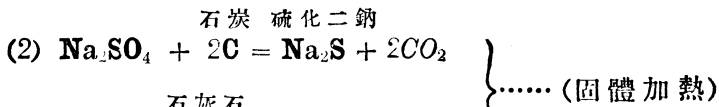
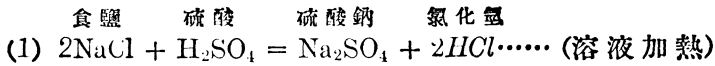
上之反應 (1) 所要之碳酸氣 (CO_2), 乃強熱石灰石 (CaCO_3) 而得, 又由反應 (3) 逸出者, 亦可收集之, 以供使用. 至強熱石灰石時所生成之生石灰, 與反應 (2) 所副生之氯化銻 (NH_4Cl), 可使互相作用, 以製鹵精.



此法有二特徵, 即裝置簡單與所得之碳酸鈉純粹是也, 故現

今最爲盛行。

(2) 路布蘭 (Le Blanc) ⁽¹⁾ 法。由食鹽與濃硫酸製取氯化氫時所得之殘渣，即硫酸鈉，若與石炭及石灰石混和而灼熱之，則生碳酸鈉。



於最後之生成物中，加水以浸出碳酸鈉，可蒸發之使其結晶。

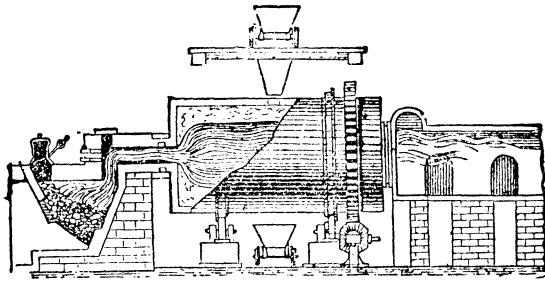
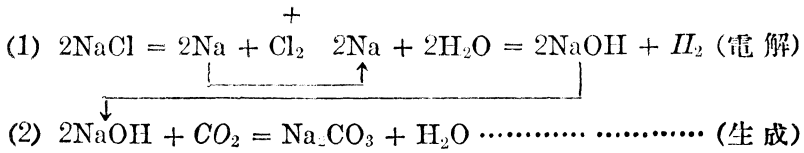


圖 174—迴轉爐 (路布蘭法混和 Na_2SO_4 , C 及 CaCO_3 , 強熱之以製 Na_2CO_3)。

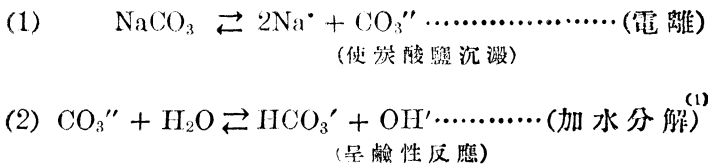
(3) 電解法。電解食鹽之水溶液時，則陰極生苛性鈉，故通以碳酸氣可製碳酸鈉。

(1) 當法國革命戰亂時，路布蘭氏應政府之懸賞 (1794年) 而提出此法。



碳酸鈉為含有10分子水之無色稜柱狀之結晶,放置於空氣中,則風化而變為白色粉狀末,又熱其結晶鹽,則先放出結晶水而溶解,次全變為無水鹽而呈白色。

碳酸鈉之特性,為極易溶解於水,蓋多數之金屬碳酸鹽,殆皆不溶於水也,其溶液含有碳酸離子(1),及因加水分解而生之氫氧離子(2),



能自某金屬之鹽類溶液中使其金屬變為碳酸鹽而沉澱,且呈鹼性反應。

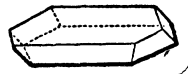
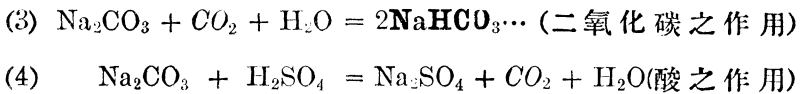


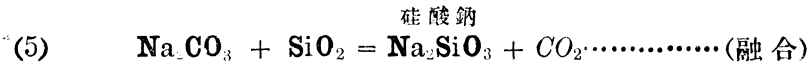
圖 175——碳酸鈉之結晶。

通二氧化碳於碳酸鈉之濃厚水溶液,則生較此更難溶解於水之酸式碳酸鈉沉澱(3),又加酸,則盛發碳酸氣而生其酸之鈉鹽(4)。

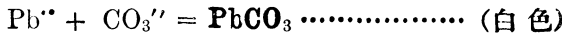
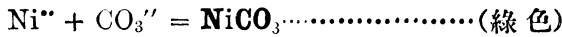


又無水之碳酸鈉與二氧化硅融合,則生硅酸鈉(第277頁)。

(1) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$



碳酸鈉之用途如下: (1) 利用其有鈉成分以製鈉, 苛性鈉, 石鹼, 玻璃等; (2) 利用其有碳酸離子, 故用試藥以使種種金屬成碳酸鹽而沉澱;

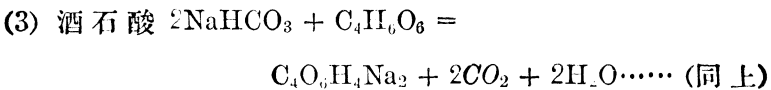
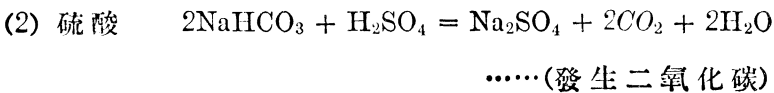
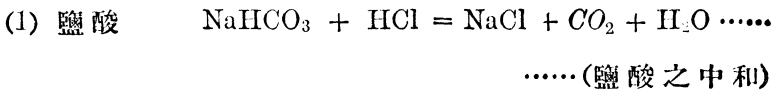


(3) 因其加水分解而生鹼, 故廣供洗濯之用。

6. 酸式碳酸鈉. $[\text{NaHCO}_3]$ 亦稱碳酸氫鈉, 俗稱重碳酸鈉或重曹。

通碳酸氣於碳酸鈉之濃厚水溶液, 可製得酸式碳酸鈉。又用索爾末法製碳酸鈉時, 此物成中間物而析出。

此物成白色之粉末狀, 熱之則發生碳酸氣而變為碳酸鈉, 但對水之溶解度, 較碳酸鈉⁽¹⁾更少, 且殆不起加水分解, 此物之供實用者, 主為下述之對於酸之反應。



(1) 鈣之碳酸鹽為不溶性, 其酸式鹽為可溶性, 與鈉之碳酸鹽相反。

故此物質：(1) 爲制酸劑，服之以中和胃液中之過量鹽酸；(2) 因與酸作用而發生碳酸氣，故常與硫酸共裝置於消火器內(第41頁)；(3) 與酒石酸混合以製清涼飲料。

7. 硫酸鈉. $[\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ 硫酸鈉亦稱芒硝(Gluber's salt). 其含水鹽雖爲無色之結晶，然其表面常被已風化之白色粉末。硫酸鈉爲其熱食鹽與硫酸以製氯化氫時之殘留物。

$2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} \dots$ (加熱)
其主要用途爲還原之以製碳酸鈉，或直接供玻璃之製造，又爲下劑以供醫藥之用。

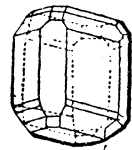
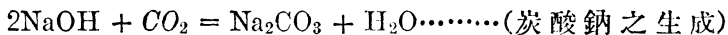
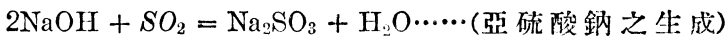
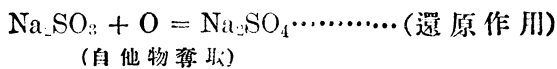


圖 176——硫酸鈉之結晶。

8. 亞硫酸鈉. $[\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ 通二氧化硫於苛性鈉水溶液中，則生亞硫酸鈉。此反應恰與苛性鈉吸收碳酸氣而生碳酸鈉之變化相似。

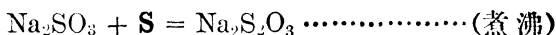


亞硫酸鈉成無色單斜狀之結晶，容易風化，易溶於水。若有易於還原之物質共存時，則容易氧化而變爲硫酸鈉，即呈稍強之還原作用，故可供攝影用之還原劑(現像液)。



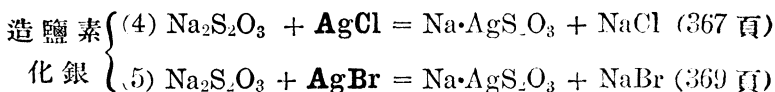
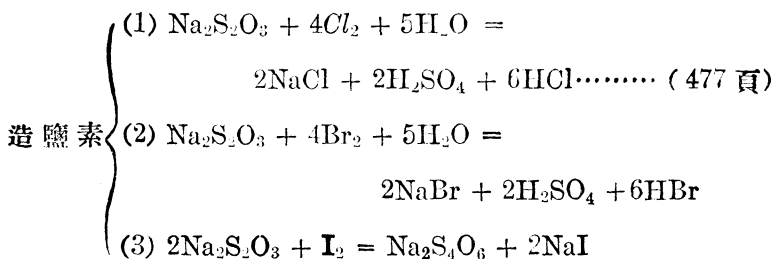
9. 一硫硫酸鈉. $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ 加硫黃於亞硫酸鈉

煮之,則硫黃被吸收而生成一硫硫酸鈉。



一硫硫酸鈉,俗稱爲次亞硫酸鈉,爲無色單斜狀之結晶,其水溶液,有溶解造鹽素及造鹽素化銀之重要特性。即

(下式中造鹽素及造鹽素化銀以外之物質,悉溶解於水)



一硫硫酸鈉,工業上,多量用以除去附着於纖維中之綠氣(用漂白粉漂白後),攝影術上,則用以溶解乾片及印像紙上之造鹽素化銀;實驗室中,則供碘之定量時之試藥。

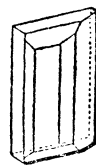
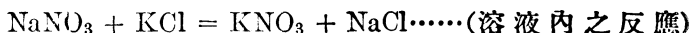


圖 177——一硫硫酸鈉之結晶。

10. 硝酸鈉. **[NaNO₃]** 硝酸鈉成大礦牀而產於南美智利,通常稱爲智利硝石.此物雖含多量之氧,但有潮解性之缺點,故不適於製火藥.然以氯化鉀處理之,則生硝酸鉀,與硫酸共熱則生硝酸,又可直接用作肥料,其用途極廣。

(1) 硝酸鉀之製取



(2) 硝酸之製取

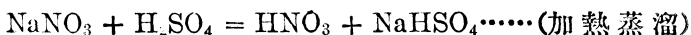


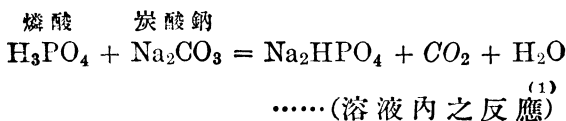
圖 178—智利硝石層：(1) 砂層，
(2) 粘土層，(3) 智利硝石層，
(4) 氯化鉀層，(5) 石灰岩。



圖 179—硝酸鈉之結晶。

11. 磷酸氫二鈉。【 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 】 磷酸氫二鈉，通常

稱為第二磷酸鈉，可用碳酸鈉中和磷酸而製得之。



此物為無色稜柱狀之結晶，容易風化，又善溶解於水，而呈磷酸離子之諸反應。

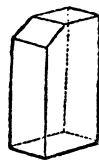
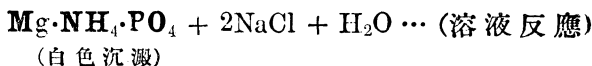
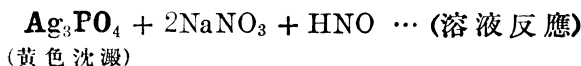
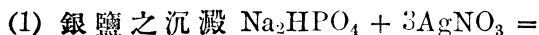


圖 180—磷酸
氫二鈉之結晶。

(1) 工業的 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4 \\ \text{製法} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \end{array} \right. \end{array} \right.$

磷酸氫二鈉微熱至紅熾，則失水分而變為三縮二原磷酸鈉 (Sodium pyrophosphate, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$).



又與磷酸共強熱之，則生二縮原磷酸鈉 (Sodium metaphosphate, NaPO_3).



生成物之二縮原磷酸鈉，能溶解種種之氧化金屬而呈特異之色，故與硼砂同供金屬之鑑識用。此稱為磷酸球反應。

磷酸氫二鈉為試藥，以供銀鹽、鎂鹽之鑑識，及磷酸球反應用，又為下劑以供藥用。

12. 摘要. 鈉 $\text{Na} = 23.00$, 原子價 1, 分子式 Na , 比重 0.97, 融點 96 度, 沸點 877.5 度.

化學式	名稱	製法	性質	用途
Na	鈉 (Sodium) (natrium)	電解熔融之 NaOH . 用 C 還原 Na_2CO_3 .	灰白色蠟狀，與養氣或綠氣化合，分解水或氯化物，溶解於水銀。	實驗用，冶金用。
Na^+	鈉離子 (Natrium ion)	鈉鹽之溶解。	無色，味鹹，用試藥亦不沈澱。	——
a_2O_2	二氧化鈉 (Sodium peroxide)	熱鈉於養氣中。	黃色之粉末，作用於水而成 H_2O_2 。	二氧化二氫之製造。
Na_2S	硫化鈉 (Sodium sulphide)	——	溶解而生 S'' 。	分析用。

(1) NaPO_3 通常由加熱 $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ 製得之 (第 538 頁)。

NaOH	氫氧化鈉 (Sodium hydroxide)	NaCl 水之電解。加 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 於 Na_2CO_3 液中。	潮解性之固體。吸收 CO_2 、 SO_2 。溶解於水生 OH' 。	試藥。碳酸鈉，亞硫酸鈉，硝酸精，沼氣，石鹼，紙等製造用。
NaCl	氯化鈉(食鹽) (Sodium chloride)	產於天然。	白色結晶。吸收熱線。溶於三倍量之水。	鈉及其化合物。綠氣及其化合物之原料。
Na_2CO_3 ($10\text{H}_2\text{O}$)	碳酸鈉 (Sodium carbonate)	用 NH_3 與 CO_2 處理 NaCl 水後，強熱之。	風化性無色之結晶。易溶於水。起加水分解。遇酸發生碳酸氣。	玻璃，苛性鈉，鈉之製造。試藥。洗濯用。
NaHCO_3	酸式碳酸鈉 (重曹) (Sodium bicarbonate)	同上。	白色固體。稍可溶。溶解於酸發生碳酸氣。	清涼飲料。醫藥。
Na_2SO_4 ($10\text{H}_2\text{O}$)	硫酸鈉(芒硝) (Sodium sulphate)	加 H_2SO_4 於 NaCl 而熱之。	風化性無色結晶。可溶(加炭而熱之，則變為 Na_2S)。	碳酸鈉之原料。醫藥。
Na_2SO_3 ($7\text{H}_2\text{O}$)	亞硫酸鈉 (Sodium sulphite)	通 SO_2 於 NaOH。	無色結晶。可溶。呈還原作用。	攝影之還原劑。
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($5\text{H}_2\text{O}$)	一硫硫酸鈉 (Sodium thio-sulphate)	加 S 於 Na_2SO_3 煮之。	可溶性無色結晶。溶解造鹽素及造鹽素化銀。	消除綠氣，碘之定量。造鹽素化銀之溶解。
NaNO_3	硫酸鈉 (智利硝石) (Sodium nitrate)	產於天然。	無色結晶。可溶。	硝酸硝石之原料。及肥料。
Na_2HPO_4 ($12\text{H}_2\text{O}$)	磷酸氫二鈉 (Sodium phosphate)	加 Na_2CO_3 於 H_3PO_4 。	可溶性無色結晶。生 PO_4''' 。熱則變為 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 與 H_3PO_4 ，共熱則成 NaPO_3 。	試藥。

Na ₂ B ₄ O ₇ (10H ₂ O)	硼酸鈉(硼砂) (Sodium borate)	取 Na ₂ CO ₃ 中 和 H ₃ BO ₃ 。	無色結晶,可溶,熔 融金屬氧化物。	分析用,醫藥。
Na ₂ SiO ₃ (第 279 頁)	硅酸鈉 (Sodium silicate)	熔融 SiO ₂ 與 Na ₂ CO ₃ 。	無色固體,與水煮 時,則溶解而為水 玻璃。	工業用。

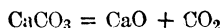
13. 問題.

1. 投鈉於水時之反應如何. (501 頁)

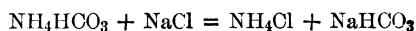
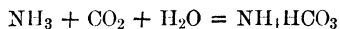
2. 用石灰石, 鈉精, 食鹽, 水四物質製苛性鈉之方法如何(但不用電流).

圖 先製炭酸鈉與消石灰, 使相反應, 即

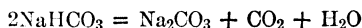
(1) 煨燒石灰石使生炭酸氣。



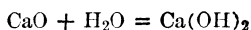
(2) 通炭酸氣於飽和食鹽及鈉精之水, 使生酸式炭酸鈉沉澱。



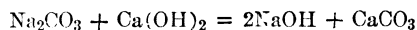
(3) 燒之使成炭酸鈉。



(4) 投生石灰於水而為消石灰。



(5) 加炭酸鈉於石灰乳中將所生之苛性鈉溶液煮之。



3. 試述炭酸鈉及炭酸氫鈉之製法, 性狀及其用途如何。

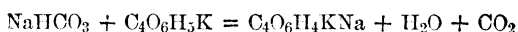
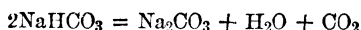
(505-509 頁)

4. 試盡量舉合成食鹽之方法。

- 圖 (1) 加鈉於綠氣中 $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$
- (2) 加苛性鈉於鹽酸 $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- (3) 通綠氣於苛性鈉 $6\text{NaOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- (4) 加鹽酸於碳酸鈉 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- (5) 用鈉使氯化氫分解 $2\text{HCl} + 2\text{Na} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2$

5. 製麵包時每用碳酸氫鈉何故。

圖 碳酸氫鈉或與酒石之混合物加熱時，則生碳酸氣，能使麵包質變鬆。

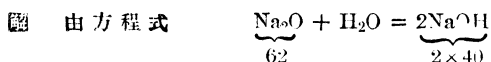


6. 試就智利硝石，酒石，一硫硫酸鈉，芒硝等物質述之。

(503, 510, 511 頁)

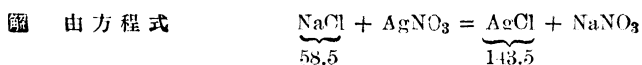
7. 試說明以食鹽為原料而製碳酸鈉，鈉，漂白粉，苛性鈉之方法。

8. 苛性鈉之品質，以其中所含之氧化二鈉之百分比表示之，稱之為度，問化學的純粹之苛性鈉為若干度。



$$\frac{62}{2 \times 40} \times 100 = 77.5 \quad \text{答 } 77.5 \text{ 度。}$$

9. 有鹽泉於此，取 50 立裡，充分加硝酸銀得一氯化銀之沉澱 0.287 克，如此鹽水中只含食鹽時，問欲得 585 克之食鹽，須蒸發此鹽水幾斤。



50 立糶之泉水中食鹽之量 $0.287 \text{ 克} \times \frac{58.5}{143.5} = 0.117 \text{ 克}.$

故所需泉水之體積 $50 \text{ c.c.} \times \frac{585}{0.117} = 250 \text{ 坩}.$

答 250 坩。

10. 投 100 克之鈉於水時可得幾克之苛性鈉。

答 174 克。

11. 由食鹽 1 坩所得結晶狀碳酸鈉之重量若干。

答 2.4 坩。

12. 用含有 50% 之水之鹽酸 100 克, 可以分解若干克之碳酸鈉。

答 72.6 克。

13. 由 10 坩之碳酸氫鈉, 可得幾克之無水碳酸鈉。

答 6.3 坩。

14. 如用 14 克之無水碳酸鈉與若干量之稀硫酸中和時, 問所生物質之名稱及重量如何。

答 Na_2SO_4 , 18.8 克; CO_2 , 5.8 克; H_2O , 2.4 克。

15. 於 12°C . 756 耗使鈉 15 克作用於水時, 所生輕氣之容積及重量如何。

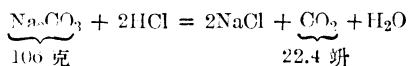
答 7.7 坩, 9.65 克。

16. 試計算 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 之百分組成。

答 Na, 29.1%; S, 40.5%; O, 30.4%。

17. 加酸於 6 克之無水碳酸鈉中, 於 10°C , 750 耗時, 生 1310 c.c. 之碳酸氣, 問此碳酸鈉之純度為幾%。

圖 先求碳酸氣 1310 c.c. 在標準狀況時之容積,更由下列方程式,計算發生此量碳酸氣時所需碳酸鈉之量,而取其對於 6 克之百分比。



$$(106 \text{ 克} \times \frac{1310 \times \frac{273}{273+19} \times \frac{750}{76}}{22.4 \times 1000} \div 6 \text{ 克}) \times 100 = 98.35\%.$$

答 98.35%。

14. 實驗.

1. 投少量之鈉於水,集其所發生之輕氣於試驗管而鑑識之,並檢查所生溶液之鹼性反應,又加硫酸銅溶液使生氫氧化銅。

2. 將上之溶液或食鹽蘸於鉑線上,入於焰中,以檢其焰色反應。

3. 觀察苛性鈉之潮解,並將毛,棉,絲等浸於此溶液中,以驗動物纖維之易被侵犯。

4. 將碳酸氫鈉置於試管內熱之,通所生之碳酸氣於石灰水而鑑識之,又加酸於碳酸氫鈉時如何。

5. 檢查碳酸鈉水溶液之鹼性反應,並加硫酸使發生碳酸氣,又煮溶液而放置之,以觀察所生硫酸鈉之結晶。

6. 加硝酸銀溶液於食鹽溶液,使所生之氯化銀溶解於一硫硫酸鈉而觀察之。

7. 用種種之金屬氧化物,以試驗其磷酸球之反應。

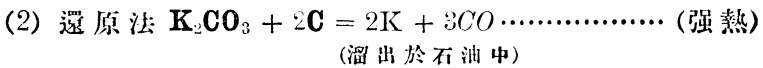
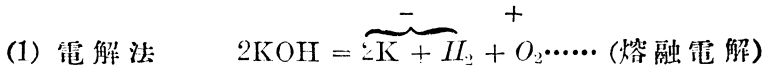
第二節 鉀 (Potassium)

1. 鉀. ⁽¹⁾【K】鉀之諸性質,頗與鈉類似,前節所述之關於

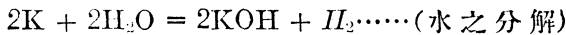
(1) 鉀爲 1807 年德斐氏所發見之金屬。

鈉及其化合物之事實,概得適用於鉀。

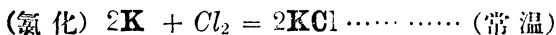
鉀成鉀石鹽 (Sylvite, KCl), 砂金石 (Carnallite, KCl·MgCl₂·6H₂O), 鉀瀉利鹽礦 (Kainite, MgSO₄·MgCl₂·K₂SO₄·6H₂O) 等之礦石而產出,製金屬鉀時不用上之礦石而與製鈉時同,可電解其熔融氫氧化物,或用炭還原其碳酸鹽即得。



鉀為較鈉稍帶蒼色之蠟狀金屬,輕於水,熱則容易熔融,終至沸騰而變為與分子式 K 相當之綠色蒸氣,其氧化性較鈉更烈,其發銀狀光澤之新剖面,即為暗色氧化層所覆,又投於水中,則在水上旋轉而發火,此時鉀及由水之分解而生之輕氣一同燃燒,故發生帶紫色之焰。

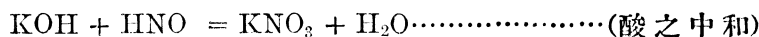


因之此物亦需貯於石油中 (第501頁)。強熱鉀於空氣中,則燃燒而變為暗黃色之固體 (KO₂),在常溫時,與綠氣激劇化合而生氯化物 (KCl)。



鉀常用於色質之製造及為還原劑,然較此更廉之鈉,亦能達此目的,故其需用不如後者之多。

故此溶液呈強氫氧離子之諸反應,除變紅色石蕊液為藍色外,又有中和酸類,使金屬鹽成氫氧化物而沉澱,分解脂肪,糜爛有機物質等之作用,全與氫氧化鈉同。



氫氧化鉀,工業上供石鹼及色質之製造,實驗室中,則供碳酸氣之吸收,及鹼性試藥之用。

4. 氯化鉀。【KCl】 氯化鉀為鉀化合物之重要原料,溶解砂金石於少量之熱水中,冷卻其溶液,可使溶解度較小之氯化鉀 (KCl) 結晶,以與易溶之氯化鎂 (MgCl₂) 相分離,此鹽為無色之立方形結晶,在常溫約溶解於其三倍量之水,與氯化鈉相似,然其溶解度則隨溫度之上昇而增加,與後者異。

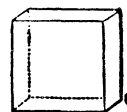
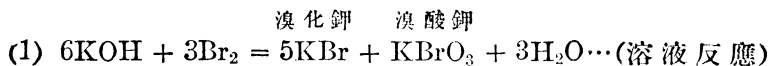


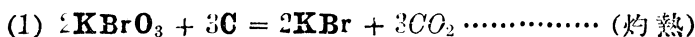
圖 181——氯化鉀之晶結。

氯化鉀之鉀成分,可供鉀,氫氧化鉀,碳酸鉀,硝酸鉀之製造用。

5. 溴化鉀,碘化鉀。【KBr】 【KI】 溶解溴或碘於氫氧化鉀之水溶液中時,則生溴化鉀或碘化鉀。



但欲還原其副生之溴酸鉀或碘酸鉀,則須加適量之木炭末於上之溶液中,而蒸發乾固之,更移於坩堝中灼熱之。



溴化鉀及碘化鉀，悉為立方體之無色結晶，善溶解於水而生造鹽素離子。



溴離子有鎮靜神經興奮之生理作用，又遇銀離子則生易感日光之溴化銀沉澱。

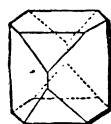
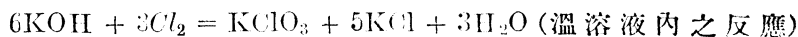


圖 182——溴化鉀之結晶。

溴化鉀因能生溴離子，故為優良之催眠鎮靜劑⁽¹⁾，又供攝影乾片之製造用。碘化鉀亦用作醫藥、試藥及攝影術⁽²⁾。

6. 氯酸鉀。【 KClO_3 】溫熱氫氧化鉀之水溶液⁽³⁾，且通以綠氣時，則生氯酸鉀與氯化鉀。

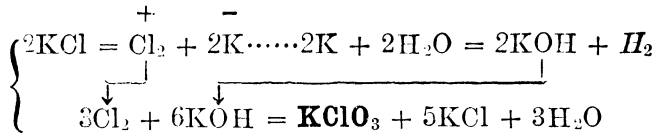


但氯酸鉀較副生之氯化鉀難溶解於冷水，故冷卻此溶液時，則結晶而析出。

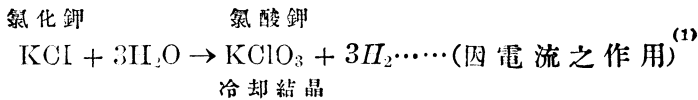
上之反應，工業上以並立之二枚炭棒為電極而電解氯化鉀之溫水溶液以行之，此時氯化鉀起電解，自陽極發生綠

(1) 溴化鉀以溴剝之名廣混於醫藥中，每回之用量約在 0.2—1.0 克之間，今將其一日分神經鎮靜用藥之處方，例示如下：溴剝 30 克，龍膽酒精液一克，水 100 克。(2) 碘化鉀水溶液之善溶解碘素而生褐色之溶液者，蓋基因於次之反應也： $\text{KI} + \text{I}_2 = \text{KI}_3$ 。(3) 用苛性鉀之冷溶液時，則起次之反應： $2\text{KOH} + \text{Cl}_2 = \text{KCl} + \text{KClO} + \text{H}_2\text{O}$ 。

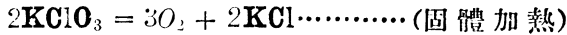
氣,同時鉀遊離於陰極,更溶解於水而生氫氧化鉀,此二者(綠氣與氫氧化鉀)互相利用,即生氯酸鉀。



由反應再生之氯化鉀,可反覆使用,終悉變為氯酸鉀。故電解之反應,以次之方程式表之。

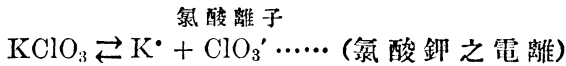


氯酸鉀為菱角板狀晶形之無色鹽,其組成中,含有容易遊離之氧成分極多,故呈強力氧化作用。例如(1)取此鹽熱之(約350度)則發生養氣(第6頁);



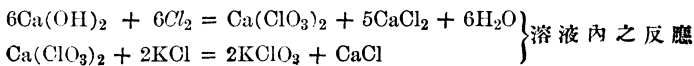
(2) 取其少量而撒布於黃磷上,則激劇燃燒; (3) 混於硫黃中而搥擊之,則爆發極猛。

氯酸鉀之溶解度,如上之製法所述,隨溫度之上昇而增加極著。其溶液中之氯酸離子,



與氯離子異,遇銀離子不生白色沉澱。

(1) 氯酸鉀又可由通綠氣於石灰先變為氯酸鈣,次更使與氯化鉀作用而製之。

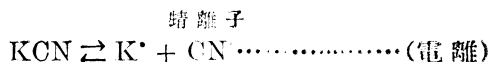


氯酸鉀利用其氧化作用,以製爆發劑及火柴,又其2%之水溶液廣供含嗽劑之用。

7. 腈化鉀. 【KCN】取黃血鹽 (Yellow prussiate) 與鉀共熔融者,則生腈化鉀。

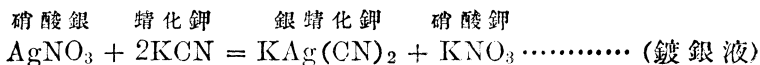


腈化鉀為無定形之白色固體,有潮解性,其水溶液含腈離子。

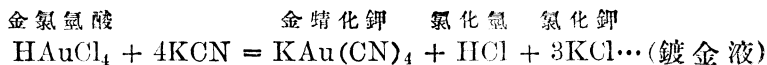


與種種金屬鹽類作用而生錯鹽,如

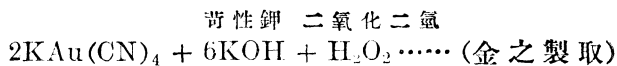
(1) 與硝酸銀溶液生銀腈化鉀;



(2) 遇金氯氫酸而生金腈化鉀;



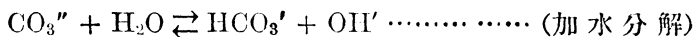
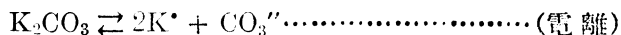
(3) 又因空氣(養氣)之補助作用而溶解金。



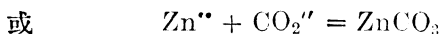
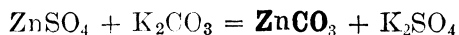
腈化鉀與硫黃共熔融時,則生一硫腈酸鉀(KSCN),一硫腈酸鉀若遇鐵鹽,則呈顯著之赤血色(第397頁)。



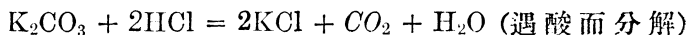
碳酸鉀爲白色之粉末,除不風化而反有潮解性外,其他之化學的諸性質全與碳酸鈉相一致,故在碳酸鈉之章所述之反應,亦悉適用於碳酸鉀,即碳酸鉀善溶解於水而含碳酸離子及氫氧離子.



能使鹼金屬以外之鹽類水溶液,變成碳酸鹽而沉澱.



且呈強鹼性反應,又吸收碳酸氣而爲酸式碳酸鹽,與酸作用則發生碳酸氣.

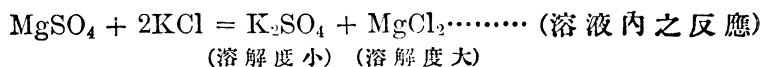


碳酸鉀爲玻璃,石鹼,苛性鉀之原料,又供染色,攝影,醫藥之用,含於木灰中之碳酸鉀,利用其有鉀成分及鹼性可作肥料之用.

9. 硫酸鉀. $[\text{K}_2\text{SO}_4]$ 硫酸鉀之製法:(1)取氯化鉀與硫酸共熱即可得之.



(2)溶解稱爲鉀瀉利鹽($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)之複鹽於水,加氯化鉀而蒸發之,則不僅複鹽中之硫酸鉀析出,且其中之硫酸鎂,亦與氯化鉀作用變爲硫酸鉀而析出.



硫酸鉀常由後法而工業的製出之。

硫酸鉀之特性，為與種種之硫酸鹽共成溶解度小之複鹽，其與硫酸鋁之複鹽（即明礬），屢為精製硫酸鋁時所利用（第461頁）。

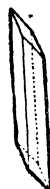
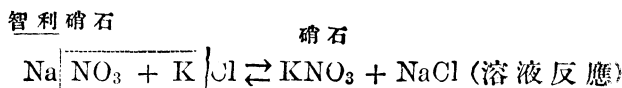


圖 183——硫酸鉀之結晶。

硫酸鉀用於製碳酸鉀之量最多，又可用以製明礬。

10. 硝酸鉀。【KNO₃】 硝酸鉀通常稱為硝石 (Salt peter)，可採取其天然產者，或使氯化鉀作用智利硝石，即硝酸鈉而得之。



(15°時之溶解度)	86	33	26	36
(100°時之溶解度)	168	56	247	39

上之反應，乃利用式中所示四種鹽之溶解度之差異而始起者，即若煮沸 NaNO₃ 與 KCl 之混合溶液，則存於溶液中之四種鹽中，在高溫最難溶解之 NaCl，最先析出而除去不絕，最後冷卻溶液，可使溶存之 KNO₃ 結晶析出。

硝酸鉀又可用硝石培養法，即取含氮有機質（糞尿等）混於含有木灰及石灰之土中，而堆置數年間後，用水浸出其

(1) 硝石培養法，不混石灰，則進行不佳。

生成之硝酸鉀而製之。此際之化學變化，大概為有機物分解所生之硝精化合物，因硝化黴菌之接觸作用，氧化而成硝酸，更作用於木灰而變為硝石。但其作用於石灰而變成硝酸鈣者，則須用碳酸鉀處理浸出液，使其變為硝酸鉀。⁽¹⁾

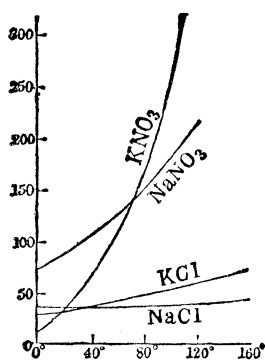
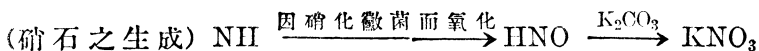


圖 184——表示製硝石之原理。



硝酸鉀為稜柱狀之無色結晶（圖 185），與硝酸鈉異：無潮解性，熱之則熔融而放散其氧成分之一部，變為亞硝酸鉀。



故此物質，呈強力之氧化作用（亞於氯酸鉀）。若盛之於試驗

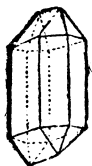


圖 185——硝酸鉀之結晶。

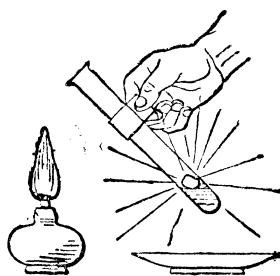
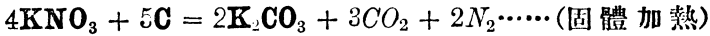
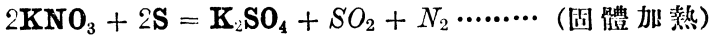


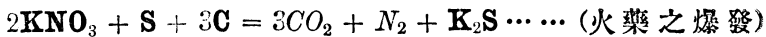
圖 186——使硫磺燃燒於熔融之硝石上。

(1) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 = 2\text{KNO}_3 + \text{CaCO}_3$

管中而熔融之,加硫黃或木炭之粉末,則發強烈之光。



混木炭與硫黃於硝酸鉀,即得黑色火藥。蓋此物一經過火,則急激燃燒,而瞬時生多量之氣體故也。



硝酸鉀通常在實驗室,亦供製造硝酸之原料。

11. 摘要. 鉀 K = 39.10, 原子價 1, 分子式 K, 比重 0.865, 融點 62.5°, 沸點 700°.

化學式	名稱	製法	性質	用途
K	鉀 (Potassium)	(1)KOH之電解。(2) K ₂ CO ₃ 用C還原。	白色蠟狀,容易氧化及氯化,分解水而發生輕氣。	色質製造,還原劑。
K ⁺	鉀離子 (Potassium ion)	K鹽之溶液。	無色。因 PtCl ₆ ^{''} 及 C ₄ O ₆ H ₅ ['] 而沉澱,焰色反應為紫色。	——
KO ₂	二氧化鉀 (Potassium oxide)	鉀之燃燒。	黃色固體。	——
KOH	氫氧化鉀 (苛性加里) (Potassium hydroxide)	(1) KCl水溶液之電解。(2) 混 Ca(OH) ₂ 於 K ₂ CO ₃ 。	為白色固體,有潮解性,強鹼性,吸收 CO ₂ 與 SO ₂ 。	石鹼色質之製造,試藥,醫藥。
KCl	氯化鉀 (Potassium chloride)	產於天然。	無色結晶,可溶。	鉀化合物之原料。
KBr	溴化鉀 (Potassium bromide)	使 Br ₂ 作用於 KOH。	可溶性無色結晶,生 Br ['] 。	醫藥,攝影用。

KI	碘化鉀 (Potassium iodide)	使 I ₂ 作用於 KOH.	可溶性無色結晶。生 I'.	同上。
KClO ₃	氯酸鉀 (Potassium chlorate)	電解 KCl 水溶液。	無色結晶，可溶於溫水，熱則發散養氣。	氧化劑，醫藥。
KCN	腈化鉀 (Potassium cyanide)	K ₄ F(CN) ₆ 與 K 共熱。	潮解性之白色固體。溶解金，生金，銀，銅，鐵等之錯鹽。	冶金，鍍金，試藥。
KSCN	一硫腈酸鉀 (Potassium thiocyanide)	KCN 與 S 共熱。	無色結晶，與鐵鹽生赤血色之沉澱。	試藥。
K ₂ CO ₃	碳酸鉀 (Potassium carbonate)	(1) 混 C, CaC ₂ 於 K ₂ SO ₄ 熱之。 (2) 通 CO ₂ 於 KCl 之電解液。	白色固體，可溶。作 CO ₃ '', OH'.	石鹼，玻璃，苛性鉀，染色，攝影。
K ₂ SO ₄	硫酸鉀 (Potassium sulphate)	(1) 產於天然。 (2) 使 H ₂ SO ₄ 作用於 KCl。	稍可溶性結晶。作複鹽。	碳酸鉀，明礬之原料。
KNO ₃	硝酸鉀(硝石) (Potassium nitrate)	(1) 天然。(2) KCl 作用於 NaNO ₂ .	無色結晶，可溶。熱則發散養氣。	氧化劑。
K ₄ Fe(CN) ₆ (3H ₂ O) (第 402 頁)	黃血鹽 (Potassium ferrocyanide)	加 Fe, K ₂ CO ₃ 於有機物而熱之。	黃色結晶，可溶。	染色，試藥。
K ₃ Fe(CN) ₆ (第 403 頁)	赤血鹽 (Potassium ferricyanide)	通 Cl ₂ 於黃血鹽溶液。	赤色結晶，可溶。	試藥，染色。
K ₂ CrO ₄ (第 413 頁)	鉻酸鉀 (Potassium chromate)	加 K ₂ CO ₃ 及氧化劑於 FeO·Cr ₂ O ₃ 而熱之。	黃色結晶，可溶。	試藥。
K ₂ Cr ₂ O ₇ (第 414 頁)	一縮二鉻酸鉀 (Potassium dichromate)	加酸於 K ₂ CrO ₄ .	赤色結晶，可溶。氧化作用強。	氧化劑，染色，顏料。

KMnO_4 (第 419 頁)	高錳酸鉀 (Potassium permanganate)	加 KOH 與氧化劑於 MnO_2 熱之,入於水中而通以 CO_2 .	黑紫色固體,可溶。呈氧化作用。	氧化劑,試藥。
------------------------------	-------------------------------------	---	-----------------	---------

12. 鹼金屬。鈉、鉀以及鋰 (Lithium, Li), 鉀 (Rubidium, Rb), 鐳 (Caesium, Cs) 五元素, 總稱鹼金屬, 此等元素及化合物有次之通性。

- (1) 其金屬激劇分解水而驅出輕氣, 自身變為氫氧化物;
- (2) 其氧化物善溶解於水而成氫氧化物;
- (3) 其氫氧化物溶解於水, 呈強鹼性;
- (4) 其鹽類如碳酸鹽, 硫酸鹽, 硝酸鹽, 氯化物等, 皆溶解於水;
- (5) 其離子無色, 一價;
- (6) 各呈特異之焰色反應 (Na 黃, K 紫, Li 紅, Rb 赤, Cs 青)。

13. 問題。

1. 問鉀及鈉性質之異同。

- 類似之點。
1. 銀白色軟而易融之金屬, 比重小於 1;
 2. 易氧化, 遇水時作用尤強;
 3. 與綠氣直接化合;
 4. 氧化物及鹽類可溶於水;
 5. 僅生一種之一價無色離子。

- 不同之點。
1. 鉀比鈉使水分解之力較烈;

2. 焰色反應鉀爲紫色,鈉爲黃色;
3. 鉀離子由 PtCl_6'' 及酒石酸離子而沉澱,鈉離子則否;
4. 鉀之碳酸鹽潮解,硝酸鹽不潮解,鈉之碳酸鹽風化,硝酸鹽潮解。

2. 試比較鹼金屬及鹼土金屬。

圖 共通之點。 1. 金屬使水分解;

2. 氫氧化物溶解於水而呈鹼性;
3. 氯化物及硝酸鹽溶解於水;
4. 呈特有之焰色反應;
5. 離子無色。

不同之點。 1. 氫氧化物之溶解度,鹼金屬較大;

2. 碳酸鹽及硫酸鹽,鹼金屬可溶,鹼土金屬不溶;
3. 焰色反應,色各不同。

3. 試述苛性鉀,靖化鉀,碳酸鉀,之製法,性質及其用途。

(520,524,525 頁)

4. 將鉀作用於水所生之液,如通綠氣時,問生何種物質,又其性質及用途如何。 (522 頁)

5. 何謂硝化。

圖 硝精化合物受硝化菌之作用,而生硝酸之變化。

6. 由智利硝石製硝石時之反應,試說明之,並述硝石之性質及其效用。 (527-529 頁)

7. 試舉鉀鹽十種之名稱並以式表示之。

8. 灰汁呈鹼性反應之理由如何。

圖 因其中所存之碳酸鉀加水分解。

(526 頁)

分子, 100 c.c. 中碳酸鉀之量爲此數之五倍, 此即木灰 5 克中所存碳酸鉀之量, 故其 1 克分子由 $K_2CO_3 = 138$ 克求其值如下。

$$138 \text{ 克} \times \frac{1}{10} \times \frac{15}{1000} \times \frac{1}{2} \times 5 \times \frac{1}{5 \text{ 克}} \times 100 = 10.4\%.$$

答 10.4%.

15. 黑色火藥 20 克爆發時, 在 $2200^\circ C$, 70 厘之下, 可得幾呎之氣體。

解 由 $2KNO_3 + S + 3C = 270$ 克, 在標準狀況時, 可生 $3CO_2 + N_2 = 22.4$ 呎 $\times 4$ 之氣體, 故所要之值如下:

$$22.4 \text{ 呎} \times 4 \times \frac{20}{270} \times \left(1 + \frac{2200}{273}\right) \times \frac{760}{700} = 65.1 \text{ 呎}.$$

答 65.1 呎。

14. 實驗.

1. 將鉀之小粒置之於水中, 察其反應, 並用石蕊試藥鑑識其所生之苛性鉀。

2. 觀察苛性鉀之潮解性, 並浸毛線於此溶液, 使之侵蝕。

3. 將木灰少許投於水中, 分其上澄液, 用石蕊試液驗其鹼性, 加酸察其發生碳酸氣。

4. 置硝酸鉀於試管熔融之, 又加礬磺末使之燃燒。

5. 熱氯酸鉀使發生養氣, 將其殘餘物, 使溶於水, 加硝酸銀溶液, 使生氯化銀之沉澱。

第三節 銨根

1. 銨 $[NH_4]$ 銨根雖無遊離而存者, 但其性質, 甚類似

鉀,不特溶解於水銀而生有光輝之
 銨錄齊,⁽¹⁾且與鉀鹽相當之銨鹽,其組
 成,品形及其他化學的諸性質,亦極
 相似。

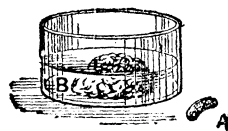
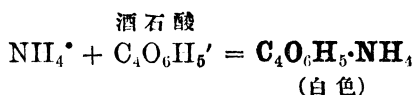
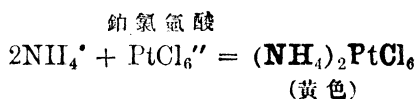
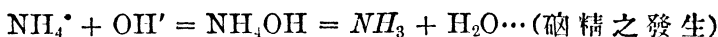


圖 187——銨錄齊(A)及
 投銨錄齊於水中時之
 狀態(B)。

2. 銨離子. $[\text{NH}_4^+]$ 銨離子為
 一價之陽離子,無色.遇鉑氯氫酸生黃色沉澱,遇酒石酸析出
 白色沉澱,與鉀離子無異。



然銨離子若與鹽基(氫氧離子)共熱,則分解而發生鹵
 精。



此外銨鹽遇涅斯勒爾試液(Nessler's reagent),⁽²⁾則析出黃褐色
 之沉澱.又不呈特異之焰色反應,故得與鉀離子相識別。

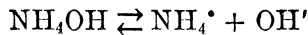
3. 氫氧化銨. $[\text{NH}_4\text{OH}]$ ⁽³⁾ 水在常溫約吸收800倍體積
 之鹵精,而其體積稍膨脹.因起次之反應,而生氫氧化銨故也。

(1) 取鈉錄齊作用於氯化銨之濃溶液則生銨錄齊: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HgNa} = \text{Hg}(\text{NH}_4) + \text{NaCl}$.然放置之,則分解為鹵精與輕氣而膨大. (2) 涅斯勒爾
 試液 $\text{NH}_4\text{OH} + 2\text{HgI}_2 + 3\text{KOH} = (\text{NH}_2\cdot\text{HgI} + \text{HgO}) + 3\text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$ (3) 鹵
 (黃色沉澱)

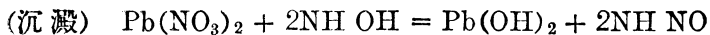
精水及氯化銨,可參照第67頁,第70頁。



氫氧化銻爲甚不安定之物質，祇存在於水溶液中，常起 $NH_4OH \rightarrow NH_3 + H_2O$ 之分解，而發鹵精之臭氣，又多少電離而生銻離子與氫氧離子。



此物爲銻鹽之原料，又因其生氫氧離子，故常供酸之中和，氫氧化金屬之沉澱等之用。



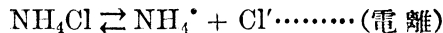
4. 氯化銻. $[NH_4Cl]$ 使鹵精吸收於鹽酸，則生氯化銻。



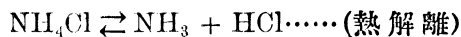
蒸發乾固此液後，可使之昇華。

此處所用之鹵精氣，乃加石灰乳於鹵精液（製造煤氣時所得之副產物）中，煮沸之而發生者。

氯化銻俗稱鹵砂 (Sal ammoniac)。成類似食鹽之白色結晶，溶解於三倍量之水，呈鹹味頗著，



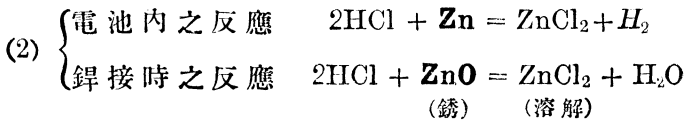
此鹽受熱，則不融解，而解離爲氯化氫與鹵精，冷則復化合而爲氯化銻。



此物之得適用昇華精製法者以此。

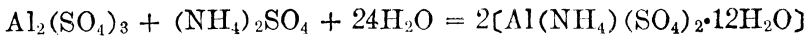
氯化銻之用途，多爲利用其易解離爲氯化氫與鹵精之

性質，如 (1) 熱之，而使其分解生成物之氯化氫吸收於生石灰中，則可得鹵精；(2) 其所生氯化氫，有溶解金屬或其氧化物之性，故用以塗敷電池，或金屬之鐳界面。



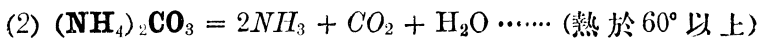
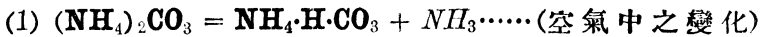
5. 其他之銍鹽。硫酸銍。【 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 】為導鹵精於硫酸而製得之棱柱狀之無色鹽，易溶解於水，與硫酸鋁相合則生明礬。

銍明礬

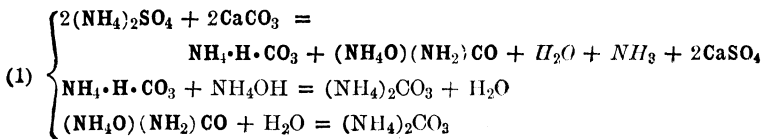


硫酸銍供肥料之用，或為銍化合物之原料。

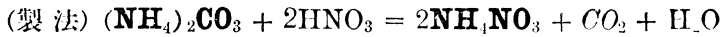
碳酸銍。【 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 】為可溶性之白色鹽，混和硫酸銍與碳酸鈣而灼熱之，即生此物，可用水浸出之。此鹽常發散⁽¹⁾鹵精之臭氣，漸次變化而為酸式碳酸銍，被熱則分解為碳酸氣，鹵精及水。



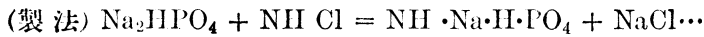
第二之變化，常利用之以膨脹麵包。



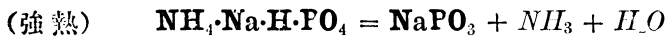
硝酸銹。 $[\text{NH}_4\text{NO}_3]$ 加硝酸於碳酸銹可得此物，爲無色棱柱狀之結晶，善溶解於水，受熱則分解而發生一氧化二氮⁽¹⁾ (第214頁)。



磷酸氫鈉銹。 $[\text{NH}_4\cdot\text{Na}\cdot\text{H}\cdot\text{PO}_4]$ 爲蒸發氯化銹與磷酸氫二鈉之混合溶液而得之結晶鹽，使附着於鉑綫端之小環上而強熱之，則生玻璃狀之二縮原磷酸鈉 (NaPO_3) (第513頁)。



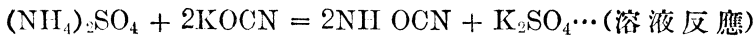
……………(溶液內之反應)



二縮原磷酸鈉，能熔融氧化金屬而着色，故此物與硼砂同，常供分析之用。

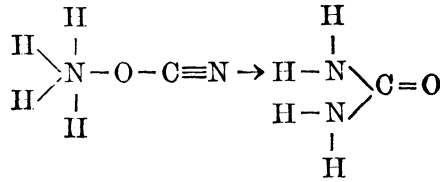
6. 尿素。 $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ 加⁽²⁾ 脒酸鉀 (KOCN) 溶液於硫酸銹之水溶液而蒸發之，則生脒酸銹。

脒酸銹

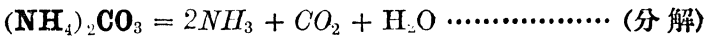


但此物質甚不安定，當其生成之際，即起構造上之變化，而成⁽³⁾ 尿素 (Urea) 。

(1) 急熱之，則起下之反應： $2\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。(2) 脒酸鉀由脒化鉀與鉛丹共熱氧化而製成者。 $\text{KCN} + \text{Pb}_3\text{O}_4 = \text{KOCN} + 3\text{PbO}$ 。(3) 此變化爲1828年德人味勒(Wöhler)氏29歲時所行之實驗，凡生於生物體內之物質而得人造之實驗，以此爲嚆矢，故極有名。



尿素⁽¹⁾為無色針狀之結晶,善溶解於水,受黴菌之接觸作用,則與水化合而變為碳酸銨,更分解之,則發生銨精。



尿中約含有尿素3%,若起上之反應時,常始生銨精,終成硝酸鹽,故極有肥料之效。

7. 摘要. 銨根 NH_4 , 一價.

化學式	名稱	製法	性質	用途
(NH_4)	銨根 (Ammonium)	——	不游離生銨齊造相當於鉀之化合物。	——
NH_4^+	銨離子 (Ammonium ion)	NH_4 化合物之溶解。	無色,一價。因 PtCl_6^{4-} 沉澱變涅斯勒爾試液為赤褐色。	——
NH_4OH	氫氧化銨 (Ammonium hydroxide)	導 NH_3 於水。	無色溶液,呈鹼性,熱則分解。	試藥,銨鹽之原料。

(1) 用尿製尿素時可蒸發尿汁使之濃厚,加以硝酸,集取所生之硝酸尿質,更與碳酸銨共熔融之即得。

NH_4Cl	氯化銨(硃砂) (Ammonium chloride)	導 NH_3 於 HCl 溶液中。	白色可溶結晶,昇華,熱解離。	硃精製造,電池,鋅接。
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	硫酸銨 (Ammonium sulphate)	導入 NH_3 於 H_2SO_4 中。	白色可溶性結晶,造複鹽。	肥料,複鹽之製造,碳酸銨之原料。
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	碳酸銨 (Ammonium carbonate)	用 CaCO_3 處理 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。	白色結晶,可溶,分解之,發生硃精。	麵包之製造。
NH_4NO_3	硝酸銨 (Ammonium nitrate)	加 HNO_3 於 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 中。	潮解性結晶,熱則發生 N_2O 。	N_2O 之製造。
$\text{NH}_4 \cdot \text{Na} \cdot \text{H} \cdot \text{PO}_4$	磷酸氫鈉銨 (Microcosmic salt)	加 NH_4Cl 於 Na_2HPO_4 。	白色結晶,熔融則為 NaPO_3 , 熔合氧化金屬而着色。	分析用。
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	尿 素 (Urea)	加 KOCN 於 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。	無色結晶,起加水分解而生 NH_3 。	肥料。

8. 問題.

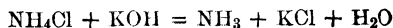
1. 試比較銨與鹼金屬.

同 一 之 點. (1) 生銨齊, (2) 其氮氧化物呈鹼性反應, (3) 鹽類為無色或可溶性之同形結晶。

相 異 之 點. (1) 銨不呈焰色反應, (2) 如將銨之氮氧化物加熱則完全分解。

2. 由銨鹽製硃精之方法如何. 又由硃精製銨鹽之方法如何.

圖 加氮氧化鹼於銨鹽, 熱之, 即發生硃精。

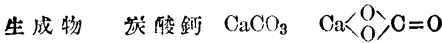
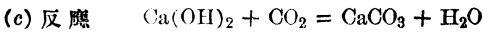
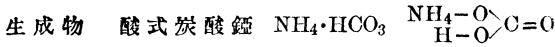
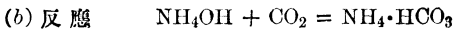
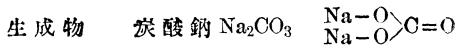
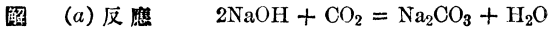


導硃精於酸, 則得銨鹽。



3. 加鹽酸,硫酸,硝酸於氫氧化銹時所生之變化,試各以化學方程式表之.

4. 通碳酸氣於 (a) 氫氧化鈉; (b) 氫氧化銹; (c) 氫氧化鈣時所生之反應,生成物之名稱,分子式及構造式試分記之.



5. 下列變化,試用方程式表之.

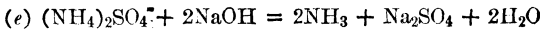
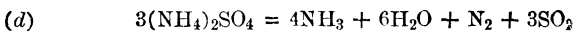
(a) 熱硝酸銹時; (358 頁)

(b) 加碳酸氫銹於食鹽水時; (506 頁)

(c) 加硫酸鋁於硫酸銹而蒸發其溶液時; (537 頁)

(d) 熱硫酸銹時;

(e) 加苛性鈉於硫酸銹而熱之時.



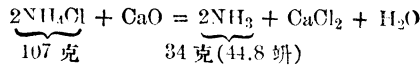
6. 試述尿素之製法及其性質. (538 頁)

7. 以礪精水與 1 尅之純硫酸中和時,能生幾克之硫酸銹.

答 1.4 尪。

8. 以石灰分解 50 克之氯化銦以製鹵精,此時所得氣體之體積,在 17°C ., 754 耗之下爲若干卬。又此氣體如悉爲 1 尪之水所吸收時,可得幾%之鹵精水。

圖 以石灰分解氯化銦時關係如下:



故由氯化銦 50 克所得之鹵精,在標準狀況時之體積爲

$$44.8 \text{ 卬} \times \frac{50}{107} = 20.93 \text{ 卬。}$$

如就 17°C ., 754 耗改算,則得

$$20.93 \text{ 卬} \times \frac{273 + 17}{273} \times \frac{760}{754} = 22.41 \text{ 卬。}$$

然而鹵精之重量爲 $50 \text{ 克} \times \frac{34}{107} = 15.9 \text{ 克。}$

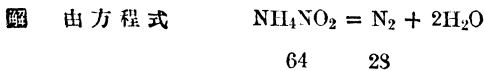
如爲 1 尪之水所吸收,則得

$$\frac{15.9}{1000 + 15.9} \times 100 = 1.56\%$$

之鹵精水

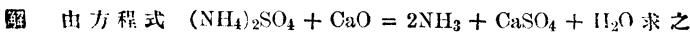
答 22.41 卬, 1.56%。

9. 欲得 7 克之淡氣,須熱亞硝酸銦幾克。



$$7 \text{ 克} \times \frac{64}{28} = 16 \text{ 克} \qquad \text{答 16 克。}$$

10. 硫酸銦 20 克與生石灰共熱時,所生鹵精之體積若干。



答 6.8 卬。

11. 硫酸銨與智利硝石之肥料的價值,因其含氮之量而定,試由數量的比較之。

解 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 132$ 中含有 $2\text{N} = 28$, 故含氮之比例為 $\frac{28}{132}$. 又 $\text{NaNO}_3 = 85$ 中含有 $\text{N} = 14$, 故含氮之比例為 $\frac{14}{85}$. 故硫酸銨與智利硝石含氮之量之比如下:

$$\frac{28}{132} : \frac{14}{85} \text{ 即 } 85 : 66 \qquad \text{答 } 85 : 66.$$

12. 問有下列重量組成之物質,其實驗式如何。

氮 46.66, 氫 6.67 碳 20.00 氧 26.67.

解

$$\begin{aligned} \text{碳} \dots \frac{20.00}{12} &= 1.67 \dots\dots 1 \\ \text{氧} \dots \frac{26.67}{16} &= 1.67 \dots\dots 1 \\ \text{氮} \dots \frac{46.67}{14} &= 3.33 \dots\dots 2 \\ \text{氫} \dots \frac{6.67}{1} &= 6.67 \dots\dots 4 \end{aligned} \quad \therefore \text{CO}(\text{NH}_2)_2.$$

9. 實驗.

1. 加鹼於氯化銨熱之,使發生硝精。
2. 用涅斯勒爾試藥以檢查銨離子。

第四部 元素結論

第一章 金屬之摘要⁽¹⁾

1. 金屬及其化合物一覽表。茲總括以上所研究之金屬及其化合物之種類，列表如下，但表中之化學式之分為方頭字，普通字，斜體字以為區別者，乃各表示其為不溶於水，易溶或稍溶也。

	元 素	比 重	融 點	符 號	原 子 價	單 離 子 ⁽³⁾ (色)	錯 離 子 (複 離 子)(色)
金 族	金(黃)	19.3	1062°	Au	1,3	Au ⁺⁺⁺ (黃)?	AnCl ₄ '(黃) Au(CN) ₄ '(無)
	鉑 ⁽⁴⁾	21.4	1750°	Pt	2,4	Pt ⁺⁺⁺ (黃褐)	PtCl ₆ '(黃褐)
銅 族	銀	10.5	960°	Ag	1	Ag ⁺ (無)	Ag(CN) ₂ '(無)
	銻	13.6	-28.9°	Hg	1,2	Hg ⁺ Hg ⁺⁺ (無)	————
	銅(黃赤)	8.9	1050°	Cu	1,2	Cu ⁺⁺ (青)	Cu(CN) ₂ '(無)
鐵 族	鐵	7.8	1600°	Fe	2,3	Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ (殆無)	Fe(CN) ₆ '''(淡黃) Fe(CN) ₆ '''(淡赤)
	鉻	6.8	3000°	Cr	2,3	Cr ⁺⁺⁺ (黃)	CrO ₄ '(黃) Cr ₂ O ₇ '(赤褐)
	錳	7.0	1245°	Mn	2,3	Mn ⁺⁺ (紅淡)	MnO ₄ '(綠) MnO ₄ '(紫)
	鎳	8.9	1500°	Ni	2	Ni ⁺⁺ (綠)	————
	鈷	8.5	1500°	Co	2	Co ⁺⁺ (桃)	————

(1) 本章乃為複習第三篇而設者。(2) 普通所研究之金屬及其化合物之種類約200種內外。(3) 參照別圖溶液之色。(4) 凡金屬元素及化合物之不附記色者，為白色或近於白色之物質。

錫族	錫	7.3	235°	Sn	2,4	Sn ⁺⁺ , Sn ⁺⁺⁺ (無)	——
	鉛	11.4	326°	Pb	2	Pb ⁺⁺ (無)	——
	鉍	9.9	270°	Bi	3	Bi ⁺⁺⁺ (無)	——
鋅土族	鋅	7.2	418°	Zn	2	Zn ⁺⁺ (無)	ZnO ₂ ^{''} (無)
	鎂	1.75	750°	Mg	2	Mg ⁺⁺ (無)	——
	鋁	2.6	700°	Al	3	Al ⁺⁺⁺ (無)	AlO ₃ ^{'''} (無)
鹼土族	鈣	1.55	760°	Ca	2	Ca ⁺⁺ (無)	——
	鐳	2.5	——	Sr	2	Sr ⁺⁺ (無)	——
	鋇	3.75	——	Ba	2	Ba ⁺⁺ (無)	——
鹼族	鈉	0.97	97.5°	Na	1	Na ⁺ (無)	——
	鉀	0.87	62.5°	K	1	K ⁺ (無)	——
	(銻)	——	——	(NH ₄)	1	NH ₄ ⁺ (無)	——

元 素	氧 化 物 (O)	氫 氧 化 物 (OH)	硫 化 物 (S)	氯 化 物 (Cl)	硝 酸 鹽 (NO ₃)
金	——	——	——	AuCl AuCl₃ (黃)	——
鉑	——	——	——	PtCl₄ (褐)	——
銀	(Ag₂O) (灰)	——	Ag₂S (黑)	AgCl	AgNO₃
銻	HgO (赤)	——	HgS (赤)	HgCl HgCl₂	HgNO₃ Hg(NO₃)₂
銅	Cu₂O CuO (暗赤)(黑)	Cu(OH)₂ (青)	Cu₂S , CuS (黑)	CuCl CuCl₂ (青)	Cu(NO₃)₂ (青)
鐵	(FeO) , Fe₂O₃ (褐) Fe₂O₄ (黑紫)	Fe(OH)₂ (淡綠) Fe(OH)₃ (褐)	FeS , FeS₂ (黑)	FeCl₂ (淡褐) FeCl₃ (褐)	Fe(NO₃)₃ (褐)
鉻	Cr₂C₃ (綠)	Cr(OH)₃ (綠)	——	CrCl₃ (董綠)	——
錳	MnO₂ (黑)	Mn(OH)₂ (淡紅)	MnS (淡紅)	MnCl₂ (淡紅)	Mn(NO₃)₂ (淡紅)
鎳	NiO (黑)	Ni(OH)₂ (綠)	NiS (黑)	NiCl₂ (綠)	Ni(NO₃)₂ (綠)
鈷	CoO (黑)	Co(OH)₂ (桃)	CoS (黑)	CoCl₂ (桃)	Co(NO₃)₂ (桃)

錫	SnO_2	—	SnS (黑)	SnCl_2 SnCl_4	—
鉛	PbO , PbO_2 (淡黃) (黑褐)	Pb(OH)_2	PbS (黑)	PbCl_2	$\text{Pb(NO}_3)_2$
鉍	Pb_3O_4 (赤)	Bi(OH)_3	(Bi_2O_3) (黑)	—	$\text{Bi(NO}_3)_3$
鋅	ZnO	Zn(OH)_2	ZnS (白)	ZnCl_2	$\text{Zn(NO}_3)_2$
鎂	MgO	Mg(OH)_2	—	MgCl_2	$\text{Mg(NO}_3)_2$
鋁	Al_2O_3	Al(OH)_3	—	AlCl_3	—
鈣	CaO	Ca(OH)_2	CaS (黑)	CaCl_2	$\text{Ca(NO}_3)_2$
銻	SrO	Sr(OH)_2	—	SrCl_2	$\text{Sr(NO}_3)_2$
鋇	BaO , BaO_2	Ba(OH)_2	—	BaCl_2	$\text{Ba(NO}_3)_2$
鈉	Na_2O_2	NaOH	Na_2S (灰)	NaCl	NaNO_3
鉀	K_2O_2	KOH	K_2S (灰)	KCl	KNO_3
(銨)	—	NH_4OH	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (無)	NH_4Cl	NH_4NO_3 (NH_4NO_2)

元 素	炭 酸 鹽 (CC_3)	硫 酸 鹽 (SO_4)	其 他 之 鹽 (I , Br , CN , Cr_2O_7 , (MnO_4 , C_2H_3) 等)	複 鹽, 錯 鹽
金	—	—	—	HAuCl_4 (黃) KAu(CN)_4 NaAuCl_4 (黃赤)
鉑	—	—	—	H_2PtCl_6 , K_2PtCl_6 (黃赤) (黃赤) $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ (赤黃) BaPt(CN)_4 (黃)
銀	—	Ag_2SO_4	AgI , AgBr (黃) (淡黃)	KAg(CN)_2
汞	—	Hg_2SO_4 HgSO_4	—	—
銅	$\text{CuCO}_3?$	CuSO_4 (黃)	$\text{Cu(C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ (青) CuCCl_3 , Cu(OH)_2 (綠青)	KCu(CN)_2

鐵	FeCO_3	FeSO_4 (淡綠) $\text{Fe}_2\text{SO}_4\cdot 3$ (褐)	$\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$ (褐)	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6, \text{FeK}(\text{SO}_4)_2$ (黃) (淡紫)
鉻	-----	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (紫)	$\text{K}_2\text{CrO}_4, \text{PbCrO}_4$ (黃) (黃)	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (赤) $\text{CrK}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ (黑紫)
錳	MnCO_3 (淡紅)	MnSO_4 (淡紅)	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (赤) KMnO_4 (紫)	-----
鎳	NiCO_3 (綠)	NiSO_4 (綠)	-----	$\text{NiSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (綠)
鈷	CoCO_3 (桃)	CoSO_4 (桃)	-----	-----
錫	-----	-----	-----	-----
鉛	PbCO_3	PbSO_4	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ $\text{Pb}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$	-----
鉍	-----	-----	$\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$	-----
鋅	ZnCO_3	ZnSO_4	-----	-----
鎂	MgCO_3	MgSO_4	-----	-----
鋁	-----	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Na_3AlCl_3	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2, \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$
鈣	CaCO_3	CaSO_4	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2, \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	-----
銣	SrCO_3	SrSO_4	-----	-----
鋇	BaCO_3	BaSO_4	-----	-----
鈉	Na_2CO_3 NaHCO_3	Na_2SO_4 NaHSO_4	$\text{Na}_2\text{SO}_3, \text{Na}_2\text{HPO}_4$ $(\text{Na}_2)_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	-----
鉀	K_2CO_3	K_2SO_4 KHSO_4	$\text{KB}, \text{KI}, \text{KClO}_3$ KCN, KSCN	-----
銨	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ $\text{NH}_4\cdot\text{CO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4\text{NaHPO}_4$ $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$	-----

2. 金屬之產生. 金屬在天然間, 雖有為遊離狀者, 然多成氧化物, 硫化物或鹽類而產生, 此等之中, 供金屬之冶金用

之原礦如下:

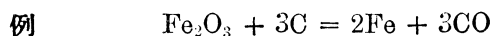
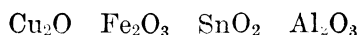
- (1) 游離者 Au Pt, Cu(稀), Bi
- (2) 氧化物 Cu_2O , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Cu_2O_3 , MnO_2 , SnO_2 , Al_2O_3
- (3) 硫化物 Cu_2S , CuFeS_2 , Ag_2S , HgS , NiS , CoS , ZnS ,
PbS
- (4) 鹽類 FeCO_3 , ZnCO_3 , MgCl_2 , $\text{H}_2(\text{NiMg})\text{SiO}_4$, CaCl_2 ,
 SrCl_2 , BaCl_2 , NaCl KCl

3. 金屬之冶金. 由上之礦石提煉其金屬時,常用次之方法(第388頁).

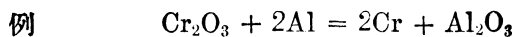
(1) 集取其游離物而精製者,爲:



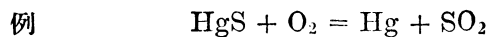
(2) 用碳使氧化物還原者(但藉電流之作用),爲:



(3) 用鋁使氧化物還原者,爲:

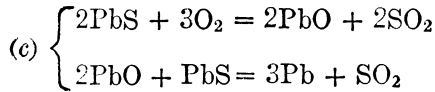
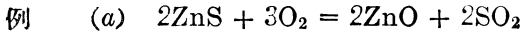


(4) 焙燒硫化物而使分解者,爲:

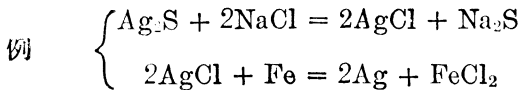


(5) 焙燒硫化物使變爲氧化物後更(a)用碳還原者,(b)用鋁還原者,(c)用該金屬之硫化物還原者,爲

(a) ZnS, PbS (b) NiS, CoS (c) Cu₂S, PbS



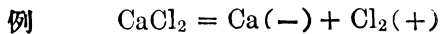
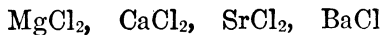
(6) 變硫化物爲氯化物後,用鐵使金屬遊離者,爲



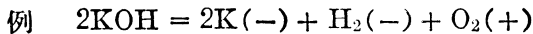
(7) 焙燒碳酸鹽使變爲氧化物,更用炭還原之者,爲:



(8) 電解氯化物者,爲



(9) 電解氫氧化物者,爲



4. 金屬之物理性質. (1) 色.

(a) 銀白色 Ag, Hg, Mg, Ca, K Na

(b) 帶青白色 Ni Co, Sn, Pb Zn, Al

(c) 灰白色 Pt, Fe Cr

(d) 赤或黃色 Au (黃), Cu (帶赤黃色), Mn Bi (帶赤灰), Ba, Sr (帶黃白)

(2) 展延性, 強韌性. 金屬若依此性質大小之順序而排列之, 則如次.

(a) 展性 ⁽¹⁾ Au, Ag, Al, Cu Sn Pt Pb Zn Fe Ni

(b) 延性 ⁽²⁾ Pt Au, Ag, Al Cu Fe Ni Zn, Sn, Pb

(c) 強韌性 ⁽³⁾ Fe Cu Pt, Ag, Au, Al, Zn Pb

(3) 傳導性. 金屬之熱及電傳導性, 其大小之順序如次.
傳導性 Ag, Cu, Au Al Zn Pt Sn Fe, Pb Hg

(4) 硬度. 金屬中有如鋼之硬者, 有如鈉之用刀容易切斷者, 其大小度順序可依次列之如次.

硬度 Fe (鋼), Ni, Pt, Cu, Al, Ag, Zn, Au, Sn, Pb, Na, K

(5) 融點, 沸點. 水銀為唯一在常溫成液態之金屬, 鈉於熱水之溫度能熔融, 錫熔於炭火中, 鉑過氫氧焰而漸融解, 但一般金屬之沸點甚高, 然在下表中由沸點比較的低之水銀至鋅止之諸金屬可用蒸餾法製得之.

融點	Hg(-39°),	K(62°),	Na(98°),	Sn(230°),
	Bi(270°),	Pb(326°),	Zn(418°),	Al(700°),
	Mg(750°),	Ag(1000°),	Au(1062°),	Cu(1050°),
	Ni(1500°),	Fe(1600°),	Pt(1770°)	

(1) 其厚可至萬分之一耗. (2) 其徑為五千分之一耗. (3) 斷面一平方耗為6J耗.

沸點 Hg(360°), K(720°), Na(878°), Zn(950°), Mg(1100°),
Sn(1500°), Pb(1525°), Au(2530°)

(6) 比重. 金屬常因其比重之大小而區別為二種. 凡比重在四以下者稱為輕金屬 (Light metal), 在四以上者稱為重金屬 (Heavy metal), 茲依金屬比重之順序而列舉之如下:

(輕金屬) K(比重 0.87), Na(0.97), Mg(1.75), Al(2.6),
(重金屬) Cr(6.8), Mn(7.0), Zn(7.2), Sn(7.3), Fe(7.8),
Ni(8.9), Cu(8.9), Ag(10.5), Pb(11.4), Hg(13.6),
Au(19.3), Pt(21.4)

(7) 原子熱. 使金屬一克原子量升高溫度一度時所要之熱量, 不拘其金屬之種類為何, 悉為 6.4 卡路里內外. 此 6.4 稱為原子熱 (Atomic heat). 又以發見者之名而稱此事實為度隆皮替⁽¹⁾ (Dulong Petit) 定律. 由此定律, 則某金屬一克, 其溫度每升高一度所要之熱量, 即比熱, 應與以其原子量除 6.4 所得之商相當. 故反之原子量未知之元素, 若測定其比熱, 即可推定其原子量.

$$\text{原子量之概值} = \frac{6.4}{\text{比熱}}$$

(8) 合金. 互相融合之金屬, 其中有得視為化合物者, 亦有得視為混合物者. 茲就此等之主要性質分類如下:

(1) 利用硬度者. 鋼(鐵與碳, 鉻, 錳, 鎳), 細工用之金銀(銅

(1) 此定律亦適合於固態非金屬. 但無論如何, 悉限於原子是為 30 以上之元素.

之合金), 銑彈(鉛與砷)。

(2) 利用容易融解之性者。 融金(銻, 鉛, 錫, 鎊), 黃銅(銅與鋅), 青銅(銅與錫), 錒鐵(錫與鉛)。

(3) 利用色澤者。 黃銅, 青銅, 錫銻齊(錫, 水銀), 四分一(銅與銀), 日耳曼銀(鋅, 鎳, 銅), 赤銅(銅, 金, 銀), 鉛青銅(銅, 鉛)。

(4) (a) 凝固時膨脹者。 活字金(鉛, 銻, 錫)。

(b) 受熱不伸縮者。 鎳鋼(Invar)(鐵, 鎳)。

(c) 輕而強韌者。 鎂鋁齊(鎂, 鋁)。

5. 金屬之化學性質。 (1) 離子化傾向。 金屬一般有易變化為陽離子之傾向(第349頁), 此傾向鹼族最大, 金族最小。 今就諸金屬之離子化傾向而比較之如下:

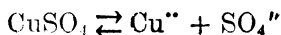
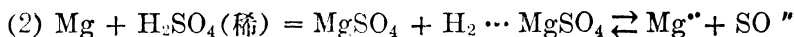
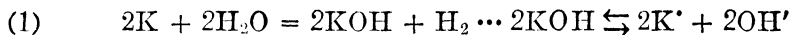
(依離子化傾向
之大小為順序) K Na Ca Mg Al Zn Fe Ni Sn
Pb (H) Cu (As) (Sb) Hg Ag Pt Au

此表中之在上位者, 較在次位者容易離子化:

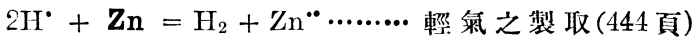
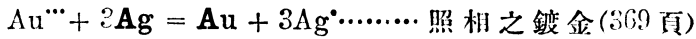
(1) K - Ca 間之金屬, 在常溫溶解於水而成離子,

(2) Mg - Pb 間之金屬, 溶解於稀薄酸類而成離子,

(3) Cu - Au 間之金屬, 與呈氧化作用之酸類相作用, 始變為離子, 例如



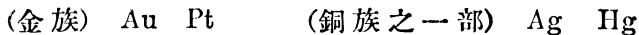
又上位之金屬能將下位之金屬離子,自其溶液中逐出而自身變為離子,例如:



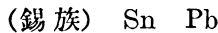
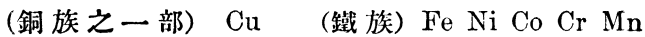
金屬離子屢與非金屬離子化合而生種種之錯離子,錯離子多為陰離子.



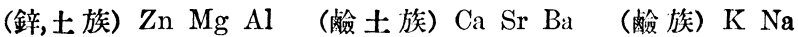
(2) 對於養氣之作用. (1) 熱於空氣中全不氧化,或難氧化者.



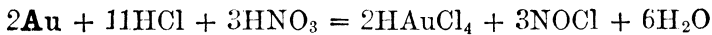
(2) 在空氣中徐徐氧化,受熱則容易氧化者.



(3) 在空氣中氧化,受熱則燃燒劇烈者.

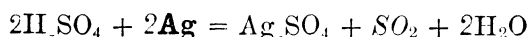


(3) 對於酸類之作用. (1) 金族元素 (Au,Pt) 祇為王水中之發生機氣所侵蝕.

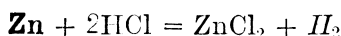


(2) 銅族元素 (Ag,Hg,Cu) 受氧化劑之作用,則溶解於酸.因而

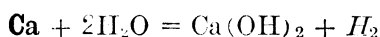
溶解於呈氧化作用之酸(如濃硝酸,熱濃硫酸)中,且同時發生因酸之還原而生之氣體(NO, SO₂).



(3)鐵族(Fe),鋅族,土族(Zn, Mg, Al)及錫族之元素概溶解於稀薄之酸而發生輕氣,但此等諸族中之元素,亦有缺乏此性者,



(4)鹼土族(Ca, Sr, Ba)及鹼族(K, Na)之元素溶解於水,



6. 金屬化合物之特性. (1)離子之色(着色圖).

(1)無色(或幾無色) Ag⁺ Hg⁺ Hg²⁺ Fe²⁺ Fe³⁺ Sn²⁺ Sn⁴⁺
 Pb²⁺ Bi³⁺ Zn²⁺ Mg²⁺ Al³⁺ Ca²⁺ Sr²⁺ Ba²⁺ Na⁺
 K⁺ NH₄⁺ Au(CN)₄⁻ Ag(CN)₂⁻ Cu(CN)₂⁻ ZnO₂²⁻
 AlO₃³⁻ Fe(CN)₆³⁻ Fe(CN)₆⁴⁻

(2)有色 桃色 Co²⁺ 肉色 Mn²⁺ 赤褐色 Cr₂O₇²⁻ 褐色 PtCl₄²⁻
 黃色 Au³⁺ AuCl₄⁻ CrO₄²⁻ 綠色 Ni²⁺ MnO₄⁻ Cr³⁺
 (伴有 Cr(OH)₃ 故) 青色 Cu²⁺ 深青色 Cu(NH₃)₄²⁺
 紫色 Cr⁶⁺ MnO₄⁻

(2)氧化物. (1)金屬氧化物之產於天然間者,概為結晶形,而人造品則常為粉末狀,其中色白者居多,而呈色者亦不少.

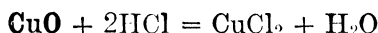
白色 SnO₂ ZnO MgO Al₂O₃ CaO SrO BaO BaO₂

赤色 HgO Cu_2O Pb_3O_4 黃色 KO_2 Na_2O_2

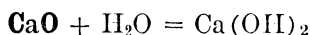
黃褐色 PbO 褐色 Fe_2O_3 黑褐色 PbO_2

黑色 CuO Fe_3O_4 MnO_2 綠色 Cr_2O_3

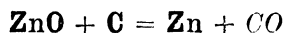
(2) 氧化物溶解於任何酸中, 但三氧化二鋁(強熱之者及天然產者)為例外.



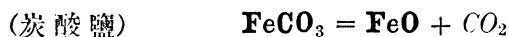
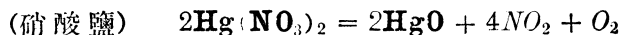
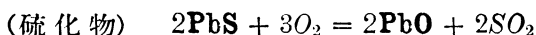
(3) 鹼土族及鹼族之氧化物, 溶解於水而為氫氧化物.



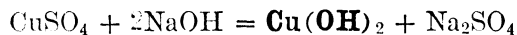
(4) 氧化物概得為碳(輕氣, 鋁)所還原.



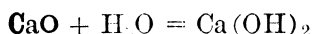
(5) 氧化物由燃燒金屬之硫化物, 或灼熱氫氧化物, 碳酸鹽, 硝酸鹽而製之.



(3) 氫氧化物. 金屬之氫氧化物即鹽基, 由加氫氧化鹼於鹽類之水溶液而製之.



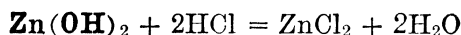
但鹼土金屬及鹼金屬之氫氧化物, 為加水於其氧化物而製之.



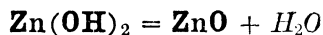
氫氧化物概爲白色無定形，鹼金屬之氫氧化物〔KOH, NaOH〕極易溶於水，鹼土金屬氫氧化物〔Ca(OH)₂, Ba(OH)₂〕稍難溶解，其他之金屬氫氧化物，則幾不溶，或全不溶解。又上之可溶性氫氧化物呈鹼性。



其不溶解之氫氧化物，亦能中和酸而生鹽。



鹼族及鹼土族以外之金屬之氫氧化物，若被灼熱，則放出水分而變爲氧化物。



(4) 硫化物。 (1) 硫化物概爲黑色，ZnS之呈白色，MnS之呈肉色 (Sb₂S₃ 爲橙色，As₂S₃ 爲黃色)，乃其例外。 (2) 硫化物之溶解性如次。

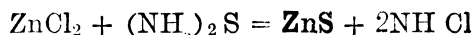
a. 溶解於水者。 鹼族(Na, K)

b. 溶解於薄酸者。 鐵族(Fe, Ni, Co, Mn) 鋅族(Zn)

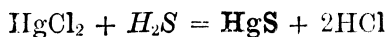
c. 不溶於薄酸者。 銅族(Cu, Hg, Ag) 錫族(Sn, Pb, Bi, Cd)

故(a)之金屬化合物，雖爲硫化物，而不沉澱於其水溶液中。

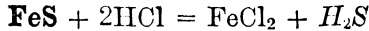
(b)因硫化鋅而沉澱。



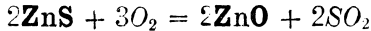
(c)因硫化鋅及硫化二氫而沉澱



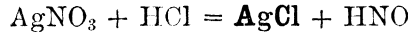
(3)加酸於可溶於酸之硫化物,則生硫化二氫.



(4)一般硫化物被強熱,則成氧化物.

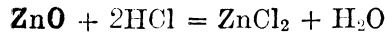
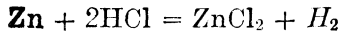


(5)氯化物. 氯化物概易溶解於水,其不溶解者僅為銀(AgCl),一價銻(HgCl),鉛(PbCl₂)之氯化物.故加氯化物之水溶液於此三金屬之鹽類溶液時,則成氯化物而沉澱.



氯化物概為白色或無色之結晶.故凡金屬,其離子若有色,則其氯化物之色,亦如其離子之色.

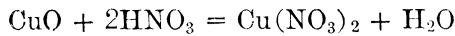
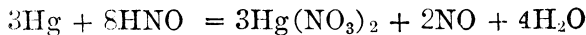
製氯化物時,常溶解金屬或其氧化物於鹽酸.



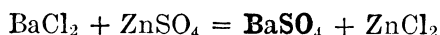
(6)硝酸鹽. 硝酸鹽悉溶解於水概形成結晶而與其離子同色.熱之則分解而殘留氧化物.



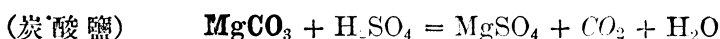
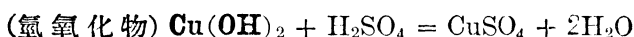
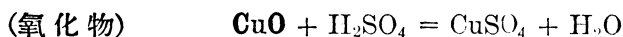
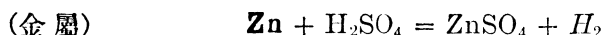
此類鹽由溶解金屬或金屬氧化物於硝酸而製之.



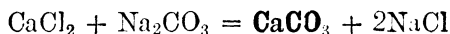
(7)硫酸鹽. 硫酸鹽亦為易溶解於水之結晶,惟鹼土金屬之硫酸鹽(CaSO₄,SrSO₄,BaSO₄),則幾不溶於水.故後者可加可溶性之硫酸鹽於其氯化物而使之沉澱.



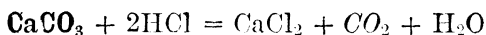
製硫酸鹽時,可使金屬或其化合物作用硫酸中即得.



(8) 碳酸鹽. 碳酸鹽爲難溶解於水之固體,可溶解者僅鹼金屬之碳酸鹽 ($\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{K}_2\text{CO}_3$), 鹼土金屬之酸式碳酸鹽 [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$] 等而已. 故欲使種種金屬變爲碳酸鹽而沉澱時,常使用碳酸鹼.



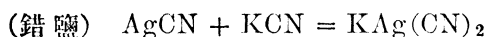
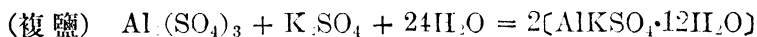
碳酸鹽容易溶解於酸而發生碳酸氣.



灼熱之則變爲氧化物,但鹼金屬之碳酸鹽爲例外.



(9) 複鹽,錯鹽. 硫酸鹽中多能成複鹽者,精鹽中多能成錯鹽者.但此等之鹽,一般由二種鹽之混合而得.



(10) 焰色及硼砂珠反應. 金屬揮發性鹽類(氯化物爲主)之焰色反應,及金屬不揮發性化合物(以氧化物爲主)與硼

砂融合而着色之反應如下(參照着色圖)。

焰色反應		硼砂珠由氧化焰	
Ca.....赤黃色	Na.....黃色	Cu.....青綠色	Mn.....紫色
Sr.....深紅色	K.....紫色	Co.....青色	Fe.....黃色
Ba.....黃綠色	Cu.....綠色	Ni.....黃色	Cr.....黃綠色

將着色焰所發之光,使通過三稜鏡時,則生由數個輝線所成之景(Spectrum)。而輝線之位置,乃各元素所特有(參照着色反應圖)。故若檢驗其景,則雖極微量之元素,亦能檢出。此法稱為景析術。

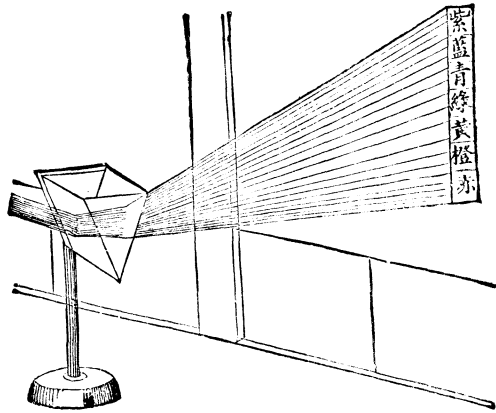


圖 188——日光之景

7. 稀有元素。存於天然間為量甚微之元素,其中對於人生有益者頗屬不少。(1) 鎢(W)之融點,在 3500° 之高溫,故可作成細纖維,用於電燈泡。又混於鋼,以增其硬。(2) 鎢(Ta),銻(Os)亦可製電燈泡之纖維。(3) 鉭(Ir)甚硬,故常使附着於自來水筆尖以防其磨損,又其與鉑之合金,可製器物。(4) 鉬(Mo)混於鋼,可增鋼之強韌性。

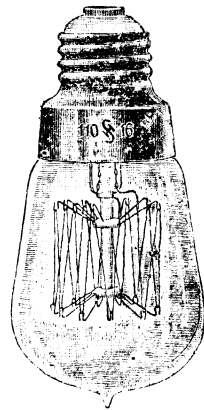


圖 189——鎢絲電燈泡

(5) 釷(Th)及鈾(Ce)則用於煤氣網罩。(6)鈾(U)可製特殊玻璃及顏料。(7)氖(Ne),氬(Ar)等氣體,則用以充特種電燈泡。

8. 問題.

1. 何謂原子熱.
2. 試述合金之性質.
3. 試述金屬可供實用之諸性質,並各舉實例以說明之.

圖 光澤(金,銀), 展性(金,銀,銅,錫,鉛), 延性(鉑,銅,鐵), 強韌性(鐵,銅), 電導度(銅,鐵,鉑), 熱傳導度(銅,鐵,銀), 硬軟性(鐵,鉛), 融點之高低(鉑,錫), 比重之大小(鉑,鉛), 耐性(金,鉑,錫,鋅), 氧化性(鈣), 造合金性(銅,錫).

4. 金屬一般之製鍊法,試說明之.
5. 鉑之比熱 0.032,鐵之比熱 0.114,試由此算出原子量之概數.

圖	鉑	$64 \div 0.032 = 200$	答 {	200
	鐵	$64 \div 0.114 = 56$		

6. 由 Cl' , S'' , SO_4''' 所能沉澱之陽離子如何.

圖 Ag^+ , Cu^{2+} , Ba^{2+}

- 7 試示下列離子之色.

Cl' , NO_3' , Cr_2O_7'' , MnO_4''' , SO_4''' , Ca^{2+} , Ni^{2+} , K^+ , Ag^+ , Al^{3+}

8. 試記硝酸精,氯化銦,硫酸亞鐵,磷酸鈣,三氧化二鋁之分子式,並各該化合物中氮,鐵,鈣,鋁之原子價.

圖	NH_3 , NH_4Cl.....3價	$FeSO_4$.....2價
	$Ca_3(PO_4)_2$.....2價	Al_2O_3.....3價

9. 以下列物質為原料之化學製品,試列舉之.

(a), 食鹽, (b), 骨, (c), 黏土, (d), 牛脂

鹽 (a) 碳酸鈉, 苛性鈉, 綠氣, 漂白粉, 鹽酸 (b) 磷, 過磷, 酸肥料, (c) 陶器, 明礬 (d) 石鹼, 甘油, 蠟燭

10. 試記下列物質所含金屬元素之名稱.

(a) 洋銀 (b) 芒硝 (c) 黃血鹽 (d) 石膏 (e) 螢石

鹽 (a) 鋅, 銅, 鎳 (b) 鈉 (c) 鐵, 鉀 (d) 鈣 (e) 鈣

11. 下列物質之水溶液所呈之反應, 試表示之.

(a) $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (b) Na_2CO_3 (c) NaHCO_3 (d) Na_3PO_4

(e) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (f) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (g) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

鹽 (a) 酸性, (b) (c) (d) (g) 鹼性 (e) 酸性 (f) 中性

12. 金屬之純粹化合物中, 與其組成無關係之通俗的名稱, 試列舉之, 並附記其化學式.

鹽 氧化物 密陀僧 PbO , 鉛丹 Pb_3O_4 , 鋅華 ZnO , 苦土 MgO , 礬土 Al_2O_3 , 生石灰 CaO

氫氧化物 消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 重土 $\text{Ba}(\text{OH})_2$, 苛性蘇打 NaOH , 苛性鉀 KOH

氯化物 氯化金 HAuCl_4 , 金鹽 NaAuCl_4 , 甘汞 HgCl_2 , 昇汞 HgCl_2 , 苦汁 MgCl_2 , 食鹽 NaCl , 硝砂 NH_4Cl

硝酸鹽 硝石 KNO_3 , 智利硝石 NaNO_3 , 挪威硝石 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

碳酸鹽 蘇打 Na_2CO_3 , 小蘇打 NaHCO_3 , 鉛白 $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, 綠青 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

硫酸鹽 綠礬 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 皓礬 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 瀉利鹽 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 膽礬 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 重晶石 BaSO_4

其他 鉛糖 $Pb(C_2H_3O_2)_2$, 黃血鹽 $K_4Fe(CN)_6$, 赤血鹽 $K_3Fe(CN)_6$, 陶

土 $Al_2Si_2O_7$, 硼砂 $Na_2B_4O_7$, 燐鹽 $NaH \cdot NH_4PO_4$, 明礬 $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

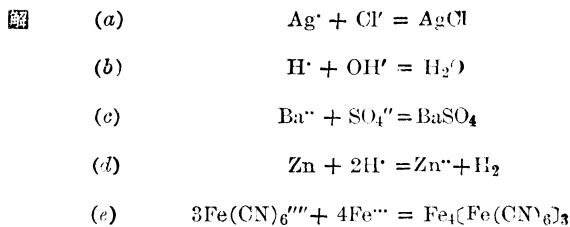
13. 試記有下列化學符號之各元素之名稱。

Ag, Nt, Cd, Rd Hg, Se Li, Te, Mg, Zn

圖 Nt 或作 Rn 氣, Cd 鎘, Rd 鉀, Se 硒, Li 鋰, Te 碲, 其他從畧

14. 下列諸反應試以離子式表之。

- (a) 加食鹽於硝酸銀溶液。
 (b) 用苛性鈉中和稀硫酸。
 (c) 加硫酸於二氯化鋇溶液。
 (d) 加鋅於稀硫酸。
 (e) 加三氯化鐵於黃血鹽。

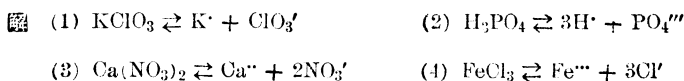


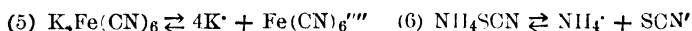
15. 試記下列物質之外觀, 分子式, 特性及其用途。

硫酸銅, 三氯化鐵, 一縮二鉻酸鉀, 硫酸鎳, 二氯化鈷

16. 下列物質之水溶液中之電離狀態如何。

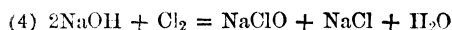
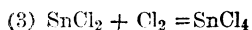
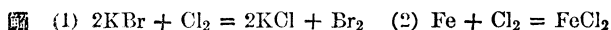
- (1) 氯酸鉀 (2) 磷酸 (3) 硝酸鈣 (4) 三氯化鐵 (5) 黃血鹽 (6) 一硫酸酸鋁



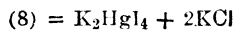
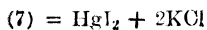
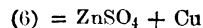
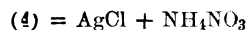
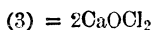
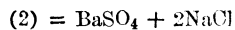
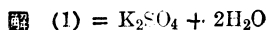
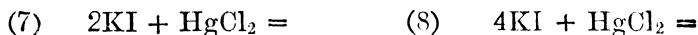
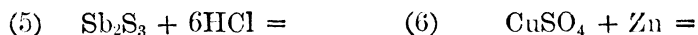


17. 通綠氣於下列各物質時所生之化學變化,試以方程式表之.

- (1) 溴化鉀之水溶液 (2) 在管中被熱之鐵線
 (3) 二氯化錫之水溶液 (4) 苛性鈉之稀薄水溶液
 (5) 苛性鉀之熱濃水溶液



18. 試完結下列之反應方程式.



第二章 元素之週期律

1. 元素之週期律. 元素之物理性質及化學性質,隨其原子量之增加而週期的變遷.此稱為元素之週期定律,或單稱為週期律 (Periodic law)⁽¹⁾.如以鈉為首,將其原子量之順次加大者之六個元素排列之,而綜覽此等之性質與原子量之關係有如下表:

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
原子量	23	24	27	28	31	32	35.5	
物理性質	1. 比重	0.97	1.3	2.6	2.5	2.1	2.0	1.5 (液)
	2. 一克原子量之體積(c.c.) (原子量/比重)	24	14	10	11	14	16	27
	3. 融點	97.5°	633°	657°	難熔	難熔	114.5°	-102°
化學性質	1. 原子價	+1	+2	+3	+4	5, (-3)	6, (-2)	7, (-1)
	2. 氫化物	—	—	—	SiH ₄	PH ₃	SH ₂	ClH
	3. 氧化物 (氧化物之比重)	Na ₂ O (2.8)	MgO (3.7)	Al ₂ O ₃ (4.0)	SiO ₂ (2.7)	P ₂ O ₅ (2.9)	SO ₃ (1.9)	Cl ₂ O ₇ —
	4. 氧化物之水溶液	NaOH	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃	Si(OH) ₄ (H ₄ SiO ₄)	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	HCl
	5. 氯化物	NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	PCl ₅ (PCl ₃)	— (SCl ₂)	—

知上表中元素之性質,因原子量之增加而變遷,得述之如下:

(1) 週期律為俄人門得雷業夫(Mendeleeff)氏37歲時所發見之定律。

(1) 物理的性質. (1) 比重逐次增加,至極最大又逐次減少.即兩端之 Na, Cl 小,而中央之 Al 最大.

(2) 元素一克原子量之體積逐次減少,至最小後逐次增加.即兩端之 Na, Cl 為大,而 Al 最小.

(3) 融點逐次升高後,再低降.即中央之硅最難熔融.

(2) 化學的性質. (1) 原子價逐次增加由一價至七價.即比較其氧化物之化學式,而知 Na, Mg, Al 等,各有一價,二價,三價等之原子價.

(2) 氧化物之水溶液,由鹼性順次至於酸性. NaOH 呈強鹼性, Mg(OH)₂ 呈弱鹼性, Al(OH)₃ 雖無鹼性反應,然能中和酸,且對於鹼呈酸之作用. Si(OH)₄ 則全無酸或鹽基之性質.其後逐次增加酸性,由 H₃PO₄ 經 H₂SO₄ 而至 HCl.

(3) 氯化物之安定度逐次減少. NaCl 雖為極安定之物質, AlCl₃ 稍不安定而起加水分解, PCl₅ 作用於水則即分解.反之氯化物之安定度,則逐次增加.

一般性質變遷之關係,不僅適合於此一系列之元素,即原子量較此更小或更大之諸元素間,亦極適合.即

一列	Li 6.9	Be 9.1	B 11.0	C 12.0	N 14.0	O 16.0	F 19.6
二列	Na 23.0	Mg 24.3	Al 27.1	Si 28.3	P 31.0	S 32.1	Cl 35.5
三列	K 39.1	Ca 40.1	Sc 44.1	Ti 48.1	V 51.0	Cr 52.0	Mn 54.9

如斯由數元素所成之元素之一列,隨其原子量之增加,

逐次變遷其物理性質及化學性質,故在某列左右兩端之元素,其性質與他列中原子量最近於此元素之元素,全然不同。如上表中第二列首位之Na (23),與第一列末位之F(19.6),其原子量雖相近,而其性質則全異,因Na爲金屬元素,分解水而生鹼,F爲非金屬元素,分解水而生酸故也。又第三列首位之K,與原子量接近之第二列末位之Cl相異,而與原子量大殊之第二列首位之Na,則幾有同性質是也。

2. 週期表. 根據以上所論之事實(即元素之諸性質,隨原子量之增加而逐次變遷,越數元素後,再回復原性質),即所謂元素性質之週期的變遷之定律(週期律),得將現今所知之83元素,收容於下列之表中,此表稱爲元素之週期表。

(1) 週期表中零類之元素,爲無化合力之非金屬元素,故其原子價爲0。

(2) 第一類之左側爲鹼金屬,右側爲重金屬,悉爲一價(但Cu有二價者,Au有三價者)而作用,有金屬元素之模範的性質。生如NaCl,CuO形式之化合物。

(3) 第二類中有鹼土金族及鋅族,悉爲二價而作用,生如MgCl₂ZnO式之化合物。

(4) 第三類中有造明礬之三價土金族。生如AlCl₃,Al₂O₃式及BH₃式之化合物。

(5) 第四類中有四價非金族之碳,硅。生如CH₄,CCl₄,CO₂式之化合物。

列	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	第八類
	氫族	鹼土族	(⁽¹⁾) 稀有金屬族	(稀有金屬) 碳族	(稀有金屬) 氮族	氧族	造鹽族	貴金屬族
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
I	H (1.0)							
2	He (4)	Be (9.1)	B (11.0)	C (12.0)	N (14.0)	O (16.0)	F (19.0)	
3	Ne (20)	Mg (24.3)	Al (27.1)	Si (28.3)	P (31.0)	S (32.1)	Cl (35.5)	
4	A ← → K (39.9)	Ca (40.1)	Sc (44.1)	Ti (48.1)	V (51.0)	Cr (52.0)	Mn (54.9)	Fe (55.8)
5	Cu (63.6)	Zn (65.4)	Ga (69.9)	Ge (72.5)	As (75.0)	Se (79.2)	Br (79.9)	Co (58.7)
6	Kr (82.9)	Sr (87.6)	Y (89.0)	Zr (90.6)	Nb (93.5)	Mo (96.0)		Ru (101.7)
8	Ag (107.9)	Cd (112.4)	In (114.8)	Sn (119.0)	Sb (120.2)	Te ← → (127.5)	I (126.9)	Rh (102.9)
8	Xe (130.2)	Ba (137.4)	La (139.0)	Ce (140.3)	Pr (140.6)	Nd (144.3)	Sm (150.4)	Pd (106.7)
9	Gd (157.3)		Tb (159.2)		Er (167.7)	Tu (168.5)		
10			Yb (172.0)		Ta (181.5)	W (184.0)		Os (190.9)
11	Au (197.2)	Hg (200.5)	Tl (204.0)	Pb (207.4)	Bi (208.0)			Ir (198.1)
12	Nt (222.4)	Ra (226.4)	Th (232.4)		U (238.1)			Pt (195.1)
輕氣化合物	無	RX ₂	RH ₃ RX ₃	RH ₄ RX ₄	RH ₃ RX ₃	RX ₂ RH ₂	RH	
高鹼顯化物	無	R ₂ O	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	
原子價	0	1	2	3	4	5, 3	6, 2	7, 1
								8, 2

- (1) 稀有元素或稀有金屬二者，乃產量極少之元素或金屬之謂。
(2) 爲表示原子量順序相反應之符號，又空欄爲欲成立週期而待設者。
(3) R代表原素，X代表造鹽原素。

(6) 第五類中有氮,磷,砷,銻之氮族元素,悉爲五價或三價而作用,生爲 $\text{PH}_3, \text{PCl}_3, \text{P}_2\text{O}_5$ 式之化合物。

(7) 第六類中有六價及二價之氧,硫等之非金屬,其化合物形式如 $\text{SO}_2, \text{SO}_3, \text{SH}_2, \text{SO}_2$ 。

(8) 第七類中有與第一類至反對之模範的非金屬造鹽素,主爲一價而作用,生如 HI 化合物外,亦有生七價之氧化物 I_2O_7 者。

(9) 第八類中有每原子量互相接近之三個元素,主爲二價,如化合物 FeO 等是。

要之元素之性質,因由第一類進至第七類,不特增加其原子量,且可謂由金屬性變爲非金屬性也。

3. 週期表之應用. 元素性質之推定. 週期表爲因元素之性質而配置其位置所成之表.故一元素之性質,可由表中之位於該元素之上下左右之元素之性質而推知之,今由週期表推定磷(P)之性質時:

	四類	五類	六類
2 列	C (12)	N (14)	O (16)
3 列	Si (28)	P (x)	S (32)
4 列	Ge (73)	As (75)	Se (79)

(1) 原子量與在其左右二元素之原子量平均數相近。

$$\dots \quad x = \frac{\text{Si} + \text{S}}{2} = \frac{28 + 32}{2} = 30 \dots \dots (\text{其實 } P = 31)$$

(2) 磷之周圍之碳, 硅, 氧, 硫悉有同素體, 故磷大約亦有同素體 (其實有黃磷與赤磷)。

(3) 磷之原子價當與同類之 N, As 同, 爲三價及五價 (與事實相一致)。

(4) 氫化合物中應有相當於 NH_3 , AsH_3 形式之 PH_3 者, 且其周圍之元素之氫化合物 SiH_4 , SH_2 , CH_4 , H_2O 爲無色之氣體, 且其中有帶惡臭者, 故 PH_3 當亦爲無色之氣體, 而或有惡臭 (其實爲有惡臭無色氣體)。

(5) 磷之氧化物當與其周圍元素之氧化物同, 溶解於水而生酸, 其酸性當較硫酸爲弱, 此因磷占硫之左位故也 (P_2O_5 生 H_3PO_4 , 較 H_2SO_4 爲弱酸)。

(6) 磷之氯化物 PCl_3 , 當如 NCl_3 , AsCl_3 溶於水而易分解者。

週期表之用途。如是所推定之性質與事實之相一致, 不祇限於磷爲然, 卽一切之元素間, 亦當然適合, 故

(1) 讀者一覽週期表, 卽可推知本書未及講述之 50 餘種稀有元素之性質。

(2) 化學家得推及此原理於未發見之元素, 而豫想此等之性質。⁽¹⁾

(3) 週期表爲元素分類之南針, 又可供決定新原子量及⁽²⁾

(1) 其實表中 Ga, Ge 等數元素爲週期律發見以後所發見之元素, 其性質全與預想者相符合。 (2) 參照週期表中之上位之族名。

精確改正既定原子量之誤謬。

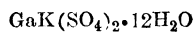
4. 摘要. 元素之週期律

週期律(Periodic law)	元素之性質隨原子量之增加而週期的變遷。
週期表(Table of Periodic law)	依週期律並行排列同性質之元素時所成之表。
應 用	1. 特供讀者可得推知未講述之元素之性質之大略。 2. 特供學者以助元素之發見, 原子量之決定等。

5. 問題.

1. 說明元素週期律。
2. 試用週期表作伽明礬之化學式。

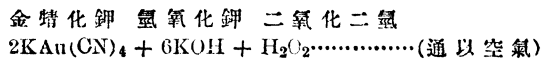
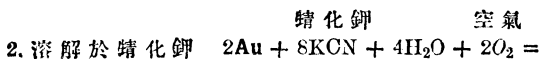
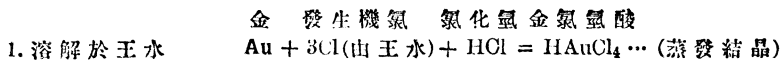
解 伽(Ga)與鋁(Al)位於同縱行內,故伽明礬之式,即將鋁明礬之Al與Ga置換即可。

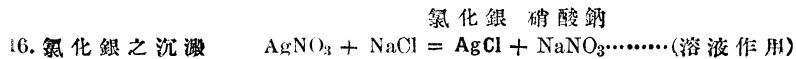
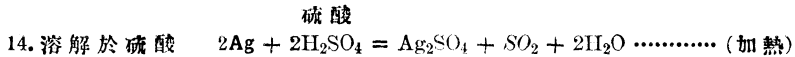
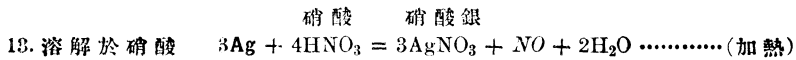


6. 關於金屬之重要方程式.

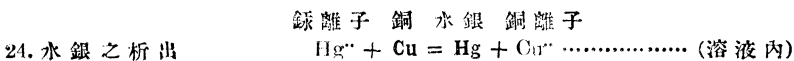
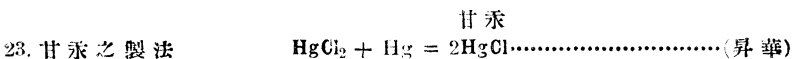
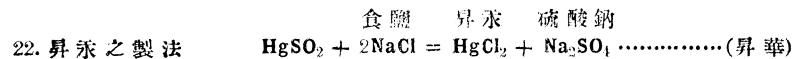
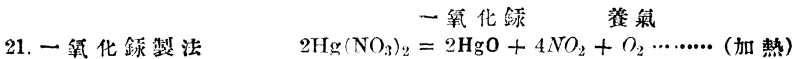
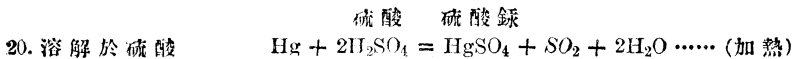
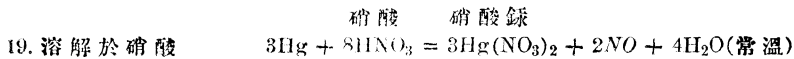
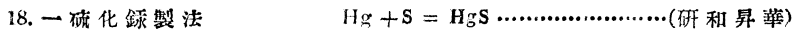
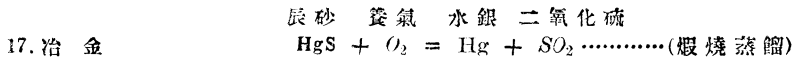
1. 金族.

I. 金.



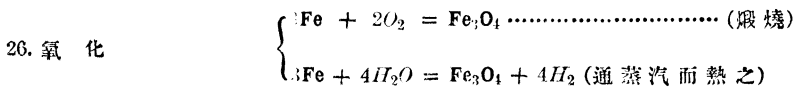
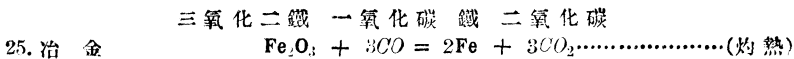


III. 水銀.

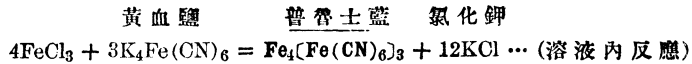


3. 鐵族.

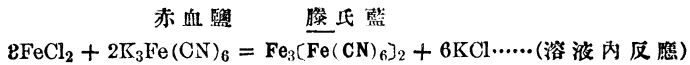
I. 鐵.



27. 一硫化鐵之製法 $Fe + S = FeS$ (灼熱)
28. 溶解於稀硫酸 $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$ (常溫)
- 二氯化鐵
29. 溶解於鹽酸 $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$ (常溫)
30. 一硫化鐵之溶解 $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$ (常溫)
31. 岱赭石之製法 $2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$ (灼熱)
- 硫化銲
32. 一硫化鐵之沉澱 $FeSO_4 + (NH_4)_2S = FeS + (NH_4)_2SO_4$ (溶液內反應)
- 三氯化鐵
33. 三氯化鐵之製法 $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$ (溶液內反應)
34. 普魯士藍之沉澱

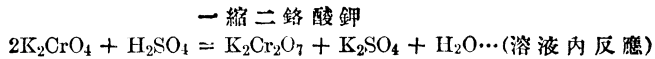


35. 滕氏藍之沉澱



II. 鉻.

- 氧化劑
36. 鉻酸鉀之製法 $Cr_2O_3 + 3O + 4KOH = 2K_2CrO_4 + 2H_2O$ (熔融)
37. 一縮二鉻酸鉀之製法



- 硫酸鉻
38. 一縮二鉻酸鉀之作用 $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O + 3O$
(有易氧化之物質存在時)

III. 錳.

- 二氧化錳 鹽酸二氯化錳
39. 二氧化錳之作用 $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$ (加熱)

- 錳酸鉀
40. 高錳酸鉀之製法 $\left\{ \begin{array}{l} \text{MnO}_2 + \text{O} + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots (\text{熔融}) \\ \text{高錳酸鉀} \\ 3\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{CO}_2 = 2\text{KMnO}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{MnO} \end{array} \right.$
41. 高錳酸鉀之作用 $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}$
 ……(有易氧化物存在時)

IV. 鎳.

- 硫酸鎳 二氧化硫
42. 溶解於硫酸 $\text{Ni} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NiSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \dots\dots (\text{加熱})$

V. 鈷.

43. 含水二氯化鈷之變色 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \text{CoCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots (\text{乾燥})$

4. 錫族.

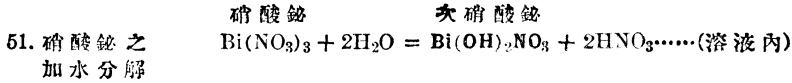
I. 錫.

- 錫石 錫
44. 冶金 $\text{SnO}_2 + \text{C} = \text{Sn} + \text{CO}_2 \dots\dots\dots (\text{灼熱})$
- 二氯化錫
45. 溶解於鹽酸 $\text{Sn} + 2\text{HCl} = \text{SnCl}_2 + \text{H}_2 \dots\dots\dots (\text{常溫})$
46. 二氯化錫之還原作用 $\left\{ \begin{array}{l} \text{SnCl}_2 + 2\text{HgCl}_2 = \text{SnCl}_4 + 2\text{HgCl} \\ \text{SnCl}_2 + 2\text{HgCl} = \text{SnCl}_4 + 2\text{Hg} \dots\dots\dots (\text{加熱}) \end{array} \right.$

II. 鉛.

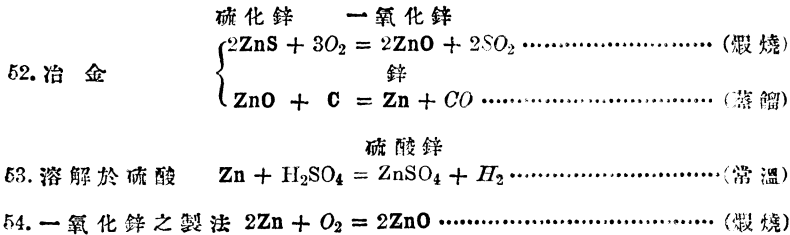
- 硫化鉛 一氧化鉛 二氧化硫
47. 冶金 $\left\{ \begin{array}{l} 2\text{PbS} + 3\text{O}_2 = 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2 \dots\dots\dots (\text{神燒}) \\ \text{鉛} \\ 2\text{PbO} + \text{PbS} = 3\text{Pb} + \text{SO}_2 \dots\dots\dots (\text{灼熱}) \end{array} \right.$
48. 一氧化鉛之製法 $2\text{Pb} + \text{O}_2 = 2\text{PbO} \dots\dots\dots (\text{液燒})$
49. 醋酸鉛之製法 $\text{PbO} + 2\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 = \text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots (\text{煮沸})$
50. 硫化鉛之沉澱 $\text{Pb}'' + \text{S}'' = \text{PbS} \dots\dots\dots (\text{溶液內})$

III. 鉍.

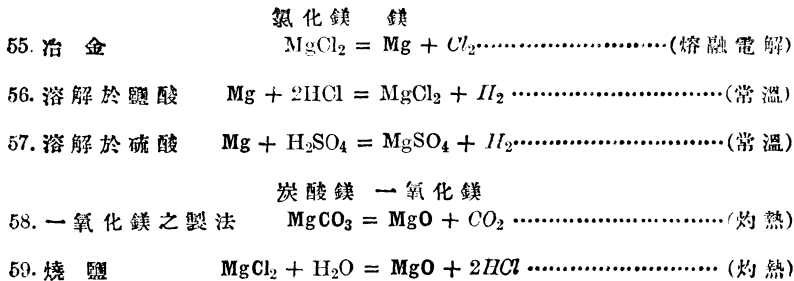


5. 鋅族, 土族.

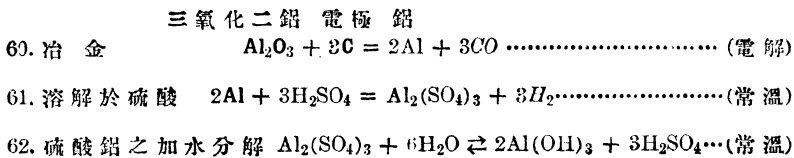
I. 鋅.



II. 鎂.



III. 鋁.



6. 鹼土族.

I. 鈣.

63. 一氧化鈣之製法 $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ (熱解離)
64. 氫氧化鈣之製法 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ (發熱)
65. 碳酸鈣之沉澱 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (溶液內反應)
66. 碳酸鈣之溶解 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(HCO}_3)_2$ (溶液內反應)
67. 碳酸鈣之溶解 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$... (溶液內反應)
68. 漂白粉之製法 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2 = \text{Ca(OCl)Cl} + \text{H}_2\text{O}$ (常溫)
69. 漂白粉之分解 $\text{Ca(OCl)Cl} + 2\text{HCl} = \text{Cl}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (常溫)
70. 氯化銻之分解 $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} = 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (加熱)
71. 硬水之軟化 $\left\{ \begin{array}{l} \text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ (常溫)} \\ \text{Ca(HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{ (煮沸)} \end{array} \right.$

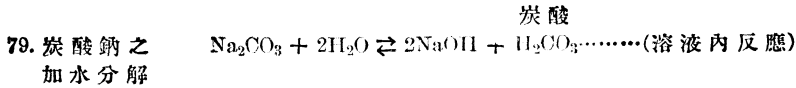
II. 鋇, 鉍.

72. 硫酸鉍之沉澱 $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$ (溶液內反應)

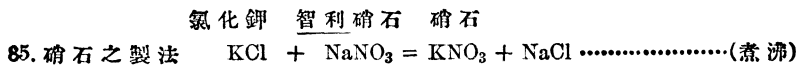
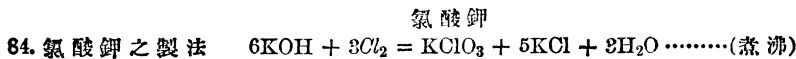
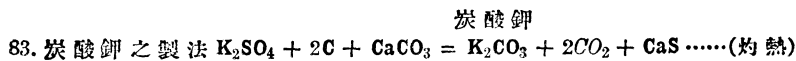
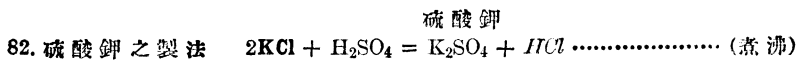
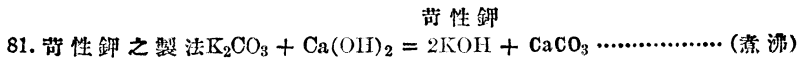
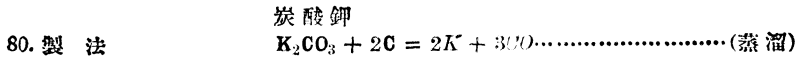
7. 鹼金族.

I. 鈉.

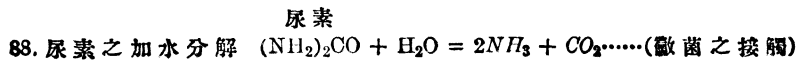
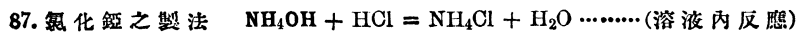
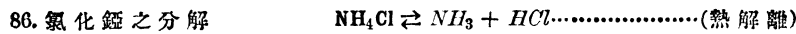
- 木炭
73. 製法 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{C} = 2\text{Na} + 3\text{CO}$ (灼熱蒸餾)
74. 苛性鈉之製法 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 = 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$ (煮沸)
75. 硫酸鈉之製法 $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ (加熱)
76. 碳酸氫鈉之製法
- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{NaCl} = \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ (溶液內反應)
77. 碳酸鈉之製法 $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (灼熱)
- 石炭 石灰石 碳酸鈉 硫化鈉
78. 碳酸鈉之製法 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{C} + \text{CaCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{CaS}$ (灼熱)



II. 鉀.



III. 銨(根).



第四篇 有機化合物

緒 說

1. 有機化合物. 一切之碳化合物,總稱為有機化合物 (Organic compounds). 其不含碳者,稱為無機化合物 (Inorganic compounds). 本來有機化合物之名稱,僅限用於直接或間接由動植物,即有生活機能者所得之物質。蓋昔人以爲此等物質,均須有生活力始能造成,而萬不能由人工的製出之,故得與無生活機能之無機化合物,如礦物等相區別。自距今90年前,發見得由精酸銣 [(NH₄)OCN] 製取動物排泄物之尿素 (NH₂)₂CO 後 (第538頁), 而其他多數之有機化合物,俱陸續能由合成法製出,因而舊來所謂有機化合物得與無機化合物相區別之化學上之根據盡失。故凡碳化合物,不問其爲由動植物所得者,或由礦物所得者,悉稱為有機化合物矣。依碳化合物中之慣例,有幾種碳之氧化物,碳酸鹽等,常歸入無機化合物中敘述之。然碳化合物之所以特設有機化合物一篇以敘述之者,以化學研究上有次之便利故也。

(1) 碳化合物之數約100,000,遙多於其他元素之化合物。⁽¹⁾

(1) 此因碳與其他多數元素異,其原子能互相結合,且原子價大故也。

(2) 碳化合物之性質,有相互密切之關係,不特自成爲一類,且有他化合物中不多見之特性。⁽¹⁾

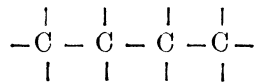
2. 有機化合物之成分. 有機化合物之數雖多,然其大多數皆僅由

碳 氧 氫 氮

之四元素所構成,如由植物所得者,大概由上之三元素而成,間亦有含氮者,由動物而得者,大概以上之四元素爲主成分,間亦有含硫,磷等元素者,然由人工製出者,其中含有造鹽素及鈉等者不少。

3. 有機化合物之分類. 有機化合物因其性質與構造,常分爲脂肪族與芳香族兩大類。

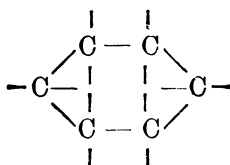
(1) 脂肪族化合物. 其化學的諸性質,與如下式碳原子連接成鏈狀之構造式所能表示者相當,



多有 C_nH_{2n+2} 之通式 (但 n 爲整數). 又此式中氫之一部分爲他元素或根所置換者亦有之. 此類物質多存在於脂肪之中,故有此名。

(2) 芳香族化合物. 其大多數化學的諸性質,與如下式碳原子作環狀結合之構造式所能表示者相當。

(1) 碳化合物所成之異性體爲數極多,又受熱則皆易分解等,是其特性。



其組成有爲 C_6H_6 者，然以 C_6H_6 式中氫之一部分爲他元素或根所置換者爲多。主發見於揮發性之香油中，故有此名。

脂肪族及芳香族之化合物，常更細別之如次。

- | | | | |
|-------|---|--------|--|
| 有機化合物 | } | 1. 脂肪族 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 碳化氫.....C_nH_{2n+2} 2. 醇.....$C_nH_{2n+1}\cdot OH$ 3. 醚.....$(C_nH_{2n+1})_2O$ 4. 醛.....$C_nH_{2n+1}\cdot CHO$ 5. 有機酸.....$C_nH_{2n+1}\cdot CO_2H$ 6. 烷基鹽.....C_nH_{2n+1} (酸根) 7. 碳水化物.....$C_m(H_2O)_n$ |
| | | 2. 芳香族 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 碳化氫誘導體...C_6H_6 之氫置換體 2. 松香油類.....$(C_5H_8)_n$ 3. 植物鹼類.....氮之化合物 4. 蛋白質類.....組成未知 |

4. 摘要. 定義

有機化合物 (Organic compounds)	碳化合物之總稱(但數種簡單之碳化合物歸屬於無機化合物)。
無機化合物 (Inorganic compounds)	不含碳之化合物之總稱。
脂肪族化合物 (Fatty compounds) 或烷質誘導體 (Methans derivatives)	其碳元素呈鏈狀之構造式所表示之反應。
芳香族化合物 (Aromatic compounds) 或炰質誘導體 (Benzene derivatives)	其碳元素呈環狀之構造式所表示之反應。

第一節 脂肪族化合物

第一章 碳化氫及其氧化物

第一節 碳化氫

1. 飽和碳化氫. $【C_nH_{2n+2}】$ 氫能以種種之重量比與碳相結合,故碳之氫化合物如甲烷(CH_4), 乙烯(C_2H_4), 乙炔(C_2H_2) 等(第257頁), 其種類約達250種之多.此等物質,總稱為碳化氫(Hydrocarbon). 碳化氫中,碳與氫之比,成 C_nH_{2n+1} 之關係者,稱為飽和碳化氫(Saturated hydrocarbon)或稱烷族碳化氫.反之,則稱為不飽和碳化氫(Unsaturated hydrocarbon). 現今既知之飽和碳化氫,如後表所列,已達30餘種,且每一種,有多數異性體.

2. 飽和碳化氫之性質. 一般碳化氫隨其分子式中碳原子數之添加,而分子量,比重,沸點,融點等常如下表所示,遞次增加.茲以甲烷為始,凡碳原子數在1-4之間者,為無色之氣體;在5-16之間者,為無色之液體(比重約0.8);又較此更多者,為容易熔融之白色蠟狀固體(比重約0.8).

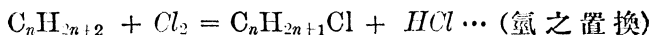
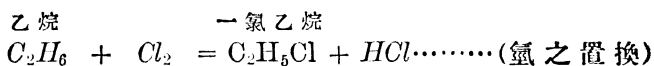
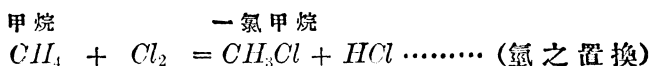
碳化氫雖不溶解於水,而溶解於酒精,二乙醚中.又其成液態者,則能溶解樹脂,脂肪等.

n	分子式	名 稱	沸 點	融 點	n	分子式	名 稱	沸 點	融 點
1	CH ₄	一 碳 烷 (甲 烷) (Methane)	-161°	-186°	17	C ₁₇ H ₃₆	十 七 碳 烷 (Hepta-decane)	303°	23°
2	C ₂ H ₆	二 碳 烷 (乙 烷) (Ethane)	-93°	—	18	C ₁₈ H ₃₈	十 八 碳 烷 (Octa-decane)	317°	28°
3	C ₃ H ₈	三 碳 烷 (丙 烷) (Propane)	-45°	—	19	C ₁₉ H ₄₀	十 九 碳 烷 (Nona-decane)	330°	32°
4	C ₄ H ₁₀	四 碳 烷 (丁 烷) (Butane)	+1°	—	20	C ₂₀ H ₄₂	二 十 碳 烷 (Ei-cosane)	—	37°
5	C ₅ H ₁₂	五 碳 烷 (戊 烷) (Pentane) ⁽¹⁾	+38°	—	21	C ₂₁ H ₄₄	二 十 一 碳 烷 (Heneicosane)	—	40°
6	C ₆ H ₁₄	六 碳 烷 (己 烷) (Hexane)	71°	—	22	C ₂₂ H ₄₆	二 十 二 碳 烷 (Do-cosane)	—	44°
7	C ₇ H ₁₆	七 碳 烷 (庚 烷) (Heptane)	98°	—	23	C ₂₃ H ₄₈	二 十 三 碳 烷 (Tri-cosane)	—	48°
8	C ₈ H ₁₈	八 碳 烷 (辛 烷) (Octane)	124°	—	24	C ₂₄ H ₅₀	二 十 四 碳 烷 (Tetra-cosane)	—	51°
9	C ₉ H ₂₀	九 碳 烷 (壬 烷) (Nonane)	155°	-51°	25	C ₂₅ H ₅₂	二 十 五 碳 烷 (Hepta-cosane)	—	60°
10	C ₁₀ H ₂₂	十 碳 烷 (癸 烷) (Decane)	173°	-32°	—	—	—	—	—
21	C ₃₁ H ₆₄	十 一 碳 烷 (Un-decane)	195°	-26°	31	C ₃₁ H ₆₄	三 十 一 碳 烷 (Hentriacontane)	—	68°
12	C ₁₂ H ₂₆	十 二 碳 烷 (Do-decane)	214°	-12°	32	C ₃₂ H ₆₆	三 十 二 碳 烷 (Dicetyl)	—	70°
13	C ₁₃ H ₂₈	十 三 碳 烷 (Tri-decane)	234°	-6°	—	—	—	—	—
14	C ₁₄ H ₃₀	十 四 碳 烷 (Tetra-decane)	253°	+5°	35	C ₃₅ H ₇₂	三 十 五 碳 烷 (Penta triacontane)	—	75°
15	C ₁₅ H ₃₂	十 五 碳 烷 (Penta-decane)	271°	+10°	—	—	—	—	—
16	C ₁₆ H ₃₄	十 六 碳 烷 (Hexa-decane)	288°	18°	60	C ₆₀ H ₁₂₂	六 十 碳 烷 (Hexacontane)	—	101°

(1) 希臘語

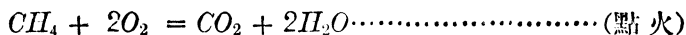
- 1 (Mono) 2 (Di) 3 (Tri) 4 (Tetra) 5 (Penta)
6 (Hexa) 7 (Hepta) 8 (Octa) 9 (Ennea) 10 (Deka)

碳化氫爲化學的安定之物質，毫不爲強酸（如硫酸，硝酸）或強鹼（苛性鉀，苛性鈉）所作用，但受綠氣之作用時，則置換其氫而生氯化物。

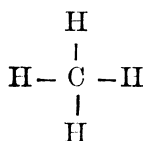
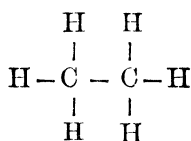
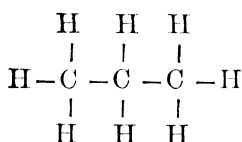
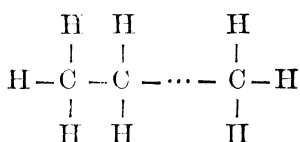


此際所生較甲烷 (CH₄) 少一原子之氫之基 CH₃，稱爲**甲烷基** (Methyl radical)，亦稱**甲基**；較乙烷 (C₂H₆) 少一原子之氫之基 C₂H₅，稱爲**乙烷基** (Ethyl radical)，亦稱**乙基**。而一般較碳化氫 (C_nH_{2n+2}) 少一原子氫之一價基 C_nH_{2n+1}，則總稱爲**烷基** (Alkyl radicals)。

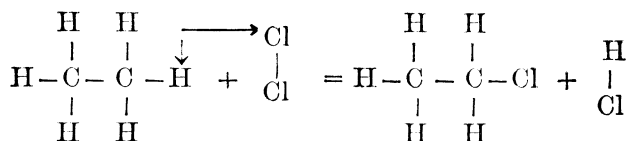
碳化氫甚易燃燒，點之以火，則與氧氣化合而生二氧化碳與水。



3. 飽和碳化氫之構造式。 如上所述，此種碳化氫作用於綠氣時，常生置換體 (Substitution products)，而不生添加體，故知其悉爲飽和之化合物也。此等物質之構造式可表之如次。

甲烷(CH₄)乙烷(C₂H₆)丙烷(C₃H₈)通式(C_nH_{2n+2})

故與綠氣之反應,爲



4. 飽和碳化氫之所在,製法,用途. 碳化氫產於石油地

方.就中如甲烷,乙烷,丙烷及丁烷之爲氣態者,屢由地中噴出,故有天然燃氣之名,以代煤氣供燃料之用.在丁烷以下者爲液態,常溶解高級之碳化氫(含碳原子多者),且因含有夾雜物,故成黑褐色之黏稠液,卽原油(Crude petroleum)也.

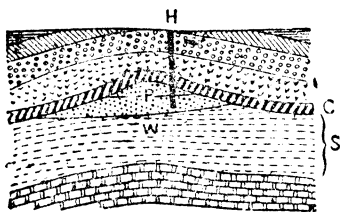


圖 190——H. 油井

P. 石油 W. 鹽水

C. 岩石 S. 多孔土石

自石油井汲上之原油，可利用此等混合物質之固有沸點，蒸餾之分爲數部，此種方法，稱爲分餾⁽²⁾ (Fractional-distillation)，其分餾生成物之成分性質及用途如下。

	(餾出液) (成分) (溫度)	(性質)	(用途)
原油 (分餾)	揮發油 (常溫-150°) $C_5H_{12}-C_9H_{20}$	爲無色易流動之液體， 易於引火，與空氣之混 合物有爆發性。 溶解脂肪，樹脂。	氣油 (Gasoline) 機關用，洗濯用。 塗料之製造。
	燈用油 (150°-300°) $C_{10}H_{22}-C_{16}H_{34}$	爲帶黃色之液體，比重 0.8 內外，因直射光放綠 色之螢光。	燈用，機關用。
	重油 (300° 以上) $C_{17}H_{36}$ 以上	機械油——粘稠之液體——減摩擦用。 礦油脂 { 白色蠟樣 } (Vaseline) { 之固體。 }	金屬之防銹。 膏藥之製造。
	(通以熱水蒸氣，在 低壓之下，使與水 蒸氣共蒸餾。)	石蠟 (Paraffin) { 白色固體， 可燃性，電 之不導體。 }	蠟燭之製造。 電器械，燈窩 板等用之蠟紙。
	瀝青 (Pitch)	爲蒸餾器最後之殘留 物，黑色之固體。	燃料，鋪馬路 用，屋面。

5. 飽和碳化氫之造鹽素置換體。三氯甲烷。【 $CHCl_3$ 】

亦名迷蒙精 (Chloroform)，使綠氣適當作用於甲烷時，則甲烷之三原子氫與氯原子置換，即生三氯甲烷 (Trichloromethane)。

(1) 石油爲古代動物之脂肪，因地熱與強壓而生成者也。然有一說：則謂由火山高熱所生之碳化金屬，作用於水分解生成者。(2) 分餾裝置，見第 31 頁圖 23。

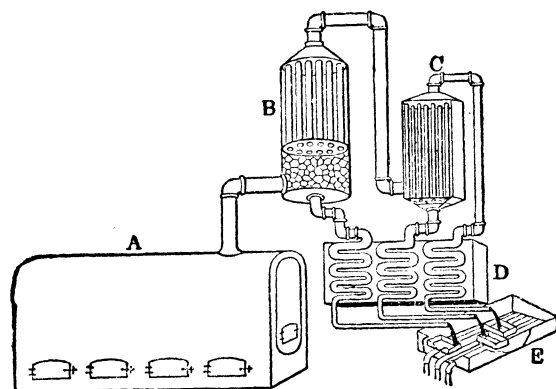


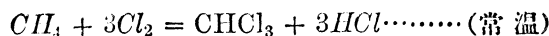
圖 191——原油蒸餾裝置。

A. 曲頸甌及爐

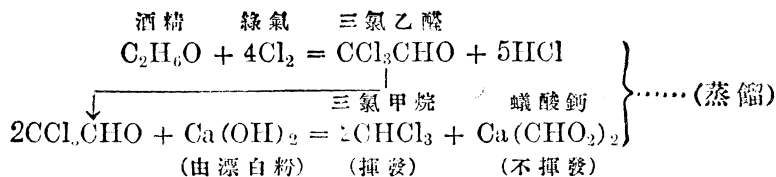
B. C. 空氣冷却裝置

D. 水冷却器

E. 導凝縮油於貯盛器之裝置

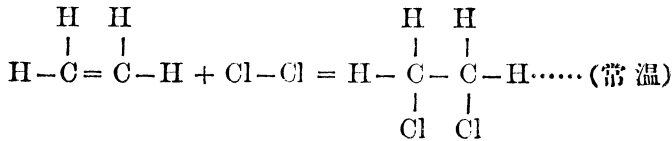


其純粹品則由加漂白粉於酒精蒸餾而製之。此際酒精先受漂白粉中綠氣之作用，後為消石灰所作用，而變為三氯甲烷。

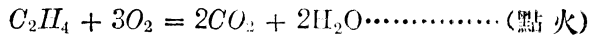


三氯甲烷為易流動之無色液體，易於揮發（沸點 65° ），其蒸氣有特異之臭氣，人若吸入之，則暫時之後，全身即失知

二原子之氯，則成飽和化合物。

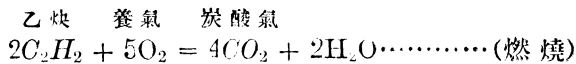
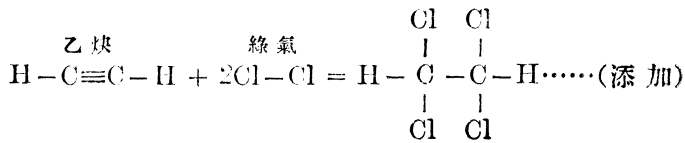


又容易燃燒，而生炭酸氣及水。



此類之化合物，大概存於石油井中。

炔族碳化氫為最不飽和者，構造式中碳與碳之間，有三重結合，非添加四原子氯不飽和，其構造式，由甲烷基置換乙炔中之氫而得，此類物質，皆在空氣中發有光輝之焰而燃燒，與乙炔（亦名電石氣）同。



7. 摘要. 碳化氫

	飽和碳化氫 (Saturated hydrocarbons)	不飽和碳化氫 (Unsaturated hydrocarbons)	
名稱	烷 族	烯 族	炔 族
通 式	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	C_nH_{2n}	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
構 造 式	$\begin{array}{c} | \quad | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \quad | \end{array}$	$\begin{array}{c} | \quad | \\ -\text{C}=\text{C}- \end{array}$	$-\text{C}\equiv\text{C}-$

相對之物質	甲烷 乙烷 丙烷	CH ₄ C ₂ H ₆ C ₃ H ₈	—— 乙烯 丙烯	C ₂ H ₄ C ₃ H ₆	乙炔 丙炔	C ₂ H ₂ C ₃ H ₄
通性	1. 不溶於水,不為鹵酸,苛性鈉所侵。 2. 綠氣置換。		1. 同左。 2. 添加綠氣。		同左。	
所在製法	分餾石油。		同左。		——	

名稱 分子式	構造式	製法	性質	用途
一碳烷(甲烷) (Methane) CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$	取醋酸鈣與苛性鈉共熱之。	無色可燃性氣體,與綠氣生置換體。	燃料。
乙 烯 (Ethylene) C ₂ H ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \end{array}$	取酒精與濃硫酸共熱之。	無色可燃性氣體,添加氯。	燃料。
乙 炔 (Acetylene) C ₂ H ₂	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{C} \equiv \text{C} \end{array}$	加水於二碳化鈣。	與乙烯同。	燃料。 燈料。
三氯甲烷 (Chloroform) CHCl ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$	加漂白粉於酒精。	無色之油狀液體,有特異之生理作用。	麻醉劑。
三碘甲烷 (Iodoform) CHI ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{I}-\text{C}-\text{I} \\ | \\ \text{I} \end{array}$	加碘與苛性鉀於酒精。	黃色之結晶,有殺菌性。	防腐劑。

8. 問題.

1. 試就各族之碳氫化合物舉其一般通式,並記其分子式,簡單者之名稱,製法及其性質。 (588頁)

2. 石油及其分餾時,副產物之性質試列記之。(585頁)

3. 試記飽和及不飽和碳化氫之一般分子式,並比較一般之性質.

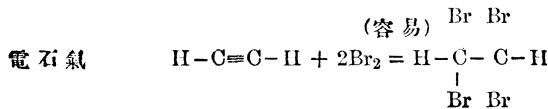
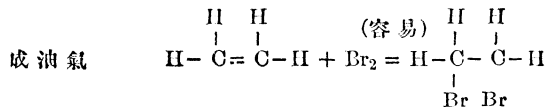
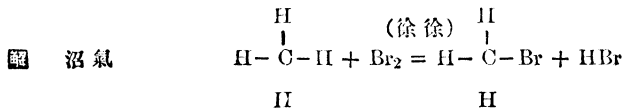
圖 飽和碳化氫 C_nH_{2n+2} 生造鹽素置換體 $C_nH_{2n+1}Cl$, 不飽和碳化氫 C_nH_{2n} , C_nH_{2n-2} 生造鹽素添加體 $C_nH_{2n}Cl_2$, $C_nH_{2n-2}Cl_4$.

4. 由無機物合成有機物之方法,試舉例說明之.

圖 碳酸銨經硝酸銨變為尿素(例見538頁),又以碳為電極於氫氣中放電,則生電石氣.

5. 試就沼氣之造鹽素三置換體述之. (上表)

6. 將溴作用於沼氣,成油氣,電石氣時,方程式如何.



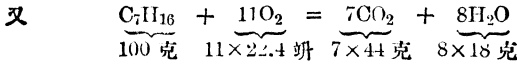
7. 求三碘甲烷之百分組成.

答 C 3.05%, H 0.25%, I 96.70%.

8. (a) 將具 C_7H_{16} 化學式之碳化氫 0.5 克燃燒時,所需之養氣,在標準狀態時,其體積為若干呎.

(b) 由 (a) 之化學變化所生碳酸氣及水之重量如何.

解 (a) $C_7H_{16} = 12 \times 7 + 1 \times 16 = 100$



養氣之體積 = $11 \times 22.4 \text{ 呎} \times \frac{0.5}{100} = 1.23 \text{ 呎}$ 。

(b) 炭酸氣之重量 = $7 \times 44 \text{ 克} \times \frac{0.5}{100} = 0.7 \text{ 克}$ 。

9. 實驗.

1. 加漂白粉於酒精熱之,而檢其所生三氯甲烷蒸氣之臭氣。
2. 加碘及苛性鉀於酒精以製三碘甲烷。

第二節 醇類 (Alcohols)

1. 醇類. $[C_nH_{2n+1}OH]$ 醇類為烷基 C_nH_{2n+1} 之氫氧化物 $C_nH_{2n+1}OH$ 之總稱,而與無機化合物中之金屬氫氧化物,即鹽基 (NaOH) 相當之物質也.其重要者如次.

$(C_nH_{2n+1}OH)$	名 稱
$n = 1 \dots\dots\dots CH_3 \cdot OH \dots\dots\dots$	甲醇 (Methyl alcohol)
$n = 2 \dots\dots\dots C_2H_5 \cdot OH \dots\dots\dots$	乙醇 (Ethyl alcohol)
$n = 3 \dots\dots\dots C_3H_7 \cdot OH \dots\dots\dots$	丙醇 (Propyl alcohol)
$n = 4 \dots\dots\dots C_4H_9 \cdot OH \dots\dots\dots$	丁醇 (Butyl alcohol)
$n = 5 \dots\dots\dots C_5H_{11} \cdot OH \dots\dots\dots$	戊醇 (Amyl alcohol)
$n = 16 \dots\dots\dots C_{16}H_{33} \cdot OH \dots\dots\dots$	十六碳醇 (Cetyl alcohol)
$n = 30 \dots\dots\dots C_{30}H_{61} \cdot OH \dots\dots\dots$	三十碳醇 (Melisyl alcohol)

2. 甲醇. $[CH_3OH]$ 甲醇主與醋酸相混,而存在於木材

乾餾液中，故熱此乾餾液，將其發生之醋酸與甲醇混合蒸氣，導於溫石灰乳中，使醋酸變為不揮發性之醋酸鈣，更熱此混合液，則餾出揮發性之甲醇。

甲醇既常由木材製出，故亦稱木精⁽¹⁾ (Wood spirit)，為流動性之無色液體，比重 0.8，沸點 66 度，有一種芳香及刺舌如燒之味。能與水之任意比量混合，有善溶解樹脂類之特性。

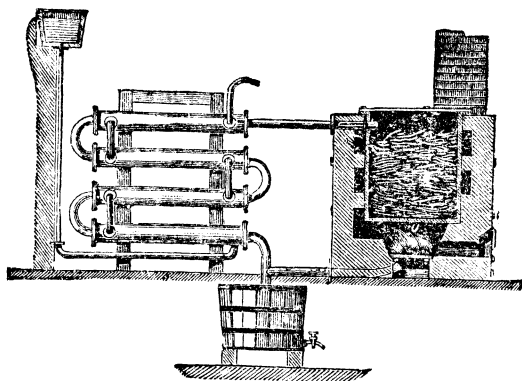
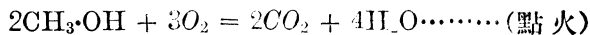


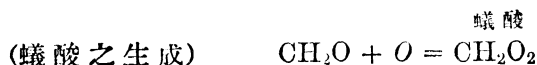
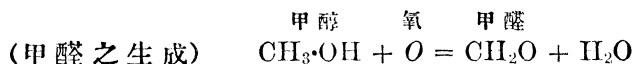
圖 192——木材之乾餾。

點火於甲醇，則舉淡青色之焰而燃燒，此時其成分之碳生成碳酸氣而其氫則生成水。

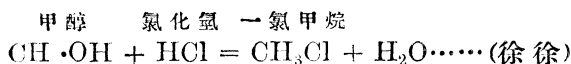


然若用適當之氧化劑而氧化之時，則先成甲醛 (Formic aldehyde)，次變為蟻酸。

(1) 物質之抽取成分常稱之為精。(2) 已熱之鉑線，或一縮二鉻酸鉀與硫酸。

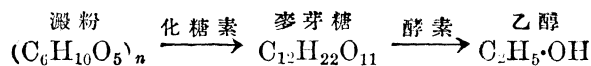


甲醇非電解質故其氫氧基與在鹽基中者異,不呈鹼性反應.但用氯化氫飽和之時,則徐徐起中和作用,故知其尚有似於鹽基之性質.



甲醇溶解樹脂則成假漆⁽¹⁾,又為燃料以供燈用.然供此等用途時,常多混和乙醇.甲醇又可供甲醛液 (Formaline),染料等之製造原料.

3. 乙醇. $[\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{OH}]$ 澱粉 (實驗式 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) 受化糖素 (Diastase) 之作用時,則分解而生麥芽糖,次使接觸其他之酵素 (Zymase),則變為乙醇.



但化糖素存於麥芽中,能變麥芽糖為乙醇之酵素,則存於稱為釀母之微生物中,故加水於米,麥,馬鈴薯等之澱粉質,而製為糊狀,加已發芽之大麥,約保有60度時,則澱粉變為麥芽糖

(1) 取假漆塗敷於物體表面時,則甲醇揮發而殘留薄樹脂層於物體表面上.

液,而呈甘味,

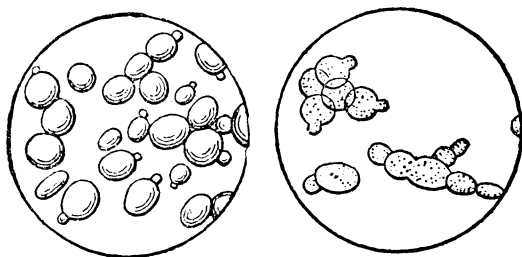
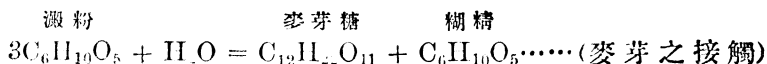
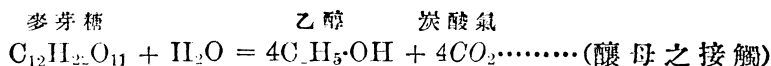


圖 193——酵母(擴大):米酒用(左),麥酒用(右)。

更加釀母 (Yeast), 則麥芽糖漸次分解而生乙醇,同時發生炭酸氣,



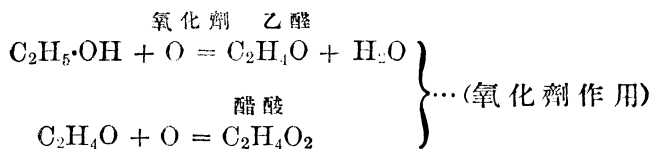
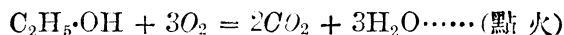
如斯物質因酵素之作用而分解之變化,稱爲醱酵 (Fermentation)。醱酵生成物之一,爲乙醇時,特稱爲酒精醱酵。⁽¹⁾ 麴含有呈上之兩作用之酵素,使麴作用於米之澱粉,則生乙醇者即此故也。⁽²⁾

使澱粉起酒精醱酵而製成之乙醇,除含水外,更含有種種之夾雜物,故宜分餾之,更加生石灰於分餾液除去水分後,再行蒸餾精製之。

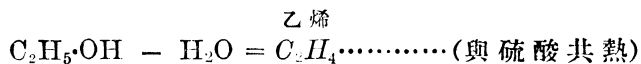
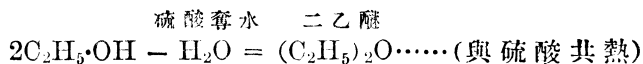
(1) 麴因麴菌繁殖之結果,在米粒中生糖化力之酵素。(2) 葡萄酒醱酵 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (葡萄糖) = $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$ 。

乙醇通常單稱為醇，又因其為酒類之主成分，故亦名酒精。此物為無色易流動之液體，有如燒之味及爽快之香，沸騰於78度，至-130度之低溫仍保有其液態。此⁽¹⁾沸點低之性質，得利用之以與水分離，而其冰點低，且較水銀難凝固之性，則適於製測定低溫度之溫度計。乙醇又為碘、樹脂、樟腦，其他之有機化合物之貴重溶媒。乙醇之比重為0.8，隨水之混合量，而比重增加至近於一，故若測定其比重，即能推知其含水量。⁽²⁾

點火於酒精，則舉淡青色之燄而燃燒，生炭酸氣與水，又為適當之氧化劑（第613頁）所作用時，則先變為乙醛，終成醋酸（第618頁），



又與濃硫酸共熱時，則其氫成分與氧成分以水之成分比而被奪去，其生成物，則因當時之狀況而異，或為二乙醚 (Ether) 或為乙烯。



(1) 水銀之冰點為-39度。 (2) 用於此目的之比重計，為刻有醇之純度(%)之浮秤，此名為酒精計（第60頁）。

加碘之少量於乙醇而徐溫之,更加苛性鉀溶液使消失碘之褐色時,則片刻之後,析出黃色之三碘甲烷,此稱為乙醇之三碘甲烷反應。又酒精中含水與否,可由其能使白色無水硫酸銅變為青色與否而檢定之。

乙醇為酒類之主成分,用於飲料之量最多,此因其有促進血液之循環,且有刺激神經系統而使興奮之性故也。乙醇又供假漆之製造,香油之抽取,燈用標本之貯藏,三氯甲烷,三碘甲烷,醛,醋酸等之製造,為量甚鉅。惟使用於此等工業之乙醇,常加甲醇10%許,與揮發油少許而變性,使不適用於飲料用。

4. 雜醇油. $[\text{C}_3\text{H}_7\cdot\text{OH}]$ $[\text{C}_4\text{H}_9\cdot\text{OH}]$ 穀類及馬鈴薯之澱粉醱酵時,乙醇外,常副生少量之丙醇 ($\text{C}_3\text{H}_7\cdot\text{OH}$), 丁醇 ($\text{C}_4\text{H}_9\cdot\text{OH}$), 戊醇 ($\text{C}_5\text{H}_{11}\cdot\text{OH}$) 等之高級醇(碳原子數較多之醇,故將分餾乙醇後所得之殘液,更蒸餾之,則得雜醇油 (Fusel-oil), 蓋即是等高級醇之混合物也。

雜醇油為無色油狀之液體,有毒性。彼飲劣等酒類而中毒者,概因此物質之作用所致也。其主要用途,為香料之製造。

5. 有機化合物分析之例. 今以乙醇為例,而敘述推求

(1) 酒精之含量: 麥酒 3-4%, 葡萄酒 10% 內外,紹興酒 12-15%, 威士忌,白蘭地及燒酒,為 50% 內外。酒之分析例如下。

	比重	醇	Extractive Matter	糖分	甘油	糊精	酸	灰分
紹興酒之分析	0.992	12.46	2.258	0.274	0.663	0.212	0.405	0.191
麥酒之分析	1.061	5.04	6.74	0.29	0.22	1.98	0.41	0.26
葡萄酒之分析	0.993	8.24	2.04	0.23	0.42	0.12	1.34	0.32

一物質之組成,以及決定其構造式之順序之大概如下。

(1) 純否. 欲檢物質之純粹與否,必須測其融點或沸點. 此等之值,在純粹之物質必有一定,然含有他物質之不純物,則必昇高其沸點,或降低其融點.如精製乙醇,而得其一定之沸點(78°)時,則知其為純粹者。

(2) 定性分析. 定一物質之成分時,常使之與氧化銅一同灼熱,而檢其氧化生成之物質.如乙醇,以其生成物為碳酸氣與水,故知醇必含碳及氫,可檢物若含氮,硫,磷時,則用適當之法,使各變為砷精,硫酸,磷酸而鑑識之.然氧無直接檢出之法,故常由可檢物之全量與被檢出元素之總量之差而定之。

(3) 定量分析. 已知所分析之化合物之成分元素後,則需定此等之重量.由定性分析,知醇為碳,氧,氫三元素所成,故取其一定量以與氧化銅(第194圖A)共熱,使發生之水吸收於氯化鈣(B),使碳酸氣吸收於苛性鉀(C)而秤量之,則生成此碳酸氣及水所
要之碳及氫之重
量,可由計算而求
得之.將最後二量

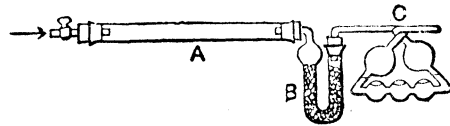


圖194——有機化合物之定量裝置。

之和減醇之全量所得之差,即所求氧之量也,如

供實驗之醇之量 = 5.0000 克
 生成之水之重量(B管之增量) = 5.8680 克
 生成之碳酸氣之重量(C球之增量) = 9.5696 克

則構成此化合物之元素之量，爲

$$\text{碳} \quad 9.5696 \text{ 克} \times \frac{12}{44} = 2.6099 \text{ 克} \cdots \frac{2.6099}{5.0000} \times 100 = 52.17\%$$

$$\text{氫} \quad 5.8680 \text{ 克} \times \frac{2}{18} = 0.6520 \text{ 克} \cdots \frac{0.6520}{5.0000} \times 100 = 13.04\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \cdots 100 - (52.17 + 13.04) = 34.79\%^{(1)}$$

(4) 實驗式。用元素符號代以上之重量組成時，即爲實驗式(第113頁)。即 $C = 12 \quad H = 1 \quad O = 16$

$$\text{碳} \quad \frac{52.17}{12} = 4.35 \quad \text{氫} \quad \frac{13.40}{1} = 13.04$$

$$\text{氧} \quad \frac{34.79}{16} = 2.17 \quad 4.35 : 13.04 : 2.17 = 2 : 6 : 1$$

故所求之實驗式爲 C_2H_6O 也。

(5) 分子式。實驗式乃以元素符號之最簡單之比表其組成之式，故表分子量之式，即分子式，必等於其實驗式，或等於其整數倍(第115頁)。然由醇之蒸氣比重，而知其分子量爲46。

$$(C_2H_6O)_n = 46$$

$$\text{但} \quad C_2H_6O = 12 \times 2 + 1 \times 6 + 16 = 46 \quad \therefore n = 1$$

故分子式必爲 C_2H_6O 。

(6) 構造式。醇呈次之二主要反應。

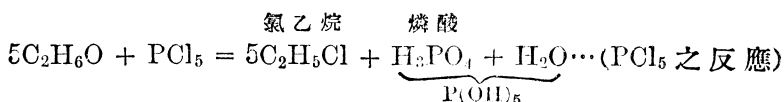
A. 加鈉，則其分子式 C_2H_6O 中一原子之氫與鈉置換，生

(1) 氮由氧化有機物而使之遊離後，測其體積而定量之，硫則使成硫酸鉍，磷則使成磷酸鉍，造鹽素則使成造鹽素化銀後而定量之。

C_2H_5ONa , 又使鈉之過量作用之, 亦不能置換其一原子以上之氫。



B. 使五氯化磷作用之, 則失氫, 氧各一原子, 而生含一原子氯之化合物 C_2H_5Cl 。

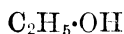


上之二反應, 卽示

(a) 醇中僅有一原子之氫, 其性質與其他之氫相異。

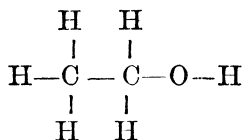
(b) 醇中含有氫氧基。

故欲表示其性質時, 可改書其式如下:



因此式表明氫氧基之存在, 且氫氧基中之氫, 可視為特異之氫也。

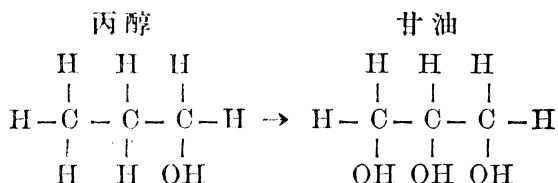
如斯凡表示基之結合之分子式, 稱為示性式, 而於各原子間以等於其原子價之短線連結者, 稱為構造式。



用此構造式, 則一原子之氫, 與氧相結合, 故與連結於碳之其他五原子之氫相異, 亦得明瞭表出矣。

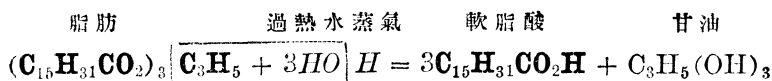
據以上所論,可知構造式爲表示物質之諸性質最完全之化學符號也。

6. 甘油。【 $C_3H_5(OH)_3$ 】 甘油 (Glycerine) 之構造,恰如丙醇中之二原子氫,爲氫氧基所置換而成者,



故亦爲醇之一種。凡分子式中含有三個氫氧基之醇,稱爲三價醇類,而前所述之甲醇,乙醇等,悉爲一價醇類。

通 300 度許之水蒸氣於牛脂,豚等之脂肪中時,則脂肪分解,其生成之甘油,可與水蒸氣一同餾出。



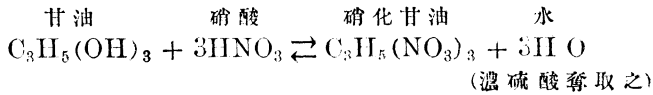
此爲製西洋蠟之反應,此時甘油常爲其副產物而製出。

甘油爲有甘味無色黏稠之液,⁽¹⁾比重 1.27,有善吸水之性質,亦能溶解於酒精。

甘油利用其吸濕性,常爲潤膚藥,⁽²⁾以防皮膚之生龜裂。但其主要用途,爲硝化甘油之製造。

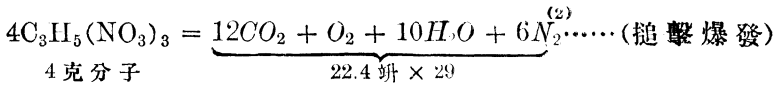
7. 硝化甘油。【 $C_3H_5(NO_3)_3$ 】 甘油爲烷基之氫氧化物,故作用於硝酸時,則中和之而生硝化甘油。

(1) 純粹者爲結晶性,於 17°C. 融解。 (2) 凍瘡藥: 甘油 50, 酒精 80, 苛性鉀 1, 水 100



然此反應，與普通之酸與鹽基之中和反應少異，不易進行，故須加濃硫酸以奪取其生成之水。⁽¹⁾

硝化甘油 (Nitroglycerine) 為無色油狀之重液，與甘油異，不溶解於水，搥擊之，或熱於 200 度以上時，則即時分解而生多量之氣體，此氣體之體積，因其時發生多量之熱而膨脹，約為硝化甘油之體積之 1500 倍以上，故發生猛烈之爆炸，又其生成物不含固體，故無烟。



使硝化甘油吸收於硅藻土中，則得炸藥 (Dynamite)，供破壞岩石之用，又可混於無烟火藥中。⁽³⁾

8. 摘要. 醇類 $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\cdot\text{OH}$

名稱 示性式	構造式	製造	性質	用途
甲 醇 (Methyl alcohol) $\text{CH}_3\cdot\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$	由木材之乾餾液精製而得。	無色之液體(沸點 66°, 比重 0.79)。溶解樹脂，又有可燃性，有毒。	假漆。燃料。甲醚液製造。酒精變性用。

(1) 實際上先徐徐注加甘油與濃硫酸之混合物於為冰所冷卻之硝酸與濃硫酸之混合液，而後傾於冷水中，則硝化甘油變為重油狀沉於器底。(2) 此方程式與燃燒時異，其左邊不加養氣，須注意。(3) 硅藻土由棲息於海中之動物遺骸所成，為多孔質白色粉末，所以使其吸收甘油者，以甘油為液體，處理不便故也。

<p>乙 醇 (Ethyl alcohol) $C_2H_5 \cdot OH$</p>	$\begin{array}{c} H & H \\ | & | \\ H-C & -C-OH \\ | & | \\ H & H \end{array}$	<p>取已糖化之澱粉使之醱酵。</p>	<p>無色液體(沸點78°, 融點-130°)。碘, 樹脂, 脂肪, 樟腦等之溶媒。可燃性, 氧化而變爲醌, 醋酸, 縮去水之成分而變爲醚或乙烯。有防腐性。</p>	<p>飲料, 燃料, 溶媒, 防腐劑, 乙烯, 醚, 烷, 三碘, 甲, 烷, 醋酸之製造。</p>
<p>戊 醇 (Amyl alcohol) $C_5H_{11} \cdot OH$</p>	<p>—————</p>	<p>取已糖化之澱粉使之醱酵。</p>	<p>無色油狀(比重0.83, 沸點130°)。有毒。</p>	<p>製藥原料。</p>
<p>甘 油 (Glycerine) $C_3H_5(OH)_3$</p>	$\begin{array}{c} H & H & H \\ | & | & | \\ H-C & -C & -C-H \\ | & | & | \\ OH & OH & OH \end{array}$	<p>用水蒸氣分解脂肪。</p>	<p>無色油狀(沸點290°, 比重1.27)。有甘味, 吸濕性強, 可溶於水。</p>	<p>醫藥, 硝化甘油之製造。</p>
<p>硝化甘油 (Nitroglycerine) $C_3H_5(NO_3)_3$</p>	$\begin{array}{c} H & H & H \\ | & | & | \\ H-C & -C & -C-H \\ | & | & | \\ NO_3 & NO_3 & NO_3 \end{array}$	<p>混硝酸與硫酸於甘油中。</p>	<p>無色油狀(融點-2°)。不溶, 爆發性。</p>	<p>炸藥, 無煙火藥。</p>

定 義

<p>烷基 (Alkyl radical)</p>	<p>$(C_nH_{2n+1})^I \dots \dots$ 烷基 $(CH_3)^I \dots \dots$ 甲基 $(C_2H_5)^I \dots \dots$ 乙烷基 $(C_3H_7)^III \dots \dots$ 甘油基</p>
<p>醇類 (Alcohols)</p>	<p>如 $C_nH_{2n+1} \cdot OH$, 烷基之氫氧化物之謂。 因 OH 基之數而稱爲一, 二, 三, \dots 價醇。</p>
<p>醱酵 (Fermentation)</p>	<p>有機物受酵素之接觸作用而分解之化學變化之謂。 醱酵中有冠以醱酵生成物之名而呼之者, 例如酒精醱酵。</p>

9. 問題.

1. 甲烷之 1 原子氫,由氫氧基置換所生之化合物,及由甲烷基所置換之化合物之名稱及其性質如何。

圖 甲烷 (CH_4) \rightarrow 甲醇 ($\text{CH}_3\cdot\text{OH}$), 甲烷 (CH_4) \rightarrow 乙烷 ($\text{CH}_3\cdot\text{CH}_3$), 前者詳見 502 頁, 後者可由碳化氫之通性推定, 知為無色之氣體, 一呎之重量為 ($\text{CH}_3\cdot\text{CH}_3 \div 22.4$) 克, 有可燃性, 不受酸鹼之作用。

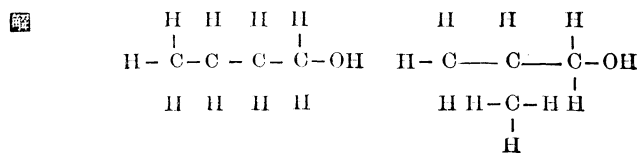
2. 試述乙醇之製法, 性質及其構造式。

3. 木精及酒精之差異試列舉之。

圖	木精	酒精
分子式	$\text{CH}_3\cdot\text{OH}$	$\text{C}_2\text{H}_5\cdot\text{OH}$
性質	有毒, 惡臭	無毒, 有快香。
反應	不呈三碘甲烷反應	呈左之反應。
製法	由木材乾餾製之	由糖類醱酵製之。

4. 甘油, 硝化甘油之製法, 性質如何。 (600 頁)

5. 丁醇異性體之構造式如何。



6. 下列之混合物分離之方法如何。

- (a) 食鹽及磨砂 (b) 酒精及水 (c) 金及銅
 (d) 鐵粉及木炭粉 (e) 養氣及二氧化碳

圖 (a) 由溶解於水之度之差異而分離, 即將混合物投於水中, 過濾而去磨砂, 而後蒸發溶液則得食鹽。

(b) 利用沸點之差異而分餾, 即在 80° 以下餾出者, 為酒精。

(c) 由對於硝酸之作用而分離。金不溶解而銅溶解，蒸發溶液，將所得之硝酸銅還原之則得銅。

(d) 由比重之差異而分離。鐵粉沉降而炭粉浮。

(e) 利用苛性鉀之反應。二氧化碳為苛性鉀所吸收，加酸則再發生。

7. 將鈉作用於同重量之純酒精與含水酒精，使之完全分解時，所發生輕氣之量，以何者為多。

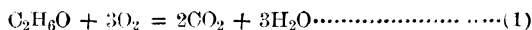
【解】 含水酒精較多。酒精 $C_2H_5 \cdot OH$ 及水 H_2O 一克分子，各生同量之輕氣（半克分子），然而酒精之分子量較大於水，故由此二物質之同重量所發生之輕氣之克分子數，以含水酒精為較大。

8. 甲醇及乙醇氧化時所得重要之物如何。

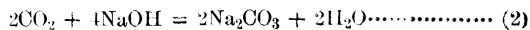
【解】 (1) 蟻醛，蟻酸，(2) 乙醛，醋酸等，(3) 最後之生成物皆為碳酸氣及水。

9. 乙醇之若干量，在養氣中完全燃燒時所生之生成物，為苛性鈉所吸收，而得無水之碳酸鈉 106 克時，問所燃乙醇之量若干。

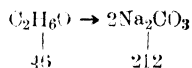
【解】 乙醇燃燒時之反應：



又碳酸氣為苛性鈉所吸收而得碳酸鈉之反應：



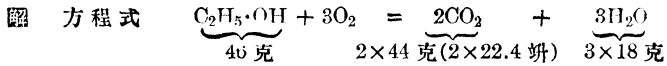
(1) (2) 比較，得關係如下：



故知欲得 Na_2CO_3 106 克，所需 C_2H_6O 之量，

$$106 \text{ 克} \times \frac{46}{212} = 23 \text{ 克} \qquad \text{答 23 克。}$$

10. 乙醇 136 克完全燃燒時所生物質之名稱及重量如何。
又此時所生氣體之體積如何。



答水 162 克, 炭酸氣 264 克, 134.4 升。

11. 有由碳, 氧, 氫所成之化合物 2.3 克與一氧化銅共熱時, 得炭酸氣 3.3 克, 水 1.8 克, 又測其分子量知為 92, 問此物質之分子式如何。

圖 求其成分元素之重量, 將其分子量分為各組成之比, 而以符號代之。

$$\text{碳之量} = 3.3 \times \frac{12}{44} = 0.9$$

$$\text{氫之量} = 1.8 \times \frac{2}{18} = 0.2$$

$$\text{氧之量} = 2.3 - (0.9 + 0.2) = 1.2$$

故分子量中所含各元素之量如次。⁽¹⁾

$$\text{碳之量} = 92 \times \frac{0.9}{2.3} = 36 = 12 \times 3 = \text{C}_3$$

$$\text{氫之量} = 92 \times \frac{0.2}{2.3} = 8 = 1 \times 8 = \text{H}_8$$

$$\text{氧之量} = 92 \times \frac{1.2}{2.3} = 48 = 16 \times 3 = \text{O}_3$$

∴ 分子式 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ 。

12. 硝化甘油 10 克爆發時, 於 100°C . 1 氣壓之下, 能生幾倍體積之氣體。

(1) 分子式中原子數多時, 可用此法。

圖 由方程式
$$\underbrace{4\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3}_{908 \text{ 克}} = \underbrace{12\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + 6\text{N}_2 + \text{O}_2}_{(12 + 10 + 6 + 1) \times 22.4 \text{ 呎}}$$

故 10 克硝化甘油所生之氣體。

$$22.4 \text{ 呎} \times 29 \times \frac{10}{908} \times \left(1 + \frac{100}{273}\right) = 9.8 \text{ 呎}.$$

又硝化甘油之比重為 1.6, 故 10 克之體積為 $(10 \div 1.6) \text{ c.c.}$,

故所求之值

$$980 \text{ c.c.} \div (10 \div 1.6) \text{ c.c.} = 1600 \text{ 倍}$$

故如不許氣體膨脹, 則壓力增至 1000 氣壓以上, 而起強烈之爆發。

答 1600 倍。

13. 問分子量 92, 組成氫 13.04, 碳 52.17, 氧 34.79 之物質, 其分子式如何。

圖

$$\begin{aligned} \text{氫} &= 92 \times \frac{13.04}{100} = 12 = \text{H}_{12} \\ \text{碳} &= 92 \times \frac{52.17}{100} = 48 = \text{C}_4 \\ \text{氧} &= 92 \times \frac{34.79}{100} = 32 = \text{O}_2 \end{aligned}$$

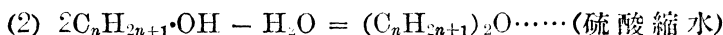
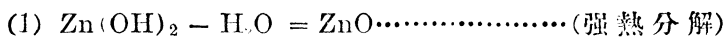
答 $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{O}_2$.

10. 實驗.

1. 用甲醇溶解樹脂, 而再檢查其可燃性。
2. 用乙醇溶解碘及樹脂等, 再檢查其可燃性。
3. 由三碘甲烷之反應, 試檢出乙醇之存在。
4. 將乙醇與一氧化銅共熱, 而檢出其中之碳。

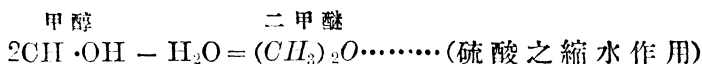
第三節 醚類 (Ethers)

1. 醚類 $[(C_nH_{2n+1})_2O]$ 醚類爲烷基之氧化物之總稱,恰有如金屬氧化物(如 Cu_2O)之組成,蓋後者由金屬之氫氧化物縮水而成,醚類則由烷基之氫氧化物,即醇用硫酸縮去其水而製之。

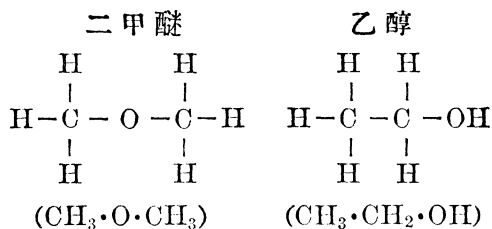


醚類之中,其主要者有 $n = 1$ 及 $n = 2$ 者兩種。

2. 二甲醚 $[(CH_3)_2O]$ 取甲醇與濃硫酸共熱時,則生稱爲二甲醚 (Methyl-ether) 之無色氣體。



其分子式爲 C_2H_6O 與乙醇等,然其性質則全異,不呈氫氧基之反應,故與以下示之構造式,以與後者相區別。



如斯凡有同一之分子式而其性質,反應相異之物質,稱爲異性體(第478頁),可用構造式以區別之。

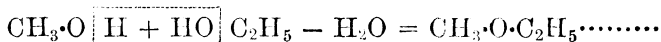
3. 二乙醚 $[(C_2H_5)_2O]$ 取乙醇滴加於熱至 140 度之濃硫酸中時,則水分爲所縮去,而成二乙醚。

麻醉作用極易引火,其與空氣之混合物,以火點之,則即起猛烈之爆炸。



二乙醚⁽¹⁾ (1) 用作溶媒,以供脂肪之抽取,膠棉之溶解;(2) 利用揮發性以作寒劑;(3) 蒸氣用作麻醉劑,以供治療,或為氧醚焰,以供熱源及光源之用。

4. 混成醚. $[C_mH_{2m+1} \cdot O \cdot C_nH_{2n+1}]$ 甲醇與乙醇之混合物,如前用熱硫酸處理之時,則生甲乙醚。



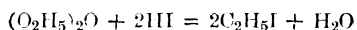
…(硫酸之縮水作用)

如斯凡由二種之烷基之氧化物所成之醚,稱為混成醚。

5. 摘要. 醚類 $(C_nH_{2n+1})_2O$

名 稱 性 式	構 造 式	製 法	性 質	用 途
醚 類 (Ethers) $(C_nH_{2n+1})_2O$	$\begin{array}{ccc} H & & H \\ | & & | \\ H-C-\dots-O-\dots-C-H \\ | & & | \\ H & & H \end{array}$	由 $C_nH_{2n+1} \cdot OH$ 縮去其水。	—	—
二 甲 醚 (Methyl-ether) $(CH_3)_2O$	$\begin{array}{ccc} H & & H \\ | & & | \\ H-C-O-C-H \\ | & & | \\ H & & H \end{array}$	將 $CH_3 \cdot OH$ 用熱濃硫酸處理之。	無色之氣體。	—

(2) 二乙醚為烷基之氧化物,而恰相當於金屬之氧化物,故若使作用於酸,則生相當於鹽之物。



二 乙 醚 (Ethyl ether) (C ₂ H ₅) ₂ O	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \\ & | & | & & | & | & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{O} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{H} \\ & | & | & & | & | & \\ & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \end{array} $	將 C ₂ H ₅ ·OH 用熱濃硫 酸處理之。	揮發性之 液體。溶解 脂肪、樹脂。 有爽快之 香。有麻醉 性。易引火。	溶媒，燃 料，寒劑， 醫藥。
---	--	--	--	----------------------

定 義

異性體 (Isomer)	有同一之分子式而其性質相異之物質，稱為異性體。可用構造式以區別之。
--------------	-----------------------------------

6. 問題。

1. 由乙醇所得物質之名稱如何。

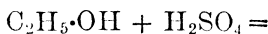
圖 醚，成油氣，乙醚，醋酸，三氯甲烷，三碘甲烷。

2. 加下列各物質於醚時反應如何。

水 碘 脂肪 酒精 硫酸 五氯化磷 鈉

圖 醚不與水混和而浮於上層。溶解碘及脂肪。與酒精混和。對於硫酸，五氯化磷及鈉甚難作用。

3. 試完結下列方程式且說明之。



但所生之酸性硫酸乙烷，即與 C₂H₅·OH 作用而生醚。

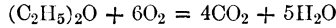


4. 50 克之醚氯化時，於 27° C. 能生幾蚘之氣體。又燒時所需之空氣及生成物之體積如何。

圖 醚之蒸氣 (C₂H₅)₂O = 74 克，在標準狀況時應占 22.4 蚘，故其 50 克在 27° C. 時之體積為：

$$22.4 \text{ 升} \times \frac{50}{74} \times \left(1 + \frac{27}{273}\right) = 16.6 \text{ 升}$$

然燃燒醚之蒸氣 1 體積時,由方程式



知需氧氣 6 體積,即空氣 30 體積,燃燒之結果,可生炭酸氣 4 體積。

$$\therefore \text{空氣之體積} = 16.6 \times 30 = 500 \text{ 升}$$

$$\text{炭酸氣之體積} = 16.6 \times 4 = 66.4 \text{ 升}$$

答 500 升, 66.4 升。

7. 實驗.

1. 盛少量之酒精於試管中,加濃硫酸熱之,其所發生之醚,試由其臭氣鑑識之,又點火時如何。

2. 注醚於皮膚,以檢其易於揮發。

3. 加醚於水而振盪之,更加酒精振盪。

第四節 醛類 酮類

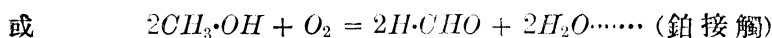
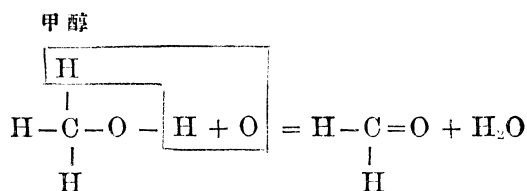
1. 醛類. $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\cdot\text{CHO}]$ 一般具有烷基 $(\text{C}_n\text{H}_{2n+1})$ 與醛基 $\left[\begin{array}{c} \text{-C=O} \\ | \\ \text{H} \end{array} \right]$ 相結合之構造之物質,總稱為醛,由不完全氧化醇類而製出之(由一分子除去二原子氫),其主要者有次之二種:

$n = 0 \dots \dots \text{H}\cdot\text{CHO} \dots \dots$ 甲醛(蟻醛) (Formaldehyde)

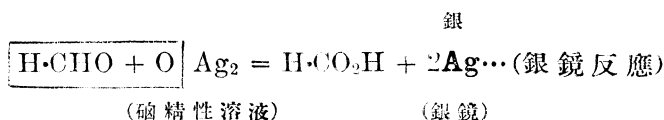
$n = 1 \dots \dots \text{CH}_3\cdot\text{CHO} \dots \dots$ 乙醛 (Acetaldehyde)

2. 蟻醛. $[\text{H}\cdot\text{CHO}]$ 將混有空氣之甲醇,通於盛銅線或鉑石綿而保有暗赤熱之管中時,則甲醇因後者之接觸作用,

與空氣中之養氣起不完全氧化，而變為蟻醛。



蟻醛為有窒息性臭之無色氣體，善溶解於水，其飽和溶液含量約達40%。此液通常稱為蟻醛液 (Formaline)。一般醛基 $\begin{array}{c} \text{-C=O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 有容易氧化而變為脂酸基 $\left[\text{Carboxyl}, \begin{array}{c} \text{-C=O} \\ | \\ \text{O}-\text{H} \end{array} \right]$ 之傾向，故有此基之蟻醛，亦有強還原性，將此物加於硝酸銀之鹵精性溶液中而溫之時，則奪取溶存於液中之氧化二銀中之氧而成蟻酸 (Formic acid)，同時因氧化二銀之還原，而析出美麗之金屬銀於器壁。此名為醛之銀鏡反應。



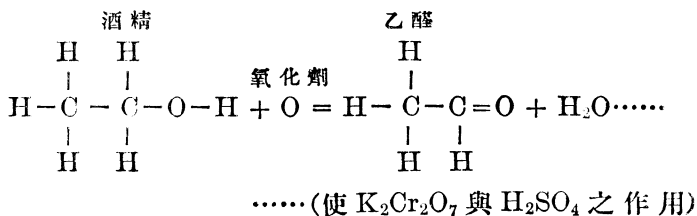
蟻醛因其有還原性而呈強力殺菌作用，故常利用之以製蟻醛液，供物品，衣服，室內等之消毒用。⁽²⁾

(1) 加過量之鹵精水於硝酸銀液，使生成之沉澱再行溶解即得：



實際上氧化二銀溶於過量之鹵精水中而成錯離子。(2) 消毒用者用0.5-2%之液。

3. 乙醛. $[\text{CH}_3\cdot\text{CHO}]$ 乙醛由酒精因銅或鉑之接觸作用,而起不完全氧化時所生成,與製蟻醛時無異.然工業上通常則用一縮二鉻酸鉀與硫酸以氧化酒精⁽¹⁾而製出之.



乙醛為甲烷基 (CH_3) 之醛 (CHO) 化合物,簡稱為醛.為揮發性之無色液體,有劇毒性,吸入其蒸氣,片刻後即喪失其呼吸力.此物質有醛基,故呈還原性,從而呈銀鏡反應,亦與蟻醛無異.

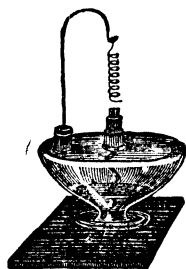
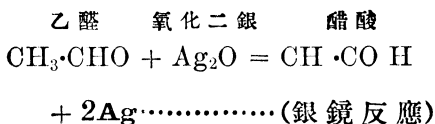


圖 196——示酒精因赤熱之鉑之接觸作用而變為乙醛。

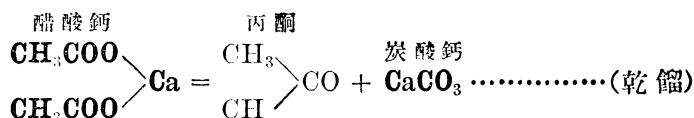


此物質常使變為 $(\text{CH}_3\cdot\text{CHO})_3$ 之組成,而供催眠鎮痛之用.

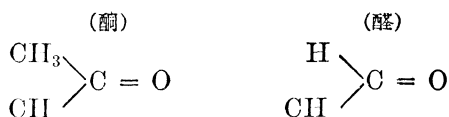
4. 酮類. $[(\text{C}_n\text{H}_{2n+1})_2\text{CO}]$ 酮類為烷基之酮基 (Carbonyl, $=\text{C}=\text{O}$) 化合物之總稱,主要者為 $n = 1$ 即 $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ 之一種.⁽²⁾

(1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}$. (2) 砂糖類屬於醛類或酮類.

5. 丙酮. $[(\text{CH}_3)_2\text{CO}]$ 丙酮 (Acetone or dimethyl-ketone) 由乾餾醋酸鈣而製之。



丙酮亦稱木酮 (Acetone), 爲發揮性之無色液體, 能溶解種種之有機化合物, 其構造式如次, 甚與醛相似。



以其不含容易氧化之氫, 故與醛異, 不呈還原作用, 以強力氧化劑處理之, 始分解而生醋酸與碳酸氣。



丙酮之用於溶解棉火藥而實變爲膠狀物者, 爲量最多, 其他亦供三氯甲烷 (CHCl_3), 三碘甲烷 (CHI_3), 催眠藥 [Sulphonal, $(\text{CH}_3)_2\text{C} : \text{C} : (\text{SO}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5)_2$] 等之製造。

6. 摘要. 醛類 酮類

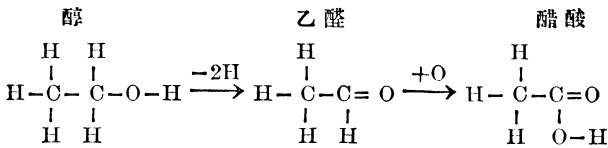
名稱 示性式	構造式	製法	性質	用途
醛類 (Aldehydes) $\text{C}_n\text{H}_{2n+1} \cdot \text{CHO}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\dots-\text{C}=\text{O} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1} \cdot \text{OH}$ -2H 即將醇 不完全氧化 之。	多爲中性之 無色液 (比 重 0.8), 有強 還原性, 呈銀 鏡反應。	——

蟻 醛 (Form-aldehyde) H·CHO	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$	取CH ₃ ·OH以銅爲觸媒而氧化之。	無色氣體,有殺菌性,水溶液呈銀鏡反應。	殺菌劑,醫藥。
乙 醛 (Acet-aldehyde) CH ₃ ·CHO	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{O} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	用氧化劑氧化C ₂ H ₅ ·OH。	無色液體,呈銀鏡反應。	醫藥之原料。
酮 類 (Ketones) (C _n H _{2n+1}) ₂ CO	—————	脂肪酸鈣之乾餾。	爲揮發性之液體,無還原性。	—————
丙酮(木酮) (Acetone) (CH ₃) ₂ CO	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ | \quad \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad || \quad | \\ \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \end{array}$	醋酸鈣之乾餾。	無色之液體,溶解棉火藥。	溶媒,醫藥。

7. 問題.

1. 試述蟻醛之製法及性質如何。 (611頁)
2. 試述蟻醛之通性,並示對於酸及醇之關係。

圖 醇受氧化則成爲醛,醛更與氧化合,相成爲酸,關係如下:



3. 0.1793克之丙酮完全燃燒時,生炭酸氣0.4077克,水0.167克,問酮之化學式如何。

圖 炭酸氣(CO₂)0.4077克中,含碳之量爲0.4077克 × $\frac{12}{44}$ = 0.1112克,
 水(H₂O)0.167克中,含氫之量爲0.167克 × $\frac{2}{18}$ = 0.0186克,上二量與酮全量之差,即爲養氣,

$$0.1793 \text{ 克} - (0.1112 \text{ 克} + 0.0186 \text{ 克}) = 0.0495 \text{ 克}$$

若以元素符號代之，則得

$$\frac{0.1112}{12} : \frac{0.0186}{1} : \frac{0.0495}{16} = 3 : 6 : 1 \quad \text{答 } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}.$$

8. 實驗.

1. 將酒精加熱，使發蒸氣，而將燒熱之鉑線插入，其則見依然發赤。
2. 試驗醛之銀鏡反應。

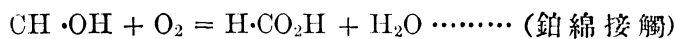
第二章 有機酸及鹽

第一節 脂肪酸類 (Fatty acids)

1. 脂肪酸類. $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\cdot\text{CO}_2\text{H}]$ 有脂酸基 $\left[\begin{array}{c} -\text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{O}-\text{H} \end{array} \right]$ 之有機化合物,一般稱為有機酸 (Organic acid). 有脂酸基一個 (他為烷基) 之有機酸,特總稱為脂肪酸類. 其主要者列舉如下:

	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\cdot\text{CO}_2\text{H}$	名 稱
$n = 0$	$\text{H}\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Formic acid, 蟻酸 (甲酸)
$n = 1$	$\text{CH}_3\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Acetic acid, 醋酸 (乙酸)
$n = 2$	$\text{C}_2\text{H}_5\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Propionic acid, 丙酸
$n = 3$	$\text{C}_3\text{H}_7\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Butyric acid, 酪酸
$n = 15$	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Palmitic acid, 軟脂酸
$n = 17$	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Stearic acid, 硬脂酸
$n = 17$	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Oleic acid, 油酸
$n = 17$	$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\cdot\text{CO}_2\text{H}$	Linoleic acid, 乾性油酸

2. 蟻酸. $[\text{H}\cdot\text{CO}_2\text{H}]$ 藉鉑石綿之接觸作用而氧化甲醇時,則生蟻酸 (與612頁比較之).

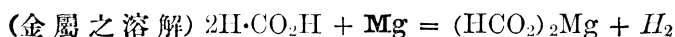
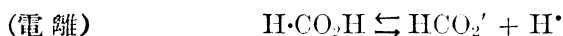


工業上製造蟻酸時,則以甘油為觸媒,而分解草酸 (Oxalic acid),更分餾其生成物,可得蟻酸.

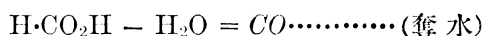


又將螞蟻，蕁麻與水共磨至稀爛後，蒸餾之，亦得蟻酸，此蟻酸之名之所由來也。

蟻酸為有刺激臭之無色液體，較水稍輕，刺激皮膚使生水泡，此物質善溶解於水，電離而生氫離子，故其溶液不特呈酸性反應，且中和鹼，與鎂作用，則發生輕氣，全與無機酸同。



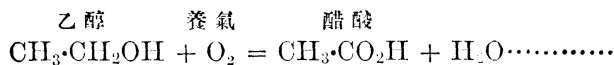
加濃硫酸於蟻酸，熱之則分解而發生一氧化碳。



若點之以火，則舉固有之青色燄而燃燒，故此反應常供蟻酸之鑑識。

蟻酸有殺菌之效，故其5%許之溶液，用以供果汁之貯藏，又醫藥上用作皮膚刺激劑。

3. 醋酸。【 $\text{CH}_3\cdot\text{CO}_2\text{H}$ 】 (1) 使鉑石綿或醋母接觸於乙醇與空氣之混合物，則生醋酸，後之方法，稱為速醋法 (Quick vinegar process)。



……(鉑或醋母之接觸)

(1) 為含有蟻酸之害蟲所刺傷時，常利用此反應以解毒。

(2) 醋酸又與甲醇,丙酮混存於木材乾餾液中,故熱此乾餾液,而導發生之蒸氣於石灰水中時,則僅醋酸變為不揮發性之鈣鹽,故蒸餾乾固之,而驅除其夾雜物後,加硫酸再餾之,即得。

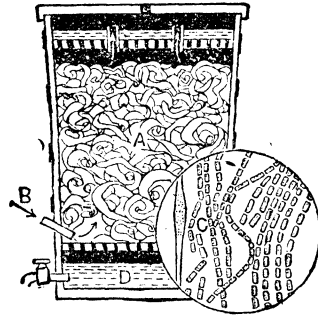
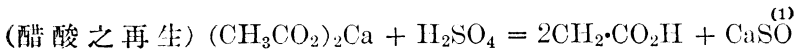
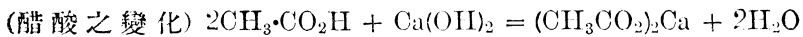


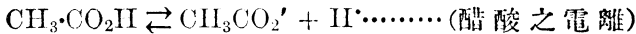
圖 197—氧化酒精以製醋酸。
(A) 浸潤酒精之飽層, (B) 空氣口, (C) 醋母, (D) 醋酸。

石灰水



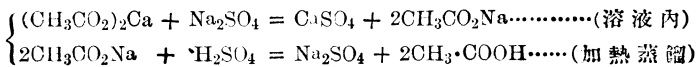
醋酸通常為無色之液體,放劇烈之臭氣,然其融點為17度,故冬季冰結而生無色之結晶,因此俗稱純醋酸為冰醋酸。醋酸善溶解於水,而呈酸之諸反應。

醋酸離子 氫離子



如斯有機酸之氫離子,為由脂酸基電離而生,故此等之鹽基度,因其一分子式中所含脂酸基之數而定,如醋酸之分子式中,雖含四原子氫,然脂酸基則僅有一個,故其鹽基度為一。因此脂肪酸又稱為一鹽基有機酸。

(1) 實際上醋酸鈣中不直接加硫酸,而先以硫酸鈉作用之,使成醋酸鈉後,再以硫酸分解之。



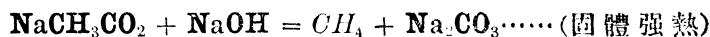
醋酸之3%許之水溶液，可代用調味之醋⁽¹⁾，又用於種種醋酸鹽之製造。

4. 醋酸鹽. 醋酸與金屬及金屬之氧化物或氫氧化物等作用，生重要之鹽類。

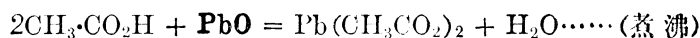
醋酸鈣. $[\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2]$ 爲用消石灰中和醋酸而得之白色結晶，乾餾之，則分解而生丙酮(第614頁)。

醋酸鈉. $[\text{NaCH}_3\text{CO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 爲用硫酸鈉作用於醋酸鈣而製成之單斜系結晶。

$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = 2\text{NaCH}_3\text{CO}_2 + \text{CaSO}_4 \cdots$ (溶液反應)
與苛性鈉共熱，則生甲烷。

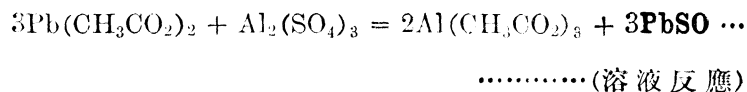


醋酸鉛. $[\text{Pb}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 由共熱醋酸與一氧化鉛而製之(第436頁)。



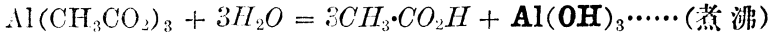
醋酸鉛亦稱鉛糖(Lead sugar)，爲白色結晶，溶解於水而生鉛離子，故分析上用作試藥。

醋酸鋁. $[\text{Al}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3]$ 爲用硫酸鋁作用於醋酸鉛而得之可溶性鹽。

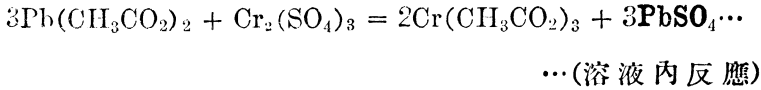


(1) 醋之分析例	醋酸	浸出分	葡萄糖	糊精	甘油	灰分	水分
	3.4%	5.4%	1.0%	0.4%	0.3%	0.3%	9.0%

將吸收醋酸鋁之纖維,用水蒸氣處理之,則三氫氧化鋁沉積於纖維內,而完成其媒染作用(第463頁).



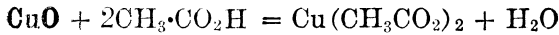
醋酸鉻. $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3]$ 由用醋酸鉛作用於硫酸鉻而製之.



專用作媒染劑,使生成三氫氧化鉻沉澱於纖維中.

醋酸鐵. $[\text{Fe}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3]$ 由溶鐵於醋酸而製之,為貴重之黑色媒染劑.

醋酸銅. $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2\cdot\text{H}_2\text{O}]$ 由溶解一氧化銅於醋酸而製之.



為暗綠青色之鹽,其鹽基性鹽為綠色顏料.

5. 乳酸,酪酸. 牛乳酸敗時常生此⁽¹⁾乳酸 $[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}]$, 因存於牛乳中之乳糖因乳酸酵素之接觸作用而醱酵故也.

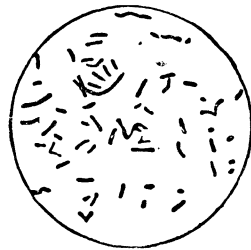
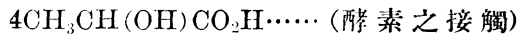
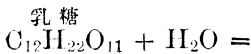


圖 198—乳酸酵素.

(1) 飯等醱酵時亦生乳酸.

軟脂酸,硬脂酸:(1)混少許之石蠟以供洋蠟燭之製造,(2)混於洗濯糊中,或供軟膏之原料用。

7. 油酸,乾性油酸. 油酸($C_{17}H_{33}\cdot CO_2H$),乾性油酸($C_{17}H_{31}\cdot CO_2H$)均為液態之不飽和之酸,不溶解於水,與甘油化合,則成 $(C_{17}H_{33}CO_2)_3C_3H_5$ 或 $(C_{17}H_{31}CO_2)_3C_3H_5$,而為液態脂肪及油之主成分。

8. 摘要. 脂肪酸類

名稱 示性式	構造式	製法	性質	用途
脂肪酸類 (Fatty acids) $C_nH_{2n+1}\cdot CO_2H$	$C_nH_{2n+1}-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	醇,醛之氧化,脂肪之分解等。	低級者為液態,溶解於水,呈酸性,混和於酒精中,高級者為蠟狀之固體,不溶於水,可溶於酒精。	——
蟻酸 (Formic acid) $H\cdot CO_2H$	$H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	甲醇之氧化。	無色液(比重1.2),水溶液呈酸性,使皮膚生水泡。	殺菌劑。
醋酸 (Acetic acid) $CH_3\cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-C=O \\ | \quad | \\ H \quad O-H \end{array}$	乙醇之氧化,木材乾餾液之分餾。	無色液(冰點17度,比重1.1),水溶液呈酸性,使皮膚生水泡,有劇烈之臭氣,生種種之鹽。	食用,鉛白,醋酸銅等之原料,媒染劑之製造。
丙酸 (Propionic acid) $C_2H_5\cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} H \quad H \\ | \quad | \\ H-C-C-C=O \\ | \quad | \quad | \\ H \quad H \quad O-H \end{array}$	——	略同上。	——

乳 酸 (Lactic acid) $C_2H_4(OH) \cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} H \quad H \\ | \quad | \\ H-C-C-C=O \\ | \quad | \quad | \\ H \quad OH \quad O-H \end{array}$	由乳糖,葡萄糖之醱酵而生。	有不快臭氣之無色液體。	——
酪 酸 (Butyric acid) $C_3H_7 \cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} C_3H_7-C=O \\ | \\ O-H \end{array}$	因脂肪或乳酸之醱酵而生。	同上。	香水之原料。
軟 脂 酸 (Palmitic acid) $C_{15}H_{35} \cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} C_{15}H_{31}-C=O \\ | \\ O-H \end{array}$	用水蒸氣分解脂肪。	白色蠟狀固體(融點62度,比重0.85)。不溶於水,可燃性。	蠟燭,糊,膏藥。
硬 脂 酸 (Stearic acid) $C_{17}H_{35} \cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} C_{17}H_{35}-C=O \\ | \\ O-H \end{array}$	同上。	融點69度,其他同上。	同上。
油 酸 (Oleic acid) $C_{17}H_{33} \cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} C_{17}H_{33}-C=O \\ | \\ O-H \end{array}$	同上。	液體,不飽和,其他同上。	糊,軟膏。
乾性油酸 (Linoleic acid) $C_{17}H_{31} \cdot CO_2H$	$\begin{array}{c} C_{17}H_{31}-C=O \\ | \\ O-H \end{array}$	——	液體,不飽和,吸收空氣中養氣而固化。	在乾性之油中。

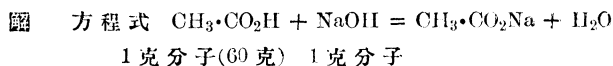
9. 問題。

1. 試述蟻酸及醋酸之性質,及其用途如何。 (上表)
2. 主要醋酸鹽之用途,及其製法如何。 (620頁)
3. 試舉有相當組成之碳化氫,醇,醛,脂肪酸之示性式而比較之。

圖	碳化氫	醇	醛	脂肪酸
	$CH_3 \cdot H$ (氣)	$CH_3 \cdot OH$ (液)	$H \cdot CHO$ (氣)	$H \cdot CO_2H$ (液)
	$C_2H_5 \cdot H$ (氣)	$C_2H_5 \cdot OH$ (液)	$CH_3 \cdot CHO$ (液)	$CH_3 \cdot CO_2H$ (液)

4 硬脂蠟燭之主成分,及其製法試說明之。 (622 頁)

5. 有醋 20 克,可用 1 規定之苛性鈉 100 c.c. 中和之,問此醋中含有醋酸幾%。



今 1 規定苛性鈉 100 c.c. 中,含有純苛性鈉 $\frac{1}{10}$ 克分子,故由上方程式,知中和時所要醋酸之量亦為,

$$\frac{1}{10} \text{ 克分子} = 60 \text{ 克} \times \frac{1}{10} = 6 \text{ 克.}$$

此量之醋酸存於 20 克之醋中,故所求之含量如下:

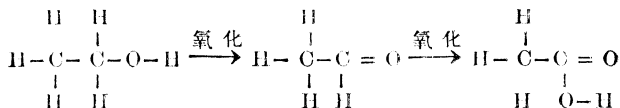
$$100 \times \frac{6}{20} = 30 \% \quad \text{答 } 30 \%.$$

6. 由 90 % 之酒精 100 克所得乙醛,醋酸及醚之量若干。

答 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ 86.1 克, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 117.4 克, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ 72.4 克。

7. 乙醇氧化而生醋酸之變化,試用構造式表之。

圖 乙醇



10. 實驗.

1. 試檢查蠟酸水溶液之酸性反應,將比較的多量之濃硫酸加於此少量之水溶液,熱之,並點火於所發生之一氧化碳。

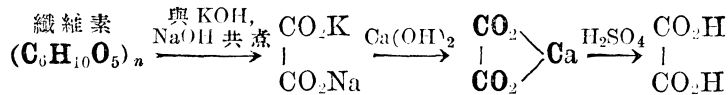
2. 檢查醋酸之臭氣及酸性反應,並用鹼中和之。

3. 測定硬脂酸之比重及融點,並燃燒之。

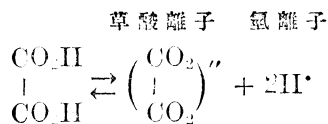
第二節 多鹽基酸類

1. 多鹽基酸類. 脂肪酸中烷基之氫之數原子更爲脂
酸基置換而成之酸,即一分子式中含有二個以上之脂酸基
之有機酸,稱爲多鹽基有機酸.此等概存在於植物中,故有植
物酸之名.

2. 草酸. $\left[\begin{array}{c} \text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array} \right]$ 草酸 (Oxalic acid) 常組成酸性鉀鹽
($\begin{array}{c} \text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{CO}_2\text{K} \end{array}$) 或鉀鹽,存在於酢漿草,酸模等之植物中.投鋸屑(即
纖維素)於苛性鉀與苛性鈉之混合液中而煮沸之,則生草酸
之鉀鈉鹽,故加石灰乳於其中,使變爲不溶性之草酸鈣,更用
硫酸分解之,則得草酸.

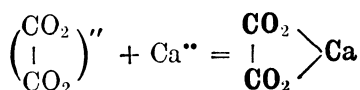


草酸爲含二分子水之無色柱狀之結晶,⁽¹⁾善溶於水,而起
如下之電離,



故呈酸性反應,溶解金屬氧化物等之氫離子之諸反應,其中
性溶液遇鈣離子,則生草酸鈣之白色沉澱.

(1) 草酸有毒,服其 5.0 克足以斃人,其解毒劑爲石灰.



此反應屢利用以檢驗鈣離子。

草酸遇容易還原之物質，如高錳酸鉀等時，則由後者奪取養氣而自氧化。

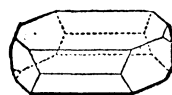
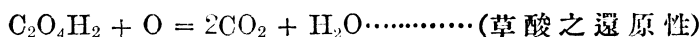
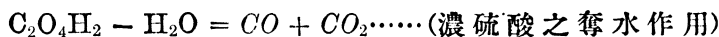


圖 199——草酸之結晶。

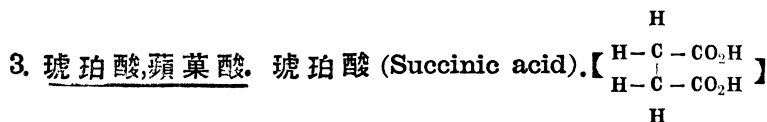


故為強力之還原劑。

草酸用濃硫酸縮去其水分，則分解而發生二氧化碳與一氧化碳。

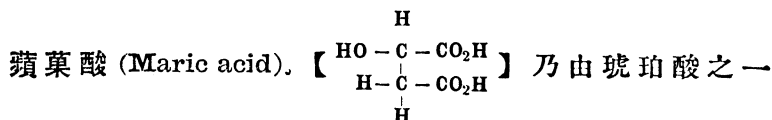


草酸供染色術，攝影術（還原劑），黃銅或銅製器具之洗滌，一氧化碳之製取，高錳酸鉀及鈣離子之試藥等，用度極廣。



為乾餾琥珀而得之無色柱狀結晶，其構造為乙烷 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

之二氫原子與脂酸基置換而成，溶解於水而呈酸性。



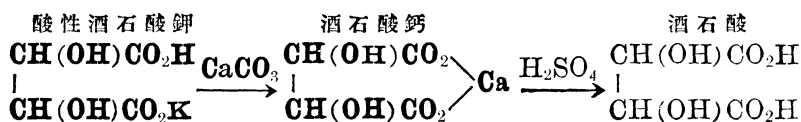
氫原子與氫氧基置換而成，為潮解性之無色結晶，溶解於水

呈強酸味。在未熟之蘋果、葡萄、桃等中，成游離狀而存在，故可由是等果實之液汁採集之。

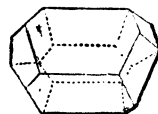
4. 酒石酸 (Tartaric acid). $\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{HO} - \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \\ \text{HO} - \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \\ \text{H} \end{array} \right]$ 酒石酸之構

造，為蘋果酸之氫一原子更與氫氧基置換而成。與蘋果酸共在未熟之果實中，成遊離狀而存在，又結成酸性鉀鹽，即酒石，存於葡萄之果實中。

酒石沉澱於葡萄酒釀造之際，故與碳酸鈣共煮沸之，則變為酒石酸鈣，由夾離物分取之，次用硫酸分解之，即得酒石酸。

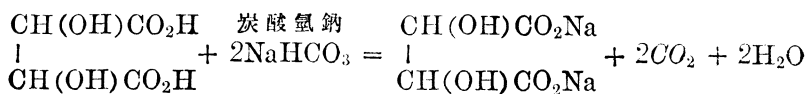


酒石酸為無色之結晶，善溶於水，其溶液：



(1) 呈爽快之酸味。

(2) 分解碳酸鹽而發生碳酸氣。 圖200——酒石酸之結晶。



(3) 遇鉀離子而沉澱結晶狀之酒石 $\left[\begin{array}{c} \text{CH(OH)CO}_2\text{K} \\ | \\ \text{CH(OH)CO}_2\text{H} \end{array} \right]$ 。

洛瑟爾鹽 (Rochelle salt) $\left[\begin{array}{c} \text{CH(OH)CO}_2\text{K} \\ | \\ \text{CH(OH)CO}_2\text{Na} \end{array} \right]$ 及吐酒石 (Tartar

emetic) $\left[\begin{array}{c} \text{CH(OH)CO}_2\text{K} \\ | \\ \text{CH(OH)CO}_2(\text{SbO}) \end{array} \right]$, 悉為可溶於水之酒石酸鹽。

酒石酸混於酸式碳酸鈉以供清涼飲料之製造,又為使鉀離子沉澱之試藥。其鹽之酒石,供麵包之製造用,洛瑟爾鹽供分析用,又吐酒石供吐劑及媒染劑用。



圖201—清涼飲料之製造。

5. 檸檬酸 (Citric acid). $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 檸檬酸為含有

三個脂酸基之三鹽基酸,在橙,柑,柚等果實中成遊離的狀態而存在,其量為果實之10%。

先變檸檬酸為不溶解性之鈣鹽,由其液中分取後,更用適量之硫酸分解此鹽,則可得純粹之檸檬酸。



圖202—(A)檸檬 (B)檸檬酸 (C)含檸檬油之囊。

檸檬酸為無色之大結晶,溶解於水,呈爽快之酸味,故可

製檸檬水 (Lemonade)⁽¹⁾, 又因分解酸式碳酸鈉, 而發生碳酸氣, 故多量用以製造清涼飲料。

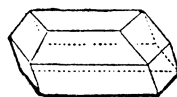


圖 203—檸檬酸之結晶。

6. 摘要. 多鹽基酸 (植物酸)

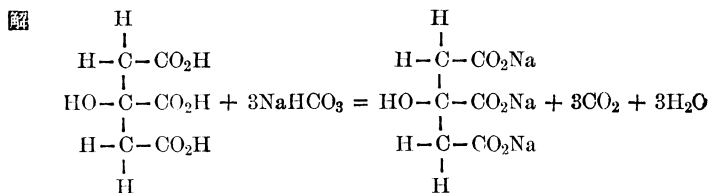
名稱 分子式	構造式	製法	性質	用途
草酸 (Oxalic acid) $C_2H_2O_4(2H_2O)$	$\begin{array}{c} CO_2H \\ | \\ CO_2H \end{array}$	纖維素之分解。	無色結晶(融點 100 度), 有毒。水溶液呈酸性反應, 有還原性, 使 Ca^{++} 沉澱。	一氧化碳製取, 銹之溶解, 還原劑, 染色, 試藥。
琥珀酸 (Succinic acid) $C_4H_6O_4$	$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-CO_2H \\ | \\ H-C-CO_2H \\ | \\ H \end{array}$	琥珀之乾餾。	白色結晶(融點 185 度)。	——
蘋果酸 (Malic acid) $C_4H_6O_5$	$\begin{array}{c} H \\ | \\ HO-C-CO_2H \\ | \\ H-C-CO_2H \\ | \\ H \end{array}$	精製其游離存於果實中者。	無色結晶(融點 100 度), 可溶, 有酸性。	——
酒石酸 (Tartaric acid) $C_4H_6O_6$	$\begin{array}{c} H \\ | \\ HO-C-CO_2H \\ | \\ HO-C-CO_2H \\ | \\ H \end{array}$	同上。	無色結晶(融點 170 度), 有酒石, 吐酒石, 洛瑟爾鹽等之鹽。	清涼飲料。 媒染劑。

(1) 檸檬水為加數滴檸檬油及多量之蔗糖於檸檬酸或酒石酸而成之物。

檸檬酸 (Citric acid) $C_6H_8O_7(H_2O)$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$	同上。	無色結晶(融點 150度),可溶。有 酸性。	清涼飲料。
---	---	-----	------------------------------	-------

7. 問題.

1. 試舉主要植物酸類之製法,性質及其用途。(上表)
2. 檸檬酸及小蘇打(NaHCO_3)之反應,試用方程式表之。



3. 用結晶草酸以製 $\frac{1}{2}$ N 之溶液,問需用草酸若干克。

草酸為二鹽基酸,故其1分子量 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126$, 等於2當量,
 故所求之量如下:

$$126 \text{ 克} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 15.76 \text{ 克} \quad \text{答 } 15.76 \text{ 克。}$$

4. 檸檬酸 1 克加碳酸氫鈉時所生碳酸氣之體積如何。

答 350 c.c.

8. 實驗.

1. 試由草酸製一氧化碳,又試檢草酸水溶液之酸性反應,用鹼中和之,又加二氯化鈣溶液,使生白色沉澱。

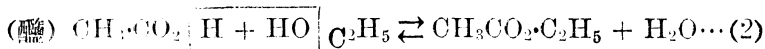
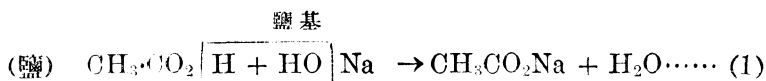
2. 加適量之碳酸氫鈉於酒石酸及檸檬酸溶液,所生之碳酸氣,試鑑識之。

第三節 鹽 (Esters)

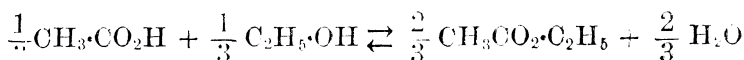
1. 鹽. $[\text{C}_n\text{H}_{2n-1}(\text{酸基})]$ 鹽 爲酸中之得與金屬相置換之氫原子,爲烷基所置換之物質之總稱,其組成雖恰與鹽相對應,然其性質則與鹽大異,茲比較其主要之差異如下:

鹽	鹽
1. 概形成一定之結晶,難揮發。	1. 爲無色之液體或易融解無定形之固體,揮發而放芳香。
2. 多爲溶解於水,在溶液中電離。	2. 多不溶解於水,爲非電解質。
3. 有少數種與水反應,而起加水分解,變爲酸與鹽基。	3. 悉起加水分解(低級脂肪酸之鹽混於水時,高級脂肪酸之鹽遇過熱之水蒸氣時),而變爲酸與醇。

其製法與製鹽時相似,由加烷基之氫氧化物(醇)於酸而製之。



如上示之方向,鹽之生成反應,恰似酸與鹽基作用而生易起加水分解之鹽時之可逆反應,反應中之酸與醇,並未全變爲鹽,隨生成物之增加,而次第增起逆反應之傾向,故反應終達平衡狀態而停止,例如上述之反應,醋酸與乙醇各以一克分子相混時,則二者之各%克分子變化,而生鹽與水各%克分子,與其殘餘之各%克分子保其平衡如次:



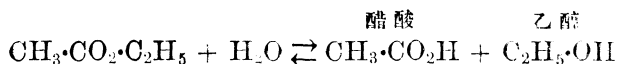
故製醃時,常須加濃硫酸於酸與醇之混合物中,以奪去所生之水,而此生成之醃,得利用其揮發性或不溶性以分離之。

2. 無機酸醃. 既述之硝化甘油 [C₃H₅(NO₃)₃], 三氯甲烷 (CHCl₃), 三碘甲烷 (CHI₃), 硼酸乙烷 [(C₂H₅)₃BO₃], 各為硝酸, 鹽酸, 碘氫酸, 硼酸之甲基, 乙基或丙醇基醃, 蓋皆無機酸之醃也。

3. 乙酸乙烷. [CH₃CO₂·C₂H₅] 乙酸乙烷如上所述, 由加濃硫酸於醋酸與乙醇之混合物中蒸餾而製之。



為無色之液體, 有似果實之強香, 故為香料混於糖果, 肥皂中, 又為興奮劑以供醫療之用. 此物微溶解於水, 徐徐加水分解而呈酸性。



4. 蠟. 高級脂肪酸如軟脂酸與一價之高級醇之醃, 稱為蠟 (Wax). 蠟悉為白色或黃色半透明之固體, 熔融於 50 度附近, 無溶解於水者, 其主要者如次。

(1) 由醃所成之香油:

醋酸戊烷	.....	CH ₃ CO ₂ ·C ₅ H ₁₁	.....	梨油
酪酸乙烷	.....	C ₃ H ₇ CO ₂ ·C ₂ H ₅	.....	鳳梨油
鱈草酸戊烷	.....	C ₄ H ₉ CO ₂ ·C ₅ H ₁₁	.....	蘋果油

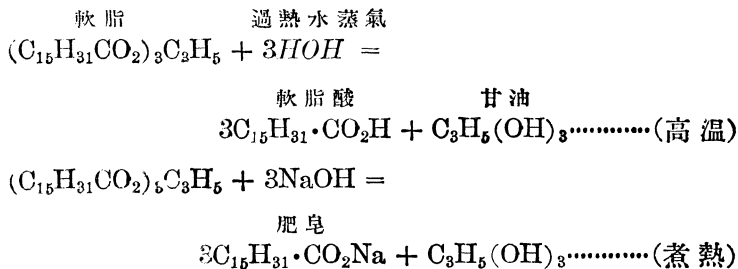
鯨蠟 (Spermaceti). $[\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2 \cdot \text{C}_{11}\text{H}_{23}]$ 爲軟脂酸十六烷基鹽 (Cetyl palmitate) 所成白色之蠟, 供軟膏或蠟燭之製造, 由真甲鯨而得, 故有此名.

蜜蠟 (Bees wax). $[\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2 \cdot \text{C}_{30}\text{H}_{61}]$ 爲軟脂酸三十烷基鹽 (Myristyl palmitate), 壓榨蜂巢所製得之淡黃色蠟也. 與鯨蠟同, 供軟膏之製造用.

木蠟 (White wax). $[(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2)_3\text{C}_3\text{H}_5]$ 其主成分爲軟脂酸與甘油之鹽, 色黃, 故由化學上之組成言之, 實非蠟而屬於脂肪. 由壓榨黃櫨及漆之果實而採取之, 供蠟燭之製造用.

5. 脂肪. 軟脂 $[(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2)_3\text{C}_3\text{H}_5]$ 及硬脂 $[(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CO}_2)_3\text{C}_3\text{H}_5]$ 乃脂肪之主成分, 爲蠟狀白色之固體, 較水稍輕. 熔融於 50 度, 變爲無色之液體. 普通之脂肪, 此二物質外, 尚含液態之油脂 $[(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CO}_2)_3\text{C}_3\text{H}_5]$, 因後者含量之多少, 而其柔軟之度大異.

脂肪遇過熱之水蒸氣, 則分解爲脂肪酸與甘油, 與苛性鹼共煮, 則生脂肪酸之鹼鹽與甘油.



此分解鹽而變爲酸或鹽之反應, 一般稱爲鹼化 (Saponifica-

tion)⁽¹⁾.鹼化時必副生醇類(甘油).

脂肪本為重要之營養素,又供軟膏及石鹼等之製造.

6. 油. 植物性油為種種脂肪酸與甘油鹽而成但其主要者為不飽和之油脂 $[(C_{17}H_{33}CO_2)_3C_3H_5]$, 或較此更不飽和之乾性油脂 $[(C_{17}H_{31}CO_2)_3C_3H_5]$. 由後者所成之油,吸收空氣中之養氣而變為透明樹脂質之固體故稱之為乾性油(Drying oils).含前者之油,則無此性,故名為不乾性油(Non-drying oils).屬於不乾性油之菜油,橄欖油,胡麻油等,為滑劑,食料,燈用或供肥皂製造之用.屬於乾性油之亞麻仁油,桐油,蓖麻子油等,則供塗料,油繪料,印刷墨,油紙等之製造用.



圖 204 — 亞麻仁實(左), 橄欖實(中), 麻子實(右).

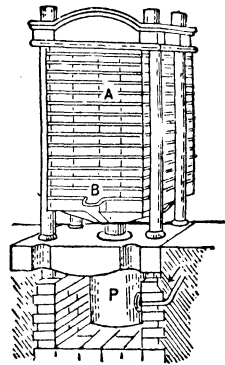
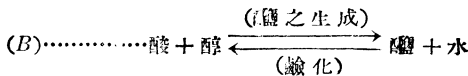
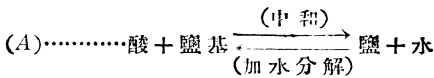


圖 205 — 壓榨植物之子實而製油.(A)子實壓榨板.(B)油口.(P)水壓機.

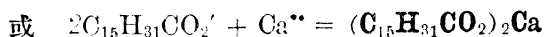
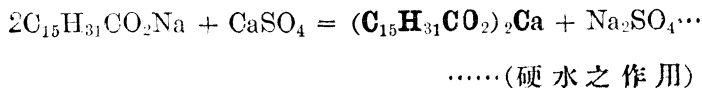
生漆雖非鹽,但吸收空氣中之氧而乾固,酷似乾性油.此因漆之主

(1) 鹼化與鹽之加水分解相當.



石鹼對於洗滌上之有效,主爲其物理的作用,因其黏稠之溶液包被污垢,而變爲乳狀,以使其容易除去,又因上之加水分解所生之苛性鈉,則伴有鹼化污垢而使溶解之化學的作用。

溶石鹼於硬水中時,則石鹼與硬水中之鈣鹽或鎂鹽反應,變爲不溶性之脂肪酸鈣或脂肪酸鎂,因而能使污垢乳狀化之黏稠液及鹼化污垢之鹼,均不發生,故其效力大爲減消。



8. 摘要. 鹽

名稱	示性式	製法	性質	用途
鹽 (Ester)	$C_nH_{2n+1} \cdot (\text{酸基})$	由醇與酸之混合物,用濃硫酸奪去其水。	有機物之鹽中,低級者爲芳香揮發性之液,高級者爲蠟狀固體,不溶於水。	_____
乙酸乙烷 (Ethyl acetate)	$CH_3CO_2 \cdot C_2H_5$	取醇與醋酸使與濃硫酸共熱之。	揮發性,芳香性之液體。	香料,藥用。
蠟 (Wax) { 鯨蠟 蜜蠟 木蠟	$C_{15}H_{31}CO_2 \cdot C_{16}H_{33}$ $C_{15}H_{31}CO_2 \cdot C_{30}H_{61}$ $(C_{15}H_{31}CO_2)_3 \cdot C_3H_5$	由鯨,蜂蜜,子實而製之。	白色蠟狀固體,不溶於水,可燃性。	軟膏之製造,燃料。
脂肪 (Fat) { 軟脂酸 硬脂酸 油酸	$(C_{15}H_{31}CO_2)_3 \cdot C_3H_5$ $(C_{17}H_{33}CO_2)_3 \cdot C_3H_5$ $(C_{17}H_{33}CO_2)_3 \cdot C_3H_5$	由牛,豚之脂肪而製之。	白色蠟狀固體,因苛性鹼或既熱之水蒸氣而被鹼化。	食料,石鹼,蠟燭之製造,膏藥。

植物油 (Vegetable oil)	不乾性油 乾性油 生漆	$(C_{17}H_{33}CO_2)_3C_3H_5$	由植物榨 取之。	液體,其中有在 空氣中徐徐乾 固者。	食料,塗料。
		$(C_{17}H_{31}CO_2)_3C_3H_5$			
		$C_{11}H_{18}O_2$			

9. 問題.

1. 何謂鹽,試舉二例以說明之. (632頁)

2. 脂肪,油,木蠟,蜜蠟組成上之區別如何.

圖 前三者為脂肪酸之丙醇(甘油)鹽,蜜蠟為一價之醇鹽.

3. 石油與菜油相異之點試列舉之.

圖 1. 石油為碳化氫,菜油為軟脂肪酸之丙醇鹽.

2. 石油之化學性頗見安定,不受酸鹼所侵犯,菜油則由鹼類鹼化.

3. 石油為易流動而帶微黃色之液體,呈螢光,且易引火,菜油為褐色粘液,難引火.

4. 鹼化為如何之作用. (634頁)

5. 試舉石鹼之種類,製法性質及其用途如何.

圖

種 類	製 法	性 質	用 途
鈉 石 鹼 (硬 石 鹼)	用苛性鈉將牛,豚之脂肪鹼化,除去甘油.	硬脂酸,軟脂酸,油酸之鈉鹽,與水相混,則成黏稠液而變脂肪為乳狀.	洗濯用,醫藥.
鉀 石 鹼 (軟 石 鹼)	用苛性鉀鹼化大麻油,棉子油,菜油等脂肪以製之.	上三種酸之鉀鹽與甘油之混合物,易溶於水溶液,呈強鹼性反應.	毛織物之洗濯用.

6. 石鹼在化學上為何物質,其良否之鑑別及使用上之注意如何.

7. 蠟燭燃燒時可生如何之物質,又檢出之方法如何。

圖 蠟燭皆含碳,氧,氫等元素,故燃燒時皆生碳酸氣及水(257 頁)如將冷廣口瓶覆於燭火之上,則內壁易生曇,故知其生水;又加石灰水於此瓶中振盪,則生白濁,故知其生碳酸氣。

10. 實驗.

1. 盛少量之醋酸,酒精及濃硫酸於試管溫之,注意所發生醋酸醋之香氣。
2. 測木蠟之比重及熔點而點火之。
3. 將豚脂肪與苛性鈉共煮,使之鹼化,以製石鹼水溶液,檢查其鹼性反應及對於硬水之反應。

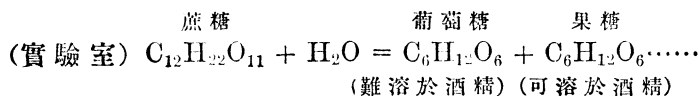
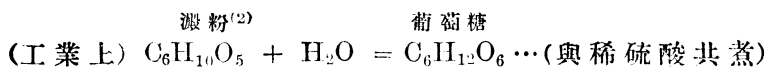
第三章 碳水化物

第一節 糖類 (Sugars)

1. 碳水化物. $[\text{C}_m\text{H}_{2n}\text{O}_n]$ 碳水化物 (Carbohydrate) 亦稱含水碳. 此類之化合物, 其組成中之氫與氧之比, 適與水同, 恰有碳與水之化合物形式, 故有此名. 碳水化物更常細別之如次.

$\left. \begin{array}{l} \text{1. 糖類} \\ \text{2. 澱粉類} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{(1) 單糖類}(m=n=6)\cdots\cdots(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)\cdots\cdots\cdots \text{葡萄糖, 果糖} \\ \text{(2) 複糖類}(m=12, n=11)(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})\cdots\cdots \text{蔗糖, 乳糖, 麥芽糖} \\ \text{多糖類}(m=6, n=5)\cdots\cdots(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \cdots\cdots \text{澱粉, 糊精, 纖維素} \end{array}$

2. 葡萄糖. $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 或 $[\text{CH}_2\text{OH}\cdot(\text{CH}\cdot\text{OH})_4\text{CHO}]$ 葡萄糖 (Grape sugar) 爲存在於葡萄, 無花果, 柿等之果實及蜂蜜中之糖, 人工的製法, 以稀硫酸爲觸媒, 使澱粉或蔗糖加水分解即得.

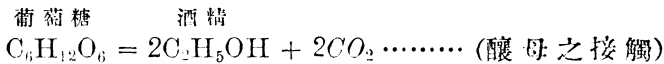


\cdots\cdots\cdots (與稀硫酸共煮)

(1) 稀薄之酸對於此種之加水分解, 概呈接觸作用. (2) 澱粉之分子式不明, 故用實驗式.

但使用於此反應之硫酸，可加碳酸鋇使變為硫酸鋇而沉澱，⁽¹⁾蒸發其濾液於減壓之下，則葡萄糖結晶而出。

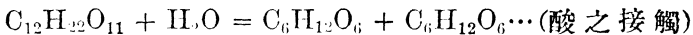
葡萄糖為白色細稜柱狀之結晶，其甘味不及蔗糖之半（大約為 $\frac{1}{2}$ 倍），約溶解於等量之水而成還原性之溶液，⁽²⁾又使接觸釀母，則醱酵而變為酒精。



葡萄糖為調味料，混和於酒類，糕餅，果汁等中，又有為滋養劑，還原劑之用途。

2. 果糖. $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$ 或 $[\text{CH}_2(\text{OH}) \cdot (\text{CH} \cdot \text{OH})_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{OH}]$

果糖 (Fruit sugar) 為與葡萄糖共存於果實，蜂蜜中之糖，可取蔗糖用稀硫酸加水分解之而製得。



加消石灰於其中，則果糖變為果糖石灰 $[\text{C}_6\text{H}_9\text{Ca}(\text{OH})_3\text{O}_3]$ 而沉澱，可與葡萄糖分離，次通碳酸氣使再變為果糖。

果糖因甚難結晶，故通常為黏稠之液態，其甘味略與葡萄糖等。其水溶液有還原性，因釀母而醱酵變為酒精等之化學的性質，亦與葡萄糖同。其用途專為滋養劑。

4. 蔗糖. $[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]$ 蔗糖 (Cane sugar) 今日尚未能人造之，故專榨取其存於甘蔗（約含蔗糖20%），甜菜（約含蔗糖

(1) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCO}_3 = \text{BaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. (2) 還原硫酸銅，洛瑟爾鹽，苛性鈉之混合液，使其深青色褪去，又呈銀鏡反應。

15%) 中之汁液,在減壓之下蒸發之而使結晶。⁽¹⁾

蔗糖爲無色稜柱狀之大結晶,約溶解於½倍量之水,而成有純甘味之黏稠液。此稱爲糖漿 (Syrup simple)。

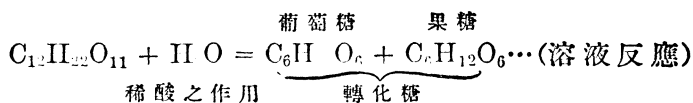
徐熱蔗糖之固體,則於 160 度熔解,而成無色黏稠液,過 200 度則發泡極盛,而變爲暗褐色之焦糖 (Caramel, $C_{12}H_{18}O_9$),更高熱之,則全分解而碳化。若與濃硫酸共熱,則被縮水而碳化,脹膨極顯。



圖 206——蔗糖之原料。



蔗糖之水溶液,與葡萄糖果糖異,無還原性,又加以釀母,亦不起酒精醱酵。但加以稀酸而煮之,則加水分解而生葡萄糖與果糖。此變化稱爲蔗糖之轉化 (Inversion)。其生成之混合糖,稱爲轉化糖 (Invert sugar)。

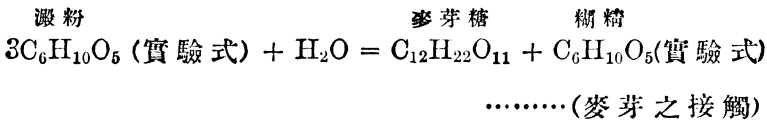


(1) 取壓榨原料所得之糖汁,混加石灰以中和有機酸,同時且使蛋白質凝固,通入碳酸氣,使過量之石灰沉澱後,將溶液與骨炭共煮,以除去色質,將濾液在真空器中以水蒸氣加熱蒸發後,乃移置濃厚溶液於遠心機,使已結晶之蔗糖與糖汁分離。

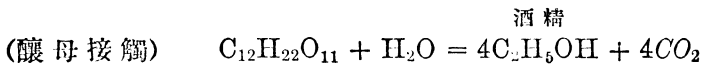
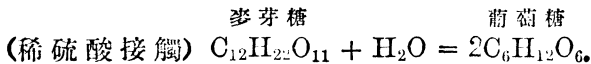
蔗糖之轉化,又因轉化酵素之接觸作用而起,彼蜂蜜,即不外爲蜜蜂由植物採集之蔗糖,經此變化後所生之葡萄糖與果糖之混合物。

蔗糖: (1) 不特爲營養品及嗜好品上頗重要之物質,且 (2) 爲矯味藥,多混和於醫藥中, (3) 供葡萄糖之製造, (4) 又由蔗糖所製之焦糖,屢屢混和於啤酒,葡萄酒及其他之飲料食物中,以爲着色之用。

5. 麥芽糖. $[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}\cdot\text{H}_2\text{O}]$ 將糊狀之澱粉,加溫至60度,更加麥芽而放置之,則澱粉受麥芽中酵素之接觸作用,加水分解而變爲麥芽糖與糊精,其生成之麥芽糖,可使結晶而與糊精分離。



麥芽糖 (Maltose) 爲含一分子之水之針狀結晶,甚易溶解於水,甘味遜於蔗糖,其化學性之與蔗糖相異者,爲與稀硫酸共煮時,不起轉化而只生葡萄糖,因釀母而起酒精釀酵是也。

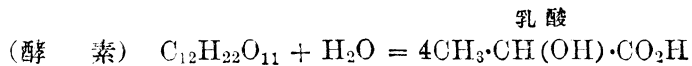
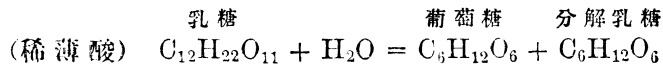


麥芽糖爲嗜好品之餡糖之主成分。⁽¹⁾

(1) 餡糖之分析例: 麥芽糖 48%, 糊精 36%, 水 15%, 其他 10%。

6. 乳糖. $[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}\cdot\text{H}_2\text{O}]$ 哺乳動物乳汁之呈甜味, 即含有乳糖 (Milk sugar) 所致. 牛乳約含 4% 之乳糖, 故由此中除去其蛋白質及脂肪, 蒸發其殘液, 可使乳糖結晶.

乳糖為無色堅硬之大結晶, 比蔗糖更難溶解 (溶解於六倍之水), 其味亦弱. 其稀薄液與酸共煮時, 雖起似於蔗糖之變化, 然此際伴葡萄糖而生之糖, 非果糖, 乃稱為分解乳糖之一種糖也. 乳糖因乳酸酵素之接觸, 酸酵而生乳酸.



乳糖主供醫藥之矯味用.

7. 摘要. 糖類

名 稱 式	所 在	製 法	性 質	用 途
碳水化合物 (Carbohydrate) $\text{C}_m\text{H}_{2n}\text{O}_n$	存於植物中.	多採集其存 在於植物中 者.	多為白色結晶, 易 溶解於水, 有甜味. 與濃硫酸共熱, 則 碳化.	——
葡萄糖 (Grape sugar) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{H}_2\text{O})$	果實, 蜂蜜.	澱粉之加水 分解. (蔗糖 之轉化, 麥芽 糖分解).	白色固體 (融點 148度), 溶解於等 量之水, 甜味弱. 有 還原性, 又起酒精 發酵.	矯味料, 滋養 料. (酒精原 料).

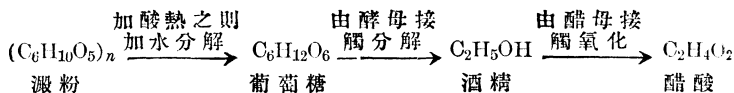
(1) 牛乳之分析例: 乳糖 4.8%, 脂肪 3.6%, 蛋白質 4.0%, 礦物質 0.7%, 水 86.8%.

果糖 (Fruit sugar) $C_6H_{12}O_6$	同上。	蔗糖之轉化。 (澱粉之加水分解)。	白色潮解性之結晶(融點95度)。有還原性。鈣鹽不溶。	矯味料及滋養料。
蔗糖 (Cane sugar) $C_{12}H_{22}O_{11}$	甘蔗,甜菜。	由左之原料抽取精製。	無色之結晶(融點160度),溶於半量之水。無還原性。直接不發酵。轉化而生葡萄糖與果糖。	同上。
麥芽糖 (Malt sugar) $C_{12}H_{22}O_{11}(H_2O)$	——	用酵素分解澱粉。	可溶性之結晶。有還原性。因養氣而發酵,因硫酸而變為葡萄糖。	滋養料。
乳糖 (Milk sugar) $C_{12}H_{22}O_{11}(H_2O)$	乳汁。	由乳汁分離。	溶解於六倍量之水之白色粉末。起乳酸發酵,又變為葡萄糖與分解乳糖。	滋養料。

8. 問題.

1. 試述蔗糖之性質,又加稀薄之酸而熱之時所生之反應如何。 (第642頁)
2. 試舉砂糖之異性體及其性質之差異。 (上表)
3. 由澱粉順次生葡萄糖,酒精,醋酸之變化,試說明之。

解



4. 何謂蔗糖轉化。 (642頁)
5. 試計算葡萄糖之有百分組成。

答 碳 40.0%, 氫 6.7%, 氧 53.3%。

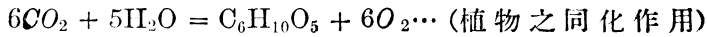
6. 由 50 克 葡萄糖之醱酵所生酒精及碳酸氣之量如何。

9. 實驗.

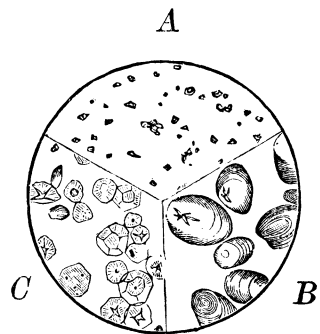
1. 檢查葡萄糖之甘味,並試驗其銀鏡反應。
2. 加釀母於葡萄糖之水溶液,使起酒精發酵。
3. 試熱蔗糖,使成焦糖,又加濃硫酸熱之,使之碳化。
4. 試比較麥芽糖,蔗糖,乳糖之甘味。

第二節 澱粉類(多糖類)

1. 澱粉. $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]$ (實驗式) 澱粉多量存在於米,麥等之穀類,葛,馬鈴薯等之根莖中,故可搗碎此等植物部分,用水洗滌而精製之,如斯存於植物中之澱粉,可視為碳酸氣與水,在植物體中因受葉綠素之接觸作用,及日光之能,互相反應而生成者。



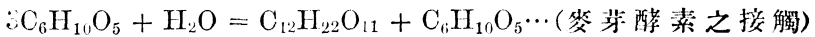
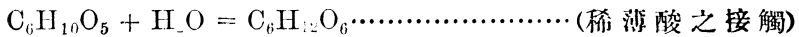
澱粉為白色之粉末,為由纖維素所成之細胞膜所包被,因原料之種類而有種種相異之形狀(第 207 圖).混於冷水中,亦不溶解,僅成白色之乳狀而已,溫之則吸收水而膨脹,因之細胞膜破裂,生成黏液,即普通之漿糊也。



澱粉 207——澱粉粒(約大 200 倍):
(A) 米, (B) 馬鈴薯, (C) 玉蜀黍。

其分子量尚未測定,故不能得其分子式。

澱粉遇碘,則生在溫湯中易於分解之不安定青色化合物,受稀硫酸之接觸作用,則加水分解而變為葡萄糖,又因麥芽(麥芽酵素 Diastase)之接觸作用,變為麥芽糖與糊精。⁽¹⁾



澱粉為貴重之營養素,其生理作用,主因其氧化變為炭酸氣與水時發生多量之熱,藉以保持體溫。⁽²⁾

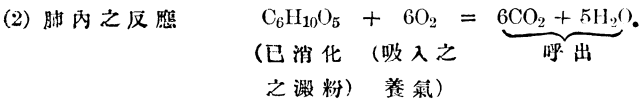
澱粉之工業的用途,為供酒精,以及漿糊,製紙,製藥,麥芽糖,葡萄糖,糊精等之製造。

2. 糊精。【 $C_6H_{10}O_5$ (實驗式)】取澱粉熱於200度,或加稀薄酸而溫之,則變為糊精(Dextrine)。⁽³⁾

糊精為白色之粉末,與澱粉異,約溶解於等量之冷水中,而成黏着性之溶液,遇碘則呈帶黃赤色。此物質為澱粉與葡萄糖之中間體,故加稀薄之酸而煮沸之,則變為葡萄糖。⁽⁴⁾

糊精利用其溶解於冷水之性,以供信封郵票等之膠着劑用。

(1) 因唾液中含有麥芽酵素,故此最後之變化,起於口內。



(3) 上糊之洗濯物,因燙熨而生有光澤之硬被覆物者,即由澱粉起此變化而生糊精所致。(4) 飴糖含多量糊精,石花,蒟蒻亦為類似糊精之物質。

3. 纖維素. $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]$ (驗實式) 纖維素 (Cellulose) 為構成植物細胞膜之碳水化合物, 故為一切植物體之主成分. 用鹼洗滌木棉去其脂肪後所得之精製棉 (藥棉), 殆為純粹之纖維素.⁽¹⁾

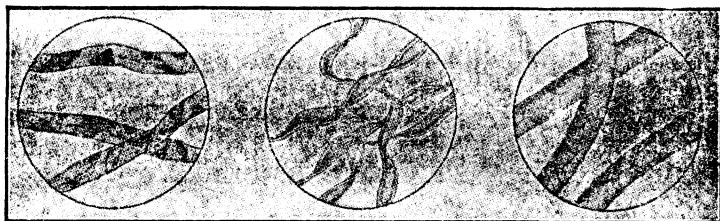


圖 208—纖維: (左) 絲纖維, (中) 木棉纖維, (右) 羊毛纖維.

纖維素成純白色之纖維狀, 在稀薄之酸類中或濃厚之鹼中不為所侵, 但容易溶解於濃硫酸中, 而成黏稠之液. 將此溶液用水稀釋而煮之, 則纖維素經糊精而變為葡萄糖, 更加以釀母, 則可變為乙醇. 近時以木材為醇之原料者, 即利用此反應也. 纖維素因濃硫酸之脫水作用, 與硝酸化合而為硝化纖維素 (Nitro-cellulose).

纖維素利用其物理的性狀, 以供衣服住居之貴重材料用, 或用以製紙, 或製為藥棉, 使浸漬硼酸, 石炭酸, 昇汞, 三碘甲烷, 水楊酸等之殺菌劑, 以供醫術之用.

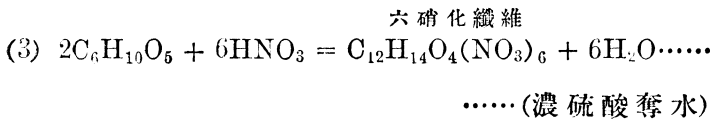
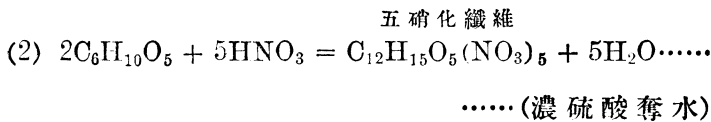
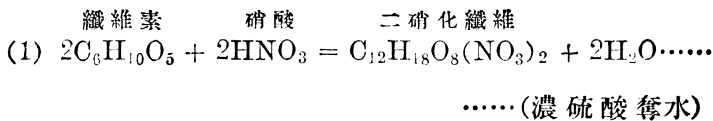
又利用其化學的性質, 以供火藥棉, 膠棉 (Collodion), 人

(1) 以碳酸鈉溶液洗滌木棉, 除去脂肪後, 更以漂白粉漂白之, 即成藥棉.

造絲,電燈用碳纖維等之製造原料。

製紙. 紙爲將纖維素排列成薄層,用漿糊使之膠着而製成者。日本之紙,多以竹,藁及桑,楮之皮爲原料,以石灰除去其雜質,取其纖維而製紙,潔白不如西洋品,而堅牢則過之。西洋紙則爲將短纖維用不溶性之糊膠固之,加白色之陶土,減其裂隙而成,其質雖不強韌,而對水之耐性甚強。其纖維則取自木材,藁等,法先破碎木材等,用鹼洗滌之,次更漂白之即得。

4. 硝化纖維素. 浸棉於濃硝酸中,以濃硫酸爲脫水劑而使作用,則因溫度之高低,時間之長短,而生一分子式中含硝酸基二至六之種種硝化纖維素。



硝化纖維素之外觀,雖與棉無異,然甚易燃燒,又2-5硝化纖維與6硝化纖維,其性大異。

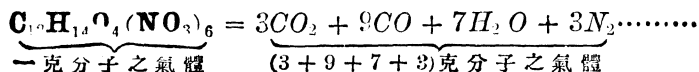
膠棉. 二硝化纖維 $[C_{12}H_{18}O_8(NO_3)_2]$ 以至五硝化纖維 $[C_{12}H_{15}O_5(NO_3)_5]$ 之混合物,溶解於酒精與二乙醚之混合液

中，則成有黏性之透明液。此物名爲膠棉 (Collodion)。塗膠棉於物體之表面時，則溶媒即行揮發，而殘留硝化纖維素之透明薄膜，故此物供製造攝影乾片，固定礮帶被覆傷口之用。

人造絲。約加 50 氣壓於膠棉，使通過毛細管而入於水中時，則溶媒分離，而成硝化纖維素之細絲。用硫化銻洗之而除去其硝酸基，則所得之純纖維素，即爲人造絲 (Artificial silk)。人造絲之光澤及彈性勝於天然絲，但濕潤之時，則有膨脹而變弱之缺點，如束髮之帶 (Ribbon) 不需洗滌者，可用之作爲橫絲。人造絲既由纖維素而成，故與木棉爲同一物質，投於火中不發惡臭，且不爲鹼所侵，得與天然絲相區別。

假象牙。假象牙 (Celluloid) 由加樟腦於膠棉，壓榨而製之，爲富有彈性無色透明之固體，溫之則軟化，又用酒精濕之時，則軟化而適於連接。假象牙爲製活動影戲膠片之用，或用於酒精中之染料着色之，或混以一氧化鋅之白色顏料，以供製造櫥，洋傘柄等之裝飾品用。

火藥棉。【 $C_{12}H_{14}O_4(NO_3)_6$ 】即由六硝化纖維而成，與五以下之硝化纖維異，不溶解於酒精與二乙醚之混合液中。此物因含有多量容易遊離之氧，故槌擊之，不俟由外部供給空氣，亦急行燃燒，同時因發生多量之熱，而起猛烈之爆炸。



……(火藥棉之爆炸)

基因於此反應,故火藥棉與硝化甘油共用木酮及礦脂練固,以製無烟火藥。

5. 摘要. 碳水化物

名稱 分子式	製法	性質	用途
碳水化物 (含水碳) $C_mH_{2n}O_n$	由植物之纖維,根, 莖之中而取之。	與糖類異,有不溶於水 之性者,又無甘味,分子 式未知。	——
澱粉 (Starch) $(C_6H_{10}O_5)_n$	由植物之根,莖採 之。	不溶於冷水,可溶於溫 水之白色粉末。因碘而 變青色。因酵素而變為 麥芽糖,因稀硫酸而變 為葡萄糖。	食料,漿糊,酒 精,糖之製造。
糊精 (Dextrine) $(C_6H_{10}O_5)_n$	取澱粉稀硫酸共 煮。	可溶於水,黏着性。	漿糊。
纖維素 (Cellulose) $(C_6H_{10}O_5)_n$	精製棉,木材。	白色之纖維,溶於濃硫 酸,二氯化銻。	衣服,製紙,硝 酸鹽之製造。
硝化纖維素 (Nitro-cellulose) $C_{12}H_{18}O_8(NO_3)_2$ $C_{12}H_{15}O_5(NO_3)_5$	取硝酸與濃硫酸 使作用於棉。	溶解於酒精與二乙醚 之混合液中。	膠棉,假象牙 之原料。
六硝化纖維 (6-Nitro- cellulose) $C_{12}H_{14}O_4(NO_3)_6$	同上。	有爆發性。	無烟火藥。

6. 問題.

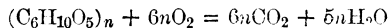
1. 何謂碳水化物。 (640頁)
2. 試說澱粉,糊精之性質,及其檢出法。 (647頁)

3. 試舉以纖維素爲原料之製品十種。

圖 紙 脫脂棉 棉火藥 膠棉 人造絹絲 假象牙 葡萄酒
酒精 草酸 木炭

4. 木材燃燒時之化學變化試說明之。

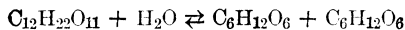
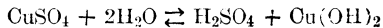
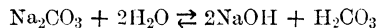
圖 木材主由纖維素而成，故氧化而生二氧化碳及水。



此時因所發之熱，使他部分解而生甲醇等氣體，舉燬而氧化，亦生炭酸氣及水，而礦物質之部分，其中以炭酸鉀爲主成分，爲灰而存留。

5. 何謂加水分解，試舉例說明之。

圖 一物質與水反應，分解爲二物質之化學變化，稱爲加水分解，下列爲最主要之例。



6. 由火藥棉 10 克爆發，在 500° C. 時所生氣體之體積如何。

圖 由方程式 $C_{12}H_{14}O_4(NO_3)_6 = 3CO_2 + 9CO + 7H_2O + 3N_2$

火藥棉 1 克分子即 $C_{12}H_{14}O_4(NO_3)_6 = 594$ 克，在標準狀況時能生 22.4 升 $\times (3 + 9 + 7 + 3)$ 之氣體，故由火藥棉 10 克所生之氣體，在所與溫度所占之體積如下：

$$22.4 \text{ 升} \times (3 + 9 + 7 + 3) \times \frac{10}{594} \times \frac{500 + 273}{273} = 23 \text{ 升(約)} \quad \text{答 23 升。}$$

7. 實驗。

1. 試用顯微鏡檢查澱粉粒子，用以製糊，並試其對於碘之反應。
2. 使澱粉由酸變爲糊精，由其反應，試區別糊精與澱粉。
3. 以濃硫酸使棉溶解，更加熱使碳化。

第二部 芳香族化合物

第一章 芳香族碳化氫及其誘導體

第一節 芳香族碳化氫

1. 煤焦油之分餾. 脂肪族化合物,概可視為石油中所含之碳化氫之誘導體,芳香族化合物,則多可視為石炭乾餾生成物之煤焦油 (Coal tar) 中所含之碳化氫誘導體.

煤焦油由分餾而分為下之數部.

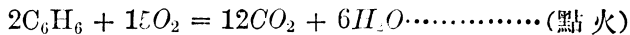
	(分餾液)	(成主分)
煤焦油	輕油 (Light-oil) (170° 之餾出物)	..... 焗 (C ₆ H ₆)
	中油 (Middle oil) (170°-230° 之餾出物)	..... { 焦油臘 (C ₁₀ H ₈) 石炭酸 (C ₆ H ₆ O)
	重油 (Heavy oil) (230°-270°)	
	綠油 (Anthracene oil) (270° 以上)	..... 綠油臘 (C ₁₄ H ₁₀)
	瀝青 (Pitch)	

2. 焗. 【C₆H₆】焗 (Benzene)⁽¹⁾ 占輕油之大部分,故可取輕油,先用硫酸次用苛性鈉液洗滌,以除去夾雜物,再行蒸餾而精製之.

(1) 焗為可用式 C_nH_{2n-6} 表示之碳化氫之一.

燐亦稱安息油，爲易流動無色之液體，有特異之臭氣，較水稍輕，沸騰於80.5度。雖不混和於水中，但能與石油及二乙醚以任意之比量相混和，又善溶解脂肪，樹脂，碘等。

燐爲可燃性之無色液體，以其含有多量之碳，故與由原油 (Crude petroleum) 所得之揮發油 (輕油) 異，點火之，則舉多量之煤烟而燃燒，其生成物主爲水與二氧化碳。



燐如脂肪族碳化氫，爲甚安定之物質，不受強鹼之作用，惟徐徐爲濃硝酸或熱濃硫酸所作用，而生氫之置換體。

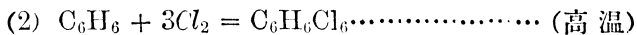
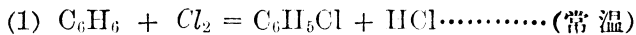
硝基燐



燐磺酸



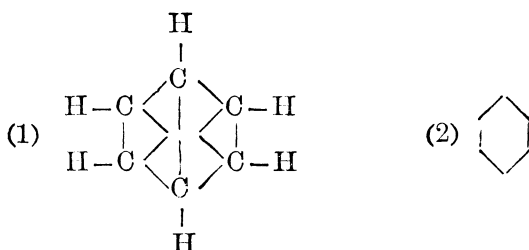
但爲造鹽素所作用時，在常溫生造鹽素置換體，在高温生其加成物。



上之反應 (1) 亦爲脂肪族碳化氫所呈者，反應 (2) 則爲燐之特有反應。

取燐之分子式 C_6H_6 ，以與有同數之碳原子之脂肪族碳化氫 C_6H_{14} 相比較，則知其氫原子之不足極明，因而此物質頗有不飽和之觀。然依上之諸反應，知燐甚屬安定，蓋其遇硝酸或硫酸而生氫之置換體，以綠氣處理之，在常溫亦同樣生

置換體，較之不飽和碳化氫之乙烯 (C_2H_4)，乙炔 (C_2H_2)，容易生此等之加成體 $C_2H_4Cl_2$ ， $C_2H_2Cl_4$ 者，實大異其趣。故烔中避用碳素間之不飽和記號之二重價標 (或三重價標)，而與以如次之構造式⁽¹⁾。



但烔之構造式中，由六個碳所成之輪狀 (Ring) 基，為不易分解者，此稱為烔基，常以六角形⁽²⁾表示之。芳香族化合物悉含有此基，為其特徵。

安息油供脂肪，樹脂等之溶媒用，其主用途為製造色素原料之硝基烔。

3. 焦油腦。【 $C_{10}H_8$ 】焦油腦 (Naphthalene) 為有二個烔基互相結合之構造式之碳化氫。

當冷卻中油時，則焦油腦結晶而析出，壓榨之，除去其液態夾雜物後，更昇華而精製之。

焦油腦為有光輝白色板狀之結晶，容易揮發，而放特異之臭氣，有強殺菌性，不溶於水，而可溶於酒精，二乙醚中，與烔

(1) 烔中之碳之結合價之一，各向中心延引，以保各原子間之平衡。

(2) 將六角形之角頂所有之 CH 省去。

相似。




此物爲防腐劑，以供貯藏動植物標本之用，又爲藍靛之製造原料。

4. 綠油腦。【 $C_{14}H_{10}$ 】 冷卻綠油而集其析出之綠油腦壓榨之以除去其油狀夾雜物，與苛性鉀共熱而使其固態夾雜物變爲不揮發性後，更蒸餾而精製之。

綠油腦爲有光澤無色板狀之結晶，甚似焦油腦，然其融點及沸點高，不溶於酒精及二乙醚，則與後者異。

綠油腦專供製造茜素 (Alizarine) 之原料用。

5. 摘要。 芳香族碳化氫

名 稱 分 子 式	構 造 式	製 法	性 質	用 途
燐 (安息油) (Benzene or Benzol) C_6H_6		由煤焦油之輕油精製之。	無色液體(融點5.4度,沸點80.5度)。不爲濃硝酸以外之酸並苛性鹼所侵。溶解樹脂,脂肪,可燃性。	溶媒,燐鹵染料之原料。
焦油腦 (Naphthalene) $C_{10}H_8$		由煤焦油中之中油精製之。	白色結晶(融點80度,沸點218度)。揮發性,有殺菌性。	防腐劑,藍染料之原料。
綠油腦 (Anthracene) $C_{14}H_{10}$		由煤焦油中之綠油精製之。	白色結晶,溶解於燐。	茜素染料之原料。

6. 問題。

1. 列舉由煤焦油分餾所生之物質,及由此所製出之主要物質。

圖 [安息油 C_6H_6] 硝基烴 烴硝 烴硝染料 [甲烴 $C_6H_5CH_3$] 甘味精 [石炭酸 C_6H_5OH] 石炭酸鈉 水楊酸 水楊酸鈉 苦味酸 [焦油腦 $C_{10}H_8$] 藍靛 [綠油腦 $C_{14}H_{10}$] 茜素 茜素染料。

2. 試述芳香族碳化氫與脂肪族碳化氫之異同。

圖 同一之點: (1) 無色之溶體或白色之固體, 不溶於水;

(2) 安定, 不易受酸鹼之作用, 由氫生置換體;

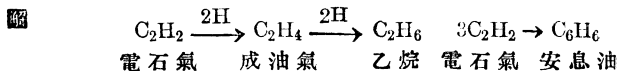
(3) 有可燃性, 氧化則生炭酸氣及水。

相異之點: (1) 芳香族化合物有輪狀基, 脂肪族化合物有鎖狀基;

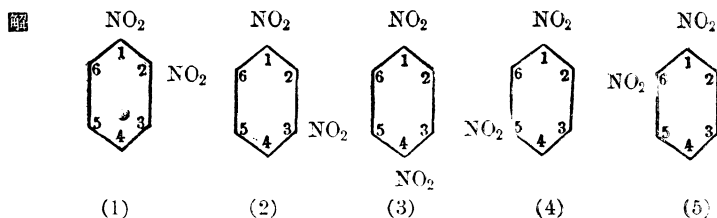
(2) 前者由濃厚之硝酸, 硫酸作用生置換體, 又有生造鹽素添加體者, 後者無此反應;

(3) 前者之誘導體多有芳香, 又高級者多為結晶, 後者則否。

3. 試述由電石氣誘導而生成油氣, 乙烷, 安息油之方法。



4. 二硝基烴有三種異性體, 試由構造式推定之。



烴之二氫原子由二個硝基置換時所生物質之構造式, 不外上列五種, 然 (1) 與 (5) 俱為硝基與相鄰之碳結合, 故為同一物質, (2) 與 (4) 亦為同一物質, 故只有三種。

5. 安息油 1 克, 熱至 $117^\circ C$. 時, 變為 410 c.c. 之蒸氣, 又檢其

組成，知碳與氫爲 92.3:7.7，試求其分子式。

圖 安息油 1 克之體積，就標準狀況時改算如下：

$$410 \text{ c.c.} \div \left(1 + \frac{117}{273}\right) = 0.287 \text{ 蚶}$$

故 22.4 蚶之重量，爲 $22.4 \div 0.287 = 78$ 克，此數即爲分子量，故

$$78 \times \frac{92.3}{100} = 72 = 12 \times 6 = C_6$$

$$78 \times \frac{7.7}{100} = 6 = 1 \times 6 = H_6$$

故分子式爲 C_6H_6

答 C_6H_6 。

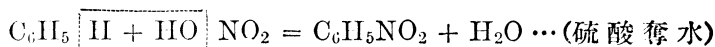
7. 實驗.

1. 將樹脂溶解於安息油，分安息油之少量於蒸發器，點火則見舉多量之煤油而燃。

2. 觀察焦油腦之性狀，加熱使之氣化。

第二節 烴之誘導體

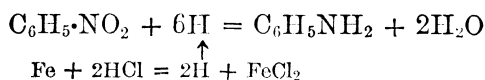
1. 硝基烴. $[C_6H_5 \cdot NO_2]^{(1)}$ 用濃硝酸與濃硫酸(脫水劑)處理安息油時，則生硝基烴(Nitro-benzene)。



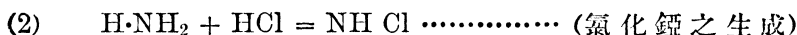
硝基烴之構造，爲烴中之一原子氫與硝基(NO_2)置換而成者，爲淺無色(微帶黃色)油狀之液體，發一種香氣，又有毒性，專供烴硝(Aniline)之製造用。

(1) 烴之誘導體之構造式，乃添書與氫相置換之基於六角形之頂點上而表之。故其有基之頂點仍有碳，而其他之頂點有碳與氫，均略而不書。

2. 靛油. $[\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{NH}_2]$ 硝基焗為新生氫所還原時,其硝基中之氧與氫置換,而生焗礪 (Aniline),俗稱靛油.此際所用之還原劑,為鐵與鹽酸之混合物.



靛油為不溶於水之油狀液體,純粹者雖為無色,然觸及空氣,常多少氧化而呈黃褐色.靛油之組成,雖為焗之氫原子與硝基 (NH_2) 置換而成者,然亦可視為硝精之氫一原子,為焗基 (Phenyl, C_6H_5) 置換而成者,故亦如硝精有鹼性,與酸直接化合而生可溶於水之鹽.試滴入靛油數滴於水中,加以鹽酸,則即生鹽酸焗而溶解.

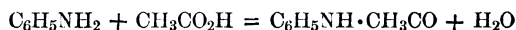


加漂白粉溶液於靛油中,則生美麗之堇色,次加二乙醚而振盪之,則色移於醚中,而呈美麗之青色.

靛油及鹽酸焗因其生美麗有色之化合物,為染色上重要之物質.彼品紅 (Magenta),孔雀藍 (Malachite blue),甲烷紫 (Methyl violet),俾十麥褐 (Bismark brown) 等,悉由靛油所製出之染料也.

3. 石炭酸. $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]$ 與焗基之碳直接結合之氫,為

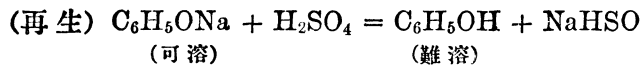
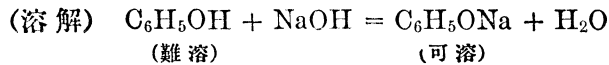
(1) 加醋酸於靛油,則生解熱藥之 Acetanilide 即 Antifebrine



氫氧基置換而成之化合物，一般稱為酚類 (Phenols)。酚類之氫氧基中之氫，有酸之性質，故電離而呈酸性反應，又善中和鹼質。

酚基之一原子氫與氫氧基置換者，化學上單稱為酚。俗稱為石炭酸 (Carbolic acid) 者即此物也。

石炭酸可由安息油合成，又可由煤焦油分餾而得之中油分取之。後者之法，先使焦油腦自中油結晶析出，於所得之母液中，加以苛性鈉溶液，使石炭酸變為可溶性之石炭酸鈉，而與油狀之夾雜物分離，次用硫酸處理之，使再石炭酸。



石炭酸之融點為42度，故在常溫亦為長針狀之結晶，純粹者無色，若久觸日光，則多少變化而呈淡紅色。通常貯於青色瓶中者，以防此變化故也。石炭酸之特性，有一種特異之劇臭，呈強烈殺菌作用。在常溫溶解於15倍量之水，而得呈弱酸性之石炭酸水，極善溶於苛性鈉溶液中，而變為石炭酸鈉。⁽¹⁾

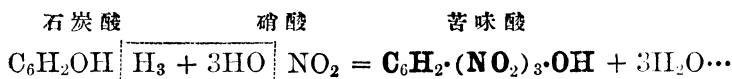
石炭酸之1-5%⁽²⁾溶液，多供消毒殺菌之用，又為苦味酸，

(1) 石炭酸遇三氯化鐵則呈紫色，遇溴則生暗黃色之沉澱，故得而鑑識之。

(2) 製石炭酸水時，將盛石炭酸之瓶浸於50-60°之溫湯，注出其已融解者，約加其十分之一量之水振盪之，次混加適量之水即得。

水楊酸⁽¹⁾之製造用。

4. 苦味酸。【 $C_6H_2 \cdot (NO_2)_3OH$ 】 苦味酸 (Picric acid)⁽²⁾ 爲三硝基燐醇 (3-Nitro-phenol), 用濃硫酸處理石炭酸與濃硝酸之混合物而製之。



……(硫酸奪水作用)

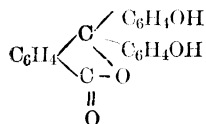
苦味酸爲黃色之結晶,雖難溶解於冷水,然易溶於溫水中而呈強酸性,能染絲羊毛等動物質使呈美麗之黃色,其鉀鹽 [$C_6H_2(NO_2)_3OK$], 銨鹽 [$C_6H_2(NO_2)_3ONH_4$], 若受槌擊,則猛烈炸裂。

苦味酸爲黃色之染料,又用以製爆炸劑。

5. 燐甲醛。【 $C_6H_5 \cdot CHO$ 】 燐甲醛 (Benzaldehyde) (一名苦扁桃油) 爲有芳香無色油狀之物質,可由苦扁桃製取之。此物爲有燐基之醛,故亦似脂肪族之醛,有還原性,呈銀鏡反應。

6. 安息酸。【 $C_6H_5 \cdot CO_2H$ 】 取產於暹羅地方安息香樹

(1) 用作鹼之試藥之燐醇試藥,爲石炭酸之誘導體,有次之構造。



(2) 燐之氫原子二個以上爲他基所置換者,須注意其基之關係位置,關於苦味酸之關係,見 665 頁摘要欄中。

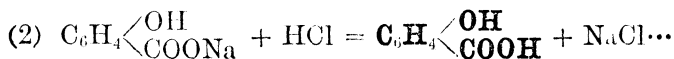
脂，徐徐熱之，則昇華其安息酸。

此物為純白色薄片狀之結晶，微溶於水，而呈弱酸性反應，又其蒸氣有刺激咽喉之黏膜，使惹起咳嗽之特性。

主供祛痰劑，與奮劑及殺菌劑之用，又用於染料之製造。

7. 甘味精. $[\text{C}_6\text{H}_4\langle\frac{\text{CO}}{\text{SO}_2}\rangle\text{NH}]$ 甘味精 (Saccharine) 俗稱糖精，有與安息酸誘導體 $[\text{C}_6\text{H}_4\langle\frac{\text{COOH}}{\text{SO}_2\text{NH}_2}\rangle]$ 之無水物相似之組成，為白色結晶狀之物質，善溶於水，呈極強之甘味，⁽¹⁾但此物不特不消化，且似有毒性故禁為飲食物之調味用，不過僅供糖尿症之調味藥用而已。至其製造原料，則為與烄共存於煤焦油分餾液之輕油中之甲烄 (Toluene, $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_3$)。

8. 水楊酸. $[\text{C}_6\text{H}_4\cdot(\text{OH}\cdot\text{CO}_2\text{H})]$ 水楊酸 (Salicylic acid) 為石炭酸中烄基之一原子氫與脂酸基置換而成者。製造時，取石炭酸使變為石炭酸鈉，次將此物與強壓之炭酸氣共溫，則變為水楊酸鈉，加以鹽酸，可使水楊酸遊離。

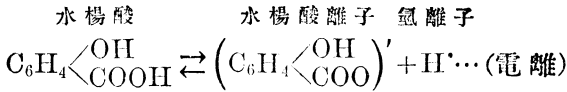


……(溶液內之反應)

水楊酸為輕白色之針狀結晶 (由醇而結晶者，則如圖

(1) 甘味精約甘於蔗糖 500 倍，欲比較其甘味時，可溶此二物質之等量於水中而比較其得感知最微之甘味時之各溶液之體積，即甘味精溶液之體積為蔗糖溶液之體積之 500 倍。

209,成稜柱狀),有強殺菌性,投於溫水中,則容易溶解,



此際因電離而生之氫離子,呈弱酸性反應,又因生水楊酸離子,遇鐵離子 Fe^{+++} 而呈濃紫色,此乃檢驗水楊酸時所用之反應也。

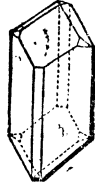
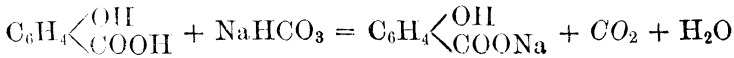


圖 209——水楊酸之結晶。

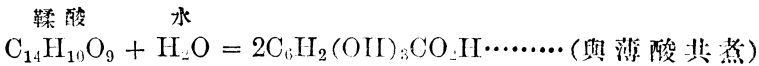
水楊酸與酸式碳酸鈉共溶解於少量之水中,靜蒸發其溶液至於乾固,則生水楊酸鈉 (Sodium salicylate)。



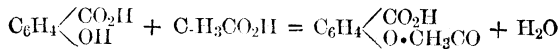
此為白色可溶性之結晶鹽。

水楊酸為幾無害之防腐劑,且無臭,故供飲食物及酒類之貯藏用。其鈉鹽供風濕病 (Rheumatism) 之特用藥及解熱劑,其與醋酸及安知必林 (Antipyrine) 之化合物,為亞斯必林⁽¹⁾ (Aspyrine) 及撒里必林 (Salipyrine),乃重要解熱劑也。

9. 沒食子酸。【 $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\cdot\text{CO}_2\text{H}$ 】沒食子酸 (Gallic acid) 遊離存在於五倍子,茶葉等中,又取鞣酸與稀硫酸共煮亦得製出之。



(1) 亞斯必林之製法:



沒食子酸難溶解於冷水中,故冷卻上之溫溶液,則結晶析出。

沒食子酸爲可溶於溫水之類似白色之針狀結晶,質輕,其溶液遇鐵離子 (Fe^{+++}), 則生黑色沒食子酸鐵之沉澱, 又其鹼性溶液有強還原性, 還原硝酸銀溶液而使析出黑色之銀粒。

沒食子酸受熱, 則分解而發生炭酸氣, 變爲焦性沒食子酸 (Pyrogallie acid, $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$).

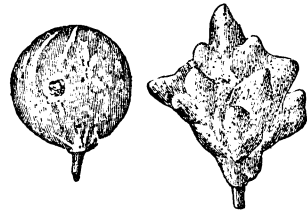
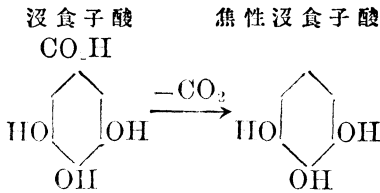


圖 210——沒食子(右), 五倍子(左)。

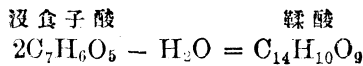
焦性沒食子酸爲三價醇, 與二價醇之醌二醇 [Hydroquinone, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$] 共爲強還原劑, 供攝影術之現像液用。皆爲類似白色之長針狀之輕結晶。

沒食子酸供洋墨水之製造用(402), 又焦性沒食子酸多供攝影術之還原劑用。

10. 鞣酸. $[\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_9]$ 鞣酸 (Tannic acid) 或稱單寧酸。

此物質存在於有澀味之植物部分, 如未熟之柿, 茶, 檉等中, 五倍子中約含 60% 之鞣質, 故通常用熱水浸出而製之。




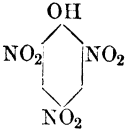

鞣酸之組成與沒食子酸之縮水物相當。


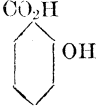
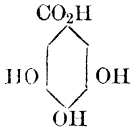
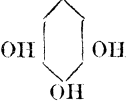
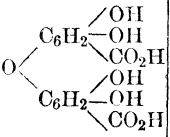


為帶黃色無定形粉末,善溶於水而生極澀之味,其溶液有使鐵鹽變黑,使染料變為不溶性,又使膠質變為柔韌之諸作用。

故多量使用於洋墨水之製造,媒染劑,鞣皮術等,此外又供沒食子酸之製造,收斂劑,止痢劑等之用。

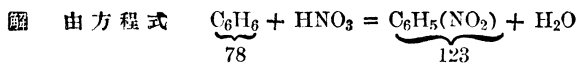
11. 摘要. 烯之誘導體

名稱式	構造式	製法	性質	用途
硝基烯 (Nitro-benzene) $C_6H_5NO_2$		取烯用硝酸與濃硫酸處理之。	為油狀之液體,有爽快之香,不溶於水,用新生氫得還原之。	香料,靛油之製造。
靛油 (Aniline) $C_6H_5NH_2$		取硝基烯用新生氫還原之。	為油狀之液體,不溶於水,與鹽酸化合,而生可溶性鹽酸烯胺($C_6H_5NH_2 \cdot HCl$),造有色之化合物。	烯胺染料之製造。
石炭酸 (Carbolic acid) C_6H_5OH		由煤焦油之中油精製之。	針狀結晶(融點42度),溶解於15倍量之水,呈弱酸性,生鈉鹽,腐蝕有機物,有殺菌性。	消毒用。
苦味酸 (Picric acid) $C_6H_2(OH)(NO_2)_3$		取石炭酸用硝酸與濃酸處理之。	為黃色之結晶,可溶,染動物纖維,使成黃色。	染料。
烯甲醛 (Benzaldehyde) C_6H_5CHO		由苦扁桃製取之。	有快香之液體。	香料。

安息酸 (Benzoic acid) $C_6H_5CO_2H$		安息香之昇華。	白色結晶，受熱則揮發，生刺激性之氣體。	醫藥。
水楊酸 (Salicylic acid) $C_6H_4(OH) \cdot CO_2H$		使碳酸氣作用於石炭酸。	白色之輕結晶，溶解於水呈酸性，因 Fe^{+++} 變為紫色。有殺菌性。	防腐藥。 醫藥。
沒食子酸 (Gallic acid) $C_6H_2(OH)_3CO_2H$		由五倍子等製取之。	為類似白色之輕結晶，可溶，因鐵離子而變黑，被熱則變為焦性沒食子酸。	洋墨水製造之原料。
焦性沒食子酸 (Pyrogallic acid) $C_6H_3(OH)_3$		熱沒食子酸。	白色粉末，可溶，能還原硝酸銀溶液，或受日光之造鹽素化銀，而使析出銀粒。	還原劑。 (現像液)。
鞣酸 (Tannic acid) $C_{14}H_{10}O_9$		由五倍子，槲等製之。	灰白色粉末，可溶，有澀味，與蛋白質生不溶性化合物，使色質固着於纖維，因 Fe^{+++} 而呈黑色。	媒染劑。 鞣皮用。 洋墨水製造。

12. 問題.

1. 由安息油 156 克可得硝基烩 230 克，問此量合於理論上之量之幾%。

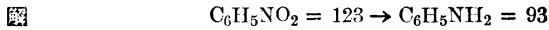


由 156 克時安息油所生硝基烩之量，為 $156 \text{ 克} \times \frac{123}{78}$ ，故所求之值如

下。

$$230 \text{ 克} \div (156 \text{ 克} \times \frac{123}{78}) \times 100 = 93.5\% \quad \text{答 } 93.5\%.$$

2. 將上量之硝基烴還原時,可得理論上應得之量之85%之烴鹵,問後者之量幾克.



$$\therefore 230 \text{ 克} \times \frac{93}{123} \times \frac{85}{100} = 148 \text{ 克} \quad \text{答 } 148 \text{ 克}.$$

13. 實驗.

1. 加濃硝酸及濃硫酸於安息油,微熱之,而試聞其所發生之硝基烴之香氣.
2. 將烴鹵一滴滴於水中,加鹽酸使之溶解.
3. 加苛性鉀於石炭酸少量,使之溶解,又加三氯化鐵於石炭酸水,使呈紫色,又加醋酸使之褪色.
4. 加濃厚之硫酸及硝酸於石炭酸,則生黃色之苦味酸.
5. 試驗安息酸容易氯化,及甘味精較糖甜若干倍.
6. 加三氯化鐵於水楊酸溶液,使呈紫色,又加醋酸不能褪色,以驗其與石炭酸之色不同.
7. 加三氯化鐵於沒食子酸及鞣酸,使生黑色之沈澱.
8. 加硝酸銀溶液於焦性沒食子酸而驗其還原作用.

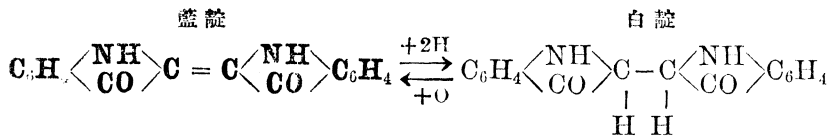
第三節 焦油腦,綠油腦之誘導體



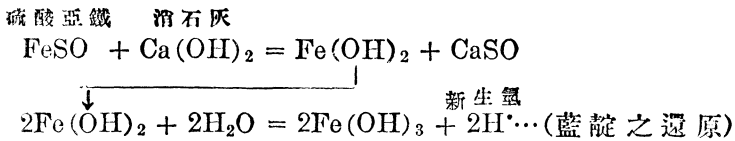
藍靛 (Indigo blue) 昔由蓼藍等之葉醱製出,現今則以焦油

腦爲原料而多量人工的製出之。⁽¹⁾

藍靛亦名靛青，爲濃青色無定形之塊，雖不溶解於水，但用適當之還原劑處理之，則變成溶解於鹼之白靛 (Indigo white)，即



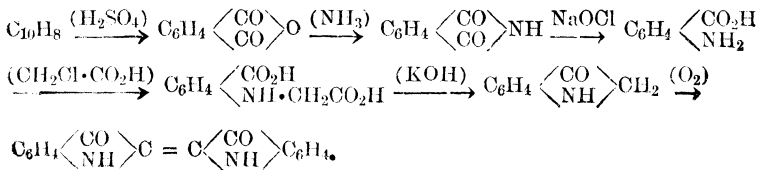
此際之還原劑，通常多用硫酸亞鐵與消石灰之水溶液，故藍靛爲由此二者所生之新生氫所還原，變爲白靛後，即溶解於過量存在之鹼 (石灰水) 中。



藍靛因有上之反應，故廣供染色之用，即浸纖維於上之溶液中而使飽吸白靛後，曬於空氣中，則白靛氧化再變爲不溶性之藍靛，即得達其染色之目的。

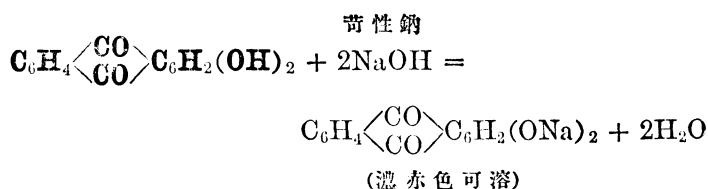
2. 茜素。【C₁₄H₃O₄】或【C₆H₄⟨ $\begin{array}{c} \text{CO} \\ \text{CO} \end{array}$ ⟩C₆H₂(OH)₂】 茜素昔

(1) 使焦油腦變爲藍靛之順序如次：



由茜根採得之,今則以綠油腦爲原料而合成之。⁽¹⁾

茜素爲黃赤色之粉末,不溶解於水,但加苛性鈉則即變爲濃赤色而溶解。此因茜素中氫氧基之氫爲苛性鈉之鈉成分所置換故也。

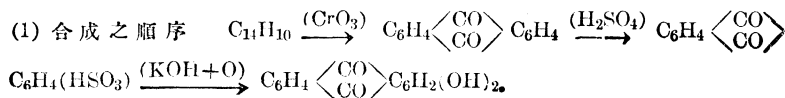


茜素之特性,爲作用於氫氧化金屬而生有色化合物。其生成之化合物,不特多不溶於水,且其色因金屬之種類而異。如遇三氫氧化鋁而生赤色,遇三氫氧化鐵而生紫黑色,遇三氫氧化鉻而生紫褐色,遇二氫氧化鈣而生青色之不溶性化合物是也。

應用上之性質,豫以是等之金屬氫氧化物浸漬於纖維中後,而使茜素作用之時,則纖維各得染成特異之色。

3. 摘要. 藍靛 茜素

名稱	分子式	製法	性質	用途
藍靛 (Indigo blue)	$\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$	由焦油腦合成。	爲不溶性之青色固體,還原之,則成溶解於鹼之白靛。	染料。
茜素 (Alizarin)	$\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_4$	由綠油腦合成。	與氫氧化金屬化合而生不溶性有色之化合物,	染料。



4. 問題.

1. 何謂煤焦油染料.

圖 由煤焦油之分餾液中所含安息油,綠油腦之誘導體¹ 煥礪,茜素,焦油腦,所製之色素,總稱為煤焦油染料.通常由染法,分為酸性染料(焦油腦黃,洋紅),鹽基性染料(品紅,甲烯青),直接染料(剛果紅等),媒染染料(茜素)等.

2. 試述染藍與染茜之差異.

圖 染藍之法,將藍靛一次變為可溶性,使吸着於纖維之內,而後再使沈澱,染茜之法,使其金屬化合物沉澱於纖維之內.

5. 實驗.

1. 加葡萄糖及苛性鹼於藍靛液,使為白靛,以濾紙浸之,取出,晒於空氣中,則次第變為藍色.

2. 加苛性鹼於茜素,使成紅色.

第二章 雜化合物

第一節 香精類

1. 香精類. $[\text{C}_{10}\text{H}_{16}]$ 香精類(Terpenes)爲有 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ 分子式之種種異性體之總稱,概由松、杉等針葉樹之樹脂中所得之⁽¹⁾碳化氫也.其主要者爲松香精(Pinene),樟腦香精(Camphene),檸檬香精(Limonene)三種.

通過熱之水蒸氣於松脂中而蒸餾之,則餾出以松香精爲主成分之香精類.此稱爲松節油(Turpentine oil).

松節油爲有揮發性無色之液體,其貯藏經久者受空氣與日光之作用而變質,常成黃色黏稠體.松節油不溶於水,善與酒精,揮發油等混和,溶解樹脂,橡皮,硫黃,黃磷等.

植物之花葉,有發馥郁之香氣者,亦因含有一種香精類之故.薔薇油,檸檬油,香檸檬(Bergamot)油,冬綠油等之香油,⁽²⁾乃用酒精抽出之此種香精類也.

松節油可混於顏料以製塗料,或溶解樹脂以製假漆,又爲分泌制限藥以供醫用.但芳香性之香精類,則爲香油,使用

(1) 香精類爲屬於 $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$ 之碳化氫之一類. (2) 茶之香味亦因含有香精類所致,若以熱水煮之,則悉揮發而去.

極盛。

2. 彈性樹膠, 馬萊樹膠. $[(C_5H_8)_n]$ 彈性樹膠 (Caoutchouc) 爲將產於熱帶之橡樹分泌液乾燥而製得之有彈性固體。其特性如下: (1) 在低溫雖硬化而變脆弱, 但至 50 度附近則軟化; (2) 對於酸鹼有耐性; (3) 溶解於二硫化碳及松節油; (4) 與硫黃相混則變質極顯。

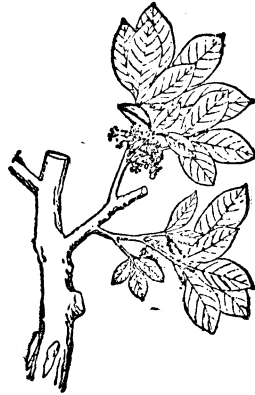


圖 211——彈性樹膠樹。

加硫黃 10% 於彈性樹膠之二硫化碳溶液中而熱之, 則變爲在低溫不硬化, 且不溶解於二硫化碳之物質。此物稱爲含硫膠 (Vulcanized-caoutchouc)。如橡皮管, 橡皮板, 橡皮膜等之供諸實驗用之橡皮, 卽此物也。但硫黃之含量至 50% 以上者, 則爲黑色之硬質, 研磨之而發美麗之光澤。蓋卽製造櫛, 釦等之裝飾品, 及電之絕緣體用之硬膠 (Ebonite) 也。

馬萊樹膠。爲取熱帶植物滲出液乾燥而得之褐色柔韌之塊, 對於熱, 溶媒, 硫黃之諸性質, 全與彈性樹膠同。可供海底電線之絕緣體, 電鑄用之型, 氟氫酸貯藏器, 齶齒之填補, 防水布之製造等用。

3. 樟腦類。樟腦類 (Camphors) 之組成, 頗似香精類之氧化物, 悉爲白色揮發性之結晶, 有次三種之別。

樟腦. $[\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}]$ 取樟樹之碎片,如圖 212 與水蒸氣共蒸餾於冷水上時,則樟腦冷却凝固,而浮於水面,可集取之,製成適宜之形。

樟腦為白色柔軟之結晶,由其表面發生特異臭氣之蒸氣,有強力殺菌性,防腐驅蟲之

目的上極賞用之,又為興奮劑,故其酒精溶液,可供藥用。但樟腦之主用途,為混於膠棉以製假象牙。

冰片. $[\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}]$ 一稱龍腦 (Borneol), 其一分子式中較樟腦多二原子之氫,故使樟腦還原而得,然通常由婆羅洲地方之樟樹製取之,其性質及用途,全與樟腦同。

薄荷腦 (Menthol). $[\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}]$ 為較冰片更多二原子氫之化合物,成無色針狀之結晶,有特異之芳香,其味初如焦燒,後則涼快,將薄荷草與水蒸氣一同蒸餾可製得之,為興奮劑,常製為酒精溶液以應用。

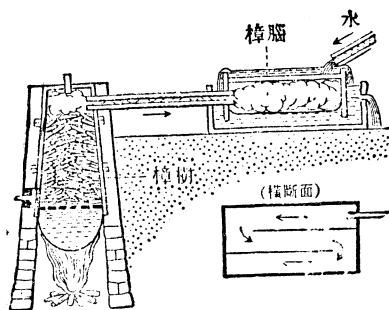


圖 212——樟腦之製取。



圖 213——薄荷草。

4. 摘要. 香 精 類 樟 腦 類

名 稱 分 子 式	製 法	性 質	用 途
香 精 類 (Terpenes) $C_{10}H_{16}$	取針葉樹脂與水蒸氣共蒸餾之。	無色之液體，溶解樹脂，可與顏料煉合，以製塗料。	溶媒，塗料。
彈性樹膠 (Caoutchouc) $(C_5H_8)_n$	乾燥橡樹之滲出液。	白色固體，難為水，酸鹼所侵，可溶於酒精，混以硫黃則耐寒暖之變化。	實驗用器具，防水布，硬膠等之製造。
馬 萊 樹 膠 (Guttaparcha) $(C_5H_8)_n$	乾燥某種樹之滲出液。	白色固體，不為氟氫酸所侵犯，電之絕緣體。	藥品罐，海底電線之絕緣，醫用。
樟 腦 (Camphor) $C_{10}H_{16}O$	取樟樹與水蒸氣共蒸餾之。	白色揮發性固體，可溶於酒精，有殺菌性。	殺菌劑，醫藥。
冰 片 (Borneol) $C_{10}H_{18}O$	樟腦之還原，由一種之樟樹製取之。	同上。	同上。
薄 荷 腦 (Menthol) $C_{10}H_{20}O$	取薄荷草與水蒸氣共蒸餾。	針狀結晶，有刺激性，呈興奮作用。	醫藥。

5. 問題.

1. 試述松節油之製法及其性質如何。 (671頁)
2. 試述亞拉伯樹膠及含硫膠之異同及其製法。

亞 拉 伯 樹 膠	含 硫 膠
1. 碳水化合物($C_{12}H_{22}O_{11}$ 酸之鹽)。	1. 碳化氫(C_5H_8) _n 及硫之混合物。
2. 為無定形之白色塊。	2. 無定形而有彈性。
3. 溶解於水。	3. 不溶於水，能耐酸鹼。
4. 由一種樹之滲出液乾固製成。	4. 亦由樹液乾固，但加硫磺熱之。

6. 實驗.

1. 試以松節油溶解樹脂。
2. 試驗樟腦,薄荷腦之揮發性,及難溶於水之性質。

第二節 植物鹼類

1. 植物鹼類. 植物鹼類 (Alkaloid): (1) 爲存在於植物中之鹽基性含氮化合物,概由碳,氫,氧,氮四元素所成。

(2) 概形成結晶,雖爲不揮發難溶性,但與酸類化合,而造可溶性之結晶鹽。

(3) 悉呈劇烈生理作用,爲極貴重之醫藥。

2. 嗎啡. $[\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3]$ 植物鹼質中最重要者爲嗎啡 (Morphin),含一分子之水而成無色柱狀之結晶,微溶解於水,呈強苦味及弱鹼性.爲鹽酸中和時,則生鹽酸嗎啡 $[\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3\cdot\text{HCl}]$.鹽酸嗎啡爲有絲狀光澤之白色結晶,溶解於水而呈苦味.有鎮痛及催眠之生理作用,故醫藥上賞用之。

嗎啡成硫酸鹽而存在於罌粟之果殼中,採其液汁而乾之,即得黃褐色粉末之鴉片 (Opium),其中約含嗎啡10%,故可由此精製之。

3. 古柯鹼. $[\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4]$ 古柯鹼 (Cocaine) 爲成細稜柱狀結晶之白色物質,微呈苦味,甚難溶解於水,但與鹽酸化合所生之白色結晶狀之鹽酸古柯鹼 $(\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4\cdot\text{HCl})$,則爲可溶之物此鹽之5—20%水溶液,爲局部麻睡劑,以供眼,齒,耳,鼻等之治療用。

古柯葉約含古柯鹼0.5%，故製為硫酸鹽而抽取之。

4. 莨菪鹼。【 $C_{17}H_{23}NO_3$ 】 莨菪鹼 (Atropine) 為含於根中之植物鹼，成無色柱狀之結晶，難溶解於冷水，但在熱水中稍溶解多量而呈強鹼性，其為硫酸中和所生之硫酸莨菪鹼〔 $(C_{17}H_{23}NO_3)_2 \cdot H_2SO_4$ 〕，則為可溶性之白色針狀結晶，用作鎮痙藥，分泌制限藥及放瞳孔藥，有卓絕之效。

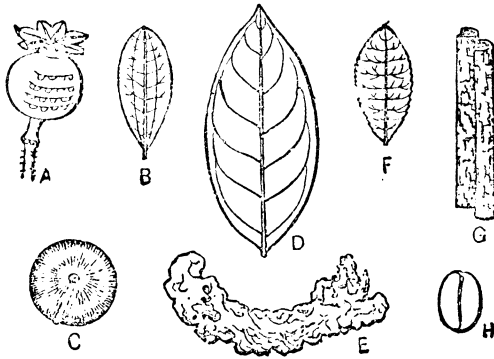


圖 214—植物鹼之原料。

罌粟 (A); 古柯葉 (B); 番木鱧子實 (C); 煙草葉 (D);
莨菪根 (E); 茶葉 (F); 鷄那皮 (G); 嗎啡實 (H)。

5. 鷄那霜。【 $C_{20}H_{24}N_2O_2$ 】 鷄那皮含有10%內外之鷄那霜 (Quinine)，故變為可溶性之硫酸鹽而抽取之。鷄那霜為白色不溶性之粉末，其鹽酸鷄那霜〔 $C_{20}H_{24}N_2O \cdot HCl$ 〕及硫酸鷄那霜〔 $(C_{20}H_{24}N_2O_2 \cdot H_2SO_4)_2$ 〕，則成絲狀光澤之結晶，溶解於水而成呈苦味之溶液，鷄那霜或其鹽類，有撲滅瘧菌之特效，又供

(1) 加少許硫酸於此溶液，則發美麗之藍色螢光。

解熱劑及強壯劑之用。

6. 番木鱈鹼. $[\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{N}_2\text{O}_2]$ 番木鱈鹼 (Strychnine) 爲稍大之白色稜柱狀結晶,食之則使起激烈之痙攣之生理作用,故製爲可溶性之硝酸鹽 $[\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2 \cdot \text{HNO}_3]$,以供諸種弛緩的衰弱症之衝動藥之用.結爲蘋果酸鹽而約存0.5%於番木鱈子中,故可由是抽取之.

7. 菸鹼. $[\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2]$ 菸鹼 (Nicotine) 與其他植物鹼異,不含氧,且爲無色油狀之揮發性液體,觸及空氣,則即變爲褐色.其毒性劇烈,僅二三滴足以死人,存於菸葉中者,爲其蘋果酸鹽或檸檬酸鹽.

8. 茶素. $[\text{C}_8\text{H}_{10}(\text{CH}_3)_3\text{N}_4\text{O}_2]$ 茶素 (Theine) 或名咖啡精 (Caffeine). 其外觀爲有光澤之絲狀,有昇華性,與其他植物鹼異,易溶解於水,且其溶液爲中性,呈興奮的之生理作用,故供興奮劑,利尿劑及心臟症之內服用.茶葉,珈琲豆悉含有2%許之茶素.

9. 安知必林. $[\text{C}_9\text{H}_6(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{O}]$ 安知必林爲白色無臭結晶狀之粉末,與茶素同,爲可溶性,且爲中性.此物或其水楊酸鹽,醋酸化合物,爲現今使用之最貴重解熱劑,由焵鹵合成之.

10. 摘要. 植物鹼類

名 稱 分 子 式	所 在	性 質	生 理 作 用 及 其 用 途
植 物 鹼 類 (Alkaloid)	植 物 中。	(1)成氮之化合物,(2)為白色之結晶,微溶解於水而呈鹼性,(3)其鹽為可溶性,(4)有劇烈之生理作用。	—
茶素(Theine) 咖啡精(Caffeine) $C_8H_{10}N_4O_2$	茶葉,咖啡豆。	絲狀結晶,可溶,中性。	興奮。
菸鹼(Nicotine) $C_{10}H_{11}N_2$	菸葉。	油狀液體,猛毒。	—
安知必林 (Antipyrine) $C_{11}H_{12}N_2O$	(人造)。	白色,可溶,中性。	解熱。
嗎啡(Morphine) $C_{17}H_{19}NO_3$	罌粟果殼。 (鴉片)	其鹽酸鹽為白色可溶。	鎮痛,催眠。
古柯鹼(Cocaine) $C_{17}H_{21}NO_4$	古柯葉。	其鹽酸鹽為白色可溶性結晶。	局部麻痺。
莨菪鹼(Atropine) $C_{17}H_{23}NO_3$	莨菪根。	硫酸鹽為白色可溶。	散瞳,分泌制限。
鷄那霜(Quinine) $C_{20}H_{24}N_2O_2$	鷄那皮。	鹽酸鹽為白色可溶,有苦味。	解熱。
番木鱉鹼 (Strychnine) $C_{21}H_{22}N_2O_2$	木番鱉子。	硝酸鹽為可溶。	衝動。

11. 問題.

1. 試舉主要之植物鹼五種,並述其分子式,所在及用途。
2. 次之物質中重要之成分為何。

菸葉 莨菪根 罌粟 鷄那皮 茶

12. 實驗.

1. 盛茶葉於蒸發皿，以時計皿為蓋，置砂浴上微熱之，則見茶素昇華，附着於時計皿之上。

第三節 蛋白質

1. 蛋白質。蛋白質(Proteids)為必存於生物體中，而與生活現象有不可離之關係之有機化合物，屬於此類者悉為：

(1) 由碳，氫，氧，氮及硫之五元素而成，

(2) 有極複雜之組成，為不揮發性，非結晶性，且易變化。

其實驗式則尚無知之者，分子量亦全然不知，據推測上，其數大概近於一萬，但其組成雖因種類而有多少差異，然大體近於下列之值。

- | | |
|------------------|-----------------|
| (1) 碳.....50—55% | (4) 氫.....6—7% |
| (2) 氧.....20—24% | (5) 硫.....3—24% |
| (3) 氮.....18—20% | |

2. 動物性蛋白質。卵白。卵白(Albumen)為可溶性之蛋白質，其無色黏稠之液，即其水溶液也，熱此液於75度，或加稀硝酸，酒精，鞣酸等時，則變為白色不溶性之軟塊(此稱為蛋白質之凝固)，與銻離子(昇銻水)，銅離子(硫酸銅液)之重金屬離子化合，則有變為不溶性之特性，又遇濃硝酸，則變為黃色而凝固，此等反應，常用於卵白之鑑識，或昇銻之解毒。

乾酪素。乾酪素(Casien)亦為可溶性之蛋白質，乳汁中

(1) 卵白之實驗式似近於 $C_{146}H_{226}N_{44}SO_{66}$ 。

約含其3%。與卵白異。即加熱亦不凝固。但遇薄酸則凝固故加稀醋酸於牛乳中。則能使之沉降。又當牛乳酸敗時。因其發生乳酸故亦起同樣之反應。乾酪爲乾酪素因一種胃黏膜之作用。使與脂肪一同凝固而成者。

膠。膠 (Gelatine) 爲動物之軟骨。皮等與水共煮沸而製得之一種蛋白質其乾者透明而柔韌濕之則變爲柔軟。容易溶解於熱湯中。但與鞣酸化合時。則變爲即乾燥亦柔韌而不硬化之物質。膠之用途。爲食料攝影乾片印刷板漿糊用等。

3. 植物性蛋白質。豆素 (Legumen)。此爲多數植物中所含之重要蛋白質。大豆中含有40%之豆素。溶解於熱水中。有因鎂離子而凝固之特性。取大豆與水共磨。使成乳狀液。煮沸之後。加氯化鎂而使豆素凝固即得豆腐。

麵筋質。麵筋質 (Gluten) 亦稱麩質。爲淡黃色不溶性之粉末。小麥粉中約含其10%故將此粉與水練合。盛於布袋而揉之於水中。則澱粉從布袋流出。而殘留麵筋質。混糯米與小麥粉於麵筋質中而蒸之。即得所謂麩。

由麵筋質所製得之麵筋酸 (Glutamic acid, $C_5H_9NO_4$) 之納鹽。有旨味。即現今市上所售之味之素也。

4. 腐敗。防腐。如蛋白質之複雜有機化合物 (其他脂肪。碳水化合物等)。因微生物所含之酵素之接觸作用。分解而生有毒化合物之化學變化。稱爲腐敗 (Putrefaction)。稱爲屍毒質 (Ptomaine) 之植物鹼。乃此際生成之有毒物之一種。故若

- (1) 撲滅其中起作用之微生物,
- (2) 造成不適於其生育之狀況,
- (3) 全然避去微生物之接觸,

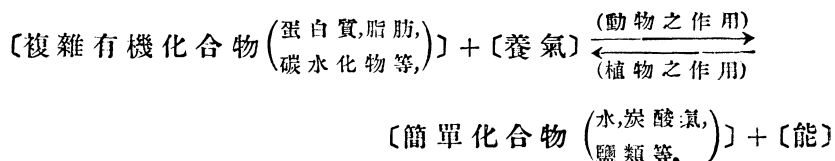
則悉得達防腐之目的,然微生體必由含有蛋白質之有機化合物而成,且其生育需要濕氣與適當之溫度,故用醋酸,硼酸,水楊酸,石炭酸等之酸類,硫酸銅,昇汞等之重金屬鹽類,或酒精等之所謂防腐劑(Antiseptic)凝固之,而使其死滅者,為屬於第一種之防腐法;由乾燥,冷藏而抑止其繁殖者,為屬於第二種之防腐法;又裝於罐而密封之者,為屬於第三種之防腐法。

5. 營養素. 蛋白質,碳水化合物(澱粉糖),脂肪三物質,稱為營養素(Food stuff).此因其保持人體健康上不可須臾或缺之營養物故也,營養素在體內之化學變化極複雜,故究無由知其真相,大概蛋白質供身體組織之新生及保存用,碳水化合物則用以保持體溫,脂肪則兼上之兩作用而有之,此等諸物質,最後分解為碳酸氣,水,尿素及鹽類而排泄,吾人為欲保持健康,每日中應攝取營養素之分量,即保健食量,固因人而異,而普通之攝取量約如下:

碳水化合物 450 克 蛋白質 100 克 脂肪 15 克⁽¹⁾

- (1) { 富於蛋白質之食物……鰵(70%),乾魚(50%),大豆(40%),肉類(25%),鷄卵(10%)
 富於脂肪之食物……鴨肉(40%),豚肉(25%),大豆(20%),鷄卵(10%)
 富於碳水化合物之食物……白米(8%),麥(70%),麵包(50%),豆類(50%),甘薯(20%)

6. 生活作用。動物之活動，實由於攝取之蛋白質，脂肪，碳水化合物等營養素之氧化遊離之能 (Energy) 之作用。而此際分解生成物之碳酸氣，水，鹽類等，至植物體內，吸收日光之能，再合成蛋白質，脂肪，碳水化合物等，而遊離養氣之一部。故動物與植物，其生活作用成正反對，而前者可視為氧化及分解之化學變化，後者可視為還原及合成之化學變化，其關係得用次式表之：



7. 摘要. 蛋白質類

名 稱	所 在	製 法	性 質	用 途
蛋白質 (Proteids)	動植物體中。	——	碳, 氧, 氫, 氮, 硫為其主成分, 組成不明, 分解容易之無定形化合物。	食用。
卵 白 (Albumen)	蛋。	蛋之白質 (卵白)。	可溶於水, 因熱, 酸類, 重金屬鹽而凝固。因硝酸而變黃色。	同上。
乾酪質 (Casem)	乳。	由乳汁使沈澱之。	可溶, 雖因熱不凝固, 但遇酸則凝固。	同上。
膠 (Gelatine)	軟骨, 皮。	由其原料用熱水浸取之。	無色透明之固體, 可溶於熱水中, 遇鞣酸而凝固。	食用, 漿塗用, 膠片。
豆 素 (Legumin)	荳類。	碎大豆而用氯化鎂凝固之。	遇氯化鎂則凝固, 而成白色物質。	食用。

麵筋質 (Gluten)	小麥。	除去小麥粉中之澱粉。	淡黃色不溶性,混以水而成粘塊。	同上。
-----------------	-----	------------	-----------------	-----

定義

腐敗 (Putrefaction)	複雜之有機化合物,因微生物之接觸作用,分解而生有毒物質之化學變化。
防腐法	罐藏,冷藏,乾燥,防腐劑。
營養素(Food stuff)	蛋白質,脂肪,碳水化合物。

8. 問題.

1. 將蛋白質分為動物質與植物質,並舉其中主要之物及其性質。

2. 說明防腐之方法,並舉普通防腐劑,消毒劑之名稱。

圖 撲滅惹起有機化合物之分解之微生物之藥劑,稱為防腐劑,如水楊酸,硼酸,酒精,醋酸,砂糖,甘油(以上適於食用),硫酸銅,搨木油(Creosote)(以上木材用)等屬之。

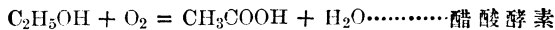
撲滅有害於人體之微生物之藥劑,稱為消毒劑,如昇錄,消石灰,石炭酸,蟻醛液等屬之。

3. 昇錄中毒時,可用卵白為解毒劑,其理如何。(679頁)

4. 試舉酵素之種類,並說明其作用。

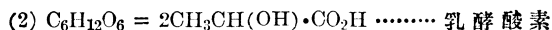
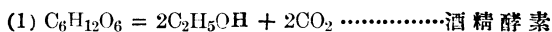
圖 酵素存於微生物中,與有機化合物接觸,則促進其化學變化,可分數種如下:

A. 氧化酵素 醋酸菌中之酵素,有氧化酒精,使變為醋酸之作用。

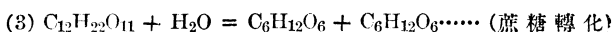
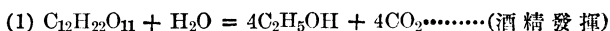


B. 分解酵素 釀母中之酵素,能變葡萄糖為酒精及炭酸氣;乳酸菌

中之酵素,能使葡萄糖分解為乳酸。



C. 加水分解酵素 釀母中之酵素,能使麥芽糖加水之分解而為酒精及炭酸氣,乳酸菌中之酵素,能使乳糖加水分解而生乳酸,糖化素能使蔗糖分解為葡萄糖及果糖。



9. 實驗.

1. 取卵白熱之,使之凝固,加酒精,鞣質及昇錄等,使變為不溶性,加濃硝酸使呈黃色。
2. 加酸於牛乳,使酪素凝固,又加濃硝酸以試其反應。
3. 由小麥粉分取麩質,而試蛋白質之反應。

第四節 有機化合物結論及雜問題

1. 有機化合物一覽表.

種 類	名稱及分子式(示性式)				
碳 化 氫	甲烷	乙 烷	乙 烯	乙 炔	烯
	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	C_6H_6
醇	焦油腦	綠油腦	松節油	彈性樹膠	
	$C_{10}H_8$	$C_{14}H_{10}$	$C_{10}H_{16}$	$(C_5H_8)_n$	
醇	甲醇	乙 醇	戊 醇	甘 油	
	CH_3OH	C_2H_5OH	$C_5H_{11}OH$	$C_3H_5(OH)_3$	
	石炭酸	焦性沒食子酸			
	C_6H_5OH	$C_6H_3(OH)_3$			

醛	蟻醛 $H \cdot CHO$	乙醛 CH_3CHO	烯甲醛 C_6H_5CHO		
有機酸	羧酸 HCO_2H	醋酸 CH_3CO_2H	乳酸 $C_2H_4(OH)CO_2H$	酪酸 $C_3H_7CO_2H$	
	軟脂酸 $C_{15}H_{31}CO_2H$	硬脂酸 $C_{17}H_{35}CO_2H$	油酸 $C_{17}H_{33}CO_2H$	乾性油酸 $C_{17}H_{31}CO_2H$	
	草酸 CO_2H	琥珀酸 CH_2CO_2H	蘋果酸 CH_2CO_2H	酒石酸 $CH(OH)CO_2H$	檸檬酸 CH_2CO_2H
					\downarrow
					$CH(OH)CO_2H$
				\downarrow	
				CH_2CO_2H	
	安息酸 $C_6H_5CO_2H$	水楊酸 $C_6H_4(OH)CO_2H$	沒食子酸 $C_6H_2(OH)_3CO_2H$	鞣酸 $C_{14}H_{10}O_9$	
有機鹽基	烯鹼 $(C_6H_5NH_2)$	茶素 $(C_8H_{10}N_1O_2)$	安知必林 $(C_{11}H_{12}N_2O)$	菸鹼 $C_{10}H_{11}N_2$	
	嗎啡 $C_{17}H_{19}NO_3$	古柯精 $C_{17}H_{21}NO_4$	開羊花精 $C_{17}H_{27}NO_3$	鷄那霜 $C_{20}H_{14}N_2O_2$	馬前霜 $C_{21}H_{22}N_2O_2$
有機酸鹽	醋酸鈉 CH_3CO_2Na	醋酸鉛 $(CH_3CO_2)_2Pb$	醋酸鐵 $(CH_3CO_2)_3Fe$	醋酸鉻 $(CH_3CO_2)_3Cr$	
	醋酸鋁 $(CH_3CO_2)_3Al$	軟脂酸鈉 $C_{15}H_{31}CO_2Na$	軟脂酸鉀 $C_{15}H_{31}CO_2K$	硬脂酸鈉 $C_{17}H_{35}CO_2Na$	
	硬脂酸鉀 $C_{17}H_{35}CO_2K$	水楊酸鐵 $[C_6H_4(OH)CO_2]_3Fe$	沒食子酸鐵 $[C_6H_2(OH)_3CO_2]_3Fe$		
		酒石 $CH(OH)CO_2H$	吐酒石 $CH_2(OH)CO_2K$		
		\downarrow	\downarrow		
		$CH(OH)CO_2K$	$CH_2(OH)CO_2(SbO)$		
鹽	迷蒙精 $CHCl_3$	黃碘 CHI_3	硝化甘油 $C_3H_5(NO_3)_3$	硼酸乙烷 $(C_2H_5)_3BO_3$	
	乙酸乙烷 $CH_3CO_2C_2H_5$	鉻酸乙烷 $C_3H_7CO_2C_2H_5$	鯨蠟 $C_{15}H_{31}CO_2C_{16}H_{33}$	蜂蠟 $C_{15}H_{31}CO_2C_{30}H_{61}$	
	軟脂 $(C_{15}H_{31}CO_2)_3C_3H_5$	硬脂 $(C_{17}H_{35}CO_2)_3C_3H_5$	油脂 $(C_{17}H_{33}CO_2)_3C_3H_5$		

	乾性油脂 (C ₁₇ H ₃₁ CO ₂) ₃ C ₃ H ₅	硝化纖維素 C ₁₂ H ₁₆ O ₆ (NO ₃) ₄	火藥棉 C ₁₂ H ₁₄ O ₄ (NO ₃) ₆			
碳水化合物	葡萄糖 C ₆ H ₁₂ O ₆	果糖 C ₆ H ₁₂ O ₆	蔗糖 C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	乳糖 C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁		
	麥芽糖 C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	澱粉 (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	糊精 (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	纖維素 (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n		
雜化合物	二乙醚 (C ₂ H ₅) ₂ O	二甲醚 (CH ₃) ₂ O	樟腦 C ₁₀ H ₁₆ O	冰片 C ₁₀ H ₁₈ O	薄荷腦 C ₁₀ H ₂₀ O	
	硝基烴 C ₆ H ₅ NO ₂	藍錠 C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	茜素 C ₁₁ H ₈ O ₄	甘味精 C ₇ H ₅ O ₃ NS		
(螞化物)	螞 C ₂ N ₂	螞化氫 HCN	螞化鉀 KCN	螞酸銻 NH ₄ OCN	尿素 (NH ₂) ₂ CO	硫螞酸鉀 KSCN
	金螞化鉀 KAu(CN) ₄	鉑螞化鉀 BaPt(CN) ₄	銀螞化鉀 KAg(CN) ₂	銅螞化鉀 KCu(CN) ₂	黃血鹽 K ₄ Fe(CN) ₆	赤血鹽 K ₃ Fe(CN) ₆
蛋白質	蛋白	乾酸質	膠	豆素	麵筋質	

2. 問題。(包含全篇之雜題)

1. 試就化學變化以說明氮,磷,碳,氫,氧在物質界之循環狀態。

氮 成硝酸鹽為植物所吸收,變為蛋白質次移至動物體內,成尿素而排出,分解後,經硝精再成硝酸鹽。

磷 成磷酸鹽,為植物所吸收,移至動物,為骨之主成分,後再回復至地中。

碳 成二氧化碳,為植物所吸收,經種種之變化而成脂肪,蛋白質,澱粉等,入於動物體,被氧化後,再成二氧化碳而排出。

氫 成水,為植物所吸收,其一部分解,而成生複雜之有機化合物,移至動物體,再行氧化而成水。至其他一部,則常不起分解,仍係水之原狀而循環。

氧。遊離之氧，爲動物體所吸收，變爲二氧化碳，水等而排出，是等動
 質，至植物體內分解，再遊離氧而歸還於空氣中。

2. 屬於下列多類物質者之名稱，試各舉其一。

脂肪酸類 碳水化物類 碳化氫類
 蛋白質類 植物鹼類。

3. 問下列物質之所在。

(1) 氫 (2) 錳 (3) 糊精 (4) 鞣酸

圖 (1) 大氣 (2) 瀝青鈾礦 (3) 糯米 (4) 五倍子。

4. 下列物質何者爲酸性，何者爲鹼性。

(1) 醋 (2) 石灰水 (3) 食鹽水 (4) 硃精 (5) 石鹼水

圖 酸性者(1)，鹼性者(2)，(4)，(5)(弱)，中性者(3)。

5. 自下列之混合物中，如除去其書於後方者之物質之方法如何。

(1) 一氧化碳與二氧化碳，(2) 二乙醚與油，(3) 銀與鋅，
 (4) 空氣與硃精。

圖 (1) 通過苛性鉀液，(2) 分餾，(3) 浸於稀硫酸，(4) 通過稀酸液中。

6. 試各書下列各化合物之分子式，并示其在有機化學上屬於何種類。

(1) 酒精 (2) 蟻醛液 (3) 三碘甲烷 (4) 甘油 (5) 蟻
 (6) 鉛糖 (7) 蔗糖 (8) 石炭酸 (9) 安息油 (10) 澱油

7. 試說明接觸作用之意義，且舉主要之觸媒。

圖 關於接觸作用已詳述於第10頁，故不贅述，茲舉觸媒之種類如下：

- (1) 二氧化錳。 氯酸鉀之分解用。
- (2) 鉑。 二氧化硫及醇類之氧化用。
- (3) 稀薄酸。 澱粉之糖化及糊精化；蔗糖之轉化用。
- (4) 酵素。 澱粉之糖化，糖類之發酵，酒精之醋酸發酵用等。

8. 試舉加水分解之結果：(1) 呈酸性者，(2) 呈鹼性者，(3) 呈中性者之例。

圖 (1) 硫酸鋁，硫酸銅；(2) 碳酸鈉，石鹼；(3) 蔗糖，麥芽糖。

9. 下列各二物質之主要差異如何。

(1) 有機酸與無機酸 (2) 鹽與醃 (3) 鹼與醇

圖 (1) 雖皆有得與金屬置換之氫，然前者之氫，為成脂酸基者。

(2) 酸中之氫為金屬所置換者，屬於前種；為烷基所置換者，屬於後種。

(3) 悉有氫氧基，然前者之氫氧基，得以電離。

10. 試舉硝酸之鹽及醃中之主要者，并述其通性。

圖 KNO_3 , NaNO_3 , $\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_2$, $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{O}_4(\text{NO}_3)_6$ (通性不贅)。

11. 試舉碳化氫之一般式，並示與之相當之實例。

圖

(1) $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$	C_6H_6	安息油
(2) $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	松節油
(3) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	C_2H_2	乙炔
(4) C_nH_{2n}	C_2H_4	乙稀
(5) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	C_2H_6	乙烷

12. 油自其組成上言，可大別之為三種，能言之否。

圖 碳化氫(石油)，醃(菜油)，香精類(松節油)。

13. 試述下列各物質之工業的製造原料。

(1) 漂白粉 (2) 炭酸鈉 (3) 硝酸 (4) 酒精 (5) 醋

圖 (1) 綠氣與消石灰 (2) 食鹽與礆精及炭酸氣 (3) 智利硝石與硫酸 (4) 澱粉 (5) 酒精

14. 下列物質能溶解於何種溶媒。

(1) 硫酸鎂 (2) 水銀 (3) 黃碘 (4) 醋酸鉛

圖 (1) 水, (2) 無, 但遇硝酸則起化學變化而溶解, (3) 酒精及二乙醚, (4) 水。

15. 試列記用作殺菌劑之重要無機及有機化合物各三種之名稱及其化學式。

圖 無機化合物: 三氧化二砷 As_2O_3 , 硫酸銅 $CuSO_4$, 昇錄 $HgCl_2$ 。

有機化合物: 石炭酸 C_6H_6O , 焦油腦 $C_{10}H_8$, 蟻醛液 CH_2O 。

16. 何謂放射性物質。

圖 如鐳等放散電子而不絕崩壞之物質之謂, 已放射之電子, 營特殊的生理作用, 又有使空氣變為電導體, 及刺激螢光體等之作用。

17. 分析某種一鹽基酸之銀鹽, 得下述之結果, 試由此定其分子式, 又該鹽果為何種物質。

碳 36.2%; 氫 2.2%; 氧 14.5%; 銀 47.1%

圖 以各元素之原子量各除上之組成, 所得之商, 更以銀成分之商除之則:

碳 : 氫 : 氧 : 銀 : = 7 : 5 : 2 : 1

故其分子式為 $C_7H_5O_2Ag$, 又安息酸之分子式為 $C_7H_6O_2$, 故此物為安息酸銀。

18. 今有盛入溫度 10, 壓力 74 厘之二氧化碳 30.8 克之器, 設

溫度昇至 50° ，壓力變為 75 厘時，則所溢出之氣體之體積及重量如何。

圖 二氧化碳 ($\text{CO}_2 = 44$) 30.8 克，標準狀況時之體積為 $22.4 \times \frac{30.8}{44}$ 升，故在最初 $10^{\circ}, 74$ 厘時，當占其 $\frac{273+10}{273} \times \frac{76}{75}$ 倍之體積，而在 $50^{\circ}, 75$ 厘時則占其 $\frac{273+50}{273} \times \frac{76}{75}$ 倍之體積，此二量之差，即等於所溢出之氣體之體積：

$$22.4 \times \frac{30.8}{44} \times \left(\frac{273+50}{273} \times \frac{76}{75} - \frac{273+10}{273} \times \frac{76}{74} \right) = 2.1 \text{ 升}$$

然此氣體之溫度壓力為在後者之狀況 ($50^{\circ}, 75$ 厘)，故改算之為標準狀況而求其重量則如下：

$$44 \text{ 克} \times \frac{1}{22.4} \times \left(2.1 \times \frac{273}{273+50} \times \frac{75}{76} \right) = 3.45 \text{ 克}$$

答 2.1 升, 3.45 克。

19. 分析白鹵鹽 (砂金石) 而得其 35.34% 之氯，問此礦石中所含之氯化鎂，約當於該礦石之幾 %。

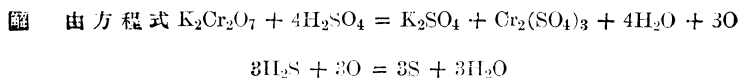
圖 白鹵鹽 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 礦中每含有氯 $3\text{Cl} = 106.5$ 量，則必含有氯化鎂 $\text{MgCl}_2 = 95$ 量，故發生 35.34 量之氯之白鹵鹽礦中之氯化鎂，當為

$$35.34 \times \frac{95}{106.5} = 31.52 \text{ 量}$$

此所得之量，當含於白鹵鹽之 100 量中，故所求之值為 31.52%。

答 31.52%。

20. 400 克之一縮二鉻酸鉀，在酸性溶液中，能氧化硫化二氮若干克。又此際所游離之硫，應有若干克。



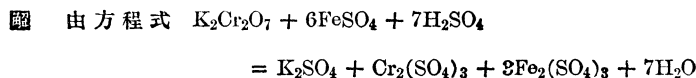
知一縮二鉻酸鉀與硫化二氫及硫黃之重量比，為 $K_2Cr_2O_7 = 294$, $3H_2S = 102$, $3S = 96$ 。... 所求之值，為

$$\text{硫化二氫之量} = 400 \text{ 克} \times \frac{102}{294} = 139 \text{ 克}$$

$$\text{硫黃之量} = 400 \text{ 克} \times \frac{96}{294} = 131 \text{ 克}$$

答 H_2S 139 克, S 131 克。

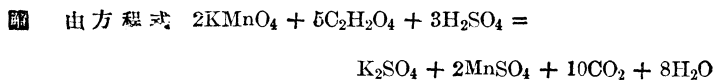
21. 取綠礬之水溶液 2 呎，加酸使成酸性後，注加 2 克分子之一縮二鉻酸鉀液 250 c.c.，則悉變為硫酸鐵，問此綠礬水溶液中之硫酸亞鐵之量如何。



知用一縮二鉻酸鉀 1 克分子，足以氧化硫酸亞鐵（綠礬）之 6 克分子，然此際所用之一縮二鉻酸鉀之全量，為 $2 \times \frac{250}{1000}$ 克分子，故為所變化之硫酸亞鐵，亦當為其 6 倍，由 $FeSO_4 = 152$ ，故所求之量為 $152 \times 2 \times \frac{250}{1000} \times 6 = 456$ 克

答 456 克。

22. 取草酸 2.4 克，使成水溶液，用濃度未知之高錳酸鉀溶液滴加之，則知其適能使後者之 50 c.c. 完全褪色，問此高錳酸鉀之濃度如何。



知欲氧化草酸 $5C_2H_2O_4 = 450$ 克，需高錳酸鉀 $2KMnO_4 = 2$ 克分子，故欲氧化前者之 2.4 克，當需後者之 2 克分子 $\times \frac{2.4}{450}$ ，因此量存在於 50 c.c. 溶液中，故其在 1000 c.c. 中之量，即其濃度，當如下：

$$2 \text{ 克分子} \times \frac{2.4}{450} \times \frac{1000}{50} = 0.21 \text{ 克分子} \quad \text{答 } 0.21 \text{ 克分子.}$$

23. 分析長石得 SiO_2 65.69%, Al_2O_3 17.97%, K_2O 13.99%, 試求長石之化學式.

$$\text{SiO}_2 \cdots \cdots 65.69 \cdots \cdots \frac{65.69}{60.3} = 1.0891 \cdots \cdots 6$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdots \cdots 17.98 \cdots \cdots \frac{17.97}{102.2} = 0.1741 \cdots \cdots 1$$

$$\text{K}_2\text{O} \cdots \cdots 13.99 \cdots \cdots \frac{13.89}{94.2} = 0.1485 \cdots \cdots 1$$

$$\text{即 } (\text{SiO}_2)_6(\text{Al}_2\text{O}_3)_1(\text{K}_2\text{O})_1 = 2(\text{KAlSi}_3\text{O}_8) \quad \text{答 } \text{KAlSi}_3\text{O}_8.$$

24. 微熱結晶碳酸鈉 7.15 克, 以除其結晶水, 則殘留 2.655 克之無水鹽, 問此結晶鹽之化學式如何.

解 結晶鹽中之水之量, 等於上二量之差, 即

$$7.15 \text{ 克} - 2.655 \text{ 克} = 4.495 \text{ 克}$$

今設以 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 表結晶鹽之化學式, 則由

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106, \text{H}_2\text{O} = 18, \text{而得下式:}$$

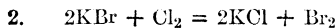
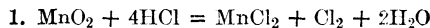
$$106:18x = 2.655:4.495 \quad \therefore x = 10$$

故所求之式爲 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

答 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

25. 加過量之二氧化錳於溴化鉀之濃溶液, 更加以含有 HCl 39.1% 之鹽 12 克時, 則有溴若干克游離.

解 上之變化可用下之方程式表之:

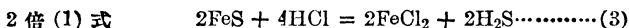
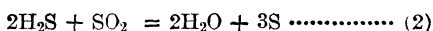
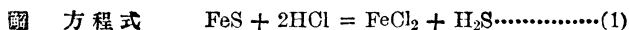


故由 $4\text{HCl} = 4 \times 36.5$ 所生之氯, 得遊離溴 $\text{Br}_2 = 2 \times 80$, 故爲 HCl 之 12×0.391 克中之氯所遊離之溴之量, 當如下:

$$4 \times 36.5 : 2 \times 80 = 12 \text{ 克} \times 0.391 : x \text{ 克} \quad \therefore x = 5.14 \text{ 克}$$

答 5.14 克。

26. 問還原 10 克之二氧化硫使變為硫黃時所需之硫化二氫，係由若干之一硫化鐵所製出。



比較 (2)(3) 式，知由 $2\text{FeS} = 175.84$ 所發生之 $2\text{H}_2\text{S}$ ，適能還原 $\text{SO}_2 = 64.07$ ，故所求一硫化鐵之量，設為 x ，則有如下之關係：

$$175.84 : 64.07 = x : 10 \quad \therefore x = 27.44 \text{ 克} \quad \text{答 } 27.44 \text{ 克。}$$

27. 使淡氣 20 克順次如下變化，則最後所生之一氧化二氮，應有若干呎。

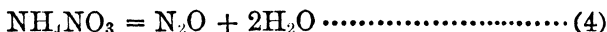
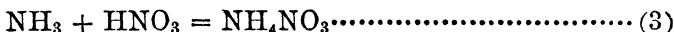
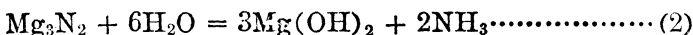


圖 (3)(4) 之各項二倍之，而與 (1)(2) 相比較，則由 $\text{N}_2 = 2 \times 14$ 克生 $2\text{N}_2\text{O} = 2 \times 22.4$ 呎，故所求之體積設為 x 呎，則

$$2 \times 14 \text{ 克} : 20 \text{ 克} = 2 \times 22.4 \text{ 呎} : x \text{ 呎} \quad \therefore x = 32 \text{ 呎} \quad \text{答 } 32 \text{ 呎。}$$

28. 今有碳酸鈉之水溶液，分取其 24 c.c.，以 0.12N 之鹽酸中和之，則需後者 9.6 c.c.，今欲將上之碳酸鈉水溶液製成 0.05N 之濃度，問該溶液每 100 c.c. 中，更應加無水之碳酸鈉若干克。

圖 此碳酸鈉溶液之濃度為 $0.12N \times \frac{9.6}{24}$ ，故欲變之為 0.05N 時，則

其 1 坩中應加之無水之碳酸鈉之量,爲

$$0.05N - 0.12N \times \frac{9.6}{24} = 0.002N$$

故由 $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106$, 可得所求之值:

$$106 \text{ 克} \times \frac{1}{2} \times 0.002 \times \frac{100}{1000} = 0.011 \text{ 克} \quad \text{答 } 0.011 \text{ 克.}$$

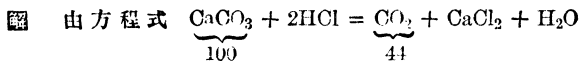
29. 用溶解有結晶一硫硫酸鈉 10 克之溶液,得將 5.1 克之碘褪色,問其與碘 1 克分子相當量之此鹽之克分子爲如何.

圖 能將碘 1 克分子 $\text{I}_2 = 253.84$ 褪色之一硫硫酸鈉之量,由題意之比,知爲

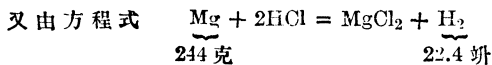
$$10 \text{ 克} \times \frac{253.84}{5.1} = 497.7 \text{ 克}$$

然一硫硫酸鈉之 1 克分子爲 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 248.2$ 克,故上之 497.7 克,與 497.7 $\div 248.2 = 2$ 克分子相當,故碘之一克分子,與一硫硫酸鈉 2 克分子,互爲當量。⁽¹⁾

30. 加過量之鹽酸於石灰石與鎂粉之混合物 10 克中,使發生之碳酸氣,吸收於氫氧化鈉,使輕氣在 10° , 750.2 耗水上捕集之,知前者爲 1.32 克,後者有 5.874 坩之體積,問使用於實驗之混合物之組成如何.



$$\text{知此混合物中石灰石之量} = 1.32 \text{ 克} \times \frac{100}{44} = 3 \text{ 克} \dots\dots 30\%$$



(1) $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 10\text{H}_2\text{O}$.

$$\text{知此混合物中之鎂量} = 24 \times \frac{5.874 \frac{273}{273+10} \times \frac{760}{750-9.2}}{22.4} = 6 \text{ 克} \dots\dots 60\%$$

(9.2 坵 爲 10° 時之水蒸氣壓)

答石灰石 30%, 鎂 60%, 夾雜物 10%.

31. ⁽¹⁾ 有淡氣, 一氧化碳, 沼氣, 硃精四者之混合氣體, 今取其保有 100°, 1 氣壓者 1250 c.c., 混加養氣 1100 c.c. 後, 通以電花, 而使之爆發, 其全體積膨脹至 2450 c.c., 由此除去水蒸氣, 則殘餘之氣體之體積爲 950 c.c., 更除去其中之炭酸氣, 尚殘存 600 c.c. 之氣體, 問所與之混合氣體之組成如何.

圖 爆發前之氣體全體積 = 1250 c.c. + 1100 c.c. = 2350 c.c.

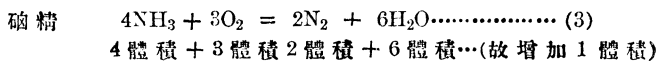
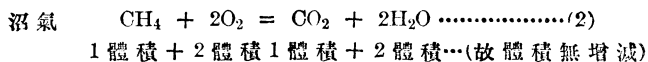
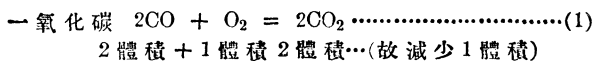
爆發後之氣體全體積 = 2450 c.c.

∴ 因爆發反應而增加之氣體體積 = 2450 c.c. - 2350 c.c. = 100 c.c.

由反應而生成水蒸氣之體積 = 2450 c.c. - 950 c.c. = 1500 c.c.

由反應而生成之炭酸氣之體積 = 950 c.c. - 600 c.c. = 350 c.c.

今用方程式以示上之爆發時之化學反應



知有種反應, 伴有體積之增加, 有種反應, 却反減少, 又有種反應, 則不伴體積上之變化. 今在反應 (1) (2) (3) 之氣體體積之單位 (相當於方程式之

(1) 此問題雖不無程度稍高之嫌, 然爲最有興味之氣體之計算問題.

1 體積之體積), 設各為 x c.c., y c.c., z c.c., 則因此爆發反應中, 在 (1) 之反應, 有 1 體積即 x c.c. 之體積收縮, 在 (3) 之反應, 則有 1 體積即 z c.c. 之體積膨脹, 然在 (2) 之反應, 則毫無體積上之增減, 故爆發後之氣體全積體之增加, 勢不得不歸因於 (1) 與 (3) 之反應之結果, 故有下之關係:

$$z - x = 100 \dots \dots \dots (I)$$

又所生成之水蒸氣之量, 在 (2) 之反應, 為 2 體積即 $2y$ c.c., 在 (3) 之反應, 為 6 體積, 即 $6z$ c.c., 此數值由題意知為 1500 c.c., 故

$$2y + 6z = 1500 \dots \dots \dots (II)$$

同樣所生之炭酸氣, 在 (1) 之反應為 $2x$ c.c., 在 (2) 之反應為 y c.c., 其數值為 350 c.c., 故

$$2x + y = 350 \dots \dots \dots (III)$$

若解此代數方程式 (I), (II), (III), 而求未知數 x, y, z , 則得下之數值:

$$x = 100 \text{ c.c.} \quad y = 150 \text{ c.c.} \quad z = 200 \text{ c.c.}$$

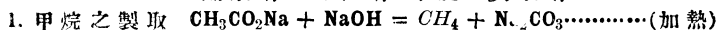
故所消費之氣體, 在 (1) 之反應如一氧化碳 $2x = 200$ c.c., 在 (2) 之反應為沼氣 $y = 150$ c.c., 在 (3) 之反應, 為硝精 $4z = 800$ c.c., 而淡氣 1250 c.c. - $(200 + 150 + 800)$ c.c. = 100 c.c., 依然殘留, 因之所求之組成, 可表之如下述之答。

$$\text{答} \left\{ \begin{array}{l} \text{淡氣 } 100 \text{ c.c.} \quad \text{一氧化碳 } 200 \text{ c.c.} \\ \text{沼氣 } 150 \text{ c.c.} \quad \text{硝精 } 800 \text{ c.c.} \end{array} \right.$$

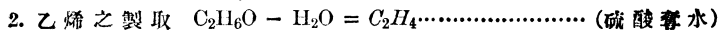
3. 關於有機化合物之重要方程式.

I. 碳化氫.

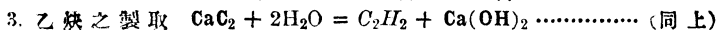
醋酸鈉 苛性鈉 甲烷 炭酸鈉



乙醇 水 乙烯



二碳化鈣 乙炔 二氫氧化鈣



4. 沼氣之熱燒 $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ (點火)
5. 乙烯之燃燒 $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$ (點火)
6. 乙炔之燃燒 $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$ (點火)
7. 二氯乙烷之生成 $C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$ (點火)
- 綠氣 二氯乙烷

II. 醇。

- 甲醇
8. 甲醇之燃燒 $2CH_3OH + 3O_2 = 2CO_2 + 4H_2O$ (點火)
- 乙醇
9. 乙醇之燃燒 $C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$ (點火)
- 麥芽糖
10. 麥芽糖之發酵 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4C_2H_5OH + 4CO_2$ (釀母接觸)
- 軟脂 甘油 軟脂酸
11. 脂肪之鹼化 $(C_{15}H_{31}CO_2)_3C_3H_5 + 3H_2O = C_3H_5(OH)_3 + 3C_{15}H_{31}CO_2H$
 ... (過熱水蒸氣之處理)
- 硝化甘油
12. 硝化甘油之製取 $C_3H_5(OH)_3 + 3HNO_3 = C_3H_5(NO_3)_3 + 3H_2O$...
 ... (硫酸奪水)
- 淡氣
13. 硝化甘油之爆炸 $4C_3H_5(NO_3)_3 = 12CO_2 + 10H_2O + O_2 + 6N_2$.
 ... (爆炸)

III. 醚。

- 二乙醚
14. 二乙醚之製取 $2C_2H_5OH - H_2O = (C_2H_5)_2O$ (硫酸奪水)
15. 二乙醚之燃燒 $(C_2H_5)_2O + 6O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$ (點火)

IV. 醛 酮。

- 甲醇 蟻醛
16. 蟻醛之製取 $2CH_3OH + O_2 = 2H \cdot CHO + 2H_2O$ (銅之接觸)

乙 醛

17. 乙 醛 之 製 取 $2C_2H_5OH + O_2 = 2CH_3CHO + 2H_2O$(同 上)

醋 酸 鈣 丙 酮 炭 酸 鈣

18. 丙 酮 $(CH_3CO_2)_2Ca = (CH_3)_2CO + CaCO_3$(乾 餾)

V. 脂 肪 酸.

草 酸 蠟 酸

19. 蠟 酸 之 製 取 $(CO_2H)_2 = H \cdot CO_2H + CO_2$(甘 油 接 觸)

醋 酸

20. 醋 酸 之 製 取 $C_2H_5OH + O_2 = CH_3CO_2H + H_2O$(醋 母 接 觸)

乳 糖

乳 酸

21. 乳 酸 之 生 成 $C_{12}H_{26}O_{11} + H_2O = 4CH_3CH(OH)CO_2H$...

...(乳 酸 酵 素 接 觸)

硬 脂

硬 脂 酸

22. 硬 脂 酸 之 製 取 $(C_{17}H_{35}CO_2)_3C_3H_5 + 3H_2O = 3C_{17}H_{35}CO_2H +$

$C_3H_5(OH)_3$(過 熱 水 蒸 氣)

VI. 多 鹽 基 酸.

23. 草 酸 之 分 解 $C_2O_4H_2 - H_2O = CO + CO_2$(硫 酸 奪 水)

酒 石 酸

酸 式 炭 酸 鈉

酒 石 酸 鈉

24. 檸 檬 水 之 製 造 $[CH(OH)CO_2H]_2 + 2NaHCO_3 = [CH(OH)CO_2Na]_2$

$+ 2CO_2 + 2H_2O$(溶 液 反 應)

VII. 鹽 鹽.

乙 酸 乙 烷

25. 醋 酸 鹽 之 製 取 $CH_3CO_2H + C_2H_5OH = CH_3CO_2C_2H_5 + H_2O$...

...(硫 酸 奪 水)

軟 脂 酸 鈉

26. 石 鹼 之 製 造 $(C_{15}H_{31}CO_2)_3C_3H_5 + 3NaOH = 3C_{15}H_{31}CO_2Na +$

$C_3H_5(OH)_3$(鹼 化)

27. 石鹼之加水分解



VIII. 碳水化物.

28. 葡萄糖之製取 $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_6H_{12}O_6 \cdots$ (稀硫酸接觸)

29. 蔗糖之轉化 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \cdots \cdots$ (同上)

30. 麥芽糖之製造 $3(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_{12}H_{22}O_{11} + (C_6H_{10}O_5)_n \cdots$
 …(麥芽之接觸)

31. 硝化纖維素之製造 $2C_6H_{10}O_5 + 6HNO_3 = C_{12}H_{14}O_4(NO_3)_6 + 6H_2O \cdots$
 …(硫酸奪水)

32. 硝化纖維素爆炸 $C_{12}H_{11}O_4(NO_3)_6 = 3CO_2 + 9CO + 7H_2O + 3N_2 \cdots$
 …(撞擊)

IX. 烴之誘導體.

33. 硝基烴之製取 $C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5NO_2 + H_2O \cdots \cdots$ (硫酸奪水)

34. 腴油之製取 $C_6H_5NO_2 + 6H = C_6H_5NH_2 + 2H_2O \cdots \cdots$ (溶液反應)

35. 沒食子酸之製取 $C_{14}H_{10}O_9 + H_2O = 2C_6H_2(OH)_3CO_2H \cdots$
 …(酸類接觸)

索引

一 畫

一酸鹽基, Monoacid base, 285
一鹽基酸, Monobasic acid, 282
乙炔, Acetylene, 255, 259, 587
乙烷, Ethane, 582
乙烷基, Ethyl radical, 583
乙烯, Ethylene, 258, 587
乙酸乙烷, Ethyl acetate, 633
乙醇, Ethyl alcohol, 593
乙醛, Acetaldehyde, 611, 613

二 畫

丁炔, Crotonylene, 587
丁烯, Butylene, 587
二乙醚, Ether, 595, 607, 610
二甲醚, Methyl ether, 607
二氧化二氫, Hydrogen peroxide, 177
二氯乙烯, Ethylene chloride, 259
二酸鹽基, Diacid base, 284
二鹽基酸, Dibasic acid, 281
人造絲, Artificial silk, 650

三 畫

三合土, Mortar, 474
三氯甲烷, Trichloromethane, 585
三硝基酚, 3-nitro-phenol, 661
三碘甲烷反應, 596
三酸鹽基, Triacid base, 284
三鹽基酸, Tribasic acid, 281
土族之重要方程式, 575
土器, Earthenware, 464

四 畫

不飽和碳化氫, Unsaturated hydrocarbon, 587

中和, Neutralization, 67, 328

元素, Element, 74

一價, Monovalent, 75, 101

二價, Divalent, 75, 101

三價, Trivalent, 75, 101

分類, 74

分子, Molecule, 120

分子上昇, Molecular elevation, 313

分子下降, Molecular depression, 313

分子式, Molecular formula, 110

百分組成, 113

構成, 111

與實驗式之關係, 115

分子量, Molecular weight, 96, 135

由分子式而計算, 112

用法, 98

非氣態物質, 97

測定, 314

分解, Decomposition, 9, 12

分餾, Fractional distillation, 585

化合, Combination, 9, 12

化合物, Compound, 9, 75

不飽和, Unsaturated, 259

第一, 354

第二, 354

化糖素, Diastase, 593

化學方程式, Chemical equation, 120

化學平衡, Chemical equilibrium, 71

化學式, Chemical formula, 116

化學的性質, Chemical property, 34

化學的變化, Chemical change, 2, 4

反射爐, Reverberatory furnace, 388

反應, Reaction, 10, 12

可逆, Reversible, 71

酸性, Acid, 59

反應. 鹼性, Alkaline, 67
 孔雀藍, Malachite blue, 659
 方程式, Equation, 121, 128
 作法, 122
 考究, 125
 例, 125
 係數, 123
 應用, 126
 方解石, Calcite, 477
 方鉛礦, Galena, 433
 木詞, Acetone, 614
 木精, Wood spirit, 592
 木蠟, White wax, 634
 水, Water, 29
 化學的性質, 33
 所在, 29
 物理的性質, 31
 軟, Soft, 480
 硬, Hard, 480
 精製, 29
 水泥, Cement, 474
 水玻璃, Water glass, 277
 水煤氣, 254
 水銀 (見錄條)
 火藥棉, 650

五 畫

丙炔, Allylene, 587
 丙烯, Propylene, 587
 丙酮, Acetone, or dimethyl ketone,
 代赭石, 398 [614]
 卡芬狄士, Cavendish, 34
 古阿鹼, Cocaine, 675
 加水分解, Hydrolysis, 286
 四氯乙炔, Acetylene chloride, 260
 本生, Robert Bunsen, 268
 本生燈, 268
 正鹽, Normal salts 287
 生石灰, Quick lime, 473
 甘汞, Calomel, 377

甘味精, Saccharine, 662
 生鐵, Cast iron, 395, 396
 甘油, Glycerine, 600
 甲乙炔, 609
 甲烷, Methane, 257
 甲烷基, Methyl radical, 583
 甲烷橙, Methyl orange, 297
 甲烷紫, Methyl violet, 659
 甲烴, Toluene, 632
 甲醛, Formic aldehyde, 592
 甲醛液, Formaline, 593
 白生鐵, White cast iron, 396
 白鹵鹽, Carnallite, 454
 白熱套, 273
 白堊, Indigo white, 668
 白鐵, 428
 石灰水, Lime water, 474
 石灰石, 477, 484
 石灰乳, Milk of lime, 474
 石油, Petroleum, 585
 石炭, Coal, 251
 石棉, Asbestos, 71
 石筍, Stalagmite, 479
 石膏, Gypsum, 479
 石墨, Graphite, 249
 石蕊色質, Litmus, 8, 280, 297
 石蠟, Paraffin, 585
 石鹼, Soap, 636
 鈉, Sodium, 636
 鉀, Potassium, 636
 示性式, Rational formula, 171

六 畫

冰片, 673
 冰晶石, Cryolite, 162
 冰點下降, Depression of freezing
 point, 312
 印像銅板, 414
 吐酒石, Tariat emetic, 240, 629
 向上置換法, Upward displacement, 7

向下置換法, Downward displacement, 39
 合金, Alloy, 349
 同素異性體, Allotrope, 176
 回轉爐, Converter, 405
 多孔質圓筒, Porous cell, 24
 多鹽基酸, 281
 安全燈, Safety lamp
 成分, Constituent, 9
 有機化合物, Organic compounds, 578
 分析, 596
 分類, 579
 成分, 579
 用途, 584
 所在, 584
 造鹽素置換體, 585
 構造式, 583
 製法, 584
 有機化合物一覽表, 685
 灰生鐵, Gray cast iron, 396
 血赤質, Hemoglobin, 48

七 畫

含硫膠, Vulcanized caoutchouc, 672
 亨利, Henry, 87
 卵白, Albumin, 679
 克分子標準液, 306
 克分子量, Mole or gram molecular weight, 97
 克當量, Gram equivalent weight, 冶金, Metallurgy, 350 [102, 293]
 冷却器, Condenser, 270
 吸收作用, Absorption, 250
 尿素, Urea, 538
 批克推 Pictet, 7
 氖, Neon, 16, 560
 沉澱, Precipitation, 42
 豆素, Legumen, 680
 辰砂, 377
 赤血鹽, Potassium ferri-cyanide, 403

赤鐵礦, Hematite, 398
 防腐劑, Antiseptic, 681

八 畫

乳糖, Milk sugar, 644
 亞砷酐, Arsenious anhydride, 235
 亞硫酐, Sulphurous anhydride, 8, 184
 用途, 194
 性質, 193
 製法, 191
 味勒, Vöhler, 538
 坩堝, Crucible, 181
 定律, Law
 亨利, Henry's, 87 [83, 138]
 倍比, of multiple proportion,
 定比例, of constant proportion,
 79, 138
 法拉第, Faraday's, 335
 波義耳, of Boyle, 87
 查理, of Charles, 88
 氣體, Boyle-charles, 90
 氣體反應, of gaseous reaction, 82
 質量不變, of constance of mass, 80
 擴散, of diffusion, 86 [137]
 體積化合, of combining volumes,
 拉瓦節, Lavoisier, 14, 39 [81, 138]
 拉姆則, Ramy, 16
 拉烏爾, Raoult, 312
 昇汞, Corrosive sublimate, 378
 昇華, Sublimation, 70
 明礬, Alum, 461
 果糖, Fruit sugar, 641
 松香精, Pinene, 671
 松節油, Turpentine oil, 671
 武德合金, Wood's fusible metal, 432,
 法拉第, Faraday, 335 [442]
 波義耳, Boyle, 87
 沼氣, 257
 油, Oil, 635
 不乾性, Nondrying, 635

油, 乾性, drying, 635
 油煙, Lamp black, 250
 沸點上昇, Elevation of boiling point,
 活字金, 432 [312]
 物質, Substance, 1
 性質, Property, 1
 形態, 2
 變化, Change, 2
 物體, Body, 1, 4
 空氣, Air, 14
 芳香族化合物, Aromatic compounds,
 金, Gold, 352 [579]
 性質, 352
 氯化物, 354
 精煉, 353
 離子, 353
 金剛石, Diamond, 252
 金剛砂, Carborundum, 278
 金屬及其化合物一覽表, 544
 化學性質, 549
 化合物之特性, 554
 冶金, 548
 物理性質, 549
 重要方程式, 570
 金屬元素, 348
 化學的通性, 348
 分類, 350
 物理的通性, 348
 製法, 349
 長石, Orthoclase, 464
 門得雷業夫, Mendeleef, 564
 阿拆孫, Acheson, 278
 青銅, 382, 428
 非金屬, Non-metal, 143
 相互之化合物, 340
 重要化學方程式, 340
 非金屬元素, 339

九 畫

品紅, Magenta, 659
 屍毒質, Stomaine, 680

炭, 木炭, Charcoal, 250
 炭酐, Carbonic anhydride, 8
 碳酸氣, Carbonic acid gas, 39
 碳酸曹達, 505
 指示藥, Indicator, 297
 查理氏, Charles, 88
 柏豐利烏, Berzelius, 106
 氟, Fluorine, 161
 性質, 161
 重要化學方程式, 342
 與其他造鹽素之比較, 167
 製法, 162
 洛瑟爾鹽, Rochelle salt, 628
 炸藥, Dynamite, 631
 玻璃, 481
 普通, 481
 鉀, 482
 鉛, 482
 砂金石, Carnallite, 519
 苛性曹達, 502
 苦扁桃油, 661
 重土, Baryta, 492
 重土水, Baryta water, 492
 重曹, 509
 風化, Efflorescence, 454
 食鹽, 504
 香精類, Terpenes, 671

十 畫

俾士麥得, Bismark brown, 659
 剛玉, Corundum, 460
 原子, Atom, 120
 原子量, Atomic weight, 99, 135
 原子價, Valence, 101
 原油, Crude petroleum, 654
 密佗僧, Litharge, 434
 格拉味塔, Glover's tower, 200
 展延性, 348
 格勞伯, Glauber, 59
 格累謨, Graham, 86

根, Radical, 169
 氦, Helium, 16, 497
 氧化, Oxidation, 9, 12, 380
 氧化物 Oxide, 9
 氧化物之鹽基性, 349
 氣體貯蓄器, Gas holder, 7
 消石灰, Slaked lime, 56, 473
 酒石, Tartar, 240, 628
 臭氧, Ozone, 175
 砷, Arsenic, 233
 二硫化二砷, disulphide, 237
 三硫化二砷, trisulphide, 237
 重要方程式, 345
 砷化三氫, Hydrogen arsenide, 234
 砷鉛礦, Smaltite, 426
 砷鏡, Arsenic mirror, 234
 粉紅鹽, Pink salt, 430
 素燒, Biscuit, 464
 索爾未, Solvay, 502
 純鐵, 406
 脂肪, Fats, 634
 脂肪族化合物, Fatty compound, 579
 脂酸基, Carboxyl, 612
 茜素, Alizarine, 668
 迷蒙精, Chloroform, 585
 酐, Anhydride, 282
 茶素, Theine, 677
 馬口鐵, 429
 馬來樹膠, Gutta percha, 146
 馬略特, Mariotte, 87

十一畫

乾酪素, Casien, 679
 安知必林, 677
 假象牙, Celluloid, 650
 強韌性, 348
 接觸作用, Catalysis, 10, 12
 曹達, 505
 氫之化合物, Hydrogen compounds
 氯化氫, chloride, 53, 57

氫之化合物. 氯化氫之電解, 332
 硫化二氫, sulphide, 188
 溴化氫, bromide, 154
 碘化氫, iodide, 159
 腈化氫, cyanide, 169
 氫氧吹管, Oxyhydrogen blow pipe, 26
 氫氧焰, Oxyhydrogen flame, 26
 氪, Krypton, 16
 混成膠, 609
 淡氣, 14, 210
 混合物, Mixture, 75
 淘汰法, Washing process, 356
 烷基, Alkyl radical, 583
 烷質誘導體, Methane derivatives,
 硅, Silicon, 275 [550]
 二氧化硅, Silicic dioxide, 276
 重要化學方程式, 346
 碳化硅, carborundum, 278
 硅酐, Silicic anhydride, 276
 硅藻土, Kieselguhr, 277
 硝砂, Sal ammoniac, 536
 硝精, Ammonia, 64, 68, 211
 化學的性質, 64
 物理的性質, 64
 用途, 68
 組成, 66
 製冰, 65
 製法, 64
 硝精水, Aqua ammonia, 67
 硝精液, 270
 莨菪鹼, Atropine, 676
 蛋白石, Opale, 277
 蛋白質, Albumen, 15, 679
 規定溶液, Normal solution, 294
 軟錳礦, Pyrolusite, 418
 造鹽素, Halogen, 165
 化學的性質, 166
 物理的性質, 166
 鈦, 560
 二氧化鈦, 273
 陰極, Cathod, 332

陰離子, Anion, 320
 陶土, Kaoline, 463
 瓷器 Porcelain, 464
 陶器, Fayence, 464
 麥芽糖, Maltose, 643
 陰片, Negative plate, 369

十二畫

媒染劑, Mordant, 459
 寒劑, Freezing mixture, 32
 提奧夫刺斯特, Theophrast, 374
 植物鹼類, Alkaloid, 675
 普里斯特利, Priestley, 6
 普魯士鹽, 403
 智利硝石, 511
 殘渣, Residue, 30
 氮之化合物, Nitrogen compounds
 一氧化二氮, nitrous oxide, 214
 一氧化氮, nitric oxide, 211
 二氧化氮, nitrogen dioxide, 212,
 氮族化合物, 241 [213]
 氬, Argon, 16, 560
 氦, Niton, 16, 497
 氯, (見綠氣條)
 氯化物, Chloride, 56
 鑑識, 148
 氯水, Chlorine water, 54
 涅斯拉液, Nessler's solution, 269
 涅斯拉試液, Nessler's reagent, 535
 烴, Benzene or Benzol, 653, 656
 烴二醇, Hydroquinone, 664
 烴甲醛, Benzaldehyde, 661
 烴基, Phenyl, 659
 烴鹵, Aniline, 658
 烴醇試藥, Phenolphthalein, 297
 烴醇類, Phenol, 660
 烴誘導體之重要方程式, 699
 無定形炭, Amorphous carbon, 249
 無機化合物, Inorganic compounds,
 焰色反應, 472 [578]

焦油腦, Naphthalene, 655
 焦糖, Caramel, 642
 異性同分體, Isomer, 478, 610
 異性同形體, Isomorphism, 462
 番木鱈鹼, Strychnine, 677
 發生機, Nascent state, 55, 56
 皓礬, White vitriol, 447
 稀有元素, 559
 稀釋度, Dilution, 306
 硝化甘油, Nitroglycerine, 600
 硝化纖維素, Nitrocellulose, 205, 644
 硝石, Saltpeter, 527 [649]
 硝基烴, Nitrobenzene, 221, 658
 硝酸鹽, Nitrate, 15
 硬膠, Ebonite, 672
 硫黃, Sulphur, 180
 八面體, Octahedral, 181
 化學的性質, 183
 用途, 185
 固態, 180
 所在, 185
 物理的性質, 180
 重要化學方程式, 343
 針狀, Prismatic, 181
 液態, 183
 氣態, 183
 菱形, Rhombic, 181
 彈性, Plastic, 182
 華, Flowers of, 186
 精製, 186
 砷矽鐵礦, Arsenopyrite, 233
 砷酐, 197
 砷洞礦, Chalcocite, 385
 菸鹼, Nicotine, 677
 菱錳礦, Zinc spar, 447
 給呂薩克, Gay-Lussac, 35
 給呂薩克塔, Gay-Lussac tower, 201
 結晶, Crystal, 32
 結晶水, Water of crystallization, 307
 結晶法, Crystallization, 32, 36
 綠油腦, Anthracene, 656

綠礬, Green vitriol, 401
 着火點, Ignition point, 10, 12
 羣青, Ultramarine, 464 [307]
 過飽和溶液, Supersaturated solution,
 週期表, Table of periodic law, 667
 應用, 568
 週期律, Periodic law, 564
 陽極, Anode, 331
 陽離子, Cation, 320
 釉藥, Glaze, 464
 鈣, Calcium, 471
 性質, 471
 離子, ion, 472
 鈣之化合物, Calcium compounds
 一氧化鈣, oxide, 472
 二碳化鈣, carbide, 259, 474
 碳酸鈣, carbonate, 477
 氫氧化鈣, hydroxide, 473
 氯化鈣, chloride, 475
 硝酸鈣, nitrate, 211, 477
 硫酸鈣, sulphate, 479
 腈基化鈣, cyanamide, 475
 醋酸鈣, 620
 磷酸鈣, phosphate, 225, 481
 鈉, Sodium, 34, 500
 性質, 501
 離子, ion, 502
 製取, 500
 鈉之化合物, Sodium compounds
 一硫磺發鈉, thiosulphate, 510
 二縮原磷發鈉, metaphosphate, 513
 三縮二原磷發鈉, pyrophosphate,
 水楊酸鈉, salicylate, 663 [513]
 亞硝酸鈉, nitrite, 15
 亞硫酸鈉, sulphite, 510
 金氯化鈉, hydrochloroaurate, 354
 碳酸鈉, carbonate, 503
 索爾未法, 503
 路布蘭法, 507
 電解法, 507
 氫氧化鈉, hydroxide, 502

鈉之化合物, 氯化鈉, chloride, 504
 硝酸鈉, nitrate, 511
 硫酸鈉, sulphate, 510
 酸式碳酸鈉, bicarbonate, 509
 硅酸鈉, silicate, 277
 磷酸氫二鈉, phosphate, 514
 硼酸鈉, borate, 515
 鋁酸鈉, aluminate, 459
 醋酸鈉, 620
 鈉汞齊, Sodium amalgam, 501
 黃血鹽, Yellow prussiate, 402, 524,
 黃碘, Iodoform, 587 [530]
 黃銅礦, Chalcopyrite, 385

十三畫

嗎啡, Morphine, 675
 催眠藥, Sulphonal, 614
 傳導性, 348
 奧爾套, 273
 溶液, Solution, 305
 濃度, Concentration, 305, 306
 飽和, Saturated, 306
 溶媒, Solvent, 305
 溶解, Dissolution, 305
 溶解度, Solubility, 307
 溶解度曲線, 308
 溶質, Solute, 305
 溴, Bromine, 152
 化學性質, 153
 用途, 153
 物理性質, 152
 重要化學方程式, 341
 製法, 153
 溴化物, 155
 氙, Xenon, 16
 煤氣, Coal gas, 266
 組成, 266
 製法, 268
 煤氣燈, 268
 煤氣爐, 268

- 煤焦油, Coal tar, 270, 653
 分餾, 653
 煤氣炭, 270
 硝, Cynogen, 168
 硝之重要化學方程式, 342
 硝化法, Cyanide process, 357
 當量, Equivalent, 102, 292
 硼, Boron, 243
 重要化學方程式, 345
 硼金剛石, 243
 硼砂, Borax, 245
 硼砂珠, Borax bead, 246
 硼砂乙烷, Ethyl borate, 244
 碘, Iodine, 157
 化學性質, 157
 用途, 158
 物理性質, 157
 重要化學方程式, 341
 製法, 158
 碘化物, Iodide, 160
 碘酒, Iodotincture, 157
 葡萄糖, Grape sugar, 640
 絕對溫度, Absolute temperature, 89
 試藥, Reagent, 10, 12
 路布蘭氏, Le-Blanc, 507
 過燒石膏, 480
 酮之重要方程式, 698
 酮基, Carbonyl, 613
 酮類, Ketones, 613
 銻, 560
 三氧化二銻, 273
 鈷, Cobalt, 424
 二氯化鈷, Cobaltic chloride, 425
 冶金, 426
 硅酸鈷, 425
 離子, 425
 鉍, Bismuth, 441
 次硝酸鉍, subnitrate, 442
 性質, 441
 離子, 442
 鉛, Lead, 432
 冶金, 432
 性質, 432
 離子, 433
 鉛之化合物, Lead compounds
 一氧化鉛, monoxide, 434
 四氧化三鉛, tetroxide, 434
 硝酸鉛, nitrate, 436
 鉻酸鉛, chromate, 414
 醋酸鉛, acetate, 436, 620
 鹽基性碳酸鉛, 437
 鉛丹, Minium, 435
 鉛白, 438
 鉛糖, Sugar of lead, 437, 620
 銻, 560
 鉀, Potassium, 518
 一縮二鉻酸鉀, dichromate, 414
 亞鐵硝化鉀, ferro-cyanide, 402
 金氰化鉀, auricyanide, 355
 性質, 519
 碳酸鉀, carbonate, 525
 氫氧化鉀, hydroxide, 520
 高錳酸鉀, permanganate, 420, 531
 硝酸鉀, nitrate, 527
 硫酸鉀, sulphate, 461, 526
 氯化鉀, chloride, 521
 氯酸鉀, chlorate, 522
 溴化鉀, bromide, 521
 碘化鉀, iodide, 521
 鉑氯化鉀, 362
 硝化鉀, cyanide, 524
 鉻酸鉀, chromate, 413, 530
 銀氰化鉀, argentic cyanide, 369
 錳酸鉀, 419
 鐵硝化鉀, 403
 製法, 519
 離子, 520
 鉑, Platinum, 359
 化合物, 361
 性質, 359
 製鍊, 362
 鉑綿, 197

鉀, 559
 電子, Electron, 497
 電石氣焰, Acetylene flame, 273
 電池, Cell, 336
 一縮二銻酸, 337
 本生, 337
 勒克蘭社, 337
 電解, Electrolysis, 331
 電解質, Electrolyte, 319
 電離, Electrolytic dissociation, 318
 電離度, 319
 電鑄法, Electrotyping, 336

十四畫

樟腦香精, Camphene, 671
 樟腦類, Camphors, 672
 構造式, Constitutional formula, 139
 滴定法, Titration, 296
 滴管, Burette, 297
 漂白粉, Bleaching powder, 476
 熔礦爐, Blast furnace, 405
 瑪瑙, Agate, 277
 碳, Carbon, 249, 274
 一氧化碳, monoxide, 47, 261
 二氧化碳, dioxide, 39, 261
 二硫化碳, disulphide, 180, 262
 化學性質, 253
 物理性質, 249
 重要化學方程式, 346
 無定形, 249
 碳化, Carbonization, 249
 碳化氫, Hydrocarbon, 581
 不飽和, 587
 重要方程式, 696
 飽和, Saturated hydrocarbon, 581
 用途, 584
 所在, 584
 性質, 581
 造鹽素置換體, 585
 構造式, 583

製法, 584
 碳水化合物, Carbohydrate, 640
 複分解, Double decomposition, 10, 12
 腐敗, Putrefaction, 680
 綠氣, Chlorine, 53, 146
 化學的性質, 54, 147
 物理的性質, 53
 用途, 56
 所在, 56
 重要化學方程式, 341
 製法, 53, 146
 蒸餾, Distillation, 31, 36
 蒸餾水, Distilled water, 31
 蓄電池, 435
 製冰器, 65
 赫爾蒙特, Helmont, 39
 輕油, Light oil, 653
 輕金屬, Light metal, 285
 輕氣, Hydrogen, 11, 23, 143
 化學的性質, 25
 物理的性質, 23
 反應, 144
 用途, 27
 所在, 27
 重要化學方程式, 340
 製法, 23, 143
 酵素, Zymase, 593
 酸, 280
 性質, 280
 種類, 281
 製法, 281 [205
 酸, 一縮硫酸, Acid, Thiosulphuric,
 二縮原磷酸, Metaphosphoric, 230
 三縮二原磷酸, Pyrophosphoric, 230
 水楊酸, Salicylic, 632
 丙酸, Propionic, 617
 石炭酸, Carbolic, 659
 水醋酸, 619
 安息酸, Benzoic, 661
 沒食子酸, Gallic, 663
 亞砷酸, Arsenious, 236

- 酸, 亞硫酸, Sulphurous, 193
 乳酸, Lactic, 624
 氟氫酸, Hydrofluoric, 163
 油酸, Oleic, 617
 金氯氫酸, Hydrochlorauric, 354
 青酸, Prussic, 169
 炭酸, Carbonic, 41
 苦味酸, Picric, 221, 661
 酒石酸, Tartaric, 628
 砷酸, Arsenic, 237
 草酸, Oxalic, 47, 617, 626
 乾性油酸, Linoleic, 617
 硅酸, Silicic, 277
 軟脂酸, Palmitic, 617
 氯酸, Chloric, 149
 焦性沒食子酸, Pyrogallic acid, 664
 琥珀酸, Succinic, 627
 硝酸, Nitric, 216
 發煙硝酸, 218
 硫酸, Sulphuric, 197
 硬脂酸, Stearic, 617
 溴氫酸, Hydrobromic, 158
 硼酸, Boric, 244
 酪酸, Butyric, 617, 621
 鉑氯氫酸, Hydrochloroplatic, 361
 醋酸, Acetic, 618
 鋁酸, Aluminic, 458
 磷酸, Phosphoric, 229
 鞣酸, Tannic, 664
 蘋果酸, Malic, 627
 檸檬酸, Citric, 629
 蟻酸, Formic, 47, 617
 麩筋酸, Glutanic, 680
 酸定量, 295
 酸性反應, Acid reaction, 59
 酸性氧化物, Acid oxide, 282
 酸度, Acidity, 284
 酸類, Acids
 一鹽基酸, Monobasic, 281
 二鹽基酸, Dibasic, 281
 三鹽基酸, Tribasic, 281
 酸類, 多鹽基酸, 281
 有機酸, Organic, 617
 多鹽基, 626
 脂肪酸類, Fatty 617
 通性, 317
 強酸, 167, 281
 弱酸, 167, 281
 銅, Copper, 381
 化學性質, 383
 物理性質, 381
 合金, 383
 冶金, 388
 重要化學方程式, 571
 離子, 384
 銅之化合物, Copper compounds
 一氧化二銅, Cuprous oxide, 385
 一氧化銅, Cupric oxide, 136, 385
 一硫化二銅, Cuprous sulphide, 385
 一硫化銅, Cupric sulphide, 385
 一氯化銅, Cuprous chloride, 55, 390
 二氯化銅, Cupric chloride, 390
 電解, 333
 亞砷酸銅, Cupric arsenite, 237
 硝酸銅, Cupric nitrate, 390
 硫酸銅, Cupric sulphate, 386
 醋酸銅, 621
 鹽基性碳酸銅, Copper basic carbonate, 383, 390
 銅綠, Blue verditer, 383
 銀, Silver, 365
 冶金, 370
 性質, 365
 重要化學方程式, 571
 離子, 365
 銀之化合物, Silver compounds
 硝酸銀, nitrate, 366
 氯化銀, chloride, 367
 溴化銀, bromide, 368
 銀硃, Vermilion, 377
 銀鏡反應, 612
 鉻, Chromium, 412

銻, 三氧化二銻, Sesquioxide, 413
 三氧化銻, trioxide, 413
 性質, 412
 重要化學方程式, 573
 醋酸銻, 621
 離子, ion, 412
 銻明礬, Chrome alum, 415
 銻綠, Chrome green, 413
 銻, Rubidium, 531
 銻, 559
 銻, Iridium, 360, 559
 飽和物, Saturated compound, 259
 飽和溶液, Saturated solution, 306

十五畫

彈性樹膠, Caoutchouc, 672
 實驗式, Empirical formula, 113
 由原子價推定, 116
 測定法, 113
 與分子式之關係, 115
 潮解, Deliquescence, 230
 濃度, Concentration, 305
 單位, 305
 熱離解, Dissociation of heat, 71
 糊精, Dextrine, 647
 蔗糖, Cane sugar,
 滕氏藍, Turnbull's blue, 405
 膠, Gelatine, 680
 膠棉, Collodion, 648, 649
 輝鈷礦, Cobaltite, 426
 醇之重要化學方程式, 697
 醇精, Ether, 11, 40
 醇類, Alcohols, 591
 鋁, Aluminium, 456
 冶金, 454
 性質, 456
 重要化學方程式,
 離子, 458
 鋁之化合物, Aluminium compounds
 三氧化二鋁, oxide, 460

鋁之化合物, 三氫氧化鋁, hydroxide,
 硅酸鋁, silicate, 463 [459]
 硫酸鋁, sulphate, 460
 醋酸鋁, acetate, 462, 690
 鋁銅齊, Aluminium gold, 457
 鋁鎂齊, Magnalium, 451, 457
 鋁融接劑, Thermite, 457
 銻, Antimony, 55, 238
 三氧化二銻, trioxide, 238, 240
 三氯化銻, trichloride, 238
 三硫化二銻, trisulphide, 240
 重要化學方程式, 345
 銻化三氫, Stibine, 239
 銻錫齊, Britannia metal, 429
 銻, Mercury, 374
 冶金, 378
 性質, 374
 重要化學方程式,
 銻之化合物, Mercury compounds
 一氧化銻, mercuric oxide, 376
 一硫化銻, mercuric sulphide, 377
 一氯化銻, mercurous chloride, 377
 二氯化銻, mercuric chloride, 55,
 硝酸銻, mercuric nitrate, 379 [377]
 銻齊, Amalgam, 375
 銻齊法, Amalgamation process, 357
 鋅, Zinc, 23, 444
 冶金, 447
 性質, 444
 重要化學方程式, 575
 離子, Ion, 445
 鋅之化合物, Compounds of zinc
 一氧化鋅, oxide, 446
 氯化鋅, chloride, 446
 硫化鋅, sulphide, 446
 硫酸鋅, sulphate, 447
 鋅華, Zinc flower, 447
 鋅被鐵, Galvanized iron, 445
 鋇, Barium, 491
 一氧化鋇, oxide, 491
 二氫氧化鋇, hydroxide, 492

銀, 二氯化銀, Chloride, 493
 亞鉑疇化銀, platinous cyanide, 362
 碳酸銀, carbonate, 493
 硝酸銀, nitrate, 493
 硫酸銀, sulphate, 494
 鋰, Lithium, 531
 養氣, Oxygen, 6, 174
 化學的性質, 7
 用途, 11
 所在, 11
 物理的性質, 7
 重要化學方程式, 342
 製法, 6
 墨晶, Smoky quartz, 276
 鴉片, Opium, 675

十六畫

燃燒, Combustion, 11, 12
 燄, Flame, 270
 內燄, Inner, 272
 外燄, Outer, 272
 生成, 270
 光, 272
 氧化燄. Oxidizing, 272
 構造, 271
 溫度, 273
 還原燄, Reducing, 272
 燄心, Central zone of, 271
 燒石膏, Plaster of Paris, 479
 燒明礬, Burnt alum, 461
 磷, Phosphorus, 223
 用途, 224
 所在, 225
 赤磷, 224
 黃磷, 223
 製法, 225
 磷灰石, Apatite, 225
 磷酐, Phosphoric anhydride, 8, 223,
 [229]
 螢石, Fluor-spar, 162
 融合性, 349

銨, Ammonium, 534
 碳酸銨, carbonate, 537
 氫氧化銨, hydroxide, 66, 535
 氯化銨, chloride, 70, 536
 硝酸銨, nitrate, 538
 硫酸銨, sulphate, 537
 磷酸氫鈉銨, sodiumphosphate, 538
 硫酸錳銨, 424
 鉑氯化銨, platino-chloride, 362
 鉬酸銨, molybdate, 230
 鋼, Steel, 395
 錫, Tin, 428
 二氧化錫, Stannic oxide, 428
 二氯化錫, Stannous chloride, 430
 四氯化錫, Stannic chloride, 430
 冶金, 431
 性質, 428
 重要化學方程式, 574
 離子, 429
 錫石, Cassiterite, 431
 錫汞齊, Tin amalgam, 428
 錳, manganese, 418
 二氧化錳, dioxide, 418
 重要化學方程式
 離子, 418
 薑油, 659
 龍腦, Bornéal, 673

十七畫

澱粉, 646
 燧石, Flint, 277
 營養素, Food stuff, 681
 磷之化合物, Compounds of phosphorus, 223
 三氯化磷, 229
 五氧化二磷, 229
 五氯化磷, Phosphoric chloride, 55,
 磷化三氫, Phosphine, 228 [229]
 磷之重要化學方程式, 345
 臆說, Hypothesis, 134

臆說, 分子, Molecular, 134
 亞佛加特羅氏, Avogadro, 135
 原子說, Atomicism, 134
 膽礬, Blue vitriol, 386
 臨界溫度, Critical temperature, 15
 臨界壓力, Critical pressure, 15
 薄荷腦, Menthol, 673
 還原, Reduction, 27, 380
 還原法, 350
 還原劑, Reducing agent, 27
 醛, Aldehyde, 360
 醛類, 611
 醚之重要方程式, 697
 醚類, Ethers, 607
 錫, Strontium, 489
 一氧化錫, oxide, 490
 二氧氧化錫, hydroxide, 490
 二氯化錫, chloride, 470
 碳酸錫, carbonate, 490
 重要化學方程式
 硝酸錫, nitrate, 490
 硫酸錫, sulphate, 491
 鎂, Magnesium, 451
 一氧化鎂, oxide, 453
 冶金, 454
 性質, 451
 氯化鎂, chloride, 453
 氮化鎂, nitride, 15
 硫酸鎂, sulphate, 454
 離子, 452
 鎂之重要方程式
 錶面皿, Watch glass, 181

十八畫

檸檬香精, Limonene, 671
 擴散, Diffusion, 24
 瀉利鹽, Epsom salt, 454
 膜瓦散, Moissan, 161
 簡單氣體一覽表, 77
 鎘, Cadmium, 448

鎢, Tungsten, 559
 鎘, Caesium, 531
 鎳, Nickel, 423
 冶金, 424
 重要化學方程式
 硫酸鎳, sulphate, 423
 離子, 423
 雜醇油, Fusel oil, 596
 雞那霜, Quinine, 676

十九畫

瀝青, Pitch 585, 653
 爆發劑, Explosive agent, 17
 蠟醛, 611
 蠟, Wax, 633
 醱酵, Fermentation, 594
 離子, Ion, 319, 349
 反應, 325
 平衡, 323
 錯離子, Complex, 356
 離子化, Ionization, 365
 鯨蠟, Spermaceti, 634

二十畫

觸媒, Catalyser, 10
 鐘乳石, Stalactite, 479
 霞石, Aragnite, 477
 麵筋質, Gluten, 680

二十一畫

攝影, 368
 鐳, Radium, 497
 鐳放射氣, Radium emanation, 497
 銻, 559
 鐵, Iron, 395
 用途, 397
 化學性質, 395
 物理性質, 396

鐵, 冶金, 404
 生鐵, Cast, 396
 重要化學方程式, 572
 熟鐵, Wrought, 395, 408
 還原鐵, 407
 離子, 397
 鐵之化合物, Compounds of iron, 395
 一硫化鐵, Ferrous sulphide, 399
 二硫化鐵, Ferric sulphide, 399
 二氯化鐵, Ferrous chloride, 400
 三氧化二鐵, Ferric oxide, 398
 三氧化鐵, 398
 三氯化鐵, Ferric chloride, 400
 四氧化三鐵, 398 [69]
 亞鐵培化鐵, Ferro-cyanide of iron,
 硫酸亞鐵, Ferrous sulphate, 400
 硫酸鐵, Ferric sulphate, 402
 醋酸鐵, 621
 錯鹽, 402
 鐵明礬, Iron alum, 402

二十三畫

纖維素, Cellulose, 648

二十四畫

藍靛, Indigo blue, 667
 釀母, Yeast 594

鹼, Alkali, 67, 284, 327
 通性, 317
 鹼土金屬, Alkaline earth, 494
 重要方程式, 575
 鹼化, Saponification, 634
 鹼定量, 295
 鹼金屬, 531
 重要方程式, 576
 鹼, Alkali, 68
 鹽, Salt, 性質, 285
 加水分解, Hydrolysis, 329
 正鹽, Normal, 287
 單鹽, 356
 種類, 286
 複鹽, Double, 358
 製法, 285
 酸式鹽, Acid, 287
 錯鹽, Complex, 350
 鹽基式鹽, Basic salts, 287
 鹽基, Base, 283
 性質, 283
 種類, 284
 製法, 285
 鹽基度, Basicity, 281
 鹽基性氧化物, Basic oxide, 285

三十一畫

酯, Ester, 632
 酯之重要方程式, 696

譯名對照表

A

Absolute temperature, 絕對溫度, 89
 Absorption, 吸收作用, 250
 Acetone, 丙酮, 614
 Acetylene, 電石氣, 11; 乙炔, 260, 587
 Acetylene chloride, 四氯乙炔, 260
 Acetylene flame, 電石氣焰, 273
 Acid, 酸, 59, 281
 Acetic, 醋酸, 617, 618
 Aluminic, 鋁酸, 458
 Arsenic, 砷酸, 237
 Arsenious, 亞砷酸, 236
 Benzoic, 安息酸, 665
 Boric, 硼酸, 247
 Butyric, 酪酸, 617
 Carbolic, 石炭酸, 660
 Carbonic, 碳酸, 41
 Chloric, 氯酸, 147
 Chloro-platinic, 鉑氯氫酸, 363
 Formic, 蟻酸, 47, 617
 Gallic, 沒食子酸, 663
 Glutamic, 麵筋酸, 680
 Hydrobromic, 溴氫酸, 155
 Hydrochloric, 鹽酸, 59
 Hydrochloroauric, 金氯氫酸, 354
 Hydrochloroplatinic, 鉑氯氫酸, 361
 Hydrofluoric, 氟氫酸, 163
 Lactic, 乳酸, 624
 Metaphosphoric, 二縮原磷酸, 230
 Nitric, 硝酸, 216
 Fuming, 發烟硝酸, 218
 Oleic, 油酸, 617
 Oxalic, 草酸, 47, 617, 626
 Palmitic, 軟脂酸, 617

Acid phosphoric, 磷酸, 230
 Picric, 苦味酸, 221, 661
 Propionic, 丙酸, 617
 Prussic, 青酸, 169
 Pyrogallic, 焦性沒食子酸, 664
 Pyrophosphoric, 三縮二原磷酸, 230
 Salicylic, 水楊酸, 662
 Silicic, 硅酸, 288
 Sulphuric, 硫酸, 23, 163
 Sulphurous, 亞硫酸, 193
 Tannic, 鞣酸, 614
 Tartaric, 酒石酸, 628
 Thiosulphuric, 一硫硫酸, 205
 Acid oxide, 酸性氧化物, 282
 Acid reaction, 酸性反應, 59
 Acid salt, 酸式鹽, 237
 Acidity, 酸度, 284
 Acids, 酸類
 Fatty, 脂肪酸類, 617
 Organic, 有機酸, 617
 Dibasic, 二鹽基酸, 281
 Monobasic, 一鹽基酸, 281
 Tribasic, 三鹽基酸, 281
 Aerate, 瑪璃, 277
 Air, 空氣, 14
 Albumen, 卵白, 679
 Aldehyde, 醛, 360
 Alizarine, 茜素, 656, 659
 Alkali, 鹼, 67
 Alkaline earth, 鹼土金屬, 494
 Alkaline reaction, 鹼性反應, 67
 Alkaloid, 植物鹼類, 679
 Allotrope, 同素異性體, 177
 Alloy, 合金, 349
 Allylene, 丙酮, 589

- Alnm, 明礬, 461
 Aluminium, 鋁, 456
 acetate, 醋酸鋁, 463
 hydroxide, 三氫氧化鋁, 466
 oxide, 三氧化二鋁, 466
 silicate, 矽酸鋁, 466
 sulphate, 硫酸鋁, 466
 Aluminium gold, 鋁銅齊, 457
 Aluminium ion, 鋁離子, 466
 Amalgam, 銻齊, 375
 Amalgamation process, 銻齊法, 357
 Amethyst, 紫晶, 276
 Ammonia, 氨精, 64
 Ammonium compounds, 銨化合物
 carbonate, 碳酸銨, 540
 chloride, 氯化銨, 11, 64, 70, 540
 chloride-platinum, 鉑氯化銨, 363
 hydroxide, 氫氧化銨, 63, 539
 molybdate, 鉬酸銨, 230
 nitrate, 硝酸銨, 540
 sulphate, 硫酸銨, 540
 Ammonium ion, 銨離子, 539
 Ammonium salt, 銨鹽, 15
 Amorphous carbon, 無定形碳, 249
 Amyl alcohol, 戊醇, 591
 Anhydride, 酐, 282
 Aniline, 靛油, 659
 Animal coal, 獸炭, 250
 Anion, 陰離子, 320
 Anode, 陽極, 331
 Anthracene, 綠油精, 656
 Anthracene oil, 綠油, 653
 Antimony, 銻, 55, 238
 oxide, 三氧化二銻, 238
 trichloride, 三氯化銻, 238
 Antipyrine, 安知必林, 663
 Antiseptic, 防腐劑, 681
 Apatite, 磷灰石, 225
 Aqua ammonia, 氨精水, 66
 Aragonate, 霏石, 477
 Argon, 氬, 16
 Aromatic compounds, 芳香族化合物,
 Arsenic, 砷, 233 [579]
 disulphide, 二硫化二砷, 237
 trisulphide, 三硫化二砷, 237
 Arsenic mirror, 砷鏡, 234
 Arsine, 砷化三氫, 237 [275]
 Arsenious anhydride, 亞砷酐, 237,
 Arsenopyrite, 毒砂, 233
 Artificial silk, 人造絲, 650
 Asbestos, 石棉, 71
 Aspyrine, 亞斯必林, 667
 Atom, 原子, 140
 Atomic weight, 原子量, 100
 Atomism, 原子說, 134
 Atropine, 莨菪鹼, 676
 Auri-cyanion, 金睛離子, 358
 Auric chloride, 氯化第二金, 358
 Auric ion, 金離子, 358
 Aurous chloride, 氯化第一金, 358
 Avogadro, 亞佛加特羅, 135

B
 Bacteria, 細菌, 257
 Balard, 柏拉德, 152
 Barite, 重晶石, 491
 Barium, 鋇, 489
 carbonate, 碳酸鋇, 496
 chloride, 二氯化鋇, 496
 hydroxide, 三氫氧化鋇, 496
 nitrate, 硝酸鋇, 496
 oxide, 一氧化鋇, 496 [496]
 platinous cyanide, 亞鉑睛化鋇, 362
 sulphate, 硫酸鋇, 496
 Barium ion, 鋇離子, 495
 Baryta water, 重土水, 492
 Bases, 鹽基類
 Diacid, 二酸鹽基, 284
 Monoacid, 一酸鹽基, 284
 Basic oxide, 鹽基性氧化物, 285
 Basic salt, 鹽基式鹽, 287

- Basicity, 鹼基度, 281
 Basilius Valentinus, 伐倫泰訥, 238
 Beaker, 燒杯, 24
 Benzaldehyde, 燐甲醛, 661
 Benzene, 燐, 653
 Benzene derivative, 燐質誘導體, 580
 Bergamot, 香檸檬, 671
 Berzelius, 柏稷利烏氏, 106
 Biscuit, 素燒, 464
 Bismark brown, 俾士麥褐, 659
 Bismuth, 鉍, 441
 subnitrate, 次硝酸鉍, 442
 Blast furnace, 熔礦爐, 405
 Bleaching powder, 漂白粉, 476
 Blue litmus, 青色石蕊色質, 58
 Blue verditer, 銅綠, 383
 Blue vitriol, 膽礬, 386
 Body, 物體, 1
 Borax, 硼砂, 245
 Borax bead, 硼砂珠, 246
 Borneol, 龍腦, 673
 Boron, 硼, 243
 Boyle, 波義耳, 87
 Brand, 布藍德, 223
 Britannia metal, 錫錫齊, 429
 Bromide, 溴化物, 155
 Bromine, 溴, 152
 Bromine water, 溴水, 154
 Bunsen burner, 本生燈, 268
 Burette, 滴管, 297
 Butane, 四碳烷, 582
 Butyl alcohol, 丁醇, 591
 Butylene, 丁烯, 587
 By the down displacement of air,
 向下置換法, 39
 By the upward displacement, 向上
 置換法, 7
- C**
- Cadmium, 鎘, 449
 Caesium, 鐳, 108
 Calcite, 方解石, 477
 Calcium, 鈣, 471
 acetate, 醋酸鈣, 484
 carbide, 二碳化鈣, 15, 483
 carbonate, 碳酸鈣, 39, 42, 484
 chloride, 氯化鈣, 483
 cyanamide, 腈精化鈣, 210, 475
 fluoride, 氟化鈣, 483
 hydroxide, 氫氧化鈣, 42, 483
 nitrate, 硝酸鈣, 211, 483
 oxide, 氧化鈣, 64, 483
 phosphate, 磷酸鈣, 225, 251, 404
 silicate, 硅酸鈣, 484
 sulphate, 硫酸鈣, 484
 Calcium ion, 鈣離子, 483
 Calomel, 甘汞, 377
 Camphors, 樟腦類, 672
 Camphene, 樟腦香精, 671
 Caoutchouc, 彈性樹膠, 672
 Carat, 開, 352
 Casien, 乾酪素, 679
 Carbon, 碳, 249
 dioxide, 二氧化碳, 39
 disulphide, 二硫化碳, 157, 180, 262
 monoxide, 一氧化碳, 47
 Carbonic acid gas, 炭酸氣, 39
 Carbonic anhydride, 炭酐, 8
 Carbonization, 碳化, 249
 Carborundum, 金剛砂, 278
 Carboxyl, 脂酸基, 612
 Carnallite, 白鹵鹽 砂金石, 454, 519
 Cassiterite, 錫石, 431
 Catalyser, 觸媒, 10
 Catalysis, 接觸作用, 10
 Cathode, 陰極, 332
 Cation, 陽離子, 320
 Cavendish, 卡芬狄士, 34
 Celestite, 天青石, 489
 Cement, 水泥, 474
 Central zone of flame, 焰心, 271
 Cerium, 鈾, 108

- Cetyl alcohol, 十六碳醇, 591 [634
 Cetyl palmitate, 軟脂酸十六烷基鹽,
 Chalcopyrite, 黃銅礦, 385
 Charcoal, 木炭, 250
 Charles, 查理氏, 88
 Chemical change, 化學的變化, 2
 Chemical equation, 化學方程式, 120
 Chemical equilibrium, 化學平衡, 71
 Chemical formula, 化學式, 116
 Chemical property, 化學的性質, 3
 Chloride, 氯化物, 56
 Chlorine, 綠氣, 53
 Chlorine water, 氯水, 54
 Chloro-platinic ion, 鉑氯離子, 363
 Chromate ion, 鉻酸離子, 416
 Chrome alum, 鉻明礬, 416
 Chrome green, 鉻綠, 413
 Chrome ion, 鉻離子, 412
 Chromium, 鉻, 412
 sesquioxide, 三氧化二鉻, 416
 trioxide, 三氧化鉻, 416
 Clay, 陶土, 464
 Clay retort, 陶土製曲頸甌, 269
 Coal, 碳, 251
 Coal gas, 煤氣, 70, 266
 Coal tar, 煤焦油, 270, 653
 Cocaine, 古柯鹼, 675
 Cobalt, 鈷, 423
 Cobalt ion, 鈷離子, 426
 Cobaltic chloride, 二氯化鈷, 426
 Cobaltite, 輝鈷礦, 426
 Coke, 焦煤, 251
 Columbium, 鈹, 109
 Combination, 化合, 9
 Combustion, 燃燒, 11
 Compound, 化合物, 9
 Concentration, 濃度, 395
 Condenser, 冷卻器, 270
 Conservation of mass, 質量不變, 83
 Constituent, 成分, 9
 Constitutional formula, 構造式, 139
 Converter, 迴轉爐, 405
 Copper, 銅, 381
 Copper basic carbonate, 鹽基性碳酸
 銅, 390
 chloride, 氯化銅, 55
 oxide, 氧化銅, 36
 sulphide, 硫化銅, 184
 Corrosive sublimate, 昇汞, 289
 Corundum, 剛玉, 463
 Coulomb, 庫, 321
 Courtois, 庫而他氏, 157
 Critical pressure, 臨界壓力, 15
 Critical temperature, 臨界溫度, 15
 Crotonylene, 丁炔, 587
 Crucible, 坩堝, 181
 Crude petroleum, 原油, 584, 654
 Crystal, 結晶, 32
 Crystallization, 結晶法, 32
 Cyanogen, 腈, 168
 Cryolite, 冰晶石, 162
 Cupric compounds, 銅化合物
 arsenite, 亞砷酸銅, 237
 chloride, 二氯化銅, 390
 nitrate, 硝酸銅, 390
 oxide, 一氧化銅, 390
 sulphate, 硫酸銅, 390
 Cupric ion, 銅離子, 389
 Cuprite, 赤銅礦, 385
 Cuprous compounds, 亞銅化合物
 chloride, 一氯化銅, 390
 oxide, 一氧化二銅, 389
 sulphide, 一硫化二銅, 390
 Cuprous cyanion, 銅壻離子, 389
 Curie, 居利, 497
 Cyanide process, 腈化法, 357
- D**
- Davy, 德斐, 243
 Decane, 十碳烷, 582
 Decomposition, 分解, 9
 double, 複分解, 10

Definite proportion, 定比律, 84
 Deliquescence, 潮解, 230
 Demethyl ketone, 丙酮, 614
 Depression of freezing point, 冰點
 下降, 3'2
 Diamond, 金剛石, 249
 Diastase, 化糖素, 593, 麥芽酵素, 647
 Dicytyl, 三十二碳烷, 582
 Dichromate ion, 一縮二鉻酸離子, 416
 Diffusion, 擴散, 24
 Dilution, 稀釋度, 306
 Dissociation of heat, 熱離解, 71
 Dissolution, 熔解, 3'5
 Distillation, 蒸餾, 31
 Distilled water, 蒸餾水, 31
 Divalent element, 二價元素, 101
 Dodecane, 十二碳烷, 582
 D cosane, 二十二碳烷, 582
 Dyestuff, 染料, 380
 Dysprosium, 鐳, 108

E

Earthen ware, 土器, 464
 Ebonite, 硬膠, 672
 Efflorescence, 風化, 454
 Ei-cosane, 二十碳烷, 582
 Eicosylidene, 二十碳烷, 587
 Electric charge, 電荷, 354
 Electric energy, 電能, 333
 Electrolysis, 電解, 331
 Electrolyte, 電解質, 319
 Electrolytic dissociation, 電離, 319
 Electron, 電子, 497
 Electrotyping, 電鑄術, 387
 Element, 元素, 74
 Elevation of boiling point, 沸點上
 昇, 312
 Emanation, 放射氣, 16
 Empirical formula, 實驗式, 113
 Energy, 能, 253

Epsom salt, 瀉利鹽, 454
 Equivalent, 當量, 102, 297
 Erbium, 釷, 108
 Ethane, 二碳烷, 582
 Ether, 醚, 595
 Ethyl alcohol, 乙醇, 591
 Ethyl borate, 硼酸乙烷, 244
 Ethyl ether, 二乙醚, 595, 607
 Ethyl radical, 乙烷基, 583
 Ethylene, 烯, 113, 258, 587
 chloride, 二氯乙烯, 259
 Endimeter, 測氣管, 19
 Explosive agent, 爆發劑, 17

F

Faraday, 法拉第, 335
 Faraday's law, 法拉第之定律, 335
 Fatty compounds, 脂肪族化合物, 579
 Fayence, 陶器, 464
 Ferric compounds, 鐵化合物
 chloride, 三氯化鐵, 498
 oxide, 三氧化二鐵, 9, 498
 sulphate, 硫酸鐵, 499
 Ferric cyan ion, 睛鐵離子, 408
 Ferric ion, 鐵離子, 407 [169
 Ferro-cyanide of iron, 亞鐵睛化鐵,
 Ferrous compounds, 亞鐵化合物
 carbonate, 碳酸亞鐵, 408
 chloride, 二氯化鐵, 498
 sulphate, 硫酸亞鐵, 408
 sulphide, 一硫化鐵, 184, 493
 Ferrous cyan ion, 亞鐵睛離子, 407
 Ferrous ion, 亞鐵離子, 407
 Filter paper, 濾紙, 30
 Filtrate, 濾液, 30
 Filtration, 過濾, 30
 Flame, 燄, 270
 Flint, 燧石, 277
 Fluor spar, 螢石, 162
 Fluorine, 氟, 161

Food stuff, 681
Formic aldehyde, 甲醛, 592
Freezing mixture, 寒劑, 32
Funnel, 漏斗, 30

G

Gadolinium, 釷, 108
Galena, 方鉛礦, 438
Gallium, 鉍, 108
Galvanized iron, 鍍被鐵, 445
Gas, 氣體, 2
Gas carbon, 煤氣炭, 251
Gas holder, 貯蓄器, 7
Gas tank, 氣體儲蓄器, 270
Gaseous reaction, 氣體反應, 84
Gasoline, 氣油, 585
Gay-Lussac, 給呂薩克, 35
Gehlem, 克蘭, 234
Gelatine, 膠, 630
Glaze, 釉藥, 464
Glover's tower, 格拉味氏塔, 200
Gluber, 格勞伯, 59
Gluber's salt, 芒硝, 510
Glucinum, 銻, 107
Gluten, 麵筋質, 680
Gold, 金, 352
Graham, 格累謨, 86
Gram equivalent weight, 克當量, 102
Graphite, 石墨, 249
Green vitriol, 綠礬, 401
Gutta percha, 馬來樹膠, 387
Gypsum, 石膏, 479 [97
Gram molecular weight, 克分子量.

H

Hæmoglobin, 血赤質, 48
Halogen, 造鹽素, 165
Heavy oil, 重油, 653
Helium, 氦, 16 497
Helmond, 赫爾夢特, 39

Hemalite, 赤鐵礦, 398
Heneicosane, 二十一碳烷, 582
Henry, 亨利, 87
Hentriacontane, 三十一碳烷, 582
Heptane, 七碳烷, 582
Heptacosane, 二十五碳烷, 582
Heptadecane, 十七碳烷, 582
Hexacontane, 六十碳烷, 582
Hexa-decane, 十六碳烷, 582
Hexane, 六碳烷, 582
Holmium, 鈹, 108
Hydraulic main, 水平管, 270
Hydrogen, 輕氣, 11, 23
 arsenide, 砷化三氫, 234
 bromide, 溴化氫, 154
 chloride, 氯化氫, 53, 57
 cyanide, 腈化氫, 169
 fluoride, 氟化氫, 163
 iodide, 碘化氫, 159
 peroxide, 二氧化二氫, 177
 sulphide, 硫化二氫, 188
Hydrolysis, 加水分解, 286
Hydroquinone, 醣二基, 664

I

Ignition point, 着火點, 10
Indicator, 指示劑, 297
Indigo white, 白靛, 668
Induction coil, 誘導圈, 175
Iridium, 銱, 108
Inner flame, 內焰, 272 [578
Inorganic compounds, 無機化合物,
Inversion, 轉化, 642
Invert sugar, 轉化糖, 642
Iodine, 碘, 157
Iodoform, 三碘甲烷, 158
Iodotincture, 碘酒, 157
Ion, 離子, 319
 complex, 錯離子, 356
Ionization, 離子化, 365

Iridium, 銻, 108, 363
 Iron, 鐵, 395
 Cast, 鑄鐵, 395
 Gray cast, 灰生鐵, 396
 Reduced, 還原鐵, 407
 White cast, 白生鐵, 396
 Wrought, 熟鐵, 395
 Iron alum, 鐵明礬, 402
 Iron pyrite, 黃鐵礦, 408
 Isomer, 異性同分體, 478, 610
 Isomorphism, 異性同形體, 462

K

Kainite, 鉀瀉利鹽, 454, 519
 Kaoline, 陶土, 463
 Kieselguhar, 硅藻土, 277
 Krypton, 氬, 16
 Kunkel, 康克兒, 67

L

Lampblack, 油煙, 250
 Lanthanum, 銻, 108
 Lavoisier, 拉瓦節, 14
 Law of constancy of mass, 質量不變
 之定律, 80 [79]
 of constant proportion, 定比定律,
 of diffusion, 擴散定律, 86
 of gaseous reaction, 氣體反應之定
 律, 82
 of multiple proportion, 倍比定
 律, 83
 Lead, 鉛, 432
 acetate, 醋酸鉛, 440
 basic carbonate, 鹼基性碳酸鉛, 440
 chloride, 二氯化鉛, 439
 chromate, 鉻酸鉛, 414, 440
 monoxide, 一氧化鉛, 439
 nitrate, 硝酸鉛, 189, 439
 sulphide, 439

Lead sulphate, 硫酸鉛, 439
 tetroxide, 四氧化三鉛, 439
 Lead glass, 鉛玻璃, 482
 Lead ion, 鉛離子, 439
 Le-Blanc, 路布蘭氏, 507
 Legumen, 豆素, 630
 Lens, 透鏡, 68
 Lemonade, 檸檬酸水, 630
 Light oil, 輕油, 653
 Liquid, 液體, 2
 Liter, 升, 7
 Litharge, 密陀僧, 434
 Lime water, 石灰水, 474
 Limonene, 檸檬香精, 671
 Litmus, 石蕊色質, 280
 Luticium, 鎳, 108

M

Mache, 馬拆氏, 497
 Magenta, 品紅, 659
 Magnalium, 鎂鋁齊, 451, 457
 Magnerite, 磁鐵礦, 408
 Magnesite, 菱鎂礦, 453
 Magnesium, 鎂, 3, 451
 carbonate, 碳酸鎂, 455
 chloride, 氯化鎂, 455
 nitride, 氮化鎂, 15
 oxide, 氧化鎂, 455
 sulphate, 硫酸鎂, 455
 Magnesium ion, 鎂離子, 455
 Malachite blue, 孔雀藍, 659
 Maltose, 麥芽糖, 613
 Manganese, 錳, 417
 dioxide, 二氧化錳, 6, 421
 Manganese ion, 錳離子, 421
 Murriotte, 馬略特, 87
 Marsh, 馬許, 235
 Melene, 三十碳烯, 587
 Methyl alcohol, 三十碳醇, 591 [634]
 Methyl palmitate, 軟脂酸三十烷基酯,

Mendeleeff, 門得雷業夫, 564
 Menthol, 薄荷腦, 673
 Mercuric compounds, 銻化合物
 chloride, 二氯化銻, 379
 nitrate, 硝酸銻, 379
 oxide, 氧化銻, 379
 sulphide, 一硫化銻, 379
 Mercuric ion, 銻離子, 379
 Mercurous compounds, 亞銻化合物
 chloride, 一氯化銻, 379
 Mercurous ion, 亞銻離子, 379
 Mercury, 水銀, 374
 Metal, 金屬
 Heavy, 重金屬, 285
 Light, 輕金屬, 285
 Metallurgy, 冶金, 350
 Methane, 甲烷, 257; 一碳烷, 585
 Methyl alcohol, 甲醇, 591
 Methyl ether, 二甲醚, 607
 Methyl orange, 甲烷橙, 297
 Methyl radical, 甲烷基, 583
 Methyl violet, 甲烷紫, 659
 Microcosmic salt, 磷酸氫鈉鈷, 540
 Middle oil, 中油, 653
 Milk of lime, 石灰乳, 474
 Minium, 鉛丹, 435
 Moissan, 莫瓦散, 161
 Mole, 克分之量, 97
 Molecular depression, 分子下降, 313
 Molecular elevation, 分子上昇, 313
 Molecular formula, 分子式, 111
 Molecular hypothesis, 分子說, 134
 Molecular weight, 分子量, 96
 Molecule, 分子, 140
 Molybdenum, 鉬, 108
 Monovalent element, 一價元素, 107
 Mordant, 媒染劑, 459
 Morphine, 嗎啡, 675
 Mortar, 三合土, 474
 Multiple Proportion, 倍數比例, 84

N

Naphthalene, 焦油腦, 205, 655
 Nascent state, 發生機, 55
 Natrium, 鈉, 500
 Natrium ion, 鈉離子, 513
 Negative plate, 陰片, 369
 Neodymium, 釔, 109
 Neon, 氖, 16
 Nessler's solution, 涅斯拉液, 269
 Neutralization, 中和, 63
 Nickel, 鎳, 423
 sulphate, 硫酸鎳, 426
 Nickel ion, 鎳離子, 426
 Nicotine, 菸鹼, 677
 Niton, 釷, 16, 497
 Nitrate, 硝酸鹽, 15
 Nitric oxide, 一氧化氮, 15, 112
 Nitrobenzene, 硝基苯, 221, 658
 Nitrogen, 淡氣, 14
 dioxide, 二氧化二氮, 215
 peroxide, 二氧化氮, 212
 Nitrolycaine, 硝化甘油, 205
 Nitrolime, 氮石灰, 210
 Nitrous oxide, 一氧化二氮, 214
 Nona-decane, 十九碳烷, 582
 Nonane, 九碳烷, 582
 Normal solution, 規定溶液, 294

O

Octadecane, 十八碳烷, 582
 Octane, 八碳烷, 582
 Oils, 油類, 635
 Drying, 乾性, 635
 Heavy, 重油, 633
 Light, 輕油, 633
 Nondrying, 不乾性, 635
 Opale, 蛋白石, 277
 Opium, 鴉片, 675
 Organic compounds, 有機化合物, 578

- Orthoclase, 長石, 464
 Osmium, 銻, 109
 Outer flame, 外焰, 272
 Oxidation, 氧化, 9
 Oxide, 氧化物, 9
 Oxidizing flame, 氧化焰, 272
 Oxyhydrogen blow pipe, 氫氧吹管, 26
 Oxyhydrogen flame, 氫氧焰, 26
 Oxygen, 氧氣, 6
 Ozone, 臭氧, 175
- P**
- Palladium, 鈀, 109
 Paracelsus, 巴拉塞爾士, 23
 Paraffin, 石蠟, 164, 271
 Penta decane, 十五碳烷, 582
 Pentane, 五碳烷, 582
 Pentatriacontane, 三十五碳烷, 582
 Phenolphthalein, 酚酞試藥, 297
 Phenols, 酚類, 660
 Phenyl, 苯基, 659
 Phosphoric chloride, 五氯化磷, 55
 Phosphine, 磷化三氫, 228
 Phosphoric anhydride, 磷酐, 8, 229
 Phosphorous, 磷, 223
 pentachloride, 五氯化磷, 229
 trichloride, 三氯化磷, 229
 Physical property, 物理的性質, 3
 Pictet, 批克推, 7
 Pigment, 顏料, 380
 Pinene, 松香精, 671
 Pink salt, 粉紅鹽, 430
 Pipette, 移液管, 296
 Pitch, 瀝青, 653
 Pitchblende, 瀝青礦, 497
 Plaster of Paris, 燒石膏, 479
 Platinum, 鉑, 359
 Porcelain, 瓷器, 464
 Porous cell, 多孔質圓筒, 24
 Potash glass, 鉀玻璃, 482
 Potassium, 鉀, 518
 argentic cyanide, 鉀化鉀, 369
 auri-cyanide, 金鉀化鉀, 355
 bromide, 溴化鉀, 529
 carbonate, 碳酸鉀, 42, 530
 chlorate, 氯酸鉀, 530, 6
 chloride, 氯化鉀, 529, 6
 chromate, 鉻酸鉀, 416, 530
 cyanide, 鉀化鉀, 530
 dichromate, 一縮二鉻酸鉀, 416, 530
 ferricyanide, 鐵鉀化鉀, 403, 409
 ferrocyanide, 亞鐵鉀化鉀, 530, 409
 hydroxide, 氫氧化鉀, 529
 iodide, 碘化鉀, 158, 530
 nitrate, 硝酸鉀, 530
 oxide, 二氧化鉀, 529
 permanganate, 高錳酸鉀, 421
 platino-chloride, 鉑氯化鉀, 363
 silver cyanide, 銀鉀化鉀, 371
 sulphate, 硫酸鉀, 530
 thio-cyanide, 一硫氰酸鉀, 530
 Potassium ion, 鉀離子, 529
 Praseodymium, 鐳, 109
 Precipitation, 沉澱, 42
 Priestley, 普里斯特利, 6
 Propane, 三碳烷, 582
 Propyl alcohol, 丙醇, 591
 Propylene, 丙烯, 587
 Proteid, 蛋白質, 679
 Ptomaine, 屍毒質, 680
 Pump, 唧筒, 270
 Purifiers, 清添器, 270
 Putrefaction, 腐敗, 680
 Pyrolusite, 軟錳礦, 418
- Q**
- Quartz, 水晶, 276
 Quick lime, 生石灰, 473
 Quick vinegar process, 速醋法, 618
 Quinine, 雞那霜, 676

R	
Radical, 根, 169	Silver, 銀, 365
Radium, 鐳, 489	bromide, 溴化銀, 371
Radium emanation, 鐳放射氣, 497	chloride, 氯化銀, 371
Ramsay, 拉姆則, 16	nitrate, 硝酸銀, 367, 371
Ractional formula, 示性式, 171	sulphide, 硫化二銀, 183
Reaction, 反應, 10	Silver ion, 銀離子, 371
Reagent, 試藥, 10	Slaked lime, 消石灰, 56, 473
Reducing agent, 還原劑, 27	Smaltite, 砷鉛礦, 426
Reduction, 還原, 27	Smoky quartz, 墨晶
Reduction flame, 還原焰, 272	Soda, 曹達, 500
Reverberatory furnace, 反射爐, 388	Sodium, 鈉, 34
Reversible reaction, 可逆反應, 71	aluminate, 鋁酸鈉, 459
Rhodium, 銻, 109	amalgam, 鈉汞齊, 501
Rheumatism, 風濕病, 663	bicarbonate, 碳酸氫鈉, 40, 514
Robert Bunsen, 本生, 268	borate, 硼酸鈉, 515
Roll, 軋機, 348	chloride, 氯化鈉, 514
Ruthenium, 鈳, 109	hydrochloroaurate, 金氯化鈉, 358
S	
Saccharine, 甘味精, 662	hydroxide, 氫氧化鈉, 514
Safty lamp, 安全燈, 271	nitrate, 硝酸鈉, 514
Salipyrine, 撒里必林, 663	nitrite, 亞硝酸鈉, 14
Salts, 鹽類, 68	peroxide, 二氧化二鈉, 513
Complex, 錯鹽, 356	Phosphate, 磷酸氫二鈉, 514
Double, 複鹽, 359	salicylate, 水楊酸鈉, 663
Neutral, 中性鹽, 237	silicate, 矽酸鈉, 279, 515
Normal, 正鹽, 237	sulphate, 硫酸鈉, 58, 514
Salt peter, 硝石, 527	sulphide, 硫化二鈉, 513
Samarium, 鐳, 109	sulphite, 亞硫酸鈉, 514
Saturated compounds, 飽和化合物,	thiosulphate, 一硫硫酸鈉, 514
Scandium, 鐳, 109	Solid, 固體, 2
Scheele, 社勒, 53	Solubility, 溶解度, 307
Scrubber, 洗滌塔, 270	Solute, 溶質, 365
Selenium, 硒, 109	Solution, 溶液, 305
Silicic anhydride, 矽酐, 278	Saturated, 飽和溶液, 307
Silicon, 硅, 275	Supersaturated, 過飽和溶液, 307
fluoride, 四氯化硅, 163	Unsaturated, 不飽和, 207
dioxide, 二氧化硅, 276	Stannic compounds, 錫化合物
	chloride, 四氯化錫, 431
	oxide, 二氧化錫, 421
	Stannic ion, 錫離子, 431
	Stannous chloride, 二氧化錫, 431
	Stannous ion, 亞錫離子, 431

- Steel, 鋼, 395
 Solvay, 索爾未, 506
 Stalactite, 鐘乳石, 479
 Stalagmite, 石筍, 479
 Stibine, 錒化三氫, 241
 Stibnite, 輝錒礦, 241
 Strontium, 鋇, 489
 carbonate, 碳酸鋇, 496
 chloride, 二氯化鋇, 496
 hydroxide, 二氫氧化鋇, 496
 nitrate, 硝酸鋇, 496
 oxide, 一氧化鋇, 496
 sulphate, 硫酸鋇, 496
 Strontium ion, 鋇離子, 495
 Strychnine, 番木鱈鹼, 677
 Sulphur, 硫黃, 3
 Flowers of, 硫黃華, 186
 Octahedral, 八面硫, 181
 Plastic, 彈性硫, 182
 Prismatic, 針狀硫, 181
 Sublimation, 昇華, 70
 Substance, 物質, 1
 Substitution product, 置換體, 583
 Sulphur dioxide, 二氧化硫, 193
 Sulphuric anhydride, 硫酐, 206
 Sulphurous anhydride, 亞硫酐, 8, 184
 Sylvite, 鉀石鹽, 519
 Symbol of element, 元素符號, 116
 Syrup simple, 糖漿, 642
- T**
- Tantalum, 鈹, 109
 Tar, 焦油, 268
 Tartar, 酒石, 240
 Tartar emetic, 吐酒石, 240
 Tellurium, 碲, 109
 Teracosane, 二十四碳烷, 582
 Tera decane, 十四碳烷, 582
 Terbium, 鐿, 109
 Terpenes, 香精類, 671
- Thallium, 鉍, 110
 Theophrast, 提奧夫拉斯特, 374
 Theine, 茶素, 677
 Thermite, 鋁融接劑, 457
 Thorium, 釷, 109
 Thulium, 鐿, 110
 Tin, 錫, 428
 Tin amalgam, 錫銻齊, 248
 Titanium, 鈦, 110
 Titration, 滴定法, 296
 Toluene, 甲烴, 662
 Tricosane, 二十三碳烷, 582
 Tridecane, 十三碳烷, 582
 Turnbull's blue, 滕氏藍, 403
 Tuscany, 多斯加納, 245
 Turpentine oil, 松節油, 671
- U**
- Ultramarine, 羣青, 464
 Undecane, 十一碳烷, 582
 Unsaturated compounds, 不飽和化合物, 259
 Unsaturated hydrocarbons, 不飽和碳化氫, 587
 Uranium, 鈾, 110
 Urea, 尿素, 538
- V**
- Valcanized caoutchouc, 含硫膠, 672
 Vanadium, 鈮, 110
 Vaseline, 礦油脂, 585
 Vermillion, 銀硃, 377
- W**
- Washing process, 淘汰法, 356
 Watch glass, 錶面皿, 181
 Water, 水, 29
 Hard, 硬水, 480
 of crystallization, 結晶水, 307
 Soft, 軟水, 480
 Water glass, 水玻璃, 277
 White vitriol, 皓礬, 447

Witherite, 毒重石, 491
 Wöhler, 味勒, 538
 Wood, 武德, 432
 Wood's fusible metal, 武德合金, 442

X

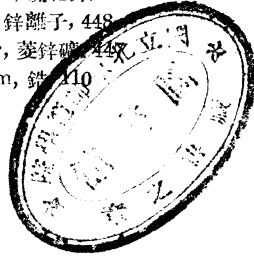
Xenon, 氙, 16

Y

Ytterbium, 鐳, 110
 Yttrium, 鈦, 110

Z

Zinc, 鋅, 23, 444
 chloride, 氯化鋅, 449
 flower, 鋅華, 446
 oxide, 一氧化鋅, 449
 sulphate, 硫酸鋅, 449
 sulphide, 硫化鋅, 449
 Zinc ion, 鋅離子, 448
 Zinc spar, 菱鋅礦, 447
 Zirconium, 鈳, 110



中華民國二十九年七月
初版
中華民國二十四年五月
第三版

(52794)

化學精義一册

每册定價大洋肆元

加郵酌加運費匯費

原著者 高田德佐

譯述者 張資模

校訂者 鄭貞文

發行兼印者 上海河南路商務印書館

發行所 上海及各埠商務印書館

版權所有
翻印必究

