

化 學 概 論

AN ELEMENTARY STUDY
OF CHEMISTRY

麥 費 孫 罕 迭 生 著

WILLIAM MCPHERSON

AND

WILLIAM EDWARDS HENDERSON

傅 式 說 胡 榮 銓 譯

鄭 貞 文 鄭 尊 法 校

民國二十一年一月二十九日
 敝公司突遭國難總務處印刷
 所編譯所書棧房均被炸燬附
 設之涵芬樓東方圖書館尙公
 小學亦遭殃及盡付焚如三十
 五載之經營墮於一旦迭蒙
 各界慰問督望速圖恢復詞意
 懇摯銜感何窮 敝館雖處境艱
 困不敢不勉爲其難因將需要
 較切各書先行覆印其他各書
 亦將次第出版惟是圖版裝製
 不能盡如原式事勢所限想荷
 鑒原謹布下忱統祈 垂督

上海商務印書館謹啓

版 權 所 有 翻 印 必 究

中華民國十五年一月初版
 民國二十一年國難後第一版
 六月印行
 民國二十一年國難後第六版
 十二月印行

(一七一)

化 學 概 論

An Elementary Study of Chemistry

每册定價大洋貳元伍角

(外埠酌加運費匯費)

原 著 者 McPherson & Henderson

翻 譯 者 傅式說 胡榮銓

校 訂 者 鄭貞文 鄭尊法

發 行 者 兼 上海商務印書館

發 行 所 上海商務印書館

凡 例

1. 本書原係美國麥費生及安迭生二教授所著，風行甚久，我國前亦有譯本，以作中學教科書，頗為社會所歡迎。現原本應時代之需要，大加訂正，故取其最近之訂正本，譯為是書，以餉學者。

2. 本書內容豐富，材料新穎，而程度亦深淺得宜。其中對於日用有機化學，特別加詳；欲使學者得知日用品之構造，領悟製法之大要，及其對於人生之關係。

3. 舊日中等無機化學教科書，常於篇末附加有機化學數頁，割裂破碎，毫無統系。本書將有機化學，混合於碳之化合物中，既免偏枯碎裂之病，且收連貫應用之果，誠中等教科書之最良編製法也。

4. 本譯純用淺近文言，以期明晰無失原書之意。至標點符號，全採新式，以便教學。

5. 本譯專門術語及名詞，悉取最近所通用之擬定學名，然後並附註原文於書末，以便學者參考。

6. 本譯可作高級中學教科書之用。若時間不敷，

可擇要教授,故用兩號字排印,以便去取.

7. 本譯多承友人鄭尊法君襄校並此誌謝.

中華民國十三年五月譯者識

再 版 原 序

晚近十年，化學孟晉，本書訂正，勢不容緩。著者對於主要論題悉加訂正外，並於原有之綱目，稍更易其次序。如碳及二氧化碳，則提前講述；於中和作用一章之先，則略述金屬（鈉）與鹽基（氫氧化鈉），非金屬（氯）與酸（鹽酸）；論碳之化合物處，則稍增其篇幅，又章次提前，俾得其宜。

抑著者之所以更易碳化合物之次者，觀乎習化學者，大半學習一年，即不繼續從事於此道，而既治之一年，倘於最主要之有機化合物茫然無知，揆之於理容有未合。蓋此等有機化合物之於日常生活關係密切，迥非大多數之無機化合物所可倫比也。

書中其他變更，純係近十年來化學進步所致。

訂正此書，辱荷馬哈飛^①君及楊^②君鼎助，著者深致謝意。

著者識

俄亥俄，哥倫布，俄亥俄州大學。

① Mr. E. L. Mahaffey ② Mr. J. H. Young

訂 正 版 原 序

著者貢獻此書於初等化學之教師，非敢自詡有所創。著者之目的，在乎編一最適合於初等化學範圍之本，並力求綱領明爽，文筆簡易，見解新穎而穩健，全書可充教材。

夫初等化學教科書應有若何之內容，蓋為一最困難之問題，而為編書者所應解答者也。彼熱心之化學專極易軼出初學者之程度，然著者以有多年之經驗，自其趨向有異乎是者。許多教科書中對於化學作用之本定律，概置而不述，以其完全之敘述，非初學者所能解也。然此等定律之要點大概可以述之，俾為理解化之厚助。例如以極簡單之法引申質量作用之定律，固難事；然初學者對於反應為逆的以及左右平衡點基於簡單之條件，則當易於理解也。著者敢信此等原理，述其概要或一部分，亦有價值，因其大可助益一般學，且因其為進求高等化學者造一鞏固之基礎也。

著者對於所用電離學說之範圍，者須費辭以求世

人之同意。蓋凡迅速進步之科學，對於其中某種學說之價值如何，人各殊其所見，此不能免者也。然本書所述電離學說之綱要，當與當代大多數化學家之見解相符，此可斷言者。更有進者，此種綱領而至於著者所定之範圍，實足使化學原理之發達上所伴之困難，有減無增也。

本書採用氧為原子量之標準。此制已經萬國原子量審查會採用於其年報，而舊制之以氫為標準者，今已無權威矣。倘謂採用氧為標準，足使原子量之計算方法難以解明，則著者未敢信也。

各章所附問題之選擇方針，不僅欲使學者熟諳書中所陳述之原理，且欲使其能答解實驗中所發生之問題。故此等問題皆含多少實用之性質。各問題集除少數外均不甚長，然不必全演之。問題之答案概不直載於書中，然可從題意推求之。故須學者自行思索之。

書中僅載學者不能易舉之實驗，惟有極少數則不在此例。此等實驗希望教師於講台上行之。學生用之實驗教程則另刊有單行本。

著者深信初等化學教科書之最重要職務，為闡發化學之原理，然討論此等原理之應用於日常生活，亦至要也。故本書於此方面記述頗多。教者務宜率領級生參觀各種應用化學之工廠以增補其應用方面之研究。

此版現雖初貢於初等化學教師之前，然前三年中已經許多教師採用矣。現版以批評者所餽之光明，乃大修改，著者茲向協助修改之許多教師，謹深致謝，而本實驗室中經驗宏富之教師威廉魯意伊文思博士^①恆賜注意與贊助，尤深緬感。倘有發見書中之疑難或謬誤，通函指正，無任歡懇。

本書中所用插畫採自化學名家之肖像及雕刻，如藍姆則^②之像取自英國倫敦厄力奧特及夫萊^③二君；如德斐^④及道爾敦^⑤之像取自麥密倫公司之現世紀科學叢書^⑥；本生^⑦之像取自波士頓^⑧之諾特^⑨儀器公司，均深感謝。

著者識

俄亥俄，哥倫布，俄亥俄州大學。

- ① Dr. William Lloyd Evads ② Remsay ③ Elliott ④ Fry
 ⑤ Doay ⑥ Dalton ⑦ Macmillan ⑧ Century Science Series ⑨ Bunsen
 ⑩ Boston ⑪ L. E. Knott.

目次

| 章 數 | 頁 數 |
|-----|-------------------------|
| 一 | 物質與能..... 1 |
| 二 | 物質之種類 化合物 元素 混合物.....12 |
| 三 | 氧..... 24 |
| 四 | 氫..... 38 |
| 五 | 氣體之諸定律 氣體運動說..... 53 |
| 六 | 水 二氧化二氫..... 66 |
| 七 | 化合量 原子論..... 88 |
| 八 | 式 方程式 計算法..... 96 |
| 九 | 物之三態..... 108 |
| 十 | 碳及二氧化碳..... 121 |
| 十一 | 氮及大氣中之稀元素..... 133 |
| 十二 | 大氣..... 141 |
| 十三 | 溶液 電離之理論..... 150 |
| 十四 | 氯 氯化氫 鹽酸..... 167 |
| 十五 | 鈉 氫氧化鈉..... 181 |

| 章 數 | | 頁 數 |
|-----|------------------------|-----|
| 十六 | 酸 鹽基 鹽 中和 | 187 |
| 十七 | 原子價 | 203 |
| 十八 | 氮之化合物 | 211 |
| 十九 | 反應之速度 平衡 | 230 |
| 二十 | 硫 硒 碲 | 239 |
| 二十一 | 週期律 | 266 |
| 二十二 | 氯族 | 276 |
| 二十三 | 分子量 原子量 | 292 |
| 二十四 | 一氧化碳 碳酸 碳氫化物 | 304 |
| 二十五 | 燃料 火燄 電爐 | 319 |
| 二十六 | 碳水化合物 酒精 煤焦油之化合物 | 337 |
| 二十七 | 有機酸類 脂肪及油類 | 354 |
| 二十八 | 磷族 | 363 |
| 二十九 | 硅 鎢 硼 | 386 |
| 三十 | 膠態 | 403 |
| 三十一 | 金屬 | 411 |
| 三十二 | 鹼金屬 | 418 |
| 三十三 | 石鹼 甘油 爆炸藥 | 440 |
| 三十四 | 鈣族 肥料 | 447 |
| 三十五 | 鎂族 | 466 |

| 章數 | 頁數 |
|-------|--------------------|
| 三十六 | 鋁類..... 478 |
| 三十七 | 硅酸鋁及其工業應用..... 491 |
| 三十八 | 鐵族..... 497 |
| 三十九 | 銅 銻 銀..... 521 |
| 四十 | 錫及鉛..... 541 |
| 四十一 | 錳及鉻..... 556 |
| 四十二 | 鈾 鐳 釷..... 569 |
| 四十三 | 鉑金屬及金..... 579 |
| 四十四 | 稀有元素之應用..... 598 |
| 附錄 | 593 |
| 附表 | 596 |
| 索引 | 599 |
| 譯名對照表 | 619 |

化學概論

第一章

物質與能

1. 自然科學。

吾人欲窮自然界之學問，當先知此廣大無邊之學問應分爲若干較有制限之範圍，以便學者研究。凡此種種範圍較有制限之自然研究，謂之自然科學。^①

自然科學之所以如此分門別類，純爲學者利便起見，並非自然界本來有此區別，故各種科學常有密切關係。欲窮其一，必須兼知其餘。例如植物學家於植物外須兼知動物；學生理者於身體之各部分外須兼知物理學。

2. 化學與物理學之密切關係。

物理學與化學之關係甚爲密切，其界限不易劃清。概括言之，二者皆以論無生物爲主，論有生物之部分較少，且對於無生物物質之變化尤爲注重。

① Natural sciences

3. 自然界之變化。

吾人細察自然界，恆覺環我一切，悉在變化。一切有生機體，均自生育，成熟，衰落，以及死亡，循環不息。許多堅巖，一經風雨作用，則常至崩解；其他有因變化過緩不能覺察者，然據地質學家攷察，即最耐久之巖石，如久暴於濕氣中，則亦逐漸變化，自礦石提出之金屬，有時銹腐；建築完固之工程，有時傾圮；發電機所發之電流，可變為電車之運動，電燈之光，及電線之熱。

4. 因燃料燃燒而起之諸問題。

吾人夙所注意之變化中，燃料燃燒中所起之變化，當屬其彰明較著之一例。煤炭或木著火，則其堅質之大部分消失；所遺之灰，幾與原物完全不同；焰隨變化而起；熱與光俱發。此等觀察喚起許多問題：即此等深奧變化之原因何在？灰與原燃料之重將如何比較之？消失之物質成何物質？何謂焰？熱與光之本性如何？熱與光有重量否？凡此種種問題，吾人將研究許多事實以答解其一部分。然吾人之知識有限，舉凡研究之結果，終不過作部分之解答而已。

5. 燃燒中重量不變。

以吾人日常燒煤之經驗，或者以為物質於燃燒中，

損失重量不少，因煤灰之重較原煤減輕不少也。但據精密之實驗，則知此結論不甚恰當。吾人當知若無空氣，則煤不能燃燒，故須先說明此事實而後方可論燃燒中重量之損失也。如煤燃燒時需用空氣，則不能目見之他種氣體或已同時發生；且煤於此時究損失若干，則亦應知之事實。以下各種實驗，即解明此題。

實驗 1.

將清石灰水少許注入開口瓶中，插入軟木塞而振動之，則液體中不見有何變化。然若倒置同樣空瓶使口向下，而置之燭燭之上，少頃(圖1)，將見濕氣聚集於該冷器中；此即表明燃燒之際，發生水氣故也。此時速將清石灰水若干 cc.，注入

瓶中，插入塞子而振動之如前，將見清液變濁。蓋蠟燭當燃燒時，發生一種不能見之氣體，升入瓶中，而與清石灰水發生變

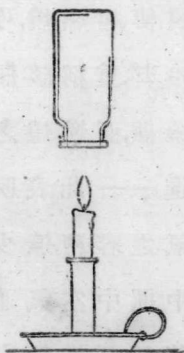


圖1. 聚集蠟燭之燃燒生成物

化。此種氣體名曰二氧化碳。

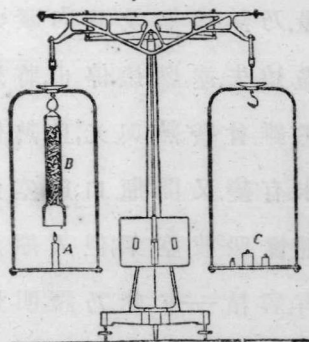


圖2. 表示燃燒中重量增加

實驗 2.

以上所得之結論，可以第二實驗證明之。置蠟燭 A (圖2)：

① Carbon dioxide

於大天平之一盤中，其上懸一燈罩，B裝實氫氧化鈉^①（此固體物質能吸收水氣及二氧化碳）。乃於他端置法碼C以平衡蠟燭及燈罩之重。當蠟燭著火時，則置燭之盤降下——此表示蠟燭燃燒中所成之物以及為氫氧化鈉所吸收者，較重於蠟燭燒失之部分。

6. 拉瓦錫之實驗。

當法國大化學家拉瓦錫氏^②未開始研究化學以前，學者久已知空氣中含有一種不能目見之氣體名養氣^③。然自發見養氣為空氣之一成分後，彼即行種種之實驗，藉得決定物體燃燒時所起之變化。將若干塊之固體物質（錫，鐵，磷）裝入充滿空氣之燒瓶^④內，封之，稱其全體之重量。乃熱燒瓶及其內藏之物質，使起燃燒，乃悉該固體未盡燒失。逮燃燒停止，將燒瓶冷卻，重稱該瓶全體之重，乃悉雖曾發熱與光，且熱傳於燒瓶，而燃燒之結果，重量初未有變。又開瓶口，則空氣突進——此表明燃燒中該固體會吸收空氣；但入瓶之空氣之容積，遠少於瓶內之原有容積——此乃證明燃燒中瓶中空氣並未盡被吸收。重稱燒瓶，乃悉其重量增加，蓋即新進瓶內之空氣之重也。於是將固體之燃燒生成物及未燒失之物質合而再稱之，則知其重量多於未燃時，此所增加之重量正等於

① Soda lime or Sodium hydroxide or Caustic soda ② Lavoisier

③ Oxygen ④ Flask

燃燒中所用却之空氣之重量，由別種實驗，拉氏能明示物質燃燒於空氣中時，空氣之諸成分非盡爲所用；所用者其中之養氣而已。

7. 諸實驗之結果。

此等實驗，證明許多重要事實——其中如燃燒賴空氣中之養氣及供燃燒之物質；燃燒中一切有關係之物質之總重量不變；燃燒中所發之熱與光絕不致損失重量，故光與熱無重量。

8. 物質與能。

歷久經驗之結果，吾人遂承認與燃燒相類之一切變化，皆有二種根本上不相同之物參與其間：(1)有重量或質量之物，名之曰物質；^①(2)發出之熱與光，皆無重量，名之曰能。^②茲更進而詳論之如下。

9. 能之形狀。

吾人嘗謂某甲精力彌滿——此言表示此人大有能力可以作事也。吾人雖於能迄未得一完全滿足之簡單定義，而實際上能常作爲工作之能力及量。吾人承認無生物亦有此工作之能力。如在汽鍋中受重壓之水蒸

① Matter ② Energy

汽亦含有能，因一旦放入火車頭之汽缸中，則能推轉活塞，藉以運轉火車。能存在於電線，因藉適當之機械設備，可由此得動力，熱與光。運動之物體含有動能^①；若此物體突然停止運動，則該能即變為熱。

10. 能常住。

由一世紀間實驗所得之經驗，科學家遂確信在一物體系中之能之量，除外加或外逸外，不能改變，此概念名為能常住之定律^②。然由一物體傳能於他物體，固非難事。將一片之熱金屬投入水中，則金屬變冷，而水變熱，即金屬失能而水得之也。振棒擊球，則棒失能而球得之。故一物體內所有之能之量，不似其質量之有定數，昭昭明矣。

11. 能之變形。

能且可自由從一種變成他種。燃煤之熱能^③可變成火車頭之動能。如在尼亞格拉瀑布^④之動力工場，可將飛泉之動能變為電能^⑤。電車電線之電能，可立變為運轉電車之動能。於此類變形中，凡一種能之定量常變為他種

① Kinetic energy ② Law of the conservation of energy

③ Heat energy ④ Niagara Falls ⑤ Electrical energy

能之定量，故吾人常曰熱之機械的當量^①，或曰機械能之電當量^②。

下圖(圖3)表示若干能之變形，為吾人所習知者。火焰A之熱變成熱機關B中之機械能，機關之運動傳達

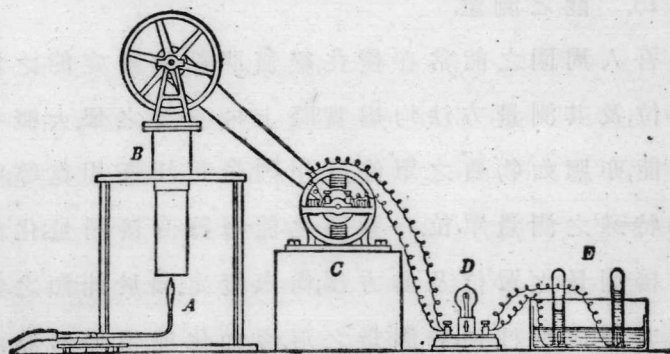


圖3. 能之變形

於小發電機C，乃變成磁及電之能。電能變成白熱燈D中之熱與光，且因E中水之分解而變成化能(參觀下節)。

12. 化能。

一物體有因其運動或其位置，而含有許多之能者。然一片煤所含之能，非因其運動或其位置而起，但因其有燃燒之能力，蓋燃燒時發生熱與光故也。吾人由經驗得信此熱與光之由來，必為該煤及參與該燃燒之養氣

① Mechanical equivalent of heat ② Electrical equivalent of mechanical energy

中所含他種之能。此種之能名曰化能^①，使物質起與燃燒相類之變化者，即含於物質中此種之能也；化學家所特加注意，亦即此種之能。

13. 能之測量。

吾人周圍之能常在變化，絕無間斷，故設定能之測量單位，及其測量方法，均屬實際上極重要之舉。大概各種之能，亦應如物質之單位，度用呎，量用磅，衡用克等，各有其特殊之測量單位。有數種之能極難直接測量；化能之直接測量之單位及其方法，尚未設定。關於此類之能，須使其變成別種便於測量之形，譬如化能，須變為熱或電，然後可以測量。

14. 熱之測量。

熱能之測法，乃觀其能將定量之標準物質之溫度，變至如何程度是也。科學家定水為標準，稱而熱量之單位，曰卡路里(卡)。卡路里者，乃使一克水之溫度，增高攝氏溫度計一度所需之熱量是也。

凡一發熱之變化，其變為熱之化能，實際用一裝置名卡路里計^③者測之(圖4)。其變化應使之起於薄壁金屬

① Chemical energy ② Calorie(cal.) ③ Calorimeter

器 A 內定量之水中，置此金屬器於復壁器 B 內；此復壁器內所容之水與室內同溫度。溫度計 C 即表此時水之溫度。此水應使防外熱傳入之影響，故更特加注意，用不傳熱之厚層毛氈蓋之。化學變化發生之熱，升高 A 中之

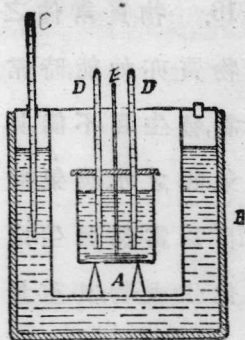


圖4. 卡路里計

液之溫度，其上升度數由 D, D 二溫度計表之。變化中 A 中之液須用攪拌器 E 攪拌之。譬如水重 2570 克，溫度升高攝氏 1.5°，則所發之熱為 $2570 \times 1.5 = 3855$ 卡。

15. 物質及其性質。

凡有重量或質量者謂之物質。靜止之物體而欲使之動，則須用若干量之能；吾人於此稱物質有慣性。①同理，運動之物體欲使之靜，換言之，欲戰勝其慣性，亦須費若干量之能。凡一種特徵或特性，藉以認定一物者，謂之性質。②各種物質各有各的許多特性，如形態（固體，液體，氣體），硬度，密度，光澤，及外形等；但質量及慣性者，乃一切物質通有之性質也。

① Inertia ② Property

16. 物質常住之定律。

物質亦如能，時常可由一形變成他形；如固體之蠟燭燃着，發生目不能見之氣體。固體之冰，易變為液體之水，及氣體之水蒸氣。此等變化之結果，物質之重量有無增減？自為當然發生之疑問；然經許多精密實驗，知物質之變化生成物，其重量恆等於受此變化之物體之重量。即吾人可變物質之形相，而不能變其重量。此重要之真理曰物質常住之定律，換言之：一定量之物質，無論受何等變化，其質量始終不變。

17. 單位及其簡略之符號。

以下各章所用溫度，除特別表明外，均依攝氏溫度計。至其他測度單位，皆用通用略符，如 g. 表克，Kg. 表尪，cc. 表立厘，l. 表升，lb. 表磅等。

練習問題

1. 試就所學科學之經驗，舉一二例說明各類科學間啣接之點。
2. 試就 (a) 石塊擊碎與 (b) 煤塊燃燒之二變化而指示其根本上不同之點。
3. 煤灰與原煤塊重量之比較若何？某種煤燃燒後，其灰有時多於他種煤，其故安在？

① Law of the conservation of matter ② Gram ③ Kilogram
 ④ Cubic centimeter ⑤ Litre ⑥ Pound

4. 煤油燈着火時，燈罩上有一層濕氣，其故安在？此層濕氣，在燈罩之內部，抑在其外部？此層濕氣何故即刻消失？
5. 用煤氣爐取熱之房，時見濕氣聚集於其窗上，試說明其理由。
6. 試述拉瓦錫氏生平之一二重要事蹟(參考百科全書)。
7. 試舉例以說明能常住定律及物質常住定律。
8. 尼亞格拉瀑布之飛泉所發生之能，曾利用之以運轉布法羅^①之電車及發生電車上所用之熱與光，試尋釋其所有能之變化。
9. 人身之能之淵源何在？
10. 人身運動後即發熱，其故安在？
11. 由火車頭上之煤，變為汽笛之聲，其中間所經過能之變化若何？試尋釋之。
12. 於實驗1，其水蒸汽變為瞭然可見之濕氣，布滿其瓶之周圍，其故安在？
13. 能有幾種，試就所知者歷舉之。
14. 試舉熱之機械的當量之定義。
15. 茲於容水2500克之卡路里計內，燒煤1克，以定此煤之燃燒價值，其發出之熱將水之溫度升高 1.5° 。問所發之熱，共有若干卡？
16. 某種燃料燃燒後，計每克發出熱4000卡。今假使所發之熱全部均用於升高水之熱度，而欲將水3磅從室溫 18° 升至沸點，問須用煤若干？

① Buffalo

第二章

物質之種類：化合物，元素， 混合物

18. 物質之種類

物質因受自然界之詭變幻化，故所取之形亦千差萬別，幾無窮極；又此等形狀隨吾人所抱之目的，而其分類方法，亦有種種。化學家所注重之點在物質之組成，化能以及組成與能之變化。因此乃分物質為三類，即：化^①物，元^②素，及混^③合物是也。

29. 證明的實驗

此三類之區別可用證明的實驗解明如下：

實驗 1.

鐵、硫二物質之主要性質，人人殆皆知之。鐵之到粉係深灰色之粉末，被磁石吸引之性甚強。一旦以一種液體名鹽酸處理之，則鐵溶解於溶液，發生一種無色氣體，名為氫氣，且此際發生熱量甚多。硫可使成淡黃色粉末，既不吸引於磁石，亦不溶解於鹽酸，但極容易溶解於一種液體名二硫化碳，而鐵則反是；溶液一經蒸發，則硫沈下成黃色結晶形。若合鐵之到

粉和硫研勻，則得帶綠色之黑粉，其外觀與鐵或硫均大異，但以專試鐵及硫之方法試之，則見此粉之作用有數點與鐵、硫分別處理時相似。鹽酸仍能溶鐵且發生輕氣及與前同量之熱；而硫則殘留全未變化。將磁石拖過此粉，則見鐵被吸去，而硫留下。二硫化鐵溶解其中之硫而不及鐵，即硫、鐵各為各之作用一如二者未研和時，且所含之能亦無異於前。今若置此粉少許於試驗管中，熱之，如(圖5)，則至熱度極高之點即開始發光；雖移開火焰，其發光仍繼續蔓延及於試驗管中全部物質，同時發出熱量甚多。試驗其生成物，則知鐵、硫之許多特性均已變化。既不能為二硫化鐵所溶解，復不能為磁石所吸引；此新成物全部如用鹽酸溶解之，則發生一種異臭氣體，與輕氣懸殊；其發出之熱量與前所發者迥乎不同。此新成物之密度、顏色、硬度、溶解度，及融點，均亦與鐵、硫不同。化學家名此鐵、硫之合成物，為硫化鐵。

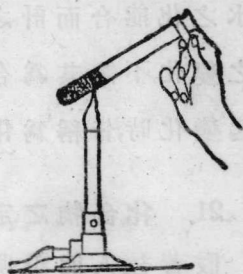


圖5. 熱鐵及硫之混合物

實驗2.

置糖少許於試驗管中，熱之，則溶化而變褐色，發出蒸氣，最後乾成一種黑色之固體；此物經試驗後，知其為碳。聚其蒸氣而驗之，可以證明其大部分是水。如欲竟其變化，則此實驗須始終加熱。由此實驗觀之，一種物質如加以熱，則可變成性質與前全異之二種物質；此類變化謂之分解。

20. 化學反應.

以上所述之兩種實驗，其不同之點甚多，然亦有許多共通特性。即所用物質之性質大部分大受變化，致生

成物與原物各異。又物質化能之變化，尤屬重要之特性。鐵、硫一旦開始作用，則必隨之大發熱量；此即原物質之化能被消耗是也。欲使糖分解，則須於分解期中始終加熱；此熱當變成別種之能。蓋其一部分變成化能。故將碳與水之化能合而計之，必多於原糖之化能。凡物質組成上之變化，不論其為合成或分解，若其所用各物質之化能起變化時，皆稱為化學作用^①；或化學反應^②。

21. 化合物之定義。

假若吾人能證明一物質至少由兩種不同之物質組合而成，且其化能與其各成分單獨所有者不同，則此物體謂之化合物^③。如硫化鐵，可斷定其為一化合物，因其含有鐵及硫，且其所有化能與鐵或硫單獨所有之化能不同故也。然決定一物質是否為一化合物，有時並非易事。但如下章所述，凡化合物之百分組成絕對不變之事實，足為決定化合物之助。如硫化鐵恆含鐵 63.52% 及硫 36.48%。故吾人若得一純物質而分析之，恆可由組成不變之理，而決定其為化合物與否也。

22. 化學的親和力。

化學作用與起此作用之力，二者須分辨清楚。凡起

① Chemical action ② Chemical reaction ③ Chemical compound

化學作用之力謂之化學的親和力^①，或曰愛力。譬如吾人謂鐵、硫之化合，因二者有親和力故，吾人對於此力之性質，祇能依稀想像，猶吾人之於重力之性質相同。對此二者，吾人僅能與以力之名稱而確信其在作用也。

23. 影響於化學作用之諸狀況。

有多種狀況可以促進或妨礙化學作用。通常昇高溫度能促進化學作用，如鐵與硫之化合是。又增高溫度恆能促進分解，如砂糖因灼熱而分解是。他種之能如光、機械壓力、衝擊及電能等，亦有利於化學的結合或分解；蓋有時除去結合之障礙，而有時制止化合之親和力焉。

24. 物質之化學的行爲。

物質與他物質作用之方法，彼此各大不同。一種物質在空氣中加熱，或可舉焰而燃，或發白熱之光而與他物質化合，如鐵與硫共熱時是也。物質有因熱而分解者，如糖是。亦有因電流而分解者，如水是也。綜合此類特點，而稱之曰物質之化學的行爲^②。

25. 元素

如前所述，糖可分解而成二種相異之物質，即水與

① Chemical affinity ② Chemical conduct

碳是也。吾人於此當然發生疑問：即水與碳以及他種物質如鐵與硫等，亦均能分解而成他物質否？凡欲決定一種物質能否分解，可將該物質熱之，如處理糖然；或用別種方法處理之。例如：恆能起分解之電流作用及含多量化學能之物質之作用；皆為吾人所熟知而常採用之方法也。化學家即用此等方法竟能分水為二種目不能見之氣體，即養氣與輕氣。故知水亦為化合物也。

26. 水之分解

水之分解可用圖 6 所示之器具行之。將水裝滿兩試驗管 A 及 B 而倒置之於一器內；此器內裝水半量，加以硫酸少許，繫白金箔 C 及 D 各一片於兩電線之端，而置之於各管之下端。將此電線接以電壓 6 至 10 弗之電源，則見各管中發生氣泡。吾人可以明示此等氣體有不同之性質；蓋即氫與氧是也。至加硫酸之理由，容後章再論之。

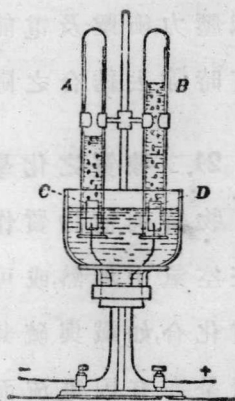


圖 6. 用電流分解水為輕氣及養氣

然反之；碳、鐵及硫，無論

用如何設計，皆不能分解之。凡一切如此三者之物質，絕不分解為二種以上之不同物質者謂之元素^①或原物質^②。

① Elements ② Elementary substances

但茲須注意者，即此定義並未提及元素之本性，亦無礙於元素當其化能受變化時可變為他元素之可能性。吾人若討論鐳元素時，將見其漸漸變化，成為他種元素。

27. 元素之數。

化合物之數多不勝舉，而已知之元素為數較少。書末附有元素表；表中各元素之名皆有略符，曰符號^①，化學家即用此等符號以表示元素。符號普通用元素西文名之首一字母，首字相同時，更附以特殊之他字母。有數種元素之符號，用古拉丁名之略符，如鐵(*Ferrum*)，金(*Aurum*)，及銻(*Hydrargyrum*)等是也。至有數字一欄之意義，後當說明之。

28. 元素之物理的狀態。

約有十種元素在常溫為氣體。銻、溴二種為液體，其餘俱為固體，而其融點之變遷範圍甚廣，低者如鎢之融點為 26° ，其高者除電爐之高熱外，殆不能鎔化之。

29. 元素之所在。

元素在自然上未與他物質化合者較少，大概均已成為化合物。元素如金等以單體存在者，謂之遊離態^②

① Symbol ② Free state

或天然態^①與他物質化合成化合物者謂之化合態^②。元素以化合態存在時，吾人常不能知此化合物中有此元素。因元素與他元素化合後，已失其原有之性質故也。例如紅色似土之鐵礦，若僅就其外觀測之，實無從知其含有鐵分也。

30. 元素之名。

元素之西文命名法，約有數種：(1)有數種元素之名極古，原意早已失傳，如鐵、金及銅等是也。(2)許多元素所命之名，係指該元素最顯著之物理的性質；例如溴^③，係由希臘字意“惡臭”而來，即指該物質有極不快之臭氣也。(3)有表示元素之化學的行為者；如氮^④意為“硝母”，因氮係硝石之成分也；如氬^⑤意為“懶或不靈動”，其所以有此名者，因其不活潑也。(4)他如銻^⑥、鐳^⑦則因地而名。(5)其餘如鎊^⑧係表神話中之人物。

31. 元素之分布。

據吾人所知，元素在自然界至不平均，然須知吾人關於地球組成之智識僅限於厚不過數哩之較薄之地

① Native ② Combined state or in combination ③ Bromine
 ④ Nitrogen ⑤ Argon ⑥ Germanium ⑦ Strontium
 ⑧ Tantalum

殼耳。下表係克拉克^①氏所製，以數種代表的巖石及礦物之分析結果為根據，藉表此堅質地殼之組成率。由此表可知其中九種元素占地殼成分之 98.4%。有數種元素發現甚渺，故僅遊離得其數克而已。

地殼之組成

| | | | |
|--------|--------|---------|-------|
| 氧..... | 47.07% | 鉀..... | 2.45% |
| 硅..... | 28.06% | 鈉..... | 2.43% |
| 鋁..... | 7.90% | 鎂..... | 2.40% |
| 鐵..... | 4.43% | 氫..... | 0.22% |
| 鈣..... | 3.44% | 其他元素... | 1.60% |

32. 人生之主要元素。

細驗有生機體中之諸物質，則知為吾人所必需之元素，僅居少數。下表係錫爾曼^②所編，表人體之平均組成。此外雖或尚有對於人體極占重要而為吾人所未知之他種元素，然據吾人所知，下列諸元素乃有生機體所藉以組織之要素。

人體之平均組成

| | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| 氧..... | 65.00% | 鈉..... | 0.15% |
|--------|--------|--------|-------|

① F. W. Clarke

② Sherman

| | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| 碳..... | 18.00% | 氯..... | 0.15% |
| 氫..... | 10.00% | 氮..... | 0.05% |
| 氮..... | 3.00% | 鐵..... | 0.04% |
| 鈣..... | 2.00% | 碘..... | 微量 |
| 磷..... | 1.00% | 氟..... | “ ” |
| 鉀..... | 0.35% | 硅..... | “ ” |
| 硫..... | 0.25% | | |

33. 混合物。

凡物體之純係混合而非化合物者，謂之混合物。^①一般混合物可由許多元素，或許多化合物，或元素與化合物等任意調製。普通混凝土即係此種物質，因於其碎塊之中，易辨識其成分之碎石，砂，及水泥故也。花崗巖係一種天然混凝土，蓋由兩種絕異之結晶體，即雲母及長石，與一種玻璃狀物體石英，結合而成者也。合鐵，硫而研勻之，則成一種酷似化合物之物質，粗視之，覺其為質性均勻，^②然用顯微鏡驗之，則知其不然，因仍能見鐵，硫之細粒並存而未變化故也。

34. 鍊金術。

古人嘗以為必有方法可使一種元素變成他種元素，故

① Mixture ② Homogeneous.

曾經勤求以期達此變化之目的，但其致力之處，多在求將普通金屬變為黃金；奇方妙術，載於書者頗多。當時稱化學家為鍊金家^①，其所用之術曰鍊金術^②。鍊金家後漸篤信普通金屬變金之唯一方法，乃利用一種新設奇異之哲學家之石^③之怪力，以為物體經此石一觸，即可立變為金，且幸而有此石者，得以長生不老。然未見有人發見此石，且未有人能將一種金屬變成他種。

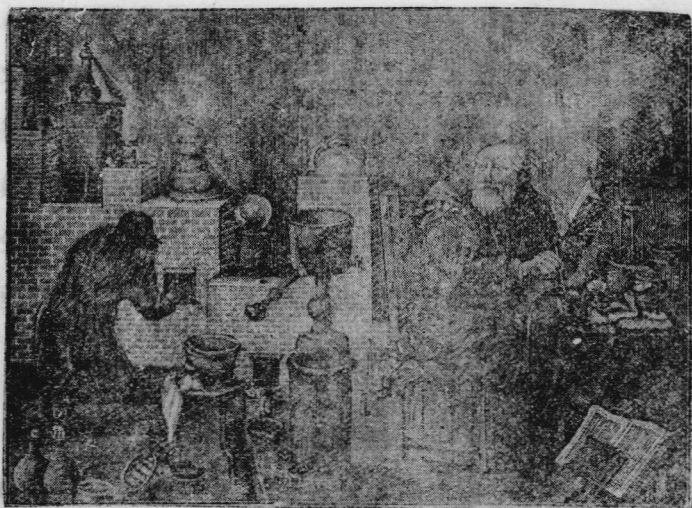


圖 7. 鍊金家之實驗室(騰飛茲繪)

近年來最顯著發明中之一種，似近於能實現鍊金家之夢想，蓋有一二種絕無疑問之元素能漸漸變為他種元素，業經證明。但其變遷之速度迄未有人能增減之。

85. 化學之範圍.

吾人於上既習物質與能之通性,當可於此推想化學家必須注重之諸論題.化學家之首先研究者為物質之組成.譬如:一種指定之物質是否果為元素抑為化合物?如何可使之純粹?其性質及用法如何?一種指定之巖石是否含鐵抑含金?一種指定之飲料水是否含有妨害於衛生之物質?此諸問題皆為化學家所宜解決者也.不僅此也,化學家且須留意於一物質所受形態及能之變化.而任何元素能成何種化合物?此等化合物之性質何若?二種石炭之中,何者燃時發生較多之熱量?各種食料有何功用?此等食料之混合物在種種物理的狀況之下,何者最適於衛生?此等尤為化學家最宜注意之點.吾人所研究之化學亦即關於此類之問題也.

練習問題

1. 分解化合物,除加熱外有何方法?試舉所知者言之.
2. 試舉化合物及元素之定義.又兩者之數孰多?
3. 何謂地殼?
4. 若物質加熱不受變化,此即表示該物體為元素否?
5. 檢閱元素一覽表,有何元素遊離產出?試舉所知.
6. 鋁多於鐵遠甚(參閱克拉克氏表),而鐵價廉於鋁價遠甚;其故安在?
7. 參考字典,試舉下列各種元素原名之起源及意義:

磷,氫,鎢,鈹,氯,氬,銅,硒,鈷,碘。^①

8. 試列舉因熱,光,電等之作用而起之化學作用。
9. 試計算吾人身體中所有主要元素之重量。
18. 北亞美利加之一種土人,多用銅器而少用鐵器,其故安在?試說明之。
11. 金比鐵貴,試歷舉其理由。
12. 宇宙間絕無天然產出之鐵,其故安在?試說明之。
13. 各種天然遊離元素之特性若何?
14. 何謂元素之物理的狀態?
15. 鐵在人體爲量甚微,此即表示吾人生活可無需鐵否?
16. 元素表每年恆有變更,何故?
17. 除上對於鍊金家所述之事蹟外,試更添述之(參考百科全書)。

^① Phosphorus, Hydrogen, Germanium, Columbium, Chlorine, Argon, Copper, Selenium, Thorium, Iodine

第三章

氧

36. 氧之歷史.

相傳氧之發見者係英之化學家普利斯特利氏^①。普氏於1774年灼熱一種銻之氧化物名紅色氧化銻即三仙丹者而得此元素。然其他化學家如瑞典之社勒氏^②發見養氣恐在普氏之先，惟其發見未引世人之注意耳。氧之英名 *Oxygen* 意即“酸母”，乃法化學家拉瓦錫氏^③所定，蓋拉氏信酸之所以有酸之特性者因有氧故也；然此說今已知其非確。



圖 8. 氧之發見者約瑟普利斯特利氏
(1733-1804)

37. 氧之所在.

氧爲一切元素中之最多者。在天然間有遊離態之

① Joseph Priestley ② Scheele ③ Lavoisier

氧,亦有化合態之氧,遊離態之氧俗名養氣,見諸空氣中,乾空氣每百體積,約含養氣二十一體積,至化合態之氧,若以重量計之,則水含氧 88.81%,組成地殼之巖石約有二分之一之氧,他若動植物之組織中,氧亦為最重要之成分;例如人體之重量,約三分之二為氧是也。

38. 氧之製取.

氧雖至多,然自然界絕無純潔之氧,欲得純氧,須設法分解氧之化合物,或使與空氣中之他種混合氣體分離,今將製取純氧之最重要方法述之如次:

1. 由水製氧. 水係化合物,含有氧 88.81% 及氫 11.19%. 若如前述,通以電流,即分為以上二種成分.

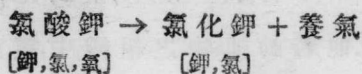
2. 由氧之化合物製氧. 有數種氧之化合物,熱之,則至少發出其所含氧之一部分,例如,三仙丹係一固體化合物,含氧 7.39%,銻 9.261%,熱之,則分解為上二種元素,其變化可以下式表之;列於括弧內者,即組成該化合物之元素之名也.

三仙丹 \rightarrow 銻 + 養氣

[銻, 氧]

用此方法取氧之最適宜之化合物為氯酸鉀,此物係白色固體,含氧 39.16%,含鉀 31.90%,含氯 28.94%. 熱之,

則經多種變化後，而放出全部之氧，遺留一種氣與鉀之白色固體化合物名氯化鉀。其變化可以下式表之：



養氣之發生， 400°C 時為著，茲有一奇特事實，所須注意者，即如參用少許某種物體，則在任何溫度放出養氣之速度因之大增；如二氧化錳其最良者也，故將此種物

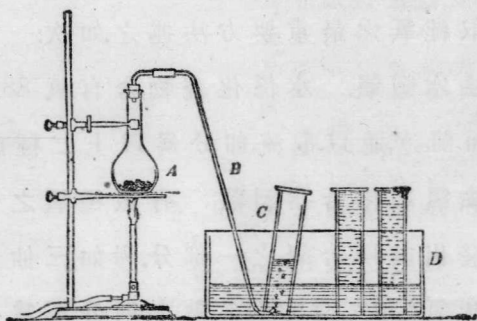


圖 9。由氯酸鉀製氧及收氧方法

質與氯酸鹽混合，則可於單用氯酸鹽取氧時之必需溫度以下，得養氣甚速。至於二氧化錳如何能促進分解，吾人尚未之知。際此反應，二氧化錳似乎全未變化，且確未供給氧，因所得養氣之重量，不關二氧化錳之存否，恆為所用氯酸鹽之重量之 39.16% 也。一般化學變化之速度，

受與此類似無作為之物質之影響，為例甚多；上述不過其中之一耳。此類物質謂之接觸劑或曰觸媒；此類接觸劑於後各章將層見疊出，蓋有許多化學作用常藉適當之觸媒始底於成也。

實驗室內氧之製取。普通在實驗室內由氯酸鉀取氧行之如下：

將氯酸鉀與約為其四分之一重之二氧化錳混合，置諸適當器具如燒瓶 A，內備塞子及玻璃管(圖 9)。加熱，則發生養氣，由 B 管逸出，然初逸出之養氣，乃顯然與燒瓶內之空氣相混。須臾，因養氣繼續發生，故空氣全被擠出；於是置放氣管之端於玻璃筒 C 之口下，此筒滿裝以水，倒置於水槽 D 中；養氣昇入筒中，將水排出；如此，可集收純氧。若欲製取多量養氣，可利用容量自 500cc. 至 1000 cc. 之銅曲頭甌(圖 10)，以代易破之燒瓶。

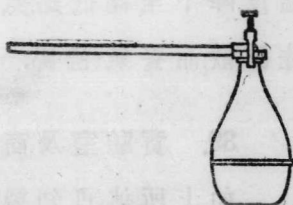
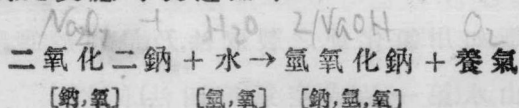


圖 10. 製氧之銅曲頭甌

3. 由二氧化二鈉製氧。此化合物係白色之固體，含氧 41.20%。使之與水接觸，則二者互起反應，放出一部分之氧。此反應可表之如下：



此法費用雖大，然因其簡便，故常用之；欲得養氣，僅

① Catalytic agents or calysers

須將該二種化合物聚集一處便可。

4. 由空氣製氧 空氣含遊離態之養氣，且爲量極多，故吾人自希冀求得一法，由此取氧，此問題似簡而實非易，因空氣中含有他種氣體，而由諸氣體之混合物中分出一種純潔氣體，恒屬難事故也。

欲完成此分離法，首須使空氣受壓力及低溫度之共同作用。如是則可得液體空氣，此物以液態之氧及氮混合物爲主。若使此液體處於常壓之下，則速即沸騰而溫度降下至極低點。氮之沸點較低（ -195.7° ），故氮氣儘先沸散，而養氣（沸點， -182.9° ）繼出，即此可分別集收。

39. 實驗室及商用製氧法。

如上所述，可知製取養氣可用種種方法。以後逐章進求，可知其他元素之製取，亦莫不皆然。此等方法之中有費用浩大者，有須用複雜之裝置器，或須用貴價之機械者。爲實驗室實驗起見，氧之需量較少，故其方法之選擇，自應視裝置之簡便與否而定。至商用之製法，則當視經濟爲斷。如用氯化鉀之製取法，乃最適於實驗室；商用之氧常由水（第一法）或空氣（第四法）取之。

40. 氧之性質。

氧係無色無臭無味之氣體，較空氣微重，一呎於溫

度零度，壓力一氣壓時測之，重 1.4290 克；而於同一狀況之下，空氣一呎之重為 1.2928 克。養氣僅些微溶解於水，零度常壓之水百體積，祇溶養氣約四體積。養氣亦如其他氣體，冷之至極低溫度，加以極大壓力，可以液化，然若除去所加壓力則液體之氧仍回復為氣體，因氧之沸點，在平常大氣壓力之下，為 -182.9°C 。更將溫度低減，則氧成

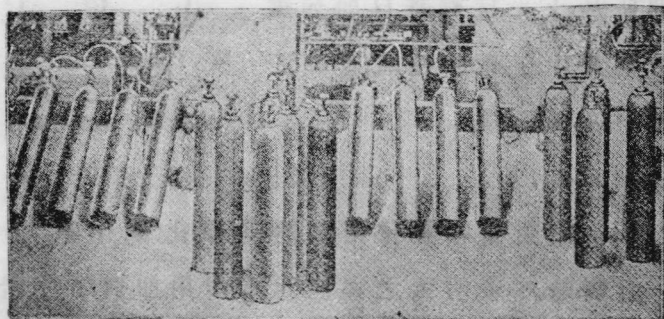


圖 11. 貯氧之圓鋼筒

雪狀之固體，其融點為 -235°C 。為便於轉運起見，多將氧置之高壓之下，用唧筒打入堅固之圓鋼筒內（圖 11）；市上販賣之氧亦用此式。

41. 化學的行爲

氧在平常溫度，不甚活潑，故許多物質或不受其影響，或受其影響甚緩，致其作用不易為人覺察。然氧於高溫度則甚活潑，能直接與許多元素化合。例如熱各種物

質於空氣中，至燃着時，乃置之於盛養氣之器皿內，則大增光輝而燃燒。如燒紅之木片置諸盛養氣之瓶內，則舉焰。又如硫燃於空氣內，其焰極弱，其光極暗；若燃於養氣內，其焰增大，光亦增輝（圖12）。凡物體如磷之易燃於空氣中者，一旦燃於養氣中，則所放之光，炫耀奪目。即如鐵類於空氣中至難燃燒者，若置於養氣中亦易燃燒。



圖 12. 燒硫於氧中

42. 氧對諸物質作用之性質；氧化；氧化劑。

由實驗可證明氧之與他元素作用，即與該元素結合成一化合物。如硫燃燒於養氣中，硫及養氣均失其原形，而生由該二元素組成之一種氣體化合物。同樣磷、鐵或炭燃燒於養氣中，則各生氧之化合物。許多化合物及元素於空氣及養氣中均易燃燒；如煤、木材、油及煤氣是也。此等化合物燃燒之際，大都完全分解，其各成分元素皆與氧化合。如油大都由碳及氫而成，故一旦燃燒，則即變為碳氧化合物（二氧化碳）及氫氧化合物（水）。間亦有數種化合物不經分解而以其全體與氧化合者；惟不常見耳。

如上所述，凡物質或其成分與氧化合之作用，通稱之曰氧化^①；如言磷、硫受空氣或純氧之氧化，磷、硫容易氧化等等。凡供給養氣之物質謂之氧化劑^②；如上例空氣或純氧即為氧化劑，但氧常由氯酸鉀或二氧化二鈉等化合物供給之。

43. 氧化物；氧化生成物。

凡一元素與氧化合，其化成之化合物謂之該元素之氧化物^③。如硫與氧化成之化合物謂之硫之氧化物。同理，磷、鐵或碳與氧化合，其化成之化合物亦皆為氧化物。凡物質氧化之際所成之各種氧化物，普通謂之該物質之氧化生成物^④。

元素之氧化物幾全部曾經製成，故氧化物為化合物中之重要部門。其中有屬於目不能見之氣體者，如硫、碳之氧化物是也；有屬於液體者，其最為吾人所熟知熟聞之例即水（氫之氧化物）是也，惟此類不多耳。其大多數屬於固體，如鐵、磷等之氧化物是也。故如硫、碳等元素燃燒之際，完全消失，不遺灰燼，而如燃鐵、磷等元素則留固體殘渣，其理固可瞭然矣。

① Oxidation ② Oxidizing agent ③ Oxide ④ Products of

44. 燃燒

氧化有時至緩，無光可見，如不加精測，且不覺其熱之發生。如木及葉等之腐敗，即係此種緩進氧化之例。然磷、鐵等燃燒之際，則舉焰或呈所謂白熱^①之光；此時物體稱為正在燃燒。以廣義言，凡發光之化學作用皆曰燃燒^②。其最為吾人熟知之例，即物質燃燒於空氣或養氣中，換言之，即氧化也。普通所謂可燃性物質者，即指在空氣或養氣中可燃燒之物質也。

45. 氧化與燃燒之熱。

凡一指定之物質，有時氧化緩進，有時急劇燃燒，其理至顯。如取磷一片置於冷室空氣中，則漸漸減少，終全消形，而變為磷之氧化物之烟。但若使磷與已着火之火柴接觸，則即發火，燃燒極速；且此際發多量之熱。但其生成物前後相同，即磷之氧化物是也，其所差者乃所發之熱量耳。然經極精密之實驗，則知熱量亦全無異。不過前者作用過緩，熱即隨時發散，故不之覺；後者發熱甚速，故極顯著。其他一切燃燒亦莫不有與此相類之關係，且一定量之物質，其氧化時，如成同一化合物，則其所發之熱不論作用遲速，其量正同。

① Incandescence ② Combustion

46. 自燃

吾人由經驗知將氧化物質之溫度提高，則氧化之速度大增。故氧化時之環境能使發生之熱不逸散，則溫度常昇，因之氧化速度增大。發生之熱，愈發愈積，溫度益行升高，而氧化遂成自燃。發生自燃之溫度謂之着火點，或曰燃度。① 物體如此着火時，謂之自燃。② 故自燃之主要條件為(1)有緩進氧化，(2)全不傳熱是也。髹漆用之胡麻子油，在空氣中氧化較速，故髹漆匠用餘之油布片每遭火災。煤屑在煤堆中或密閉於器中時，往往起火。凡粉碎之可燃物質，如鋸屑及麵粉，置之溫暖乾燥之處，均屬危險。乾草如於貯藏之先不甚乾燥，則其發酵之熱時足使草堆或草房起火，蓋發酵乃一種氧化也。

47. 氧之重要。

氧在自然界，極為重要，由本章所述之種種事實觀之，昭昭甚明。凡組成地殼之大部分化合物，及在其表面之生物與水等，殆無不含氧；而大氣乃氧之無盡藏，由此可以隨時供給遊離態之養氣。

遊離態之養氣除若干最下等生物外，對於一切有機體之生命皆屬必須。水族由其所棲息之水中所溶解之空氣吸收必要之氧。遊離態之養氣又與有機廢物之

① Kindling temperature ② Spontaneous combustion

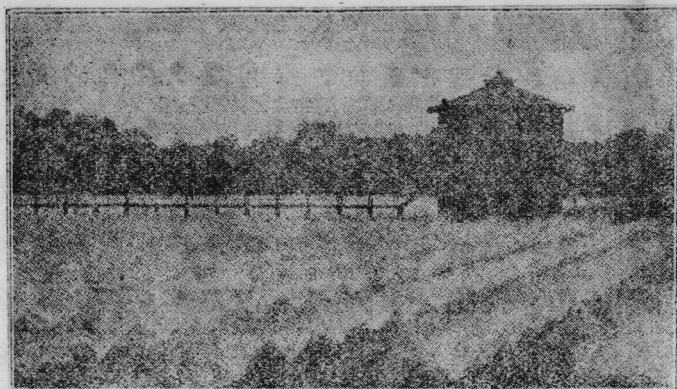


圖 13. 俄亥俄, 哥倫布之排穢場, 其中穢水揚於空中, 藉使氧化

分解有重要之關係, 蓋廢物概被氧化成無毒之氣體故也(圖13). 然茲可注意者, 此類物質之起氧化, 其間非有一種微生物作用不可。

遊離態之養氣又利用於種種工業製造方面, 但普通空氣已足, 因其所含之淡氣無甚妨礙. 純氧應用於種種科學的實驗, 造成極高溫度, 及療治數種疾病, 如患者不能吸足空氣以應氧之需求等症。

48. 燃素說^①

法國化學家拉瓦錫氏(1743-1794)即最初氧之命名者, 首證燃燒之原因在與氧之化合. 拉氏以前人皆以為燃燒係一種物質或元素名燃素^②所致, 且以為此物質較

① Phlogiston theory of combustion ② Phlogiston

彼物質之所以易於燃燒，實因此物質所含之燃素較彼物質為多故也。如煤，則謂其含燃素甚多；煤燒後所遺之灰，因燃素已全逸散，所以不燃。若能設法使燃素還原，則物質可以復燃。此種見解，以吾人今日之知識觀之，似屬悖謬，然在昔時均奉為確論。自氧發見，拉氏乃詳究燃燒之問題。經許多實驗後，始得燃燒之真義。故氧及氧與燃燒之關係之發見，當屬化學史中最重要發見之一；實開化學進步之新紀元。

49. 化學作用之不變。

本章再三注意之事實，即化學作用必需一定量之物質。例如多種化合物之組成均各有精確之百分率；且由實驗，知其不關由何取得，如何製得，其組成恆正如所表之百分率也。化學家對於化合物詳加研究之後，遂知此組成之不變，乃一切真確化合物之特性；普通稱此定律曰組成不變之定律。^①

同理，凡化合物之變化，於上述之組成之關係上，亦必一定不移。如將氯酸鉀熱之使分解，則每百克可得氧 39.16 克及氯化鉀 60.84 克。燃鐵於空氣中，則鐵百克與氧 38.20 克化合，成鐵之氧化物 138.20 克。若氧重少於 38.20 克，

① Law of definite composition

則超出需要之鐵遺留不變；反之若氧重多於38.20克，則鐵全部變成氧化物，而過額之養氣遺留不變。以後各章時有實驗證明以上之結論。

練習問題

註：本書中問題關於氣體之體積者，除特別註明外，凡言體積即指該氣體於溫度零度壓力一氣壓時所有之體積是也。

1. 在圖9，何以水停留於倒置之圓筒內？何以養氣將水排出？養氣些微入筒內時，何以水不全部流出？

2. 試設一法集收溶解水內之氣體。

3. 普利斯特利之前，曾有人發見養氣，而世獨歸功於普氏何故？

4. 參考百科全書試作普利斯特利，社勒及拉瓦錫三氏之略傳。

5. 燃燒能不隨之發光否？

6. 發光恒係燃燒所致否？

7. 木屑較之木塊易燒，其故安在？

8. 物質在純氧中較在空氣中易燒，其故安在？

9. 試詢汽車行關於修理汽車是否用氧？如用之，其目的何在？

10. 金屬中有暴之空氣而變色者，有不然者，其故安在？

11. 參考字典，試述 Phlogiston (燃素) 一字之起源及意義。

12. 用克爲單位，計算養氣50餅在零度一氣壓時之重量。

13. 今由下列化合物各製養氣50餅，試用克計其所需各物質之重量：(1) 一氧化錒；(2) 水；(3) 氫酸鉀。

14. 將氫酸鉀10克或一氧化錒10克熱之，則各發養氣，試各計其所發之養氣之體積。

15. 假定氫酸鉀及一氧化錒每斤之價各爲一元，三元，

而今由此等化合物各製養氣 50 升，問所需物質之價格各為若干？

16. 今製養氣，將氯酸鉀百克及二氧化錳 25 克熱之，試算出留在燒瓶中之各種生成物之重量。✓

第四章

氫

50. 氫之歷史.

首先認定氫^①爲元素者，乃英之發明家卡芬狄士^②；卡氏於1776年製成純氫，且證明該物與凡其他已知之可燃氣體不同。拉瓦錫氏名之曰 *Hydrogen*，意即“水母”^③，因其爲水之一成分故也。

51. 氫之所在.

遊離態之氫，俗名輕氣，空氣內含有之，然僅微量耳（空氣15,000至20,000體積中，約含輕氣1體積）。化合態之氫，分布甚廣。水及一切生物與其所分出之物如澱粉與糖等皆含之。人身之10%爲氫。如氫與碳化合，則成石油及天然燃氣等之物質。遊離態之氫，地面上雖僅存微量，然太陽及其外一種星球之霧圍氣中含此甚多。此種事實，頗耐尋味。

① Hydrogen ② Cavendish ③ Water former

52. 由水製氫。

由水取氫，法有數種，其最重要者如下：

1. 藉電流之力。如第二章所述，在一種狀況之下，若以電流通過水內，則水容易分為氫及氧兩種成分。

2. 藉一種金屬之作用。於適當狀況之下，若使水與一種金屬相接觸，則水內一部或全部之氫放出，而金屬即取氫之位置而代之。此類金屬中，有數種在常溫亦能起此種變化。如投少量之鈉於水上，則立起變化，發高熱，足使鈉鎔融而旋轉於水面。至其所起變化，即鈉與水中氫之半量相化代也，今以下式表之：



所成之氫氧化鈉係白色固體，仍溶解於殘留之水內。故將此溶液蒸乾，即可得之。放出之氫係氣體，可用適宜方法集收之。

圖 14 係表一種簡單裝置，藉鈉與水作用以取輕氣。鈉較水輕，故欲鈉在水下，須將鈉一片裝入短鉛管之一端而封其他端；置此鉛管於水槽中，則輕氣即放出；如圖用一瓶或圓筒，盛水置其上，則可集收較多。

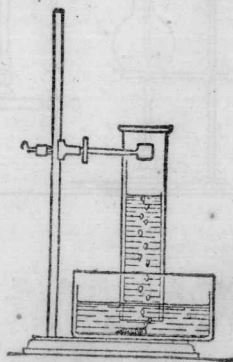
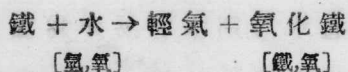


圖 14. 藉鈉與水之作用取氫法

其他金屬如鎂與鐵，能使水分解甚速，然須較高之溫度，例如使水蒸氣通過熱鐵，則鐵與水蒸氣中之氧化合，而放出氫之全部，實驗結果，知此變化可以下式表之。



所成之氧化鐵，係紅黑色之化合物，與燃鐵於氧中時所得之化合物同。

53. 由鐵與水蒸氣製氫。

圖 15 係由鐵與水蒸氣製氫之裝置，瓷管或鐵管 *B* 長約

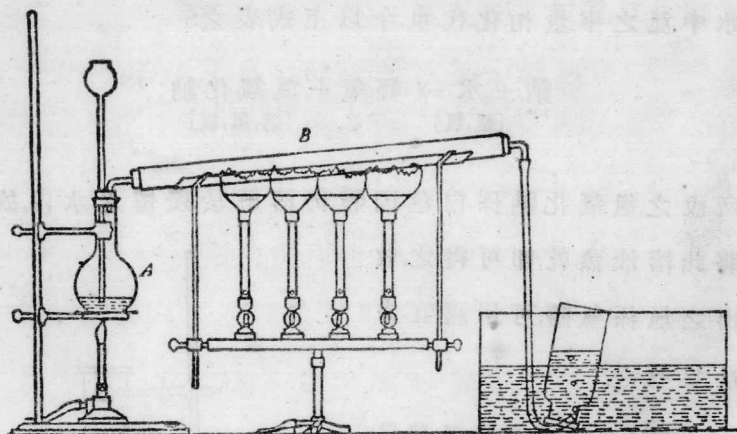
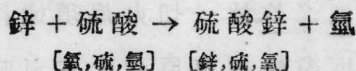


圖 15. 藉鐵與水蒸氣製氫法

50 釐，直徑 2 釐 或 3 釐 半，盛以細鐵絲或釘，連之如圖。將此管漸熱之，俟鐵灼紅；乃將 *A* 燒瓶內水煮沸，使所發之水蒸氣通過此管，則熱鐵與水蒸氣中之氧化合，放出輕氣，集之於 *C* 槽中倒置之瓶內。

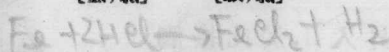
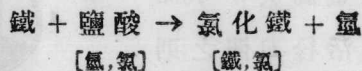
54. 由酸製氫.

實驗室中製氫有更簡便方法,即利用金屬之作用,使酸放氫.故凡能使水放氫之金屬,皆可適用.普通金屬用鋅或鐵,酸類用鹽酸或硫酸.前者係一種氯化氫氣體之水溶液,此化合物含氫2.76%及氯97.24%;後者係一種油狀硫酸氫液體之水溶液,此液體含氫2.06%,硫32.69%及氧65.25%.欲使放氫,可用水將酸稀釋至適當濃度,使之與金屬接觸.如是則金屬漸溶解,而酸所含之氫即次第放出.氫之發生可藉該液體之發泡以辨之.如用鋅與硫酸製氫,則其反應普通可以下式表之:



於此可知鋅在此時,特取代酸內氫之位置耳.所成之鋅,硫,氧化合物名硫酸鋅,係白色固體,仍溶於酸內之水中.

如用鐵及鹽酸製氫,則其反應可以下式表之:



55. 實驗室用之裝置.

圖16示一簡便裝置,藉金屬與酸作用以製輕氣.法將金屬置燒瓶A中,如圖. A備有塞子,接連以管,將酸用

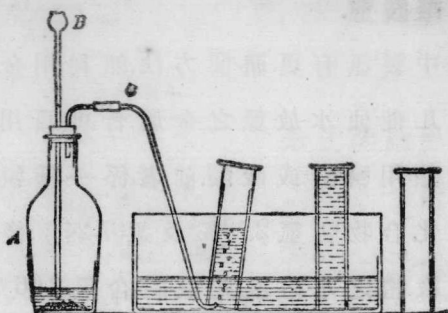
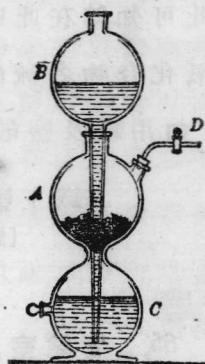


圖 16. 藉金屬與酸作用製氫

水稀釋至適當濃度，由漏斗管 B 逐次注入少許，發生之氫由 C 逸出，集收於貯氣瓶內。最初由導氣管逸出之氫，則與燒瓶 A 中原有之空氣混合，此類氫與空氣之混合物，如遇火焰則劇烈爆炸。故一切火焰須遠移開，且須待至所生之氫足以排盡燒瓶內原有之空氣時，方可集收輕氣。

如圖 17，示一更為簡便之裝置，其名爲啟普發生器。其優點在於自動的作用。置金屬於 A 中，而以酸注入 B 中。將活栓 D 開之，則酸流入 C ，上昇入 A ，於此接觸金屬，所發之輕氣由 D 逸出。此時閉 D ，則輕氣因不能逸出，乃壓迫

圖 17. 製氫用之啟普發生器

① Kipp apparatus or Kipp generator

A 中之酸，離開金屬而下降入 C，上昇入 B，使其作用停止。

56. 商用製氫方法。

歷來採用之大規模製氫方法頗多，但因更期節費，現正研究新法。現在美國由水製氫，即將熱水蒸氣通過熱鐵之上(第40頁)，或藉電流，將水分解(第16頁)。此外歐洲所用方法乃於一定狀況之下，蒸餾石油是也。石油之成分，大部分為氫，碳之化合物，故如熱之於適當狀況之下，則氫發出。

57. 氫之性質。

輕氣亦如養氣為無色無味無臭之氣體。輕氣一呎重 0.08987 克，為一切已知物質中之最輕者，比空氣輕 14.385 倍，故可如圖 18 由下瓶傾入上瓶。蓋圓筒 A 中之輕氣能昇入 B 圓筒之頂部將空氣擠出也。輕氣對於水之溶解度極低，約僅為養氣對水之溶解度之半數。

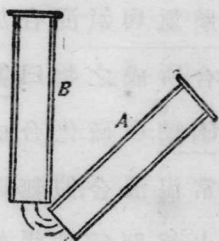


圖 18. 氫由下瓶傾入上瓶

① 雕阿^①為製液體氫之第一人。即利用液體空氣將氫

之溫度低減至 -205°C ., 同時使受 180 氣壓之壓力. 於是得一種無色透明之液體, 其沸點為 -252.7°C . 此為一切已知液體中之最輕者, 其密度於其沸點測之, 僅 0.07 耳. 將壓力減至極微, 使液體氫蒸發, 則得固體氫, 其狀如雪, 溶點約在 -259°C .

許多金屬有吸收輕氣之性質. 其吸收之量大概微少, 然有數種如金, 鉑, 及鈀^①等, 則吸收該氣體之量頗大. 細粉狀之鈀一容積, 於常溫吸收該氣體 800 容積以上云.

58. 化學的行爲.

氫在常溫係一不易與他物質作用之元素, 然於適當狀況之下, 與多數元素化合則成化合物即氫化合物^②. 將氫與氯混合, 加熱或曝之日光, 則二者猛烈爆炸而化合, 所成之物曰氯化氫^③. 於適當狀況之下, 氫與氮化合成氨精^④; 與硫化合成一種臭氣體名硫化氫^⑤. 輕氣養氣可於常溫混合, 似無顯明作用. 若加熱至 8000°C . 左右, 或觸以火焰, 則猛烈爆炸. 然於適當狀況之下, 可使輕氣燃燒於養氣或空氣中, 不起爆裂. 所成輕氣之火焰, 幾為無色而極熱. 輕氣之燃燒係氫與氧化合所致; 燃燒結果之生成

① Palladium ② Hydride ③ Hydrogen chloride ④ Ammonia
⑤ Hydrogen sulphide

物即水。實驗證明此二氣體化合時重量之比乃氫 1 而氧 7.94。該反應中所發之熱，計氫每克化合，可得 34,226 卡路里。

59. 燃燒輕氣之法。

欲燃輕氣於空氣中而不使爆炸，宜如下述行之：於瓶 A (圖19)內製輕氣，導之使經管 B，該管內貯一種物體(常用者為

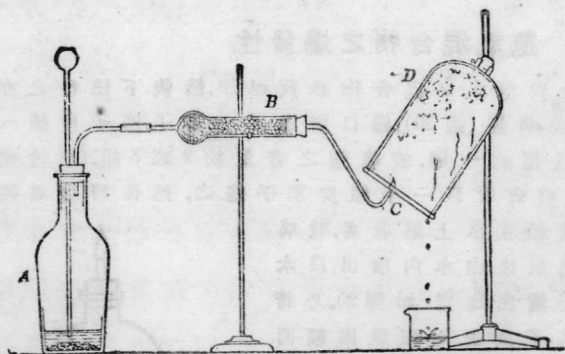


圖 19. 燃燒輕氣并集收其生成物

氯化鈣)。該物體善吸收氣中之水蒸汽，使之變乾。輕氣經管 B 後由管 C 逸散，而該管有一尖端。若俟空氣由此裝置排淨後點火，則輕氣即安穩燃燒，蓋尖端每次祇放少許輕氣與空氣中之氧氣接觸故也。今持一乾燥且冷之玻璃鐘或琉璃瓶 D，如圖，罩於焰上，則因輕氣燃燒而成之沸蒸汽即凝結於鐘之內側，成水滴下。

60. 氫與氧化合所需之溫度。

氫與氧或能於常溫化合，但其化合之速度甚緩，即經時

甚久，亦不能察知。溫度愈高，速度愈增。如邁爾^①及牢謨^②二氏驗悉該二氣體若以氫二體積與氧一體積之比配合，且熱之至 100°C ，雖經218日之久，亦並無化合之顯徵。然若熱至 300°C ，經65日，乃悉該混合物於種種試驗中有0.4%至9.5%起化合。若熱至 500°C ，則變化更速，惟尚須數句鐘始能完成。約近 800°C 時，則二者起爆炸而化合。此種急劇化合^③所需之溫度，可隨其所遇情況之些少變動而增減；此所謂情況之變動者，係外物如濕氣及容氣管之原料等之接觸作用所致。某種觸媒，如細粉之鉑，實際恆於常溫時起此急劇化合。

61. 氫氧混合物之爆發性。

輕氣與空氣之混合物必致爆炸，然依下法行之亦甚穩妥：取一玻璃鐘（圖20），鐘口緊密插一塞子，塞子中插一玻璃管，管之直徑約一釐，玻璃鐘之容量約2或3呎。（厚玻璃瓶去底亦可。）玻璃管以一小橡皮塞子塞之，然後將玻璃鐘盛滿輕氣，此氣係在水上集收者。玻璃鐘滿盛輕氣後由水內移出，以木塊架之，使鐘底臨空，如圖20。乃將管內之塞子取去，則輕氣因輕而由管逸出，可即燃之。輕氣既經逸出，則空氣由鐘底流入，與留於鐘內之輕氣相混合，即成輕氣與空氣之混合物，遂發大聲而爆炸，鐘底臨空，熱氣膨脹時有擠出之餘地，故爆炸不致危險。

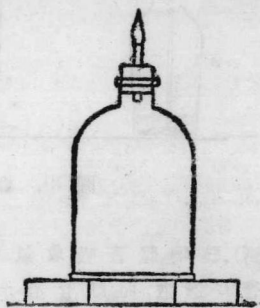


圖 20. 氫氧混合物之爆發

空氣中祇含養氣五分之一，餘者均屬不易與他物作用之氣，然其與輕氣之混合物，已如此爆炸；故若純粹輕氣與養氣相混，則爆炸尤猛，自不待言。故此種混合物，除祇製取少許，且由有經驗者為之之外，不宜輕於配製也。

① Meyer ② Raum ③ Instantaneous combination

62. 輕氣不助燃燒

輕氣在空氣內固易燃燒，然非維持燃燒之有力者。換言之，大概物體在輕氣內均不燃燒也。此可以燃燒之燭證之。以瓶或圓筒滿盛純粹輕氣，送燭入瓶內(圖21)，則輕氣因燭之火焰，在筒口燃燒，蓋輕氣在此遇空氣中之養氣故也。如將燭完全伸入純粹輕氣內，則燭之火焰滅。如將燭緩緩抽回，則當經過燃燒輕氣之層時，燭即復燃。

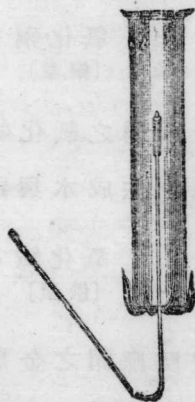


圖 21. 輕氣滅燭之火焰

63. 還原。

氫有與氧化合之傾向，故氫常能從許多氧化物中奪取其氧，例如使輕氣發生於 A (圖22)，通過管 B (管內滿

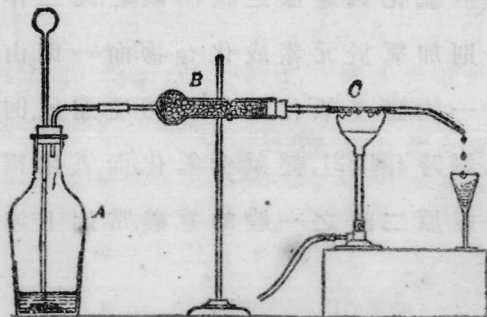
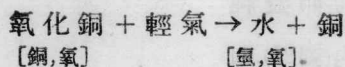
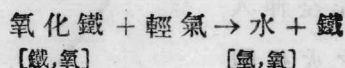


圖 22. 熱氧化銅因氫經過而還原

裝氯化鈣，使之乾燥不含濕氣，而後導之使過管 C；此管內貯氧化銅，熱之，使得適中之溫度，輕氣經過此管，則奪取氧化銅內之氧，其變化可表之如下：



大部分金屬之氧化物均如此作用，例如使輕氣經過熱氧化鐵則生成水與鐵：



如上之反應謂之金屬氧化物被還原，故還原^①云者，由化合物內奪取其氧之化學反應也，凡元素如氫，與氧有強愛力，可用以由化合物中奪取其氧者，謂之還原劑^②。

64. 氧化與還原之關係。

由上關於氧化與還原之說明觀之，此二作用正相反對甚明。一則加氧於元素或化合物，而一則由化合物奪氧。且時常一物體受氧化，則他物體受還原，例如輕氣通過熱氧化銅時（圖 22），輕氣受氧化，而氧化銅則受還原。又氧化及還原二語之一般的意義，常比上述者更廣，後當論之。

① Reduction ② Reducing agent

35. 氫氧吹管.

此係於純氧中燃氫之一種裝置；乃 1801 年美科學家羅伯·囉爾(圖23)，於其菲列得爾非亞實驗室中首先發明且採用者。前已言輕氣燃於空氣中時，其火焰極熱。若以純粹養氣代空氣，則所達熱度勢必尤高。蓋無不活潑之氣體吸收其所發之熱故也。氫氧吹管用以使此二氣化合；其構造係置一小管於一大管中，如圖 24。

輕氣以壓力貯於鋼筒內，先令通過外管 H(圖24)，於管 A 之開口一端以火燃之。於是由于貯養氣之同樣鋼筒導養氣入內管 O，則養氣與輕氣混合於管之末端。若欲令其發生極大之熱量則二氣放入吹管之分量，須正照其相化合之比例，即氫二體積氧一體積，或按重量，氫一分而氧 7.94 分也。其熱力之強，可以鐵絲或鉀等金屬片插入火焰中試之。鐵，非燃時，放光極亮，鉀雖有

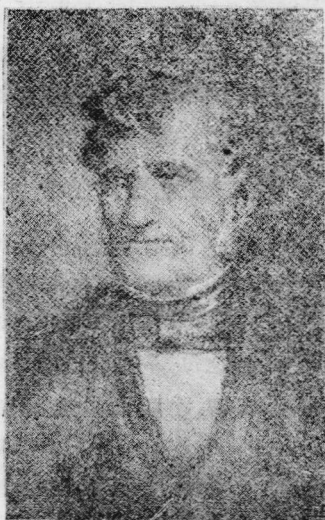


圖 23. 羅伯·囉爾
(1781-1858)

美國之最初化學家，發明許多精巧之實驗室用器；氫氧吹管，乃其一也

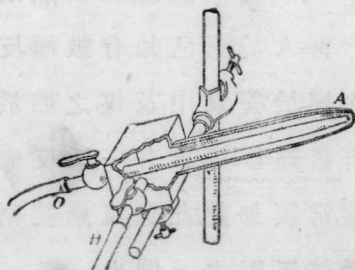


圖 24. 氫氧吹管

① Robert Hare ② Philadelphia ③ Oxyhydrogen blowpipe

高極熔點(1755°C.)，然亦可爲此火焰之熱所熔化。

氫氧火焰極熱，然幾全無光亮。若使此焰接觸於不熔之
物體如普通石灰(氧化鈣)之類，則其熱力極強，使石灰白熱，發
光極亮。吾人往往用此爲光之源，名曰德藍蒙德光^①或石灰光^②。

66. 鼓風燈。

此係一種裝置，與上同形，實
驗室中常用爲熱之源，名爲鼓風
燈^③(圖25)。其與氫氧吹管之不同
處，惟在管之大小而已。此燈不用
氫氧而用煤氣(或天然燃氣)與空
氣。煤氣及天然燃氣概係種種氣
態碳氫化合物之混合物(參觀第
二十五章)。其火焰之熱度雖不
及氧氫焰熱度之高，然亦足供許
多化學反應之用。

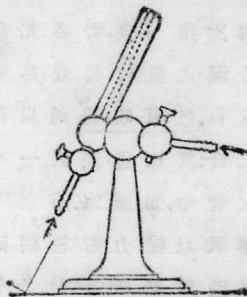


圖 25. 普通實驗室用鼓風燈

67. 發熱反應及吸熱反應。

吾人於上已知有數種反應發出熱量極多，例如輕
氣之燃於氧氣中，及煤之燃於空氣中等。此類反應統稱
之曰發熱反應^④。更有一種反應恆吸收熱，故欲使其反應
繼續，常須加熱。此類反應統稱之曰吸熱反應^⑤。糖之分解，
即吸熱反應之一例也。

① Drummond light ② Lime light ③ Blast lamp ④ Exothermic reaction ⑤ Endothermic reaction

68. 用途.

輕氣用以充滿氣球如戰時所用者,又用於氫氧吹管,爲光與熱之源;但此種用法,今已大減,因發生高溫有更省費之方法也。(參觀氧炔吹管及電爐)^①又有用爲藥料以精製某種油類,及變此類油爲固體脂肪者。

練習問題

1. 試紀述卡粉狄士氏平生之重要事蹟(參考百科全書)。
2. 一定重量之鐵能分解無限重量之蒸汽否?
3. 試核計氫氧二者重量之比(參考附錄中各氣體一併之重量)。
4. 養氣須由氫氧吹管之內管通過而不由外管通過,其故安在?
5. 石灰光所有之熱源爲何?
6. 於圖 21 所示實驗,火焰存於筒口否?
7. 試辨晰以下之術語:氧化,還原,燃燒,燃度。
8. 氧化常伴還原否?
9. 於圖 19 所示實驗,燃輕氣須先乾之,其故安在?
10. 於圖 22 所示實驗,試設一法以定該反應所成之水之重量。
11. 若氫與氧按重以 1 與 7.94 之比化合,則按體積,其化合之比如何?
12. (a) 輕氣 100 併燃燒成水,所發之熱有幾卡? (b) 所成之水有幾克?
13. 由硫酸 100 克製取輕氣,可得輕氣若干克?所得輕氣之體積若干?

① Oxyacetylene blowpipe

14. 今有氣槽容輕氣 250 呎。(a)問此容積之輕氣,其重若干? (b)欲得此容積之輕氣,問應電解若干重之水? (c)於此製法可發生養氣若干體積?

15. 今煎水 10 克而使其蒸汽經過熱鐵(圖15), (a)問放出之輕氣計重若干? (b)該輕氣有若干體積? (c)鐵之重量有何變化?

第五章

氣體之諸定律; 氣體運動說

69. 導言.

以上敘述氧, 氫之性質時, 已舉示其各一坩之重量; 然稍一思之, 當知氧, 氫之有此等重量, 唯在一種確定之狀況下爲然; 蓋一定重量之氣體之體積, 隨壓力溫度二者之變更而增減, 乃習知熟聞之事實也。

70. 氣體之體積隨壓力而變更: 波義耳氏之定律.

變更壓力可以變更一定重量之氣體之體積, 此凡有貫空氣於腳踏車輪或汽車輪之經驗者當所習知, 愛爾蘭之發明家 羅伯·波義耳 氏(圖26)遠在1660年發表下律, 確示體積與壓力間之關



圖 26. 羅伯·波義耳(1627-1691)
最精密之初期理化實驗家之一

係：凡一定重量之氣體，設其溫度不變而壓力變更，則其體積與其所受之壓力成反比例。此普遍之法則，謂之爲

波義耳定律。故如一定重量之氣體，於某壓力之下有體積 1000 cc.，今若使壓力增至二倍或四倍，則其體積可遞減爲 500 cc. 或 250 cc.；又若壓力減半，則其體積可增加爲 2000 cc.，此即表示凡一定重量之氣體，其壓力與其體積之積，不論壓力或體積任何變更，恆爲定數。茲用 P 及 V 表氣體之某壓力及其體積，用 P_1 及 V_1 表該氣體之另一壓力及另一體積（溫度不變），則波義耳定律可以表示之如下：

$$PV = P_1V_1$$

71. 標準壓力。

爲實用計，吾人須擇用某種之標準壓力，藉便討論一般氣體之體積時有所準據；於此，以選用海面上大氣之平均壓力最爲便捷，即每平方糎受 1033.3 克之壓力是也。用此法表示壓力，若以其所起水銀柱之高度代爲表出，則更爲方便。用此法表示時，則標準壓力即等於水銀柱高 760 耗之重壓——此乃氣壓表在海面上之平均高度也。

72. 波義耳定律之例解.

用一範例可以說明此定律之意義,假設某氣體於壓力 720 耗時測之,其體積為 620 cc., 今若溫度不變而壓力變為標準壓力(760 耗),其體積若干?

依波義耳定律, $PV = P_1V_1$. 今將題中所示之數值代入上式,則 $760 \times V = 720 \times 620$; 即 $V = 587.4$ cc.

73. 體積因溫度而變化.

設壓力不變,則凡氣體常隨溫度之上昇而膨脹,隨溫度之下降而收縮,且尤可注意者,一切氣體溫度之變化

相同時,則其體積變化之程度亦相等. 設某氣體之體積,已於百度計之零度測定;

由實驗可知溫度升高一度,

可使該體積膨脹增加原體積之 $\frac{1}{273}$; 升高五度, 則增加

$\frac{5}{273}$. 設於 0°C . 取該氣體 273 cc.; 則該氣體於 1°C . 時之體積為 274 cc.; 於 -1°C . 時為 272 cc., 於 -5°C . 時則為 268 cc. 同樣

氣體之收縮率亦然,例如在

-272°C ., 其體積為 1 cc., 而在

-273°C ., 為零. 其實當然不至



圖 27. 百度計與絕對溫度計之比較

成零；由實驗知達此溫度之先，一切氣體均已變為液體或固體矣。氮為最難液化之氣體，而於 -268.7°C . 亦化成液體矣。

74. 絕對溫度。

設製一溫度計，使其分度與百度計之分度等距，但將其與百度計之 -273° 相當之點作為零點，則水之冰點（在百度表為零度）當為 273° 。前節所述 273 cc. 之氣體，在此表之 272° 時為 272 cc.；在 271° 為 271 cc.；在 1° 為 1 cc. 在此種計上，氣體之體積常與溫度之度數成比例。此溫度計曰絕對溫度計；^①百度計之 -273° 在此計為零點，謂之絕對零點。^②絕對溫度之計法，即加 273° 於百度計之溫度度數得之；如百度計 30°C .，等於絕對溫度 $30^{\circ} + 273^{\circ}$ （即 303° ）（A）。圖 27 即所以示百度計與絕對溫度計數種溫度之比較也。

75. 給呂薩寬氏（或查理氏）之定律。

關於溫度及於氣體體積之影響，有一普遍之法則：設壓力不變，則凡一定重量之氣體於各溫度所佔之體積，與各該溫度之絕對溫度成正比例。

① Scale of absolute temperature ② Absolute zero point

設 V 及 V_1 為溫度 T 及 T_1 時之各體積,則得以下之比例:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{T}{T_1}$$

以上之普遍法則曰給呂薩克氏(圖28)之^①定律,或曰查理氏之^②定律,蓋二氏均屬法人,同於1801年發明此定律。



圖 28. 約瑟·路易·給呂薩克氏
(1778-1850)

著名之法國化學家,關於氣體及其相互間化合之比等,貢獻甚多

76. 給呂薩克定律之

例解.

下例得明此定律之意義:
某氣體之體積於 70°C . 測之為 650 cc .; 於 10°C . 測之體積若干?

先將百度計之度數改為絕對度數:

$$70^{\circ}\text{C}. = 70 + 273 = 343^{\circ}\text{A}.;$$

$$10^{\circ}\text{C}. = 10 + 273 = 283^{\circ}\text{A}.$$

今將相當數值代入前式,

得

$$\frac{V}{650} = \frac{283}{343}; \text{即 } V = 536.3\text{cc}$$

77. 因壓力及溫度同時改變而起之體積改變.

設壓力及溫度同時改變,則體積可分段算出,例解

① Law of Gay-Lussac ② Law of Charles

如下:

設有一定重量之氣體,於溫度 100°C . 壓力 760 耗時測之體積為 500 cc.;若於溫度 50°C . 及壓力 740 耗時測之,其體積應為若干?

先就壓力之改變算之:

$$PV = P_1V_1$$

$$740 \times V = 760 \times 500; \text{即 } V = 513.5 \text{ cc.}$$

再就溫度之改變換算之:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{T}{T_1}; \text{即 } \frac{V}{513.5} = \frac{323}{373}; \text{即 } V = 444.6 \text{ cc.}$$

78. 標準溫度及標準壓力.

氣體之體積既因溫度,壓力二者而改變,則擇定標準溫度及標準壓力以作一般氣體體積之準則,自屬當務之急.標準壓力已如前述,採用水銀柱高 760 耗之重壓;至於標準溫度則採用冰之融解點,此乃百度計之 0° 即絕對溫度 273° 是也.凡論氣體體積,如無特別載明,當知所云體積即指其於標準溫度及標準壓力之下所佔之體積而言.

79. 標準溫度壓力及實驗室之溫度壓力.

實驗室內之溫度壓力,常非標準之溫度壓力.然既知一氣體在實驗室溫度壓力所佔之體積,由此計算該氣體於標準溫度壓力所佔之體積則易易也.下題即示此計算之方法:

今於壓力 740 托，溫度 25°C . (即 298°A .)，測定某氣體之體積為 300 cc.，若於標準溫度壓力 (0°C . 及 760 托之壓力) 下測之，其體積當為若干？

先算出因壓力變化而起之體積變化：

$$300 \times 740 = 760 \times V; \text{即 } V = 292 \text{ cc.}$$

次行對於溫度之修正：

$$\frac{V}{292} = \frac{273}{298}; \text{即 } V = 367.5 \text{ cc.}$$

80. 水蒸汽壓力.

實驗室中測量氣體，普通用如圖 29 所示之分度管，聚氣於水上行之。例如欲測量由某化學作用所生養氣之體積，將該氣體導入管 A，此管乃預經滿裝以水倒插在水筒內者，如圖。然有一定量之水蒸汽(視溫度為增減)於此與養氣俱進管內，故所測管內之氣體之體積，為養氣之體積及水蒸汽之體積之和。

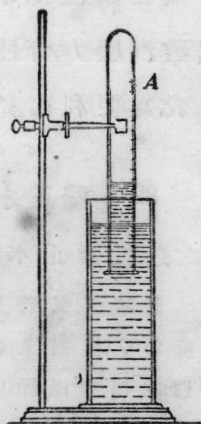


圖 29. 測量液體上所聚集之氣體之體積

81. 水蒸汽壓力之修正.

純粹養氣無論在任何種溫度壓力關係之下，其所

估體積可決定之如次：

先將管 A (圖 29) 上昇或下落, 令其內外水準相平。如是則大氣作用於筒內水面之壓力, 勢將逼水昇入管 A 內, 而管 A 內水蒸汽及養氣所作用之合成壓力, 勢將制止管內水之上昇, 以致兩相平衡。設突將水蒸汽移開, 但使體積仍舊不改, 則養氣將佔全體積, 而其作用之壓力將等於大氣壓力減去管內水蒸汽所作用之壓力也明矣。如知管內水蒸汽之壓力, 則可由大氣壓力減去, 即得養氣在該溫度單獨所作用之壓力。凡一切尋常溫度之水蒸汽壓力, 皆已測定; 本書之附錄中, 即有一如此之壓力表, 爲便利起見, 壓力統用其所支持水銀柱之高表之。

82. 修正水蒸汽壓力之例。

茲可修正水蒸汽壓力, 而其方法, 可以一例解明之:

設聚某氣體於水上, 在壓力 740 耗 (如氣壓計所示之度數) 溫度 25°C . (絕對溫度計 298°), 測其體積爲 300 cc., 試計算其純氣體在標準溫壓 (0° 及壓力 760 耗) 所佔之體積。

先計算其因壓力變化而起之體積之變化。該氣體既聚之於水上, 則其所受壓力爲 740 耗減去水蒸汽於 25°C . 所作用壓力; 即 23.69 耗; $740 - 23.69 = 716.31$ 。用波義耳法則:

$$300 \times 716.31 = 760 \times V; \text{ 即 } V = 282.7 \text{ cc.}$$

次行對於溫度之修正:

$$\frac{V}{282.7} = \frac{273}{298}; \text{ 即 } V = 258.9 \text{ cc.}$$

83. 測定蒸汽壓力.

液體之蒸汽壓力，無論其於何溫度，可由實驗測定之。如次：用長氣壓管二支，裝滿水銀，倒置之於一開口器中，該器內亦貯有水銀（圖30），導入被試驗液體數點於任一管之開口端內，則導入之液即上昇於水銀柱頂，該液即起蒸發，且因所成氣體之壓力作用，故水銀相當降下。至達平衡狀態後，兩管之水銀準差，即圖中A及B兩點線間所包含者，乃與該液體之蒸汽壓力以水銀柱之耗數表者相當。該管周圍可環以熱水套，故無論欲何溫度均可得之。

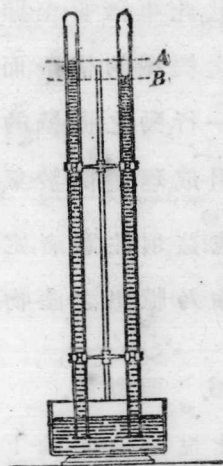


圖 30. 液體之蒸汽壓力測定方法

84. 定律在科學上之意義.

波義耳定律及給呂薩克定律不過對於實驗所決定之氣體之行爲作概括之陳述而已。其於所紀之事實未加解釋，正猶其他一切自然定律也；其於自然亦並無強迫服從之限制，非若立法機關所立之法，束縛社會，強其服從也。此等定律無非將實驗中觀察所得一種自然之習慣，簡明紀述之而已。

85. 組成理論.

一切氣態物質，不論其化學特性如何，均具極簡單

之性狀，此事確實至顯著。凡此頗似因氣體通有一種極簡單之機械的構造而起，若然，則吾人即可臆像一種殆具同一行動之機械的範式。如此構成此種心像之方法，謂之組成理論。^①關於氣體性質之最滿人意之理論謂之運動說。^②茲須注意者，定律導自實驗，表確不可易之真理，而理論乃臆想之產物，故常易陷於誤謬也。

86. 運動說。

此說蓋根據於下列諸普遍之假定而立論：

1 一切氣體非由相連續之物質造成，而為極微細而比較的遠相隔離之顆粒所構成。此類顆粒名之曰分子。^③密爾根氏嘗計算 1 cc. 氣體於標準溫度壓力之下，含有 2709 億億之分子。夫氣體之可壓縮，正可藉此假說以解釋之，蓋壓力不過密集各分子使佔較小之地位也。

2 分子恆以極大速度在一直線上運動，彼此互相衝擊，觸於容器之周側則反撥。例如輕氣之分子運動速度每秒約一英里。凡氣體之易於擴充至於無限，以及氣體使其容器周側感受壓力，均可藉此假定以解明之。

3 熱對於氣體之影響，即增加其分子之速度也。若其分子之速度一旦增加，則氣體必至於擴張；給呂薩

① Forming a theory ② Kinetic theory ③ Molecules ④ Millikan

克定律所論氣體體積及溫度之關係，正可適用此理以解明之。

4. 依後章所述之理由，又假定：凡一種氣態元素（或化合物）所含之一切分子，皆有同一之重量，但異元素之分子，其重不同；又於同溫度壓力之下，同一體積之一切氣體，皆含同數之分子。後一段之假定乃意大利物理學家亞佛加德羅氏所提出，曰亞佛加德羅氏之假說（第294頁）。

87. 理論之價值。

科學之理論如運動說，其價值彰彰甚明。此種理論常與吾人以心像，俾助記憶種種之事實。吾人當構成一種理論後之最初衝動，即欲藉一切可能之方法，以實驗證明之也。故此種理論常引起種種實驗，若無此種理論則實驗當不至於舉行矣。實驗尙未斷然決定之時，此種理論可使吾人定一大旨。實驗錯誤之結果，每致錯誤潛入於吾人智識之中，而此種理論往往可以糾正智識上之誤謬。然過信理論，事亦至危。蓋其全部或均錯誤，而以其似乎可信之故，遂致吾人心滿意足而不能發見其誤謬也。即此似是而非之點，每足阻吾人之舉行實驗以暴

① Avogadro's hypothesis

其錯誤而置吾人於正軌也。

諸如此類之理論，宜視爲爲便利而設者；雖其中確有許多乃表物之真性者，然亦未必盡然，故如吾人視其爲一種方便，而時加改正之，或隨吾人智識之進步而廢棄之，則理論之爲理論，始達其用；倘視爲永久不易之真理則誠無益而有害矣。

練習問題

1. 輕氣球有晚間下墜中午上昇之傾向，何故？
2. 輕氣球之底開而不密閉，何故？
3. 試換算華氏溫度計爲攝氏溫度計？
4. 大氣所含水蒸汽之量，因溫度而增加，有何證明？
5. 自動車上之汽化機①須隨大氣狀況之變遷調整之以保其最大效率，何故？
6. 某種氣體於壓力 740 耗之下，體積爲 200 cc. 如溫度不變而壓力增至 760 耗，其體積若干？
7. 某種氣體於溫度 18° 之實驗室中測之，體積爲 150 cc. 如溫度減至零度，而壓力不變，則該氣體之體積如何？
8. 某氣體之體積於溫度 20° ，壓力 740 耗測之，(a) 如壓力不變，於何溫度，體積可變成二倍？(b) 如溫度不變，於何壓力，體積可變成二倍？
9. 有重若干之輕氣，受大氣壓力作用，於溫度 18° ，壓力 746 耗之實驗室中其體積爲 1250 cc. (a) 於標準溫度壓力之下，該氣體應有體積若干？(b) 試計算輕氣此體積之重量。
10. 有某種氣體受大氣壓力作用，於溫度 20° ，壓力 740 耗之實驗室中，其體積爲 1000 cc. 次日實驗室之溫度降至 12° ，而壓力增加至 752 耗，問體積若干？

① Carburetor

11. (a) 今有養氣 2500 cc., 於溫度 20° , 壓力 740 耗測之於水上。問於標準溫度壓力之下其體積若干? (b) 試計算該體積氣體之重量。(c) 發生此量之養氣須氯酸鉀若干?

12. 今欲於溫度 16° , 壓力 750 種之實驗室中製取輕氣 100 蚘於水上。問須硫酸若干克?

13. 今於溫度 20° , 在 50 蚘筒中壓縮養氣, 使壓力達 100 氣壓, 如溫度不變, 而壓力變為一氣壓, 則其體積應有若干?

14. 設前題盛養氣之筒於火災中熱至 500° , 則於此溫度, 該氣體發生若干壓力?

第六章

水；二氧化二氫

88. 歷史.

卡汾狄士氏自發見輕氣後，更精研其性質。在其實驗之進程中，曾爆炸輕氣與養氣之混合物，而見有小量似露之物質生成。氏製成該液體多量而研究其性質，則知其為純粹之水。然當時卡氏未徹悟其發見之意義，逮後數年拉瓦錫氏又行卡氏之實驗，加以正當之說明，乃證實卡氏所得之水，確由氫、氧結合所成，而此水應視為此二元素之化合物。

89. 所在.

水之豐富及其分佈之廣，皆吾人熟知之事實也。地球上寒帶廣漠之區，盡為由水所成之冰所掩蓋，而液態之水約遮地面七分之五，間於深處水深約達六哩許。水有大量存於泥土中，而其蒸氣則為大氣之主要成分。有機體之重量，過半為水所構成。例如人體中之水，約70%。其他幾種普通食物中所含之水分，則詳載於360頁之

表中。

90. 天然水之成分。

天然界之水，常含有多少物質，蓋水與岩石及泥土接觸時所吸取者，如將此水蒸發，則其所含物質即成固體而殘留。雨水雖為天然水之最純潔者，然亦含有微塵及氣體，蓋從大氣中溶帶而來也。天然水中之外來物質有二種：即礦物質及有機物質是也。

1. 礦物質。凡水中所含礦質之量及性，隨其所接觸之岩石及泥土之性而異。普通淡水中所含者為食鹽及鈣、鎂、鐵等之化合物。凡水含礦質稍多者，不與肥皂生鹼泡，此種水曰硬水^①；其含巨量之礦質者或稱之曰礦泉^②。水之幾無或全無礦質如雨水者，則稱為軟水^③。平均一畝之河水約含 0.175 克之礦質。一畝海水約含 40 克之礦物質，其中四分之三強為食鹽。大鹽湖^④之水，一畝含 150 至 200 克之礦質。

2. 有機物質。天然水中除礦質外，尚含多少有機物質，溶解或浮泛於其中。此有機質不僅為在地面上或溝渠中之有機物之腐敗死體，且常同時含有一種活潑之微生物。淺井或人煙稠密處之溪流之水，每含此種物

① Hard water ② Mineral water ③ Soft water ④ Great salt lake

質甚多。

91. 水中外來物質對於衛生上之影響。

天然水供給尋常飲用及家庭用，故一旦入人體中，其所含之外來物質發生如何影響，乃一重要問題。由經驗而知水中之普通礦質，大概無害於衛生。在事實上，水中如有此種物質之相當量，似反有利益，以人身骨骼構造上所必需之礦物成分，可藉此得一部分之供給也。

水中之有機物質，包含無生機之腐成物及有生機之微生物。腐成物在飲料水中為量甚微，實於衛生毫無影響。反之水中若含微生物略多，則用以充飲料，實甚危險。此類有機體中實有許多無害，而實亦有為致病之直接原因者。傳染病如腸熱病(腸窒扶斯)曾經查悉係因一種微生物侵入體中而發。此種有機體易由染者身上混入水溝，而由水溝流入防護不良之水源，使水汙濁。腸熱病之蔓延概由斯道。故吾人可得一結論，曰：除少數例外不計，凡病症之可歸結於水源者，不因水中含有礦物質，亦不因其中含有有機物之死體，但因其存有一種活微生物耳。

92. 水中穢質之檢查。

凡欲決定一種水中所存固體物質之總量，可蒸發

其一定體積至乾而權其渣滓，於是更研究此渣滓而決定其所含之礦質之性。此種實驗謂之礦物分析^①。凡決定一種水是否適用於製造目的如汽鍋爐所用者，則此分析甚重要也。

反之如欲測定一水是否適合飲用，則必須經過所謂衛生分析^②之手續。此種分析，不僅測定水中所存之有機物質，而且測定該物質腐爛時分解所成之產物（主要者為鹵精，亞硝酸鹽，及硝酸鹽）。由上所述，可推知單用黴菌學的檢驗^③即足矣。此種檢驗固極重要，而測定其已死之有機物質與其分解所成之產物，同屬至有價值之舉，且可藉此以補黴菌檢驗所得之智識；因致病之有機體經過溝渠水道混入水源，故其他有機物質偕之俱來，水源因之即成穢濁矣。故此種水切不可用，蓋雖有時其中或無致病之有機體，而致病之有機體隨時有可混入之機會故也。

茲須附言者，飲料水之物理的性質，罕能為其純潔之鐵證。水有至清無臭而不宜於飲用者。且常所採用檢水純潔與否之簡單方法，亦不可靠。惟有經驗之化學家及黴菌學家能行至可憑信之分析方法耳。

① Mineral analysis ② Sanitary analysis ③ Bacteriological examination

93. 淨水之法。

淨水之通常方法計有三種，即蒸餾^①、煮沸^②及過濾^③是也。

1. 蒸餾。淨平常之水之最有效驗之法，厥惟蒸餾法。此乃將水煮沸而凝集其所成之蒸汽也。實驗室中常用之法如下：

將普通之水注入燒瓶A中，煮沸之(圖31)。使蒸汽通過凝

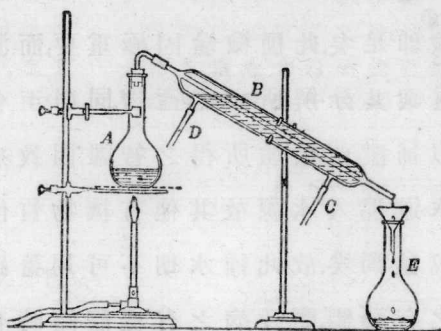


圖 31. 實驗室中製蒸餾水之法

集器B；此器普通名之曰利比喜氏凝集器^④，其主要之構造為一小玻璃管封入於一大玻璃管中，兩管間之空處裝滿冷水，此冷水由C處流入，而從D處流出。因此裏管常冷，蒸汽通過即凝集，所成之水以接受器E收取之。

蒸汽凝成之水，名為蒸餾水^⑤。原來水中所存之礦質

① Distillation ② Boiling ③ Filtration ④ Liebig condenser

⑤ Distilled water

不能揮發，乃遺留瓶中，而有機物質亦大都遺在其中也。然有小量可分解為揮發體，隨蒸汽而俱來，存於蒸餾水中。惟此種物質存於蒸餾水中之百分率極小，故於使用淨水之化學反應，概無影響；如有時需要極端純潔之水時，則更須處理之。

化學家之一切工作，幾無不需用蒸餾水。大量之蒸餾水亦用於製冰以及飲料。

商業上之蒸餾法 大規模製蒸餾水之法，乃以金屬製之汽鍋 *A* (圖 32) 使發生蒸汽，通過管 *B* 而至於錫製之凝集圈 *C*。此管繞成螺旋形而以冷水圍之，水由 *D* 處流入從 *E* 處流出，其蒸餾水則收聚於一相當接受器 *F*。

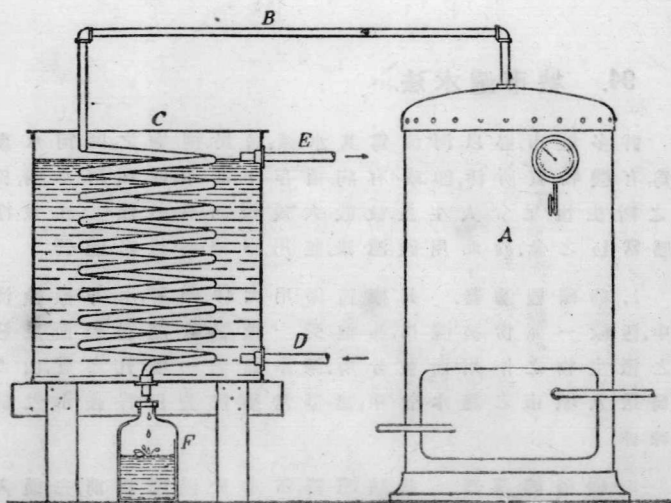


圖 32. 商業上製蒸餾水法

2. 煮沸。淨水供飲用者，僅須滅除其所含之微生物可矣。若應淨之水量極少，如供家庭中飲用者，則將水煮沸至十分或十五分鐘實為最便利之消毒方法。微生物受帶濕氣之熱即死，然嚴寒對於微生物之影響實較微也。

3. 過濾。小規模之濾水法有二：(1)使水通過粗鬆之物質如木炭，(2)壓之使入粗疏之泥器如張伯倫巴士特之濾器^①中。此種濾器設常清潔完備，則可除去有機物質之大部分，而礦質除浮泛於水中者外不能屏棄。此類家常用之濾器，不易保存，不久即不堪用，其用途現已不廣。

94. 城市濾水法。

許多城市，必以河流為其水源。居民稠密之區，河水幾無不為有機物質所污，即或有病菌存乎其中。此種河水對於城市之衛生恆足令人生畏，故設大規模而有效驗之法以淨之，誠屬當務之急。於此用過濾法，並用兩種普通之濾器：

1. 砂礫緩濾器。其構造係用大砂礫層，水乃徐徐流經其中。污穢一部份被濾出，其他受一種聚於濾器表面成膠狀層之微生物之作用而被分解。淨水通過一多孔之管，由此用唧筒送入城市之總水管中。濾器常須掩蓋以保護水及防止其凍冰。

2. 機械的濾器。此類濾器，當水於過濾以前，先通入大

Chamberlain-Pasteur filter^①

水池而與一種化合物如硫酸鋁或硫酸鐵勻混；此類化合物在水中成少量之膠質固體。於是流入沉降池，而膠質固體隨帶許多有機物質徐徐沉降於此池底。然後將此未全濾清之水通過砂礫層而濾之(圖33)。用此法時，常加幾許

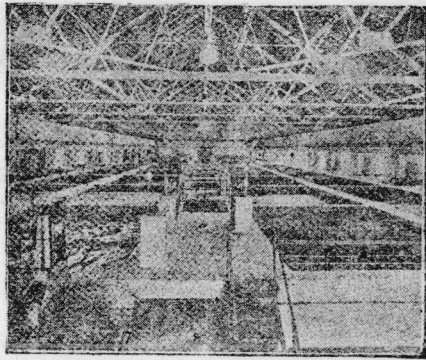


圖 33. 現代城市濾水場之砂礫濾器

殺菌劑，如氯(圖77)於水中，蓋微生物如有未為膠質固體所除去者，得藉此以撲滅之。機械濾器現今非常盛行，殆已壓倒砂礫濾器，因此法迅捷而成效亦良也。

過濾用水對於城市衛生之影響，於平常腸窒扶斯之數，在施行有效之濾水制之城市竟減少75%之事實昭昭明矣。

95. 水之自淨法。

水為有機物質所污者，曝之空氣中，有自淨之傾向，此固吾人所夙知者也(34頁)。此因空氣多少可溶解於水中，而所溶解之養氣，漸能氧化水中之有機物質而毀滅之；故水中即有微生物亦以缺乏食物而死。然欲淨污水使得安全以供飲用，則此法不足憑也。

96. 水之性質。

純潔之水，為無臭無味之液體，淺層無色，深則呈蔚藍之色。在尋常一氣壓之下，至百度計零度則凍冰，百度則沸。水當溫度降下，體積逐漸縮小，直至四度為止；從此

溫度再降，則逐漸脹大。水以有溶解他物體之能力著名，故為最普通之溶劑。即如玻璃及各種岩石，尋常視為不溶於水之物體，其實亦溶於水，特其容量至有限耳。化學家常用物體之水溶液，而不用其原物體，良以一般化學作用較易起於溶液中故也。

97. 化學行爲。

水為極堅固之物體，換言之，即不易被分解。若專用熱使水分解而為元素，必須極高之溫度。即在2500度，所熱之水僅有10%被分解耳。水雖對於熱之作用極其堅固，然可用別法，如藉電流作用或數種金屬等，以分解之。

水雖含有88.81%之氧，然非良氧化劑，蓋因其極堅固不易分解之故。然數種金屬及碳，得為極熱之蒸汽所氧化，使氫分離。水又能直接與許多化合物化合，而其所成之物體謂之含水物。膽礬及明礬為此等含水物之佳例。

98. 分解熱與合成熱相等。

分解水為氫、氧，須極高之熱度，正與氫、氧化合時放出多量之熱相符合，蓋分解一化合物為其元素時所需之熱（分解熱），等於該化合物由其元素合成時所放之熱（合成熱），已經證明故也。

① Hydrates

99. 水之精確組成之測定。

因欲精測水中所含氫、氧二元素之比例，曾舉行種種至慎至密之實驗矣。至所用之種種方法，吾人頗有詳加研究之價值，蓋此等方法常足說明測定其他化合物之組成之方法也。

凡測定一化合物之組成，可用下例二種普遍之方法：其一即分析法^①，乃直接或間接分解一定重量之化合物為其組成之元素，以決定其組成之各元素及各該元素之重量；其二即合成法^②（76頁）乃測定各成分元素結合成一化合物時相互間之比例，故此法與分析法正相反。

1. 基於分析之法。通電流於水，易分解為其組成之元素，前已述之矣。此時所放出之氣體之體積，甚易精測，且吾人若知其密度即能推算其重量，故藉此法似或易能測定水之精確成分。然實驗時所放出之輕氣之體積，雖皆略大於養氣之體積之二倍，然結果均不相符。實驗證明此法有數種差誤之原因。例如所放出之氣體，發泡經過水中時，則水溶解養氣甚於輕氣。故以此法所得輕氣與養氣二者之量之比，不能精確表示該二元素之化合比。較精確之結果可藉合成法而得之，今述之於

① Method of analysis ② Method of synthesis

次。

2. 基於合成之法。此法測定氫與氧直接化合成水之量。茲將該法之備供講室中解釋用者加以說明，即足以示其所包含之普通原理。

氫、氧之化合，係行於測氣管^①(氫氧合成管)中。此管係有刻度之玻璃管，長約 60 釐，徑約二釐，一端封閉(圖34)。近於封閉之端熔插鉑絲二條，其在管中之兩端，約離 2 耗或 3 耗。管中滿裝以水銀而倒植之於水銀槽中。通入純潔之輕氣，約占管中四分之一。將管降下，直至管內外之水銀面等高，於是記取輕氣之體積。將約等體積之純養氣導入，再記取其體積。此即二氣體之總體積也。從此減去輕氣之體積，則所導入之養氣之體積可以決定。

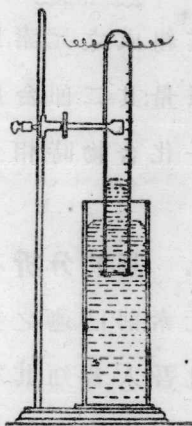


圖 34. 簡式之測氣管

將鉑絲與誘導圈連接，由絲端放出電花，使管中氫氧化合。爆炸之微音立起。管中之水銀，初則壓下，蓋因管中氣體由爆炸而發熱膨脹，但旋即上升，占氣體之空位，因氣體已化合成水也。液態之水，體積極小，故計算時可無庸顧及。

欲使剩餘氣體與錄之溫度勻一，則器具應放置數分鐘，而後記取該氣體之體積。然後將該氣體試之，以確定其為輕

① Eudiometer

氣或養氣，因實驗已證明其決不為氫氧之混合物故也。由此所得之智識，即得算出水之組成。

100. 組成之計算。

設所記錄之各體積如下：

| | |
|-------------------------|----------|
| 輕氣之體積..... | 20.3 cc. |
| 輕氣及養氣之體積..... | 38.7 cc. |
| 養氣之體積..... | 18.4 cc. |
| 化合後遺下氣體之體積(查得悉為養氣)..... | 8.3 cc. |

如此則知 20.3 cc. 之輕氣，與 18.4 cc. 減 8.3 cc. (即 10.1 cc.) 之養氣化合；即約二體積之輕氣與一體積之養氣相化合也。養氣比輕氣重 15:9 倍，故二氣體以重計之，其化合之比為 1 分輕氣對 79.4 分養氣也。

101. 便式之測氣管。

如圖 35 所示之測氣管與圖 34 所示者不同，亦有時用之，因藉此更易使輕氣，養氣在同樣溫度及壓力之下以作比較也。用此器具，易能記取同一溫度壓力下之輕氣，養氣之體積，而直接比較之。器中滿貯水銀，而將輕氣養氣導入管 A。實驗與前者相似，惟記取氣體體積以前，或將錄加入管 B 或藉活門 C 將水銀由此放去，直至二管中水銀之高正相等，於是閉

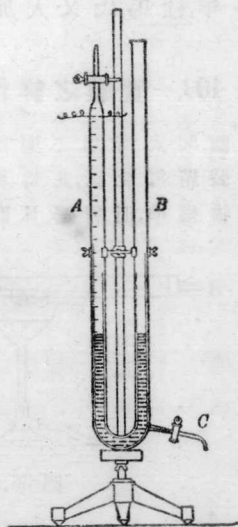


圖 35. 便式之測氣管

於管 A 之氣，所受之壓力與大氣壓相等。氣體之溫度，及其所受之壓力，在實驗時終始如一，故輕氣、養氣及剩餘氣體之體積，可由管上記取度數而直接比較之。

102. 柏濟力阿斯氏與杜馬氏所用之法。

二氏之事績，由歷史上觀之，津津有味，蓋測定水之組成稍近精確者當推二氏為嚆矢。其所用之法，極為巧妙，以間接方法測定二氣之重量，而不直接權其氣體，以免煩難也。其法在 1820 年，^①柏濟力阿斯氏先用之，逮後 1843 年，^②杜馬氏又大加改良。

103. 實驗之詳情。

圖 36 表所用之測器之要部，玻璃管 B 盛氧化銅；管 C 及管 D 裝滿氯化鈣，此為易吸水之物體。將二管 B 及 C 並其所裝之物權準，而將器且照圖連接。於是使純粹輕氣徐由 A 流

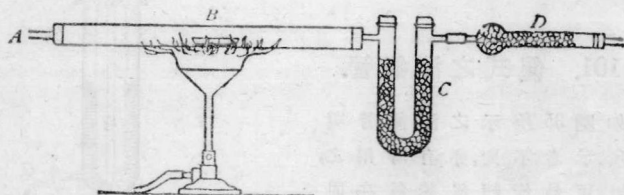


圖 36. 測定氫氧化合成水之重量比例之器具

入，慎將管 B 盛氧化銅之部分熱之。輕氣與氧化銅中之氧化合而成水，即為管 C 中之氯化鈣所吸收。D 管中之氯化鈣防空氣中之濕氣進入管 C。如此繼續進行卒至化得巨量之水。

① Berzellius ② Dumas

於是再權二管 B, C 。管 B 所失之重，正等於氧化銅所失之氧之重。管 C 所得之重，正等於所成之水之重。此二重量之較，當然等於實驗時所成水中之氫之重也。

104. 杜馬氏之結果。

杜馬氏於 1843 年測得之結果可彙之如下：

所成之水之重量……………945.439 克

氧化銅放出之氧……………840.161 克

水中氫之重量……………105.278 克

由此實驗，則知水中氫與氧之比例為 105.278 : 840.161 即 1 : 7.98 也。

105. 摩黎氏之結果。

近年美國化學家摩黎氏^①，以極精密之手段測定水之組成。終始翼翼，細權所化合之氫與氧及其所成之水。照氏所得之結果，則設 1 分重量之氫與 7.94 分重量之氧，化合而成水。

106. 比較所得之結果。

由上所述，可知惟用實驗可以測定一化合物之組成。其所用之法不同，其結果亦因之微異。方法愈精密，實驗愈熟巧，則結果愈得精確。化學家一致承認關於水之組成，以摩黎氏所得之結果為最精確。據此結果，故吾人

① Morley

應視水爲含氫1分重與氧7.94分重之比之化合物也。

107. 定量之水蒸氣與化成此水蒸氣之氫氧之體積間之關係。

如於尋常溫度，行水之定量合成法，則氫氧化成之水蒸氣立即凝集。其所成之液體，體積甚小，故可略而不計。然若於溫度百度或百度以上時行此實驗，則所成之水蒸氣不復凝集，於是可比較水蒸氣之體積與成此水蒸氣之氫、氧之體積。由此法曾證得二體積氫與一體積氧化合，恰成二體

積水蒸氣(量體積時之溫度壓力均同)。由此觀之，可知此等體積間之關係可以整數表之。參觀以後各章所論，則亦知此結論凡關於氣態元素之相化合，得隨在通用而不悖。

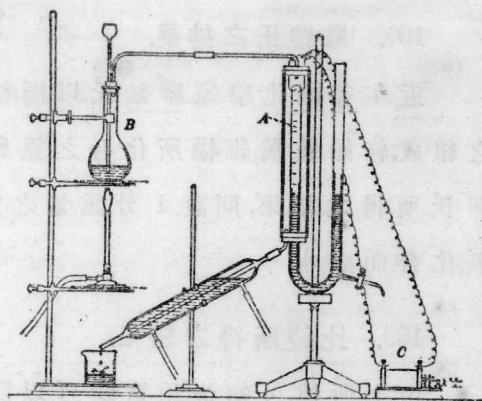


圖 37. 比較氣體體積之器具，藉以測定氫氧之化合體積之比，及各體積與所成蒸汽之體積之比

圖 37 乃比較氣體體積之器具，藉以測定相化合之氫、氧

及其所成水蒸氣之各體積間之關係。測氣管之一臂 A 之周圍，套以外管，於該外管通以水蒸汽，或沸點百度以上之液體之蒸氣（常用戊醇^①），導入一體積養氣與二體積輕氣之混合物於測氣管中，後，置適宜之液體於瓶 B 中煮沸之。其所成之蒸氣通經管 A 及外管間而凝集，如圖。待管 A 中混合氣體之體積穩定，即氣體之溫度與蒸氣同，且將壓力照前實驗改正妥當（參看圖 35 之解釋）後，記取測氣管之標度。於是誘導圈 C 之電花使二氣體化合。化合之後，改正其壓力，俟蒸氣體積一定以後，再記取其標度。如此所得蒸汽之體積，可直接與其化合成此蒸汽之氫氧之體積相比較。

108. 組成不變之定律。

凡化學作用必需一定重量之物質，前已注意及之矣（35 頁）。吾人於茲已知極純粹之水，不論水之來源如何，俱有一定不移之組成。蓋無論得諸純冰之融解，或由蒸汽之凝集，抑自氫氧之直接化合，其組成恆全相同；即 1 分重之氫與 7.94 分重之氧之比也，或以百分率表之，即氫含有 11.19% 而氧含有 88.81% 也。實驗之結果，知此種理論可通用於一切純潔之化合物。如氯酸鉀常含 31.90% 之鉀，28.94% 之氯，及 39.16% 之氧；又氧化鈹常含 92.61% 之鈹，及 7.39% 之氧等，皆經實驗證明者也。此化合物之組成不變之真理，謂之組成不變之定律（或定數

① Amyl alcohol

比例之定律),可表述之如下:凡一純粹化合物之組成,恆同一而不變。

109. 組成不變定律之歷史.

昔時化學家以普通之經驗,皆信純粹之化合物有一定不移之組成。1802至1808年間,因法人柏托雷^①觀察之結果,此問題之是否成立,遂變為重要爭論之焦點。柏氏根據理論物質之組成,多少總有變化,視其合成該物質時所用數種物質之比較量為轉移。

此說為其國人普羅司^②所極力反對,普氏際此大部分之辯難時,正在馬得里^③任化學教授。彼力說凡屬純粹化合物之組成,必一定不移,若二元素變成一種以上之化合物時,各有各之精確之組成,從無中間之等級。至彼表面上似乎可變者,因化合物欠純粹故耳。普氏之實驗,在當時可謂至精極密,但其分析尚有1-2%之差誤。邇來實驗愈趨精密,確示普氏之論斷為無誤。1860年及1866年,比之化學家斯塔斯^④,以批判的眼光,苦心研究此組成不變之定律。彼之分析甚可信憑,因其誤差約在五萬分之一以內也。在此限度以內,氏已證明此律確能成立。現時美之化學家理查氏^⑤亦已證明此律之誤差限度更小矣。

110. 二氧化二氮

在1818年,法之化學家提那德^⑥研究酸類及於一種

① Berthollet ② Proust ③ Madrid ④ Stas ⑤ Theodora Richards ⑥ Thénard

氧化物之作用，而發明一化合物，即現所稱之二氧化二氫（一稱過氧化氫）是也。純粹之二氧化二氫為液體，且為由氫及氧所組成，正與水同。然此二化合物中所有氫氧之比例，乃大相懸殊，茲示如下：

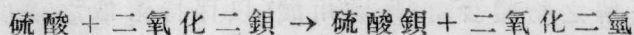
水……………氫重1分與氧重7.94分之比

二氧化二氫……氫重1分與氧重15.88分之比

換言之，即與定量之氫化合之氧之重量，在二氧化二氫中較在水中者多一倍也。此物通常稱曰過氧化物^①，冠以過^②，即表“更多”或“過餘”之意。

111. 二氧化二氫之製備。

二氧化二氫之稀溶液可易製得，而其純粹之化合物非經多大之困難不能製備，因其起猛烈之爆炸而分解為水及氧故也。其稀溶液，可用硫酸作用於二氧化二鉍製得之。其反應如下：



[氫, 硫, 氧]

[鉍, 氧]

[鉍, 硫, 氧]

[氫, 氧]

可知於此反應之中，二氧化二鉍中之鉍與酸中之氫交換，所成之二氧化二氫能溶於水中，而硫酸鉍則不溶於水中，可藉過濾法從溶液中移去之。故用此法可易製備

二氧化二氫之稀水溶液。商場普通所用之物，即此是也。

112. 二氧化二氫之性質。

二氧化二氫係清潔糖漿狀之液體，密度約1.458。因其純者有極強之爆炸性，故常製取其稀水溶液。

因二氧化二氫極易分解而放出養氣，即極稀之溶液，亦可作極強之氧化劑。易氧化之物體如羊毛，加以純粹之二氧化二氫數滴即燃。二氧化二氫分解之速度，可用種種方法增減之。其於稀溶液及低溫度時分解甚緩，而於高溫度及濃溶液時則分解甚急，致起猛炸。又其分解之速度，因一種接觸劑(26頁)之接觸而大加。如以少許鉑粉或二氧化錳加於二氧化二氫之濃液中，則起極速之分解而爆炸。一種有機物質亦有同樣作用。分解之速度，既有物體可以增加，故亦有物體可以減退之。若二氧化二氫之尋常溶液，售作藥用者，其中必有加以一種阻滯分解之物體少許(普通用酸)，以保持溶液之強度也。

113. 用途。

二氧化二氫在商業上之用途甚廣，皆因其有強氧化性也。藥鋪中之普通藥用二氧化二氫，為水溶液，每含該化合物重有3%。此物久已用作殺菌劑，但以近時之實驗，知其殺菌之效能未免言過其實焉。其對於一種染

色及天然顏色之作用,如毛髮之色,則能氧化之使爲無色化合物;故有時用作漂白劑,化學家特利用之爲種種分析上之氧化劑,供此用途,每以較濃之溶液爲良,故目下商場上所售者,有30%之溶液矣。

114. 倍比定律.

於上已知水及二氧化氫均爲氫,氧之化合物,且各該化合物中所存氫,氧二元素之重量比例如下:

水.....氫:氧 = 1:7.94

二氧化氫.....氫:氧 = 1:15.88

則知該二化合物中所有與一定重量之氫(設爲一克)相化合之氧,其重量之比例爲7.94:15.88,即1:2也。

同此,其他許多元素亦能化合而成多數不同之化合物,且各有其精確之組成。所有此等化合物,俱適用上述關於水及二氧化氫同一之理論——一元素與一定重量之他元素化合時,該元素之重量間恆互成簡單之比例,如1:2或2:3等。此真理名之曰倍比定律^①,此定律乃1808年約翰·道爾頓^②氏所發見,可述之如下:任何二元素A及B,化合而成一種以上之化合物時,其與一定量之B相化合之A之諸重量間,恆互成簡單整數之比。

① Law of multiple proportion ② John Dalton

練習問題

1. 化學家多用蒸餾水調製溶液而少用過濾水,何故?
2. 今有一種水,其中之固體物質之總量將如何測定之?
3. 今有一種水,是否為蒸餾水,將如何決定之?
4. 空氣有否溶解於水中,將如何檢查之?
5. 食物如麵包或番薯中之水分,將如何測定之?
6. 糖水凍成之冰,是否必無病菌?
7. 設水之最大密度在零度不在四度;問於水上結冰,有何影響?

8. 於圖 31 所示之實驗,冷水從 C 處流入而不從 D 處流入,何故?

9. 試述金屬凝結器勝於玻璃凝結器之優處,至少舉出兩點。

10. 試繪實驗室中所用蒸餾器之圖。

11. 試各報告自己城鎮用水之淨法。

12. 試從下列已知數決定氫,氧化合物之比例,其體積皆在同樣溫度及壓力下測得者:

測氣管中養氣之體積.....8.54 cc.

輕氣與養氣之體積.....52.72 cc.

爆發後遺下氣體(氫)之體積.....27.10 cc.

13. 摩黎氏由測定化合成水之輕氣,養氣各重量入手,而得知水之組成,其六次試驗之結果如下:

| 所用之輕氣 | 所用之養氣 | 所用之輕氣 | 所用之養氣 |
|--------------|-----------|--------------|-----------|
| (1) 3.2648 克 | 25.9176 克 | (4) 3.8250 克 | 30.5294 克 |
| (2) 3.2559 克 | 25.9531 克 | (5) 3.8382 克 | 30.4700 克 |
| (3) 3.8193 克 | 30.3210 克 | (6) 3.8523 克 | 30.5818 克 |

試計各次氫,氧化合成水之比例。

14. 置 20 cc. 之輕氣及 7 cc. 之養氣於一測氣管中,將該混合物爆之如圖 37. (a) 有若干 cc. 之水蒸氣變成? (b) 剩餘何種氣體,其量若干?

15. (a)今於標準溫度壓力下量得輕氣100呎而燃之,問有若干之水變成?(b)在(a)中所須之氧之體積若干?(c)製取此量之養氣,問須氯酸鉀若干克?

16. 在尋常之二氧化二氫溶液一缸中,有養氣若干克?如此量之二氧化二氫分解為水及養氣時,問可放出養氣之體積(於標準溫度壓力下量之)若干?

第七章

化合量; 原子論

115. 導言.

前經歷叙三定律,以論究化學作用中所成立之重量關係矣,即:(1)物質不滅之定律;(2)組成不變之定律;
(3)倍比定律.茲宜增加一律爲第四律,曰化合量之定律①.

116. 化合量.

氫與氧以二種完全不變之重量比例相化合,即 1 克:7.94克,及 1 克:2×7.94 克是也.同樣,其他元素與氫化合之比例亦易測定之.例如氫與硫化合而成一種氣體謂之硫化二氫②,又與金屬之鈣化合而成一種固體謂之二氫化鈣③.此等化合物之重量比例如下:

| | | |
|------------|--------|------------|
| 水..... | 氫 1 克, | 氧 7.94 克 |
| 二氧化二氫..... | 氫 1 克, | 氧 2×7.94 克 |
| 硫化二氫..... | 氫 1 克, | 硫 16 克 |
| 二氫化鈣..... | 氫 1 克, | 鈣 19.88 克 |

① Law of combining weights ② Hydrogen sulphide ③ Calcium
hydride

故與氫化合之各元素各有一定重量(設克爲單位)以與一克重之氫相化合也。

實驗於茲闡明一極有趣之事實蓋表二種元素與定重之氫相化合之比之數,亦可表示該二元素互相化合之比也如

2×7.94 克之氧與 16 克之硫相化合

7.94 克之氧與 19.88 克之鈣相化合

19.88 克之鈣與 16 克之硫相化合

諸如此類之化合比,經詳加研究之後,於是決定元素不以簡單之重量爲比,如 1 克之某元素與 1 克或 2 克之他元素等相化合;而各有各之特別重量以與其他元素相化合也,此等數,謂之元素之化合量^①

117. 化合之標準量.

前節所示氧,鈣,硫等之數,乃各該元素與一克氫相化合之重量之數也,故皆以氫爲單位,其他任何元素皆可取作標準,且該標準元素之量得任取一便利者,無須限定一克,其所求得之重爲比重,故如改變標準,則重量均將因之而改變,然其相互之比仍一定不變,因有數種原因,故用氧爲標準元素似較氫爲妥善,且定 8 克爲標

① Combining weights

準重量亦較用 1 克爲妥，庶其他元素之化合量無小於一也。假如取氧爲 8，則氫變爲 1.008；鈣爲 20.03；而硫爲 16.03。

故一元素之化合量，即爲該元素與 8 克重之氧相化合之重量也。

如圖 38，聯接任何兩元素符號之線即可表示該元素等之化合重量之比。

118. 元素之化合量有不只一種者。

吾人已知 1 分之氫既與 7.94 分之氧化合，又與 15.88 分之氧相化合，可見有若干元素其化合量不止一種。若取 8 克之氧爲標準，則氫之化合量可爲 1.008 克或可爲 0.504 克也。諸如此類，凡表大化合量之數，爲表小者之數之簡單倍數。

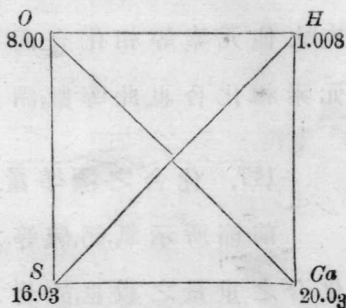


圖 38. 表示氧，氫，硫，及鈣等之化合比例

119. 化合量之定律。

化合量之定律，茲可述之如下：各元素可各選定一數，此數自身或其整數倍，即表示各該元素與其他諸元

素相化合之重量也。

120. 原子論。

前四定律概敘各元素之如何互相化合均至簡單。吾人直覺的即覺所以如此簡單之理由，必係乎物質之構造，因之即描想物質能適合此等簡單之定律之一種構造，換言之，即將試創物質構造之理論及化學作用之機械的原理也。從前所提出關於物質本性之諸理論中，要推約翰·道爾頓氏(圖39)所創設之原子論^①為最滿人意。今將此理論之要點及其所以能成該理論之一部之理由，彙述如下：

1. 凡有重量之元素^②體，乃由無數之單體名原子者所構成。

2. 凡一化合物之組成恆同而不變(組成不變之定律)，此實驗所昭示也。今欲使原子理論與此事實相呼應，則簡單之法，莫若假定：凡同元素之原子皆有同一



圖 39. 約翰·道爾頓
(1766-1844)
英國之學校教師及化學家，
曾創設原子論

之重量，異元素之原子則其重量各不相同，又於化合時，一定數之一種原子與一定數之他種原子相化合而成一化合物之微粒，果是，則一種化合物，必具一完全不變之組成也明矣。

3. 因二物體互相作用時其重量不變，故其作用之結果，各個原子之重量仍應不變也。

4. 今欲詮釋倍比之定律，須假定二種不同元素之原子，可以各種不同之比例而結合；例如在一種情況下，A一原子與B一原子結合，而在另一種情況下，此A一原子與B二原子結合，則有二種不同之化合物矣。與A之一定質量相化合之B之二種質量，其比當為1:2，因其中原子之數，彼此有如此之比故也。

5. 依化合量之定律，則知凡元素皆可指與一定數，以表其化合之值。若各原子皆各自有其特別之重量，而彼此常以定數相化合，則此等化合之數即表該原子等自身之相對重量也。夫一元素可有兩種不同之化合量而其中之一為他之倍數者，即各原子能以數種不同之比相化合之假定之結論也。

121. 原子論之撮要。

原子論謂一切物質，均由極微體名原子者所構成。

同一元素之原子，其重量均相同，但異元素之原子，則其重量亦異。元素互相作用之時，其作用乃起於一定少量之原子間耳。

吾人雖仍稱此物質之原子觀念為原子理論，然現已知許多事實與此觀念全相符合，故此理論為真事實之表象，幾無可疑之餘地，且分子與原子之確實存在，實亦確定之事也。

122. 分子與原子。

道爾頓曾以原子之名稱應用於元素及化合物二者。然化合物最小之微粒至少當為二種不同之原子所構成，甚為明顯。如水之最小極微之粒，應含有氫及氧；此種水之微粒子，即稱為水之分子①，而任何量之水不過此等一定數之分子所集成耳。統而言之，凡最小微粒，取其多大之數即成吾人所討論之實體者，現皆稱之曰分子。

123. 元素之分子。

兩種原子互相結合，既能成化合物之一分子，然則兩個或兩個以上之同類原子能相化合而成一原物質之一分子乎，抑原物質中含有分離的原子乎？關於此點，查悉元素各有不同。有時如銻，其原子並不結合，故分子

① Molecule

與原子無區別也，有時如氧與氫，則以二原子結合而成該元素之一分子矣。欲證實此種敘述，姑俟後方之實驗。

124. 原子量。

若能將種種原子之實際重量測定之，殆爲至有興味之事。然原子極細，吾人決無能測定其重量之希望，即近似之值亦不能也。查悉以最強度之顯微鏡所能窺見之微粒至少亦含一千原子。

然吾人已知化合量之比與原子自身重量之比無異，故其相對之重量當可精測之也。但元素大概有一個以上之化合量，故吾人宜設方法擇定其中之能適表一原子之重量以爲準。

在解決此問題之先，應設法以求化合物之分子之相對重量，此法已經發明，當於後章述之（第二十三章）。由此法遂可爲各元素選定特數，名曰其原子量^①。至原子量表則附於書尾封面之內。

練習問題

1. 試舉道爾頓一生之重要事蹟（參看百科全書）。
2. 試述本章中所論之四定律。
3. 與百克之養氣相化合而成水及二氧化氫之輕氣之重各若干？其結果與倍比之定律相符否？

① Atomic weight

4. 原子一語之來源及意義若何(參看字典)?
5. 道爾頓何以假設同元素之原子有全相等之重量?
6. 下列各名詞之意義如何:(a)元素之原子;(b)元素之分子;(c)化合物之分子?
7. 若謂化合物之原子,是否合於論理?

第八章

式; 方程式; 計算法

125. 百分率之組成^①

吾人能以至準確之法測定水之組成,故正可以同樣之法測定其他化合物之組成,凡分析一化合物後常以百分率表示其組成,即化合物百分中含有各成分元素若干分也,如水中含氧 88.81% 及氫 11.19% 是。

126. 式。

以百分率表組成之法,固未計及化合物由分子所造成,而其分子中之各原子有特殊之重量之事實,故若有一種能表組成且兼能表此諸事實之方法,則更完善。

凡化合物之分子均含有定數之原子,故表一化合物之組成以用構成其分子之原子之數及種類,為最便利,此可用元素之符號表示之,如此則以 HgO 表一氧化汞,因其一分子已知為含有一原子汞(Hg)與一原子氧(O)也,同此以 H_2O 表水,因其一分子中含有二原子氫與一原子氧,書於符號右邊下方之指數,即示該符號所代

① Percentage composition

表之元素之原子數也。聯合此種符號以表物質分子之原子組成者，謂之式^①。

127. 由百分率組成求式。

吾人由分析之結果，得知一化合物之百分率組成，故如能設法以測定該化合物之分子量，則計算其式，殆屬易事。例如已知氯酸鉀含有鉀(K)31.90%，氯(Cl)28.94%，及氧(O)39.16%，且氧之原子重量為16，而氯酸鉀之分子量為122.65，則可推究之如下：

各分子中鉀之含量為 $122.56 \times 31.90\% = 39.10$ K；氯之含量為 $122.56 \times 28.94\% = 35.46$ Cl；氧之含量為 $122.56 \times 39.16\% = 48.00$ O。分子之重量(122.56)乃其所組成之原子之重量之和。故所得之數，為組成該分子之數種原子之重量，而此等之數必為其單一原子之重量或其倍數也。參看原子量表，則知鉀及氯所有之數乃與單一原子之重量相當；而氧之重量，乃其三原子之重量。故氯酸鉀之程式當為 $KClO_3$ 。後將進覓通用方法以求化合物之分子量，於是化合物之式，可以上法推算之。

128. 分子量未知時式之計算法。

若未知化合物之分子量而僅以分析結果知其百分率

之組成，則可測定該化合物所能有之最簡單之式，然不能確定此為其真正之式。例如，設已將氯酸鉀之百分率組成求出但不知其分子量為122.56時是。

31.90% 鉀, 28.94% 氯, 及 39.16% 氧等之百分數, 為任意量即100克之氯酸鉀中所有該元素等之克數但吾人已知一元素之一克普通不能與他一元素之一克化合, 因其以其原子量之比相化合故也。所以在一化合物100克中所有各元素之量, 與該元素等之原子量無簡單之關係; 吾人將變更百分數為他數, 以表100克中所有各種原子之數之比。若將各元素之百分數以其原子量除之, 其商即為100克化合物中所有之各種原子之相對數。

$31.90 \div 39.10 = 0.8158 =$ 在100克中鉀之原子之相對數。

$28.94 \div 35.46 = 0.8161 =$ 在100克中氯之原子之相對數。

$39.16 \div 16 = 2.4475 =$ 在100克中氧之原子之相對數。

夫100克之化合物為多數分子所構成, 而單一分子中所有各種原子之比例應與任一重量之化合物中之該比例相同, 但在分子中之原子之數必為整數而不能為分數。故將此比例 $0.8158 : 0.8161 : 2.4475$ 變成整數之比, 即取三數中之最小者除此三數, 即成 $1 : 1 : 3$ 之比。

設此為該分子中各種原子數之正確之比, 則最簡單之式為 KClO_3 也。然其式顯然或可為此最簡單式之任一倍數, 如 $\text{K}_2\text{Cl}_2\text{O}_6$ 或 $\text{K}_3\text{Cl}_3\text{O}_9$, 因此等式所代表之化合物, 其百分率之組成均同也。吾人於此須知分子之重量方可決其去取。吾人後得方法, 知氯酸鉀之分子量在120左右, 故其真正之式即最簡單之 KClO_3 (122.56) 是也。

分析結果, 常難免細微之錯誤, 故化合物之精確百分率組成不能得諸實驗。因此, 原子數之比, 決不出於完全整數之比, 然因其常極逼近於一整數, 故其為真正之比, 無復可疑之餘地。

129. 式所表之事實.

由上述,可知程式用以表示種種明確之事實:

1. 分子之原子組成. 式示化合物一分子中之原子數及種類,如式 H_2O 乃表示一分之水為二原子氫與一原子氧所組成,硫酸之式(H_2SO_4)乃表示其分子為二原子氫,一原子硫,及四原子氧所組成.

2. 化合物之分子量. 各原子有各自之重量,故一分子中所有一切原子之重量之和,必係該分子自身以氧原子量為16之相對重量也.故水之分子之相對重量為 $(2 \times 1.008) + 16 = 18.016$. 硫酸(H_2SO_4)之分子之相對重量為 $(2 \times 1.008) + 32.06 + (4 \times 16) = 98.076$ 也.

3. 化合物之百分率組成. 由式我人易追溯其所由來之百分率.例如設水之分子重為18.016,而含一原子氧重16,則其重量之分數對氧而言者為 $\frac{16}{18.016}$,或88.81%.其重量之分數對氫而言者為 $\frac{2.016}{18.016}$,或11.19%也.

130. 克分子量;式量.

實際上吾人對於物體常用克數或磅數,而不用原子及分子.夫18.016,16,及2.016等數字,所以表一分子水與其所由組成之氫氧間重量之比,故同一之比無論於若干重之水及其中之氫氧間必均能成立,蓋水量無論

若干均不過水之分子所集成者耳，故在 18.016 磅之水中當有 16 磅氧，及 2.016 磅氫；在 18.016 克之水中當有 16 克氧及 2.016 克氫也明矣。

故實際上，可使符號 H 以代表 1.0008 克之氫，符號 O 以代表 16 克之氧，而程式 H_2O 以代表 18.016 克之水也。如斯凡一元素之重量之克數與其原子量相當者，謂之克原子量^①或曰符號量^②。凡一化合物之重量之克數與其分子量相當者，謂之克分子量^③或曰式量^④。

131. 方程式。

如上，表化合物之組成已有一便利之法，不用百分率而用式矣。故可利用方程式^⑤以表化學變化，第以箭形代等號耳。

例如方程式



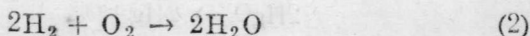
乃表兩種明確事實之簡法。

1. 定性的為表示水乃由氫及氧結合而成。
2. 定量的表示二符號量之氫 (2.016 克) 與一符號量之氧 (16 克) 化合而成一式量之水 (18.016 克) 也。

① Gram-atomic weight ② Symbol weight ③ Gram-molecular weight
④ Formula weight ⑤ Equation

132. 分子方程式.

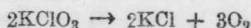
式既表示分子之組成,且實驗既已示一分子氧與一分子氫各含兩個原子,故書此種氣體之式如 O_2 及 H_2 ,比書 $2O$ 或 $2H$ 為妥善,後者祇能表兩原子尚未化合耳.若欲方程式(1)兼表此附加之事實,則須變更其形式為



此之謂分子方程式,其與方程式(2)表同一之重量之比也甚明.此又表示2分子氫與1分子氧化合而成二分子水之事實,故益有用之方程式也.

133. 氯酸鉀之分解.

另舉一例.製養氣時曾將氯酸鉀加熱,當能憶及氯酸鉀之式為 $KClO_3$.當加熱時,此化合物即分解成養氣及一化合物名氯化鉀,其式為 KCl .今以方程式表之如下:



此方程式表下列之事實:

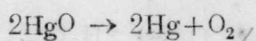
1. 定性的,氯酸鉀分解成氯化鉀及養氣.
2. 定量的,2式量之氯酸鉀(2×122.6 克)分解成2式量之氯化鉀(2×74.69 克)及3式量之養氣(3×32 克).在式之前方之系數乃關於全式的,書於符號右邊下方之指數僅關於該符號耳.
3. 分子的,二分子氯酸鉀分解成2分子之氯化鉀及3分子之氧.

134. 前此所習諸反應之方程式。

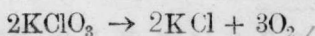
以前所習之許多反應，茲以方程式書之，但此等方程式，均以慎密之實地分析為根據者也。

1. 養氣之製備：

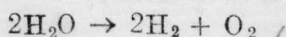
由一氧化錫：



由氯酸鉀：



由水之電解：



由二氧化二鈉與水：



2. 輕氣之製備：

由鈉及水：



由鋅及硫酸：



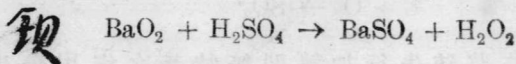
由鐵及硫酸：



由水蒸氣及鐵：

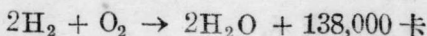


3. 二氧化二氫之製備:



135. 反應熱之表示.

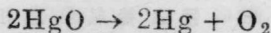
吾人亦可用化學方程式表化學變化所吸收或發出之熱.方程式



即表當 4.032 克之氫與 32 克之氧化合成 36.032 克之水時所放之熱有 138,000 卡路里許.當一式量之水(18.016)變成時,顯有 69,000 卡路里之熱放出,此即所謂水之生成熱^①也.

136. 方程式不表反應之情況.

方程式僅表參與反應之物體之組成及所需各該物體之重量以及熱能之變化,而不表所以起反應之情況.例如方程式



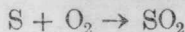
並不表示一氧化汞必須保持適宜之高熱度以起分解作用也.方程式



無法以表示硫酸與鋅於其起作用之先,須使溶解於水

① Heat of formation

也。方程式



並不表示：非將硫先行加熱，則無特著之作用發生，且其作用一經開始，即自然繼續進行而發光亮之火燄等情也。

故須特別注意一種反應所由起之詳細情況，以及方程式自身之所表示。

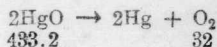
137. 本於方程式之諸問題。

方程式係表參與反應之物體之重量，故一旦方程式由實驗而成立，即可用之以計各種之重量，茲有數例以表此計算法。

1. 以 100 克之氧化汞加熱將有若干克之養氣放出？先書其所起反應之方程式：



其次則測定其反應中所須各種物體之相對重量。汞及氧之原子量為 200.6 及 16 (參看書尾之表。) 故 $2HgO$ 之相對重量等於 $2(200.6 + 16)$ ，即 433.2。同此，所發之養氣 O_2 之相對重量等於 2×16 ，即 32 也。茲將此等數目書於方程式 (1) 中之式之下，最為便利。於是方程式變為



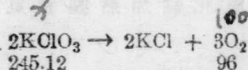
此等數字表 433.2 個單位 (此處用克) 重量之一氧化汞，加熱則發 32 個單位重量之氧；故一克之一氧化汞能放出 $\frac{32}{433.2}$ 克之養氣，而 100 克之一氧化汞則能放 $100 \times \frac{32}{433.2}$ ，即 7.38 克之養

氣也；即反應中所需諸物體之重量間之關係，可以比例式表之：

$$\frac{433.2}{32} = \frac{100}{x}$$

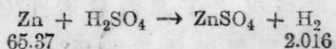
$$x = 7.38 \text{ gm.}$$

2. 茲欲製備100克之養氣，而用氯酸鉀爲氧之來源，問應需氯酸鉀若干克？



比例式： $\frac{245.12}{96} = \frac{x}{100}$ ；或 $x = 255.33$ 克

3. 製輕氣10克，問須用鋅若干克溶於硫酸中？

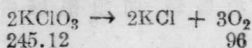


比例式： $\frac{65.37}{2.016} = \frac{x}{10}$ ；或 $x = 324.2$ 克

須記方程式乃表重量之關係，而不表體積之關係；故在有關氣體體積之問題，必先求出該氣體之重量也。附錄之表係示各普通氣體一呎之重量，測於標準情況之下者。次題即解釋此方法：

4. 製養氣100呎，問應須氯酸鉀若干克？

因養氣一呎重1.429克，故100呎重142.9克。



比例式： $\frac{245.12}{96} = \frac{x}{142.9}$ ；或 $x = 363.8$ 克

練習問題

1. 試述式 HCl , HNO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 及 H_3PO_4 等所表之一切事實。

2. 試由所示之式，計算下列諸化合物之百分率組成：
(a) 氯酸鉀 (KClO_3)；(b) 硫酸 (H_2SO_4)；(c) 水 (H_2O)；(d) 硝石 (KNO_3)；(e)

① 碳酸氫鈉(焙用碱)(NaHCO_3).

3. 試從下列之分析報告計算最簡單之式;

$$(1) \quad \text{S} = 39.07\% \quad \text{O} = 58.49\% \quad \text{H} = 2.44\%$$

$$(2) \quad \text{Ca} = 29.40\% \quad \text{S} = 23.56\% \quad \text{O} = 47.04\%$$

$$(3) \quad \text{K} = 38.67\% \quad \text{N} = 13.88\% \quad \text{O} = 47.45\%$$

4. 欲由一氧化錐加熱製養氣 30 克。問需應加熱之氧化物若干?

5. 由鋅 100 克與硫酸作用,可得輕氣若干克? 問於標準情況之下,其體積幾何?

6. 今於水上在溫度 20° , 壓力 745 托之下,測養氣之體積為 10 升。(a) 在標準情況之下,其體積若干?(b) 其重量若干?(c) 問製此量之養氣,應需氫酸鉀重若干?

7. 稀硫酸 100 cc. 中含硫酸(H_2SO_4) 20 克,今若加於 10 克之鋅中。試計算所發生輕氣之重量。

8. 由鋅與硫酸作用發輕氣時,問每發生輕氣一克當有若干重之硫酸鋅變成?

9. 若用 10 克鐵製輕氣,而欲得最多量之輕氣,將與蒸汽熱之乎? 抑使與硫酸作用乎?

10. 實驗室中有瓶四隻,每隻之容量為 200 cc. 設欲以氫酸鉀製養氣,使四隻均盛滿,問須氫酸鉀若干?(養氣在水上收集之。)

11. 茲欲製普通藥用之二氧化二氮 10 升,試計所用化合物之重量。

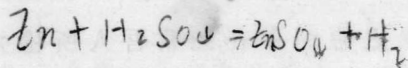
12. 今放置一瓶盛有一升之藥用二氧化二氮,而使其完全分解為水及養氣。(a) 試計算所發生輕氣之體積。(b) 試計算遺在瓶中之水之重量。

13. 茲製輕氣若干體積,用去鋅 10 克。若用鐵製,而欲製

得之體積與用鋅製得者相等，問應需鐵重若干？

14. 氯酸鉀一尅加熱，使其所含之氧完全放出，試計算遺下之氯化鉀之重量。

15. 徐柏林飛艇容量為 25,000 立方碼，設此艇所用之輕氣係由硫酸與鐵之作用製之，如於 20° 及 740 耗之下灌滿此船，問須鐵及硫酸重量各若干(1 碼 = 0.9144 呎)？



$$65.37 : 22.0$$

第九章

物之三態

138. 氣體,液體,及固體.

水以三種極異之態而存在,此爲吾人所稔知者;卽氣態,液態及固態是也.普通此三種狀態可敘述之如次:氣體(或蒸氣)云者,爲物質之一種狀態,有均勻分布於其所占之空間之傾向者也.液體聚集於容器之底;自身無特殊之形狀,隨所貯之容器而成形.固體則保持固有之形狀,與所盛器具之形無涉.大多數之物體,大抵具此三態.

139. 蒸發.

液體如水之類盛於無蓋之器中,卽漸變爲氣態而混於空氣之中,所謂蒸發^①是也.將水裝入瓶內一部而封之,卽起蒸發,直至液面上之空氣含有一定百分率之蒸氣而止,換言之,卽爲蒸氣所飽和^②.雖然,當達飽和時,蒸發之進行實未曾停息,不過液體氣化之速率與蒸氣液化

① Evaporate ② Saturate

之速率相平衡耳。故飽和爲此二速率之平衡也。

若將液體加熱，則蒸發之速率增加。於此高溫度又可達到一新平衡。而空氣中所存蒸氣之百分率，亦較前爲大。液體所化之蒸氣爲氣體，能施壓力於其容器之周壁及液體之表面，正與其他一切氣體無異。此之謂液體之蒸氣壓力^①，然以稱爲液體之蒸氣之壓力^②似更確切。固體亦如液體而能蒸發，樟腦及焦油腦等物之發臭氣，卽其明證。

140. 相對濕度。

相對濕度^③之一詞，習見於政府氣象公報。某時之濕度云者，意謂此時之空氣中蒸氣之百分率與同溫度飽和時所含蒸氣之百分率之比也。空氣中之濕度，以在約70%時爲最適宜。

141. 沸點。

當液體加熱時，所加之熱能一部分用於增加液體分子之運動以升高其溫度；一部分爲所吸收，以反抗其分子之欲仍保液態之引力，使變爲蒸氣。此蒸氣之化成，受大氣壓力之抗阻。當液面上之蒸氣壓力足以制勝大

① Vapor pressure of the liquid ② Pressure of the vapor of the liquid ③ Relative humidity

氣壓力之時，空氣即爲蒸氣擠退，於是所加於該液體之熱能，皆供化液爲氣及擠退大氣之機械的工作之用，故溫度即停止上升。設抗阻之大氣壓力增加，則液體應熱至更高溫度，至其蒸氣壓力超過所增高之大氣壓力爲止。蒸氣壓力正足制勝大氣壓力時之溫度，謂之液體之沸點①。於此可知沸點隨氣壓而改變。如在 760 耗氣壓之下，水之沸點爲 100° ；在 525.5 耗氣壓之下，熱至 90° 即沸。

142. 氣化熱與凝結熱

於沸騰時，改變一克之液體爲一克同溫度之蒸氣，其所需之熱量，謂之氣化熱②。水之氣化熱，其大非常，計達 539 卡路里之數。今若使一氣體保持其所受之氣壓 760 耗而漸冷之，則一到沸點，即開始凝結。凝結之間溫度不變，而凝結中放出之熱量（凝結熱）③正等於氣化之熱。放出之熱，既有反抗凝結進行之傾向，故若非設法將熱吸收之，則凝結甚遲緩也。普通吸熱之法，乃使蒸氣通過凝結器。

143. 臨界點

假如將液體封入真空管，如圖 40 之 A，則管之下端將爲液體充滿，上部將爲蒸氣充滿。今若將該液體用一

① Boiling point ② Heat of vaporization ③ Heat of condensatoin

酒精燈熱之，則液體不能沸騰，蓋因其蒸氣壓力不能克服其相反之氣壓而逃逸也。繼續熱之，則液體之氣化疊增，剩遺液體之密度減少而蒸氣之密度增加，然高至某一溫度二者必至相等，而其間之界線 B (新月形) 且將消滅明甚。達此種狀態時之溫度

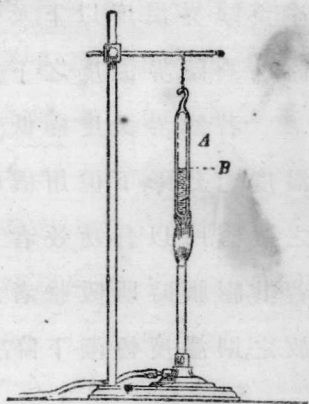


圖 40. 一種液體之臨界溫度

謂之臨界溫度，而此時蒸氣所施之壓力謂之臨界壓力。在此溫度以上，無論壓力多少不能使氣體液化，不過加以壓迫而已。故必先使其溫度降至臨界點以下，而後始能使氣體液化。今將每種氣體之臨界點列表於下：

臨界點表

| 沸點 | 臨界溫度 | 臨界壓力 |
|---------------------------|------------------|----------|
| 氫..... -252.7° | -334.5° | 20.0 氣壓 |
| 氮..... -195.7° | -146.0° | 33.0 氣壓 |
| 氧..... -182.9° | -119.0° | 50.0 氣壓 |
| 二氧化碳..... -76.0° | $+31.35^{\circ}$ | 72.9 氣壓 |
| 水..... $+100.0^{\circ}$ | $+365.0^{\circ}$ | 194.6 氣壓 |

144. 氣體之液化.

由上所述，可知使一氣體液化，其必需之步驟為(1)

① meniscus ② Critical temperature ③ Critical pressure

冷至臨界溫度以下，及(2)施以壓力，尋常溫度有許多氣體已到臨界溫度之下，故僅用壓力即能使之液化。

若臨界溫度極低，如氮及氧，不能以尋常冷法使其溫度充分降下，但用機械的方法可以低減之，製供此用之機器，所以有功效者，蓋因氣體被壓時所放出之熱，不若其膨脹時所吸收者之多故也，所以氣體若更迭壓之放之，則溫度恆漸下降，且可冷至臨界溫度以下。

145. 林得之空氣液化機。

前節解述之原理，在林得^①空氣液化機中最易說明之。在林得機器中(圖41)壓榨乃用極強之唧筒，壓至200氣壓之空氣先於凍池A中冷之，於是照箭形所示之路，上經入一組三層同心螺旋形銅管之內管，空氣在此組管之下端，藉螺旋頂B之作用穿過活瓣而膨脹，壓力減至20至60氣壓，因此溫度頗降，於是使經內層與第二層管之間及頂端之管回至唧筒，而冷卻內管中之被壓空氣，如此進行，逮至溫度不能再降，啓活瓣C，使有20氣壓之若干冷空氣膨脹，跌至大氣壓力，如此有一部空氣液化，集器D中，而極冷之空氣未經液化者，乃導入螺旋形之外管藉使二內管中之空氣更冷降。

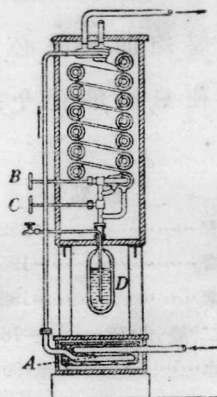


圖41. 林得之空氣液化機

① Linde ② Linde liquid-air machine

146. 離阿瓶; 熱壺.

液體空氣在一特種之瓶中可保存至數小時,此瓶係蘇格蘭科學家離阿^①所造,名為離阿瓶^②.瓶無定形,由二個同心器(圖 42)造成,其上部邊相接合,兩層間之空氣,用抽氣唧筒抽淨,真空為阻熱傳導之最良絕緣體.外瓶之面,常鍍以銀,藉以

反射外來之熱而阻其吸收.所謂熱壺^③(圖 43),其構造與此同理,以之保存液體為熱或冷至數小時,極有效

驗.



圖 42. 離阿瓶,
以盛液體空氣



圖 43. 熱壺

147. 固體.

液體冷卻,漸不流動,於相當之低溫度下,一切液體皆成堅硬,吾人稱之曰固體^④.液體變為固體,普通甚驟.結晶成於一定之溫度(112 頁),而該液體之溫度必至於一完全一定之值,名凝固點^⑤,此點一定不變,直至所有液體

① Dewar ② Dewar flask ③ Thermos bottle ④ Solid ⑤ Freezing point

完全凝固爲止。例如水於零度，凝結成冰。固體如此形成者常呈結晶狀^①。物體亦有無一定之凝固點者，第不常見，蓋因其從液態變爲固態之進行極漸故也。玻璃，磁釉，膠，焦油，及橡皮等卽爲此類物料之例。有時稱此曰無定形固體^②，以與結晶之固體區別，然不如視此等爲固定液體。但因極缺乏流動之性質，故其堅硬如結晶狀之固體爲常。

148. 凝固點。

能結晶之液體如水被冷卻時，未必常在其冰點卽行結晶。實際液體之水有冷到 -90° 仍不結冰者。凡液體在其凝固點以下，稱爲過度冷卻^③。

一旦如有一結晶形成，或以一片結晶投入該過度冷卻之液體中，則立即開始凝固，並於進行中發熱，溫度升至真正之凝固點，而常停留此點至所有液體凝固完了爲止。故凝固點之界說，定爲固液二體得共存而不變其溫度時之溫度爲最適宜。

149. 凝固熱。

當一克之液體在凝固點凝結爲一克之固體時所

① Crystalline ② Amorphous solid ③ Undercool

發之熱，謂之凝固熱^①。水之凝固熱為80卡路里。假使無此反抗凝固之熱發生，則冬時冰結一旦開始，池沼將立即凝成固體。液體無一定之凝固點者即無凝固熱；此即表示由此類液體變成之剛體，根本上與結晶固體不同也。

150. 融點。

若將結晶體徐徐熱之，其溫度漸昇至凝固點，於是開始變為液體；至今未見能將固體熱至此點以上者。故融點與凝固點為同一溫度。改變一克在融點之固體為在同一溫度之液體時所吸收之熱量，與其凝固時所放出之熱量相等。此曰融解熱^②。無定形之剛體，則無一定之融點或融解熱。

151. 冰之製造。

造冰之原理，乃基於液體氣化進行中能吸收多量之熱（氣化熱）。假如設法使液體氣化而吸收水中之熱，則水之溫度可降至凝固點，再進水即結冰。每克水在零度凍冰須被吸出80卡路里之熱，此曾申述於前，當能憶及氣化之液體，應擇其減輕壓力即易於零度氣化者，且其氣化熱力愈大則愈佳。液體鹵精^③（氣化熱為330卡路里）為最常用之物。

① Heat of solidification ② Heat of fusion ③ Liquid ammonia

普通所用製造人造冰之法，可參看圖 44 便易明瞭。將軟煤於無空氣之處熱之，其所生之氣體化合物之礳精 (319 頁)，以壓榨唧筒壓使液化，導入管 *A*, *B* 中。其凝結熱為流於管外之水所吸收。連該管於一滿盛鹵汁之大鹹池內之螺圈。此汁係溶氯化鈣於水所成。藉膨脹活瓣 *O* 之作用，液體礳精之壓力當進入螺圈時即行減少，又因液體急速氣化，而吸收熱致鹵汁之溫度降至零度以下。金屬製之器 *D*, *E*, *F*，滿盛清水，浸入該冷鹵汁中，直至其中之水凍結成冰為止。氣體礳精復導入 *G* 管而回至壓榨器唧筒，使再液化。現所通用保存食品，以防腐爛之冷藏庫中，亦即以此法保持低溫也。庫中裝設氣管，壓入液體礳精於其中，而使之氣化。

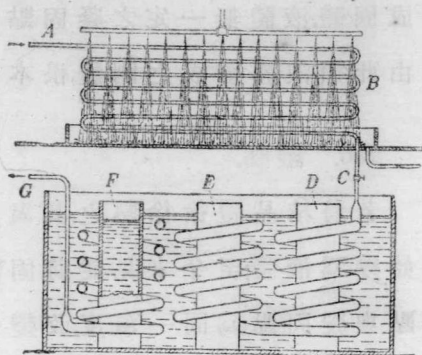


圖 44. 說明礳精造冰器之原理

度以下。金屬製之器 *D*, *E*, *F*，滿盛清水，浸入該冷鹵汁中，直至其中之水凍結成冰為止。氣體礳精復導入 *G* 管而回至壓榨器唧筒，使再液化。現所通用保存食品，以防腐爛之冷藏庫中，亦即以此法保持低溫也。庫中裝設氣管，壓入液體礳精於其中，而使之氣化。

152. 結晶體。

晶體可藉冷卻已熔之固體，溶液之蒸發，或冷卻固體之蒸氣等得之。此為界以平面之固體，此等表面，就其通過晶體之坐標線即其晶軸觀之，排列成有次序之形式，故每晶體均有完全一定形狀 (圖 45)。其形式雖有數千百種，然均可視為六種基本形式 (由於晶軸之六種排列) 之變形。此等形式之概論，可參看附錄。

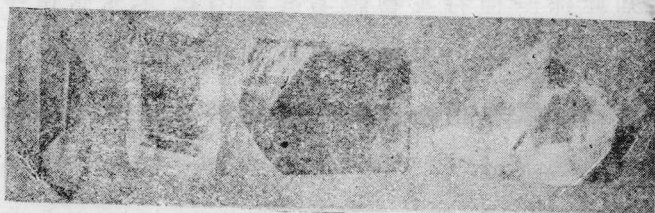


圖 45. 結晶體之樣例

153. 同素異性體。

有許多元素業經知悉能以二種或二種以上之形式而存在，其相互間有可藉能之吸收或釋放而使此形變爲他形之關係。此類元素之變體謂之同素異性體。^①石墨與金剛石爲碳素二種固體之同素異性體也。

元素變爲一同素異性之變體，正與固體之變爲液體或液體之變爲氣體相似。所吸收之熱正與熔化之熱或氣化之熱相當，其含能較多之形體爲化學上最活潑者，恰如水蒸氣比水更活潑，而水比冰更活潑也。有二種同素異性體之元素中最有趣之例，厥惟氧及臭氧。^②

154. 臭氧

遠在1785年荷蘭之化學家凡馬魯謨。^③當電機向空中放電之際，發覺電機附近時有奇臭。經多次研究之結

① Allotropic form ② Ozone ③ Van Marum

果,始知此係一種特定物體名臭氣者之臭,臭氣在平常狀況之下爲灰青色氣體,液化時呈深藍色,沸點爲 119° 。臭氣可藉放電作用由純粹之養氣製之,故其中僅含有氧而無他種元素。

155. 臭氣之製備。

臭氣可由於養氣中無聲放電(或電波)而製之。以圖46所示之器具行之。養氣由A處進入而照箭道前行。金屬表面B及C爲養氣經過之空間所隔開,又以玻璃D而相絕緣。由誘導圈之導線,與B及C聯接。養氣經金屬片間上行,即受電感,而有一部分變爲臭氣矣。

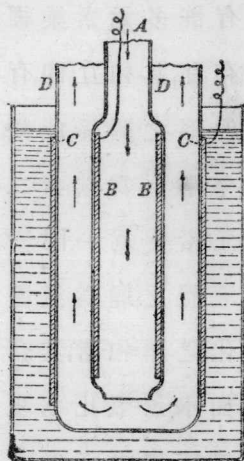


圖 46. 變氧爲臭氣之便利器具

臭氣亦有於許多緩慢燃燒時造成,如以黃磷一片用水半遮之以免引火,曝於空氣中(圖47),則生臭氣。當震雷放電時,發生臭氣無疑,惟能否多少以常態存於空氣中,實屬疑問,因其極易分解爲尋常之養氣故也。

156. 臭氧之性狀及用途。

臭氧與養氣有許多相似之處，然其活潑迥非養氣所可比擬。故其為強有力之氧化劑，與許多有色物質(染料)作用，改變其為無色之化合物，因此可用以漂白許多物質如蠟及油等。臭氧又能殺滅許多下等生物，故可用作消毒藥及淨飲用之水。

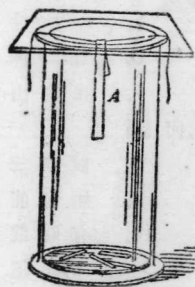
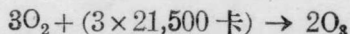


圖 47. 磷與濕空氣作用而變成臭氧

156. 臭氧之能。

臭氧即於增能於氧時造成。此種之能，即儲於臭氧中而為化能，用以與他種物質作用也。後將表示臭氧之分子含氧原子三個，而氧之分子僅含二個。故臭氧與氧區別之點為(1)化能，及(2)分子構造。氧變臭氧之作用可用下方程式表之：



練習問題

1. 凡一元素之物理的狀態用何條件以測定之？試就氧以說明。
2. 一切固體物質能熔化而不能分解乎？試舉例以解釋之。

3. 一切液體能沸騰而不分解乎?試舉例以解釋之。
4. 冬季池沼開始凍冰時,何以水不全部凍結?
5. 一塊冰雖在溫空氣中而熔化甚慢,何故?
6. 加於沸騰液體之熱何往?
7. 在高山頂上煮雞蛋使熟比在海岸上時間須更長久,何故?
8. 試舉三種結晶物質之名稱。
9. 如何能使食鹽結晶?
10. 有時置數桶水於地窖中,以防所儲藏之果子及植物等之凍冰,此種事實是否根據科學?
11. 假如冰與水零度時混合,在何種情況之下水將更多凍結?冰將更多溶解?
12. 試想一法,將水之沸點昇至100度以上。
13. 水在壺中凝結,壺即破裂,何故?其他一切液體均有同樣之作用否?
14. 500克之水在零度時結冰,有若干卡路里之熱放出?
15. 改變一坩零度之冰為70度之水,須若干卡路里之熱?
16. 改變一坩室內溫度之水為100度之蒸汽,須熱若干卡路里?
17. 50磅100度蒸汽凝結成同溫度之水時所放之熱,能溶解若干重量之冰(一磅 = 453.6克)?
18. 以100磅零度之冰放於冰箱中,冰所融化之水吸收足量之熱,於其流出冰箱以前溫度昇至8度。試計冰及所成之水所吸收之熱總卡路里數若干?

第十章

碳及二氧化碳

157. 緒言.

碳爲諸元素中之最熟知者,以游離(未化合)狀態而存於煤炭及木炭中,其最普通之氧化物,謂之二氧化碳,成於呼吸及燃燒之進行中,至屬重要,故對於此二物體之性質及化學性狀,宜儘先研究之。

158. 碳之所在.

在天然間未化合之碳有數種,金剛石實係純粹之碳,石墨及各種煤炭都含有多少之游離碳,其以化合物之形而存在者亦多,二氧化碳卽其最常見之氣態化合物,天然燃氣及石油概係碳及氫之化合物,碳酸鹽構成巨大之岩層,幾乎無處無之,而碳酸鈣(石灰石)尤爲豐富,一切生物無論爲動物或植物含有此元素之百分率極大,又其化合物藉以組成各種有機體者爲數幾無窮盡,碳之未化合者爲結晶形及無定形之二種。

159. 結晶形碳.

結晶形碳有兩種,即金剛石及石墨.

1. 金剛石 金剛石發見於南非洲,東印度,及巴西等地.其晶體發見時均有粗殼包裹.琢磨,使發寶石之光輝.琢金剛石在荷蘭最多.

金剛石之重量,普通以^①開計之,一開約等於0.2克.開字之意義,從希臘文來,即謂^②開綠豆(地中海濱常綠樹名,屬荳科)或刺槐子也.昔曾以此種樹子權金剛石之重量.

最大之金剛石,爲1905年在脫蘭斯瓦爾^③礦中所發見者,

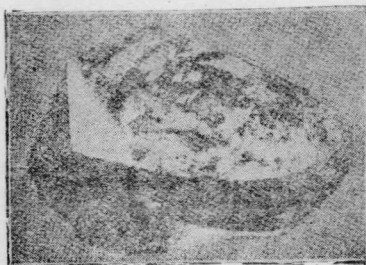


圖 48. 居利南金剛石
之原形(原物一半大)

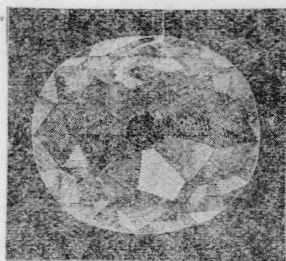


圖 49. 琢成後之柯倍諾
金剛石(實體同大)

重 $3025\frac{3}{4}$ 開. 名之曰居利南^④金剛石(圖48),由脫蘭斯瓦爾政府進貢英王愛德華第七^⑤.後琢爲九顆大塊及許多小顆.其中最大者二顆重 516.5 開及 $309\frac{3}{16}$ 開,爲現存之琢成金剛石中之最

① Carat ② Bean of carob ③ Transvaal ④ Cullinan ⑤ Edward VII

大者，其他著名之金剛石則爲柯倍諾^① ($106\frac{1}{4}$ 開) (圖 49)，尼柴姆^② (277 開)，維多利亞^③ (180 開) 及 仇比利^④ (239 開)。

金剛石之密度爲 3.5。質雖脆，然爲物質中之最硬者。化學藥劑與此有作用者絕少，但於養氣或空氣中熱之，則變黑而燃，成二氧化碳。

人造金剛石 前人曾設許多方法，欲以人工製造金剛石。然所有之法均屬無效，蓋其所製成者非金剛石，乃石墨也。

1893 年，法化學家 謨瓦散^⑤ (圖 103) 於其研究高溫度之變化時得製成金剛石數小粒。其製法乃使碳融於已熔之鐵內，再將盛此混合物之坩堝投入水中，如圖 50。碳經此種情形則在鐵中結晶，形似金剛石。然後將鐵用鹽酸溶去，而金剛石析出。

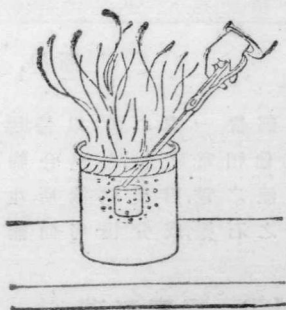


圖 50. 在實驗室中製造金剛石之圖解

2. 石墨 此種碳發見者頗多，在錫蘭、西伯利亞，及合衆國坎拿大等處爲尤多。巨量石墨工業上，亦用硬煤熱至高溫度製之。石墨係一種放光之黑色物體，極軟，觸之有油膩感。其密度約 2.15。造鉛筆及坩堝時用作潤

① Kohinoor ② Nizam ③ Victoria ④ Jubilee ⑤ Moissan

滑劑,又可用作髹漆以護鐵面。

石墨之工業的製造法將硬煤裝入長約40呎之大電爐中熱之。爐之縱斷面中之一如圖51所示者,其電極A為石墨製成。爐中裝以粗塊之煤(B)幾滿。因煤為不良導體,故於試

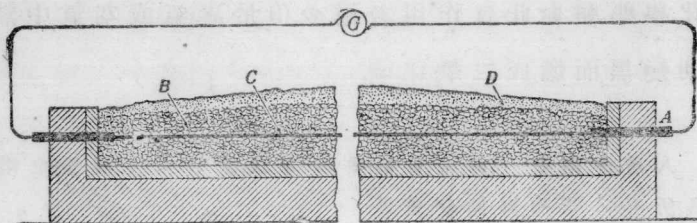


圖 51. 製造石墨之電爐

料中部置一碳心(C)以備導入電流於試料中。試料以砂與炭(或其他相當之物)之混合物(D)蓋之,以隔斷空氣。發電機G供給交流之電。因受電流所生高熱之影響,炭即變為石墨。此法製出之石墨,成分極勻而無砂粒,故比天然產出者為優。

160. 無定形碳.

製純粹無定形碳之最良方法,乃於無空氣處將糖($C_{12}H_{22}O_{11}$)加熱,其中氫,氧,大部分變水,盡被驅散,所遺者為純粹之碳。含無定形碳之物體甚多,述要如下:

1. 石炭及焦炭 各種石炭(煤)係植物質積聚而成。硬煤(無煙煤)中之碳幾全為未化合者;而軟煤(煙煤)中之碳大部分與氫,氧,氮及硫等化合。將軟煤於無空氣之處熱之則起複雜之變化(319頁),其結果則成許多有

用之碳化物，或爲氣體或爲蒸氣而發散，惟礦質及未化合之碳遺下，組成普通之焦炭^①。煤於無空氣處加熱時所逸出之物質名揮發質^②。硬煤中之揮發質平均有5-8%，而軟煤中則有30-35%，煤燃時其中之礦質遺下而成灰^③。

2. 木炭 此從木材製出，與焦炭從煤製出正同。所驅散之揮發質含有許多有價值之物體，如木醇及醋酸等；此類物體在工業上即以此法得之。從前任此多量之揮發質逸散，但近代木炭^④製造增多，其揮發質則使凝集而保存之。焦炭及木炭均用作燃料，而其特別之用途，則爲令氧化物還原而提取金屬俟後述之。

製造木炭之新法 將木頭裝滿鐵車 *A, A* (圖52)，推進反射爐 *B* 中；於是將反射爐隔斷空氣，以火 *F, F* 徐徐熱之至二十四小時，所變成之氣體由 *C, C* 管逸出而進入凝結器 *D, D*。於此其一部分在平常溫度爲液體者如木醇及醋酸等則凝集；而其氣體之部分再回爐中燃燒。速揮發質如此除盡，將裝木炭之車推入冷房中，而爐中引入裝有木頭之別車。

3. 骨炭^⑤或動物炭^⑥ 製法係將骨及動物之殘渣燒焦。其中含極細之碳及磷酸鈣，專供煉糖時去除色素之用。

4. 油煙^⑦ 油煙爲碳質燃料如油及煤氣等未完全燃燒時之產物。

① Coke ② Volatile matter ③ Ash ④ Charcoal ⑤ Bone black

⑥ Animal charcoal ⑦ Lamp-black

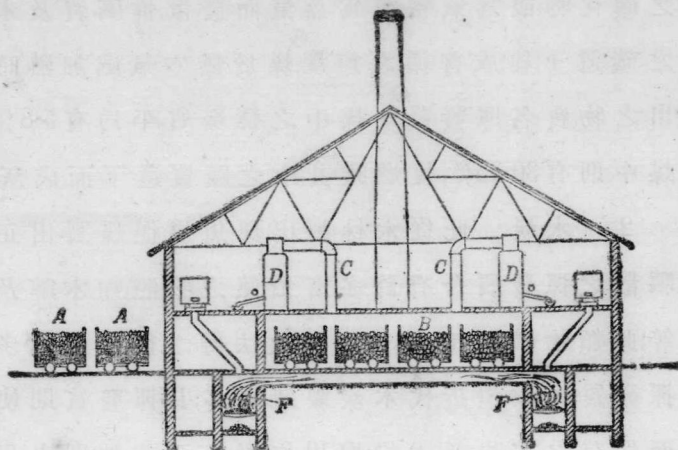


圖 2. 製造木炭之新法

161. 破壞蒸餾.

將煤,木頭,及骨等物質於無空氣處熱之使其分解之法,稱為破壞蒸餾^①.故焦炭,木炭,及骨炭等,皆可謂各係石炭,木材,及骨之破壞蒸餾所成。

162. 碳之性質

各種之碳,性質上有許多不同之點,尤以顏色與硬度為顯著,然均係無味無臭之固體,絕不溶解於水,碳唯在極熱之電弧中揮發,不經熔解而直從固態變為蒸氣,因此之故,白熱燈球經用數次之後,其裏面即被黑色之

① Destructive distillation

碳膜、骨炭及木炭之碳能吸收比較的大容積之某數種氣體，且能從溶液中吸收多種有機物質，因有此種性質，以木炭濾器濾過溶液，常可除去其惡氣味及顏色。

163. 化學行爲。

碳在常溫爲一極不活潑之物質，然在高溫能與許多元素如氧、氫及硫等直接化合。因其在高溫與氧之愛力甚強，故爲極良之還原劑。碳亦能直接與許多金屬化合，成化合物，稱曰碳化物。其最重要之一種爲二碳化鈣^① (CaC_2)，以之製造乙炔^②及肥料甚廣。碳在充分之氧氣中熱之，則燃燒而變爲二氧化碳。

164. 碳之用途。

無定形碳之主要用途爲燃料，供給熱及動力，以充一切文明之利用。成爲煤、焦炭，及木炭之極大量之碳，係用作還原劑以分出礦石中之各種金屬。油煙可以製造耐久墨水，印刷墨水，油漆，黑假漆等，而骨炭及木炭可作濾水劑精煉糖時，不純物之黑溶液濾過骨炭，則其色質除去，蒸發所剩溶液，則成無色之糖。

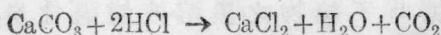
① Carbides ② Acetylene

165. 二氧化碳 (CO₂).

① 二氧化碳為無色氣體，係碳在含氧之大氣中燃燒時所成。一切普通燃料如煤、木、油、及煤氣等都含有未化合，或已化合之碳，故此等燃料燃燒時必生二氧化碳。該氣體亦成於呼吸之進行中，呼氣中約含此氣體 4% 乃至 5%。又製造火酒及酒類時所起之醱酵作用以及燒石灰石以造石灰之時，亦發生此氣體（450 頁）。其由火山及地隙中噴出者，為量甚多。空氣中約有一萬分之三，此極少量之二氧化碳在自然界中實屬重要，當於大氣章述之。

166. 製備。

在實驗室中製備二氧化碳之法，乃以鹽酸作用於碳酸鈣^② (CaCO₃)。碳酸鈣之發見於天然界者種類甚多，如蠣殼、珊瑚、及石灰石等是也。大理石幾為純粹之碳酸鈣，常用於製備二氧化碳，因其價比較的便宜也。將鹽酸與大理石接觸，則生水、氯化鈣 (CaCl₂) 及二氧化碳，其變化以方程式表之如下：



氯化鈣為白色固體，留於液中，而不溶化之二氧化

① Carbon dioxide ② Calcium carbonate

碳則逸出，可用排空氣法收取之如下。

二氧化碳可用圖 53 所示之器具製備之。置大理石數塊於瓶 A 中，以等體積之水將鹽酸攪稀，從漏斗 B 加入。將管 C 插入置於瓶或圓筒口之厚紙，如圖所示。二氧化碳一經化成即經該管逸出。二氧化碳比空氣重，逐漸將空氣擠出，而充滿筒內。以燃着之木片試入筒口，如二氧化碳充滿筒中，則木片之火即熄。

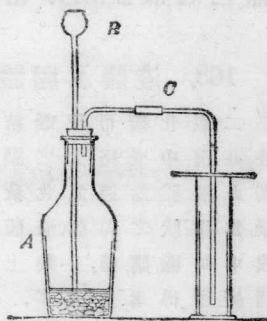


圖 53. 製備二氧化碳之簡單裝置

啓普¹氏之器具(圖 17)比圖 53 所示更爲便利。用之製二氧化碳，正與製氫無異，不過以大理石代鋅耳。

167. 性質。

二氧化碳爲無色且近於無臭之氣體，此氣體一坩比空氣一坩約重 1.5 倍。可由此器灌入彼器，如處理水然；如圖 45 所示之實驗，更爲奇特，即該氣體可由圓筒 A 灌入大玻璃杯

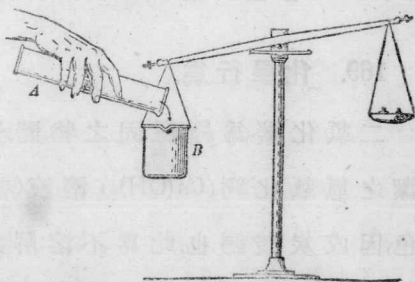


圖 54. 稱氣態之二氧化碳重量之法

B, 此杯附於天平之一端, 已經衡平者也。在 15° 及平常壓力時, 水一體積能溶化此氣一體積。二氧化碳頗易凝集為無色之液體, 比水稍輕而沸點則為 -78.2° 。

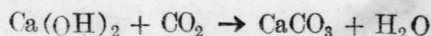
168. 液體及固體之二氧化碳。

二氧化碳可使凝結於強固之鋼筒中以作賣品。此化合物在此筒中受極大之壓力, 故其中大部分已成液體。移去壓力, 則此液體急速氣化致溫度降低足使氣化中之液體一部分凝為雪狀之固體。液體二氧化碳盛於筒內者, 價並不昂, 每學校中均應購備, 工業上此氣體大概得自醱酵作用, 而以由釀酒廠所得者為尤多。

備製固體之二氧化碳, 法將鋼筒橫置俾上, 須令有龍頭之一端, 比無龍頭之一端, 稍低數吋。乃以布片之角箍於龍頭之頸上, 而將布片製成口袋形。於是開龍頭, 令多量之液體噴出, 則霎時間有多量之雪集於布上。錄可藉此雪而凝結, 其方法如下: 取濾紙一張, 置於一個小蒸發盤內, 傾錄若干於其上。將鐵絲之一端, 彎成平圈圍繭於錄中。加固體二氧化碳若干量於錄上, 再注入醇精 10 立厘至 15 立厘。其溫度則降至 -50° 而錄即於一二分鐘間凝固, 可以鐵絲為柄由盤內移出。

169. 化學行爲。

二氧化碳為極穩固之物體, 無自燃及助燃性。通入清潔之氫氧化鈣 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 溶液 (普通石灰水) 中, 即變溷濁色, 因成碳酸鈣也。此為不溶解之物質, 且一旦生成即行析出, 於溶液中顯出濁色或乳色:



因有此等性質, 故試二氧化碳之法頗簡單。

170. 用途.

空氣中之二氧化碳為植物之食料，當於大氣章述之。工業上之主要用途，為製造蘇打水及同類之飲料，亦可作滅火劑。普通蘇打水含有各種香露，及壓入二氧化碳之水。除去壓力則過餘之氣體逸出而生泡沫。大多數可攜帶之滅火劑，直二氧化碳之簡單發生器耳。滅火不必使養氣完全離火。例如空氣僅含 2.5% 之二氧化碳即可熄滅燭火。

171. 滅火器.

普通可以攜帶之滅火器，其形式如圖 55 所示。其液體乃碳酸鈉之水溶液也。瓶 A 盛多量之硫酸，足與溶液中之碳酸鈉起反應。火災發生時，提滅火器之柄 D 而倒轉之，將 B 棒衝擊地板以破硫酸瓶，硫酸立即與碳酸鈉起反應而發生二氧化碳，一部分溶於水中，其餘將該溶液從小口 C 壓出。此等滅火器所使用之水量較少，然為極有效力之滅火劑，因該溶液中含有大部分之二氧化碳也。

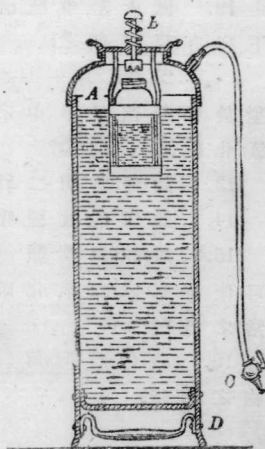


圖 55. 近世滅火器
之一例

練習問題

1. 試擬一法,以證前述各種形式之炭,皆確為碳。
2. 如何能判斷各種之炭之比較純度?
3. 如何能區別氧,氫及二氧化碳?
4. 試設一法,以測定一種煤中碳之百分率。
5. 碳除其顏色弗論外,何以製造墨水及油漆時極為有用?
6. 試述謹瓦散一生之重要事蹟(參考百科全書)。
7. (a)試計二氧化碳100呎之重。(b)製備此量之氣體,需大理石之重量若干?(c)於此反應有若干重之氯化鈣變成?
8. 比較二氧化碳,氧及氫之沸點。
9. 氣壓加倍,則與二氧化碳對於水之溶度有何關係?
10. 詳舉水之破壞蒸餾時之主要生成物。
11. 蘇打水何以起泡沫?
12. 滅火器中硫酸與碳酸氫鈉接觸時發生之反應,可用下列方程式表之:

$$2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$$
- (a)對於每呎溶於水中之碳酸鹽應須硫酸若干重量?(b)發生二氧化碳若干體積?
13. 如何證明二氧化碳為燃燒之成生物(3頁)?
14. 如何能改變呼氣中之二氧化碳為碳酸鈣?
15. 設欲以碳酸鈣製備二氧化碳,則須用碳酸鈣若干,則可使所成之二氧化碳令十呎之水飽和,此水係在15°而受平常之氣壓。
16. 設使將柯傳諾金剛石於養氣中燒之,試計燃燒生成物之體積。

第十一章

氮及大氣中之稀元素

172. 歷史.

蘇格蘭化學家刺得福德^① 1772年始發見氮^②。後數年

社勒^③(圖 56)證明其為空氣之一成分,而拉瓦錫與以阿蘇特^④之名,意即不助生命之謂。氮^⑤之原名乃後人所與者,因其存於硝石^⑥之中故也。阿蘇特一語及其符號 Az, 法化學家仍沿用之。



圖 56. 社勒爵士
(1735-1784)

瑞典化學家,對於化學
上發見甚多

173. 氮之所在.

空氣多係未化合

① Rutherford ② Nitrogen ③ Karl Wilhelm Scheele ④ Azote

⑤ Saltpeter, or niter

之氧及氮混合而成，以體積論，每百分空氣約有氮78分。氮於天然間亦含於硝酸鉀 KNO_3 內，一普通稱為硝石。一硝酸鈉 $NaNO_3$ (圖163)內亦有之。氮亦為一切生物之主要成分；如人身中約含氮3%。

174. 由空氣製氮法。

氮可由空氣中製取，法即令一種物質與空氣內之氧相化合，使氮因此分開。惟該物質與氧化合所成之物，須非氣體，且須易與氮分開者，始可用之。此種物質之最常用者，係磷及銅。

1. 藉磷之作用。 用磷製氮之法如下。

置一小磁碟於木塞上，中放以磷使此木塞浮於水面 (圖57)。於是將熱鐵絲與磷接觸使燃，立蓋以玻璃鐘或玻璃瓶，其內有空氣。磷與空氣中之氧化合，成磷之氧化物名五氧化二磷^①。此係白色固體，浮於玻璃鐘內，旋即全為水所吸，祇餘氮。玻璃鐘內氧之減少可由鐘中之水升高知之。

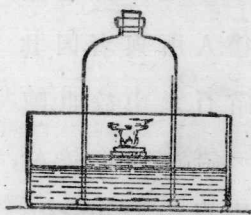


圖 57. 燃磷除去空氣中之氧以製氮

2. 藉銅之作用。 空氣中之氧亦可以銅去之。法以管盛銅，蒸熱，令空氣經過管內，則氧與銅化合成一氧

① Phosphorus pentoxide

化銅，係固體；而氮則仍前行，經過管後，可於水上取之。茲詳述此法如下：

放銅於管 A 中熱之(圖 58)。將水注入瓶 B 中使空氣徐徐

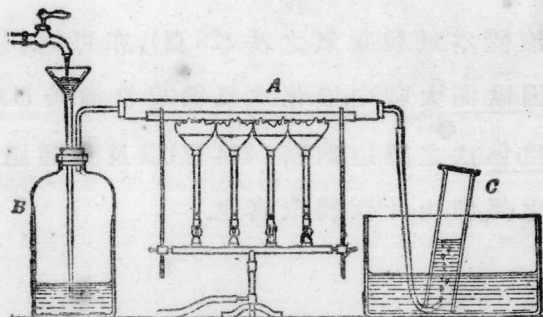


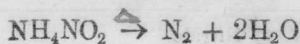
圖 58。以熱銅除空氣中之氧以製氮

壓入管 A 內。空氣中之氧與熱銅化合，成黑色固體之一氧化銅(CuO)，遺留管中，而氮則前進，於圓筒 C 內之水上取之。

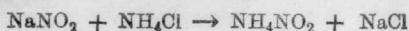
用上法從空氣中取得之氮決不純粹，約含有 1% 之他種混合氣體(138 頁)。然氮之性質，實不以此種氣體存在而受影響。如欲得純粹之氮，可熱含氮之化合物。

175. 由氮之化合物製氮法。

製氮之常用化合物為亞硝酸銻 NH_4NO_2 。熱之則分解為氮及水，示之如下列之方程式：



因亞硝酸銨不容易保持其純粹狀態，故代以亞硝酸鈉 NaNO_2 及氯化銨 NH_4Cl 之混合物為宜。此二化合物作用成氯化鈉及亞硝酸銨：



176. 氮之工業的製法.

由液體空氣製養氣之法 (28 頁)，亦可適用以製淡氣。此法因歐洲大戰中，液化空氣機異常進步 (112 頁) 始顯於世。哈堡^①法之製造硝精 (214 頁) 以及某種肥料製造所用量之氮，即由此法製取者也。

177. 性質.

淡氣與輕氣及養氣相似亦為無色無臭無味之氣體。比氧稍輕，一坩重 1.2507 克。對水之溶解度略與氫同，一坩之水在標準溫，壓約溶解 20 立厘之氮。液體之氮無色，沸點為 -195.7 。在沸點時之密度為 0.80 在更低溫度時可得其冰形之固體，溶解點為 -210.5° 。

178. 化學行爲.

氮比氧極不活潑，在尋常溫度，幾無與他元素化合之傾向。在高溫度時，能與鎂，鋰，鋅，及許多他元素化合。其所成之化合物通稱為氮化物^②，正與元素與氧化成之化

① Haber process ② Nitride

物稱爲氧化物者同。若氮與氧混合而受電花之作用，則此二氣體徐起化合而成氮之氧化物。氮與氫之混合物，若以同法試之則成氨精 (NH_3)，此爲氮與氫之氣體化合物。因吾人常吸入淡氣，故知其無毒。然生命不能在純粹淡氣之大氣中保存，因無必須之養氣故也。

179. 氮與植物之同化。

氮爲動植物之主要成分，然除少數屬於天然^① 荳科之植物外，此等生物不能直接同化大氣中未化合之淡氣，惟由數種氮之化合物中得氮之供給耳。荳料植物如荳、豌豆、金花菜等不僅繁殖於貧瘠之土而且同時使土壤肥沃，此所稔知者也。經研究之結果，知此類植物所攝取之氮，至少有一部分來自大氣。氮因許多微生物之作用而受同化，此種微生物生小結核附於此類植物之根上如圖 59 所示。圖中表示生於各種豆類根上之結核。此種微生物能將取自空氣中未化合之淡氣變爲氮之化合物，其一部爲植物所同化，



圖 59. 豆類植物
根上之結核

① Leguminosae

餘則遺在土中所以使之肥沃也。

180. 氮之用途。

氮之未化合者用以製造供肥料用之氮化物，第有限耳(488頁)。欲用水銀溫度計以量 300° 至 500° 之溫度時須用壓力將淡氣壓入(在水銀上)。則水銀溫度即遠達平常沸點以上(357°)，亦不至沸騰。

181. 氫^①，氦^②，氖^③，氪^④，氙^⑤。

此類為稀元素，發見於空氣中，而量極少。均係無色無臭之氣體。其與已知諸元素不同之處為全不活潑，無論如何不能成化合物也。氫為此族中之最多者，係1894年英之雷力^①卿及刺謨塞^②爵士二科學家所發見(圖60)。1868年羅掣^③氏證明一種氣體元素存於太陽周圍之氣體中，而名之曰氮^④。1895年，刺謨塞證明一種礦物加熱發出氣體



圖 60. 威廉刺謨塞爵士
(1852—1916)
以發見大氣中之稀元素
及研究放射性著名

① Argon ② Helium ③ Neon ④ Krypton ⑤ Xenon ⑥ Lord Rayleigh ⑦ Sir William Ramsay ⑧ Lockyer

時，其中亦有與此同樣之元素，厥後氏并證明大氣中亦有其痕跡。至該族中之其餘三種於 1898 年由刺氏及曲勒佛氏在液體空氣中發見之。

182. 工業上之製氮法。

許多地方之天然氣中每含有百分之一左右之氮尤以堪薩斯^②及得克薩斯^③二地為更著。當美國加入歐戰時，為欲得巨量之氮作為裝氣球及飛艇之材料，曾在得克薩斯州設立實驗廠，以冀得由天然氣中取氮之工業的方法，因氮雖不若氫之輕，然視氮有極大優點，即裝氣球而不易着火也。此等實驗已告成功，如戰爭再延長數月，即可得其相當之供給。分氮之法，與從液體空氣分氧及氮之法同，即利用氮之沸點甚低（ -268.7° ）也。

關於大氣中稀氣體之種種事實列表如下：

| | 氮 | 氧 | 氫 | 氬 | 氦 |
|--------------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| 1 呎氣體之重。 | 0.1782 克 | 0.9002 克 | 1.7809 克 | 3.708 克 | 5.851 克 |
| 液體之沸點。 | -268.7° | -239° | -186° | -151.7° | -109° |
| 空氣 1,000,000 體積中之體積數(近似) | 400. | 12.3 | 9400 | 0.05 | 0.006 |

練習問題

1. 氧，氮及氬如何區別？
2. 試計氮與氧及氮與氫之相對的重量。
3. 從空氣取氮用氫作為除氧劑其作用如何？
4. 何不於密閉空氣之中燃燭製氮？
5. 硝酸鈉與硝酸鉀何者含氮較多？

① Travers ② Kansas ③ Texas

6. 下列各名詞之意義如何:氫,氮,氧,氦,氫,?(參考字典)
7. 試舉社勒之重要發明數種(參看百科全書)。
8. 由空氣 10 噸能製氮若干重量?但此時空氣之體積乃依學者之實驗室中之壓力溫度而量定者。

第十二章

大氣

183. 歷史.

大氣^①與空氣^②二名詞每通用之然嚴格而論,大氣乃指包括地球周圍全部之氣體,空氣則僅指其一部分而言也.空氣亦如水,從前曾視爲一種元素.然殆至十八世紀之末,經社勒^③普利斯特利^④卡汾狄士^⑤及拉瓦錫^⑥等之實驗,則知其最少當爲二種氣體之混合物,二種氣體云者卽現所稱爲養氣及淡氣是也.卡氏以吸收一定體積之空氣中之養氣,且量其因氧之移去而縮小之體積,得精密測定所含淡氣與養氣之相對的體積.

184. 空氣之成分.

空氣之標準成分及在曠野所集各種空氣試料中各成分之近似體積如下:

① Atmosphere ② Air ③ Scheele ④ Priestley ⑤ Cavendish

⑥ Lavoisier

| | |
|---------|---------------------------|
| 養 氣 | 100 體積之乾空氣中有 21 體積。 |
| 淡 氣 | 100 體積之乾空氣中有 78 體積。 |
| 水 蒸 氣 | 變化甚巨。 |
| 二 氧 化 碳 | 10,000 體積之乾空氣中有 3 至 4 體積。 |
| 氫 | 100 體積之乾空氣中有 0.940 體積。 |
| 氮 氛 氫 氫 | 微量。 |

此外常有少量之二氧化二氫,氮之氧化物,硝酸銹,微生物,塵埃,及痕跡之氫等存於其中,大市鎮及工廠區域中之空氣,亦可含有廠中製造上所發出之特種氣體,就中以硫化二氫(H_2S)及二氧化硫(SO_2)為多。

185. 空氣中之水蒸汽。

空氣中所含水蒸汽之量,視溫度而改變,下表乃示一立呎之空氣於所示之溫度時所能吸收水蒸汽之克數:

| | | | | |
|------|-------|-------|--------|------|
| 溫度 | 0° | 10° | 20° | 30° |
| 水之重量 | 4.8 克 | 9.9 克 | 17.1 克 | 30 克 |

186. 空氣中之成分為生命所必須者。

生命所必須之成分為養氣,淡氣,水蒸汽,及二氧化碳。

大氣中之養氣,因呼吸作用直接維持生命,淡氣在大氣中用以沖薄養氣並減其作用之強度,淡氣又為某種植物所同化(137頁),水蒸汽乃阻止有機體中水分之

過度蒸發，而二氧化碳則為植物之主要食料。

187. 空氣之定量分析。

測定大氣成分，有許多不同之法已經發明，茲述其數種如下

1. 養氣之測定。將閉管中一定量之空氣，用磷除去養氣。

取一刻度管，滿盛以水，倒置於盛水之器皿內，將欲分析之空氣導入管內幾滿，而詳記其體積。乃以磷一小片附於鐵絲之一端，插入管內如圖 61。數小時後，管內之養氣與磷化合，水即上昇占其位置。乃將磷移去，再記其體積。空氣所減少之體積即等於被磷所吸去之養氣之體積。

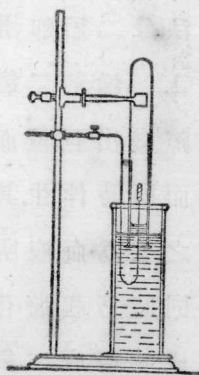


圖 61. 藉磷以定空氣中之氧

2. 淡氣之測定。空氣中之養氣若曾移去，所餘之氣體令通過燒熱之鎂^①或鋰^②則其

中所存之淡氣即被移去；所餘者係氫及其他之稀元素。以此法可以證明每 100 體積之乾空氣中將養氣移去後，所餘之 79 體積之氣體內，淡氣約居 78 體積，而氫居 0.94 體積。其他諸元素之量甚微可略不計。

3. 水蒸汽及二氧化碳之測定。此等成分之測

① Magnesium ② Lithium

定,可用已知體積之空氣通過二管,其一盛以氯化鈣,其二盛以氫氧化鈣或盛以氫氧化鈉更佳。氯化鈣能吸去水蒸汽,而氫氧化鈉則移去二氧化碳。此二物體所增加之重量,即原體積空氣中所存水蒸汽及二氧化碳之重量也。

183. 更改空氣成分之方法。

法分二類:即增加二氧化碳及減少二氧化碳是也。

1. 增加二氧化碳之法。二氧化碳不僅由火山及地隙發出巨量而混於大氣中,且由繼續進行之某種作用而同時伴生,其主要者如下 a)呼吸^① 於此作用,吸氣中之氧為血液所吸收,運於全身,與筋絡中之碳化合,於是同時乃起將化能變為熱及筋力之作用。氧化作用之生成物概成二氧化碳復至肺部而呼出。(b)燃燒^② 一切普通燃料均含有碳之百分率極大,燃時則碳被氧化而成二氧化碳。(c)有機物質之腐爛^③ 當有機物質在空氣中腐爛時,其中之碳則被氧化成二氧化碳。

2. 減少二氧化碳之法。減少大氣中二氧化碳之量,其法有二。

(a)植物之作用^④ 植物在日光中生長時,能吸取空

① Respiration ② Combustion ③ Decay of organic matter

● The action of plants

氣中之二氧化碳，留其碳而將其一部分之氧放還空中。植物得碳之完全供給，全憑乎此。

植物在日光中出放養氣，可示之如下：採集新鮮之葉於A瓶之水中(圖62)，蓋以漏斗B，將漏斗柄插入刻度管C中。養氣之氣泡由葉面發出，可收之於刻度管中。

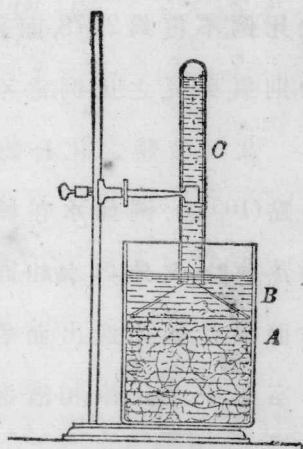


圖 62. 植物曝於日光中而放氧

(b) 岩石之風化。大氣中之二氧化碳因其與各種岩石化合，不絕遞減，此量頗巨。

189. 空氣之組成不變。

有種種變化雖時更改空氣之組成，而其分析之結果，則示氮、氧及二氧化碳之百分率固甚近於恆數也。實際氮、氧之百分率既殆一定不變，以致發生空氣是否為一化合物之疑問。

190. 空氣為混合物。

空氣中之氮與氧並未化合，可用數法證明之，茲舉

① The weathering of rocks

數則於下：

1. 當空氣溶於水中時，業經查悉其溶液中氮、氧之比例，不復為 21:78，而更近於 35:65。假使空氣為化合物，則氧與氮之比例，當不因其溶於水中而改變。

2. 液體之化合物，在指定壓力之下當有一定之沸點(109頁)。例如水在標準壓力時沸點為 100°。又所成沸蒸汽之成分，與水相同。然液體空氣之沸點，因液體沸騰而漸升，氮先逸出而氧隨之。假如二者已化合，應以其在空氣中之比率相偕逸出。

3. ... 1/2 容積: O₂ 及 1/2 容積: N₂ 即可混合而得
 每容積相同之氣體 (W. G.) 1949. 8. 12.

空氣何以有一定之組成 空氣既為混合物且常有種種變化以改其成分，然則分析證明其成分不變，其故安在？此可由數種事實說明之：(1)一方面有燃燒，呼吸，及腐爛作用所起之變化，而他方面有植物作用，所致之變化，彼此相等，故彼此相消。(2)風常動蕩空氣故阻止其局部改變。(3)空氣之體積極大，而所改變之空氣與全體空氣比較則極小，因此所變之空氣不易查出。(4)須知曠野中之空氣始有此種恆定之成分。至於不流通而住人又衆之房中則其空氣之成分改變甚速。

191. 不潔空氣與通風。

吸入與呼出空氣中之養氣，二氧化碳，及水蒸汽之百分率差示之如下表：

| 成分 | 吸入空氣 | 呼出空氣 |
|------------|--------|--------|
| 養氣 | 21.00% | 16.00% |
| 二氧化碳 | 0.04% | 4.38% |
| 水蒸汽 | 無定 | 飽和 |

通風不良所致之害，似不因養氣之缺乏，又非因二氧化碳之過多，却因高溫度及不適量之水蒸汽之故。此二者易起於人衆及通風不良之房中。

水蒸汽不僅從肺中呼出，且時常由皮膚上之毛孔發散，因此吸熱頗多。空氣之溫度雖極有變遷，而健康者之體溫幾乎不變。體溫之所以不變者，一部分因由皮膚蒸發之水蒸汽之量，得適當的調節故也。假如空氣中有不適量之水蒸汽，則由皮膚蒸發水蒸汽極緩，而身體即覺不舒暢。如空氣極沉靜，則與皮膚相觸之一部分空氣，為水蒸汽所飽和，而蒸發作用即減少。故宜藉電扇類使空氣常起運動以助蒸發。

大概所含水蒸汽成分如達飽和時百分之七十，最足使生快感。良通風所需新鮮空氣之體積，因各種情形而大有不同，然大概可定每人每分鐘約需30立呎。

192. 空氣之性質。

空氣既爲其主要成分氧及氮之混合物,而此二元素業經詳述於前,故空氣之性質,大概可從此二氣體之性質推知之。一呎之空氣重 1.2928 克。

193. 液體空氣。

於上 (112 頁) 已知空氣與一切其他氣體相似,可以壓力及低溫度之合作使之液化。液體之空氣,要係液體淡氣(沸點 -195.7°)與液體養氣(沸點 -182.9°)之混合物;故使液體空氣蒸發時,淡氣即先行氣化,利用其沸點之不同,可將氮,氧分開,工業上即用此法以製此二氣體也。極低之溫度,亦可用液體空氣得之,貯之雕阿^①氏瓶中(圖 42)可保存數小時之久,液體空氣之極低溫度,可以下之事實推知之,即若以液體空氣使銻變冷,則銻結成固體極硬,可槌之成釘。

練習問題

1. 使養氣與淡氣以其在大氣中之比例混合,不見有放出或被吸收,此暗示何種要點?
2. 工廠區域之空氣,其何種主要成分較鄉村爲多?
3. 苜蓿生於田野,何以能令泥土變佳?
4. 設有一器皿盛液體空氣,若投冰於該器皿內,則液體空氣即起猛烈之沸騰,試釋其理。

① Dewar

5. 電扇能降低房中之溫度否?何以藉此可使人覺舒服?
6. 燃燒能在液體空氣中比在氣體空氣中更猛烈否?
7. 空氣每100體積有養氣21及淡氣78體積。問養氣與氣重量之百分比各若干?
8. 假如乾燥木材中含碳百分之40,而此碳原來俱取自空氣中之二氧化碳;今有植物欲成500克之木材,應吸取 CO_2 若干重量?
9. 今欲使5呎乾空氣中之養氣盡與銅化合,問需銅重量若干?
10. 設有一管盛氯化鈣,共重30.1293克。又取某體積之空氣,重15.213克,通於管中,則管重為30.3405克。問空氣中之水蒸汽其百分率若干?
11. 空氣10呎,為在溫度 20° 及壓力740耗時所量定者。使之通過石灰水則有0.0102克 CaCO_3 之沉澱。問每10,000體積空氣中有二氧化碳若干體積?

第十三章

溶液,電離之理論

194. 緒言.

化合物與混合物之區別,已於第二章述之。一代表的混合物中,其性質不同之微粒可以辨識,故混合物無完全均一之性質。化合物則無論至細微之部分彼此成分俱同。

居此二者之間,有大類之實體謂之溶液^①,其最習知之例,爲固體在液體中之溶液其與混合物之差異甚著,因其有完全均一之性質即常所稱爲均質^②是也。其與化合物不同之點,即其組成之變遷範圍甚廣。故溶液之義可定之如次:溶液者爲有均質性之實體,其組成可於一定範圍以內接續變遷者也。此定義於溶液之物理的形態或其組成均無拘束。一切結合如氣體在氣體或液體之中,固體在液體或固體之中,均包括於此定義之內矣。

① Solutions ② Homogeneous

關於溶液吾人所討論之二要素爲：(1) 溶解物體之媒質，曰溶劑；(2) 溶解於溶劑中之物體曰溶質；如糖溶於水中則水爲溶劑而糖爲溶質也。溶液中最習知者爲氣體溶於液體中及固體溶於液體中所成之溶液是也。

氣體溶於液體中之溶液

養氣，輕氣，及淡氣，前已知其俱可稍溶於水。然經精細研究之後，則知各種氣體，非但皆可溶解於水，且可溶化於其他多種液體中。氣體溶解量之多寡，因數種之情況而異。設以器皿 *B* (圖 63) 裝滿氣體倒置於 *A* 液上。則器皿內之氣體，無處逃散，亦不能與他種氣體相混合，故可考管各種情況。

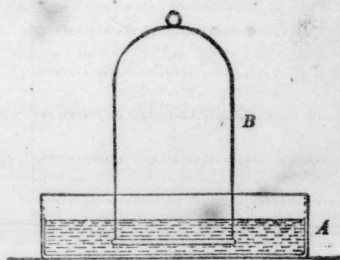


圖 63. 閉於水上一種氣體之溶解度

195. 關於氣體溶解度之數要素。

氣體溶解於液體時有數要素可以改變其溶解度。

1. 氣體之本性。設他種情況均同，則每種氣體各有特別之溶解度，正如每種氣體各有特別之味及特

別之臭也。各種氣體之溶解度，差異甚鉅，觀下表即知。此表乃表幾種熟知之氣體溶於一呷水中之體積也。

氣體對於一呷之水之溶解度

| 氣體之名 | 所吸收之體積在0°及760耗壓力下 |
|-----------|-------------------|
| 硝酸..... | 1298.9 呷 |
| 氯化氫..... | 506.0 呷 |
| 二氧化硫..... | 79.79 呷 |
| 硫化二氫..... | 4.37 呷 |
| 二氧化碳..... | 1.713 呷 |
| 氧..... | 0.0496 呷 |
| 氮..... | 0.0233 呷 |
| 氫..... | 0.0214 呷 |

此處所應注意者，為有種氣體如硝酸，極易溶化。此蓋因該氣體一部分與水化合而成化合物也。

2. 液體之本性。液體之性質，影響於氣體之溶解度甚大。各種液體如水，酒精或醇精，各有其特別之溶解力。一種氣體溶解於水之溶解度，不能視為標準以預定該氣體對於別種液體之溶解度。

3. 壓力之關係；亨利之定律。壓力增加，則氣體溶入溶液中之重量亦增加，其增加之量與壓力成比例。是稱為亨利定律，^①乃1803年，亨利氏所表述者。假如溫度

① Law of Henry

↑ 氣體之溶解度與壓力成正比。

不變，100 立厘之水，在一氣壓時溶一克氣體，則在二氣壓時即能溶二克氣體也。若加高壓力則一液體可溶巨量之氣體。然於此設將壓力除去，則氣體因壓力增加而過量溶存之部分即行逸散。

4. 溫度之影響。凡液體之溫度愈低，則其溶化氣體之量愈大。如 1 呎水在 0° 時，可溶解 0.0496 呎之養氣；在 50° 時，溶解 0.01837 呎；在 100° 時則全不能溶解。一般氣體溶解於液體者，若沸騰之，則氣體蒸出，而亦有不能蒸出者。例如沸騰不能使氯化氫由溶液內全行蒸出是也。

固體溶於液體中之溶液

固體溶於液體中之溶液為最熟知之例。以下專論真正之溶液不可不加以注意也。例如有時謂鋅溶解於鹽酸中者。然應知此種溶液有切確無疑之化學反應，使鋅變為氯化鋅，而該溶液蒸乾所得者，即此氯化鋅也。以下論列，則非此類之溶液，乃蒸發之，則溶質以其原有之化學形狀而遺留者也。

196. 關於固體溶解度之數要素。

固體在液體中之溶解度有數要素以決定之。

1. 固體之本性。設他種情況均同，固體對於液體之溶解度，大不相同(參看下面之表)

固體無絕對不溶解者，惟其溶化之度或為過少，殆可忽視耳。如硫酸鋇為普通最不易溶解物體之一，然每400,000分之水亦能溶解硫酸鋇1分。

2. 溶劑之本性。各種液體溶解固體之力，亦大不相同。其稱為良溶劑者則能溶解多種物體又能溶解其多量。其容量小者，則能溶解少數物體，又只能溶解其少量。大概言之，水可謂為最普通之溶劑。其次或為酒精是也。

3. 溫度。一定量液體所能溶解固體重量之多寡視溫度而定。通常溫度增加，則溶解亦增加。故沸液體所能溶解之重量較冷液體所能溶解者多數倍。然亦有溫度對於其溶解度無甚影響者如氯化鈉(食鹽)是也。又有數種固體如氫氧化鈣(熟石灰)其溶解於冷水中之量較多於熱水者。觀下表即可知之：

固體溶解度之表

| 物質 | 分子式 | 100立厘米水於下示溫度所溶物體之重 | | |
|------|---------------------|--------------------|--------|--------|
| | | 0° | 20° | 100° |
| 氯化鈣 | CaCl ₂ | 59.50克 | 74.5克 | 159.0克 |
| 氯化鈉 | NaCl | 35.70克 | 36.0克 | 39.80克 |
| 硝酸鉀 | KNO ₃ | 13.30克 | 31.6克 | 246.0克 |
| 硫酸銅 | CuSO ₄ | 14.30克 | 21.7克 | 75.4克 |
| 硫酸鈣 | CaSO ₄ | 0.759克 | 0.203克 | 0.162克 |
| 氫氧化鈣 | Ca(OH) ₂ | 0.185克 | 0.165克 | 0.077克 |

197. 克分子量之溶液。

溶液之濃度顯然可用百分比制表之，然常用一定體積溶液中所包含之分子量(以克計)之數表之為宜。溶液 1 呷中所溶解之物體重量之克數適與其分子重相等時則此液溶稱曰一克分子量之溶液，如言氯化鈉(NaCl) 一克分子量溶液，即謂該溶液 1 呷中包含 $23.00 + 35.46$ ，即 58.46 克之氯化鈉也。

198. 飽和溶液。

置糖一塊於大口杯中而加以水，如圖 64 所示，則糖體積漸減而變為溶液，因糖之顆粒離糖而彌散於溶劑中也。若糖量充足，歷時稍久，則溶液中糖之濃度，必達於一定限之數值，吾人於此可說糖已停止溶解，而稱溶液為已被飽和。蓋微粒陸續離糖塊而分散然一到平衡，則微粒彌散之速率與其由溶液析出之速率相等。故飽和溶液之定義可述之如下：飽和溶液者，與不溶解之溶質相平衡之溶液也。

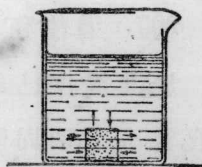


圖 64. 表飽和溶液之平衡

① Molar or gram-molecular solution ② Saturated

199. 從溶液中分出固體。

凡固體由其溶液中分出時，常聚積呈結晶形，各有其一定之形狀。此法屢用以淨固體，而溶劑當擇其能留置不潔之物於溶液中者用之。由溶液中分出固體之法，常取下列二者之一：(1)使溶液於室內溫度以固體飽和之，而後靜放於一處，則溶劑逐漸蒸發而固體即徐徐析出。(2)大抵固體於高溫度時之溶解度較低溫度時為多；故若將此種固體之溶液於高溫度時飽和而置之使冷，則大抵(參看下節)足使該溶液於低溫度時飽和所餘之一切固體，即行析出，呈結晶形。

200. 過飽和溶液。

於某溫度已經飽和之溶液，若冷之，則固體雖在冷液較在熱液溶解為少，然有時並無固體由該飽和溶液析出。此現象在黏性之溶液如糖汁等若不稍稍攪動，最易見之。此種溶液稱為被過飽和。然此種溶液，其性極不

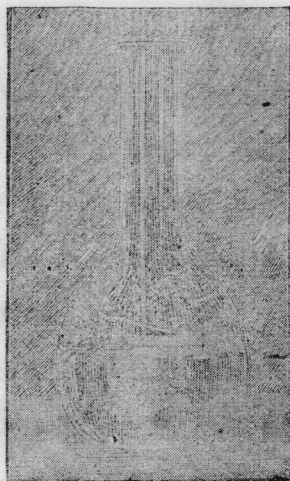


圖 65. 懸於過飽和溶液中之一結晶之急速增大

穩固，可加一固體之結晶於其中以試之。此晶體加入後則固體除在該溫度所需飽和其溶液之一定量外，其餘多剩之固體均立即結晶而析出（圖 65）。又過飽和溶液如用力震蕩之或攪動之，則亦可變成飽和溶液。

溶解度曲線 大概溶質之溶解度隨溫度而變遷，但不規則耳。故可以曲線表溶解度與溫度之關係，即畫橫標（OT）表溫度，縱標（OC）表溶於一呎中之克數。圖 66 即示數種之此

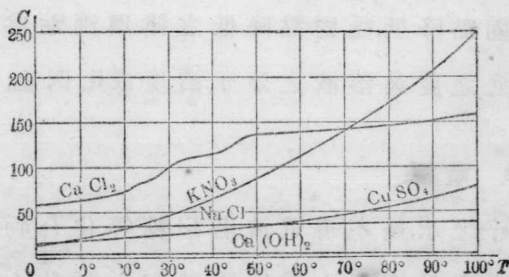


圖 66. 示數種代表的溶解度曲線

種代表的曲線。由此可知有數種物體溶解量大而其他則不然。有數種物體之溶度，隨溫度之昇高而速增，然亦有增加甚小。

201. 溶液之特性。

溶液之特性，可概述於下。

1. **固體於液體中之分佈** 固體既溶解，則均勻分佈於液體中，使溶液各部分之濃淡相同。然若非攪拌或動蕩其溶液以催速之，則其散布非常遲緩。如置一種

有顏色之晶體例如高錳酸鉀少許於高器皿之底，滿盛以水，則須經數週後，溶液之各部分始現同樣之顏色。

2. 溶液之沸點。液體若有固體溶解於其內，則其沸點增高。普通增高之度數與溶液之分子濃度成比例；即與溶解定量溶劑中之物體之克分子量數成比例也。故使沸點改變者似非分子之特性，直分子之數耳。

3. 溶液之凝固點。液體若有物體溶解於其內，則其凝固點降低。凝固點降低之律與沸點增高之律相似，即降底之度與溶液之分子濃度成比例也。

202. 電解。

純粹之水，幾不導電流。若以糖等化合物溶於水中，則其溶液亦為不良之電導體。然有數種化合物如氯化鈉或硫酸之類，若溶解於水中，則所成之溶液為良導體，而此種物質稱為電解質①。電流通過電解質時，常起化學變化。此種變化謂之電解②。

電解溶液常用之法示之如圖 67 將用適當材料製成之板或棒 (A 及 B) 二枚，與電池 (或發電機) C

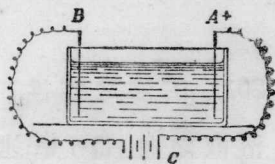


圖 67. 示溶液之電解法

① Electrolyte ② Electrolysis

之導線連接，置諸電解質中如圖。此種板或棒謂之電極^①。與電池之陰極相接之電極^② B 謂之負電極又名陰極^③，而與電池之陽極相接之電極^④ 謂之正電極又名陽極^⑤。

203. 電離之理論。

如上有數種化合物如氯化鈉類之溶液能通電流，而其他化合物如糖之溶液則否，其故尙未深明。凡化合物溶解而可成電解之溶液者，對於溶劑之沸點及凝固點，影響極大；即沸點及凝固點之改變，遠出吾人意料之外，此誠重要之事實也。此種固體溶解於水後，其分子似若分爲二部分或二部分以上而作用，即其效力猶與增加其分子之數相同。此種事實與電解所見之事實，



圖 68. 斯凡歐格斯亞勒紐氏^①
(1859)
瑞典化學家創離子之理論者

① Electrode ② Negative electrode ③ Cathode ④ Positive electrode ⑤ Anode ⑥ Svante August Arrhenius

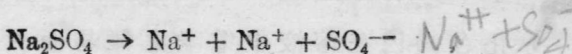
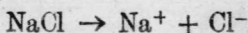
可用瑞典化學家亞勒紐氏(圖 68)所設之理論,妥為解釋,此理論曰離子化或電離之理論^①,其基本觀念如下:

1. 離子之生成. 許多化合物溶解於水時,其分子即分開或解離^②為二部分或二部分以上,此各部分名為離子^③.例如硝酸鈉(NaNO_3)解離為 Na 及 NO_3 二離子;氯化鈉(NaCl)解離為 Na 及 Cl 離子.此類離子在溶液中能自由行動,一如獨立之分子.故西名曰 ion, 意即遊行者是也.

2. 離子之電荷. 離子荷電極此為離子與原子或分子不同之點.例如鈉離子與平常之鈉,顯然有數種極不相同之點,因鈉離子從食鹽變成者,雖溶在水中,並無顯著之表示,然平常之金屬鈉,若在水內則立即使水分解矣.由此觀之,元素若荷電則大變其普通之化學性.

3. 正電荷等於負電荷. 凡一分子電離,則其所成之離子有二種:其一荷正電而其他則荷負電.正電荷之總數恆等於負電荷之總數^④,故以全體溶液言之,仍不失為電的中和.若以平常化學方程式表電離,而以加(+)
減(-)二號表示正負電荷,則氯化鈉及硫酸鈉分子之電離可表示之如下:

① The theory of ionization ② Dissociate ③ Ions ④ Positive charges
⑤ Negative charges



凡荷正電之離子謂之陽離子^①，荷負電之離子謂之陰離子^②。

4. 化合物非均可電離。普通假定，可得電解之溶液其溶質必起電離。故食鹽溶於水中則電離，因已知其所成之溶液為極良之電解質也。反之如糖則不電離，因其溶液非電流之導體也。

圖 69 示一極方便之器具以測溶液是否為電之良導體。

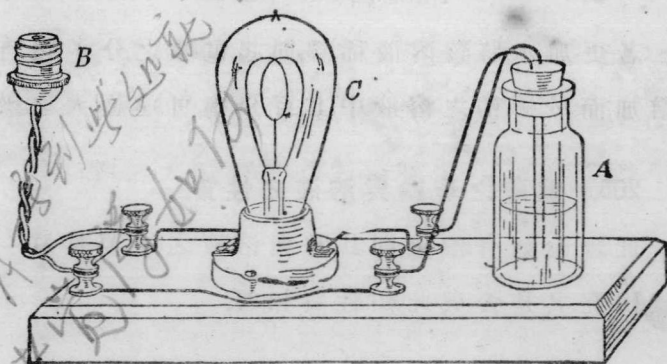


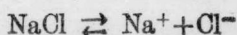
圖 69. 測驗溶液是否為電導體之器具

盛溶液於 A 瓶中，插入二電極，以導線及塞子 B 與電燈之電路連接。若溶液為良導體，則電流經過 C 燈，燈即發亮。

① Cations ② Anions

204. 電離之限度.

化合物因在溶液中電離之難易而大有區別。有易電離者，有僅稍微電離者，有全不電離者。又電離之限度，視溶劑而變易。例如氯化氫(HCl)氣體溶解於水中，則大起電離，而於安息油(燐)^①中，則全不起電離。水為善良之電離溶劑。稀釋溶液亦可為電離之助。例如在氯化鈉之濃水溶液中，其分子僅有一小部分電離，因分解為離子之分子與再由離子合成之分子間，平衡告成之故可用下之方程式表之：



若更加水將該溶液稀釋，則起電離之分子之百分率增加，而於極稀之溶液中，其百分率可達極大之數。

205. 電離之理論與溶液之性質.

此理論如有價值，則其當與溶液之主要性質一致。今試研究其是否與此類性質相符。

206. 電離之理論與溶液之沸點及凝固點.

吾人於前已知液體之沸點升高與溶於液體中之溶質之分子數成比例。然今查知溶液為電解質時，其沸點升高比照此律所應有者為多。若溶質分為離子則其

① Benzene

故即易說明。蓋各離子對於沸點與各分子有同一之效果，而離子之數常大於其原分子之數，故對於沸點之效果異常大也。同樣關於電解質凝固點之異常低降，亦由此理論說明。

207. 電離之理論與電解。

電解時所起之變化與電離之理論極相符合。研究下舉之例可以了然：

1. 氯化鈉之電解。圖 70 表一器，其中所盛之電

解質為氯化鈉(NaCl)

之溶液。照電離之理

論，氯化鈉溶入水中，

則其分子即分離為

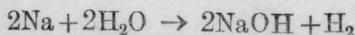
二離子 Na^+ 及 Cl^- 。因

陰電極 B 有巨大之

負電荷來自電池 C ，故 Na^+ 離子即為其吸引。及其與陰

極相接觸時，即放去其正電荷而為尋常之鈉原子。立即

將水分解，如下方程式所示：



同樣，氯離子(Cl^-) 為荷正電之陽極 A 所吸引，即放棄其所荷之電，游離而為氯原子，或自相化合成氯之分

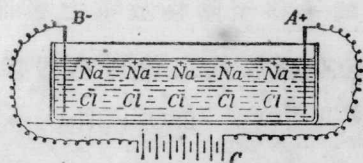
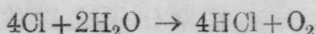


圖 70. 解說氯化鈉(NaCl)

電解之理論圖

子,或與水起作用,如下方程式所示:



須知電流不能使溶質分解爲離子,且電流僅能通過於已有離子存在之溶液中。

2. 水之電解. 用電解分水法以製備養氣及輕氣時其水中必加硫酸之理由(16頁),茲可說明之.蓋水自身非良電解質,故其所成離子之數不足以傳電流.硫酸(H_2SO_4)溶於水時成電解質,即分離子二種離子 2H^+ 及 SO_4^{--} ,每一 SO_4^{--} 離子荷二負電.當溶液電解進行時, H^+ 離子移至陰極放電之後,即成輕氣而逸散. SO_4 離子移至陽極,放電之後與水起作用,放出養氣而再成硫酸:



所成之硫酸,又復電離,如此反復進行,直至水盡而止.由此觀之,以電解分水所得之氫,氧二氣,其實直接由酸而間接則由水放出.

208. 電解質之性質因離子而變化.

能成離子之物體,一旦溶於水中,則所成溶液之性質當依下列二要素而定:(1)該物體所成之離子;(2)未電離之分子.因離子之化學性比分子之化學性爲活潑,故電解質之化學性大半視離子而定,非視分子而定!

凡二種物體之溶液若有一種離子相同，則必有數種性質相同。例如凡溶液中有銅離子 (Cu^{++}) 者都為藍色，若未經顏色不同之他種有色分子或離子所改變，則其藍色甚顯；一切氯化物之水溶液，以硝酸銀處理之，均可生沉澱，因此種溶液都含氯離子 Cl^- 也。

離子荷電之來源 離子荷電之理由，歷經設法說明。大概元素之原子非均勻體，而係有機之組織，各成自許多小體，而此小體之數，隨各原子而互異，此小體名之曰電子^①。電子均相同，其重似若為氫一原子重量之 $\frac{1}{1800}$ 。電子可由尋常物質分出，故能以游離狀態存在，電子曾經證明為陰電，故電為實質之物。若一物體所含電子之數比其常有之數為多，則謂之荷負電，若由常有之數將電子移去若干，則謂之荷正電。電能即此運動極速之無數電子之能也。

應用此理以釋離子之荷電，可假定鈉與氯之原子在化合之先，各有其常有之數之電子。當其化合而成氯化鈉時，各種原子中電子之分佈有若何之擾亂，不得而知。然當氯化鈉溶化於水時，電子分布似有變動。鈉原子失一電子而氯原子則得一電子。於是鈉原子荷正電而氯荷負電；此兩種原子此時能彼此分開而成獨立之離子。若再化合，則二原子各回復其原狀，而其所成之分子又變為電的中和矣。故離子與原子為極不相同之物；其重量亦當不同，惟不能以實驗證明之耳。

練習問題

1. 試辨別下列諸名詞：電解，電解質，離子，溶質，溶劑，溶液，飽和溶液，及過飽和溶液。
2. 有種天然之泉水，能放氣泡何故？
3. 大洋之水何以不凍冰？

① Electrons

4. 搖攪何以能使固體溶化於液體中之速率增加?
5. 以強鹽水煮蔬菜何以較尋常之水易於熟爛?
6. 蘇打水何以放氣泡?
7. 糖汁即無蒸發,其中之糖亦有時下沉,試說明其故。
8. 使100克氯化鈉溶於多量之水中以成1500立厘溶液,問其分子濃度爲何?
9. 使200克之硝酸鉀溶於120立厘之沸水中,而令所成溶液冷至 20° 問硝酸鉀析出若干重量?
10. 今將硝酸鉀,氯化鈉,及氫氧化鉀之固體,各於1000立厘之水中熱之,使成各化合物之飽和溶液,若將溫度降低,問各溶液當有何影響?
11. 將食鹽10克溶於水中而將其溶液蒸乾;問所餘固體之重量若干?將銻10克溶於硫酸中,而將其溶液蒸乾;問所餘固體之重量若干?
12. 問鈉對水有何作用?氯化鈉溶液中鈉離子不使水起分解,試解其故。
13. SO_4 離子常有二重電荷如程式 SO_4^{--} 所表者,如電解稀硫酸時所見,倘離子捨去電荷,則將起何作用?
14. 若以電流通過硫酸銅 (CuSO_4) 之水溶液中,問有何變化發生試作與圖70相同之圖以解之。
15. 加水於糖之濃溶液及鹽之濃溶液;試對照其影響於各組成上之效果。
16. 有數種化合物之溶液,若稀釋之則其色常變,試解其故。

第十四章

氯;氯化氫;鹽酸

209. 氯之歷史及所在.

社勒爲得純氧之第一人,亦爲分出^①氯元素之第一人也(1774).氏以鹽酸作用於二氧化錳而得氯元素,其法今仍用之.發明後數年,有人以爲氯係鹽酸及氧之化合物,然1810年,英之化學家德斐^②,乃證明其爲元素.

氯之最多化合物爲氯化鈉即食鹽.此化合物存於海水中且於世界各部構成固體(岩鹽)之大積層.氯在天然間,亦常與鉀,鎂,鈣化合,而至其他金屬亦稍有化合,唯爲量有限.

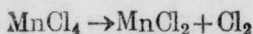
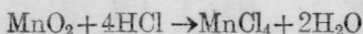
210. 製法.

實驗室中之製法與工業上之製法不同.

1. 實驗室中之製法. 在實驗室中製氯之法,通用者有二.其一,以鹽酸〔即氯化氫之水溶液(HCl)〕與二氧

① Chlorine ② Davy

化錳熱之。二氧化錳爲黑色固體，其方程式爲 MnO_2 。加熱則先成四氯化錳^① (MnCl_4)，然不穩固易分解爲二氧化錳^② (MnCl_2) 及綠氣 (Cl_2)，如：



實驗室中之裝置。將二氧化錳與鹽酸同置 A 瓶中(圖 71)，徐徐熱之即放出綠氣，經過 B 管入 C 瓶，而發泡通過貯於瓶中之少量之水(以除所含少量之鹽酸)，最後經 D 瓶之硫酸中使之乾燥。綠氣稍能溶化於水，故用空氣換置法於圓筒 B 中收取之，當圓筒貯滿時，可由其顏色察知之。

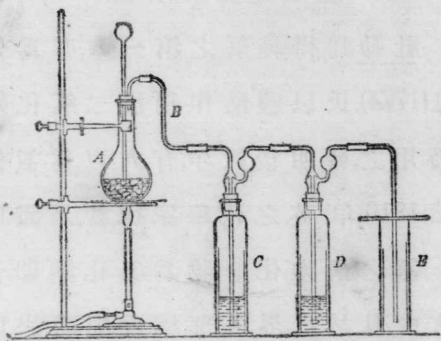
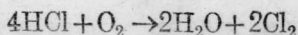


圖 71. 純氯製備法

其二，欲得少量之綠氣時常用之，法即如下列之方程式，以氧化氯化氫。



此可用遊離之養氣，惟發生之氣量不多耳。若加用

① Manganese tetrachloride ② Manganous chloride

相當之觸媒劑(如硫酸銅)則可增其發生之量,然用一種氧化劑以代游離之養氣,更爲方便。於此最適當之氧化劑,爲紫黑色之固體,其式爲 KMnO_4 ,名高錳酸鉀^①。其完全之反應甚複雜,當於後章詳述之;現須注意者,唯氯大概即照上列方程式而放出,而氧乃由高錳酸鉀發生也。此法較第一法用費稍大,然不須加熱,而綠氣發生之速率易於節制,此則其優點也。

實驗室中之裝置。實驗室中若用此法以製綠氣,須置高錳酸鉀於A瓶中(第72圖),而以等體積之濃鹽酸與水之混合物逐漸由漏斗B滴入,此漏斗有活門藉可調節該液體流入。(此種漏斗謂之分液漏斗)^②。於是變化立起,而由C放出之綠氣,以空氣換置法收取之。欲得極純之綠氣,可使該氣體通過硫酸中。

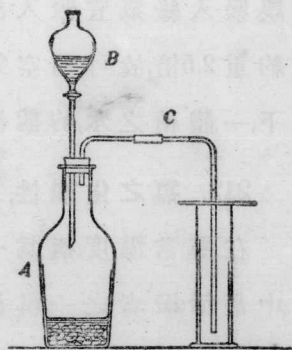


圖 72. 由高錳酸鉀及鹽酸製氯

2. 工業上之製法。前述氯化鈉之溶液電解後綠氣由陽極放出,而氫氧化鈉(NaOH)成於陰極,遺留於溶液中(163頁),美國工業上製綠氣俱用此法。此法之優點,爲氯化鈉價廉且所成之氫氧化鈉,商用頗廣,如此製

① Potassium permanganate. ② Separatory funnel

就之綠氣，壓入強固之鐵筒中而運售之，或令通過熟石灰中使成固體曰氯化石灰^①，或稱漂白粉^②（452頁）。如此既便於運輸，且需用時可由此取綠氣。

211. 氯之性質.

綠氣為綠黃色之氣體。有一種特異悶人之臭，對於咽喉及肺臟刺激極強。雖吸其極小量，亦常起種種類似重傷風之病症；若吸入較多，則甚危險，甚至有致命之虞。若誤吸入綠氣宜吸入乙醚或鹵精以救治之。綠氣比空氣約重2.5倍，故可用空氣換置法收取之。尋常溫度壓力之下，一體積之水，約能溶化三體積之綠氣。

212. 氯之化學性.

在尋常溫度，氯為一切元素中最活潑者之一，其活潑之性，可分數目敘述之。

1. 對於氫以外諸元素之作用。有許多元素，即在尋常溫度亦能直接與氯化合。例如磷在綠氣中燃燒，銻粉及鉍粉，洒入盛氯之瓶中，即刻燃起



圖73. 金屬粉在氯中燃燒。

① Chloride of lime ② Bleaching Powder

火(圖 73)。以銅箔一條,熱至發紅,擲諸綠中,則該二元素發白熱光而化合。即不活潑之金屬如金及鉑,亦能以此氣體使其變色。氯與其他元素化成之化合物曰氯化物^①,組成一極重要之族。例如食鹽即鈉之氯化物(NaCl)也。

2. 對於氫之作用。氯與氫有極強之愛力,化成氣體之氯化氫(HCl)^②。輕氣在空氣中燃燒,若移於綠氣中則仍燃燒而放光燄(圖 74)。氫,氯二氣體之混合物,若通以電花或曝於日光中,即起極猛之爆炸。其所以爆炸之故非熱致之,乃光使之然也。

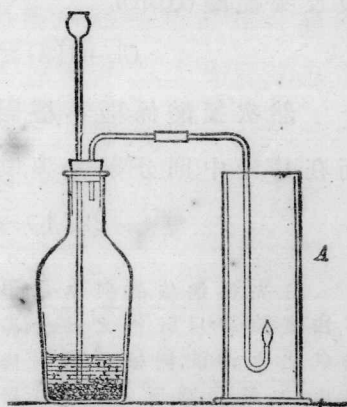
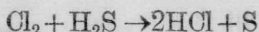


圖 74. 輕氣在綠氣中燃燒

3. 對於氫之化合物之作用 氯不僅直接與游離之氫化合,且每由氫之化合物中將氫抽出。例如以綠氣通入硫化二氫之溶液中,氯即與氫化合,使硫分離,如下之方程式:

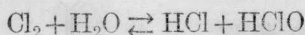


氯與松節油^③作用,亦與此極相似。松節油大概由數

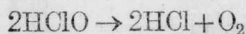
① Chlorides ② Hydrogen chloride ③ Turpentine

種化合物組成，該化合物之成分可以式 $C_{10}H_{16}$ 表之。以紙片蘸溫松節油，插入綠氣之瓶中，則松節油中之氫，即與氯化合生成氯化氫，使碳分離為黑色固體。

4. 與水之作用 氯與水之作用至為重要，因氯可作漂白劑用即基於此也，將綠氣通入水中，則即成鹽酸及次氯酸^①(HClO)：



然次氯酸係極不穩固之化合物，在暗處漸漸分解，而在日光中則分解尤速，其作用表之如下：



日光促進綠氣與水之作用，可用下法實驗之：以較粗之長管，滿裝飽和綠氣之水溶液，倒植於盛同樣溶液之器中（如第 75 圖所示），將該器置諸日光中晒之，則有氣泡由溶液內衝上而集於管中。取此氣試之當知其為養氣也。

水因氯作用而分解時，如有物體能與放出之養氣即行化合，則其分解之速度大增。故綠氣之水溶液為良氧化劑，而常用之。

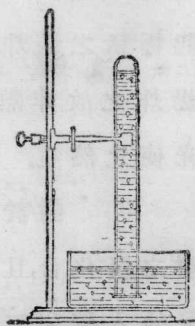


圖 75. 在日光中以氯分解水

5. 對於有色物體之作用；漂白作用。 氯之漂白

① Hypochlorous acid

① 作用頗強。有顯色之布條，以水溼之，置諸綠氣之瓶中，立即褪色。水在此變化中，為係必需品。試將綠氣通過硫酸除淨水氣，而置乾燥之有色布條於其中，則布不改色，可以知之。大概氯之漂白作用，先與水起變化而成次氯酸（172頁）。而後此酸分解，其分解所發生之氧與布之色質可起反應，使成無色化合物。故氯顯然僅能漂白某種材料，即其色質因其氧化作用而變為無色之化合物者也。氯對於如碳之有色物體無漂白作用，故由碳製成之油墨毫不因氯而變色。氯不能用以漂白絲及稻桿等物體，因能損害此等之纖維質故也。

有種食物如乾菓及劣等麥粉，亦須漂白。麥粉之漂白，從前禁止，今則極通行，因廠主藉此可得多出白麥粉也。

圖 76，示氯之漂白作用。取同樣之布條三，懸於三瓶中，第一藏空氣，第二藏乾綠氣，第三藏溼氯。則見乾綠氣對之幾全無漂白作用，而濕氯改變其顏色之一部。

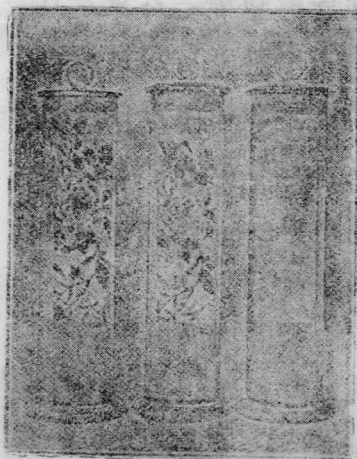


圖 76。以濕綠氣漂白有色之布

6. 殺菌之作用。

氯有顯著之殺菌性，故游

離之綠氣以及易於發氯之化合物,均作消毒劑用。

213. 氯之用途.

如上所述,氯為優越之殺菌劑及漂白劑,故用於此方面者甚多。各種從植物纖維,如麻及棉織成之物常因其中有天然色質,故稍著色。若須白色之織物,則必須漂白。從前將此等織物,曝之空氣及日光之中藉其作用以漂白之,但完成此漂白作用,須多日。若利用氯之作用,則能在短時間內而得同樣之效果。

大抵商場上所用之氯,多取自漂白粉。氯在此物質中,需要時極易分出,而且有效遊離之綠氣,製造上多用之,且可作城鎮用水之滅菌劑(圖77),故需量大增。大戰時所用之氣體炸彈中多含有氯。

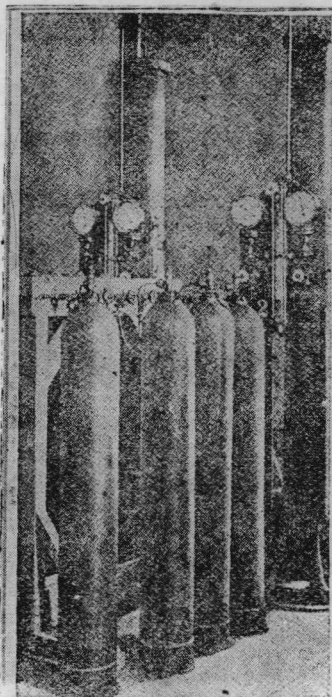


圖 77. 儲氯於彈形筒中以供淨水之用

214. 新生態。

前見將氯作用於水能使放出養氣，此氧當放出之頃與尋常之氧不同，即其能為尋常之氧所不能為者，蓋在乾燥空氣或純粹養氣中，不改顏色之物體，此氧能漂白之也。大概言之，元素之活潑力，在其纔由化合物中放出時為最強。元素正放出時之態，謂之新生態①。英文之原語來自拉丁語，意謂生也。此活潑力之所以較強者，普通以為元素始從化合物中放出之頃，呈原子狀，故較該原子等化合成分子後為活潑也。

215. 氯化氫 (HCl)。

在前已見氯與氫直接化合成氣體化合物名氯化氫(第74圖)。實驗室中製此化合物，以用別法為便，述之如下。

216. 實驗室中製備法。

實驗室中製氯化氫，普通以硫酸作用於氯化鈉，而硫酸鈉(Na_2SO_4)及氯化氫，乃照下之方程式而成：



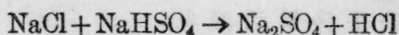
於此可知氯化鈉中之鈉與硫酸中之氫交換位置，此種反應謂之複分解②。

① Nascent state ② Hydrogen chloride ③ Double decomposition

製氯化氫之法，即置乾氯化鈉於A瓶中(圖78)，加入硫酸，徐徐熱之。氯化氫即急速放出，可用空氣換置法收取之。如欲製取此氣體之溶液，則使導管之一端恰在B筒水面之上。該氣體極易溶化於水，從管端逸出後，即為水所吸收。所成之硫酸鈉為白色固體，留剩於A瓶中。

217. 工業的製法。

實驗室中所用製氯化氫之法，工業上亦可用之。而工業的製法，又用氯化鈉與白色固體化合物名硫酸氫鈉^①(NaHSO_4) (219頁)熱之即得：



由上二法放出之

氯化氫，通入水中，甚易溶化，所成溶液即市上之鹽酸^②。若製備上所用藥料純潔，可得無色溶液。最濃溶液，其密度約1.2，約含有43%之氯化氫。普通市上所售之工業用鹽酸^③，常帶黃色，蓋為不純物所著色者也。

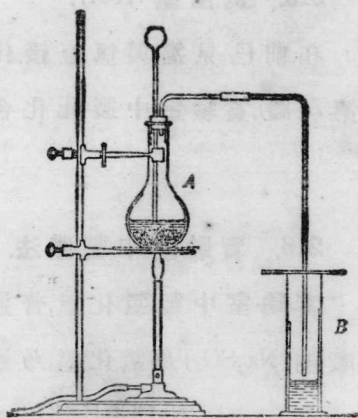


圖 78. 氯化氫溶液之製備法

① Sodium hydrogen sulphate ② Hydrochloric acid ③ Muriatic acid

218. 氯化氫之性質.

氯化氫爲無色氣體,比空氣重 1.26 倍.若吸入之有刺激窒悶之感.在零度時加以 28 氣壓則凝爲液體.所成之液體無色,於 -83.9° 則沸騰,於 -113° 則凝爲固體.該液體不能傳電,又與金屬無作用,普通極不活潑.氯化氫極易溶於水,一體積水在標準溫壓之下,能溶化該氣體 506 體積.其水溶液之密度,隨其所溶氣體之量而增加,示之如下表.此表示各種密度之溶液中所存氯化氫之重量百分率,且統係在 15° 測定者.

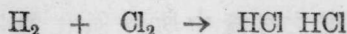
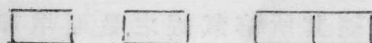
| HCl% | 密度 | HCl% | 密度 | HCl% | 密度 |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 5.69 | 1.0284 | 20.04 | 1.1006 | 35.02 | 1.1779 |
| 10.17 | 1.0507 | 25.06 | 1.1265 | 40.09 | 1.2013 |
| 15.22 | 1.0761 | 30.00 | 1.1526 | 43.40 | 1.2134 |

氯化氫極能溶解於水中,可示之如取下列:取一完全乾燥之瓶 A (圖 79), 滿裝以氯化氫.此瓶以玻璃管使與其同樣之瓶 B 相連接, B 中盛水幾滿如圖.向 A 瓶中之管端,作成較細之噴口,吹 C 管使 B 中之水壓入數滴於 A 瓶中.則氯化氫即有若干溶化於該水中,致瓶內之壓力減少,於是水即繼續由 B 流向 A, 直至氯化氫全被吸盡爲止.惟連接處須完全不漏空氣.

219. 氯化氫之成分.

氯化氫之組成,可使其水溶液電解以測定之.當氯

化氫電解時，其中之氫在陰極放出，氯在陽極放出。於此宜用特別形狀之裝置，因氯極易溶於水中，須防之也。行此實驗後，則見放出之氫之體積，恰與氯之體積相等。反之，若氫與氯化合，彼此必各以 1 與 1 之體積比相化合且其所成之物，為二體積之氯化氫，此皆可以實驗證明之。此等關係可用圖解表之如下：



因氯比氫重 35.18 倍，故以重量言之，1 分氫與 35.18 分之氯化合，成 36.18 分之氯化氫。

220. 鹽酸。

氯化氫自身及其溶於不起電離之溶劑中所成之溶液，其化學性均甚遲鈍。反

之其於水中之溶液，即所謂鹽酸^①者，則有極可注意之化性。且為酸類中最重要部分之一（187 頁）也。鹽酸有酸味，且能改變某種有機化合物之顏色。例如藍色石蕊質中

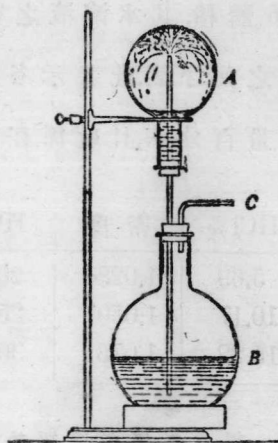
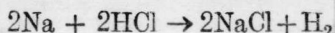
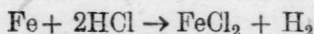


圖 79. 表氯化氫極易溶于水中之裝置

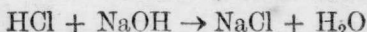
① Hydrochloric acid

(從一種苔菜中製得之有色化合物),加入少許鹽酸即變為紅色。

鹽酸能與許多金屬如鐵,鋅及鈉等起作用,放氫而成金屬之氯化物:



鹽酸亦與金屬之氫氧化物如氫氧化鈉(NaOH),起作用,以方程式表之如下:



練習問題

1. 試參考字典以釋 chlorine 字之意義。
2. 氯水何以應置暗處?
3. 試計綠氣 10 呎之重量,欲製 10 呎之綠氣,問須 HCl 之重量若干?
4. 何以不能照輕氣及養氣於水上收取綠氣?
5. 用百鈎氯化鈉能製綠氣若干體積?
6. 10 呎之綠氣能與若干呎之輕氣化合?能成氯化氫若干呎?
7. 試明別氯化氫及鹽酸。
8. 欲製百呎氯化氫,須食鹽若干重?
9. 製造氯化氫時(圖 78),何以不將出氣管浸入 B 之水面下?
10. (a) 今有鹽酸含有 30% 氯化氫,問其密度如何(參看 177 頁之表)? (b) 該酸一呎之重量若干? (c) 該酸含氯化氫若干重量? (d) 製此重量之氯化氫,須氯化鈉若干重量?

第十五章

鈉；氫氧化鈉

221. 金屬與非金屬。

化學家爲便利起見分元素爲兩大類，即金屬^①與非金屬^②是也。凡一元素應屬何類，視其化學性如何以決定之。此種區別，當於後章述之。現祇須記取金屬，除銻爲液體外，餘均爲固體；大抵都爲熱及電之良導體；除金及銅外，俱有銀狀光澤。大多數金屬其密度概大，然有少數金屬如鋁及鎂則較輕，而鋰，鈉及鉀三元素甚輕，能浮於水。

前述諸元素即氧，氫，氮，及大氣中之諸稀元素，與氯等，都爲非金屬。吾人既已研究許多非金屬矣，故今對於金屬亦應加以研究，而先研究鈉最爲適宜。

222. 鈉之歷史。

鈉之分出，在1807年。其化合物如氫氧化鈉及氫氧化鉀，當時已熟知之，但均視爲元素。1807年，德斐^③爵士（第

① Metals

② Nonmetals

③ Sir Humphry Davy

80圖),於研究電流對於各種物質之作用之際,竟能將此等化合物分解,而由此取鈉與鉀。

223. 鈉之所在。

因鈉之性甚活潑,故天然間無未化合之鈉。天然界中最熟知之化合物為氯化鈉。此為一切海水及礦水之成分,且於世界之許多地方成巨大之固體礦床。鈉又為許多岩石之成分,故岩石分解所成之泥土中,有鈉之化合物。其他天然間所見鈉之化合物,為硝酸鈉^①(市上稱為智利硝石)碳酸鈉及硼酸鈉或硼砂。

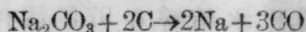


圖 80. 漢符理德斐爵士
(1778-1829)

英之著名科學家,曾發明安全燈,釋明氯之性質,又為分出鈉鉀二元素之第一人。

224. 鈉之製備。

製鈉最經濟之法行之已久者,即以碳酸鈉(白色固體,式為 Na_2CO_3)與碳熱之:



但近來製鈉之法,乃電解有式為 (NaOH) 之白色固

① Chile salt peter

體之氫氧化物也。此法必須行之於無水處，因鈉易與水起猛烈作用(38頁)故也。電解氫氧化物之溶液既不能得鈉，故可熱該固體化合物使熔，而通電流於熔成之液體中，鈉於尼亞格拉瀑布處製之，該處利用水力以發電流，此法不易舉行故鈉非廉價之金屬也。

工業上之製法(卡斯特那氏法)^②。在尼亞格拉瀑布地方之製鈉，係用卡斯特那氏發明之方法，即使已溶化之氫氧化鈉電解也。其所用之裝置，係圓筒形之鐵桶，*A, A* (圖81)，以鐵棒 *B* 穿過桶底作為陰極。懸鐵製陽極 *C, C*，數個於陰極之周圍，以絲網圓筒 *D* 使與陰極隔開，而該圓筒則連附於 *E* 器。*A, A* 器之下部裝入已熔之氫氧化鈉，此化合物冷凝則可保持陰極 *B* 位置，不至搖動。電流所生之熱，普通足使器中上部之氫氧化物溶化；器具之下，置一系列煤氣燈 *G, G*，如須加熱，可用此燈。如是則鈉與氫從陰極放出，升至表面集於 *E* 器中。輕氣能令器蓋舉起而逸散，鈉因有輕氣在上護之，故不與空氣相遇，可時時將其刮出。從陽極放出之養氣，經 *F* 孔逸散，而不與鈉或氫相遇。鈉亦有用已溶化之氯化鈉，電解以製之者。

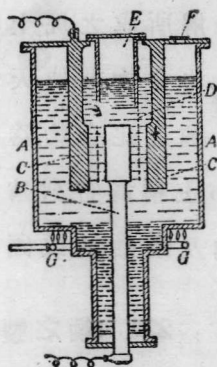


圖 81. 卡斯特那電池
以行電解製取金屬之鈉

225. 性質及用途。

鈉為軟而有銀白色之金屬，比水稍輕。在 97.5° 熔化， 877° 沸騰。化學性極活潑，易與多數非金屬如氧及氯相

① Niagara ② Castner's Process

化合。能從普通酸類中(187頁)放出輕氣，又能使水分解成氫氧化鈉及輕氣(38頁)：



鈉曝於空氣中即變色，因其與氧及二氧化碳化合故也。與石油不相作用，故常浸於燈用石油中。^①

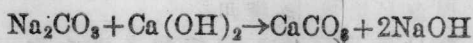
226. 鈉之化合物。

鈉能成許多有用化合物。其一為氫氧化鈉，此係重要化合物類，名鹽基類^②之範例，宜於此研究其性質；鈉之別種化合物，可待後章論之。

227. 氫氧化鈉(苛性蘇打)(NaOH)。

此化合物為白色固體，吾人於前已知其可藉鈉與水作用而成。僅使鈉與水相接觸即得。所成之氫氧化鈉，立溶於水，將水蒸乾可收回之鈉為較貴之金屬，故此法殊不經濟。現今工業上製此化合物之法普通有二。

1. 以氫氧化鈣作用於碳酸鈉。此法用氫氧化鈣(熟石灰)懸於水中，又置碳酸鈉於水中以製之：



碳酸鈣(CaCO₃)沉澱而為白色不溶化之固體；氫氧

① Kerocene; ② Bases,

化鈉則遺留於溶液中。

此雖係舊法，而仍為製氫氧化鈉主要方法之一。製造碳酸鈉者，常利用其產物之一部以製氫氧化鈉，故此二化合物之製造常於同一廠中之。

2. 電解法。新法乃使^{NaCl}氯化鈉電解以製氫氧化鈉。電解之產物為氫氧化鈉，輕氣，及綠氣^{Cl₂} (163頁)。此法最困難之點，為防止綠氣與氫氧化物之互起作用。通常用孔壁分開電解槽中之陰陽兩極為二間。許多不同之槽，業經設計以備施行此法；其中坦增德^①氏之設計為現今最著成效者之一，即以發明者之名名之，曰坦增德槽。

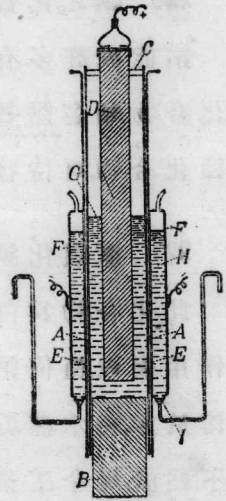


圖 82. 坦增德槽用
以製造氫氧化鈉者

工業上用坦增德槽之製法。此槽之斷面示之如圖 82，其陽極間以孔壁或隔膜 A, A, 及一不真導體之底 B 與蓋 C 造成。隔膜用石棉布作成，塗以氧化鐵與石棉纖維之混合物。石墨製之陽極 D 伸出 C 蓋外。隔膜固貼於有孔之鐵製陰極板 E, E, 此陰極板又用鐵邊 F, F, 保定其位置，板與鐵邊間之空地，即成陰

① Townsend.

極間，陽極間內半裝以鹽之飽和溶液 G，而陰極間內裝以燈用石油 H。因鹽溶液之水平面，在燈用石油之水平面上，故溶液徐徐穿過隔膜，而有一部分之鹽來與陰極接觸，變成氫氧化物，所成氯化物及氫氧化物溶液進入陰極間中，因此溶液重於燈用石油，故沉於底而由邊管 I 放出。氯化物不若諸氫氧化物之善溶解，故可用部分蒸發法，使該溶液蒸發以分開之。所放出之輕氣與綠氣用管引出，綠氣可備製造漂白粉之用。

228. 氫氧化鈉之性質。

氫氧化鈉為脆白之結晶體，能速吸收空氣中之水及二氧化碳。正如其名苛性蘇打^①所表，乃一極有腐蝕性之物體，對於許多動植物之組織有破壞作用。極易溶解於水，而所成之溶液有膩滑之觸感及苦味。其溶液能變紅色石蕊質^②為青色，用鹽酸則生反向之變色。其與鹽酸之反應前已述之(179頁)。在化學工業上，用途甚廣，其主要之用途，為製造肥皂。家常所用者，名之曰鹼。^③

練習問題

1. 鈉之符號從何字而來?(參攷字典)
2. 鈉是否為豐富元素之一?(參看葛拉克氏表第19頁)
3. 人體中之鈉，約有若干重量?
4. 欲製一缸之鈉，須氫氧化鈉之重量若干?
5. 當鈉與水作用時，每耗一克之鈉可放出輕氣若干體積?
6. 欲製一噸之苛性蘇打，須氯化鈉若干磅?

① Caustic soda; ② Litmus; ③ Lye.

7. 試計氫氧化鈉之百分率成分。
8. 試書氫氧化鈉與鹽酸反應之方程式。
9. 從 500 克之碳酸鈉,能得氫氧化鈉重量若干
10. 假如一溶液中必含有氫氧化鈉或鹽酸二者之一,問如何能辨識其爲何物?

第十六章

酸, 鹽基, 及 鹽; 中和

229. 導言.

本書所論多數化合物必屬於酸類^①鹽基類^②及鹽類^③三者之一。鹽酸以及著名之鹽基氫氧化鈉之性質, 前均已研究之矣。鹽酸作用於氫氧化鈉所成之氯化鈉, 則為鹽類之範例。關於此三大類中各類代表之事實, 均已習之, 茲進而詳論各類之特性。

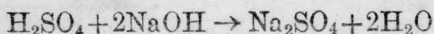
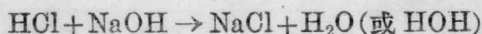
230. 普通酸類.

鹽酸, 乃氯化氫溶於水中之溶液, 前經述之矣。其他一切普通酸類廣用於工業方面及化學室中者, 皆為一定化合物之水溶液。例如硝酸為一種液體名硝酸氫者之溶液, 其程式為 HNO_3 ; 硫酸為一種濃厚油狀液體名硫酸氫者之溶液, 其程式為 H_2SO_4 。大概此類化合物及其水溶液, 不必區別其名, 二者均常稱之曰酸類。

① Acids; ② Bases; ③ Salts.

231. 酸類之特性.

研究酸類,則見各種酸雖有許多互殊之性質,然均含有幾種基本之特性.其特性如下: (1) 一切化合物之溶液成酸類者,均含有氫. (2) 此類化合物與金屬之氫氧化物起反應,酸中之氫與鹽基中之氫氧團(OH)化合而成水,例如鹽酸及硫酸與氫氧化鈉反應,各以方程式表之如下:

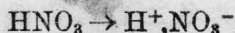


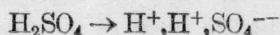
(3) 大概酸類作用於金屬,則金屬溶解於其中,而金屬與酸中之氫易位,例如鋅與鹽酸及硫酸作用,各以方程式示之如下:



(4) 溶液皆有酸味,而能改變幾種化合物,即所謂指示劑之顏色.例如青色石蕊加酸則變紅是粗. (5) 溶液均為電解質,當通電流於其中時,即從陰極放出輕氣.

凡成酸類之化合物,溶於水即起電離;例如,





可知一切酸類共同之一成分爲氫離子， H^+ 。由此觀之，酸類之有共通性質，如作用於金屬及氫氧化物等，必由其氫離子所致。故從電離理論之基點觀之，可下酸之定義爲一種溶液而含有氫離子者也。

232. 不電離之酸類。

凡其水溶液成酸之化合物如全無水，則無酸之真性。此類化合物溶解於一種液體如安息油^①中時，因此種溶劑不能使該化合物起電離，故所成之溶液亦無酸性。例如氯化氫之安息油溶液，與石蕊無作用；亦不能溶解金屬。

233. 普通鹽基類。

普通鹽基類除氫氧化鈉外，尚有氫氧化鉀 (KOH) 及氫氧化鈣， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。此皆係白色溶解於水之固體。極易溶解之鹽基類而有最顯著之鹽基性者，則屢稱爲鹼^②類。此等化合物雖常稱曰鹽基類，而其特著之鹽基性僅可於其水溶液中見之。

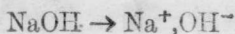
234. 鹽基類之特性。

鹽基類之特性如下：(1) 此類化合物含有氫，氧，及

① Benzene; ② Alkalies;

一種金屬。(2)其與酸類作用時其中之氫氧團(OH)與酸中之氫化合。(3)其溶液能回復為酸類所變之指示劑之顏色;例如變紅石蕊為青色。(4)其溶液為電之傳導體,而此溶液起電解時,金屬則於陰極析出。

鹽基溶解於水時,其分子即解離為兩種離子,其一常係(OH)一團,成陰離子,謂之氫氧離子^①,其他常係單獨之原子成陽離子;例如:

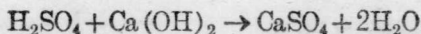
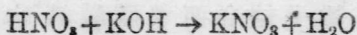
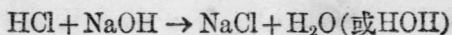


一切鹽基類雖各有不同之陽離子,然均生氫氧陰離子,故鹽基類溶液之有共通性質,必由氫氧離子所致。故從電離理論之基點觀之,可下鹽基類之定義為一溶液而含有氫氧離子者也。

235. 中和.

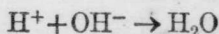
如於溶液中將酸與鹽基以適當的比例混合則其各別之特性相消,故酸與鹽基必相反應而成一種或數種既非酸性又非鹽基性之新化合物也明矣。實即酸中之氫與鹽基中之氫氧團(OH)化合成水,而酸與鹽基中其餘成分則化合而成一種化合物,此屬於化合物之一類稱為鹽。茲舉數例以方程式示之如下:

① Hydroxyl.

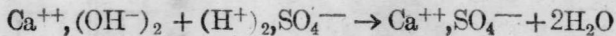
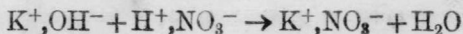
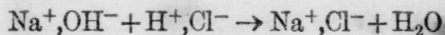


在此等反應，酸與鹽基均稱相互相中和，而此等變化則稱爲中和。^①

因上方程式所表之反應，僅能起於有水之時，故從電離理論之基點觀之，吾人於此實研究離子而非研究化合物也明甚。由實驗證明氫離子(H^+)及氫氧離子(OH^-)於溶液中絕對不能俱存，必即化合而成水：



由此點觀之，則中知者即酸中之氫離子與鹽基中之氫氧離子結合而成水之作用也。表此事實，須將上列反應書之如下：



由此可^知中和時，鹽基之陽離子與酸之陰離子均不改變，在溶液中仍爲離子。茲若將水蒸發，則該二種離子結合，除卻一二例外均成固體化合物，以渣滓狀遺留於皿中。例如 Na^+ 離子與 Cl^- 離子結合而成白色固體

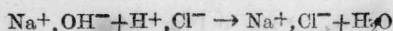
① Neutralization.

NaCl ; 同樣, K^+ 離子與 NO_3^- 離子結合而成硝酸鉀(KNO_3),
 Ca^{++} 離子與 SO_4^{--} 離子結合而成硫酸鈣(CaSO_4).

236. 中和係定量作用.

若預備二種溶液,一為鹽基一為酸,則由實驗提示
 一定容積之酸,必須的確一定容積之鹽基方能中和之.

此實驗如用測管為之,最易舉行(圖 83),此為有刻度之
 管下端具有活栓其一以酸溶液裝滿至零度,而其他則裝以
 鹽基溶液,量定其一溶液之體積
 放入小圓筒杯中,加專用指示劑
 數滴,乃將第二種溶液滴入常勻
 攪之,直至指示劑適行變色為止.
 若各溶液之濃度均已確知,則從
 中和所須之體積,而易推算酸及
 鹽基參與此作用之重量比.由實
 驗而知此比例,與該二種反應物
 質之分子量間有一簡單之關係.
 故此類反應如下方程式所示.



全係一定,若知所用之酸之重量,
 即能推算所需中和此酸之鹽基
 之重量及所成之鹽之重量.

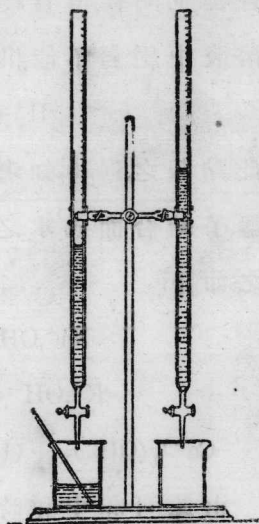
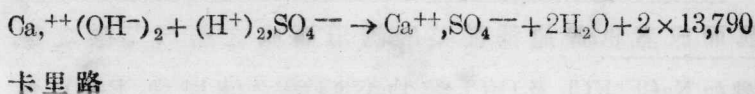
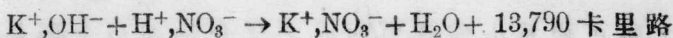
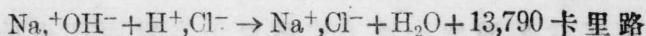


圖 83. 用二測管,藉以
 證明中和為定量作用.

237. 中和之熱.

若中和為僅因氫離子與
 氫氧離子聯合而非他故,則欲中和成一定量之水,必放
 出一定量之熱,不論此氫離子及氫氧離子來自何種酸

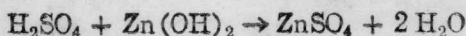
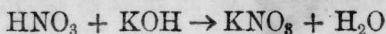
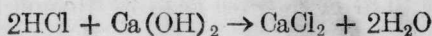
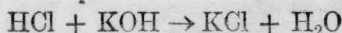
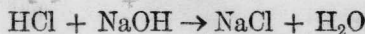
及鹽基也。細心研究後，可知同時若無他種反應，則以上各節，均屬實在情形。中和時如成一克分子量(18克)之水，則放熱 13,790 卡路里。以方程式表之如下：



238. 鹽類。

由上述中和，已知(1)鹽基之陽離子及酸之陰離子均不改變，仍為離子存於溶液中；(2)若將所存之水蒸去之，則該二種離子結合成一化合物。如此因鹽基之陽離子及酸之陰離子聯合而成之化合物謂之鹽類。^①

下列諸方程式表例成鹽之反應。

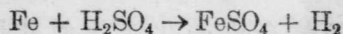
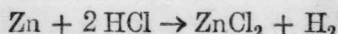


239. 鹽類對於酸類之關係。

① Salts.

用式 NaCl , KCl , CaCl_2 , KNO_3 , ZnSO_4 等所表之化合物均屬鹽類。若細考此種鹽類之式，則知此等式所表示之化合物，與此等化合物所由製成之酸，不同之點即金屬一原子代替酸中一原子或數原子之氫而已。由此點觀之，鹽可視為由酸誘導而成之化合物，即以金屬易酸之氫而成者也。普通稱從某酸誘導而成之鹽曰某酸之鹽。例如 NaCl , KCl , 及 CaCl_2 等均為鹽酸之鹽。同樣， KNO_3 為硝酸之鹽，而 ZnSO_4 為硫酸之鹽。

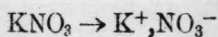
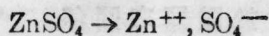
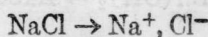
金屬溶解於酸中時亦可成鹽，以方程式表之如下：



大概吾人可以設想有若干種金屬即有若干種鹽可由每種酸造成，而多數之酸實如是也。

240. 鹽之電離。

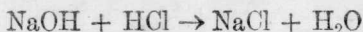
一切鹽類溶於水中，即於溶液中起電離，鹽之金屬成陽離子，而其分子之他部分成陰離子，示之如下方程式：



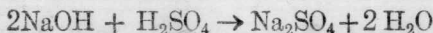
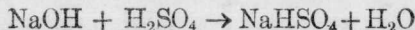
由此可知鹽與酸及鹽基不同之點，即鹽類之溶液中無共同離子也。因此鹽類之共通特性，亦不若酸類及鹽基類所有者之多。

241. 正鹽;酸式鹽.

氫氧化鈉僅能以一種比例與鹽酸作用，自屬明顯之事：

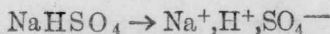


然其作用於硫酸時，可照下列諸方程式而起反應一視乎所用氫氧化鈉之重量之多少而定：



由此可見鹽 (NaHSO_4) 中之一種僅將硫酸中之一部分之氫與金屬易位，而其他種之鹽 (Na_2SO_4) 則酸中之氫全部已與金屬易位。區別此二類之鹽，稱前者為酸式鹽①，後者為正鹽②。

酸式鹽溶化於水時，於鹽特有之離子以外復生氫離子例如：

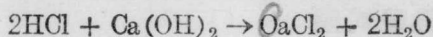
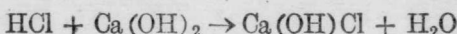


故此種鹽兼有酸之性質及鹽之性質。

① Acid Salt; ② Normal Salt.

242. 鹽基式鹽.

一種酸如鹽酸作用於一種鹽基如氫氧化鈣時,其反應可照下列二種而起:

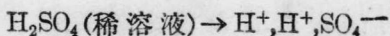
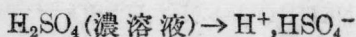


化合物 $\text{Ca}(\text{OH})\text{Cl}$ 係鹽及鹽基之中間物;故稱爲鹽基式鹽^①.其溶於水時,則生鹽基特有之氫氧離子及鹽固有之離子.

243. 電離之限度.

當酸,鹽基,或鹽溶化於水時,其各分子均盡起電離乎?抑僅其一部分乎?此問題當然發生.解答此問題之實驗,此處未便詳言.然曾查出僅有一部分之分子電離耳.凡在某時其百分子中容有若干分子電離,則須視數種條件而定,其主要者如下:

1. 溶液之濃度. 在濃溶液每百分中電離之分子極少.若溶液稀則其數增加,在極稀之溶液中其數極大.然全體分子未能均電離也.又酸類如硫酸,可照溶液濃度而成數種不同之離子:



① Basic Salt.

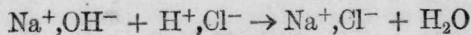
2. 溶液之化合物之本性. 在同濃度之溶液,各物體電離分子之百分率大不相同,多數之鹽其電離之多寡大約相等,惟酸及鹽基則差異甚大,有自由電離者有電離極微者.

244. 酸及鹽基之強度.

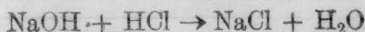
因酸性與鹽基性各本諸氫離子及氫氧離子,故酸及鹽基於一定濃度而能成離子最多者,便視為該類中之最強者.前節所述之酸及鹽基均為頗強者.在10%之溶液中,分子約有一半電離為離子,而多數之鹽於此濃度所能電離之數亦與此相近.

245. 溶液中化合物反應之表示方法.

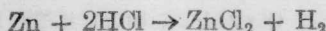
代表溶液中物質反應之化學方程式,有表示其反應之詳細情形者,有不詳細而僅代表其化成之結果者譬如注目於氫氧化鈉及鹽酸在溶液間反應之詳情,而以參與於此反應之離子表出時,則其方程式如下:



若祇欲表其參與此反應之物體以及化成之結果時可書其方程式如下:



同樣,鋅與鹽酸之反應其表法有二種即:



246. 根.

於上已知硫酸及鹽類,均含有原子團(SO_4).此團作用猶如單位之原子,且酸或其鹽之溶於水中時,此團即成一離子.同樣,硝酸與其鹽類,均有(NO_3)團,而一切鹽基均有氫氧團(OH).諸如此類之團,其在化學變化時猶如一單位之原子而作用者,稱之曰根.故可下根之定義,根爲一元素團當其起化學變化時團結如一單位原子而作用者也.根有許多已有定名;例如(OH),名爲氫氧根是.

247. 酸,鹽基,及鹽之名.

因酸,鹽基,及鹽彼此關係極密切,故應有一定之法式以命名之,公用之法式如下:

鹽基類命名法. 鹽基統稱之曰氫氧化合物.其彼此分辨之法,即視氫氧根與何元素化合.西名則以該元素之名冠於Hydroxide,例如:氫氧化鈉(NaOH);氫氧化鈣, $\text{Ca}(\text{OH})_2$;氫氧化銅, $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

酸類命名法. 酸之西名定法則視其中是否含有

① Radicals; ② Hydroxides; ③ Sodium hydroxide; ④ Calcium hydroxide; ⑤ Copper hydroxide.

二種元素或三種元素。

1. 二元酸類。酸類中除氫外僅含一種元素者謂之二元酸類。其命名則以首語 hydro-，中列所含元素之名，最後加 -ic 即得。例如鹽酸^②(HCl)；硫氫酸^③(H₂S)是也。

2. 三元酸類。除二元酸含有二元素外，大多數之酸皆由三元素合成，故謂之三元酸。常有同樣三元素，以不同之比例化成數種不同之酸類。其中最常見者，未加尾語 -ic 以名之，其含氧較少者則於同樣之名末加尾語 -ous。例如硝酸^④(HNO₃)；亞硝酸^⑤(HNO₂)是也。若同一類酸而已知有二種以上者，則於尾語 -ic 及 -ous 外加以首語，例如首語 per 字表含氧較多之酸；首語 hypo 表含氧較少之酸。

鹽類命名法。鹽之西名凡由二元酸而成者，則合併其成分之二元素之名，一般金屬元素在前其他元素在後而末加 ide 即得。例如氯化鈉^⑦(NaCl)是也。其他一切二元化合物，俱以同法命名。

三元酸之鹽，則照原酸以定名。其排列方法同上，惟三元酸之名，末為 -ic 者，其鹽之名為則將 -ic 改為 -ate 即得；其原酸之名，末為 -ous 者則將 -ous 改為 -ite 即得。下表

① Binary acids; ② Hydrochloric acid; ③ Hydrosulphuric acid;

④ Ternary acids; ⑤ Nitric acid; ⑥ Nitrous acid. ⑦ Sodiumchloride.

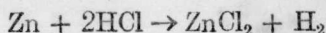
顯明此命名法之用法：

| 酸 | 式 | 鹽 | 式 |
|-----|-------------------|------|--------------------|
| 鹽酸 | HCl | 氯化鈉 | NaCl |
| 次氯酸 | HClO | 次氯酸鈉 | NaClO |
| 亞氯酸 | HClO ₂ | 亞氯酸鈉 | NaClO ₂ |
| 氯酸 | HClO ₃ | 氯酸鈉 | NaClO ₃ |
| 過氯酸 | HClO ₄ | 過氯酸鈉 | NaClO ₄ |

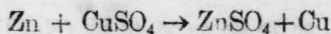
注意：中文酸及鹽之命名法通常採用鄭貞文著之無機化學命名草案，本書所用一切名稱，概本於此請參閱之。

248. 電化次序.

投鋅一片於酸溶液中，鋅即溶化而放出輕氣。



同樣，置鋅於銅鹽類之溶液如硫酸銅 CuSO_4 中，亦溶為溶液，而有相當量之銅沉澱：



反之，銅於硫酸鋅之溶液中，則毫無影響。

曾經查悉氫及金屬，可以列成一表，其中任一元素甲可將其下位之任一元素乙，由乙之鹽取而代之，且甲亦可由其鹽中被其上位之任一元素丙，取代。此表謂之^①電化次序，或曰^②易位次序。

① Electrochemical series; ② Displacement series.

電化次序

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. 鋁 | 8. 鉛 | 15. 鎳 | 22. 鉍 |
| 2. 鈉 | 9. 錳 | 16. 錫 | 23. 銻 |
| 3. 鉀 | 10. 鋅 | 17. 鉛 | 24. 銀 |
| 4. 鈉 | 11. 銻 | 18. 氫 | 25. 鉑 |
| 5. 鋰 | 12. 鎘 | 19. 砷 | 26. 金 |
| 6. 鈣 | 13. 鐵 | 20. 銅 | |
| 7. 鎂 | 14. 鈷 | 21. 銻 | |

一觀此表可預知許多反應，例如從二金屬之位置，則知鎂能從錫之鹽類中與錫易位：



而鐵不能取鋁而代之也。

表中氫之位置，極可注意，凡在氫上之金屬，皆能從酸中放出輕氣，而在其下者則不能，即能有作用，亦必先經氧化也。

由近世電之理論方面觀之，此表實表各種原子放出電子以成離子之難易關係，如鋁最易溶成溶液，即易分離電子，而鉑及金則保持其固有之電子最為牢固。

練習問題

1. 硝酸之鹽類名稱若何？又硫酸之鹽類名稱如何？
2. 試舉以下諸程式所表酸類之名稱： H_2SO_4 , H_2SO_3 ,

H_2SO_2 , HNO_3 , HNO_2 .

3. 試命下諸程式所表之各化合物之名,並述其各屬於何類化合物: $Mg(OH)_2$, HBr , $NaBr$, H_2SO_3 , $CaSO_3$, $PbSO_4$, HI , $NaNO_2$, KNO_3 , H_2CO_3 , Na_2CO_3 , $FeCl_3$.

4. 設有一種溶液,每呎含氫氧化鈉 40 克。曾查悉須用此溶液 25 立呎,始可使 25 立呎之鹽酸中和。問此鹽酸溶液之強度若干(以每呎中若干克表之)?

5. 以硝酸令氫氧化鈉中和。蒸乾後剩有硝酸鈉 100 克。問用去該二化合物各若干克?

6. 設有一種溶液,每 100 立呎含氯化氫 18 克。曾查悉須用此溶液 25 立呎始可使氫氧化鈉溶液 30 立呎中和。問氫氧化鈉溶液之強度如何(以 100 立呎中若干克表之)?

7. 極乾之硫酸加於極乾之氫氧化鈉內,則無化學的變化。試解其故。

8. 冷濃硫酸加於鋅中,則無化學的變化,然加以稀硫酸,即起變化其不同之故安在?

9. 鹽酸加於安息油(Benzene)中,所成溶液不能傳導電流。若加此溶液加於鋅,能放出於輕氣否?試說明之。

10. (a) 以鋅及稀硫酸製輕氣,試書其方程式。(b) 從溶液電離之理論觀之,試再書此方程式。(c) 從方程式之兩邊減去共同之離子(SO_4)。(d) 從 c 所得之方程式,照溶液電離理論,試說明製氫究係何種作用?

11. 如前題說明水及鈉化合則放出輕氣,究係何種作用?

第十七章

原子價

249. 原子價之定義。

氫與他元素化合成種種化合物，今試比較其成分則知下列之式頗足尋味：



(氯化氫) (水) (氨精) (沼氣)

可知各種元素一原子與氫若干原子化合，其數各不相同。如一原子氯僅與一原子氫化合，一原子氧與二原子氫化合，一原子氮與三原子氫化合，一原子碳與四原子氫化合。故宜有一名稱以表一元素之此種定性，即此元素之一原子能與氫之若干原子相化合之數也，此數謂

之元素之原子價。^①

250. 原子價之種類。

一原子氫決不能與其任何他元素之一原子以上

① Valence

化合，故稱氫之原子價爲一，或稱氫爲一價元素。其他諸元素如氯，碘，及鈉等皆各以其一原子與氫一原子化合（ HCl ， HI ， HNa ），亦稱爲一價元素。如氧，硫，及鈣等元素各以一原子與氫之二原子或其他一價元素之二原子化合，則稱爲二價元素。同樣，有三價元素如氮；四價元素如碳等。元素之原子價，無踰八者，大抵元素不過四原子價。

251. 異原子價之元素如何化合。

若二元素之原子價相同，則可想見其各以一原子相化合。例如一價元素之氫與氯化合，成化合物 HCl ；二價元素之鈣與氧化合，成化合物 CaO ；三價元素之氮與鋁化合，成化合物 AlN 等是也。若二元素之原子價不同，則原子間之比率決不如此簡單。一分子中一種原子之原子價總數，應與他種原子之原子價總數相等；因此必須二種原子之數必不相等。例如二價元素之鈣與一價元素之氯化合成化合物 CaCl_2 ；三價之鋁與一價之氯化合成化合物 AlCl_3 ；三價之鐵與二價之氧化合成化合物 Fe_2O_3 ；四價之碳與二價之氧化合成 CO_2 等是也。

252. 氫及氧爲原子價之標準。

須知二元素各以其一原子之比相化合如 CaO ，非

① Univalent ② Bivalent ③ Trivalent ④ Quadrivalent.

必表示該兩元素皆爲一價。取氫之原子爲標準，而鈣與氫化合成化合物 CaH_2 ，則鈣爲二價。故化合物 CaO 中之鈣與氧均屬二價。

因元素之氧化物比氫化物爲普通，故一元素之原子價每視其氧化物之式而定，而視氫化物之式而定者較少。如式 H_2O 所示氧爲二價。故從式 Na_2O ， CaO ， Al_2O_3 等，可推知鈉(Na)爲一價；鈣(Ca)爲二價；鋁(Al)爲三價元素也。

253. 由已知原子價而定可能之式。

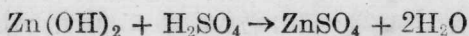
若知二元素之原子價，則可定其可能之式，而該兩元素相化成之化合物中必有一種取此式也。例如已知溴(Br)爲一價元素(如式 HBr 所示)，鋁爲三價，則可知溴化鋁之式當爲 AlBr_3 ；若磷(P)爲^五價元素，氧爲二價，則氧化磷之式當爲 P_2O_5 。

254. 根之價。

前述根每參與化學反應正如一原子(198頁)。故可推想此種根亦應如元素有原子價。故從式 $\text{H}(\text{OH})$ 或 $\text{Na}(\text{OH})$ 證悉氫氧根爲一價。因鈣爲二價元素，故氫氧化鈣之式當爲 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。從式 H_2SO_4 證知根 (SO_4) 爲二價；故硫酸鈣之式爲 CaSO_4 而硫酸鋁之式爲 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

255. 根及原子之置換力。

凡同原子價之二元素化合時，則一原子與一原子相化合。至反應時，元素亦可照此同樣之比率彼此置換。例如二價之鋅一原子可置換一價之氫二原子，如下之方程式所示：



同樣，二價之鈣一原子可置換二價之鋅一原子：



許多反應如上述者，皆係二種元素之互相易位，故若知元素之原子價，則於書寫反應之方程式時有所補助也明矣。

256. 變原子價。

常見二元素化合成一種以上之化合物，其中至少必有一元素有一種以上之原子價。吾人以氧幾常為二價，故在氧化物 CO 中之碳必為二價，而在氧化物 CO_2 中之碳為四價。同樣，在氧化物 FeO 及 Fe_2O_3 中之鐵各為二價及三價。大抵各元素必有一常見之原子價，故凡元素可有一正原子價及其他不常見之原子價也。

257. 原子價與分子之構造。

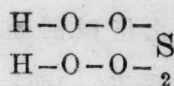
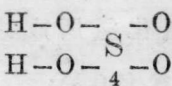
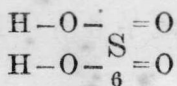
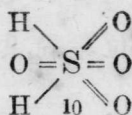
若一化合物含二種以上之元素，如 H_2SO_4 ，則實際上不能由式定其數原子之原子價，因不能知其元素究竟如何化合。若於原子之符號間作線以表原子價及原子間之關係，則水之式可書如 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ ，此即謂氫各原子皆為一價而氧為二價；且謂各氫原子皆與氧原子化合也。同樣，可以數法寫硫酸之程式，各示氫為一價氧為二價，惟各式中硫之原子價可均不同。下列諸式中，硫應有之原子價以數目字書於符號之下表之：

(A)

(B)

(C)

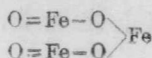
(D)



吾人推求該化合物中硫之原子價；不可不先知上列四式中何者為正當之式。由實驗知(B)式所表之原子排列為正當，故硫酸中之硫為六價。如上式表分子中之原子排列者謂之構造式。^①

即在僅含二元素之化合物，常不能僅由式而得正確之結論，謂某元素係幾原子價也。例如在磁鐵之程式 (Fe_3O_4)，若假定氧為尋常之原子價二，則四原子之總價為八。若鐵之三原子皆同樣直接與氧化合，則鐵之各原子之原子價將為 $2\frac{2}{3}$ 矣。然該氧化物之構造式可示之如下：

① Structural formulae.

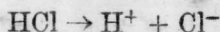


由此可知鐵在該氧化物中有二原子爲三價，其餘一原子爲二價。

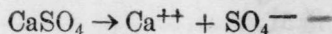
258. 原子價之成因。

若問原子何以有不同之原子價，如一原子氯祇能與一原子氫化合，而一原子氧能與二原子氫化合乎？對此問題，可答不知。然其原因大概可以歸諸各種元素之原子荷電之容量。

前述溶液中電解質之離子之電荷，常爲單位電荷之倍數。例如氯化氫所成之離子，各有一單位電荷，其一爲正(+)而一爲負(-)：



此氫、氯均係一價之事實相當。若硫酸鈣電離則有下列之方程式：



鈣及(SO₄)根各有二個電荷正與其皆爲二價相當。

大抵此種解釋似可適用於一般之原子價。凡一原子如鋁每荷三正電，則其原子價爲三，而每與荷負電之原子或根化合。凡原子如氧荷二負電，則其原子價爲二，而每與荷正電之原子或根化合。因此之故，吾人分別元

素稱之曰^①正電元素,或^②負電元素。荷電原子化合則成分子,其中含有正負電之二種原子,且以正電原子適使負電原子中和之比例相化合。

259. 原子價表.

茲爲便利參考起見,將最常見之元素及根之原子價並其離子電荷之數彙成一表,有幾種元素,散見於數行中者,因其原子價不止一種之故。

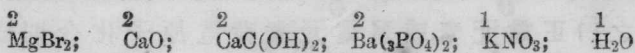
原子價表

| 原子價 | 陽離子 | 陰離子 | 非離子 |
|-----|---------------------------|-------------------|------------|
| 1 | 氫, 鈉, 鉀, 銀, 銨 | 氯, 溴, 碘, 氫氧根, 硝酸根 | |
| 2 | 鈣, 鋇, 鎂, 鋅, 銻, 銅, 鐵, 錫 | 硫, 硫酸根, 碳酸根 | 氧 |
| 3 | 鋁, 鉍, 銻, 鐵 | 磷酸根 | 氮, 磷 |
| 4 | 錫 | 矽酸根 | 碳, 矽, 硫 |
| 5 | | | 氮, 磷, 砷, 銻 |
| 6 | | | 硫 |

練習問題

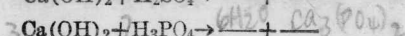
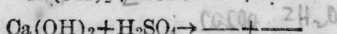
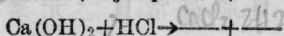
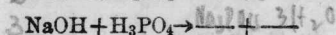
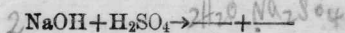
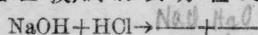
1. 下列諸式中,其所表化合物中之一元素之原子價已以指數書於符號上表之。問其中他各元素或根之原子價若何?

① Electropositive ② Electronegative.



試參照原子價表以驗所得結果之正否。

2. 假定在下列各例中，第一化合物中之鈉或鈣與第二化合物中之氫置換，試將其方程式完成之，並使兩邊相等：



3. 鈉，鈣，及鋁之原子價各為1，2，及3；設其所成之鹽，均係正鹽，試書此三元素所成之氯化物，硫酸物，及磷酸物(磷酸= H_3PO_4)，等之式。

4. 鐵以原子價二成一系之鹽類，又以原子三而成一系之鹽類；設其所成之鹽均為正鹽，試書二種氯化鐵及二種硫酸鐵之式。

5. 銀所成之硝酸物中銀之原子價係一，鈣所成之氯化物中鈣之原子價係二。(a)試書硝酸銀及氯化鈣之式。(b)以上二鹽之溶液，若混合之則銀與鈣易位；試書其反應之方程式。

6. 錒成氯化物時錒之原子價係三。(a)問氯化錒之式如何？(b)以硫化二氫(H_2S)通過氯化錒之溶液中，則氫與錒易位；試書其反應之方程式。

第十八章

氮之化合物

260. 所在

氮有多量存於大氣中，大概均為游離態，亦為構成地殼之材料，有幾處藏有廣大之氮化物之礦，尤以硝酸鈉 (NaNO_3) 之礦為多。又凡肥沃之土，至少當含此等化合物少量，植物從此等泥土中吸取氮質，造成複雜之化合物，動物食之同化其氮質變為組織軀體之要素，氮在動植物中大部分變成類似蛋白質，此為複雜之化合物，含有碳、氮、氧，及氫等元素，有時且含有磷及硫。

261. 氮化物之不穩固性

由實驗知氮之分子式為 N_2 ，在尋常溫度乃極不活潑之元素，其所以不活潑者，一部分似因氮之分子極穩固，必要許多之能，始可分為原子，而分成原子之後始進與他元素化合也。反之氮成化合物時，其中之氮原子易放出能而離該化合物，成穩固之氮分子，因有此種趨向，

故含氮之化合物每不穩固。幾種氮化物之所以廣用為炸藥之成分者，大部分即因該化合物等不穩固之故。

氮之化合物已知者甚多，茲宜僅就其簡單者而諳習之，而其與氫及氧化合之化合物尤應先研究之也。

氮與氫之化合物

氮與氫化合而成三種簡單化合物，茲舉其名稱及式如下：^① 氨精 (NH_3)，^② 重氮基 (N_2H_4)，及^③ 三氮化氫 (HN_3)。就中以氨精為最重要。

262. 氨精。

氨精常於吾人周圍，因自然的作用不絕造成，如含氮有機物質腐爛時發生此物，故此物之發見甚早。此化合物之本來製備法，乃燒動物之蹄與角等物而得，如此製成之氨精水溶液，稱為鹿角精^④。純潔氣體之氨精，乃1774年普里斯特利^⑤所首製，其成分則其後為法之化學家柏托雷^⑥所測定。

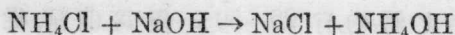
263. 氨精之製備。

製氨精之主要方法如下：

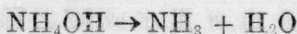
1. 實驗室中製法 實驗室中製備氨精之法，則

① Ammonia ② Hydrazine ③ Hydronitric acid ④ Spirits of hartshorn
⑤ Priestley ⑥ Berthollet.

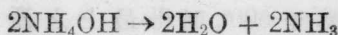
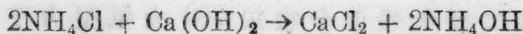
用氯化銨 (NH_4Cl)，此為白色固體，係製造煤氣時所得。將氯化銨與氫氧化鈉之混合物熱之，則銨根 (NH_4) 與鈉易位，如下方程式所示：



所成之氫氧化銨 (NH_4OH) 性不穩固，一經變成，立即分為水及鹵精：



通常以氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 代氫氧化鈉，較可省費：



氯化銨與氫氧化鈣混勻置於燒瓶 A 中，如圖 84 佈置。將混合物徐熱之，鹵精即為氣體放出，因比空氣輕，故用排空氣法以 B 瓶收集之，如圖所示。

2. 工業的製

法。工業用之鹵精，係從製造煤氣與焦炭時所得。有數等級之軟煤，最適於此種製造之用。此等煤除碳外，約含有百分之

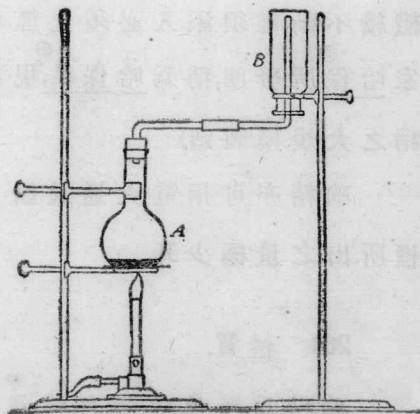


圖 84. 實驗室中之製備及收集鹵精法。

一氮與百分之七氫,及其他元素少許,將此煤於密閉之甌中熱之(319頁),即起複雜之變化,其結果不僅發生煤氣成分之可燃氣體,且成矽精及其他許多有價值之產物。煤中所存之氮,約有 25-50% 變為矽精。從煤中驅出之揮發質,使之經過水中,則矽精與其他數種化合物,即為其所吸收而成水溶液稱之曰矽精液。以此液與熟石灰熱之,則矽精即分出,可用水或酸之稀溶液吸收之。

3. 合成法(哈保法)。精矽可直接用氫與氮化合以成之。將該二種氣體混合後於 200 大氣壓力下以細鐵粉為觸媒劑,熱至 500°,則得最上之產品。如此則有小部分矽精變成。而後導該氣體通過水中,使矽精溶於其中,將氫與氮之混合氣體再導之於熱鐵之上。故此法可繼續不斷,惟須添入必須之氫與氮耳。此法係德之化學家哈保所發明,稱為哈保法,現在德國頗用此法以為矽精之大規模製造。

矽精亦可用電火通過氫與氮之混合氣體中製之,惟所出之量極少耳。

264. 性質.

矽精為無色氣體,有強烈激刺之臭。在標準情況下,

① Ammoniacal liquor ② Haber ③ Haber Process.

純粹之碓精一呷 0.7708 克，約空氣之重之 0.59 倍。該氣體易凝成無色之液體，沸點為 -33.5° ，此液狀之物為市上商品之一。液體碓精與水相似，不僅為優良之溶劑，且極能電離者也。固體似雪之碓精亦可製得，其溶點為 -75.5° 。

碓精極易溶於水中，一呷之水在零度及 760 耗氣壓時，能溶該氣體 1298.9 呷，而在 20° 則能溶 710 呷。水溶此多量之碓精，則膨脹甚著，故溶液之密度比水為小。市上最濃厚之溶液，其密度約為 0.88 而以重量論則含有該氣體 35.6%。

265. 化學行爲。

在尋常溫度，碓精為穩固之化合物。然熱至高溫度，或受電花之作用，即分解為其成分之元素。碓精能在氧中燃燒，但在空氣中除非繼續熱之則不能燃燒。

碓精中之氫，能用金屬置換之以成氮化物。例如以鎂與之置換，則成白色固體之二氮化三鎂 (Mg_3N_2):

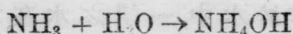


由上所述可知碓精之加熱分解，正與哈保法之製造碓精相反。此反應將於第十九章討論之。

266. 碓精與水之作用；氫氧化銣。

① Nitrides

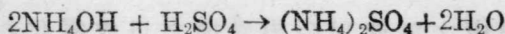
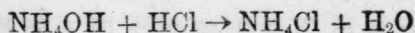
① 鹵精之水溶液，稱爲鹵精水，查悉有強鹽基性。其溶液能變紅石蕊爲青；觸之有似肥皂的膩感；使酸中和以成鹽。故鹵精溶化於水時，其一部分似鹵與水起化學的變化，即以如下之方程式與水化合：



此化合物 NH_4OH 稱爲氫氧化銨，有鹽基性，且能電離爲 NH_4^+ 及 OH^- 二離子。在尋常溫度欲將該純粹氫氧化物由其溶液分出，至今尙未成功，因其溶液濃厚，則該氫氧化物重行分解爲鹵精及水。

267. 銨鹽。

將酸加入鹵精水，則氫氧化銨與酸照下方程式互相中和：



蒸發之則可各得所成之鹽 NH_4Cl 及 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 之白色固體。於此等鹽根 NH_4 呈金屬之作用。因此故稱銨，蓋金屬之西名字尾多係 ium，而中名則係金旁故也。含此根之鹽名銨鹽。其鹽之最普通者爲氯化銨 (NH_4Cl)，硫酸銨 ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) 及硝酸銨 (NH_4NO_3)。

① Aqua ammonia ② Ammonium hydroxide ③ Ammonium

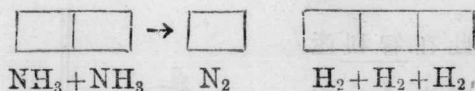
④ Ammonium salts.

268. 碯精之用途.

多量之碯精,用作製造碯精水,及製銦之化合物,如氯化銦及硫酸銦.液態碯精亦廣用於製人造冰(115頁).其所以用於製人造冰者,因該氣體易被壓而液化,而其所成液體之蒸發熱頗高故.

269. 碯精之成分.

碯精之爲氫氮化合物,觀於氫氮直接結合而成可以證明矣(參看前節製法).欲決定其成分之量,可利用一種反應,此反應能使一定體積之碯精,放出氮及氫.故可比較所放出氣體之體積,且可與其所從來之碯精之體積相比較.從此法曾證明二體積之碯精分解成一體積之淡氣及三體積之輕氣,以圖解表之如下之方程式:



270. 重碯基 (N_2H_4).

此爲無色之液體,其沸點爲 113.5° 與水化合成鹽基,與碯精同.從此可由酸之作用而造鹽,

271. 三氮化氫 (HN_3).

三氮化氫亦稱氮氫酸,爲無色而有惡臭之液體,其沸點爲 37° 有猛烈之爆發性,爆發時分解爲其組成之元素,放出許多之熱.氮氫酸之鹽爲固體.其中有幾種有猛烈之爆炸性,用以製造炸藥.

氮與氫及氧之化合物

氮與氫及氧成許多化合物,其中最重要者為二種酸,即硝酸(HNO_3)及亞硝酸(HNO_2)是也。

272. 硝酸。

硝酸為煉金家所最習知,最先製造者埃及人也。在第九世紀,有煉金家給柏從從硝石(KNO_3)製備硝酸,其法與現代所用者略同,至今德人仍稱為硝石酸。該酸之成分,乃拉瓦錫氏及普利斯特利氏所首先測定者。

硝酸因其性極活潑,故在天然間無游離產出者,但其鹽類已發見多量,其中最豐富者為硝酸鈉(NaNO_3),此在智利產量最多,即所稱為智利硝石者是也。

273. 硝酸之製法。

硝酸可以許多不同之法製之,茲舉其最要者如下:

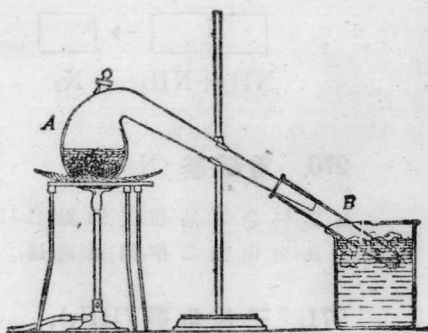
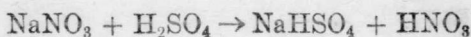


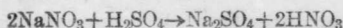
圖 85. 實驗室中製備硝酸之法。

① Geber ② Saltpeter ③ Salpetersäure ④ Chile saltpeter

1. 由硝酸鈉之製法。以冷濃硫酸加於硝酸鈉，似無化學的變化發生，然若將該混合物置於曲頸甌 A 中(圖 85)而徐熱之，硝酸即成蒸氣放出，導之入試管 B，此管圍以冰水，則蒸氣凝集為液體，如圖 85。將甌中所留液體檢查之則知其含有硫酸氫鈉 (NaHSO₄)^①，因硫酸中之氫，已有一半為鈉所置換。其反應以方程式表之如下：



若取少量硫酸，而將其與硝酸鈉之混合物熱至高溫度，即成硫酸鈉之正鹽：



然此處所須高溫度，能使一部分之已成硝酸分解，故不經濟。

工業的製造硝酸法。圖 86，示大規模製造硝酸時所用之裝置。硝酸鈉與硫酸共置於鐵甌 A 中熱之。所成之硝酸蒸氣，照箭道經過，入玻璃管 B 中，管外包以帆布，常噴以冷水以保其冷，則蒸氣凝集。斜置此等管，使蒸氣以凝成之液體流回 C 處而入大器具 D 中。

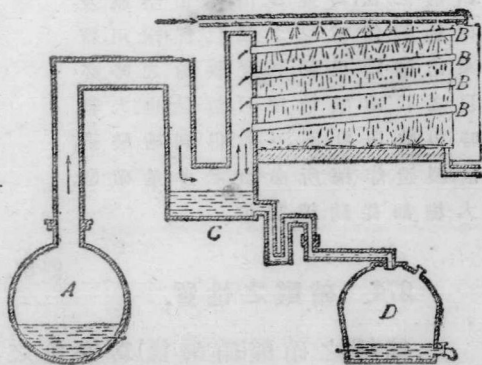


圖 86. 工業用之蒸溜器以製濃硝酸。

2. 由空氣

製造硝酸法。電花穿經養氣及淡氣之混合物(空氣)中，

① Acid sodium sulphate.

則有小部分氮氧化物變成。其產量可藉下法增加之，即使氮氧混合物通過磁石放大之電弧光中（圖 87）。如此所得之氧化物與水化合成稀硝酸。硝酸之此種製造法（名勃克倫及埃第法）^①，近年在挪威盛行之，因其到處有瀑布，可以極低廉之費用供給所需之電能也。所得之稀硝酸以石灰（CaO）中和之，則成硝酸鈣售作肥料之用，名之曰空氣硝石。^②

3. 由硝精製硝酸法。硝酸亦可藉硝精之氧化製之。法將硝精與空氣之混合物，使與鉑或其他觸媒相接觸而熱之是也。

在平常情況，以硝酸鈉製備硝酸之法，為最經濟。然由空氣及硝精製備硝酸之法已經採用，將來硝酸鈉用罄，無從供給之時，必以之代硝酸鈉法可無疑也。大戰時中歐同盟國不能得到硝酸鈉，故製造炸藥所必須之多量硝酸，大概都從硝精製取。

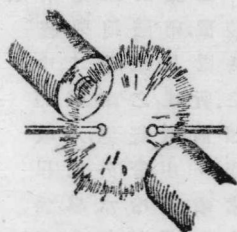


圖 87. 勃克倫及埃第法所用之電弧。

274. 硝酸之性質。

純粹之硝酸（硝酸氫）為無色之液體，沸點約 86° ，密度為 1.56。市上之濃硝酸約含 68% 硝酸，其餘為水，此種混合物之密度為 1.4。濃硝酸在濕空氣中發烟，而有銳利

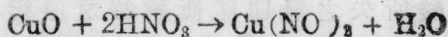
① Birkeland and Eyde Process ② Air saltpeter.

悶塞之臭。

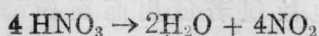
275. 化學行爲。

硝酸最重要之化學反應如下：

1. 酸性作用。硝酸具備一切強酸應有之性質。改變青色石蕊試液爲紅，稀溶液有酸味。在酸液中生 H^+ 及 NO_3^- 之兩種離子，能中和鹽基類而成鹽。亦能作用於許多金屬之氧化物而成鹽及水；例如

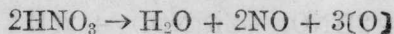


2. 加熱分解。將硝酸煮沸或曝日光中若干時，則如方程式所示起部分的分解。



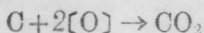
此化合物 NO_2 (謂之二氧化氮) 係櫻色氣體，易溶於水及硝酸中。故其溶於未分解之硝酸中，使現微黃色或微紅色也。濃硝酸若充以此物質則謂之發烟硝酸。

3. 氧化作用。硝酸因易分解，故爲良氧化劑。在尋常情況之下，如用爲氧化劑則照下方程式而起分解。



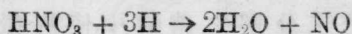
此氧爲受氧化之物體所吸收，故不分離而出，方程式中加括弧於氧之符號，即表此意。例如碳爲硝酸氧化時，氧與碳化合而成二氧化碳 (CO_2)：

① Nitrogen dioxide ② Fuming nitric acid.

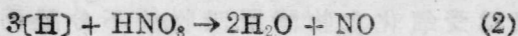
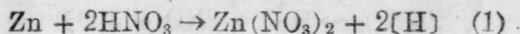


4. 對於金屬之作用。一切金屬除金與鉑及幾種稀金屬外，均易與硝酸有多少作用。其作用之發生可有二種不同之情形，蓋視金屬之種類及酸之濃度而定。

(a) 電化次序表中氫以上之金屬。於前已述電化次序表中氫以上之金屬，均能由稀酸類中使氫分離。然由實驗知此等金屬溶於硝酸中時，必其酸極稀方有輕氣發出。硝酸所失之氫即能使硝酸還原變成幾種物質，其最普通者為一氧化氮^①此係一種氣體其式為 NO。試一思之當知此係意中之事，蓋氫為強還原劑，而硝酸為等強之氧化劑也。故氫若放出而與硝酸接觸，則不能保其游離之狀而即與硝酸反應，其反應大概如下：



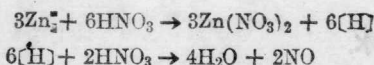
諸如此例，其所起之完全反應可以方程式表之。下列方程式係表鋅及硝酸間之反應（式中 2[H] 表示分離之氫一經分離後即方程式(2)而反應）：



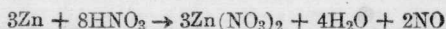
若硝酸極濃，則一氧化氮被硝酸氧化而成二氧化氮，此為一種微赤褐色氣體，其式為電 NO₂。

① Nitric oxide.

如鋅與硝酸作用實有數段之反應，然以一方程式表之常屬便利。即將上列方程式(1)及(2)合併之可也。然合併之先應稍變易，以表一切由方程式(1)變成之氫，即照方程式(2)全與硝酸起反應。此處以三乘第一式，以二乘第二式即得。二方程式可書之如下：

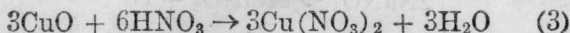
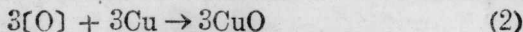
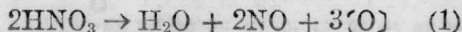


公項 6[H] 爲表氫在一反應變成，而即爲他反應用去，故將該公項消去而後合併之則得下方程式：

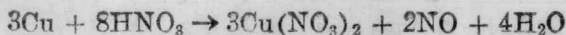


用此完全之方程式，極易推算各種參與反應或由反應所成之諸物質之比例，此其利點。但不能充分表示反應之詳情爲缺點耳。

(b) 電化次序表中氫以下之金屬。電化次序表中氫以下之金屬，若受硝酸作用，則先被氧化爲相當之氧化物。此等氧化物一經變成，即更與硝酸反應而成相當之鹽。例如銅與硝酸之反應，示之如下方程式：



上諸式中之公項 3[O] 及 3CuO 乃表物質成於一反應，而用於他反應。消去該二公項而將三方程式合併之，則得下方程式：



276. 硝酸之用途.

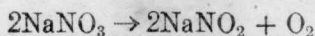
多量之硝酸用作製造炸藥,假象牙,^①及人造染料,又為化學實驗中之重要藥劑.

277. 王水.

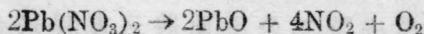
因硝酸為良氧化劑,可預料其當能由氯化氫中分出綠氣,此預想正與事實相符.一分硝酸與三分鹽酸之混合物謂之王水^②為一切已知之最強溶劑之一,至其有溶劑之力,不因其酸性,而因其所放出之新生氣,金屬如鉑及金不溶於普通酸類中者,易溶於王水,因新生氣之作用而成氯化物也.

278. 硝酸之鹽;硝酸鹽.

硝酸之鹽謂之硝酸鹽^③此等鹽之多數將在後章討論之.均能溶化於水,熱至高溫度則分解.有少數硝酸鹽,加熱則發生養氣而成亞硝酸鹽^④:



然大多數之分解均更進一步,使金屬成氧化物而遺下:

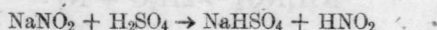


硝酸鹽主供製造火藥,硫酸,硝酸,及肥料等之用.

① Celluloid ② Aqua regia ③ Nitrate ④ Nitrite.

279. 亞硝酸 (HNO_2).

如前節所述，將硝酸鈉加熱則易得亞硝酸鈉 (NaNO_2)，茲加硫酸等酸於亞硝酸鈉，則分解成亞硝酸^①：



然此酸極不穩固，即分解成水及氮之氧化物。亞硝酸鈉用於製造煤焦油顏料。

氮之氧化物

最重要之氮之氧化物如下：

- 一氧化二氮 (N_2O) 無色氣體
- 一氧化氮 (NO) 無色氣體
- 二氧化氮 (NO_2) 微紅褐色氣體
- 三氧化二氮 (N_2O_3) (亞硝酸酐) 僅在低溫度穩固
- 四氧化二氮 (N_2O_4) 幾無色之液體，沸點低
- 五氧化二氮 (N_2O_5) (硝酸酐) 白色固體

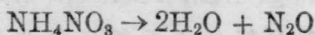
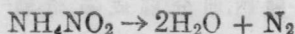
280. 一氧化二氮(笑氣) (N_2O).

一氧化二氮^②於1772年首為普利斯特利氏所製。1800年，德斐氏測定其成分，且首先發見該氣體一經吸入，有使人暫時喪失意識之性質。

一氧化二氮之最簡便製法，為將硝酸銻加熱。此時硝酸銻即分解成水及一氧化二氮，恰與亞硝酸銻受熱

① Nitrous acid ② Nitrous oxide.

時之生成水及淡氣(135頁)相同。此二反應之類似點，示之如下之方程式：



一氧化二氮爲無色氣體，多少溶解於水，其水溶液微帶甜味。人若吸入此氣，則起一種臆躁症^①(故有笑氣^②之名)，又若吸入多量，則不能感覺苦痛，且失意識。此氣體爲外科術上最初所用之麻醉劑^③，現時如齒科術等之小手術仍使用之。

一氧化二氮爲極有力之氧化劑。炭、硫、鐵及磷等物在其中燃燒而放強光，幾與在氧氣中無異，生成氧化物且游離氮。故一氧化二氮中之氧顯未與氮化合極固也。

281. 一氧化氮^④

一氧化氮常以硝酸(比重1.2)作用於電化次序在氫以下某種金屬，如銅等(223頁)，而簡便的製備之。

置所用之金屬於A瓶中(圖88)，乃將硝酸自漏斗管B徐徐加入。所生之氣體，自C逃出，於水上捕集之。最初所生之氣體，與存於瓶內空氣中之氧氣化合而生赤褐色之二氧化氮。然此物當通過水中昇泡而出時，即溶解於水中。

一氧化氮爲無色之氣體，比空氣畧重。其穩固遠勝一氧化二氮，然仍不難分解爲其組成之元素。若以一片

① Hysteria ② Laughing gas ③ Anesthetic ④ Nitric oxide.

磷着火，即插入一氧化氮瓶中，其火燄即息。若磷先熱之至猛燃，而後導入該氣，則發極光亮之燄而繼續燃燒。

若一氧化氮與氧或空氣接觸，則即於常溫立與氧化合，成微紅櫻色氣體，NO₂，謂之二氧化氮。

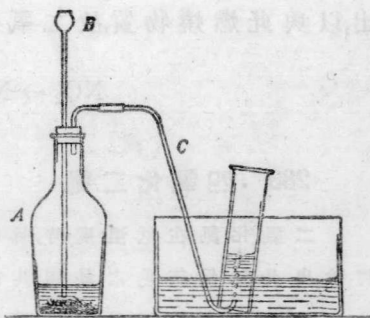
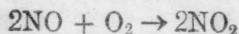


圖 88. 一氧化氮之製備。



示由一氧化氮及氧變成二氧化氮之法，即用一管滿裝一氧化氮倒立水中，而通純養氣於其中如圖 89。則養氣之氣泡昇入管中時，即與一氧化氮化合成微紅櫻色之二氧化氮。幾分鐘後，顏色消褪（因水作用於二氧化氮）而水即徐升入管中。

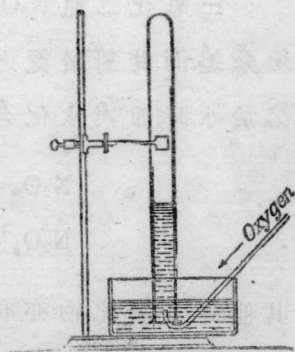


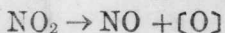
圖 89. 一氧化氮與氧化合成二氧化氮。

282. 二氧化氮 (NO₂).

此氣體乃由一氧化氮與養氣接觸所成，方已述過。然亦可以一種硝酸鹽——如硝酸

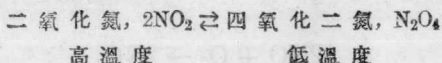
① Nitrogen dioxide or Peroxide.

鉛(224頁)加熱製之,此係微紅櫻色而有惡臭之氣體,吸之有毒。若與燃燒之物質相遇,則其一部分之氧,即行分出,以與此燃燒物質,故二氧化氮為一種氧化劑:



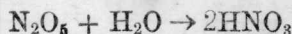
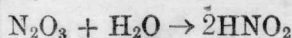
283. 四氧化二氮.

二氧化氮在低溫度時,漸行褪色而凝為灰黃色液體。業經^①實驗出此較為灰色之氣體其式為 N_2O_4 ,稱之曰四氧化二氮。故在常溫時之此種氣體為該二者之混合物,可表其關係如下:



284. 酐.

三氧化二氮 N_2O_3 及五氧化二氮 N_2O_5 頗罕製之,無須分述,而其對於氮之酸類中,有一種極有興味之關係。溶於水時,即與水化合而成酸:



其他許多氧化物亦有同樣之作用,即與水化合而成酸也。此類氧化物謂之酐^②,故酐之定義可為能與水化合而成酸之氧化物也。

① Nitrogen tetroxide ② Acid Anhydrides.

練習問題

1. 極乾之硝酸不能使試紙(即石蕊紙)變色。試說明之。
2. 硝酸若通過濃硫酸,能否使變乾燥?試說明之。
3. 氮氧化銻為弱鹽基;即因其溶液電離不多之故。若以強酸使之中和,則反應時所生之熱,比令強鹽基中和時所生之熱少。試詳其故。
4. 試書氮氧化銻以鹽酸,硫酸,及硝酸等中和時所起反應之各方程式。
5. 常說當大雷雨時,空氣中有硝酸變成。試說其生成之理由。
6. 硝酸之字義如何?(參看字典)
7. 硝酸何以稱為強酸?
8. 硝酸之何種性質使其適用於人造水之製造?
9. 試照電離理論,書方程式以表氮氧化銻與硫酸間及氮氧化銻與硝酸間之反應。
10. 試述硝酸中之化合物及離子。
11. 硝酸與水之反應為可逆反應,此係何義?
12. 由硝酸鈉製硝酸何以必須加熱?
13. 試舉由空氣與水製硝酸之步驟。
14. 一呎水在溫度零度及壓力760耗時,能溶若干呎之硝酸?此體積之硝酸計重若干?製此體積之硝酸,問須氮氧化銻重量若干?
15. (a)試計一尅市上濃硝酸之重量(220 瓦);(b)其中所含硝酸氮(HNO_3)之重量若干?(c)製此重量之硝酸問需原料(H_2SO_4 及 NaNO_3)重量若干?
16. 10 克硝酸銻能製一氧化二氮若干呎?此體積係依標準狀況量定者。
17. 製備 50 呎一氧化氮,問須銅重量若干?
18. 今欲使一尅之市上濃硝酸中和,問須氮氧化銻重量若干?試計其所成化合物之重量。
19. 以 40 c.c. 之市上濃硝酸加於 25 克之鋅,俟其反應停止後,將其所成物質中之水蒸去,試計其殘渣之重量。

第十九章

反應之速度;平衡

285. 反應之速度.

慎察已經研究之諸反應,則知其進行有甚緩者,亦有甚速者.例如拉瓦錫氏查知錫在空氣中須熱至數日,纔有相當量之氧化物變成(4頁).同稱酸與純粹之鋅作用亦甚緩慢.反之若鐵與硫熱至開始相當作用之溫度,則其作用進行甚速.此種事實吾人可表之曰同屬化學反應而其速度,大不相同.至反應之速度,意即謂一種指定之物質在單位時間內所變化之量.

286. 關於反應速度之要因.

有許多要因改變反應之速度.

1. 溫度 催速反應最習知之法,即提高受變化之物質之溫度.在尋常之燃燒,火勢愈猛則煤之燃燒愈速,然於常溫,煤雖與足量之氧氣接觸似不能完全氧化,此為稔知之事實也.在此後種情形之下,煤雖有化學作

用，惟極緩不易察出耳。曾經查悉，大概溫度增加10度則大多數反應之速度約增一倍。故若懷疑二物能否相與作用，可徐升其混合物之溫度，因吾人已知若有變化發生，則升高溫度可以促進其速度故也。

2. 濃度——質量作用。今若將與燃體表面接觸之養氣量增加，則即增加燃燒之速度，此理甚明。故物質在純養氣中燃燒比在空氣中更速，因空氣中僅有五分之一為養氣也。鐵匠將空氣打入熔爐中，則養氣之供給，比天然之通風為速，而此打風，即等於增加隨時應需養氣之量。此種事實，吾人可表之曰一種物質燃燒之速度，視養氣之濃度而定。^①濃度一語，意謂一定體積氣體中所存之養氣之重量也。

吾人可增加燃體之表面以代增加養氣之濃度。燃燒木塊，比裂為小片或作成薄片時之燃燒為慢。煤塊之燃燒頗緩，但碎成粉末或懸於空氣中如塵埃時，幾即刻燃燒而起猛烈之爆炸。若以一定量之煤在空氣中燃之，當然可得一定量之產物，且用去一定量之養氣。然若壓入需要以上之養氣與煤相接觸，則煤之燃燒大加速度。此過量之養氣所生之效果，謂之質量作用。^②凡反應大概均可以質量作用之效力增加其速度，即將反應物質中

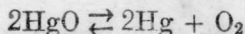
① Concentration ② Mass action

之一與以過量之供給可也。

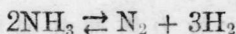
3. 接觸作用。曾經查悉有一種反應，因有一種物質之存在，而大增其速度，而此種物質似實際未曾參與反應，因其自始至終遺留不變也。此種物質謂之觸媒^①，其作用，謂之接觸作用^② (27頁)。例如於一定溫度，如將二氧化錳加入氯酸鉀，則氯酸鉀之放出養氣比單獨加熱時為快 (26頁)。氮與氫之化合，當有鐵存在時比無鐵時為速 (214頁)。觸媒劑似機械之減摩油，其催速反應之進行，正猶油使機器更易轉動也。

287. 可逆反應。

於前已見許多特別有趣之反應，因改變其情況能隨意令其任向一方進行。例如一氧化汞加熱，則得汞及養氣 (52頁)，然若使汞與養氣接觸，而於稍不同之溫度熱之，則得一氧化汞。此事表之如下：

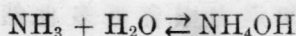


同樣，吾人已知電花穿過淡氣及輕氣之混合物中，則得少量之鹵精，然電花穿經鹵精時，則得淡氣及輕氣之混合物 (214頁)：



① Catalyzer ② Catalysis

矽精溶於水時，由各種原由推而想之，當必生氫氧化銻 (216頁)，然試蒸發其溶液以取此化合物，則彼即分解為水及矽精：



此種反應，謂之可逆反應。^①

288. 平衡。

試思參與反應之物質皆由無數分子造成，而此等分子皆以種種速度運動，且恆變其相互之關係，則一種混合物中之分子，為何有分解者，亦有生成者，其故不難想像得之矣。不特此也，反應之初，所參與物質之質量有使反應趨於一方向之傾向，逮後則原物質之質量減少，而所成物質之質量增多。若此所成之物質能起反應以成原來之物質，則因質量之效能反應將趨於反對之方向。久之，必至一方向所起之變化，適與他方向所起者相抵。於是所參與各物質之平均百分率^②乃停留而不復變更，惟其各個分子仍有變化耳。此種境況，謂之平衡。^③例如矽精，輕氣及淡氣在電花中達於平衡時，約有 7% 之矽精存在，其百分率則視溫度及原來混合諸體之比較量而定。

① Reversible reactions ② Average percentage ③ Equilibrium.

289. 質量對於平衡之效能。

平衡已屆之時，設將作用物質之一，增加其過量一譬於上例，增加過量之輕氣，則使氮對於氫之作用益速，因該二種分子相遇之機會更多也。然對於硝酸之分解速度，全無影響，因此分解速度絕對不關輕氣之存否也。故其真純之效能，乃使起一新平衡，而硝酸之百分率此時比前為多耳。

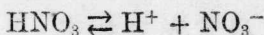
290. 改變平衡為完全之反應。

若將所成之硝酸立即抽去，勿使分解，則反應繼續進行，直至輕氣或淡氣耗盡為止。抽去硝酸之法，當電花通過時，將該氣體等閉之於含酸之水上即得，如此則反應繼續進行，直至該相反應之氣體中之一耗盡為止。故將參與反應之各物質之比較質量改變，則可改變其平衡點，或變平衡為完全之反應。^①

291. 溶液中之平衡。

在水溶液中主論離子之平衡，電解質之分子繼續電離而為離子，而此等離子相遇則復化合而成分子，其結果此二種狀況間遂達平衡，例如硝酸於溶液中有下之平衡：

① Completed reaction.



若混合二種電解質，則其所達之平衡更形複雜，蓋任一陽離子可與任一陰離子結合故也。平衡之時凡應有之離子以及已化合之離子皆共同存在。例如製硝酸時將硝酸鈉與硫酸混合，則有 Na^+ 、 NO_3^- 、 H^+ 、及 SO_4^{--} 等離子，且有 NaNO_3 、 Na_2SO_4 、 NaHSO_4 、 HNO_3 、及 H_2SO_4 等分子同在溶液之中。

292. 溶液中諸反應之完成。

化學家利用反應以取各種純粹之化合物，冀產量多多益善。反應如止於未完，終於平衡，則不適於製造之目的，故須設法破壞其平衡之狀況以完成其反應，則於製造有濟。大概有三法可達此目的。

1. 因發生揮發性氣體而完成。若使反應所成之物，其中之一為不溶於溶劑之氣體，則該氣體一經變成即行逸散。於是反應繼續進行，直至所與形成該氣體分子之離子之一種耗盡為止。

例如將硝酸鈉與硫酸混合之，則無特著之反應發生。然若將該混合物熱至硝酸之沸點以上，則一切在 H^+ 及 NO_3^- 二離子之平衡中所成之物質，皆變氣體不溶於硫酸。即硝酸蒸發而出，卒至 NO_3^- 離子全部耗盡。於是得

完全之反應，以方程式表之如次。



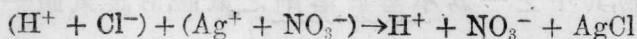
2. 因生不溶解之固體而完成。 將氯化氫 (HCl)

與硝酸銀 (AgNO_3) 於溶液中混合之，則其中有二種之分子， HCl 及 AgNO_3 ，與 H^+ ， Cl^- ， Ag^+ ， NO_3^- 等離子，及新成之 HNO_3 并 AgCl 二種分子。中有一種不溶於水者，氯化銀 (AgCl) 是也。此化合物一經變成，即離溶液成白色之沉澱 (圖 90)。故反應繼續進行，直至 Ag^+ 離子成 Cl^- 離子耗盡為止，其完成反應之

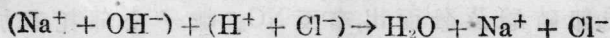


圖 90. 氯化銀之沉澱。

方程式為：



3. 因二種不同之離子合成不電離之分子而完成。 將氫氧化鈉與鹽酸和之於溶液中，則有 H^+ ， Cl^- ， Na^+ 及 OH^- 等離子， H^+ 離子與 OH^- 離子合成水之分子，此分子除些須外不再分為離子。故僅留 NaCl 之離子於溶液中，其方程式如下：



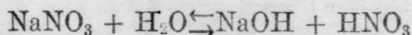
中和作用實爲一完成之反應，因水電離極微也。

293. 酸類之製備。

在上節(1)中所述之原理，常應用以製各種之酸。在溶液中成酸之物體大概沸點皆低，惟濃硫酸之沸點較高耳(338°)。故若取任一普通酸類之鹽——硝酸鹽，氯化物或醋酸鹽等——以濃硫酸處理之，同時將其溶液加熱，則揮發之酸從混合物中沸散，如製備硝酸且可使其蒸氣冷卻而凝集之。

294. 加水分解。

水雖電離甚微，然總有若干變爲離子，且一種鹽溶於水中成稀溶液時，水之比較質量極大，故微逆中和作用而變成少量之游離鹽基及酸，如



此種水作用於鹽以成鹽基及酸之反應，謂之加水分解①。若加水分解所成之鹽基極弱而酸極強，則溶液變青色石蕊試液爲紅，鋁之鹽類卽其實例也。若所成之鹽基極強而酸極弱，則其溶液變紅色石蕊試液爲青，許多鈉之鹽類卽其例也。若酸與鹽基二者均弱，則該化合物受完全加水分解矣。

① Hydrolysis.

練習問題

1. 試於本章所述以外，列舉可逆反應之例。
2. 試舉一製備氯化氫之法。
3. 將硝酸銀加入氯化鈉(食鹽)之溶液中，問能生沉澱否？若然，則與硝酸銀加入鹽酸時所生沉澱之成分有何區別否？
4. 硫酸鎂(BaSO_4)為白色不溶解之化合物，係製油漆之極有用顏料，試舉其製法。
5. 問 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$ 之反應是否為可逆反應？若然，試述所以使向各方變遷之狀況。
6. 方程式 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 所表之反應是否為可逆反應？若然，試述所以使其向各方變遷之狀況。
7. 炭酸為極弱之酸，而氫氧化鈉為極強之鹼基，問炭酸鈉之溶液對於試紙之作用如何？
8. (a)於一實驗將 10 克鐵屑與 8 克硫混合加熱以至開始反應，問反應中所成硫化鐵之重量若干？(b)於第二次實驗將 10 克鐵與 16 克硫同樣熱之，問所成硫化鐵之重量若干？(c)此二實驗差異之點為何？
9. 由氯化鈉與硫酸製備氯化氫，實際上其反應均完成何故？

第二十章

硫 硃 碯

295. 歷史及所在

硫為古人已知元素中之特著者，而於古人對於物質成分之見解有重要關係者也。其在天然間產出者，有游離及化合二種。

幾處火山地帶，發見游離硫之巨大礦藏，而以西西里^①為特著，其礦迄近數年仍為硫之世界的供給地。游離硫亦產於日本，西班牙，挨斯蘭^②，墨西哥，及合衆國之各地，



圖 91. 魯意西安那地方，用壓榨空氣從深井中壓上液體之硫。

① Sicily ② Iceland

而美國之最著產地爲魯意西安那^①。已化合之硫則成硫化物及硫酸鹽產出甚多。常有少量存於各種礦物中又爲許多動植物質之成分，而蛋黃之中含硫尤多。

296. 硫之採取法。

魯意西安那之硫出於深地之礦藏，上覆流沙，故不能開採。其中有一礦藏在 700 呎深處，形圓，徑約半哩厚 500 呎，鑽數井以達礦藏，將過熱之水用相當之管貫入。硫被熱水所鎔，於是壓搾空氣從分管壓上（圖 91 A）。該液體之硫乃凝成極大之塊。每日一井可出 500 噸，出品含 99.5% 純硫。此礦每年約產硫 250,000 噸。

在西西里由含硫之岩及土質中分硫，法極簡單，惟靡費耳。將雜料壘堆燃之，以一部燃燒之硫所發之熱，鎔其他部，則成液體留於堆底。將鎔集之硫放出，藉蒸餾法置甌中精製之（圖 92 A），以泄管通入一磚砌之冷房（B）。硫之蒸氣先入冷房者，凝成結晶細粉，謂之硫華^②。至凝結房溫煖後，則硫凝爲液體，放入圓筒狀之模中，此種成品，謂之棒硫^③，或硫磺^④。

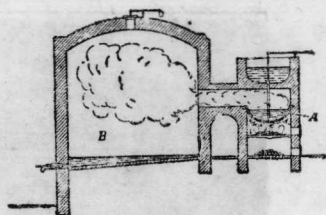


圖 92. 硫之蒸餾甌。

① Louisiana ② Flowers of sulphur ③ Roll sulphur ④ Brimstone

297. 性質.

硫為淺黃色無異味而有微臭之固體.不溶於水.熱之則鎔成稀薄蠶色之液體.若溫度逐漸升高,則此液體色益變暗且更濃厚,約至 235° 時,幾變為黑且極膠黏,即將蒸發器傾翻,液體亦無流出之虞.溫度再昇,復變酸流動體,而至 444.6° 則沸騰而成帶黃色之蒸氣.若將熱硫冷之,則每有以上同樣之種種改變,惟其次序則顛倒耳.

298. 硫之種類.

硫有許多同素異性體(117頁),均易得之.其最著者如下:

1. 尋常之硫,即菱形硫. 硫由一種液體溶液中結晶時(由二硫化碳中尤顯),則得堅緻之黃色晶體,在 112.8° 融化,密度為 2.06. 此種晶體普通有八邊,屬於斜方晶系,故名菱形硫^①. 硫之產於天然間者,常成結晶形(圖 93),而此等晶體常屬於斜方晶系(參看附錄). 硫磺則概為菱形硫



圖 93. 天然間產出之斜方形硫之晶體.

① Rhombic sulphur

所組成。

2. 針形,或單斜晶形硫。已熔之硫,冷至該液體一部分凝固時,若將其餘未凝之液體傾去,則見留在器中固體之硫,成細針形晶體,其融點為 119.2° 密度為1.96此針形之硫謂單斜晶形硫^①,因其晶體屬於單斜晶系也。

299. 菱形硫與單斜晶形硫之關係。

由實驗知硫在尋常溫度結晶者悉得菱形體;若在高溫結晶,如使已熔之硫冷之,則得單斜晶形體。即硫在某溫度以下成菱形硫,而在其上則成單斜形硫也。如此使硫成異種晶形之界限溫度一定不易,即 95.5° 是也。此種溫度,謂之遷移溫度^②。於此溫度若硫之二種結晶互相接觸,則全不變遷。若熱至 95.5° 以上,菱形漸變為單斜晶形;若冷至 95.5° 度以下,則單斜晶形漸變為菱形。此種彼此之遷變普通均極遲緩,故必須數日以完成其變化。又經查悉增加壓力,可促進菱形之變為單斜晶形。

300. 無定形硫。

前論硫之性質時曾特聲明,易熔化成淡黃色之流動液體,溫度升高即變為黝色黏液。在中間之溫度則所成之液體,含有各不同量之流動液體(S_{λ})及黏液(S_{μ}),而

① Monoclinic sulphur ② Transition temperature

彼此平衡。若將已熔之硫煮沸而傾入冷水中，則此驟冷阻止黏液之結晶，致成麵團狀之無定形體。此種硫不溶於二硫化碳，謂之彈性硫。不過流動液體及黏液二者，處於極過冷狀態之混合物耳(113頁)。久置之則一部分變為菱形之晶體。

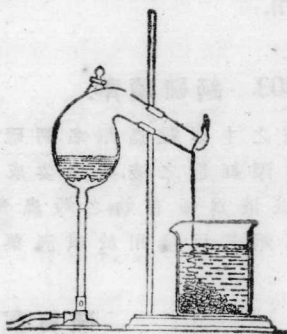


圖 94. 製備彈性硫。

彈性硫之變成可顯示之如下：即以短頸小甌蒸餾硫黃使入冷水中即得(圖 94)。

301. 硫之化學行爲。

將硫在養氣或空氣中加熱使至燃燒，則舉淺藍色之燄而燃燒，化成二氧化硫(SO_2)。硫燃燒時亦有少量之三氧化硫(SO_3)變成。多數金屬與硫共熱時，均能直接與之化合而成金屬之硫化物。有時作用甚猛烈，致令全體變成白熱，如鐵與硫之化合是也。此性質與氧對於金屬之作用相彷彿，大概易與氧化合之金屬均易與硫化合。

302. 硫之用途。

① Plastic sulphur

硫多用於製造火藥,含硫橡皮,二硫化碳,二氧化硫,硫酸,及各種鹽類,又廣用於製殺蟲劑以備菜園及葡萄園之用。

303. 鈣硫噴劑.

硫之主要殺蟲劑名^①鈣硫噴劑。以硫與熟石灰煮沸而製之,乃得深紅色之液,其主要成分爲鈣之硫化物溶液 (CaS_4 及 CaS_5)。此液爲極有效之殺蟲劑,對介殼蟲類尤有特效,亦可充殺菌劑。其巨量用於噴洒菜樹。

硫與氫之化合物

硫與氫之已知化合物如下:硫化二氫(硫氫酸)(H_2S)係一種穢臭氣體;過硫化氫係一種液體,大概爲 H_2S_4 及 H_2S_5 之混合物。

304. 硫化二氫(H_2S)。

硫化二氫^②存於火山噴出之蒸氣中,溶於水中即成常見之所謂硫水,含硫之有機物質,腐爛時亦生成之,所放惡臭,半由此種氣體發生。

305. 製法.

實驗室中製備硫化二氫之法,乃藉硫化物與酸作用。普通用一硫化鐵(FeS)及鹽酸。

① Lime-sulphur spray ② Hydrogen sulphide

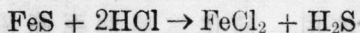


圖 95 示一便捷之裝置，置幾塊一硫化鐵於 A 瓶中，將稀鹽酸從漏斗 B 徐徐加入。硫化二氫乃由 C 管逸出，可以排空氣，法收取之；或將該氣體通入水中，以成水溶液。若欲製備較多量之硫化二氫，則用啓普氏之發氣瓶(圖 17)比此更爲利便。

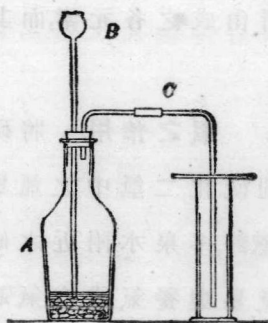


圖 95. 硫化二氫之製法。

306. 性質.

硫化二氫爲無色氣體，味稍可厭，臭則惱人。比空氣重 1.18 倍。液化時其沸點爲 -62° ，而凝固點爲 -82° 。一體積之水在 15° 時，可溶化該氣體 3.05 體積。將此溶液煮沸則該氣體全部驅出。其純粹者性極毒，即以多量空氣攪稀，吸之亦能致頭痛目眩及心嘔等症。幸有極惡之臭能使人預知。

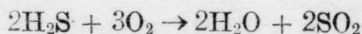
307. 化學行爲.

1. 酸性。硫化二氫在水溶液中稍能電離生氫離子。故其溶液作用如弱酸，稱之爲硫氫酸。有酸類之通性即變青色石蕊爲紅，及與鹽基中和成硫化物。

① Hydrosulphuric acid

2. 熱之作用. 硫化二氫熱至高溫度時,則分解爲其所由成之各元素,而其分解之速度,在 500° 時爲最著.

3. 氧之作用. 將硫化二氫之水溶液暴之於空氣中,則硫化二氫中之氫與氧化合而成水,硫即分離沉於液底.許多泉水附近之硫磺,即如是生成也.高溫度,硫化二氫易與養氣或空氣起燃燒作用,其變化如下之方程式.



倘氧不足以與硫及氫化合,則氫與氧化合而硫分離:



4. 還原作用. 因硫化二氫含氫,且其與氧化劑接觸之時容易放出氫氣,故硫化二氫爲強還原劑.例如將硫化二氫通入濃硝酸或濃硫酸中,時因此二者均爲強氧化劑,故硫化二氫中之氫,與酸中一部分之氧化合而成水,同時酸被還原.

使氣體乾燥之法,多使通過濃硫酸以吸收其濕氣.然因上述之原因,不能用此法使硫化二氫乾燥甚明.

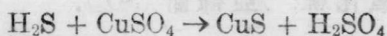
5. 作用於金屬. 硫化二氫作用於多數金屬成硫化物.硫化二銀 (Ag_2S) 係黑色,銀器變黑乃因空氣中

常有少量之硫化二氫故也。

308. 硫氫酸之鹽類；硫化物。

硫氫酸之鹽類或硫化物，為化合物中之重要一類，且天然間產出甚多，此種化合物均屬固體，而大半不溶於水，甚有不溶於酸者。實驗室中所製者有數種，如一硫化銅 (CuS) 及硫化二銀 (Ag₂S) 係黑色；其他如硫化鎘 (CdS) 及三硫化二砷 (As₂S₃) 係黃色；而硫化鋅 (ZnS) 則係白色。

可溶解之硫化物如 Na₂S, K₂S, (NH₄)₂S 等，則以硫氫酸處理各該鹽基最易製之，不溶解之硫化物，可以金屬與硫加熱得之，然普遍更便利之製法，則為使硫化二氫通入各該金屬鹽之水溶液中也。例如一硫化銅則以硫酸銅 (CuSO₄) 溶化於水，而以硫化二氫通入其溶液中即得。



因硫化銅不溶化，故一經變成即行沉澱，可用過濾法分出之。

實驗室中製備此等硫化物之法，可示之如下：硫化二氫由啟普氏之發氣瓶 A (圖 96) 中發生，而連續通過 B, C, D, 及 E 諸瓶中，其中各盛酸銀，硫酸鎘，醋酸鋅，及氫氧化鈉等之水溶液。連硫化二氫通過諸溶液時，則 B 瓶中生黑色之硫化二銀

(Ag_2S), C 瓶中生黃色之硫化鎘 (CdS), D 瓶中生白色之硫化鋅 (ZnS). E 瓶中雖有硫化鈉變成, 因其能溶於水不致分離, 故無沉澱。

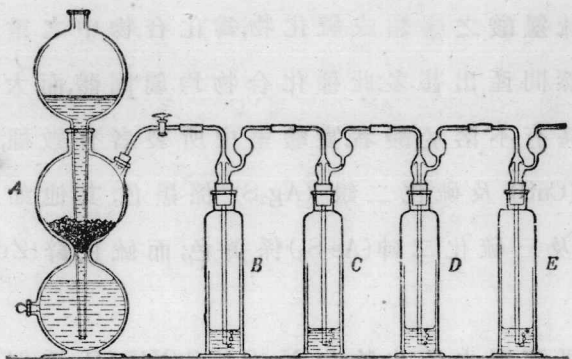


圖 96. 用硫化氫沉澱法製備不溶解之硫化物。

309. 硫之氧化物.

硫成五種不同之氧化物, 其二種最重要者為二氧化硫 (SO_2) 及三氧化硫 (SO_3), 二者均為酐(縮水酸).

310. 二氧化硫; 亞硫酸酐 (SO_2).

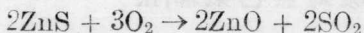
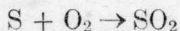
此為硫燃燒時所生最常見之氣體, 其產於天然間者, 則含於火山之噴出氣體及泉水之溶液中。

311. 製法.

二氧化硫以三種普通之法製備之:

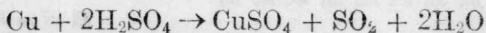
① Sulphur dioxide (sulphurous anhydride)

1. 藉硫或金屬硫化物之燃燒。無論硫或金屬硫化物起燃燒，硫均變為二氧化硫：

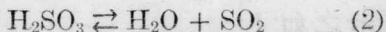
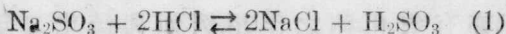


用於製造硫酸之多量二氧化硫均以此普通方法製備之。

2. 藉硫酸之還原作用。將濃硫酸與一種金屬如銅如熱，則酸之一部還原成亞硫酸，更分解為二氧化硫及水，其完全化學變化之方程式如下：



3. 藉酸對於亞硫酸鹽之作用。亞硫酸鹽為亞硫酸(H_2SO_3)之鹽類，將鹽酸等酸加入亞硫酸鹽中，則生亞硫酸，此酸即分解為水及二氧化硫，其變化以下方程式表之：



反應說明。如上二方程式所示，鹽酸作用於亞硫酸鈉時，有二可逆反應，互相為用。在方程式(1)所示之反應，或意料其必致達平衡之結果，蓋式中所表之物質，並無一在中有不溶解或揮發者也。然亞硫酸一經變成，立照式(2)而分解，所成之氣體二氧化硫即逸散。故此反應繼續進行，直至所有之亞硫酸鈉悉數分解為止。因二氧化硫極溶於水，故反應時水愈少愈妙；不然則有相當多量之二氧化硫，留於溶液之中，而反

應即不能達於完成之境。

312. 性質.

二氧化硫為無色氣體，在常溫比空氣重 2.2 倍。有特異刺戟之臭。極善溶於水，1 體積之水在標準溫度壓力約溶該氣體 80 體積。二氧化硫易凝為無色之液體（沸點為 -8° ），可以液態貯於強固之瓶或錫筒中發售（圖 97）。

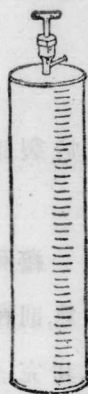
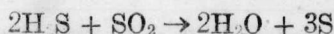


圖 97. 貯液化二氧化硫之圓筒。

313. 化學行爲.

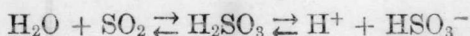
二氧化硫極易與他物質化合，故為一化學性活潑之物質。又與氧之愛力甚著，故係一種原劑。然在別種情形之下，亦有氧化劑之作用。例如與硫化二氫起反應成水及硫，示之如下：



因硫化二氫與二氧化硫，均存於火山噴出之氣體中，故火山地帶中硫之大礦藏，或即係該二氣體照上方程式互相作用而成。二氧化硫之特性，為其對水之行爲，與水化合則成亞硫酸。

314. 亞硫酸(H_2SO_3).

將二氧化硫通入水中,則該氣體有若干與水化合成亞硫酸(H_2SO_3)^①,其餘仍保持溶液之狀態。所成之亞硫酸,一方與水及所溶之二氧化硫平衡,而他方面又與 H^+ 及 HSO_3^- 兩離子平衡,此兩離子為酸之一部電離所成。

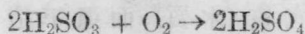


將亞硫酸加熱,則其作用猶如僅為二氧化硫之水溶液,硫統成二氧化硫而放出。反之對於鹽基之作用,則猶如僅為亞硫酸之溶液(與碲精水比較之, 216 頁)矣。

因亞硫酸之性不穩固,祇能得其稀溶液。此溶液之性質如下:

1. 酸性。此溶液盡有極弱酸所應有之性質。以鹽基中和之,則亞硫酸生成一系之鹽曰亞硫酸鹽^②,大多數不溶於水。

2. 還原性。亞硫酸之溶液有良還原劑之作用。蓋此酸能從空氣或富於氧之物質中取氧,且因此反應而變為硫酸。



3. 漂白性。亞硫酸有強漂白性。故用此以漂白

① Sulphurous acid ② Sulphite

紙類,麥桿貨,及裝罐米穀與乾菓等食物,其漂白概不經久,不若氯之有效,因此僅用以漂白不耐氯之作用之物件。

亞硫酸之漂白性,可燃硫於小碟而置之於藏有一朵以水濕過之鮮花之鐘罩中(圖 98)以試之。草帽亦可用同樣之法漂白。



圖 98. 以二氧化硫漂白鮮花。

4. 防腐性. 亞硫酸有顯著之防腐性,因此有阻止發酵之能力。故用之以保存含有糖分之食物如甜酒,裝罐米穀及乾菓等,食物之中,此酸是否許用,爲一重大之論題。

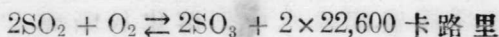
315. 亞硫酸之鹽類;亞硫酸鹽。

因亞硫酸含有二原子氫,故能成酸式鹽及正鹽。例如與鈉化合成 NaHSO_3 及 Na_2SO_3 之鹽。其鹽均係固體且與亞硫酸自身相似,易與氧化合成相當之硫酸鹽,故爲良還原劑。因此性質之故,除新製者外,每含有多少相當之硫酸鹽。鈣之酸式亞硫酸鹽,供由木材製紙之用,因其溶解木之不適宜質(木質),而遺下造紙必要材料之純潔纖維素。

① Lignin

316. 三氧化硫 (硫酐) (SO₃).

硫在氧中燃燒，則有小量之三氧化硫與二氧化硫同時發生。同樣，二氧化硫與氧同熱之，則起化合，惟其化合之速度甚緩，僅成些微之三氧化硫。然此時如有白金粉等觸媒，則其速度大增，可得大量之三氧化硫。其反應為可逆的，可以如下之方程式示之：



此反應於 400° 左右行之，則所成三氧化硫之量最多，蓋在此溫度，約有 98 % 之二氧化硫與氧化合。

以上所舉最後之三氧化硫製法，可於實驗室中之如下：用作觸媒之鉑，即將石棉纖維以鉑氯酸之溶液浸溼，置火焰中燒紅製之，如此則鉑之化合物還原為金屬之鉑。而後置此含有鉑粉之石棉纖維於置硬玻璃管 A 中(圖 99)，熱之至 400°

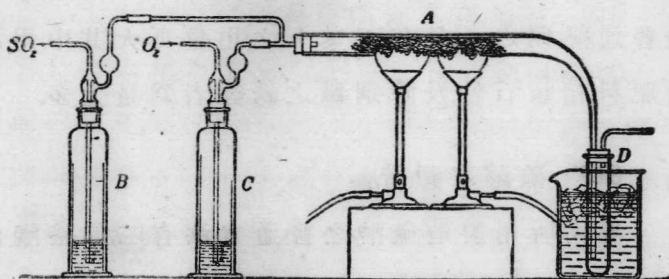


圖 99. 固體三氧化硫之製法。

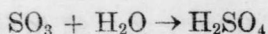
左右，以等積之二氧化硫及氧氣，先通過硫酸(盛於 B 及 C 瓶中)中乾之，而後通入該管中。此混合物來與觸媒相觸則起化合。

① Sulfur trioxide (sulfuric anhydride) ② Chloroplatinic acid

而所成之三氧化硫由管尖端逸出，可用圖以寒劑之接受器 D 以凝集之。

217. 三氧化硫之性質。

三氧化硫為無色液體，約在 15° 凝固，46° 沸騰。些須溼氣可令其凝成白色似絲之晶體，外觀稍與石棉纖維相彷彿。此晶體之式為 $(\text{SO}_3)_2$ 或 S_2O_6 。三氧化硫與空氣相接，則發煙極盛，擲入水中，則溶化放嘶聲及多量之熱。此變化所成者為硫酸，故三氧化硫為硫酸之縮去水者：



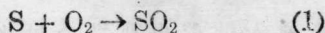
318. 硫酸(H_2SO_4)。

硫酸之為物，知之甚早，為古鍊金家所用最重要藥劑之一。其用途之廣，為一切酸類冠。此不僅為實驗室中最普通藥劑之一，且在工業上之用量更大，其中用於製造肥料，精煉石油，及除鋼鐵之銹等者為量尤多。

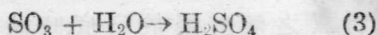
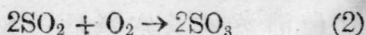
319. 硫酸之製造。

現代所用製造硫酸之普通方法有二，即接觸法及鉛室法是也。

1. 接觸法。此法之反應，以下之方程式表之：



① Contact process



照方程式(1)製二氧化硫,即用硫或硫化物如硫鐵礦 (FeS_2) 於空氣中燃之即得,收所成之二氧化硫,與足供必須之氧之大量空氣通入鐵管,管中預裝粗鬆物料(石棉或硫酸鈉),撒布適當之觸媒如鉑或鐵之氧化物,熱之至 400° 左右,則三氧化硫依方程式(2)而變成,令所成之三氧化硫與水接觸,則照方程式(3)化合而成硫酸。

此方法中之部分為工業上所最感困難者,即製三氧化硫之一段。二氧化硫及養氣通經鉑粉而化合,知之已久,然鉑之價昂與所得之三氧化硫不多,均使此法不合實用,研究其反應之各種情形,結果改良此法,1901年德之化學家克尼敘^①遂解決種種困難,使工業上可以此法製成純潔之濃硫酸,鉑於此法雖為最有效之觸媒,然極耗費,蓋其現時之市值,較金為昂也,因此乃用別種觸媒,就中似以鐵之氧化物為最佳。

此法製得之三氧化硫,不與純水化合,誠一趣事,通入濃硫酸中,則與其中之水易起化合。

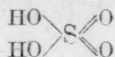
2. 鉛室法^② 此係製造硫酸之舊法,沿用至今,仍為最重要之製法,惟較前法繁雜遠甚,因氮之氧化物之接觸作用,使水,二氧化硫,及養氣變成硫酸,氮之氧化物,既均屬氣體,難防其逸散,故對此項氣體之損失,務須注意使之減少,欲起此反應可按化合之比例,導入氮之氧

① Knietsch ② Chamber process

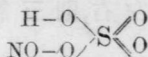
化物,二氧化硫,沸蒸氣,及空氣於一鉛砌之大室中,則使互相作用,所成之硫酸,聚於室底,時時放出之。

320 鉛室法之反應。

此法之反應極複雜,不能全解,然可相信其反應大概分為下之二種: (1)引入室中之物質,先變成硫酸之誘導體名亞硝基硫酸。^①此二化合物之相互關係,可以其構造式顯之:

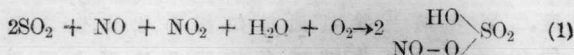


硫酸



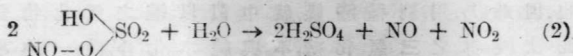
亞硝基硫酸

其反應可用方程式表之如下:



如此所得之酸為白色晶體,即所謂鉛室晶^②是也。

(2)然在工業上製造硫酸,不至有此項晶體之生成,因常有充分之水使該亞硝基硫酸一經變成即變為硫酸:



可知方程式(2)所成氮之氧化物之量與方程式(1)所需要者等,故理論上以此等氧化物小量足製無限量之硫酸;然事實上則有若干之氧化物消失,宜補足之。

321. 硫酸製造廠。

硫酸製造廠之簡單部分,示之如圖 100。將硫或硫化物如 FeS_2 , 在 A 爐中燒之,所成之二氧化硫與適量之空氣引入 C 塔中,此名格拉味塔^③,氮之氧化物即在此發生,後當述之,而

① Nitrosylsulphuric acid ② Chamber crystals ③ Glover tower

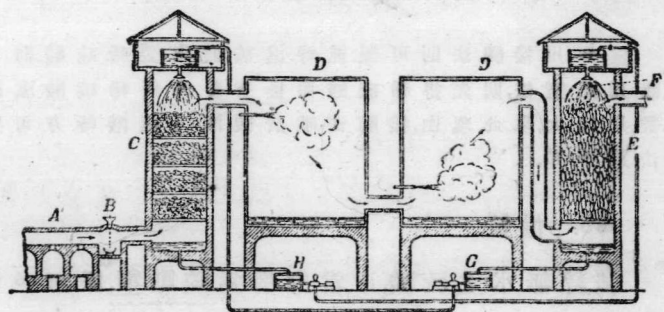


圖 100. 硫酸製造廠之圖。

此等氧化物與二氧化硫及空氣，一同通過 D, D' 二室。水或沸蒸汽亦導入該室中之相當處。反應即在此處發生，而硫酸因蒸之以成。入該室之空氣用去養氣後所餘之淡氣，經 E 塔而逸散，此塔名給呂薩克。為預防反應中再成之二氧化氮逸散，此塔中裝滿焦煤塊，灑以濃硫酸，此可從頂上噴下 (F)。濃硫酸吸收二氧化氮而不吸一氧化氮，故一氧化氮與氮同時逸出。噴入於塔頂之濃硫酸，聚於其底，流入 G 器，從此壓上格拉味塔 C 頂之槽中。在此與稀硫酸混合，使噴入塔頂，塔中半裝一種耐酸之石。當此硫酸下降，經此物料中時，即與由爐中通入之熱氣相遇，因此二氧化氮乃由酸中分出，流入 D, D' 二室再參與反應。上法進行之中，該稀硫酸變成極濃，足以再作吸收二氧化氮之用。故使其由塔底流入必須之量於 H 器，壓上 E 塔頂之槽中，為補足此法進行中所消失之氮之氧化物，使硫酸與硝酸鈉在 B 器中起作用，以加入該氧化物必須之量。所成之硫酸與所餘之凝結水蒸氣，均聚於室底，為液體含有 62-70% 之硫酸氫，此生成物謂之鉛室硫酸^①，頗不純粹；但可供製造肥料等用無須再行提煉。此種硫酸若欲使成濃液，則可置於鐵，鉑，或二氧化矽等各種所製之器中蒸發之。

① Chamber acid

322. 接觸法與鉛室法優點之比較。

當知用接觸法則可製純粹濃硫酸，與製稀硫酸同一便利。然用鉛室法，則先得稀硫酸而極省費，惟使稀硫酸濃厚清潔，費用頗大。以此理由，接觸法唯於製淨濃硫酸時方可與鉛室法競爭耳。

323. 性質。

純粹無水之硫酸，正常應稱為硫酸氫^①，係無色油狀之液體，其重約二倍於水。尋常之濃硫酸，約含 2% 之水，密度為 1.84，沸點為 338°。有時稱為礬油^②，因昔時曾用綠礬^③等混合物蒸餾而得硫酸故也。

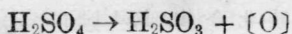
324. 化學行爲。

硫酸因其有下列各種化學性，故為一最重要之化學物質。

1. 酸性 在濃水溶液中硫酸氫成 H^+ 及 HSO_4^- 兩種離子，若更稀釋溶液，則 HSO_4^- 離子更分為 H^+ 及 SO_4^{2-} 兩種離子。故精密言之，含有此氫離子之硫酸氫水溶液，方得稱為硫酸。

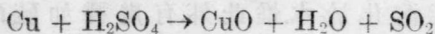
2. 具有氧化劑之作用。硫酸含多量之氧，故與硝酸相似，為良氧化劑。將濃硫酸與硫或碳或其他各種物質熱之，即起氧化作用，而硫酸即照下方程式而分解：

① Hydrogen sulfate ② Oil of vitriol ③ Green vitriol

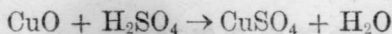


3. 對於金屬之作用。硫酸之稀溶液與電化次序表中氧以上(201頁)諸金屬作用,成各該金屬之硫酸鹽及輕氣。此種溶液,對於表中氫以下諸金屬則無作用。

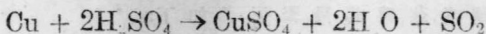
然濃硫酸則能與許多金屬作用,而不問金屬在電化次序表中之位置,但其開始之作用,均為氧化作用。其與銅之反應,以方程式表之如下:



更加入硫酸若干,則一氧化銅溶於其中成硫酸銅:



此二方程式可合併之如下:



4. 對於鹽類之作用。屢見酸之沸點高者,與沸點較低之酸之鹽共熱,則沸點低之酸常被驅出(127頁)。硫酸之沸點(338°)比一切普通之酸均高;故常用之以製別種之酸。

5. 對於水之作用。濃硫酸與水有極大之愛力,若與水混合則發生多量之熱。故可作有效之乾燥劑或脫水劑。^①氣體與硫酸無作用者,可通過其中以除水分。

硫酸不僅吸收水,且屢從含氫氧之化合物中抽取氫氧

① Dehydrating agent

二元素，因而分解該化合物，而與抽出之氫及氧所成之水相化合。因此之故，多數有機物質如糖，木頭，棉，毛之纖維，以及動物筋肉等，於碳外尚含有多量之氧及氫者，均為濃硫酸之作用而變焦黑，其大概變化即抽取化合物中所存之氧及氫，而遺其中之黑炭使成殘渣。

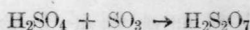
325. 硫酸之鹽類；硫酸鹽。

硫酸鹽為化合物中極重要之一類，其中多數在工業上用途甚廣。其正鹽均屬固體，除硫酸鋇，硫酸鋇，及硫酸鉛外，均能溶化於水。惟此外，有幾種如硫酸鈣及硫酸銀，僅溶化些須耳。

326. 其他之硫之含氧酸類。

除亞硫酸及硫酸外，尚有數種之硫之含氧酸，有游離態者，亦有成鹽者，茲舉其最緊要者如下：

1. 五縮二原硫酸 ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$)^①。此係固體晶狀化合物，可用硫酸與三氧化硫化合以製之：



此酸與其鹽類均為強氧化劑，市上之發烟硫酸，即硫酸及此五縮二原硫酸之混合物。

2. 高硫酸 ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$)^②。此酸極不穩固，僅存於稀溶液中。然其鹽類則甚穩固，可用相當之酸式硫酸鹽之濃溶液，藉電解法以製之。例如 KHSO_4 藉電解而成 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 。高硫酸之鹽類為極強之氧化劑，例如高硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ，常用作氧化劑，照相術上用之尤多。

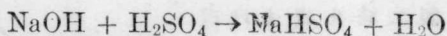
327. 一鹽基酸與二鹽基酸。

① Pyrosulfuric acid ② Persulfuric acid

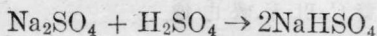
鹽酸及硝酸等，其分子中僅有一原子氫可以替換，易言之，在溶液中僅生一個氫離子者，謂之一鹽基酸^①；酸之分子在溶液中生二個氫離子者謂之二鹽基酸^②；同樣，可有三鹽基酸^③及四鹽基酸^④等；硫之三種酸均為二鹽基酸，故各能成正鹽及酸式鹽。

328. 酸式鹽之製法.

酸式鹽之製法有二：即於酸中加以足半量之鹽基以中和之，——



或以純酸加入正鹽中，——



329. 二硫化碳(CS₂)

硫之蒸氣通過極熱之碳上，則該二元素即化合成二硫化碳^⑤：

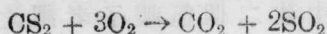


反應中既吸收熱，故須另外供給以熱，因之此反應祇能於高溫度發生。

二硫化碳係液體，重而無色，有強折光性，至46°則沸。

① Monobasic ② Dibasic ③ Tribasic ④ Tetrabasic ⑤ Carbon disulfide

其純粹者，有愉快之臭，但漸稍分解則發極惡之臭。其蒸氣極易燃燒，在空氣中燃之，則成二氧化碳及二氧化硫：



二硫化碳為良溶劑，許多物質如橡皮，松脂，蠟等不溶於多數液體者，均能溶於二硫化碳中，故二硫化碳用作此等物質之溶劑，亦可用作殺蟲劑。其蒸氣有毒而且易燃，故用時須特別留心。

330. 工業的製二硫化碳法。

工業上製二硫化碳法，以碳與硫直接化合，其所需之熱發自電流。大爐之主要部分 A (圖 101) 裝滿木炭，從吊蓋 C 引入。硫由爐上之漏斗 D，D 加進。電流於 E，E 通入。所生之熱，足使硫變為蒸氣，與熱碳化合生成二硫化碳。蒸氣於 H 逸出而凝集。爐有高至 40 呎；24 小時可出二硫化碳 25,000 磅者。

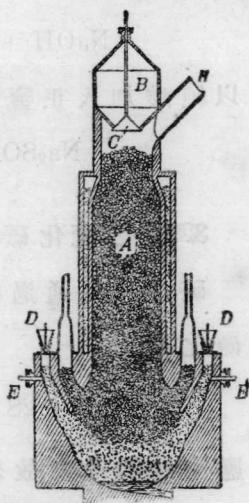


圖 101. 製二硫化碳之電爐。

331. ① 矽 ② 碲

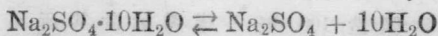
此兩種為不大常見之元素，其化學性與硫極相近。常與硫及硫化物相伴而生，或為遊離狀之元素，其較普通者則與金屬化合。與氫成化合物，其程式為 H_2Se 及 H_2Te ；均為氣體，其性質極似 H_2S 。又二者亦成氧化物及含氧之酸，正似硫之相當化合物。此兩元素且有許多形體亦極與硫相似。

332. 含水物.

許多化合物直接與水化合，成新化合物名含水物^①。此事實曾喚起吾人之注意。許多鹽顯有此種性質，成含水鹽。例如硫酸銅(CuSO_4)溶於水中，將溶液靜置之，則結晶狀之含水物沈下，此物乃硫酸銅一分子與水五分子結合而成，其式為 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。市上稱此含水物曰膽礬^②。同樣，硫酸鎂 (MgSO_4) 成結晶狀之含水物 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。若欲辨別鹽與其含水物，則鹽乃無水之化合物也。例如鹽 CuSO_4 稱為無水硫酸銅^③。含水物為真正之化合物，因含水物無論何種，均以定量之無水化合物與水結合而成。惟許多無水化合物所化含之水量各不同，致成各種不同之含水物。大抵含水物不甚穩固，每易分解為其所由成之原成分，熱之則尤易分解。反之多數無水鹽類如氯化鈣，能從空氣吸收水分而成含水物。

333. 風化.

凡含水物可謂其於常溫均有失水之傾向，其反應為可逆，例如：



若將含水物之晶體密閉於器中，則起上述之反應，直至

① Hydrates ② Blue vitriol ③ Anhydrous copper sulfate

所成水蒸氣之壓力達於一定之值，始得平衡。設此壓力比空氣中之水蒸氣壓力更大，則此晶體暴諸空中，即失水而成粉末。此謂之晶體之風化。硫酸鈉之含水物，為一種風化物之好例。

練習問題

1. 製備硫化二氫之方程式為可逆反應否？如平常所預備者，其反應完全否？
2. 設硫氫酸係液體，其製法須更改否？
3. 完全乾燥之硫化二氫，能改變試紙之顏色否？試釋其原由。
4. 何謂縮水酸（酐）？除硫之縮水酸外，尚有何種縮水酸曾經述過？
5. 稀硫酸與鐵之作用如何？與銀之作用如何？（參看電化次序表）
6. 銀匙與有種食物接觸則變黑，試舉其理由。
7. 除本章所述者外，試舉其他觸媒作用之例。
8. 於市上製備二硫化碳，電流有何用處？
9. 試書硫氫酸與氫氧化鈉之反應方程式；又硫氫酸與氫氧化鋁之反應方程式。
10. 從亞硫酸鹽製二氧化硫之法與硫化二氫之製法大旨相同，試顯明之。
11. 試製備硫化二氫使適足以飽和在 15° 及標準壓力下之20呎之水，問所需之材料重量若干？
12. 今欲製備含有5%之水之硫酸2000磅，問須硫之重量若干？
13. 設欲製造100呎之膽礬，試計其所須物料之重量。
14. 以50克膽礬溶於水中，使硫化二氫通過此溶液，至溶液中之銅盡成沉澱為止，試計其沉澱之重量。

15. 試書碲及碲之氧化物及含氧酸之名及式。
16. 試比較稀硫酸及濃硫酸對於鋅之作用。
17. 製備 10 尅二硫化碳時所吸收之熱有若干卡路里？
18. 以二種不同之法製造亞硫酸氫鈉，試書其各方程

式。

第二十一章

週期律^①

前曾詳論數元素，其中氧，氫，氮，及氯等，雖有共通之物理性，然其化學行爲則幾無相似之點。惟氧與硫物理性雖全不同，而其化學行爲頗多共通之處。

元素之已知者，有八十餘種。每種之性質倘如氧，氫，氮，及氯等之差異，則研究化學爲極困難煩雜，昭昭甚明矣。然元素可分類，而每類元素之性質均相類似，則研究當極簡便。

334. 古時元素分類法。

古時亦曾力求自然原則，使元素皆準此以分類。茲述其二種分類法如次。

1. 分爲金屬^②與非金屬^③。元素分爲金屬與非金屬乃自然之分法。按其物理性而分之，凡金屬均重，有光澤，可展可延，且爲電及熱之良導體。凡元素有此等性質者，大概能成鹽基，而此能成鹽基之性，亦即作爲金屬之

① The periodic law ② Metal ③ Non-metal

特性。凡非金屬之物理性，正與金屬之物理體性相反，有成酸之特性。

惟此種分類法無大益處，且極不完全。蓋有種金屬如鉀則甚輕；有種非金屬如碘有強光澤；有種元素既能成酸亦能成鹽基也。

2. 分爲三素族^①。1825年，得柏賴涅^②察出化學行爲相似之元素之原子量彼此有極妙之關係。如鋰，鈉，鉀，彼此極相似，而鈉之原子量，約等於鋰，鉀原子量之平均數： $\frac{6.94+39.10}{2}=23.02$ 。且鈉之許多化學行爲及物理性，亦居於二者之間。

元素之三素族曾經查悉者頗多，但八十餘種之元素之原子量，自1至240，其中未必無偶然相合者。且有許多元素，不屬於三素族之內，可知此種分法亦非完全。



圖 102. 門德雷業夫(1834-1907)俄之化學家，元素週期分類法之始創者。

335. 週期分類法^③

① Triad families ② Döbereiner ③ Periodic classification

1869年，俄之化學家門德雷業夫^①（圖102）發明按元素之原子量將元素列成一表。此表於研究元素之比較性質頗為有用。數月後，有一化學家德人羅塔邁爾^②亦陳說此事。因此表而得發明一種化學要律，謂之週期律。其律後節詳述之。

336. 週期表之排列法。

門德雷業夫所發明之排列法經推廣以包括新近發見之元素者如下：除原子量最小之氫外，將自原子量為 3.99 之氦起之最先八元素，按其原子量之增加次序，排成一橫平列。此八元素彼此差異甚著，惟其次原子量最高之氖，頗與氦相似。即以列諸氦下，而成一新平列，示之如下。次於氦之元素為氫，與氦及氖相似，此為第三平列之始。此三列示之如下：

氦(3.98) 鋰(6.94) 鈹(9.1) 硼(11) 碳(12.005) 氮(14.01) 氧(16) 氖(19)
 氫(20.2) 鈉(23) 鎂(24.32) 鋁(27.1) 矽 28.1 磷(31.04) 硫(32.06) 氯(35.46)
 氫(39.9) 鉀(39.1) 鈣(40.07) 鎳(44.1) 鎳(48.1) 鈷(51) 鎳(52) 錳(54.93)

試觀此三橫列中成直行之各元素，則得發見一種顯著之事實。即非但第一直行之氦，氫，及氫有極相似之處，而且其他直行之各元素均彼此相似，故各直行均自

① Mendeléjeff ② Lathar Meyer

成一類。例如鋰、鈉及鉀彼此極相似，成得柏賴涅氏三素族之一。

錳後之鐵、鈷、鎳三者原子量均相近，化學行爲亦極相似。然與以上各種元素無一相似者，故另爲一族。下頁表之首三平列，示以上二十七元素之排列法。自銅起又成一新平列。於第五行後及第七行後，又各有三元素極相似者，故各排成一類，而完全之排列，如表所示。

337. 元素之性質與原子量之關係。

元素之性質與其原子量有密切之關係，觀週期律表昭昭明矣。觀第一平列中之諸元素，氦爲一種不活動之元素。其下爲鋰，係金屬元素，其原子價爲一，而有激烈的成鹽基之性。其次爲鎂，其原子價爲二，而成鹽基之性則較弱。硼則兼有成鹽基及成酸之性質。至碳則不見有成鹽基之性質，而成酸之性質較硼爲著。由此自氮而氧，以至於氟，則成酸之性質依次遞增，氟則爲成酸元素之最烈者。此八元素之性質，隨其原子量而爲有規則之遞變，以數學名詞表之，則其性質爲爲原子量之連續函數①

338. 週期律。

若氦確爲元素中原子量最小，氟爲最大，則由氦至

① Continuous functions

氫可包括一切元素，而吾人可謂元素之性質為其原子量之連續函數。但氫為原子量較小之元素，居其次之氦即破壞正規之次序，因一切氦之特性又見於氦也。氦後為鈉，其與鋰之關係正猶氦之於氫，而第二平列中元素性質之改變亦猶第一平列之元素，直至於氫則又另起一列矣。故元素之性質不隨其原子量而連續改變。但於一定間隔起一重復，即另起一週期是也。此種要律，謂之週期律，可述之如下：凡元素之性質，為其原子量之週期函數。

339. 每一類復分二族。

每類元素(零類除外)天然分為二族。奇數平列(謂之週期)中之元素成一族，偶數(週期中之元素)又成另一族。表中各類皆以 A, B 表族。同族元素比同類中之異族者其相似之點更多。例如鎂、鋅、鎳、及銻等，在第二類中成一族，彼此極相似，而銻、鈣、鋇、鋇、及鐳等，則另成一族。

340. 同族之相似點。

茲同族元素之相似點，略述之於下。

1. 原子價。大概同族元素原子價均同，故其化合物之式亦均相似。氯化鈉之式，若確知其為 NaCl，即

可斷定氯化鉀之式爲 KCl ，而不爲 KCl_2 或 KCl_3 。公式 R_2O, RO 等等，列於各直行之下者，即表示該直行中之元素若與氧化合，所成氧化物之式。同樣 RH, RH_2 等等，即表示該直行中之元素與氫或與氯所成化合物之組成。

2. 化學行爲。同族元素其化學行爲頗相似。族中若有一元素爲金屬，則餘者大概亦爲金屬；若有一元素爲非金屬，則其餘大概亦均爲非金屬。表中第一類及第二類中各族元素之爲金屬，而第六類及第七類中元素均能成酸。且每族中元素之性質，均有一定遞變之次序。若一族中之第一元素爲成酸極強之元素，則此成酸之性質因原子量之增加而遞減。例如磷爲成酸極強之元素，砷次之，銻又次之，至鉍則幾無成酸之性質矣。因有此種一定遞變之次序，故以化學行爲言，凡原子量大而列於各族行底之元素幾均爲金屬矣。此種證據甚多，可常見之。

3. 物理性。同樣，同族元素之物理性，亦有一定遞變之次序。例如鎂族元素之密度，爲

$$\text{鎂} = 1.75, \quad \text{鋅} = 7.00, \quad \text{鎳} = 8.67, \quad \text{銻} = 13.6$$

其融點爲

$$\text{鎂} = 651^\circ, \quad \text{鋅} = 419.4^\circ, \quad \text{鎳} = 320.9^\circ, \quad \text{銻} = -38.9^\circ$$

341. 週期律之價值.

化學之發達受週期律之賜者甚多.

1. 使研究簡易. 同族元素之各種性質均有一定遞變之次序,且又彼此相似,自然令化學變為簡單之科學.故每族若取一元素,細加研究,則該族中其他元素自易研究.蓋有許多性質相同,又有許多反應相似故也.例如已詳細研究硫之性質,則硒及碲自無庸如硫之詳究,因其多數性質可由其與硫之關係精確推得之故也.

2. 預示新元表. 週期律初成時,其中有數空位,自係當時未知元素之位置.門德雷業夫由其表中之空位置,曾預言將來必有一元素發見以補此缺,而預行確定其性質.表成後十五年中,共發見鎂,銻,及銣三元素,而其性質與門德雷業夫所預言者極合符節.銣之性質與門德雷業夫之所預言者,比較之如下表:

| 銣之性質 | 預言者 | 查悉者 |
|------------|----------|-----------|
| 原子量..... | 約 69 | 70.1 |
| 融點..... | 低 | 30° |
| 比重..... | 5.9 | 5.95 |
| 氧化物之式..... | R_2O_3 | Ga_2O_3 |
| 空氣之作用..... | 無作用 | 雖經赤熱作用亦甚微 |

照週期律表仍有許多未發見之元素，現尚極力求之。錳族中當有一元素，其原子量近於 100，又應有一元素，其原子量約為 187。末列中亦有二空位。

3. 指示錯誤。許多元素其初所定物理性之恆數，與週期律所需要者不同，然經細考始知其為錯誤。故週期律指示容有之錯誤，其功不訖。

342. 週期表之不完全。

週期表中仍有許多應視為不完全之點。其最著者為氫於表中無位置。有數類中之元素雖屬於該類中之一族內，然按其性質則不應在該族內，而應在他族也。例如鈉應與鋰同族，而不與銅同族；氫應與氟同族而不應與錳同族是也。有三元素須改其類，方能合宜。照原子量，碲應在碘後，氫應在鉀後，而鎳應在鈷後。然按其性質則又不能不逆其次序。又有數種元素其性質極相似，而列表時須拆開者。如鐵，鉻，及錳雖有許多性質相似，然均在不同之類內。

故週期律僅能表示元素間之重要基本關係之一部分，不能謂之完全，而此種關係之本質究竟如何，亦未完全明示。近年由鐳及其相似元素（第四十二章）之研究，乃稍明此種關係之真相，然欲窮其詳，則太費時，故

茲不及。

練習問題

1. 設有一元素發見，正補第零類中第四週期之缺，問其性質當如何？
2. 設有一元素發見，正補第六類第八週期B族之缺，問其性質當如何？
3. 硫與氧同屬第六類，然其族不同；二者有何相似之點？
4. 參考百科全書，試述門德雷業夫一生之著名事蹟。
5. 自然界中何種作用為週期作用？試舉一二。
6. 有何機械的方法以釋週期函數否？

第二十二章

氯族

| 名稱 | 原子量 | 融點 | 沸點 | 顏色及狀態 |
|-------|--------|---------|--------|-------|
| 氟(F) | 19.00 | -223° | -187° | 淡黃色氣體 |
| 氯(Cl) | 35.46 | -101.5° | -33.6° | 綠黃色氣體 |
| 溴(Br) | 79.92 | -7.3° | 63° | 紅色液體 |
| 碘(I) | 126.92 | 113.5° | 184.4° | 紫黑色固體 |

註：氯亦與氯化氫及鹽酸，曾在第十四章述之，研究氯族全體時須再查閱該章。

.343. 氯族.

上表所列之四元素，成一極顯著之族為週期類中同族元素相似之最著者，而各元素間性質之差異亦極明顯。

1. 所在。此族元素天然間無遊離而產出者，族中末後三元素之化合物海水中甚多，故有時稱此族為造鹽素^①，意即“謂海鹽之產生者也。”

2. 性質。參看上表，則知此族元素之融點及沸

① Halogens

點，與其原子量一同遞增。觀其顏色及狀態，亦有同樣之遞變。其與氫及金屬之愛力，正與原子量相反，氟之愛力最強而碘最弱。唯氯與碘成氧化物，而氟之氧化物極不穩固。

3. 與氫之化合物。氫與此族各元素化合成下列之重要氫化物：

氟化氫(H_2F_2):無色液體，沸點 19.4° 。

氯化氫(HCl):無色氣體，於 -83.1° 液化。

溴化氫(HBr):無色氣體，於 -73° 液化。

碘化氫(HI):無色氣體，於 -34.1° 液化。

此等氫化物若完全無水時則不活潑，既無酸性亦無鹽基性。然溶於水，則成酸性液。

① 氟

344. 所在。

天然間之氟多在螢石(CaF_2)，冰晶石(Na_3AlF_6)，及一種複雜礦物氟磷灰石($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$)中。氟之化合物亦有些微存於其他許多礦物，海水，骨骼，及牙齒之琺瑯質中。

345. 製備。

氟之化合物知之已久，而分離氟素使成遊離態之

種種方法均經試過，都歸失敗，直至1886年，法之化學家謨瓦散^①(圖103)，始告成功，製得純粹之氟。其製備之法，則

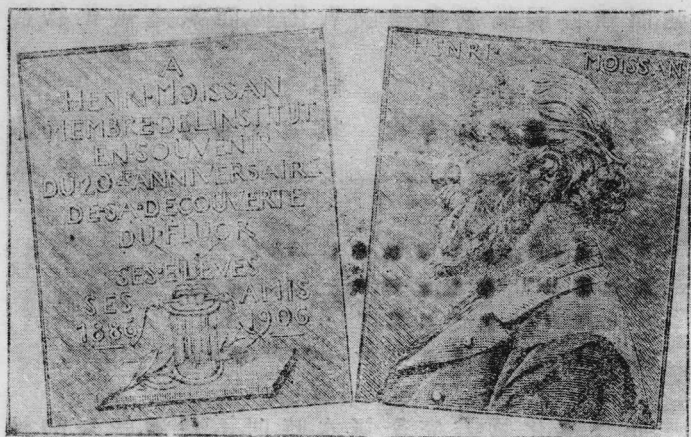


圖 103. 1906 年，氟分離後二十週年紀念節，謨瓦散之友及其僚屬，於其巴黎之實驗室中豎此碑版像片。

藉氟化氫之電解，先以氟化氫鉀(KHF_2)少許溶於氟化氫中，使該溶液成電解質。將該溶液置於一鉑(或銅)製之U形管中(圖104)，管中設有電極及出管以備分出之氟及氫逃逸。氟在陽極放出而氫在陰極放出。因氟化氫之沸點為 194° 故此反

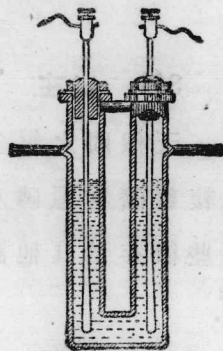


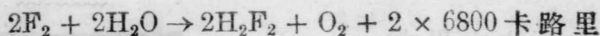
圖 104. 金屬U形管，以之製氟。

① Moissan

應應於低溫舉行，而防該溶體之蒸發。

346. 性質及化學行爲。

氟爲一種氣體，微黃色，比空氣重1.3倍，可製成黃色液體，此液體在 -187° 則沸，而在 -223° 則凝固。由化學行爲言之，氟爲一切元素中之最活潑者。大概元素與氟接觸，即化合而放熱放光。其與氫化合則爆炸極猛，且易由氫化合物中奪氫。例如水被分解，則放熱而成氟化氫及氧氣：



氟能將氟族其餘元素，由其與氫及金屬之化合物中分出。然氟不與氧化合，且僅表面上與金、鉑及銅起作用。

347. 氟化氫(H_2F_2)^①

氟化氫可加濃硫酸於螢石，而易得之。其反應方程式如下：



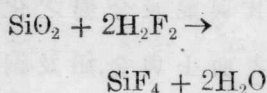
其式常書作 H_2F_2 ，然若擇適宜之溫度而使起反應，則該化合物可得種種形式，如式 HF ， H_2F_2 ， H_3F_3 等所表者。氟化氫之性質，與同族中其他元素之氫化物相似，唯氟較易凝成液體耳。其沸點爲 19.4° ，故可於常壓之下液

① Hydrogen fluoride

化。不論水之多寡，氟化氫均能溶於其中成氟氫酸^①。其烟極有害於呼吸器官，曾有數化學家因偶吸之而喪其生命。

348. 氟氫酸。

氟氫酸亦如其他酸類，易與鹽基及金屬氧化物作用成相當之氟化物^②。其與有機物質作用非常猛烈，以其濃酸一滴滴之皮膚上則起泡極痛，久治始瘳。其特性乃其與二氧化矽(SiO₂)之作用，與之成水及四氟化矽^③之氣體(SiF₄)如下之方程式：



玻璃成自矽之化合物，此亦受氟氫酸之作用，故不能以玻璃瓶貯氟氫酸也。保存氟氫酸用一種蠟製之瓶，此種蠟由石油製出謂之封蠟^④(第105圖)。普通商用之氟氫酸約含氟化氫50%。



圖 105. 以封蠟製成之瓶，以盛氟氫酸。

349. 腐刻法。

氟氫酸對於矽化物之作用，可利用之以刻畫玻璃。法將

① Hydrofluoric acid ② Fluorides ③ Silicon tetrafluoride ④ Ceresin

玻璃先塗一層爲氧氫酸所不能侵之物，惟要刻畫之處不塗此物，而後以蠟石與硫酸之混合物塗上，過幾分鐘後洗淨，則凡氫酸與玻璃接觸之處，即起作用，毀壞其光澤使成半透明，故所欲繪之畫均現於玻璃上。乳色燈罩常以此法製之，然用沙流^①製者更多。

玻璃上塗以石蠟^②（一種碳氫化合物）一薄層，刻畫於其上，燻以氫化氫之烟霧，則其形亦能如上出現。

溴

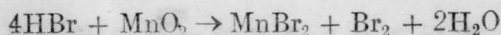
350. 歷史及所在。

溴爲1826年，法國化學家巴拉德^③氏所發見，由海鹽中分出。其產出者幾全爲溴化鈉(NaBr)及溴化鎂(MgBr₂)，此等化合物發見於許多泉水及鹽礦中。德國之斯塔斯佛特^④礦藏及密執安^⑤與俄亥俄^⑥之鹽水尤富有溴化合物。

351. 溴之製法。

實驗室中及市上製溴之法如下：

1. 實驗室法。猶氯以鹽酸與二氧化錳作用而分出(168頁)，溴亦可用同樣之反應而分出，不過用溴氫酸以代鹽酸耳：

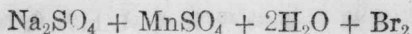
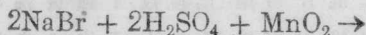


因溴氫酸不穩固，故於此反應用溴化鈉與硫酸之

① Sand blast ② Paraffin ③ Ballard ④ Stassfurt ⑤ Michigan

⑥ Ohio

混合物使之發生更爲方便。其完全反應之方程式如下：



置材料於曲頸甌 A 中如圖 106 所示。甌之末端適在 B 瓶中之水面上，此瓶半浸於冰水內。將甌中之試料加熱，則溴即蒸餾而出，集之於冷受器中。

2. 市上製法。

北美合衆國商場上由鹽水取溴，即以電解法分溴。此反應中氯亦攙雜分出，惟即與水中之溴化物起反應耳；例如

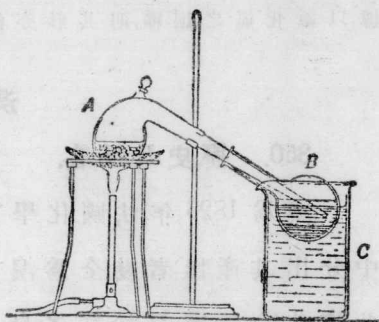


圖 106. 實驗室中裝溴之製置。



352. 性質。

溴係暗紅色液體，密度爲 3.102。其蒸氣有難聞之臭，對於眼及咽喉極有刺激性。其液體沸點爲 63°，至 -7.3° 則凝固，雖在常溫亦有高蒸氣壓，成紅褐色之氣體，外觀頗與二氧化氮相似。100 體積之水於 20° 能溶溴約一體積，成紅色溶液謂之溴水。更易溶於二硫化碳中。

353. 化學行爲及用途.

溴之化學行爲與氯極相似,但較不活潑耳.凡與氯化合之元素,多數亦能直接與溴化合,惟愛力較少耳.溴能與氫化合,且能由其化合物中抽取之.其漂白作用比氯稍遜,自在意料之中.其於水中之溶液常用作氧化劑

溴之主要用途,爲製溴化物,此在照相術及藥劑上之用途極廣.溴亦用於製造許多有機藥材及染料.

354. 溴化氫(HBr)^①

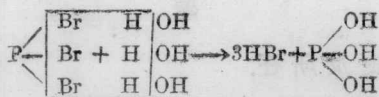
硫酸作用於溴化物,則溴化氫即分出:



同時亦有溴分離,可由發出之紅煙及臭而知之.此因溴化氫比氯化氫極不穩固,故更易受氧化.濃硫酸係良氧化劑(頁),能氧化一部分之溴化氫而使溴分離:



純潔之溴化氫,最好以水與三溴化磷之作用製之,於此反應成溴化氫及磷酸(P(OH)₃或H₃PO₃).以構造程式表之則其反應更爲明顯:



製備溴化氫之手續如下:置紅磷於A瓶中,蓋以充分之

① Hydrogen bromide ② Phosphorus tribromide.

水(圖107),而置溴於滴液漏斗B中,即以活栓調節使其逐滴流入瓶中,則反應自起,無需加熱,磷與溴化合成 PBr_3 ,此再與水反應如上方程式所示。U管C含有玻璃珠,用水濕過并用紅磷擦過,凡瓶中若有溴未作用而逸去者,則與U管中之磷化合,溴化氫以空氣換置法集之於D器中,至其水溶液,則可照氯化氫之法製之(圖78)。

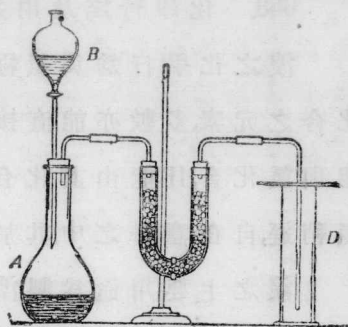


圖 107. 溴化氫之製法。

355. 性質及化學行爲。

溴化氫之性質與氯化氫極相似,係無色之氣體,極易溶於水,一體積水於標準溫壓能溶化 612 體積之溴化氫,其與氯化氫不同之要點,為更易氧化一節耳。即空氣中之氧亦漸與之起作用,而成水放溴。

溴化氫之水溶液名為溴氫酸^①,此酸性質,與鹽酸相似惟較不隱固耳,與金屬金屬氧化物及其氫氧化物作用,成溴化物。

②
碘

356. 歷史及所在。

碘存於海水中,惟其量較少耳。有種海藻由水中吸

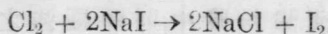
① Hydrobromic acid ② Iodine

取碘素，碘以此濃集於其體中。1812年法之化學家庫耳他^①氏，首從水藻燒成之灰中發見碘素。碘有存於海綿，牡蠣，及魚類中，但其主要之來源乃智利硝石礦藏(硝酸鈉)人體之楯狀腺中有少量之碘，頗可注意。

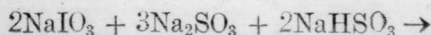
357. 製備.

碘之製法甚多，茲舉其主要者於下：

1. 實驗室法. 實驗室中製碘，即由碘化物製之甚易，法與製溴(圖106)同，惟以碘化鈉代溴化鈉耳。將氯通入碘化物之溶液中亦可以製之：



2. 市上法. 從前碘全由海藻之灰製取，現今仍有少量從此製取，然大部分則仰給於粗智利硝石。碘在此礦中，成碘酸鈉(NaIO_3)，以鈉之亞硫酸鹽作用之則分出：



358. 性質.

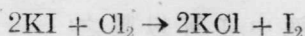
碘為紫黑色發亮之固體，昇華時結晶成光亮之片。其密度為4.95，融點為113.5°，沸點為184.4°，有極強惱人之

① Courtois

臭，然不如氯及溴之甚。常溫亦放美麗紫茄色之蒸氣，熱之更多。略溶於水，3750份之水於15°，可溶一份之碘。極溶於碘化鉀或碘化氫之溶液中，成黝櫻色之溶液。亦溶於二氧化碳，成紫茄色溶液。

359. 化學行爲及用途.

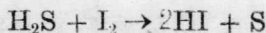
碘之化學行爲與氯及溴甚相似，惟比溴更不活潑。氯及溴二者均能由其鹽類中取代之：



加些微之碘於薄澱粉漿中，則顯極強之藍色，此反應爲試碘之妙法。碘溶於酒精中溶液，稱爲碘酒^①，藥上用之甚廣。碘之巨量又用於製造碘化物，染料及有機藥材。黃碘^②爲一種普通防腐劑，其式爲CHI₃（三碘甲烷）。

360. 碘化氫^③

此化合物比溴化氫更不穩固；故不能藉硫酸與碘化物之作用以製之（283頁）。其製法與製溴化氫相似；即以三碘化磷作用於水也。以碘細粉懸於水中，通以硫氫酸，即成碘化氫之水溶液：

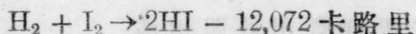


① Tincture of iodine ② Iodoform ③ Hydrogen iodide

碘化氫一經變成即溶於水，而硫沉澱可濾去之。

361. 碘化氫之性質。

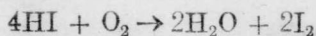
碘化氫之性質與氯化氫及溴化氫相似，為發煙極強之無色氣體。其重為空氣之 4.37 倍。於 10° 水一體積約溶碘化氫 450 體積。因其易分為成分之元素，其作用與新生氫有許多相似之處，即為極強之還原劑。因其為吸熱 (endothermic) 化合物也。以方程式表之如下：



碘化氫之水溶液有強酸性，稱為碘氫酸。^①

362. 碘氫酸之化學行為。

碘氫酸與鹽酸及溴氫酸不同之處，要在易於氧化。其新製之溶液無色，然立變為櫻色，因受空氣中養氣之作用而碘分離也：



因此作用陸續不停，故碘成晶狀而析出。故碘氫酸及碘化氫為強還原劑。

碘氫酸與許多金屬，及其氧化物與氫氧化物起反應，成各該鹽類。

① Hydriodic acid

363. 氟氫酸,鹽酸,溴氫酸,及碘氫酸之鹽:氟化物,氯
化物,溴化物,碘化物.

此等鹽類中,有許多爲稔知之化合物有重要之用途.可用平常製鹽之法製之;即使其酸直接與金屬或金屬氧化物或氫氧化物作用最緊要之氟化物乃著名之氟化鈣(CaF_2),即螢石^①,氯化物,溴化物,及碘化物性質上均極相似.除銀,鉛及亞銻等鹽類外,餘均溶化於水.氯化鈉爲氯化物之最重要者.溴化鉀及碘化鉀均爲藥用,而溴化銀及碘化銀,則廣用於照相術.

造鹽素族之氧之化合物

造鹽族元素與氧之愛力甚微,僅氯及碘成氧化物耳.已知之含氧酸,亦有數種,然除少數外均不穩固,僅可以稀溶液而存在,其酸及鹽均易放氧.故爲良氧化劑,其主用途亦即在此.

364. 氧化物

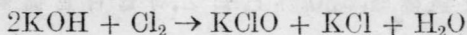
氯成三種氧化物,即 Cl_2O , Cl_2O_7 ,及 ClO_2 難於製備且極不穩固.碘成二種氧化物,其式爲 I_2O_4 及 I_2O_5 .後者名五氧化二碘^②,爲此類中最著名之氧化物.此係白色固體,頗穩固,然熱之則分解爲碘及氧.

① Fluorite ② Iodine pentoxide

365. 含氧酸^①

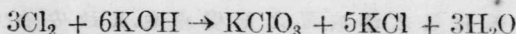
造鹽素族最重要之含氧酸如下：

1. 次氯酸(HClO)^② 此酸極不穩固，僅得其稀溶液。其鹽類名次氯酸鹽^③以氯通過金屬之氫氧化物之冷溶液中製之。例如次氯酸鉀(KClO)如下方程式變成：



此酸與其鹽均易放氧，故為良氧化劑。

2. 氯酸(HClO₃)^④ 此酸比次氯酸穩固，但尚未得其純者。其鹽類名氯酸鹽^⑤，以氯通入金屬之氫氧化物之熱溶液中得之。例如氯酸鉀可通氯於氫氧化鉀之熱濃溶液中甚易製得：



氯酸鹽為極良之氧化劑。氯酸鈉及氯酸鉀之主要用途，為製炸藥、煙火及氧。

用電解法製次氯酸鹽及氯酸鹽 前述氯化鉀或氯化鈉溶液電解之，則成氯及各該金屬之氫氧化物。此反應可調節之使氯不放出，與氫氧化物同留於溶液中，則照上列方程式與氫氧化物起反應，成次氯酸鹽或氯酸鹽。此法現通用以為此等鹽類之製造。若能妥擇電解之條件，則可任意製取次氯酸鹽或氯酸鹽。

3. 過氯酸(HClO₄)^⑥ 此酸雖可得其純者，然亦不

① The oxygen acids ② Hypochlorous acid ③ Hypochlorites

④ Chloric acid ⑤ Chlorates ⑥ Perchloric acid

穩固，爲無色液體，有時分解極其猛烈。過氯酸鉀係此鹽類之最著名者，爲白色固體，與氯之其他含氧酸之鹽同，乃極優之氧化劑。

次溴酸^①(HBrO)及溴酸^②(HBrO_3)，爲次氯酸及氯酸之類似物，亦可製其稀溶液。此等酸及其鹽，亦與氯之各該化合物相似。碘酸^③(HIO_3)及過碘酸^④(H_5IO_6)亦已知之。均爲白色固體。此等酸與其鹽均爲弱氧化劑。

練習問題

1. 液體氟化氫不通電流，試釋其故。
2. 由螢石分氟化氫何故用硫酸？
3. 氟化氫之式，書爲 H_2F_2 ，而氯化氫則書爲 HCl ，何故？
4. 謨瓦散除製氟外尙有何發明？
5. Cl_2O 爲何酸之縮水酸？
6. 碘化氫之溶液，置之則變櫻色，其故安在？
7. 溴之蒸氣與二氧化氮有何辨別？
8. 試書由碘、磷及水製碘化氫所起反應之方程式。
9. 碘氫酸與溴氫酸以其對於硫酸之作用而論，應屬何類之劑。
10. 試述氯族元素命名之由來。
11. 按穩固之次序，試舉氯屬二原酸之名及式。
12. 金屬溶於下列各酸中，所成者爲何質：硝酸；稀硫酸；濃硫酸；鹽酸；王水？
13. 如何區別氯化物，溴化物，及碘化物？
14. 氯族之諸元素有何相似之點？
15. 以氯化鈉製氯化氫，所得之氯化氫足使 1 呎水於標準溫壓時飽和，問需氯化鈉之重量若干？
16. 以螢石製商用氟氫酸 1 呎，問需螢石之重量若干？

① Hypobromous acid ② Bromic acid ③ Iodic acid ④ Periodic acid

- 17. 商用濃鹽酸之密度為 1.20, 而含有氯化氫 40%。欲製此酸 100 斤, 問需食鹽及硫酸重量各若干?
- 18. 欲製氯酸鉀 1 斤, 問需氯及氫氧化鉀重各若干? 且此法是否經濟?
- 19. 已讀過之漂白劑有幾種? 其各漂白作用, 因何而起?
- 20. 若 100 斤鹽酸分解, 將放氫及氯各若干斤?

第二十三章

分子量; 原子量

366. 緒言.

在首數章,有二問題保留尙未解決,因當時化學上所
所知有限,而解決此二問題,必須審知化學之事實及定
律多且廣也。

1. 分子量^①. 如第八章所示,倘吾人有原子量表,
且於可能範圍以內採取最簡單之式,則由一化合物詳
慎分析之結果,以推算其式,甚爲易事.依此法計算,則二
氧化二氫之式或爲HO,但其真正之式亦可爲 H_2O_2 或
 H_3O_3 .決其何者爲真,則須知該化合物之分子量.若分子
量近於17,則其簡單之式HO,爲其真正之式.若近於34,
則其真正之式爲 H_2O_2 .

2. 由化合量選定原子量. 於第七章知決定各
元素之化合量,固易事;但有許多元素其化合量不僅一
種,其一爲其他之倍數.例如由水之分析表示吾人若取
氫爲單位,則氧之化合量爲7.94,而由二氧化二氫之分

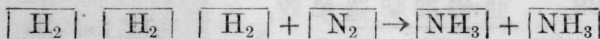
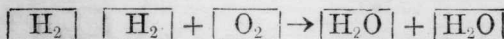
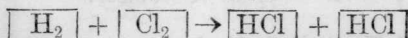
① Molecular weights

析，則示氧之化合量爲 15.88。故何者爲真正原子量，乃一問題。此兩問題之解決端緒，可於亞佛加特羅氏之臆說中求之

367. 給呂薩克氏體積之定律。

吾人研究亞佛加特羅氏臆說之先，須諳給呂薩克氏(圖 28)首先發明之定律，即體積之定律也。

前論氯化氫之組成時，曾述一體積氫與一體氯化，成二體積之氯化氫。氫與溴及碘之化合比例亦與此同。此種事實令人回想前論水蒸氣(80頁)及鹵精(217頁)之組成時所見之簡單體積關係。此等關係可用圖解表之如下，其矩形則代表等體積也：



前世紀初葉，給呂薩克氏研究許多氣體化合之體積關係，結論謂同樣關係恆能成立。其說可總括之如下，名爲體積之定律：二種氣體相化合則此二氣之體積必爲一極簡單之比例，且其生成物若爲氣體則原氣體中無論何者其體積與此生成物之體積，亦均有一簡單之

比例。簡單之比例云者，即比例數為極小整數之謂也，如 1:2，或 2:3 是也。

體積定律所表之關係，如此簡單，且出人意外，故吾人於此即可感覺此等關係，亦表等體積之氣體中所有之分子數間有極簡單比例也。在昔 1811 年，意大利之物理學家亞佛加特羅氏（圖 108）建議，謂若假定任何二等體積之氣體皆含有同數之分子，則此等比例不言可喻矣，此說謂之亞佛加特羅氏之學說，而此學說與亞氏以來一切關於氣體所研究而得者完全符合。

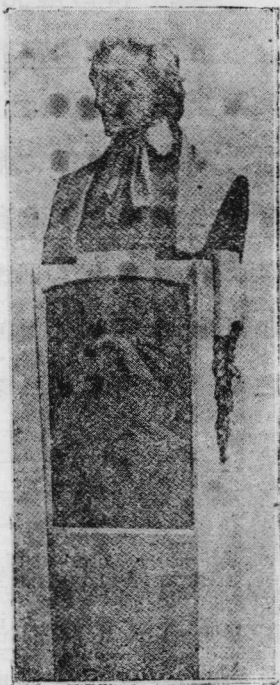


圖 108. 建立於意大利之吐林地方之亞佛加特羅氏紀念碑。

368. 亞佛加特羅學說，及分子量。

假定亞氏學說為真理，則吾人得一簡單方法以定各種分子之相對重量；因等體積之二種氣體若含相同之分子數，則二種分子之重比，應與

由彼等所成之二種體積之重比相同。

例如1呷碲精重為0.7708克，而1呷氯化氫之重為1.6398克。故若一呷中二種分子之數相同，則此等數值即表該二種分子相對重量。故若擇用一種氣體為標準，則可決定一切氣體分子對於此標準氣體之相對的重。例如選定碲精為標準(單位)，則氯化氫之分子比此標準重2.14倍。

369. 氧為標準。

無論選何種氣體為標準，或取任何體積以相比較均無差異，因其重量皆係相對的故也。但因分子均為原子所構成，故選為原子量之標準應與選為分子量之標準相符。氧以許多理由，最適於為原子量之標準，故亦選為分子量之標準。

370. 氧及氫分子之相對重量。

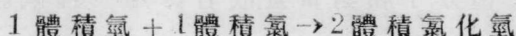
於第七章知8為可作氧之化合量，而不致使氫之化合量小於一之最小整數。

1呷氧重1.429克而1呷氫重0.08987克。令氧為8則此二重量之比為8:0.504或16:1.008，照亞氏學說，此等數必表該二種分子之重量。若能決定氧及氫之分子中有若干原子，即能決定氧原子之究以8或16為原子

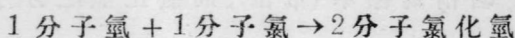
量之標準也。

371. 氧及氫之分子中有二原子。

已知氫與氯化合，其體積之比例如下方程式

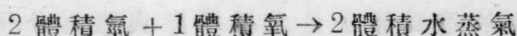


故照亞氏學說，

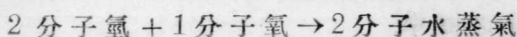


但氯化氫每分子至少應含 1 原子氫，因氯化氫之 2 分子由 1 分子氫變成，故氫之各分子至少應含 2 原子。

氫與氧化合成水蒸氣時，其體積之比例如下方程式



故照亞氏學說，



但水蒸氣之各分子至少含 1 原子氧，而因 2 分子水蒸氣由 1 分子氧變成，故氧之分子至少應含 2 原子。

因從未有能證明氧或氫之分子含二個以上之原子之事實，故定氫分子之式爲 H_2 ，氧分子之式爲 O_2 。

372. 氧原子,16; 氧分子,32.

因等體積(各一坩)之氧及氫之重之比爲 16:1.008, 故其分子之重之比亦同。又因該二種分子皆各含有二原

子,故該二種原子之重之比亦爲 $16 : 1.008$. 故吾人若欲使氫之原子量大於 1, 則氧之原子量應取 16 不應取 8. 因氧之分子含 2 原子, 故應取 32 爲氧之分子量.

373. 由 1 呎之重量定分子量.

於上已得方法以測一種分子比他種重若干, 且已定一標準分子(氧)之重量, 以爲其他一切分子之比較標準. 故茲欲測定分子量實爲易事. 例如 1 呎之氧重 1.429 克, 而 1 呎之氯化氫重 1.6398 克. 故該二種分子之重之比爲 $1.429 : 1.6398$. 求氯化氫分子與分子量爲 32 之比較量, 則解下比例式可矣: $1.429 : 1.6398 = 32 : x$. 故氯化氫之重量(x)爲 36.7.

374. 克分子體積等於 22.4 呎.

已定 32 爲氧之標準, 則可求氧之克分子量(即 32 克)所佔之體積. 其體積必爲 $32 \div 1.429$, 即 22.4 呎. 若造一器適有此容量, 而以氧之氣體裝入, 則此器必將含氧之相當分子, 其重適爲其標準之 32 克.

茲若以他種氣體如氯化氫代氧, 則器中所存分子之數當同. 裝滿該器之氯化氫, 重當爲 36.45 克. 然因二者之分子數相同, 故 32 及 36.45 之值, 應表該二種分子之相對重量. 同樣, 無論何種氣體 22.4 呎 之重, 即爲一數以表

該氣體以氧分子爲標準之分子量也。此種關係說明如圖 109。故得下列之簡單規則：凡氣體之分子量，可測定其 22.4 升之克量以求之。 22.4 升之體積，謂之氣體之克分子體積。^①因多數氣體不能絕對遵從任何氣體定律，故一氣體 22.4 升之重，非其精確之分子量，不過爲其極近似之值而已。

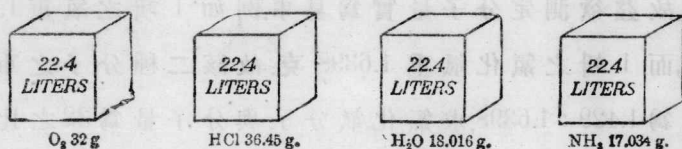


圖 109. 各種氣體 22.4 升之重量。

375. 測定分子量之別法。

須知亞佛加特羅學說，乃示一法以測定二種氣體分子之相對重量，因此說能令吾人知二種等體積氣體其分子數相等也。若有他種便利之法亦能解說此理，則亦即可以其法測定二物質之分子量矣。

376. 拉烏爾氏之定律。^②

有二定律已經發表，亦能解說以上之理。此律謂之拉烏爾氏之定律，可述之如下：

① Gram-molecular volume ② Raoult's laws

1. 若用數物質，而其重量與其分子量成比例者，各溶解於一種等量之溶劑內，則該溶劑沸點之升高度數均同。

2. 若用數物質，而其重量與其分子量成比例者，各溶解於一種等量之溶劑內，則該溶劑凝固點之降低度數亦均相同。

此律可以決定二種溶液中所溶化之各物質之分子數何時相同，因此亦能定二物質之相對的分子量。

377. 元素之分子量。

測定各種元素的氣體 22.4 呎之重量時，得頗有趣之結論。由實驗知許多元素氣體，如氮，氫，氧，及溴等之分子量，其值為原子量之二倍，故其分子含二原子也(93頁)。至於金屬就其蒸氣而研究之，知其分子量與原子量相同，故其分子含單一之原子。臭氧之分子含有三原子氧，故其式為 O_3 ，而磷及砷之分子含有四原子，故其式為 P_4 及 As_4 。

378. 由化合量選定原子量。

各種元素之化合量之若干倍數，應為精確之原子量？此係本章擬解決之第二問題，而茲可容易決定者也。解決方法舉例說明最易了解；例如假使求得氮之化合

量為 7.005, 而欲決定此值或其簡單倍數 14.01 或 21.015 之中何者為其原子量。

先定已知許多含氮之氣體化合物 22.4 呎之重, 將此等值列於表中第一行。

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

次將此等化合物一一詳慎分析之, 以確定其所含氮之百分率, 而將所得之值寫於第二行。以氮百分率乘各化合物之分子量, 其積即為一分子量中之氮量。然因分子為原子所構成, 故分子量中之氮量, 應表其所存氮原子量之和。表中末行之數極近 14 或 14 之 2 倍, 而無近於 7 者。查驗多數氮化合物則當查出其中有僅含一原子者, 而因氮化合物分子量中氮量之值無小於 14, 故氮之原子量定為 14, 而非 7 或 21 或 28 也。

379. 原子量之精確測定。

氣體一定體積之重, 極難精測, 因此氣體之分子量

由實驗測定者每有極顯著之誤差，故含氮之各種氣體 22.4 升中之氮量亦不甚確，觀表中未行之值便知。此等數目不過指明氮之真確原子量極近 14 而已。惟化合物可分析此等化合物之任何者而精確測定之，其值查係 7.005，故精密之原子量應為此數之二倍，即 14.01 也。

380. 總結。

總上所論者觀之，可知欲定元素之原子量應經以下數層之手續。

1. 以分析確定其化合物。
2. 取該元素之多數氣體化合物，定其 22.4 升之重，並以分析定其分子量中該元素之量，所得最小之數，乃該原子之量近似數。
3. 以整數(1, 2, 或 3)乘化合物量，使所得之數與前所得之近似原子量相近，則即精確之原子量。

381. 方程式及氣體之體積。

若一方程式表氣體分子之反應，則可用亞佛加特羅氏學說，預測反應必致之體積變化。例如方程式

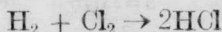


表 1 克分子量之氫與 1 克分子量之氯化合成 2 克分子量之氯化氫也。然此等物體質均為氣體，而氣體之 1

克分子量,均占等體積:即 22.4 呎故 1 體積之氫與 1 體積之氯化合,成 2 體積之氯化氫,而不因其反應而起體積之變化(除因發熱所致者外)也。故分子之係數,表示氣體反應之體積之比例。

382. 氣體一呎之重.

由上知氣體 1 克分子量占 22.4 呎之體積。若知氣體之分子量,即可算出其一呎之重。例如乙炔^①(C_2H_2)之分子量為 26.016。其意即謂其 26.016 克占 22.4 呎也。故一呎之重為 $26.016 \div 22.4 = 1.1614$ 克。凡求氣體一呎之重,以 22.4 除其分子量即得。所得之數極近實用之實驗值。

練習問題

1. 試由下列已知數求硫之原子量,分析二氧化硫所得之化合量為 8.015。氣體一呎之重及許多含硫化合物之組成如下:

| 名稱 | 1 呎之重 | 組成百分率 | |
|--------------------|----------|---------|-----------------------|
| 硫化二氫 | 1.5392 克 | S=94.11 | H= 5.89 |
| 二氧化硫 | 2.9266 克 | S=50.05 | O=49.95 |
| 三氧化硫 | 3.571 克 | S=40.05 | O=59.95 |
| 氯化硫 | 6.027 克 | S=47.48 | Cl=52.52 |
| 氯化硫基質 ^② | 6.030 克 | S=23.75 | Cl=52.53 O=23.70 |
| 二硫化碳 | 3.3928 克 | S=84.24 | C=15.76 |

2. 試由下列各化合物之百分率組成,而求其式:

① Acetylene ② Sulphuryl chloride

分子量

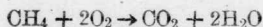
| | | | | |
|-----|-----------|----------|----------|-------|
| (1) | S=39.07% | O=58.49% | H= 2.44% | 81.0 |
| (2) | Ca=29.40% | S=23.56% | O=47.04% | 136.2 |
| (3) | K=38.67% | N=13.88% | O=47.55% | 101.2 |

3. 硝精之分子量為 17.06; 二氧化硫為 64.06; 氯為 70.9.

試由分子量求各氣體一呎之重, 併將所得結果與附錄之表比較之。

4. 試由氯化氫及氫氣體一呎之重量, 求各一分子之比較重量。

5. 天然氣體大部成自沼氣(CH_4), 以方程式表其燃燒時反應如下:



問燒天然氣體 100 立方呎須耗氧若干體積? 又成二氧化碳若干體積?

6. 於第 5 題, 寫 2O_2 而不寫 40, 何故?

7. 試由下列已知數, 求三氯甲烷(迷蒙精)^①之分子量: 於一實驗以該液體 0.2 克發生 42.4 立呎氣體, 於 20° 及 740 耗, 集之於水上。

8. 由分析測定迷蒙精之百分率組成如下: Cl = 89.11%; C = 10.05%; H = 0.84%. 以此等數目及第七題所得之分子量, 求迷蒙精之式。

9. 試不用分子量而解第二十二章之第 20 題, 將得數互相比較之。

10. 將硝精於養氣之氣流中灼熱之, 則燃燒成水而放出淡氣。問燒去之硝精之體積及燃燒所須養氣之體積間有何關係? 又燒去之硝精之體積及燃燒中所放之體積間有何關係?

11. 試將硫化二氫之體積, 與其完全燃燒所須之氧之體積比較之。

① Chloroform

第二十四章

一 氧化 碳; 炭 酸; 碳 氫 化 物

383. 緒 言.

前述碳之所在一節(121頁),曾言其廣布於天然界間,其化合物之數甚鉅.碳化合物之已經紀述者,其數超過200,000,而許多新發見者,仍陸續加入不已.碳化合物之數,既如此之鉅,且有特性可使其與他元素之化合物區別,故宜彙為一類,歸諸有機化學,而其研究宜待化學總論終結後為之.然化學總論亦應包含若干較普通之碳化合物.

碳之氧化物及炭酸

碳成三種氧化物;即一氧化碳(CO)^①,二氧化碳(CO₂)^②,
二氧化三碳(C₃O₂)^③是也.均為無色之氣體.然二氧化三
碳幾無所知,茲不具述.而二氧化碳則已與碳連述之矣
(128頁).

① Carbon monoxide

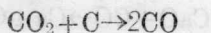
② Carbon dioxide

③ Carbon suboxide

384. 一氧化碳 (CO).

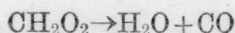
一氧化碳發生於火山噴出之氣體中，其製法頗多，最要者如下：

1. 令二氧化碳受部分的還原。二氧化碳通過於灼熱之碳上，則成一氧化碳：



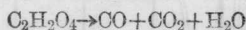
煤於火爐中燒時，若空氣自由供給，則先成二氧化碳，但此熱氣體上升經過燒紅之煤時，則受還原變成一氧化碳。逮此一氧化碳與煤上之空氣接觸，則與氧化合成二氧化碳，乃燃燒而現火爐煤層上常見之藍燄，硬煤尤然。

2. 令蟻酸分解。實驗室中，普通將蟻酸 (CH_2O_2) 或其鈉鹽與硫酸加熱以製一氧化碳：



硫酸與其所成之水相化合以助此反應。一氧化碳可於水上收取之，因僅微溶於水也。

草酸 ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) 可用以代蟻酸：

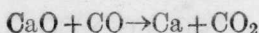


於此必須使此混合氣體通過氫氧化鈉之溶液中以除二氧化碳。

385. 性質。

一氧化碳係無色無臭之氣體，其重為空氣之 0.967

倍，極難液化於空氣中或養氣中燃之則生藍色燄而成二氧化碳。其與氯化合成一種氣體 COCl_2 ，名氯化碳基^①質。又直接與金屬如鎳及鐵化合。因其與氧有愛力，故為良還原劑。例如通過於燒熱之氧化銅上，則其氧被吸取如下方程式：



一氧化碳性極毒，因幾無臭味，故易受其毒，因爐管或煙囪之壅塞以致傷生者，已屢見不鮮。蓋通風不靈，空氣減小，致燒燃所成之主要氣體為一氧化碳，而非二氧化碳，且因無出路而逸入房中，有以致之。鳥類對於此氣之感覺極靈，頗為奇事。煤礦爆炸時，常有一氧化碳變成，救濟者常隨帶金絲雀入內，因雀之死，使救濟者得生命危險之警告故也。

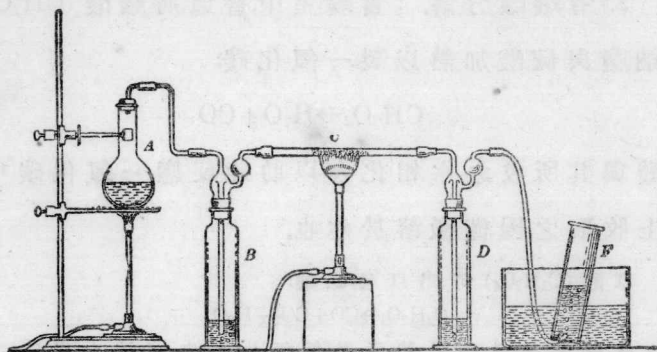


圖 110. 一氧化碳之還原力，以一氧化銅為熱一氧化碳所還原表之。

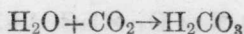
386. 一氧化碳之還原力。

① Phosgene 或 carbonyl chloride

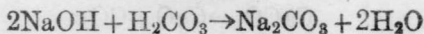
圖 110. 乃一氧化碳還原力之表示法。以蟻酸與硫酸之混合物置 A 瓶中，徐熱之則生一氧化碳。B 瓶盛有少許之水以洗該氣體。C 為硬玻璃管，中含一氧化銅，以本生燈熱之。黑色之一氧化銅受一氧化碳還原成紅色金屬之銅，而一氧化碳則變為二氧化碳。二氧化碳之成生，觀 D 之氫氧化鈣溶液中之沉澱便知。一氧化碳之未變者，均於 F 中水上收取之。若用草酸製此氧化物，則 B 瓶中應盛氫氧化鈉之溶液以除二氧化碳，此乃與一氧化碳同生者也。

387. 碳酸 (H₂CO₃).

二氧化碳與多數非金屬元素之氧化物相似，亦係縮水酸。與水化合成一種酸，其式為 H₂CO₃，謂之碳酸：

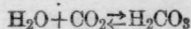


然此酸極不隱固，不能單獨分出。二氧化碳通入水中，實際祇成少許之碳酸，因其溶解度甚小故也。然水中若有鹽基，則成碳酸鹽，此碳酸鹽頗穩固：



388. 二氧化碳對於鹽基之作用。

此作用可以可逆反應之原理說明之。方程式：

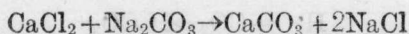


係可逆反應，其反應之進行，一視其中三化合物之相對的濃度而定。普通若有極少之 H₂CO₃ 變成，則平衡可達。若水中存有鹽基，則變成之 H₂CO₃ 立與鹽基化合，故全體之二氧化碳，均變為 H₂CO₃ 而後變為碳酸物。

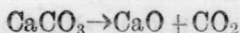
389. 炭酸鹽^①

炭酸鹽為鹽類之重要一門。石灰石、蠣殼、及大理石大部俱為炭酸鈣 (CaCO_3)，普通洗濯所用之蘇打為炭酸鈉 (Na_2CO_3)，而焙粉^②為酸式炭酸鈉 (NaHCO_3)。惟鈉、鉀、及銦之炭酸鹽能溶解，此三種均可由二氧化碳與其鹽基溶液之作用而製，前已論之矣。

溶解之鹽，加於溶解之炭酸鹽之溶液，如所成之炭酸鹽不能溶解，則成沉澱而下降。例如不溶解之炭酸鈣，可用氯化鈣及炭酸鈉之溶液製之如下：



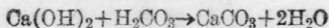
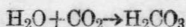
熱能令多數炭酸鹽分解，放出二氧化碳及金屬之氧化物。例如氧化鈣（石灰）乃以炭酸鈣（石灰石）加熱製之如下：



炭酸鹽易受酸之作用分離二氧化碳（128頁）。

390. 二氧化碳對於氫氧化鈣之作用。

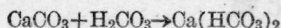
若二氧化碳通入氫氧化鈣之溶液（石灰水）中，則炭酸鈣首先沉澱而出（130頁）：



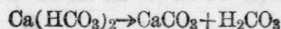
若得炭酸鈣後，再將二氧化碳通入水內，則沉澱復行溶解，因

① Carbonates ② Baking soda

碳酸多則成酸式碳酸鈣而可以溶解也。



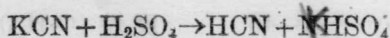
此溶液若加熱，則酸式碳酸鈣復分解而碳酸鈣又沉澱而出：



391. 腈 (C₂N₂) 及腈化氫 (HCN)。

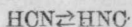
碳在高溫度時與氮化合成一無色極毒之氣體，曰腈 (C₂N₂)^①。與氫及氮化合成腈化氫 (HCN)^②。爲無色液體，沸點爲 26°。有一種奇特之臭與桃仁相似，無論吸其蒸氣或其液體入於內臟，均極有毒。其蒸氣常用以殺蟲。不論水分之多少均可溶於其中，以成溶液謂之腈氫酸^③。普通稱爲青酸^④。此爲極弱之酸。其鹽則稱之曰腈化物^⑤，亦與其酸相似均極有毒。腈化鈉 (NaCN) 及腈化鉀 (KCN) 爲白色固體。其溶液易溶黃金，故恆用以提取金礦石中之金。

因腈化氫極易揮發，故使硫酸與腈化物作用，則易分出 (237 頁)，此卽爲其普通之製法：



392. 腈化氫之構造式。

腈化氫有時反應似有 H-C≡N 之程式，然而有時起表示 H-N≡C 式之反應。此可以下之假定說明之，蓋吾人所謂腈化氫者，實係二種化合物之混合物，互相平衡如下方程式：



① Cyanogen ② Hydrogen cyanide ③ Hydrocyanic acid ④

Prussic acid ⑤ Cyanide

393. 碳氫化物.

碳與氫化合而成極多種之化合物。總稱之曰碳氫
化物。以種種比例混合，構成天然氣，氣油（格梭林），煤油
 （燈用石油），礦脂，及石蠟等；極有價值之物，且多數染料
 及許多極有力之炸藥，皆由此碳氫化物製之，其重要蓋
 可想見矣。

394. 碳氫化物之分類。

爲圖簡便研究起見，將其列爲數系。其最重要者爲
烷系及烯系。

1. 碳氫化物之烷系。 下表示舉烷系中幾種化

物之名稱，式，及沸點：

| 名稱及式 | 沸點 | 名稱及式 | 沸點 |
|--|------------|--|-----------|
| ② 甲烷 (CH ₄) |-160° | ⑬ 戊烷 (C ₅ H ₁₂) |+36° |
| ③ 乙烷 (C ₂ H ₆) |-930° | ⑭ 己烷 (C ₆ H ₁₄) |+69° |
| ④ 丙烷 (C ₃ H ₈) |-45° | ⑮ 庚烷 (C ₇ H ₁₆) |+98° |
| ⑤ 丁烷 (C ₄ H ₁₀) |+1° | 通式 (C _n H _{2n+2}) | |

系中各化合物與其前一物不同之處，差一原子團(CH₂)。

- ① Hydrocarbons ② Natural gas ③ Gasoline ④ Kerosene
 ⑤ Vaseline ⑥ Paraffin ⑦ Classes of hydrocarbons ⑧ Series ⑨
 Methane series ⑩ Benzene series ⑪ The methane series of hy-
 drocarbons ⑫ Methane ⑬ Ethane ⑭ Propane ⑮ Butane ⑯
 Pentane ⑰ Hexane ⑱ Heptane

而其沸點則漸增。此系中所有之化合物已知者至式 $C_{28}H_{58}$ 為止。其低級之化合物為氣體，中級為液體，而其高級為固體。均係可燃體。

烷系碳氫化物之大來源為石油，此乃由有種地方深地中鑿出之油也（圖 111）。此油之主要成分為液體碳氫化物，其中溶有氣體及固體之碳氫化物。

2. 碳氫化物之烷系^①。 烷系之最要者為烷（安息油）^② (C_6H_6) 及甲烷^③ (C_7H_8)。二者均為無色液體，前者之沸點為 80.2° 而後者之沸點為 110° 。烷系之碳氫化物從煤

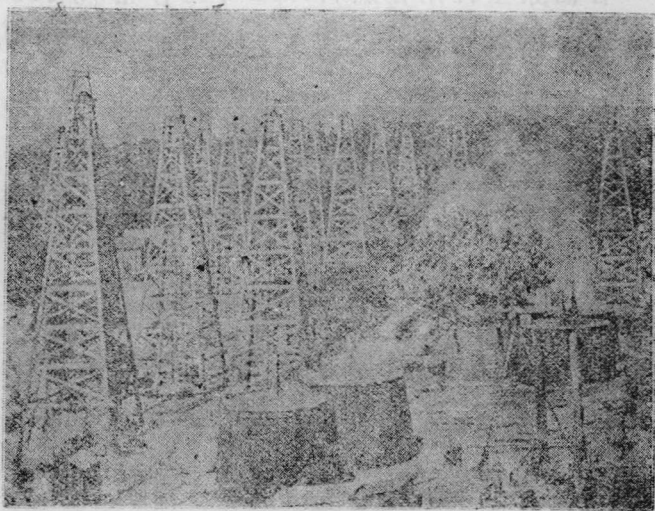


圖 111. 油田之真景，表示油井及儲油池。

焦油中取得，而煤焦油乃黑色堅厚之液體，於製焦炭及煤氣時得之，烴系碳氫化物為製造染料及炸藥之極重要原料。

395. 煤油之產出及精煉^②

合衆國之主要產油區域為加利福尼亞^③，俄克拉何馬^④，伊里諾斯^⑤，及得克薩斯^⑥。合衆國每年之產額約300,000,000桶^⑦，約佔全世界產額三分之二。油從井中吸上地面儲之大池中以種待精煉(圖111)。

石油除生料用作燃料外，餘均施行精煉，於此將其分為各種成分而精製之。精練之法，以生油灌入大鐵甕

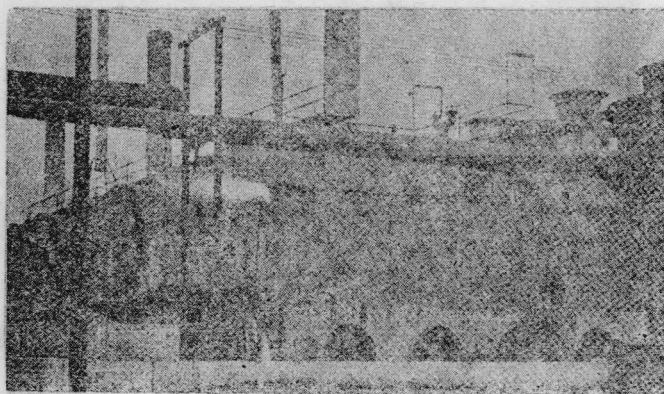


圖 112. 精煉煤油之甕。

① Coal tar ② Production and refining of petroleum ③ California
④ Oklahoma ⑤ Illinois ⑥ Texas ⑦ Barrel

中(圖 112)而後蒸餾之。此等蒸出物各於一定溫度之間蒸出,故可分別貯之,以應各種不同之用。例如約在 70° 至 150° 之間蒸出之液體,名揮發油^①,於 150° 至 300° 之間蒸出者為普通煤油^②,而於 300° 以上蒸出者,則為減摩油^③(或潤滑油)。在尋常溫度呈半固體之油,即為礦脂之成分。俟高沸點之油蒸出後將遺液冷之,則原溶於油中之固體成分析出。將此等固體濾出,乃成石蠟及油蠟^④等產物。

396. 石油精。

市上有多種不同之石油精,其沸點及密度均不同。沸點低者謂之氣油,用於氣油機關井用作燃料,其沸點高者用以製造油漆。本品^⑤(一稱擬烩)為高沸點之石油精,而因其為有機物質如脂肪及油之良溶劑,故為淨織物之用(乾潔法)^⑥。

從石油蒸餾所得之各種產物,普通先用硫酸洗之,次以氫氧化鈉最後以水洗之,此即其精煉之法。

由石油製得之產物如氣油及煤油,皆非成分固定之碳氫化物,乃於一定溫度間蒸沸之碳氫化物之混合物也。(烩及擬烩二物不可混誤:前者乃成分一定之碳氫化物 C_6H_6 ,大概皆由煤焦油中得之,而後者為沸點較低之碳氫化物之混合體,由石油中取得者。)

因本品之易燃,及其蒸氣與空氣之混合物有爆炸性,故用之常生意外之危險,家常用作淨織物時尤然。淨絲時須格

① Naphthas ② Ordinary kerosene ③ Lubricating oil ④

Ceresin ⑤ Benzine ⑥ Dry-cleaning

外留心，因摩擦之壓致發火故也。

397. 油之崩解^①

從前煤油爲石油最重要之產物，然現今以氣油價昂非煤油所可比擬，故極力設法增加氣油之產額。因此務在適當情形蒸餾石油，使成爲高沸點之液體之較重分子，分解成爲低沸點液體之簡單分子。此法謂之油之崩解^②，此法之要點乃使油蒸發而後於大壓之下，將該蒸氣熱之。於溫度 500° — 550° 之間及 12 大氣壓力之下結果最良。由一定之石油不但可盡量增加氣油之出產，且擇適當之溫度及壓力，又可使起反應化成主爲燐及甲烷之燐系碳氫化合物，則極可注意之事也。此法亦可用於製造燐及甲烷，因此二者爲製造染料及炸藥極有價值之化合物故也。

398. 甲烷(沼氣) (CH_4)^③

甲烷爲烷系中之第一碳氫化合物 (130 頁)。天然氣中含此氣約 90—95%。此氣因水下有機質之腐爛而成於池沼之中。將池底之死樹葉攪之每見氣泡上升，卽此氣也。沼氣亦聚於礦中，而與空氣混合者，礦夫謂之炕^④氣，因其能燃燒故也。有機物

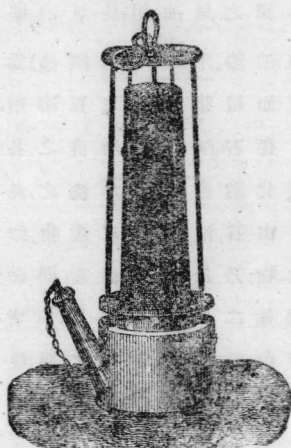
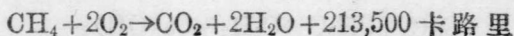


圖 113. 礦夫之安全燈。

① Cracking of oils ② Cracking ③ Methane (marsh gas) ④

質如煤或木之類置於密閉之器中熱之，亦成此氣，故為煤氣之主要成分。純粹沼氣，為無色無臭之氣體，有空氣一倍半之重。稍溶於水。灼熱之則燃燒現淺藍色之火燄：



399. 安全燈。

烷氣之燃度幸高，故其火燄可使冷卻以滅之。1815年德斐爵士(圖80)。基此原理發明礦夫用燈，以鐵絲網代平常籠燈之烟窗(圖113)。燈蕊部所發生爆炸之燄不能傳外，因鐵絲網吸熱使其冷卻，故燃燒至網即停，而爆炸僅限於燈之內部。其原理可用鐵絲網平置於本生燈燄上數寸之處以說明之(圖114)。氣體透上時，點火於網上則燄僅成於網上，不至過網透燈。

400. 甲烷之氫族誘導

體。

大概碳氫化物中之氫，可用造鹽族元素之一原子以換其一原子。有許多誘導體，均如此成自甲烷，而其最重要者如下：

三氯甲烷(迷蒙精)(CHCl_3)

為無色重液體，沸點 61° ，係外科術用之著名麻醉藥。四氯化碳(CCl_4)外觀與三氯甲烷相似。此為良溶劑，對脂肪質更良也。常用以去織物上之油斑，市上名之曰加達那。其優於本品之點在不易着火，但價更昂。三碘甲烷(CHI_3)為黃色結晶固體廣用於治傷之防腐劑。

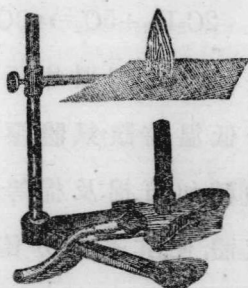


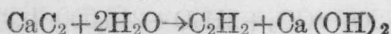
圖 114. 解明安全燈原理之實驗

① Safety lamp ② Chloroform ③ Carbon tetrachloride ④

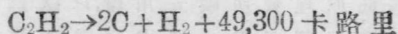
Carbona ⑤ Iodoform

401. 乙炔 (C₂H₂)^① (電石氣)。

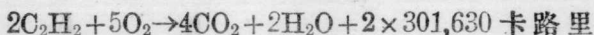
此碳氫化物係無色氣體，現今由水與二碳化鈣(CaC₂)作用以製之者甚多：



此氣體之純粹者，有微愉快之臭，普通之有惡臭，因含有濁質之故。此為發熱化合物，即分解時放熱：



乙炔與適量之空氣混合者，燃之發白光，其燄極熱，因其中之碳及氫之燃燒熱又加乙炔燃燒時之分解熱故也：



乙炔受壓力則爆炸極烈。然曾查悉此氣可以平穩壓之，即於低溫將該氣體壓入金屬製之圓筒中，此筒先以粗鬆物料如石棉及棉等混合物裝滿，且此混合物預以一種液體，使其一部分飽和（通常用丙酮^②，係木之破壞蒸餾所成之液體），此類液體吸收該氣體之體積甚大，故不爆炸，如此收儲之乙炔，現為市上之一常用物件。

402. 乙炔之用途。

電燈不能利用之處，常用乙炔發光，現在此氣之主要用途，為斷鋸金屬板及燒去氣油機關之汽缸中所淤

① Acetylene ② Acetone

積之碳。乙炔應此種用者，用一種器具名氧炔吹管①於純

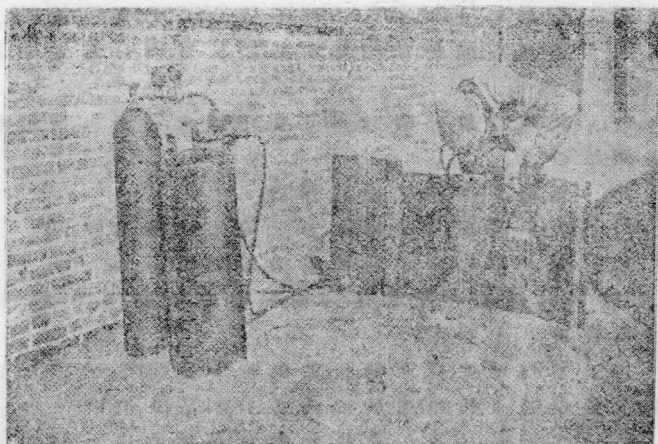


圖 115. 以氧炔吹管切鐵板。

氧中燃之氧炔吹管幾全與氫氧吹管同。以此法約可得 2700° 之高溫度。此種吹管，曾經查悉尤於拆脫鐵建築物時有用，因其燄端徐引過鐵板上，則相觸之處即被燒去（圖 115），致切鐵成碎片也。

練習問題

1. 試定一氧化碳及二氧化碳之百分率組成；沼氣與乙炔之百分率組成。
2. 二氧化碳通入水中，則成炭酸，如何證明之？此外與水化合之氣體已經讀過者為何？
3. 多數之酸何以均能分解炭酸鹽。
4. 二氧化碳通入氫氧化鉀之溶液中。成何化合物？試書其方程式。

① Oxyacetylene blowpipe

5. 試舉一碳酸鈣之製法。
6. 碳酸與亞硫酸有何相似之點?
7. 碳酸鈉 (Na_2CO_3) 與亞硫酸鈉 (Na_2SO_3) 有何區別?
8. 酸式碳酸鈣加熱時所起之反應, 何以爲完全之反應? 試述其理由。
9. 試驗二氧化碳, 能用氫氧化鈉之溶液以替氫氧化鈣之溶液否?
10. 氣油與煤油之區別如何?
11. 能以石棉之織物代安全燈上之鐵絲網否?
12. 製一氧化碳 10 呎, 問須蟻酸重量若干?
13. (a) 燃燒一氧化碳 10 呎, 問須養氣若干體積? (b) 問成二氧化碳若干體積?
14. 燃燒甲烷 10 呎, 問須養氣若干體積? 又燃燒乙炔 10 呎, 問須養氣若干體積? 又所成之二氧化碳各有若干體積?
15. 欲製備足使 10 克氧化銅還原爲銅之一氧化碳, 問須蟻酸重量若干?
16. 碳酸鈣 100 克加鹽酸, 問所成之碳酸, 須氫氧化鈉若干重量始能令之中和?
17. 假定炭化鈣每斤價值二角四分, 以之製乙炔 100 呎。此於 20° 及 740 耗時量定者, 問所須二碳化鈣之價值若干?
18. (a) 以乙炔 100 呎燃之, 能放若干卡路里之熱? (b) 問以此熱能使 20° 之水若干重量變爲 100° 之蒸汽?
19. 假設氣油爲純粹之庚烷, 今燃該液體一呎, 問須空氣若干體積? 問成二氧化碳若干體積?

第二十五章

燃料;火燄;電爐

403. 燃料^①

許多物質用作熱之本源,其最重要者為各種氣體燃料,與煤,木,及石油等.此等氣體燃料中有幾種其成分列於324頁表中,其中多數可充燈料并可為燃料.

404. 煤氣^②

軟煤或烟煤隔斷空氣熱之,則成可燃之氣體,數世紀前已知此事;如此取得之氣體,倫敦,巴黎百數年前已用作市街燈料.

405. 煤氣之製造.

煤氣之製造法,以圖解表之如圖116.將煤導入於密閉之甌A中,以在其下面之火熱之.用此類之甌多個平置數列,各備一出管.此管引入大管B(名水壓總管^③),此管與甌成直角.加熱則煤起複雜之變化,最後變成許多化合物.此等化合物由出管逸入水壓總管中.因蒸溜所生之大部分之固體及流體沈積於此,而形成濃原之粘質名煤魚油,煤魚油上集有

① Fuels ② Coal gas ③ Hydraulic main ④ Coal tar

含① 鹵精之液體謂之鹵精液。至於不純之煤氣，則由該總管而入一組之C管，被冷卻而更析出焦油。氣體復於除塵器C中經過鬆焦炭柱，其上有水噴下，於是氣體更冷卻，除去一部分能溶之氣體如硫化二氫及鹵精。此氣復於淨潔器E中經過石灰層或氧化鐵層，除去其餘之硫化物，由此進入極大之貯氣箱F以分配於各用戶。

甌中剩下大量之② 碳，即為焦炭及③ 甌炭。氣體，煤焦油及可溶物料之成生，則視許多要素如煤之組成，所用之溫度，及加熱之速率等而定。一噸良氣煤約生10,000立呎煤氣，1,400磅④ 焦炭，120磅煤焦油，及20加侖之鹵精液。

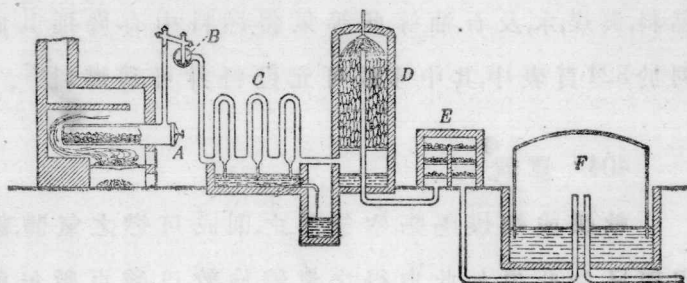


圖 116. 煤氣及其副產物製造廠之圖。

不僅製造煤氣時所得之鹵精至屬重要(217頁)，而煤焦油亦為許多極有用物質之本源；例如多數染料，與戰時所用之多數炸藥，均係從煤焦油製出之化合物所成者。此題後當再述。

406. 副產焦作爐。

由上可知焦炭為製造煤氣時所成。焦炭為極重要產物，須用之量甚鉅，如從礦石提鐵等金屬時，尤不可缺。煤氣製造所得之焦炭量，不足以應此需要。不足之額大部分用焦作爐

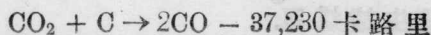
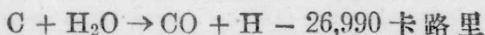
① Ammoniacal liquor ② Coke ③ Retort carbon ④ Gas coal

製之，爐形如蜂窩，故謂之蜂窩爐^①。其焦作之法如下：爐中裝煤幾滿，且將煤燃之，俟燒着後，即停止通風，則一部分之煤燃燒所生之熱，足以使其餘之煤成焦。惟於此法煤焦油，煤氣，及礆精等，俱從爐頂逸散，而礆精及由煤焦油所成之產物需要日增，故將焦作爐改造，令其可以保存製造時所成之煤焦油及礆精等。此種爐謂之副產焦作爐^②，所以取此名者，蓋焦作時所成之礆精及煤焦油乃副產物，而焦炭為其主要產物故也。此種爐比蜂窩爐更複雜，多數之焦炭，現雖仍用蜂窩爐製造，然因礆精及煤焦油之需要驟增，故漸不得不用副產焦作爐矣。

圖 117 表一副產焦作之大工廠。A 爐均相並直立，煤由斜井 B 運上由上裝入爐中。煤焦油則聚於總管 C 中。於 C 中不凝集之揮發質另以適當之管凝集之。此法所發之煤氣，一部分用作焦作之燃料。

407. 水煤氣^③

水煤氣主為氫及一氧化碳之混合物。由通過熱蒸汽於極熱無烟煤或焦炭上以製之。其主要之反應，表之如下方程式：



工業上之製造用間斷法。於適當爐中用強壓通風使燃料燃燒至爐極熱為止。於是斷絕空氣而通入水蒸氣，至溫度降至 1000° 左右為止。而後是逆行其法，溫度之所以急速降下者，一部分因輻射作用及水蒸氣之起冷作用，然大半因所起之反應有吸熱性之故。如此所成之氣含有氫氣，係由通入水

① Beehive oven ② By-product coke oven ③ Water gas

蒸氣時存於爐中。

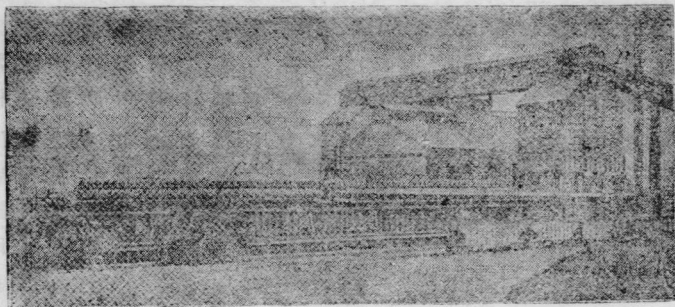


圖 117. 近來之副產焦作爐。

水煤氣燃時現灰藍無光之燄，極毒而無臭。欲使其適於普通燈用，並使有臭以圖安全，則應多加稱爲燈料^①之碳氫化物。滿裝熱火磚於爐，以生石油噴下，將水煤氣通過此爐即得此物。蓋石油分解（崩解）成簡單氣體，其最重要者爲甲烷、乙炔、乙炔。^②煤氣有時亦以同樣方法將石油加入甌中之煤使成豐富之燈料。

403. 發生爐煤氣^③

此氣常用於冶金爐之工作，亦充氣體動力機關燃料之用。其製法乃燃煤使多成一氧化碳（圖 118）。屢與空氣同時通入少許之水蒸氣，水蒸氣經過熱煤層時，受還原作用如製水煤氣然。如是製成之發生爐煤氣其主要

① Illuminant ② Ethylene ③ Producer gas

之成分爲一氧化
 碳,輕氣及淡氣,發
 生爐煤氣亦可由
 劣質之煤製之,即
 用泥煤亦可,而氣
 體動力機關宜用
 此氣,故爲利用劣
 煤爲動力之最經
 濟方法。

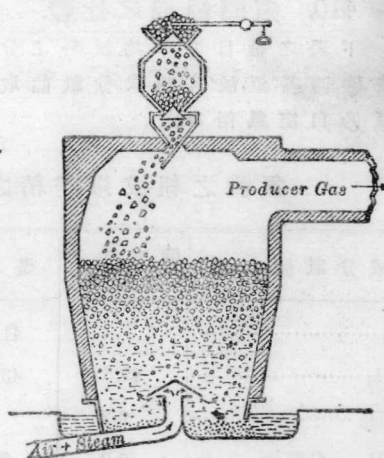
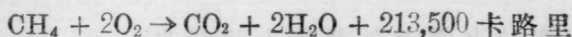


圖 118. 發生爐煤氣製法之圖。

409. 天然氣^①

合衆國及其他各國有許多區域,多穿井於含天然
 氣之地層以取此氣,其成分變化不定,而其大部分均含
 甲烷,且有許多有含甲烷至95%者,燒之發平常之光燄,
 但套以煤氣罩^②,則更光亮,燃燒之熱頗高,示之如下方程
 式:



此爲理想的燃料,每由氣體地帶^③以數百哩之長管
 引至城鎮之中。

① Natural gas ② Gas mantle ③ Gas field

410. 氣體組成之比較.

下表之數目乃平均試料之分析結果,但因各種氣體之組成變遷甚鉅,故其組成分祇能取其近似之數值,氮及些須之氧乃自空氣而來。

氣體之組成以體積之百分率表之

| 成分氣體之式 | 俄亥俄之天然氣 | 煤氣 | 水煤氣 | 加料水煤氣 | 發生爐煤氣 |
|---|---------|------|-------|-------|-------|
| H ₂ | | 41.8 | 52.88 | 37.96 | 10.90 |
| CH ₄ | 89.5 | 43.6 | 2.16 | 7.09 | |
| C ₆ H ₆ | 9.3 | | | 2.01 | |
| C ₂ H ₂ + C ₂ H ₄ | 0.3 | 3.9 | | 9.40 | 0.60 |
| CO | 0.4 | 6.4 | 36.80 | 32.25 | 20.10 |
| CO ₂ | 0.3 | 2.0 | 3.47 | 4.73 | 8.50 |
| N ₂ | 0.2 | 1.2 | 4.69 | 3.96 | 59.90 |
| O ₂ | | 0.3 | | 0.60 | |
| 其他碳氫化物 | | 1.5 | | 1.80 | |

411. 二種氣體對於火燄之關係.

從燈發出之氣謂之受燃體,構成火燄周圍之大氣謂之助燃體,此全為習慣上之名稱,因二氣之關係可倒轉之,而對於火燄之外觀無大改變也。

圖 119, 為說明此理之簡便裝置。一大燈函(A)以一片石棉板(B)蓋之,板之中心有一孔,大如小銀幣。一直管(C)粗約一吋,及一條更細之管(D),與蓄氣箱相接,從底面木塞穿過。氣體由(D)放入時,若閉(B)之孔(以一片石棉板),則過多之氣經

C 下逸，於此可以點火。開 B 孔則火燄升上 C 管之頂。此燄以 C 引上之空氣發生，燃於煤氣之中。最後過多之煤氣可於 B 點火，而燃於空氣之中，此二燄之形狀極其相似。

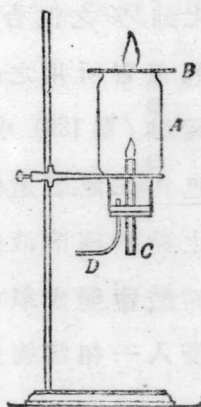


圖 119. 此器表示二氣對於其合成火燄之關係。

412. 煤氣罩^①

用氣體燃料作發光料時，該氣體常於燃燒之先使與空氣混合。則氣體燃燒發熱，而成幾無光之火燄。欲其發光，須於火燄周圍

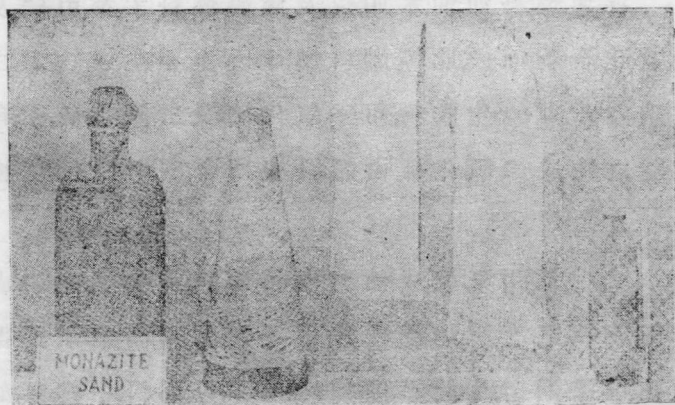


圖 120. 製造煤氣罩所用之材料，及製造之步驟。

覆一適當材料製成之網罩。最良之罩，由含氧化鈾^② 99%

① Gas mantle ② Thorium oxide

及氧化鈾^①1%之混合物製成。

煤氣罩所用之鈾及鈾之化合物，乃從一種礦物燐酸鈾礦砂^②（圖120）中取得，此砂之主要產地為卡羅來納^③及巴西^④二處。製造煤氣罩之法，先織成筒狀布，浸於鈾及鈾之硝酸鹽溶液中，乾後以火熱之，則紗燒去，而鈾及鈾之硝酸鹽變成氧化物，而留布之原形，所成之罩極柔脆，須浸入一相當物質之溶液中而乾之，使堅而後可以運售。

413. 普通燃料燃燒之生成物。

普通燃料如油，木頭，煤，及氣體燃料，大都由碳及氫或其化合物而成。此等燃料燃燒之主要生成物為二氧化碳及水。其他生成物，如一氧化碳及二氧化硫，亦有少量隨之生成，二氧化硫由燃料中所含些微之硫化物所成。

房中每用氣爐或油爐取熱，而無除去燃燒生成之設備。天然氣亦屢於爐或灶中燒之，而不開節氣閘得致無孔可透烟囪。凡此等種種均大不可，因房中空氣，如是受熱立被各種燃燒生成物污染，而不適於呼吸故也。房中所成大量之水蒸氣，如是受熱，遇窗上之冷空氣立即

① Cerium oxide ② Monazite sand ③ North Carolina ④ Brazil

凝集，致令玻璃淋濕。

414. 火燄必須之條件。

受燃體中之一若於燃燒所起溫度仍為固體，則僅發光而無燄。例如鐵絲在氧氣中燃燒，則火花四射，而無火燄。然燃燒所需之二物質，若達燃燒溫度時，均成氣體或蒸氣，則火燄隨化合之作用而俱生。

415. 液體或固體燃燒所發之火燄。

許多在常溫為液體或固體之物質；經燃燒則皆發燄，因燃燒之熱使之漸化為蒸氣，而火燄即因此蒸氣與空氣中之氧化合而成也。於蠟燭發燄時以細玻璃管之一端插入燭燄之底層可以證明（圖 121）。燭燄內層未燃之蒸氣，可以此法由管之上端引出點之。

416. 本生燈^①

於尋常之本生燈及同樣之燈用於氣爐及加用燈罩以發光者，其氣體於燃點以前，混

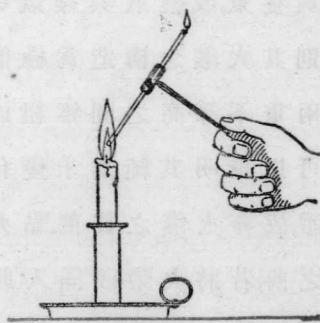


圖 121. 表示燭燄內部含有可燃氣體之實驗。

① Bunsen burner

合若干之空氣於燈之底邊作一孔(混合孔)^①,空氣即由此孔藉氣體之流動而引入。若混合孔調節得宜,通入適量之空氣,則成無色之火燄。此等火燄之利益,為熱度極高且無碳質堆積。

417. 火燄之構造。

如普通本生燈,可燃氣體由一圓管發出而入於助燃之氣體中(常為空氣)時,最易研究燄之構造(圖 122),此時火燄之輪廓呈圓錐形。

418. 簡單火燄^②。

燃燒所起之變化,若僅為二種氣體之化合,如輕氣或一氧化碳與氧氣,或輕氣與綠氣等之化合,則其火燄之構造為極簡單。此由兩重不等高之圓錐組成。內圓錐可以證明其純為未變化之冷氣體,故非火燄之真部。點火於氣體之前,若將火柴頭插入此局部中(圖 122),則不被其周圍之火燄燃着。



圖 122. 一簡單之本生燄。

① Mixer ② Simple flames

419. 複雜火燄^①

碳氫化合物及其他許多氣體，燃燒之時其火燄更形複雜，而有明顯之四圓錐可見（圖 123）。其最裏層（A）實非燄之一部，乃未達燃點之氣體所成。若用本生燈，旋其底之圓圈通入充分之空氣，則第二層圓錐（B）之界線極明顯，呈青綠色。若燈管粗通入空氣過多，則此圓錐中燃燒之速率，可超過氣體流入之速率，因此圓錐 A 將不見，而燄乃退至管下，於其底邊燃燒。若閉斷空氣，則可

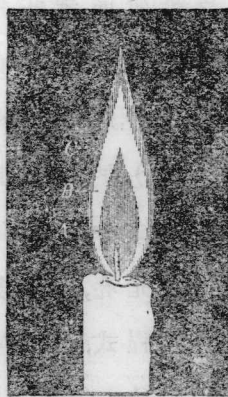


圖 123. 複雜火燄之圓錐。

圖 124. 燭燄之圓錐。

見小光點現於圓錐 B 之頂，漸成圓錐形（C），全遮內層而

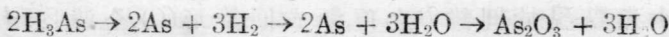
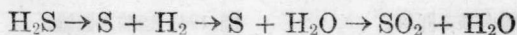
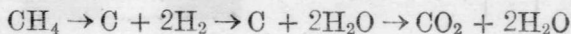
① Complex flames

發強光被其全表面，末後若以物遮斷此部之光，將見有第四圓錐(D)，不過柔弱之光而已。概括言之，燭燄有三圓錐(圖 124)：(1) 內層圓錐(A)，由可燃之蒸氣而成；(2) 中層圓錐(B)，蒸氣在此因熱分解而碳分離，致火燄發光；(3) 幾不可見之外層挾圓錐或薄膜(C)，碳與氫在此燃燒成水及二氧化碳。

420. 火燄之亮光^①

內圓錐之冷氣移入燄之最熱層時，其溫度突然升高，而於一定之溫度起分解作用，惟此起分解之溫度，全視氣體之性質而定。此分解作用，致氣體之密度起特別之改變，而密度改變又使氣體顯而易見，正如夏季空氣受熱石路之熱，則成波線而可見。在此分解可得固體之生成物(如碳)，於相當溫度成白熱而使火燄發光更亮。於在穩定火燄中，各種化學變化實皆可生一明顯之圓錐。故火燄之光亮，視許多要素而定。

下列方程式，示三種氣體燃燒時所起之連續反應：



① Luminosity of flames

此等燃燒氣體中任一種之火燄，若突然置入冷物體（一小磁碟）於其中，則遊離之元素冷至燃度以下，而於碟上積成烟炱（碳，硫，砷）。

421. 火燄之溫度。

尋常火燄實際能達之溫度，乃顯視其氣體之成分，壓力，溫度，氣流之速率，及空氣之供給方法等條件而定。即如尋常本生燈之燄，於適宜條件之下燃燒，亦極難測定其所達之最高溫度。燃燒之層均極薄，故極熱之真正範圍有限。火燄各部之溫度變遷甚鉅，凡置火燄中以定其溫度之物，皆截斷許多不同之燄層，故各部分受熱不同。火燄之溫度，當然比在其中驗溫之物所達之溫度為高，因固體之比熱較大於氣體之比熱故也。然經查悉在特別情形下，以最良之本生燈焰能熔極細之鉑絲，可知其所達之溫度當有 1755° 。附圖（圖 125），示良好無光之本生燈燄各部溫度之約計。

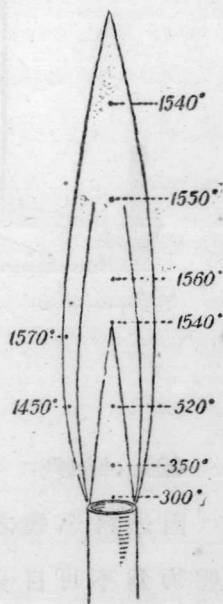


圖 125. 本生燈燄各部溫度之約計。

422. 還原燄及氧化燄。

因發光層與內層之間極

熱，含有還原氣體如輕氣及一氧化碳，故置一物質如金屬氧化物於其中，倘此物質能為此等熱氣體還原時，則

必被其還原，以此法熱物體時，謂之熱於還原燄^①中。燄頂無還原氣體，然極熱且空氣甚多；故頗易受氧化之物質，如置於此部熱之則必受氧化，此部之燄，謂之氧化燄^②。

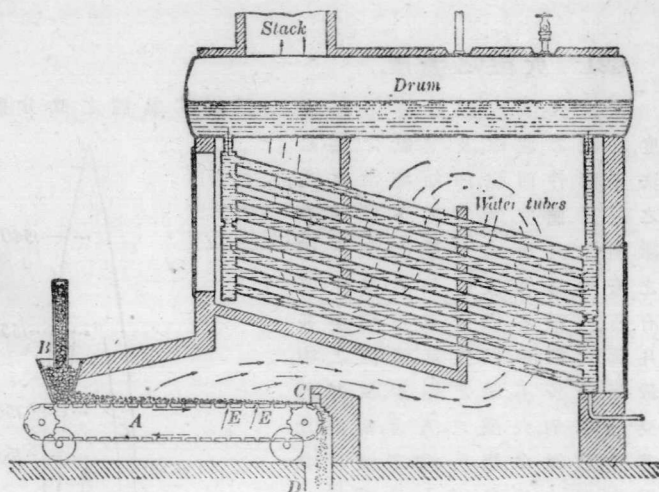


圖 126. 滅烟爐之圖樣。

423. 防烟。

因燃料燃燒之生成物為二氧化碳及水氣，而此等氣體均為不可目見之化合物，故燃燒完全而無烟。大抵燃燒均不完全；先成含碳之氣體化合物，此等氣體燃燒不完全時，其一部分之碳分出成極細之塵而構成烟。故使燃料完全燃燒即可防烟之發生，而使完全燃燒必要

① Reducing flame ② Oxidizing flame

條件如下：(1) 充分供給空氣；(2) 使空氣與燃料所生之可燃氣體混合極透；(3) 溫度高使足維持活潑之燃燒。

防烟爲經濟上之重大問題，於大城鎮尤然。如匹茲堡^①城之烟，該城居民每年致費一千萬美金，即每人約費 20 美金；而於衛生上之影響尙未計入其內。許多城鎮因之對於烟之障

礙，現皆設法減少。如欲達到防烟必須之條件，則須均勻裝炭於爐中，使其加熱所發之揮發物質更易與空氣混合。用鏈爐格最有效驗，示之如 A (圖 126)。於 B 裝煤，鏈徐向前行，煤隨之漸進爐中，達爐之後部 C 時，煤已完全燒却，灰從 D 落下。所驅出之揮發物質，與由爐格 E，E 後引入之熱空氣完全混合。汽鍋下甚空，大可使烟囪下之生成物有完全燃燒之機會。

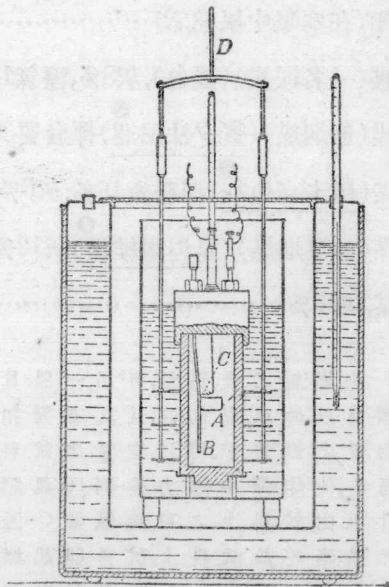


圖 127. 炸彈卡計。

中之水，如箭形所示經管中而起循環，即此熱之使達高溫。

424. 燃料之發熱量。

各種充燃料之物質燃時，其發出之熱各大不相同。關於燃料之價值，固有許多之要素，而其主要者爲燃料

① Pittsburgh

燃燒之熱。一克燃料燃燒所放之熱，謂該燃料之發熱量^①。大批訂購燃料時，普通付價以其熱量及其適用與否為標準。下表示幾種普通燃料之平均熱量。

燃料之發熱量

| | |
|---|---------------|
| 木頭(在空氣中風乾者)..... | 約 3800—4000 卡 |
| 草煤(一名泥炭)(櫻色),灰8%,溼氣12%..... | 約 5400 卡 |
| 紅煤(即烟煤)(賓夕法尼亞 ^②)揮發質35%,灰6%..... | 約 8300 卡 |
| 紅煤(樸卡亨他斯 ^③)揮發質18%,灰6%..... | 約 8700 卡 |
| 白煤(即無烟煤)(昆涅爾維爾 ^④)灰12%..... | 約 7300 卡 |
| 焦煤,灰10%..... | 約 7300 卡 |

測燃料之發熱量，可用一器具名炸彈卡計^⑤。此物係極堅之鋼筒以鉑或瓷包之，且具有緊扣之螺絲帽(圖127)。欲測一定物質之燃燒熱，可以定量之試料置於煅煉器A，養氣由B管通入，使炸彈中壓力達到20氣壓，於是封閉炸彈置開口之卡計中。由試料上之可鎔鐵絲C通入電流。鐵絲即鎔，而燃着之赤熱滴墜於試料上，試料即起燃燒。燃時放出之熱，以炸彈周圍之水之溫度上升測之，而水則以攪棒D攪之。但須以一種化合熱已知之物質(如蔗糖)之定量預行實驗，以測炸彈所吸收之熱，及可鎔鐵絲之鎔化與燃燒之熱，并計輻射之損失。

425. 電爐。

近年凡須極高溫度之處均用電爐。雖高至35,000°溫度，電爐亦極易得之，而極熱之氫氧燄則不能過2000°也。電爐之造

① Calorific value ② Pennsylvania ③ Pocahontas ④ Connellsville ⑤ Bomb calorimeter

法,其原理有二。

1. 弧爐。此種爐之熱源乃一電弧,此電弧成於相離少許之二碳極間,如圖128。將欲熱之物質置一器皿中,此器常用者,係石墨製之坩堝,而置之於弧之正下。電極及坩堝之四周,均圍以極難熔之物質,如氧化鎂之類,爐牆之形,以能將熱反射至坩堝中物質為度。

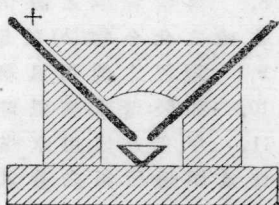


圖 128. 弧爐。

2. 抗爐。此爐中之熱,係因電流所遇之抵抗力而生。極簡單者,如圖129。爐係一矩形之箱以鬆磚造成者。電極(E,E)各以一束碳條為之,從爐旁通於電爐內。所要加熱之物質(C)滿盛於爐內電極之下,二電極之間,則滿盛碎

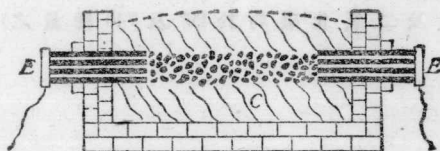


圖 129. 抗爐。

焦煤接之,焦煤之上更加以欲加熱之物質。然後通以電流,則當其通過碎焦煤時因受大抗力,而發生多量之熱。焦煤四周之物質,因之熱至極高之溫度。此爐之優點,在能將爐之熱度任意改變。

練習問題

1. 木炭燃燒何以常無火燄?如有時生火燄其故安在?
2. 燃燭何以有火燄?
3. 衛爾斯白燈^①之罩應有何二種性質?
4. (a) 衛爾斯白罩,與鈣光所用之石灰有何相同之點?
(b) 罩若以炭製之其用亦同否?
5. 無烟煤可適用於製造煤氣否?

① Welsbach

6. 如何證明發光氣體燃燒時有水及二氧化碳發生?
7. 試舉一天然氣之生成法。
8. 煤常含鐵之硫化物。(a)以此種煤製造煤氣,則成何二種之硫之化合物?(b)試舉一良法,以除此種化合物。
9. 鐵匠之爐用風箱何以能令熱增高?
10. 如製造水煤氣時所起之反應,應用何名以名之?
11. 今有火爐用水煤氣作燃料,每小時用水煤氣 5 呎。試計此氣燃燒所須之養氣之體積,但燃料與養氣,均於同一之溫度及壓力下量之者。
12. 設天然氣為純粹之甲烷,且一爐每小時用天然氣 20 呎。(a)問該氣燃燒須養氣之體積若干?(b)設一房間以此爐取熱,而無除其燃燒生成物之設備,問房內之空氣添入二氧化碳之體積若干?(c)所成溼氣有若干重量?(題中之天然氣,氧及二氧化碳均於 20° 及 740 耗量之)。

第二十六章

碳水化物;酒精;煤焦油之化合物

426. 碳水化物.

^①
碳水化物之名詞,乃糖類,澱粉,及其同屬物質等一類化合物之總稱.此類化合物含碳,氫,及氧,而氫,氧二元素常以成水之比存於其間.最重要之碳水化物如下:

碳水化物

| | |
|---------------|---------------------------------|
| 蔗糖(普通之糖)..... | $C_{12}H_{22}O_{11}$ |
| 乳糖..... | $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ |
| 麥芽糖..... | $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ |
| 右旋糖(葡萄糖)..... | $C_6H_{12}O_6$ |
| 左旋糖..... | $C_6H_{12}O_6$ |
| 纖維素..... | $(C_6H_{10}O_5)_x$ |
| 澱粉..... | $(C_6H_{10}O_5)_x$ |

纖維素及澱粉之分子式尚屬未知,然爲簡式 $C_6H_{10}O_5$ 之

① Carbohydrate

倍數；故常書作 $(C_6H_{10}O_5)_2$ 。討論此等化合物時，可用簡式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 表之。

由上表可知其中有數種化合物，其式相同，此類化合物謂之異性同分^①。異性同分化合物之性質所以不同者，因其分子中之原子排列不同故也。

427. 蔗糖(食糖) $(C_{12}H_{22}O_{11})$ ^②。

此物質通稱之曰糖，生於許多植物中，而甘蔗及甜菜中尤富，現時此二植物約各佔糖總產額 50%。甘蔗僅生長於溫地(古巴^③及夏威夷島^④為最大產蔗地)，而甜菜繁茂於寒地，如合衆國之俄亥俄及密執安與德國。甜菜中含有 16% 之蔗糖。

428. 糖之製造。

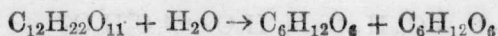
甘蔗或甜菜之汁為含有糖及許多濁質之溶液。濁質則以相當之法除之，而後蒸發其所餘之溶液，使糖結晶。蒸發係於封閉之器中之，其空氣曾抽出大部分(真空皿)。此法使溶液之沸點低，且可減免糖之熬焦。溶液中之糖不能盡量取出。甘蔗之汁淨後，其中一部分之糖結晶而出，所遺之溶液即通常之糖蜜，楓糖^⑤之甜味因含有蔗糖，其外尚有物質存其汁中，故顯特異之香味。每年產糖之額約有四百萬萬磅，合衆國每年消糖之額，過於九十萬萬磅，每人約需九十磅左右。

① Isomeric ② Sucrose (sugar) ③ Cuba ④ Hawaiian Islands

⑤ Molasses ⑥ Maple sugar

429. 糖之化學行爲.

若蔗糖之溶液加鹽酸熱之至70°許,則成二種異性同分糖,即右旋糖^①及左旋糖^②,其變化如下方程式:



於此反應,謂之糖受轉化^③,而左旋糖及右旋糖之混合物謂之轉化糖^④.

蔗糖熱至160°則融解,溫度再升至215°左右則起部分之分解,成櫻色物質名焦糖^⑤廣用作顏料及製糖菓.

430. 乳糖(C₁₂H₂₂O₁₁·H₂O)^①.

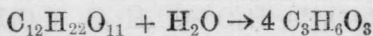
此化合物存於一切哺乳動物之乳中.母牛乳之平均成分如下:

| | |
|----------------|---------|
| 水 | 87.17 % |
| 乾酪素(氮化物) | 3.56 % |
| 牛酪脂肪 | 3.64 % |
| 乳糖 | 4.88 % |
| 礦物質 | 0.75 % |

若以犢胃酵素^⑤(一種由犢胃中取出之物質)加入牛乳中,則乾酪素分出.此係牛乳之一部,以之製乾酪^⑥.乾酪

① Dextrose ② Levulose ③ Inverted ④ Invert sugar ⑤ Caramel
 ⑥ Lactose (milk sugar) ⑦ Casein ⑧ Rennin ⑨ Cheese

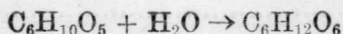
素分出後，所餘之液謂之乳漿^①，含有乳糖，蒸發即結晶；形狀與蔗糖相似，但甜味不如蔗糖，溶解度亦遜。乳之所以變酸者，因其中之乳糖變為式 $C_3H_6O_3$ 之液態乳酸^②故也。



此種變化，因有微生物由空氣中進入而起，謂之乳酸醉^③

431. 右旋糖^④ ($C_6H_{12}O_6$)。

此糖存於蜂蜜及許多菓實中，恆與菓糖同生。通常所以稱為葡萄糖^⑤者，因其存於葡萄汁中故也。如上所述將蔗糖加鹽酸熱之，則與菓糖同時得之。市上以澱粉加鹽酸熱之製出多量澱粉先變為甜味之固體名糊精^⑥，糊精再行變化，成右旋糖：



若變化完畢，則加碳酸鈉以使鹽酸中和。合衆國每年製造右旋糖及其同類產物，需穀過五百萬鎊（一鎊抵我國三斗五升）。

純潔之右旋糖，係白色結晶體，性質與蔗糖相似，惟甜味不及耳。所用大部分之右旋糖，係一種俗稱為葡萄糖或玉蜀黍糖漿^⑦者。此係濃厚糖汁狀之液體，或自糊精

① Whey ② Lactic acid ③ Lactic fermentation ④ Dextrose (grape sugar, glucose) ⑤ Grape sugar ⑥ Dextrin ⑦ Glucose or corn sirup

右旋糖,及麥芽糖之水溶液。大量之葡萄糖用於製造菓凍^①,菓漿糖漿^②,糖塊^③及其他甜物。美國中央政府規定,凡食物如菓凍,菓漿含葡萄糖時,必須於盛器之招牌紙上標明所含葡萄糖之百分率。

432. 澱粉(C₆H₁₀O₅)^④

此物常存在於種子及塊莖中,為天然界間碳水化合物之最豐富者。美國以由玉蜀黍取之為主。玉蜀黍含澱粉約有60%。歐洲則以馬鈴薯取之為主。

433. 澱粉之製造。

由玉蜀黍製澱粉之法,先將玉蜀黍浸於含有少許亞硫酸之水中,使玉蜀黍粒和軟,而後粗磨之,勿傷其幼芽。磨成之

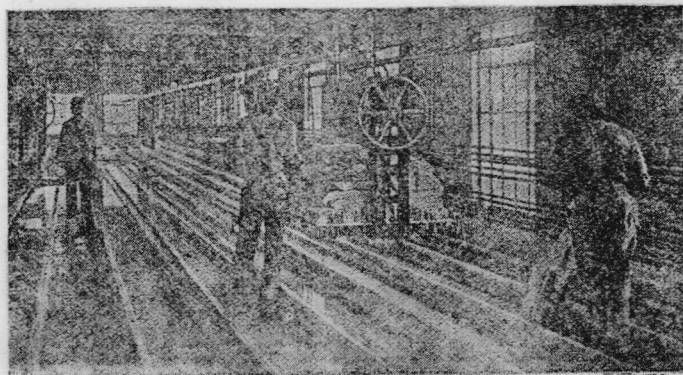


圖 130. 澱粉廠中由沉降槽移取澱粉。

塊和之以水，則幼芽即浮於水面，因其含油故極輕也。如是將幼芽分出，而製玉蜀黍油①。所餘之質，為澱粉、氮化物(膠質)及糊糠所組成，細磨後和之以水，使經布篩以除糊糠。將含有澱粉及膠質之水，徐徐由淺長之槽流下，其流下之速度，須調節之，以使較重之澱粉沉於槽底，而質輕之膠質洗去。由槽中將澱粉移出如圖 130，而乾燥之。多量澱粉用於製造葡萄糖及他食物，並供使布光滑及洗濯之用。

434. 澱粉之特性。

澱粉由小顆粒組成，其而顆粒之形狀隨澱粉之來源而稍異，故屢可以顯微鏡之檢查，決定一種澱粉從何植物而來(圖 131 及圖 132)。加水熱之則小粒分裂，而澱粉有一部分溶解。含澱粉之食物加以烹飪則易消化者，職是故也。

435. 纖維素($C_6H_{10}O_5$)。

纖維素為一切木材纖維之基礎。棉與麻布幾為純粹之纖維素。纖維素不溶解於水、酒精，或稀酸，然溶解於一種以氧化銅溶於氫氧化銦所製成之溶液。加濃鹽酸，則纖維素變成右旋糖。加濃硝酸，則成一種化合物之混

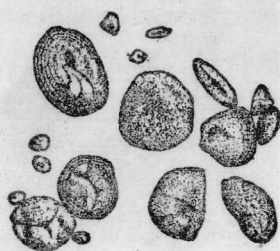


圖 131. 麥之澱粉粒，放大 200 倍。

① Corn oil ② Cellulose

化合物名硝化纖維^①或棉火藥^②。此物極為易燃，有時起猛烈之爆炸。商業用途甚廣。照相軟片即由此物製成，亦由纖維素之不易燃燒誘導體名乙醯纖維素^③者製之。膠棉^④（棉火藥溶液）乃一種硝化纖維素溶於酒精及醚之混合物中所成之溶液。假象牙^⑤為樟腦及硝化纖維素之混合物。此二者相混合則成粘性塊，可造任意形樣，以製梳及刷柄等物。假象牙極易燃燒，故以此製成之物，用時務須留意。



圖132. 玉蜀黍之澱粉粒，放大200倍。

436. 絲光棉與人造絲。

棉布以氫氧化鈉之濃溶液處理之，則其纖維素收縮而性變堅韌。若將布張緊以防其蹙縮，即成形似絲之物，謂之絲光棉^①。其他一種產量頗多之織物，亦由纖維素造成，狀極似絲，謂之人造絲^②。此織物纖維之製法，乃將纖維素之濃溶液或其誘導體壓入細管，使纖維素凝結成細線狀而出。

437. 各種織物纖維之特性。

普通織物由紗織成，而製紗之各種纖維之中，植物纖維之棉及麻之主要成分為纖維素，而動物纖維之毛

① Nitrocellulose ② Guncotton ③ Acetylcellulose ④ Collodion

⑤ Celluloid ⑥ Mercerized cotton ⑦ Artificial silk

及絲乃由氮化物構成。此等纖維，以肉眼觀之，彼此皆相似，但以顯微鏡檢察之，其形狀則大有區別。此等纖維之特形，示之如圖 133。區別纖維亦可用化學藥劑之反應。



絲纖維

棉纖維

毛纖維

圖 133. 三種重要織物之纖維。

例如氫氧化鈉之熱溶液 (5-10%)，對於棉之作用頗微，而毛則易溶，絲乃徐溶於其中。

438. 紙。

紙之主要成分為纖維素。質精良者以破麻及碎棉為之，粗者木材製之。

439. 紙之製造。

製紙之法，將原料切成碎片，以適當之藥劑處理之。如原料為木材，則用酸式亞硫酸鈣，以除一切無用之質，則纖維素遺下，而後以氯漂白之。如此所得之紙漿，懸泛於水中，使流入鐵絲篩。經過大鐵圓筒間，圓筒有用蒸汽加熱者，如是將紙漿壓之乾之，而紙乃告成。有時以各種材料加入紙漿之中。加入之材料隨所求之紙料而異，例如以細粘土或硫酸鈣加入，使

紙身厚重，製造書寫或印刷用之紙，則加硫酸鋁及一種以樹脂與氫氧化鈉加熱所製成之化合物，蓋使紙面光滑而不滲

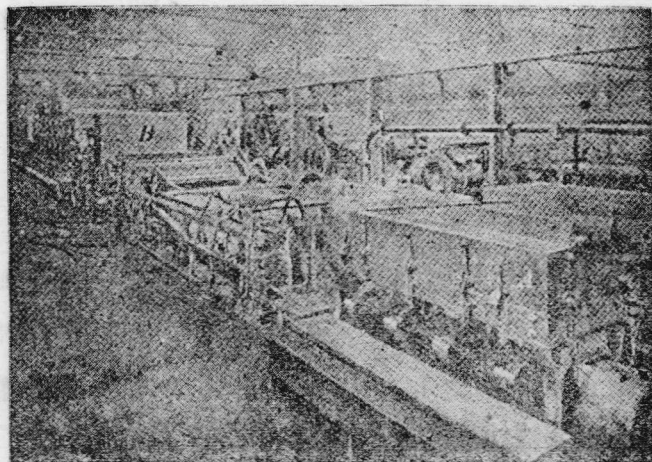


圖 134. 紙廠之內部。

墨故也。圖 134 示紙廠之內容，紙漿由容器 A 流過鐵篩，經過液輪壓之乾之至 B 則成紙。

醇類

醇類可視為碳氫化物之誘導體，即以相當數之氫氧團，替換其中之一原子或數原子之氫而成者。已成之醇種類甚多，亦知碳氫化物可排成數系。碳氫化物烷系中之首三種與其相當之醇間之關係示之如下表：

甲烷 CH_4

甲醇 CH_3OH

乙烷 C_2H_6

乙醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

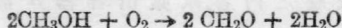
丙烷 C_3H_8 丙醇 C_3H_7OH

① 甲基, ② 乙基, ③ 丙基等名稱用以分辨醇類者, 亦可以各名一價基之 CH_3 , C_2H_5 , 及 C_3H_7 等, 須知此等基之西名, 乃將相當碳氫化物西名語尾 -ane 改爲 -yl 而成者也。

440. ④ 甲醇(木醇) (CH_3OH).

此化合物乃由木頭於無空氣處加熱時所成 (126 頁), 故名木醇。⑤ 此係無色液體, 沸點 64.7。燃之則發幾無顏色之火燄。⑥ 爲有機物之良溶劑, 廣用於製造塗漆。性甚毒。對於視官有特別之作用, 許多人因飲此液體或屢吸其蒸氣而致失明者。

甲醇之蒸氣與空氣之混合物經過熱銅, 則酒精被氧化成氣體化合物名 ⑦ 甲醛(蟻醛):



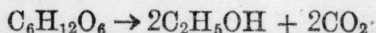
現今製造此氣體頗多以作消毒劑, 其 40% 之水溶液市上售者, 名曰福爾馬林(亦稱蟻醛液) ⑧

441. ⑨ 乙醇(酒精, 火酒) (C_2H_5OH).

此化合物即尋常所稱火酒是也。其通性與乙醇相似。

① Methyl ② Ethyl ③ Propyl ④ Methyl alcohol (wood alcohol) ⑤ Wood alcohol ⑥ Varnish ⑦ Formaldehyde ⑧ Formalin ⑨ Ethyl alcohol (grain alcohol, alcohol)

1. 製備. 製法乃使通常製麵包用之酵母菌^①與右旋糖等各種糖作用:



因酵母菌之作用,糖變爲乙醇及二氧化碳,此種反應,謂之酒精^②醱酵. 酵母菌爲下等植物(圖135),繁殖於相當之糖液中,當生長時,發生許多變化,使糖變成乙醇.

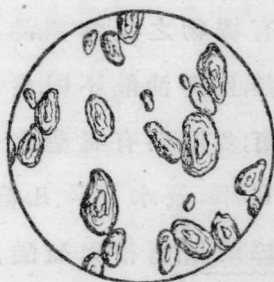


圖 135. 酵母菌之細胞.

製備乙醇之實驗. 右旋糖之變爲乙醇及二氧化碳,可示之如下:以 10% 之右旋糖水溶液灌入 A 瓶中(圖 136),加麥酵母菌少許,以含石灰水之 B 瓶如圖連接之. O 管滿裝氫氧化鈉之片末,以防二氧化碳從空氣中侵入. 保持溫度於 30° 上下,則二氧化碳發泡,作用立起,繼續反應,至糖盡數發酵而止. 逸出之氣爲二氧化碳,可以 B 瓶中之沉澱證之. 所成之乙醇,可用蒸餾法分出.

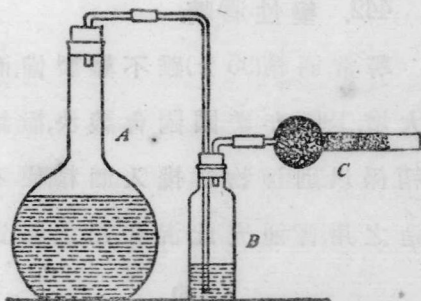


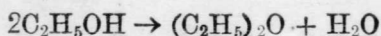
圖 136. 實驗室中製乙醇之法.

市上製酒精之法. 市上以穀或馬鈴薯之澱粉製乙醇.

① Baker's yeast ② Alcoholic fermentation

澱粉因麥芽^①作用先變為糖，名麥芽糖。麥芽乃以大麥溫水，使之出芽，乾之而得。麥芽糖亦如右旋糖，因釀母之作用，分為乙醇及二氧化碳。所成之乙醇以分餾法分出。

2. 性質。乙醇係無色液體，有愉快之香氣，為許多有機物之良溶劑。沸點 78.3°。有時用作燃料，因其火燄極熱，且與油燄不同，炭不堆積故也。小量入人體內，可致酩酊；多取則有毒藥之作用。藥房中之尋常酒精，含乙醇約 95% 及水 5%。凡溶液含乙醇 99% 或以上者，謂之純粹酒精^②。酒精與硫酸加熱則成一低沸度而易燃之液體名醇精^③。



廣用於外科術上之麻醉藥且為化學工業上之溶劑。

442. 變性酒精。

尋常酒精(95%)雖不難製備，而因政府課以重稅，賣價大增。1906年美國國會議決，撤銷變性酒精^④之稅；變性酒精係以別種物質摻入酒精，使不適於飲料，但無害於製造之用，普通充此混和用之物質，為木醇及本品。

443. 飲料酒精。^⑤

一切飲料酒精俱以酒精發酵法製之。葡萄酒乃以葡萄

① Malt ② Absolute alcohol ③ Ether ④ Denatured alcohol

⑤ Alcoholic liquor

汁中葡萄糖之發酵製之，以體積言，其中含有酒精 5-15%。啤酒乃由麥芽糖製之，此等麥芽糖乃以麥芽作用於大麥等穀粒之澱粉製之，以體積論，啤酒含有酒精 3-5%。威士忌酒^①以體積論，約含有 50% 之酒精，由澱粉製成，其製法與前述市上製酒精法極相似，凡屬甜液如蘋果酒及一般果子露，曝之空中，幾皆有酒精發酵之作用。

飲料酒精亦如純粹之酒精，受政府之課稅，美國禁酒令修正案通過以前，每年由此徵收美金 200,000,000 元以上。

444. 製麵包之化學變化。

麥粉之平均組成如下：

| | |
|----------------|--------|
| 水 | 13.8 % |
| 蛋白質(氮化物) | 7.9 % |
| 脂肪 | 1.4 % |
| 澱粉 | 76.4 % |
| 礦物質 | 0.5 % |

麵包之製造法乃將麥粉與水，酵母菌，及糖少許混攪，所成之澉粉，放置煖處數小時，則酵母先使糖起酒精發酵，所生之二氧化碳由澉粉中逸出，致令澉粉輕而疏鬆。酵母菌之繁殖，最好約在 30°，故必須放置澉粉於煖處也。烘焙麵包，則熱驅出酒精，而且使澉粉中所留二氧化碳之氣泡膨脹，致令其成疏鬆且使麵包輕。

① Whisky

445. 防腐劑。

由上可知牛乳變酸，及糖變為酒精之變化，皆係一種有機體所致。此種有機體之細胞則存於空中。其他許多類似之變化如腐爛等，皆由同一之原因而起。凡此類變化，可用下列諸法之一以防止之。

1. 保存物質於低溫度，使起變化之有機體不能繁育（冷儲藏法）。

2. 將物質燒熱以滅其中所有之有機體，緊封於適宜之器具內。此法用於製罐頭植物，并保存葡萄汁及煉乳等物質。

3. 加入一種物質少許，即可滅却誘致變化之有機體，或防止其生殖。此種物質謂之防腐劑^①。

食物中應否許用防腐劑，此為重要爭論之問題。有人謂凡物質之能防阻有機體生殖者，應有害於消化。現美國政府許用安息酸鈉^②（係白色固體由煤焦油中之碳化氫物製之）於開罐不能即盡之食物，如菓凍，菓漿及醬汁等。惟如用此種防腐劑，應於罐之招牌紙上標明其中防腐劑之分量。

446. 煤焦油之誘導體。

前論述煤氣之製造時（319頁），已述其製造中所成之煤焦油，可以製出多數重要化合物。此類化合物常統稱之曰煤焦油化合物^③。茲略述其數種。

(1) 烴^④ (C_6H_6) 及 (2) 甲烴^⑤ (C_7H_8) 為最易燃之無色液體；(3) 焦油腦^⑥ ($C_{15}H_8$) 及 (4) 綠油腦^⑦ ($C_{14}H_{10}$) 為白色固體之碳氫化合物，以之製藍靛及茜素二種染料。此染料本由植

① Preservative ② Sodium benzoate ③ Coal-tar compounds

④ Benzene ⑤ Toluene ⑥ Naphthalene ⑦ Anthracene ⑧ Indigo

⑨ Alizarin

物取製，然今則可廉價製之。通常蠹蟲丸^①（俗名樟腦丸）幾純為焦油腦。^②（5）酚或石炭酸^③（ C_6H_5OH ）為白色結晶體，蛀蝕性極強，且甚毒。^④（6）甲酚（ C_7H_7OH ）為良消毒劑，市上之消毒劑多半即係此物。

上述之各化合物，可以由此製出許多有用化合物。例如酚與硝酸作用則成硝基酚^⑤（ $C_6H_5NO_2$ ），而令此氮化物則還原生胺^⑥（ $C_6H_5NH_2$ ）。胺亦名生色精，乃幾無色液體。可以製出多數深淺各色之染料，謂之靛油染料^⑦。甲酚氧化則成羧酸即安息酸^⑧，其與鈉所成之鹽安息酸鈉^⑨，用作食物防腐劑。胺與甲醛熱之，則得二種生成物，市上稱之曰白克來^⑩及康甸衰^⑪此為製造鈕釦，傘柄，烟管，及電器絕緣體之有用質料。

447. 食物中之煤焦油化合物。

關於食物中之用煤焦油化合物，已引起許多之辯論。對於人身有害之物質，當然不能用於食物中；且法律上亦不許用任何物質以為欺騙之用。美國政府已選定七種顏色不同之靛油染料，許用於糖菓及牛油等食物中。於一種限制以內許用安息酸鈉為防腐劑。糖精（薩客

① Moth balls ② Phenol ③ Carboic acid ④ Cresol ⑤ Nitrobenzene
 ⑥ Aniline ⑦ Aniline dyes ⑧ Benzoic acid ⑨ Sodium benzoate
 ⑩ Bakelite ⑪ Condensite

①林)乃由甲炔製出之白色固體,比糖甜 500 倍,以前曾許用於食物中,然於 1912 年,美國政府已禁止不許再用矣。煤焦油化合物一種名香蘭精(法尼林)②與法尼拉荳(蘭科植物)③製成之化合物同;更有一種名香荳精(可麥林)④,氣味與香蘭精同;二者均用於人造法尼拉精中,然用時須於其盛器之招牌紙上標明證實,須記此等物質絕無滋養之價值。

練習問題

1. 碳水化合物一語之意義如何?(參看字典)
2. 由甘蔗製得之純糖及由甜菜製得之純糖有何區別?
3. 常謂牛乳當大雷雨時容易變酸,試說其理。
4. 造酒精時何以用穀而不用右旋糖?
5. 甲醇與乙醇有何區別?
6. 常加釀母造根汁啤酒等之家庭飲料,問此時何以要加釀母?製成之飲料中有何種物質?
7. 製麵包何以加糖(或糖蜜)?
8. 酒精與氣油沸點大約相同,二者均為可燃體,何以不用酒精為燃料以代氣油?
9. 能舉一法由木頭製乙醇否?
10. 製 100 尪之純右旋糖須澱粉重若干?
11. 一尪蔗糖可製轉化糖若干?
12. 設葡萄糖之全量之 95% 可得完全釀酵,問製 10 尪藥房中之尋常酒精,須葡萄糖之重若干?

① Saccharine

② Vanillin

③ Vanilla beans

④ Conmarin

⑤ Root beer

13. 製100 尪之 醃 醃 問 須 醃 重 若 干?
14. 100 克 葡 萄 糖 醃 醇, 能 生 二 氧 化 碳 若 干 容 積?
15. 製 50 尪 甲 醇, 問 須 甲 醇 重 量 若 干?
16. 設 計 10 尪 牛 乳 酸 敗 時 所 成 乳 酸 之 重 量。

第二十七章

有機酸類;脂肪及油類

448. 有機酸類.

已知之酸,由碳,氧,及氫等所組成者其數甚多,此等歸爲一類,謂之有機酸^①,與碳氫化合物相似,亦可排列成系,其中最重要之一系謂之脂肪酸系^②.茲舉該系中最緊要之一二之例於下表.此等化合物均屬單鹽基酸——所以書其式時,將其可置換之氫原子與其餘之分子分開以表之.

數種脂肪酸

| | |
|---|------------------------|
| $\text{H}\cdot\text{CHO}_2$ | 蟻酸,一種液體,沸點 100° |
| $\text{H}\cdot\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ | 醋酸,一種液體,沸點 118° |
| $\text{H}\cdot\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2$ | 酪酸,一種液體,沸點 163° |
| $\text{H}\cdot\text{C}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2$ | 軟脂酸,一種固體,融點 62° |
| $\text{H}\cdot\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$ | 硬脂酸,一種固體,融點 69° |
| $\text{H}\cdot\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{O}_2$ | 通式 |

① Organic acids ② Fatty-acid series

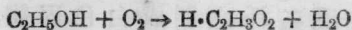
其中醋酸須特別記述之。

449. 醋酸(H·C₂H₃O₂)^①。

此係使醋帶酸味之酸,市上以木頭蒸餾製之(126頁)。此酸係無色之液體,而有強刺戟之臭。無水者,爲白色固體之結晶,融於17°,形狀與冰極相似;故有冰醋酸之名。醋酸之許多鹽類爲習知之化合物,例如醋酸鉛(Pb(C₂H₃O₂)₂·3H₂O)爲白色固體,謂之鉛糖^④。

450. 醋。^⑤

蘋果酒(或名林擒酒)露於空氣中,漸變成醋,人皆知之。此反應中有二種變化:(1)酒中之糖,先起酒精酵^①,變成含有酒精4-8%之強蘋果酒。(2)酒精氧化變成醋酸,其所須之氧,由空中而來。此氧化作用之所以發生乃因一種微生物名醋菌^⑦者之作用。此有機體存於所謂醋母^③之中。酒精因醋菌媒介氧化變成醋酸之作用,謂之醋醱^④,可示之如下:



451. 醋之製造。

舊法造醋,祇藏酒於桶中使其

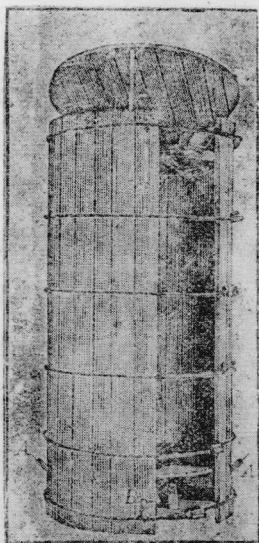


圖 137. 造醋之發生器。

① Acetic acid ② Glacial ③ Lead acetate ④ Sugar of lead
 ⑤ Vinegar ⑥ Hard cider ⑦ Mycoderma aceti ⑧ Mother of vinegar
 ⑨ Acetic fermentation

完全醱酵而已。新法則用大桶，名發生器^①（圖 137）。其中懸裝樺層，先將醋由桶頂灑入以引入醋菌。此有機體則自附於木屑，至所以用木屑之故，則因其表面大也。次以酒精稀溶液（製蘗菓醋則用蘗菓酒）由桶頂灑入，而空氣由底 A, A 放入。酒精與氧密接而氧化作用，隨液經木屑滴下立即發生，所成之醋由桶底 B 放出。製醋除用酒外，凡物質含有澱粉或糖者幾皆可用之，使其先變成酒精如前製造酒精章所述。如是則由澱粉可造麥醋^②，由糖渣可造糖醋^③。最低廉之醋乃由純稀酒精製之名蒸餾醋^④。蒸餾醋無色，蒸發之不留渣滓。

美國法律規定，凡醋均應含醋酸 4% 以上。除醋酸以外，醋由菓子及穀粒造成者，且含數種固體，係由其原料而來。化學家決定一種醋之來源，即使之蒸發而研究其所遺之固體以辨別之也。

452. 屬於他系之酸。

除脂肪酸外，下列各種亦應特別敘述：

453. 酒石酸 ($\text{H} \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$)^⑤。

此係白色固體，以游離態或成鹽類存於許多果實中。其酸式鉀鹽 $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 生於葡萄汁中。造葡萄酒時葡萄汁醱酵則成此鹽。然此鹽因不溶解於酒精，淤積於桶邊，此種淤積之鹽謂之生酒石^⑥。淨之則成白色固體，市上售者名曰酒石乳皮^⑦，用作焙用粉^⑧。酒石酸屢用於溫和之飲料。

① Generator ② Malt vinegar ③ Sugar vinegar ④ Distilled vinegar
⑤ Tartaric acid ⑥ Argol ⑦ Cream of tartar ⑧ Baking powder

454. 檸檬酸($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)^①.

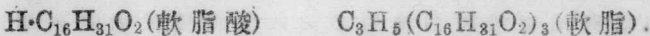
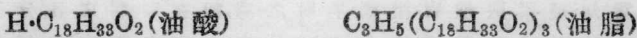
此酸生於檸檬及葡萄等之柑橘屬菓類中,乃白色固體,溶解於水。

455. 油酸($\text{H}\cdot\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2$)^②.

此酸之誘導體,為許多油及液體脂肪之主要部分。油酸乃油狀之液體。

456. 脂肪及油類。

酸中之氫不僅可以金屬置換,亦可以碳氫根^③置換。其所成之化合物謂之鹽^④牛奶油,猪油,橄欖油等普通脂肪及油之主要成分,為油酸^⑤,軟脂酸^⑥及硬脂酸^⑦等之鹽,其名各為油脂^⑧,軟脂^⑨及硬脂^⑩。此等鹽中之根為 C_3H_5 ,此根為三價,名甘油根^⑪,因其存於甘油^⑫($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$)中也。因甘油根為三價,而油酸,軟脂酸及硬脂酸等,每分子僅有一個可以置換之氫原子,故酸須三分子始可與一甘油根化合成一分子之鹽也。此等酸與其相當之鹽間之關係示如下式:



① Citric acid ② Oleic acid ③ Hydrocarbon radicals ④ Esters

⑤ Palmitic acid ⑥ Stearic acid ⑦ Olein ⑧ Pamlitin ⑨ Stearin

⑩ Glyceril radical ⑪ Glycerin



油脂係液體，爲橄欖油等油體之主要成分。軟脂及硬脂均爲固體。牛脂之主要成分爲硬脂。

457. 牛酪脂肪及人造牛酪^①

牛酪脂肪與其他脂肪相似，其主要成分爲油脂，軟脂，及硬脂而其所以有特異之香者，因其含小量酪脂^②（約8%）之故。酪脂係酪酸之鹽，其式爲 $\text{C}_8\text{H}_5(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_3$ 。人造牛酪與牛酪不同之點，要在其所含酪脂比牛酪所含者更少。人造牛酪乃由牛、豕之脂肪製之。有時亦加以棉花子油。此等脂肪加以牛乳而攪動之，或加小量之牛酪，俾增酪脂之量，而使有牛酪香氣也。

人造牛酪幾無色，故外觀與多數牛酪不同。牛酪常用人工加色，美國法律亦許人造牛酪加色，惟每加色之人造牛酪一磅，須納稅一角美金。然有許多省分，對於人工加色之人造牛酪，即已經中央政府徵稅亦一律禁其發售。

458. 變油爲固體脂肪。

當知硬脂與油脂組成不同之處，即在硬脂之各分子多含氫六個原子。若干適當之溫壓，且有合宜之觸媒（常用鎳粉）時使氫與油脂接觸，則油脂必添收氫而變成固體硬脂。油可用此法使變爲固體脂肪。市上烹調用脂肪，即以此法由較廉之棉子油製成者也。

① Butter fat and oleomargarine ② Butyrin ③ Butyric acid

459. 蛋白質。

蛋白質一語，乃一大類複雜氮化物之通稱。此等氮化物到處分布於動植機體中甚多，而為生物細胞組織之重要部分。牛乳之乾酪質，麥粉之麩質^①，雞蛋之蛋白等均屬蛋白質之例。蛋白質均含氮、碳、氫，及氧，其外更有含硫及磷者。

460. 食物。

食物中之化合物甚多，且常極複雜，然可包括於幾大類之中。習慣上以為食物中適於食用之部分，乃由蛋白質、脂肪、碳水化合物、礦質，及水構成。因食物燒後，礦質變成渣滓，故食分析報告表中列之為灰。

大概可言食物中之蛋白質，乃以置換體中殘廢之組織，並以供給發育用之物料。碳水化合物及脂肪多少可以對換，因二者在身體中皆受氧化，均為熱及筋力之來源也。礦質供給材料，以造身體之強固組織，且有其他更複雜之功用。若食物中無脂肪及碳水化合物，則蛋白質可以完全代司其職務。因食物中各種成分各有種種之用途，故為健康起見，不可不以適宜之比例混合而用之也。

茲舉幾樣食物可食部分之組成於下表，此表從錫

① Gluten

爾曼氏之“食物及滋養化學”^①中摘來。

| | 水 (%) | 蛋白質 (%) | 脂肪 (%) | 碳水化 物(%) | 灰 (%) |
|------------------------|----------|------------|-----------|-------------|----------|
| 牛肉(除去可目見 之脂肪者)..... | 73.8 | 22.1 | 2.9 | | 1.2 |
| 火腿(瘦)(烟)..... | 53.5 | 20.2 | 20.8 | | 5.5 |
| 鮭..... | 64.6 | 21.2 | 12.8 | | 1.4 |
| 雞蛋..... | 73.7 | 14.8 | 10.5 | | 1.0 |
| 牛乳..... | 87.0 | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 0.7 |
| 牛酪..... | 11.0 | 1.0 | 85.0 | | 3.0 |
| 燕麥..... | 7.3 | 16.1 | 7.2 | 67.5 | 1.9 |
| 米..... | 12.3 | 8.0 | 0.3 | 79.0 | 0.4 |
| 麥粉..... | 11.9 | 13.3 | 1.5 | 72.7 | 0.6 |
| 白麵包..... | 25.3 | 9.2 | 1.3 | 53.1 | 1.1 |
| 乾荳..... | 12.6 | 22.5 | 1.8 | 59.6 | 3.5 |
| 青穀..... | 75.4 | 3.1 | 1.1 | 19.7 | 0.7 |
| 馬鈴薯..... | 78.3 | 2.2 | 0.1 | 18.4 | 1.0 |
| 番茄子..... | 94.3 | 0.9 | 0.4 | 3.9 | 0.5 |
| 蕪菜..... | 84.6 | 0.4 | 0.5 | 14.2 | 0.3 |

461. 天然間碳之循環.

植物由空氣中吸取之二氧化碳,以日光所與之能力,與水及其他由泥土中收取之小量物質起作用,變成碳之複雜化合物,以構成植物細胞組織之主要部分.一面有此作用,而一面放還氧於空中.此等變化所成之化合物,其所具之能比其成分之各物質更富,蓋此能之來源為日光也.

① Sherman's "Chemistry of Food and Nutrition"

設植物於空氣中燒之，或使之腐爛，則大部分逆行其構成植物成分時之變化。碳及氫與空氣中取來之氧化合，成二氧化碳及水，而由日光攝取之能則以熱之形式放出。若植物作用食物，則其中之化合物利用於構造身體之組織，并為能之本源。總之碳及氫最後必與吸收之氧化合，成二氧化碳及水，二者輪次發出。食物所有之能一部分以熱之形式放出以維持體溫，而一部分則成筋肉之能。植物原由空氣中吸取二氧化碳，故如此仍得回復，而變化之循環以成。

練習問題

1. 蟻酸有何用途？參考字典，以釋蟻酸四名之 formic 一字之起源及意義。
2. 設右旋糖全部變成醋酸，問製含有法定之醋酸之醋 100 斤須右旋糖若干重量？
3. 葡萄汁釀酒時有酸式酒石酸鉀分出，其故安在？
4. 鋁為三價金屬。試書硬脂酸鋁；酒石酸鋁；檸檬酸鋁；等之式。

① Potassium acid tartrate

第二十八章

磷^①族

| 元素之名 | 符號 | 原子量 | 密度 | 融點 |
|------|----|-------|------|------|
| 磷 | P | 31.04 | 1.8 | 44° |
| 砷 | As | 74.96 | 5.73 | 350° |
| 銻 | Sb | 120.2 | 6.7 | 630° |
| 鉍 | Bi | 208.0 | 9.8 | 371° |

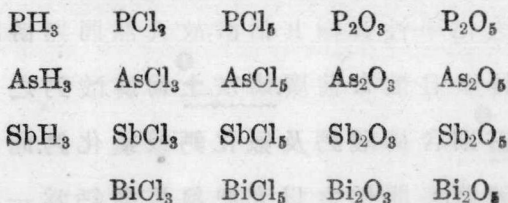
462. 磷族.

此族之諸元素與氮同類,故其所成化合物,大都相似,其物理的性質均逐漸變遷,如上表所示,其化學行爲亦有同樣的變遷,磷爲成酸之元素,鉍爲金屬,其餘二元素之性界乎其中。

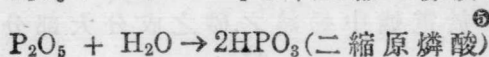
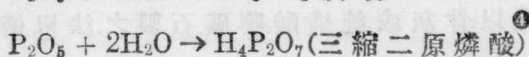
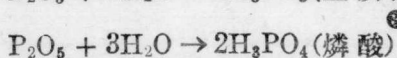
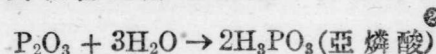
463. 化合物.

此族元素所成之化合物,其組成大概相同,示之如下表:

① The phosphorus family



磷、砷及銻之氧化物均爲酐^①(縮水酸)。此三元素每種至少有四種酸之鹽已經查出，然其酸則有非穩固者。此酸與其相當之酐之關係，可以磷爲例，表之如下：



磷

464. 歷史.

磷元素，係漢堡^⑦之煉金家布藍德^⑤氏於1669年當其研究哲學家之石^①時所發見。因其性質奇特而其製法又屬祕密，故從前磷爲極稀貴之物；惟近代因製火柴需要之故始有大量之產出。

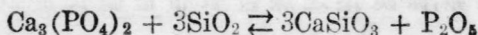
465. 所在.

① Acid Anhydrides ② Phosphorous acid ③ Phosphoric acid ④ Pyrophosphoric acid ⑤ Metaphosphoric acid ⑥ Phosphorus ⑦ Hamburg ⑧ Brand ⑨ Philosopher's stone

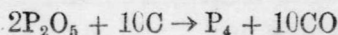
磷之化學性質極其活潑，故天然間無游離之磷。惟磷酸鹽極多且散布甚廣，燐灰土^①為磷酸鈣之主要礦物，而燐灰石^②則含磷酸鈣及氟化鈣或氯化鈣。此類礦物成極大之礦藏，多開採之以充肥料。磷酸鈣為一切肥土之成分，蓋岩石含磷酸鈣者崩壞後浸入土中故也。磷酸鈣亦為動物骨骼之主要礦物成分，故骨灰變為純粹之磷酸鈣。

466. 製備.

磷，現以骨灰或純磷酸鹽礦石製之。法以磷酸鹽加砂及炭共置於電爐中灼熱之。砂之成分大部分為石英^③ (SiO₂)，而石英為一縮原硅酸^④ (H₂SiO₃) 之縮水物。於極高之溫度，磷酐為揮發質，而在同溫度之石英則不然，故磷酸鈣與石英加熱，則起平衡如下：



此反應中所成之磷酐，被碳還原如下：



材料由 A 處以螺旋 B 捲入(圖 138)，磷蒸氣由 D 逃散，凝結於水中；而硅酸鈣則成液體由 C 流出。此法所得之磷不純潔，須以蒸餾法淨之，或熔之使壓過濾布以淨之。

① Phosphorite ② Apatite ③ Silica ④ Metasilicic acid

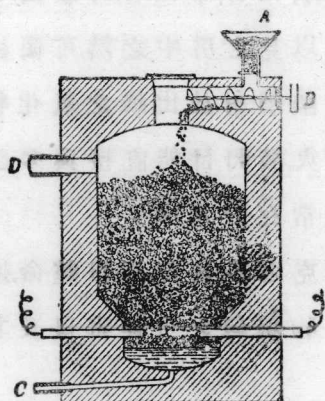


圖 138. 製磷之電爐。



圖 139. 白磷條。

467. 性質。

提淨之磷，謂之白磷^①或黃磷^②，乃幾無色半透明蠟狀之固體，其融點為 44° ，沸點 287° 。故擲於溫水中則能成各種之形，市上所售者常為桿形（圖 139），可以刀切之，然切時須置磷於水中因其極易燃燒，若於空氣中切之，刀則身摩擦發熱，足以使之起火故也。磷不溶解於水，然他種液體如二硫化碳者能溶解之。磷之密度係 1.8。磷蒸氣一克分子量之體積（22.4 呎）約重 128 克，約抵其原子量之四倍，故其分子式為 P_4 。

468. 化學行爲。

① White phosphorus ② Yellow phosphorus

磷暴於空氣中則漸與氧化合，而化合時放出一種淡光，或曰磷光^①，祇於暗處可以見之。房中之熱，可使磷之溫度升高至其燃點，燃時火燄噴射放出磷之氧化物之濃烟。若在純養氣中燃燒，則火燄閃目，能直接與多數元素化合。因對氧極有愛力，故常存貯水中。

磷性極毒，由 0.2 至 0.3 克之小量即可以斃命。磷與麥粉、脂肪油或其他同類之物調勻之可作毒鼠及其他害蟲之毒藥用。

469. 紅磷。

白磷久置則漸起顯著之變化，成一種深紅色之粉末，其密度由 2.1 至 2.38，謂之紅磷^②。其性不若白磷易燃，亦不溶解於二硫化碳。紅磷無毒，實係完全與白磷不同之物質。白磷變為紅磷之速度，視溫度之升高而增加，故紅磷之製法，係以白磷熱至比其沸點稍低之點即得。紅磷若蒸餾之而又急速使之凝結，則復變成白磷。此與前述之通則尚符合；即前謂凡成多形之物質，若由氣體凝結或由液體結晶，則不穩固之形先成，而後漸漸變成穩固之形也。

470. 火柴。

① Phosphorescence ② Red phosphorus

磷之主要用途爲製造火柴，普通所用火柴有二種。通常摩擦火柴之製法，先以柴棍蘸引火之物，如融化之石蠟之類，再蘸於糊內。糊中含有(1)三硫化四磷(P_4S_3)^①，(2)氧化物，如二氧化錳或氯酸鉀，(3)膠合質，常用一種樹膠。三硫化四磷經摩擦即燃，因氧化劑維持其燃燒，石蠟亦燃燒，因而傳至柴棍使燃燒。硫火柴係以硫代替石蠟而製成者。

黑頭火柴或稱保險火柴^②，其製法係用紅燐氧化劑，及一種含砂物質如玻璃末等之混合物塗於匣旁，而火柴頭則以氧化劑及易氧化物質如硫化銻等製之。此火柴不易以摩擦力燃之，然於所製成之匣邊擦之則立燃。

從前火柴以白磷製之，而工人常受面骨之劇病。因此含白磷之火柴，歐洲諸國禁製並禁用之。化合物 P_4S_3 易由白磷製之，亦可供此目的之用且不致病。1918年，美國政府對於白磷火柴以重稅(每百支火柴二分美金)禁之，同時且禁止此種火柴之進出口。

471. 磷之氫化物——磷化三氫

磷與氫成數種化合物，其最著者爲磷化三氫(PH_3)^③，此物與鹵精之式(NH_3)相似。

製磷化三氫最簡便之法，以水與二磷化三鈣^④作用

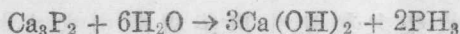
① Phosphorus sesquisulphide

② Safety match

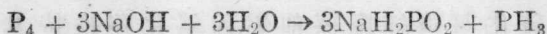
③ Phosphine

④ Calcium phosphide

即得：



以白磷置氫氧化鈉之濃溶液中煮沸之，更爲利便之製法，其反應頗複雜：



磷化三氫係氣體，臭不可聞，極有毒，亦如砷精能與造鹽元素之酸化合而成鹽，如氯化磷(PH_4Cl)與氯化銨(NH_4Cl)相似，惟磷鹽並不甚緊要。

磷化三氫以圖140所示之裝置製之最便。氫氧化鈉之濃溶液與數小片之磷置A瓶中，由B管通煤氣入於瓶內，俟空氣全行排淨爲止。然後將瓶加熱，則磷化三氫成小量，由導管逃散，此出口正在C器中水面之下。該氣體之各氣泡逃入空氣中時即燃燒，燒燃之生成物成美麗之環(P_2O_5)，漂於靜空氣中多時始沒。純粹之磷化三氫不能自行燃燒，如上製備者，因雜有磷之第二種氫化物(P_2H_4)，故燃燒。

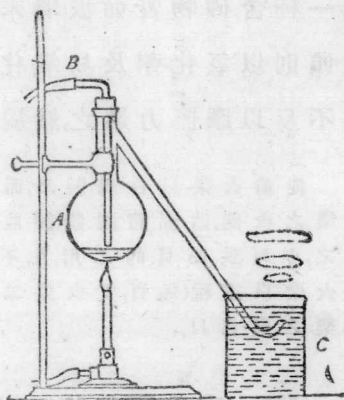


圖 140. 磷化三氫之製備。

472. 磷之氧化物。

① Phosphonium chloride

磷成二種最著之氧化物，即三氧化二磷(P_2O_3)^①及五氧化二磷(P_2O_5)^②，又名磷酐^③。磷在空氣不足處燃之，則成三氧化二磷；於純養氣中或空氣充足處燃之，則成五氧化二磷。此二種氧化物中以五氧化物為最著名。其白如雪，體積極大，係粉狀。其最著之性質，乃其吸水力極大是也。與許多氣體無化學作用，故氣體欲乾者可令之通過盛五氧化二磷之器具中則即變乾。

473. 磷之酸類.

磷之重要酸類如下：

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| H_3PO_3 | 亞磷 ^④ 酸 |
| H_3PO_4 | 磷 ^⑤ 酸(正磷 ^⑥ 酸) |
| $H_4P_2O_7$ | 三縮二原 ^⑦ 磷 ^⑧ 酸 |
| HPO_3 | 二縮原 ^⑨ 磷 ^⑩ 酸 |

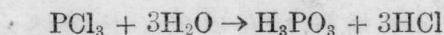
此種酸均係由磷之氧化物加不同量之水而成，其變化正如前論此族特性時(363頁)所舉之方程式所表。

474. 亞磷^④酸(H_3PO_3).

此酸及其鹽，化學上均不常見。然易製造，法以三氯

① Phosphorus trioxide ② Phosphorus pentoxide ③ Phosphoric anhydride
 ④ Phosphorus acid ⑤ Phosphoric acid ⑥ Pyrophosphoric acid
 ⑦ Metaphosphoric acid

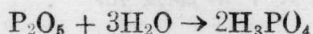
化磷加水而蒸發其溶液，則易得亞磷酸之透明結晶體：



此為有力之還原劑，因其每善吸氧而成正磷酸也。

475. 一縮原磷酸(正磷酸)(磷酸) ^①

此酸可以磷酐溶於沸水中製之，其變化如以下方
程式：



常以磷酸鈣加濃硫酸製之，所成之硫酸鈣幾不溶解，故可濾去，而所成之磷酸則留存於溶液中。極純磷酸之製法，係以硝酸令磷氧化，由此而得之大磷酸成大而無色之晶體，非常易溶於水內。

476. 一縮磷酸鹽(正磷酸鹽) ^②

因磷酸為三基酸，故成酸性鹽亦成正鹽，例如鈉有以下之化合物：

NaH_2PO_4磷酸二氫鈉 ^③

Na_2HPO_4磷酸氫二鈉 ^④

Na_3PO_4磷酸鈉(正磷酸鈉) ^⑤

① Orthophosphoric acid (phosphoric acid) ② Orthophosphates

③ Sodium dihydrogen phosphate ④ Disodium hydrogen phosphate

⑤ Normal sodium phosphate

此等鹽之製法係以磷酸加以適量之氫氧化鈉是也。磷酸亦能成混合鹽^①，混合鹽者，即含二種不同金屬之鹽也。最常見之混合鹽為小天地鹽(磷酸氫鈣鈉)^②，其式為 $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ 。

一縮磷酸鹽係一種重要之鹽類。其正鹽幾全不溶解，而天然界間產出甚多。一氫磷酸鹽^③多為不溶解者，二氫磷酸鹽^④則多數均能溶解。

佛羅里達^⑤及田納西^⑥之岩磷鹽^⑦，約含70%磷酸鈣^⑧ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ，採出之量甚巨，用於製造肥料(圖 141)。

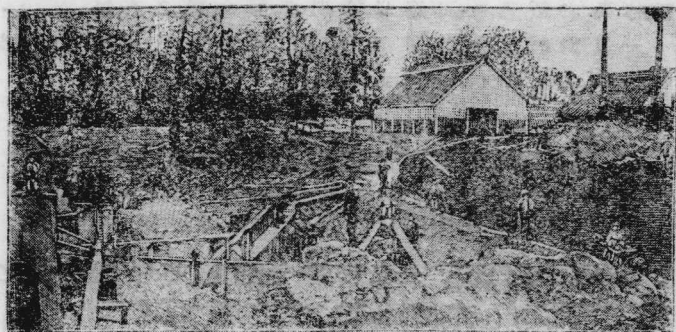
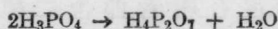


圖 141. 佛羅里達之開採岩磷鹽。

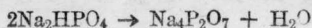
477. 三縮二原磷酸($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$)

- ① Mixed Salts ② Microcosmic Salt ③ Monohydrogen phosphate
 ④ Dihydrogen salts ⑤ Florida ⑥ Tennessee ⑦ Rock phosphates
 ⑧ Calcium phosphate

一縮原磷酸熱至 225°，則照下列方程式變成三縮二原磷酸：

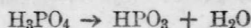


此酸係白色結晶固體。其鹽可以磷酸氫二鈉加熱製之：

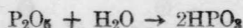


478. 二縮原磷酸(冰磷酸) (HPO₃)^①

此酸以一縮原磷酸熱至 400° 以上製之：

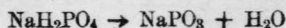
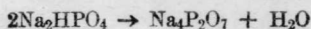


可以磷酐加冷水製之：



此酸係白色結晶固體，對熱性極堅固，故雖灼熱使之溶化揮發亦不分解。熔後復冷之則成玻璃狀固體，故又稱冰磷酸。此酸能溶解少量之金屬氧化物，而成化合物，此種化合物有幾種顯特異之顏色，故可藉以鑒別此類金屬之有無。

一氫磷酸鹽加熱，則生三縮二原磷酸鹽，而二氫磷酸鹽加熱，則成二縮原磷酸鹽。表此反應之方程式如下：



479. 磷之硫化物。

將磷及硫以種種比例混合而熱之，則得許多之磷硫化物。其中最緊要者之式為 P₄S₃，稱之為三硫化磷。^②

480. 磷之氯化物。

磷易燃於氯中，視氯所用之量之多寡成三氯化磷，^③ PCl₃ 或五氯化磷 PCl₅，前者係液體，後者係固體。二者均

① Metaphosphoric acid (glacial phosphoric acid) ② Phosphorus sesquisulphide ③ Phosphorus trichloride ④ Phosphorus Pentachloride

均重用於製備許多有機化合物。

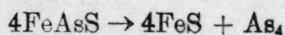
① 砷

481. 所在。

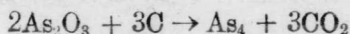
砷在天然界間產量甚大，或成天然砷或成硫化物之鷄冠石(As_2S_3)及雄黃(As_2S_2)，或成氧化物(As_2O_3)或成許多金屬硫化物之成分，如硫砷鐵礦($FeAsS$)^②是也。

482. 製備。

砷之製法係用天然砷淨之，或以硫砷鐵礦置鐵管中使不與空氣接觸而熱之，後者之反應，表之如下方程式：



砷能揮發，故至與熱鐵管相連之室中則凝結。砷又可由其氧化物加碳，使還原以製之：

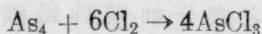


483. 性質及行爲。

砷為鋼灰色形似金屬之物質，密度 5.73。其一分子含四個原子(As_4)，正猶磷之分子。砷形雖似金屬，然極脆置諸乳鉢中極易杵碎。灼熱至高溫度則昇華，昇華者，即

① Arsenic ② Arsenopyrite

直接變成氣體而不融為液體之謂也。其氣遇冷，則又凝結成固體。砷亦如磷，可成數種同素異性體。砷能與他金屬成合金，與鉛所成之合金，尤為有用，蓋較純鉛尤硬，可用以製彈，且造成之彈更圓。置砷於木炭上以吹管灼熱，則變成氧化物，揮發而木炭上不留痕跡。砷易燃於氯中成三氯化砷：



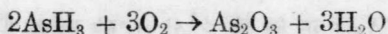
砷元素與許多砷之化合物不同，其自身無毒。

484. 砷化三氫(AsH₃)^②

凡砷之化合物與新生氫相遇，則成砷化三氫(AsH₃)與磷化三氫及砷精相似。砷之氧化物與新生氫相遇，則起反應如下：

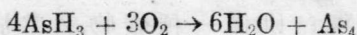


砷化三氫係氣體，有特異之蒜臭，性極毒。此氣純者之一泡，即足以致命。砷化三氫不穩固，加溫熱即分解而成分元素。砷化三氫能燃燒，燃之於空氣充足處則發淺藍白色之燄，成三氧化二砷及水：



若空氣之供給不足，則成水及金屬砷：

① Alloy ② Arsine



藉此反應可得一簡法以驗砷之有無，砷雖極微亦能檢出。

485. 馬許氏試砷法。^①

馬許氏所設試砷之法，最常用之。其裝置如圖 142 所示。A 瓶中以稀硫酸與鋅作用使生氫氣，B 管盛氯化鈣，氫過此管則變乾。再令通過硬玻璃管 C，於 D 尖以火燃之。若此時置含砷之物質於 A 器中，

則砷因新生氫之作用，成砷化三氫，與氫同至 D 尖放出。C 管中部若加強熱，則當砷化三氫經過時即分解，而砷積於熱處近邊，現櫻黑色如鏡之形。砷雖極微亦可以此法試出。C 管若不加熱，則砷化三氫

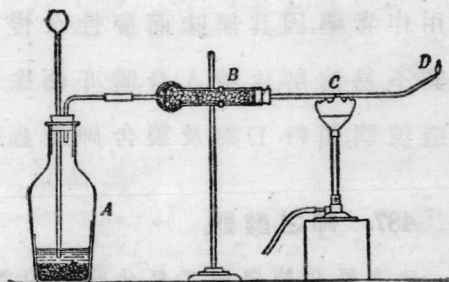


圖 142. 馬許氏試砷之裝置。

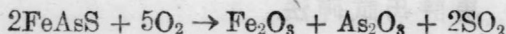
與氫同至 D 尖放出燃燒。此時若以一冷瓷皿置於火燄，則盤上現金屬砷之黑點，蓋砷化三氫因火燄之熱而分解，砷因冷瓷皿冷至燃度之下，故凝結成黑點而附於其上於(331頁)。

486. 砷之氧化物。

砷成二種氧化物，即 As_2O_3 及 As_2O_5 ，與磷之二種氧化物相似。其中三氧化二砷 (As_2O_3)^② 為最著名，平常謂

① Marsh's test for arsenic ② Arsenic trioxide

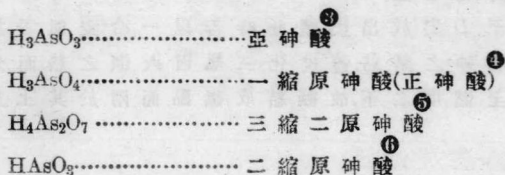
之白砒^①或曰砒霜^②。白砒係一種礦物，然常於燃金屬硫化物於空氣中之各種工業之副產物中得之。蓋此等硫化物含有小量之砷，燃之則成三氧化二砷之蒸氣與二氧化硫：



三氧化二砷通入適宜之室中凝結之，成白色結晶粉或外形似瓷之膠性巨塊，性甚毒，從 0.2 至 0.3 克，即可斃命。常用作毒藥，因其無味而發性又慢也。發性之所以緩慢，因其不易溶解，故侵入身體亦極徐緩。三氧化二砷亦充製造玻璃，顏料工業及製含砷殺蟲劑之藥料。

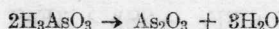
487. 砷之酸類。

砷之氧化物與磷之氧化物相似，均為酐。此氧化物於溶液內與鹽基化合而成鹽，亦似磷酸之各鹽。例如下列各酸之鹽：



此外尚有數種砷酸。此等酸非皆能取得其遊離之酸者^⑦，因其性不穩固，易失水而成其氧化物也。例如亞砷酸(H_3AsO_3)，不克取得，而只能得其氧化物(As_2O_3)：

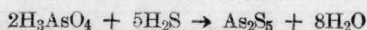
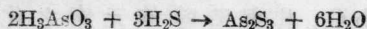
① White arsenic ② Arsenic ③ Arsenious acid ④ Orthoarsenic acid ⑤ Pyroarsenic acid ⑥ Metarsenic acid ⑦ Free acid



以上各式均能成鹽，所成之鹽多有商業上之價值。強半均不溶解，其銅鹽有呈綠色者，可作顏料用。巴黎綠^①為著名之殺蟲劑，惟其式甚複雜。砷酸鉛廣用于噴灑果樹，其式不定。

488. 砷之硫化物。

砷化合物之酸性溶液，若以硫化二氫通入，則砷成鮮黃硫化物而沉下，如



此係砷與金屬元素，相似之處，蓋多數金屬均能成此種硫化物也。砷之硫化物，無論人造者或係天然者均可用作黃色顏料。

② 銻

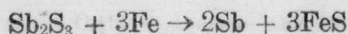
489. 所在。

銻之見於自然界間者，以硫化物(Sb_2S_3)為主體，稱為輝銻礦^③。然亦有成氧化物者，有許多複雜之礦物內，銻亦為其緊要成分。

490. 製法及性質。

銻由其硫化物製備，法極簡單。即將硫化物置爐中與碎鐵同融，則鐵與硫化合而成硫化鐵融液浮於上層，銻較重故沉於液體之下，時時取出之。反應如下方程式：

① Paris green ② Antimony ③ Stibnite



銻為呈藍白色之金屬，密度為6.7。結晶，硬而極脆。融點低(630°)，凝固時脹性甚著。

491. 化學行爲。

銻之化學性與砷相似處頗多。其所成之氧化物為 Sb_2O_3 、 Sb_2O_5 及 Sb_2O_4 。其與造鹽族元素之化合力極強，在氯中燃燒極亮，成三氯化銻(SbCl_3)。銻置於木炭上以吹管吹燒則氧化，成氧化銻層被於炭上，呈特異之藍白色。

492. 銻化三氫^①(SbH_3)。

生成銻化三氫氣體(SbH_3)之法，與生成砷化三氫之法極相似；銻化三氫之性質亦與砷化三氫之性質相似；惟銻化三氫較不穩固耳。銻化三氫性極毒。

用馬許氏試砷法中試銻，則知銻若有些須存在均變為銻化三氫，其結果亦如試砷時所見，得黑燿似鏡之附積物。惟此附積物較試砷所得者更呈黑烟，炭狀，而不溶於次氯酸鈉之溶液，然砷之附積者可以此劑溶解之。^②

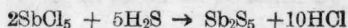
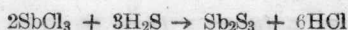
493. 銻之酸類。

銻之氧化物 Sb_2O_3 及 Sb_2O_5 係弱酸之縮水物，能成兩類之酸，其式與磷、砷之酸相似。惟較磷、砷之酸性弱，無大用處。

① Stibine ② Sodium hypochlorite

494. 銻之硫化物.

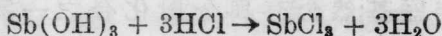
銻亦如砷,因硫化二氫通入銻化合物之酸性溶液,則銻亦成硫化物而下沉:



銻之二種硫化物謂之三硫化物^①及五硫化物^②,如上法製備者,係橙黃色,然輝銻礦係黑色。銻之硫化物用于製造火柴及紅椽皮。

495. 銻之金屬性.

銻之物理性係金屬之性,而硫化氫能令之成硫化物下沉,即表其化學性類似金屬也。其他尚有許多反應,表銻有金屬之性質,較多於其非金屬之性質。其氫氧化物 $\text{Sb}(\text{OH})_3$ 與亞砷酸相當,既有弱酸之作用,然對於強酸則如弱鹽基而作用。例如加濃基鹽酸則成三氯化銻:



許多元素之氫氧化物與銻之氫氧化物相似,可為鹽基,亦可為酸。此類氫氧化物,謂之兩性^③之氫氧化物。

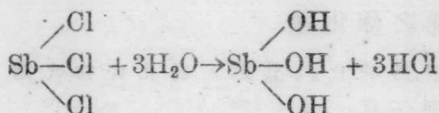
496. 銻鹽之加水分解.

氫氧化銻 $\text{Sb}(\text{OH})_3$ 為一種極弱鹽基,故其鹽類應可加水分解之(237頁)。若三氯化銻受完全之加水分解,則其方程式當如下:

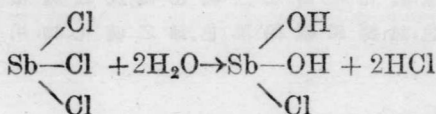
① Trisulphide

② Pentasulfide

③ Amphoteric



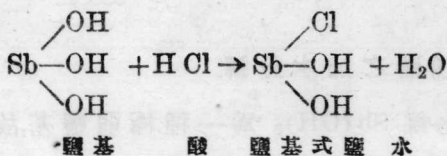
然其反應不大完全，因其三個氯離子中僅有二個與氫氧根離子置換也：



若欲防止此加水分解，應加足鹽酸，藉質量作用使^①逆進行其加水分解之反應(237頁)。

497. 鹽基式鹽及含氧鹽^②

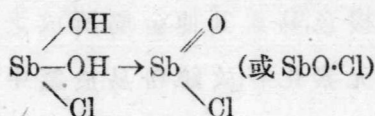
三氯化銻受部分加水分解而成之化合物，與前所見之鹽絕不相同，因該化物時含有與金屬化合之氫氧根，故應視作鹽基；然含有與金屬化合之一氯原子，故又為一種鹽，因其有鹽基及鹽二者之特性，故為鹽基式鹽(196頁)。



銻之鹽基性氯化物，容易失水，示之如下方程式

① Mass action

② Basic salts and oxyalts



所成之化合物，係氧化物而又為一種鹽，稱之曰氧氯化銻。^①

②
銻

498. 所在。

銻之發見於自然界間者常係未化合體，亦有係氧化物及硫化物者。市上所售之銻，大都從薩克森^③、墨西哥^④及科羅拉多^④而來，但銻非極多之元素。

499. 製法及性質。

銻之製法，係熱含有天然銻之礦石而使熔融之銻流入相宜器具中即得。若用他種礦石，則須先令之變氧化物，而後與炭灼熱使銻還原而出。

銻係重而脆之結晶金屬，色如銀，但略間玫瑰色，此乃其與他金屬區別之點。融度低(271°)，密度為 9.8。在尋常溫度中，與空氣無作用。

500. 化學行爲。

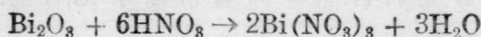
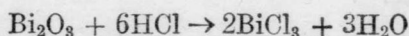
銻置木炭上以吹管吹灼之，則成氧化物 Bi_2O_3 之

① Antimony oxychloride ② Bismuth ③ Saxony ④ Colorada

薄層。此係黃褐色，易與其他金屬所成之氧化物區別。鉍易與造鹽族元素化合，故鉍粉易於氯中燃燒。其在電化次序中，位於氫下(201頁)，若無空氣則不受鹽酸之作用。

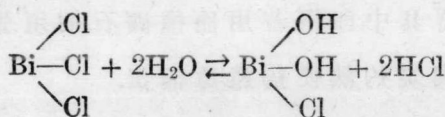
501. 鉍之化合物。

鉍與此族中其他元素不同，蓋鉍幾無酸性也。其主要之氧化物 Bi_2O_3 ，係鹽基性。溶於強酸中成鉍之鹽類：



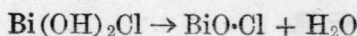
鉍之硝酸鹽及氯化物，可製得其整齊無色之晶體。

氫氧化鉍係弱鹽基，其鹽與由氫氧化銻所誘導者同，在稀溶液中受部分加水分解之作用。例如氯化鉍照下方程式起加水分解：



此係可逆之反應，加入過量之鹽酸，則該鹽基性之氯化物，可變成正氯化物。

該鹽基性之氯化物失水，則變成氧氯化鉍^①：



同樣，硝酸鉍變成硝酸鉍基質 $\text{BiO} \cdot \text{NO}_3$ 或曰次硝^②

① Bismuth oxychloride ② Bismuth oxynitrate

① 酸鋇。

合金

數種金屬一同融合則全體混勻，冷後成一種狀似金屬之物質，謂之合金，學名為齊。然非一切金屬俱可如此法鑄合，有時成一種化合物，速混合物冷後凝固，則此化合物分出，失去所謂合金之均勻性，故並不能和合。大概合金之融點，均較低於其成分各融點之平均數，且常較其每種元素之融點均低。

502. 銻與鋇之合金。

銻及鋇二者，均易與許多他種金屬成合金。所成之合金，重而易融，不易氧化亦不與水作用，且大概均極適於許多工業上之用途。此二金屬之主要用途即為製造合金。

銻能使其合金凝固時稍有膨脹之性質，因此以之製造印模極為有用，尤以極小字之印模為利便。印模金^②含銻、鉛、錫三金屬。白彌氏金^③為機器內之樞軸所用之合金，其所含之金屬同上，然其所摻合之比例則不同，此外更有銅一小部分。

鋇可以之製造融點極低之合金，故特有價值。例如

① Subnitrate ② Type metal ③ Babbitt metal

① 武德金 含鈹,鉛,錫,鎢,融點 60.5° , 此種合金之融點低故實際上利用之以製房屋中之自動火簾及自動撒水器,鍋爐之安全塞子及許多相同之器具。

圖 143 示一火簾,用二鐵線(A,A)支之,而(A,A)以鈹之合金接之于 B 處,火起時該合金融化,而支簾之鐵線即解,簾乃自下以蔽戶。

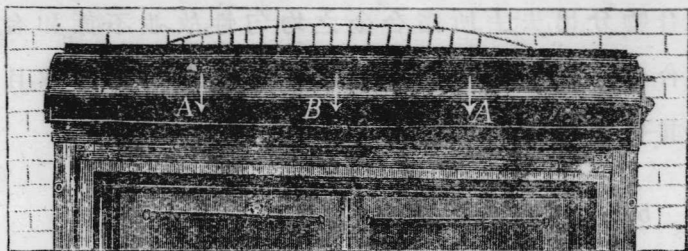


圖 143. 戶上之自動火簾。

習練問題

1. 磷字之來源如何?
2. 磷與溴,碘化合物成何化合物?試書此等化合物與水作用之方程式。
3. 製磷化三氫時,煤氣何以預通入瓶中?此外有何氣體可以代之?
4. 試書磷化三氫與碘氫酸所成之鹽之式,並舉此化合物之名。
5. 製備平常酸類時,磷酸可以代硫酸否?
6. 若欲製備一縮原磷酸(正磷酸)之鈉鹽三種,試書其方程式。
7. 何以正磷酸鈉之溶液有鹼性之反應?

① Wood's metal ② Normal sodium phosphate

8. 假設骨灰爲純粹之磷酸鈣，若欲製磷一缸，問須用骨灰重量若干？
9. 若砷硫鐵礦(毒砂)^①在空氣中灼熱之，問成何種物質？
10. (a) 設硫化二氫，甲烷，及砷化三氫完全燃燒，試各書其反應之方程式。(b) 此三種反應有何相同之處？
11. 馬許氏試砷所需之一切反應，試以方程式書出之。
12. 試書銻之酸類之名及式。
13. 試書三氯化銻及硝酸銻加水分解之各方程式。
14. 氮與磷族中元素有何相似之點？
15. 砷硫鐵礦(毒砂)一缸可製三氧化砷若干重？
16. 設欲製備氧氯化銻 1 缸，問須銻若干重？
15. 設欲製銻 10 缸，問須輝銻礦若干重？

① Arsenopyrite

第二十九章

硅 鎢 硼

| 元 素 之 名 | 符 號 | 原 子 量 | 密 度 | 氯 化 物 | 氧 化 物 |
|---------|-----|-------|------|-------------------|-------------------------------|
| 硅 | Si | 28.3 | 2.35 | SiCl ₄ | SiO ₂ |
| 鎢 | Ti | 48.1 | 3.5 | TiCl ₄ | TiO ₂ |
| 硼 | B | 11.0 | 2.45 | BCl ₃ | B ₂ O ₃ |

503. 總論.

硅,鎢及硼三元素,在週期族中,其族均不同;然其類均極相近,且其物理性,化學活動均極相似,其各族中之他元素,或因稀少而無須詳究,或因其宜與他元素連述方易了解,故茲將此三元素共同論列也。

① 硅

504. 所在.

硅為次於氧之最多元素,因地殼構成含此元素計占28%。各種花崗岩,片麻岩,砂岩,泥板岩,黏土及泥灰岩

① Silicon

等均含硅甚多；惟石灰石及白雲石爲地質上不含硅之重要地層。其化合物有爲動植物所同化，故有許多水族有機體之外殼爲硅之化合物所構成。

505. 硅。

試驗室中結晶硅之最易製法即用鋁還原其二氧化物是也。



所成之硅如熔化之鋁過多則溶於其中，逮該溶液冷凝而以鹽酸處理之，則鋁溶解於鹽酸中，而硅留下呈金屬光亮之針形。使二氧化硅爲碳所還原之製硅方法，常因過量之碳易與所成之硅化合成碳化物而發生困難。然此現已大加改良，故巨量純硅皆用此法製之。將硅及鐵之氧化物之混合物用碳還原之，則得該二元素之合金，謂之鐵硅齊^①。此合金及純硅，重用於冶鐵術上。

506. 性質。

硅極似碳，可得其無定形及如金剛石之結晶晶體。極硬，易劃玻璃，密度 2.35。其融點約 1420°。硅塊極脆，斷口呈結晶狀，發金屬如銀之光。

硅在常溫性不活潑，在高溫度則與大多數元素化

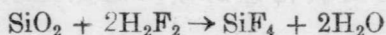
① Ferrosilicon

合成硅化物；如硅化二鎂 (Mg_2Si) 及硅化碳 (CSi) 等是也。

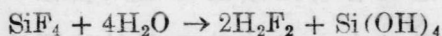
507. 硅與氫及造鹽族元素之化合物。

硅化四氫之式 (SiH_4) 與甲烷 (CH_4) 相似，然其性質則與磷化三氫 (PH_3) 相同。硅化四氫為極易燃燒而有惡臭之氣體，尋常所製者可以自行發火，因有不潔物故也。

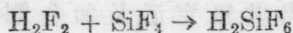
硅與氯族元素化合成 ($SiCl_4$) 及 (SiF_4) 等，其中以四氟化硅 (SiF_4) 為最常見而最有趣。前論氟時曾述其製法，係以氟氫酸加於二氧化硅或硅酸鹽即得。若用二氧化硅，則其反應如次：



四氟化硅係極易揮發不能目擊之有毒氣體。與水相遇則起部分分解，如以下之方程式：



如此所成之氟氫酸與再加之氟化硅化合，則成複雜之硅氟氫酸 (H_2SiF_6)：



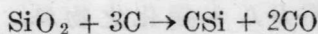
508. 硅化物

正如其名所示，硅化物係硅及其他一元素之化合

① Silicides ② Fluosilicic acid

物。在高溫度時其性極穩固，其製法係以硅與一種元素同置於電爐中熱之即得。

硅化物之最重要者為金剛砂^①，乃碳之硅化物，式為CSi。其製法係以焦煤加砂置電爐中灼熱之，耐亞嘎拉瀑布處，製造此物甚多。下之方程式即表其反應：



如此製成之物質，係紫黑色而有美觀之晶體，硬度過此者僅有如金剛石及碳化硼等數種物質而已。金剛砂可作琢磨硬物之用。圖 144 示金剛砂之結晶二種及由金

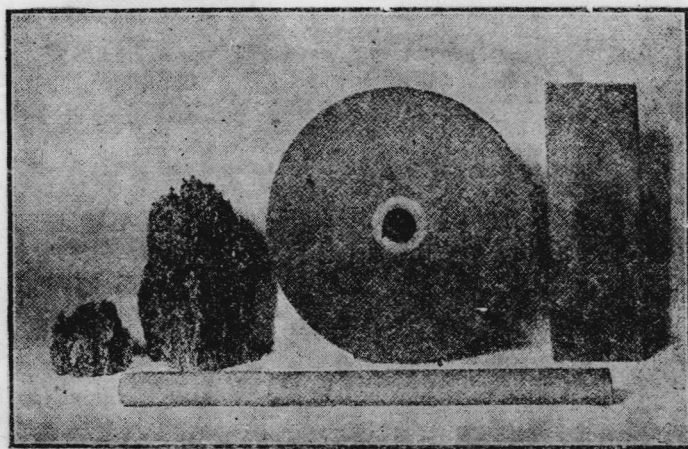


圖 144. 金剛砂之結晶及金剛砂製之磨琢器。

剛砂製成之磨石及磨輪，以示其用途之一二。

① Carborundum

509. 金剛砂之製造.

將製金剛砂之混合物,置於一大抵抗爐中熱之,該爐與製造石墨時所用者同(圖 119).圖 145 示該爐裝料後之斷面. *A* 為碳核, *B* 係焦煤及砂.圖 146 表加熱後之形狀. *A* 為碳核圍以結晶金剛砂 *B*. 其外周係一層無定形之金剛砂 *C*, 而 *D* 乃未變化之物料.

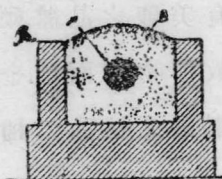


圖 145. 裝料後未加熱前之金剛砂爐之斷面.

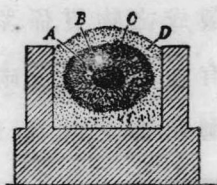


圖 146. 加熱後金剛砂爐之斷面.

510. 二氧化硅(矽石)^①(SiO₂).

此物在天然間之種類甚多,有無定形者,有結晶形者.若係石英^②(圖 147)則成極可觀之六邊三稜體,有時其晶體甚大.純者為完全無色透明體.各種有顏色者,均有特別之名,例如紫晶^③(堇色),玫晶^④粉紅,墨晶^⑤(黑色),乳晶^⑥(白色).此外更有數種二氧化硅,亦有含水者,如玉髓^⑦,縞瑪瑙^⑧,碧玉^⑨,蛋白石^⑩,瑪瑙^⑪,燧石^⑫.砂及砂岩之主分均為二氧化硅.

- ① Silicon dioxide (silica) ② Quartz ③ Amethyst ④ Rose quartz
⑤ Smoky quartz ⑥ Milky quartz ⑦ Chalcedony ⑧ Onyx ⑨ Jasper
⑩ Opal ⑪ Agate ⑫ Felint

一種微生物浸液蟲^①之軀殼幾全為硅石所構成。有

數地域積藏此等軀殼甚多，成極細小尖利之砂謂之硅藻土^②。此物常作琢磨粉，而用以作琢磨肥皂之原料為尤著。

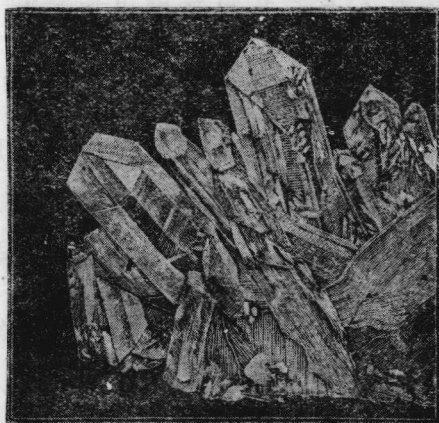


圖 147. 水晶羣。

511. 性質。

以化學方法所得之二氧化硅，係無定形之白粉。結晶者極硬，密度為 2.6。純硅石約在 1600° 開始軟化，在稍高於此之溫度硅石可抽線，如玻璃然吹之成管及器具，型成大盃及筒，以充化學工業之用。此種器皿較不受普通藥劑之侵蝕，即溫度起大變更亦無十分脹縮。故石英製之器皿亦熱後投

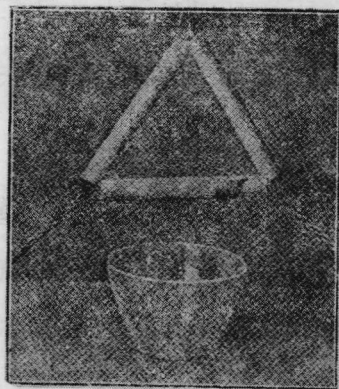


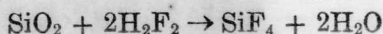
圖 148. 石英製之坩堝及三角架。

① Infusoria ② Infusorial earth

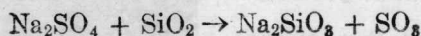
之冷水中不至破裂。圖 184 表一石英製坩堝及鐵線三角形上之石英製管，坩堝加熱時即以該管支之。

512. 化學行爲。

硅石不溶於水及大部分之酸，性極穩固，故唯極有力之還原劑於極高之溫度可以取其所含之氧，易與氟氫酸作用 (280 頁)，其方程式如下：



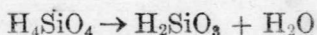
因二氧化硅係一種酐，故能溶解於熔融之鹼中成硅酸鹽^①。二氧化硅不揮發，故若與他種鹽同加高熱，則能將多數他種酐蒸出，所成之硅酸鹽若能熔融尤然。以下之方程式即說明此性質：



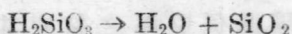
513. 簡單硅酸^②。

硅成二種簡單酸類，即爲原硅酸^③ (H_4SiO_4) 及一縮原硅酸^④ (H_2SiO_3)。若以一種強酸 (如鹽酸) 加於原硅酸鹽，則現凝凍塊狀之原硅酸之狀。若欲令此酸變乾，則即縮去水變成一縮原硅酸：

① Silicates ② Simple silicic acid ③ Orthosilicic acid ④ Meta-silicic acid



一縮原硅酸若更灼熱，則分開成二氧化硅及水：



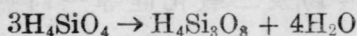
此二種硅酸均極弱，其可溶解之鹽類在溶液中頗易起加水分解。

514. 硅酸之鹽；硅酸鹽。

天然界間所產原硅酸及一縮原硅酸之鹽甚多，如雲母^①($KAlSi_3O_{10}$)係原硅酸之一種混合鹽，硅灰石^②($CaSiO_3$)係二縮原硅酸鹽。

515. 縮合硅酸。

硅能成許多複雜酸類，可視為由數分子之原硅酸互相化合縮水而成者，謂之縮合硅酸^③。例如：



此等縮合硅酸之鹽構成地殼之大部，如長石^④，式為 $KAlSi_3O_8$ ，係縮合硅酸($H_4Si_3O_8$)之混合鹽，此酸即係照上方程式變成高嶺土^⑤即純黏土，式為 $H_4Al_2Si_2O_9$ ，或寫為 $Al_2Si_2O_7 \cdot 2H_2O$ 較為普通。花崗岩^⑥含結晶之長石及雲母而以無定形硅石黏結而成者也。

① Mica ② Wollastonite ③ Condensed silicic acid ④ Feldspar

⑤ Kaolin ⑥ Granite

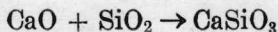
516. 水玻璃^①

硅酸鈉(Na_2SiO_3)或硅酸鉀(K_2SiO_3)或二者混合之濃溶液謂之水玻璃。此係堅厚之黏液，其製法係以砂與鉀或鈉之碳酸鹽融之即得。有極強之鹼性反應，因此等鹽易起加水分解也。水玻璃之用途係以紬平疎鬆物質，如木頭，石，石膏等之面可以防水；使簾不着火；充玻璃及陶器之膠；及充劣等肥皂之成分。

水玻璃之填孔性質，可利用以保存雞卵，得供冬天之需要。雞卵裝入瓶中，以一種液體，即以市上水玻璃 1 體積與水 10 體積合成者蓋之，再加融石蠟(Paraffin)少許於液之上面，則石蠟即凝固蔽斷外面之空氣。此法可保存鮮蛋八個月至十個月之久而不壞。

517. 玻璃^②

硅酸鈉，硅酸鈣，及二氧化硅等一同熱至極高溫度，則該混合物漸漸融成透明之液體，冷則變成硬質，名曰玻璃。若不用硅酸鈉與硅酸鈣而用碳酸鈉(或硫酸鈉)與石灰再多加淨砂灼熱之，則成硅酸鹽如下，此法較第一法便，且省費：



① Water glass ② Glass

518. 型玻璃及吹玻璃。^①

玻璃製造廠中之處理融混合物之方法，全視欲製之器皿而定。器皿如瓶係將軟玻璃傾於中空之模內而吹之。模先打開，用中空之棒使其端上離一堆軟玻璃置於模中，於是將模合攏。在棒之他端吹之，則玻璃變成如模之形狀，而後開模（圖 149），將瓶取出。瓶頂須於相當之處截去，其尖邊以火燄融之使圓。現時造瓶，多用機器，先作成瓶頸，以壓縮空氣吹之成瓶。

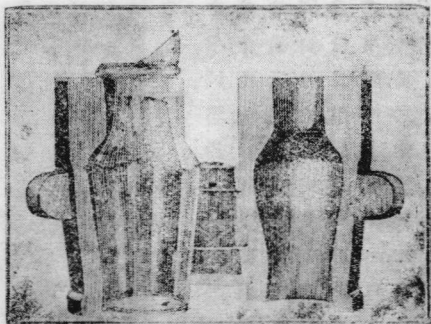


圖 149. 於模中製玻璃器。

其他器皿如燈罩，玻璃杯，廣口杯等之製法，乃置於模中且轉且吹以成之，故無模縫之痕跡。窗玻璃之製法，乃離一堆熔融玻璃於中空之棒端（圖 150），吹成一大空圓筒（圖 151），形長約六呎，直徑一呎六吋。沿直向裁之，置於爐中，熱之使軟，（圖 152）展成平板，任意截成大小尺寸。同樣圓筒之現在製法，係用中空管插入熔融玻璃中，徐徐抽出，而一面用壓縮空氣吹入管中即得。此法可製成極長之圓筒。玻璃板之製法：先鑄成平板（圖 153），磨之擦之，成完全之平板（圖 154）。

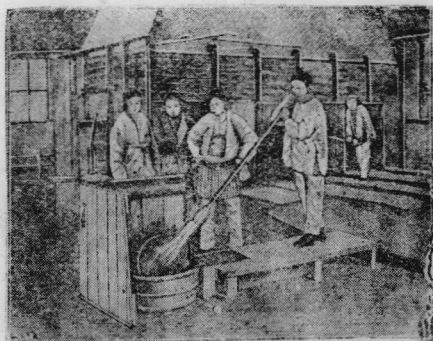


圖 150. 造窗玻璃之第一步：吹成球形。

① Molding and blowing glass

519. 玻璃之種類。

用碳酸鈉、石灰及砂製成之玻璃，軟而易融。若以碳酸鉀代碳酸鈉，則所成之玻璃，即硬而難融；增加砂量，結果亦同。耶

那玻璃為鉀玻璃之一，常用以製造化學器具，因其能抵抗試驗藥之作用，比鈉玻璃為佳也。設以氧化鉛代替全部或一部之石灰，則所成之玻璃極軟，然折光性甚高，可用以製造光學器具及人造寶石（寶石）等，頗有價值。

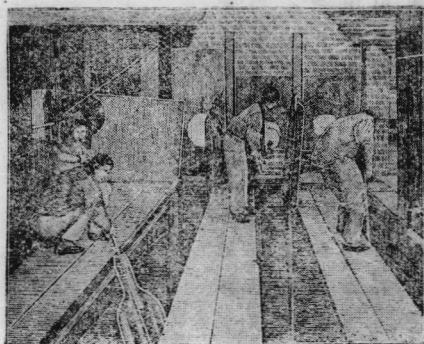


圖 151. 造窗玻璃之第二步：吹成圓筒。

520. 玻璃着色。

許多物質與玻璃混合一同融之，則令玻璃有特別之顏色。普通玻璃瓶之琥珀色，係有鐵之化合物所致；鐵又能令玻璃現綠色。鈷之化合物能令現深藍色，錳之化合物能使現紫色，而鈷之化合物能令生特別黃綠色。砂中常含鐵，故若不氧化劑則恒使玻璃成綠色。然加入二氧錳，則大可除去綠色，因該氧化物能氧化鐵之化合物使

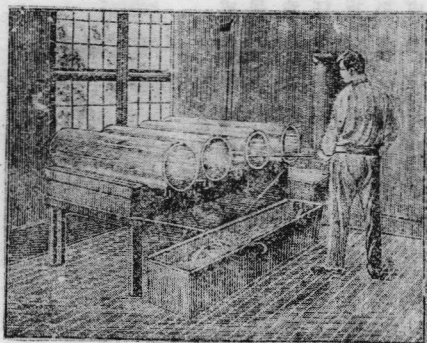


圖 152. 造窗玻璃之第三步：截開圓筒。

黃色，而此黃色又因錳而中和，蓋鐵所生之黃色與錳所生之紫色，互為餘色，故結果成白色也。

521. 玻璃之性質。

玻璃非一定的化合物，其組成大有不同。熔融玻璃實係各種硅酸鹽之溶液，如鈣、鉛之硅酸鹽溶解於已融之硅酸鈉或硅酸鉀中是也。其中亦含有少許二氧化硅。將此溶液冷之，弗使其溶質與溶劑分離，使玻璃着色之化合物有時變成硅酸鹽，溶解於玻璃中，與以均勻之色。其他

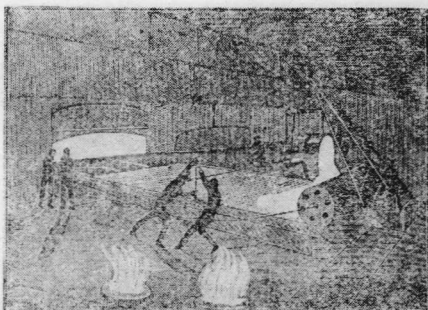


圖 153. 鑄玻璃板及碾玻璃板。

如乳玻璃^①，外觀與瓷相似，其所以有不透明之色者，乃因顏料分爲極細極勻之點均播於其中，然並非溶解也。乳玻璃之製法係將四氫化鈣，氧化錫，或其他種不溶解之物質混合於已融玻璃中。碲，金，或氧化二銅之極細粉末，散播玻璃中，則生紅色(紅玻璃)^②。

522. 琺瑯^③。

金屬器皿如烹調器及浴桶等之表面，常用一種不透明之玻璃包之，此種玻璃謂之琺瑯(花崗岩器或瑪瑙器)其中不

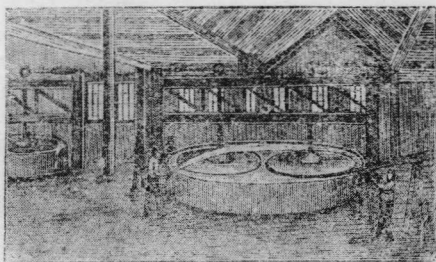


圖 154. 磨玻璃板。

① Milky glass ② Ruby glass ③ Enamels

含硅石，而含三氧化二硼(B₂O₃)，不含氧化鈣，而含種種金屬如鋇，鋅，或鉛等之氧化物。

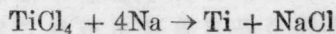
① 鎇

523. 所在。

鎇在天然間產出較少，常成二氧化物(TiO₂)曰金紅石，或成鎇酸鐵(FeTiO₃)曰鎇鐵礦，有時為一種磁鐵礦之成分。

524. 鎇。

鎇之製法係置其氧化物與碳於電爐中使之還原即得。但以此法製得者，含碳且每常含氮。極純之鎇曾經製成，法於封閉之鋼球使氯化鎇作用於鈉即得：



鎇若含碳則硬而脆。融點在鉑之上，約 1800° 比重為 4.5。

鎇之一種合金名鎇鐵其製法係用碳使富於鎇之鐵礦還原。此合金在耐亞嘎拉瀑布處製出，規模頗大，用於製造鎇鋼。鎇鐵含 15.5% 鎇，1.4% 硅，7.5% 碳，及 74.3% 鐵。

鎇在高溫度時，極易與氮化合氮化鎇 TiN，即此直

① Titanium ② Rutile ③ Ilmenite ④ Ferrotitanium

接化成者。故氮化鎳常於過量通氣器中製鎳時生成，從前誤以為此化合物即鎳元素。鎳鍊含鎳之鐵鑛時，見一種形如結晶銅之物質存於渣滓中或附於爐壁上，此物亦曾視為鎳金屬，但今已查知其式為 $Ti_{10}C_2N_8$ 。

525. 鎳之化合物。

鎳之化合物與硅之化合物極相似。二氧化鎳亦如二氧化硅，係一種酞，能成多種之酸，與各種硅酸甚相似。鎳酸比硅酸尤弱，其鹽更易起加水分解。鎳氟酸(H_2TiF_6)及其鹽為鎳酸及其鹽中之最著名者。

① 硼

526. 所在。

硼之見於自然界間者為硼酸^②(H_3BO_3)及存於縮合硼酸^③之鹽中，縮合硼酸之式極複雜。

527. 製法及性質。

純硼極不易製備，已知者僅無定形之硼。其電抵抗適溫度之增減而大變，硼之廣用職是之故。

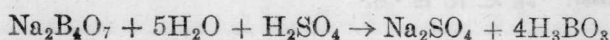
528. 硼酸(H_3BO_3)。

硼酸曾經查出溶存於許多地方熱泉中，尤以意大利

① Boron ② Boric acid ③ Condensed boric acids

利爲著。硼酸既能與水蒸氣揮發，故由此種熱泉所放出之蒸汽中含有硼酸。若將此水凝集之，蒸發之，則能由此製備硼酸。且所須之熱可由熱泉供給也。

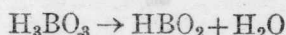
硼酸製法，常以硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) 之熱濃溶液使與硫酸作用。硼酸因僅些須溶解於水，故冷之即結晶而析出：



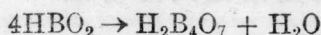
硼酸結晶，形如珠片，觸之有滑性。此係溫和之消毒劑，故常作藥用，尤充洗眼藥水之用。其酸性極微弱。

529. 一縮原硼酸及五縮四原硼酸^①

硼酸加溫熱，則變爲一縮原硼酸 (HBO_2):



一縮原硼酸再熱至稍高溫度，則成五縮四原硼酸 ($\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$):



530. 硼砂。

五縮四原硼酸之鈉鹽，其式爲 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 。硼砂即此鹽之含水物 (263 頁)，式或爲 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，或爲 $\text{Na}_2\text{B}_5\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，隨結晶時之溫度而異。產於乾燥之地，如南加利福尼亞及西藏但現今市上多由硼酸鈣礦^②製之。此係複

① Metaboric acid and tetraboric acid ② Borax ③ Colemanite

維硼酸之鈣鹽 $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

於加利福尼亞州成大礦藏。若以碳酸鈉之溶液處理之，則碳酸鈣即沉澱，而硼酸即由溶液中析出。圖 155，示硼酸鈣礦之標本。

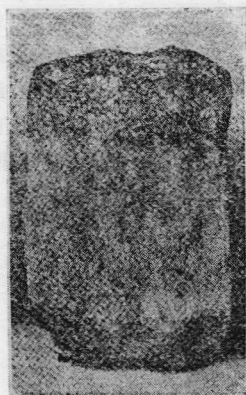


圖 155. 硼酸鈣礦之標本。

硼酸加熱，首則大起膨脹，次則熔成透明之玻璃。此玻璃易溶許多金屬氧化物，故用於鍍鈦，因金屬表面常有氧化物之薄層，而藉硼砂以除之也。此等氧化物常使清澈之硼砂玻璃有特別之色，故硼砂珠常用以試驗金屬之有無。

金屬氧化物之所以溶解於硼砂者，因硼砂含鹵過多之故，將其方程式書作 $2\text{NaBO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$ 便更了然。金屬氧化物與此過多之鹵化合，則成一縮原硼酸之混合鹽。

硼砂之用途甚大，如充金屬器及陶器等之琺瑯及藥成分，又用於軟化硬水以供家常之用，及弱鹼（似肥皂），消毒劑，鍍術等。

練習問題

1. 硅及金剛砂二者均可熱砂與碳以製之，試說明其由。

2. 硼砂之水溶液呈鹼性;試說明其理由。
3. 一噸硼砂所含之結晶水計重若干?
4. 一噸硼酸鈣礦,能製硼砂若重干?
5. 由硅酸鈉所造之玻璃不適常用何故?
6. 試計長石之百分組成。
7. 長石與陶土,何者含硅之百分率大?

第三十章

膠態^①

加少許硫酸或鹽酸於稍稀之水玻璃(硅酸鈉)溶液中,並無極顯著之變化發生。然若放置試管數小時後察之,將見管中之溶液形成清徹粘性之凍膠。此種凍膠,主要成分爲水及硅酸。

同樣置少許乾膠於溫湯中,則漲大而溶解於其中,然將溶液冷之,則溶質變成凍膠。許多物質均呈此種凍膠狀,尤以有機物質爲然;此等物質,從來總稱之曰膠體^②。

531. 膠體之二態

由上可知所述之兩種膠體,均能以二種形態存在。即其初則似普通溶液,而繼則呈凍膠態也。其溶液非真溶液,特極細之物質,懸泛於溶劑中,致與溶液極相似耳。其與真溶液之不同,可以下法證之。

太陽光線經過極潔空氣之中,則光徑不見,光線不顯;然若光線經過塵濁空氣之中,則光被塵粒所照,光徑

於以顯明，暗室中日光由簾隙射入，每呈此種現象。與此同理，光線穿過真溶液如氯化鈉之水溶液時，亦無光徑，因鹽之質點(分子)過於微小，不足以反射及散播光線也。然若光線穿過未成凍膠之清硅酸或膠之溫水溶液中，則光徑顯然，此即表示有極細之微粒懸泛其間，而非真正之溶液也(圖 156)。此清如溶液之物質，謂之膠溶體^①或水溶體^②，而凍膠狀之物質，則謂之膠凝體^③(或水凝體^④)。許多物質，能成膠溶體或膠凝體而存在；無論其為膠溶體或膠凝體，統稱之曰膠體。

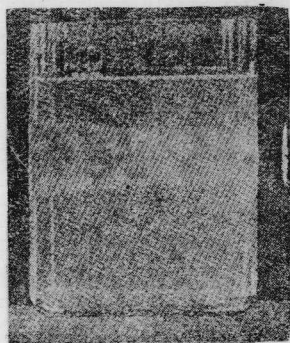


圖 156. 光線穿過膠狀溶液中。

532. 膠結。

膠溶體之變為膠凝體，謂之膠結^⑤。蛋白攪之以水，為膠溶體之好例。熱之則變為白色不透明之膠凝體，而再不能轉變為膠溶體矣。換言之，蛋白之膠結，不能逆行。然若將膠^①冷之，則生膠凝體，熱之則成膠溶體，即其膠結，可隨意逆行也。

有時加電解質(酸，鹽基，鹽)即致膠結，如硅酸之膠溶體，固如是也。軟粘土細攪以水，則一部分成可濾過(懸泛

① Sol ② Hydrosol ③ Gel ④ Hydrogel ⑤ Coagulation ⑥ Gelatine

物質)之質,而一部分因過微細不能濾過(膠溶體),加以數滴之硫酸,則膠溶體立變為膠凝體,加以一種鹽亦然,鹼類易使膠溶體更臻穩固而亦可令已經膠結之膠凝體再變為膠溶體,有時加一種膠溶體於他一種膠溶體,可使二者均膠結為膠凝體,然亦有因此使膠溶體益臻穩固者,例如以膠狀之三氫氧化鐵加於膠狀之硫化錫或三氧化二砷,二者均成沉澱;反之如膠可使許多膠溶體更臻穩固。

533. 膠狀膠溶體之製備^①

大概言之,膠狀膠溶體之製法,必係下列二者之一:

1. 粉碎固體。取固體而以機械方法碎之使成極細粉末,和之以水,即可成膠溶體。至於金屬及其他數種物質,亦可使變為膠溶體;法將該物質製成之電極浸於水中,而於兩電極間通強電流使發電弧(圖 157)。電極之微粒,因電流而扯下懸泛於水中,成膠溶體。

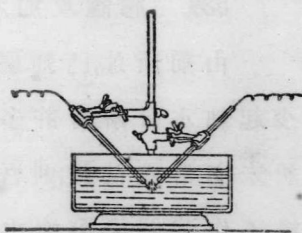


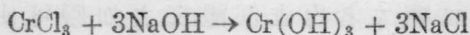
圖 157. 水下放電
以製金屬膠體。

金之膠溶體,呈紫,藍,綠各色,視微粒之大小而定。鉑之膠

① Preparation of colloidal sols

溶體，則呈櫻色。

2. 不完全沈澱。若有相合能成一種不溶之沈澱之二物質，一旦相合，則其沈澱概可望成。然於一種情形如溶液極稀之時，則沈澱不成，而所預期不溶解之沈澱，懸泛成膠溶體。例如鉻之氯化物或硫酸鹽，加以氫氧化鈉，可預期其成三氫氧化鉻之不溶解沈澱。



設此等溶液為冷溶液，徐徐相加，則絕無沈澱發生；但霎時後，試管中之液變為凍膠。同理，凡不溶解之物質，幾無不能成為膠溶體或膠凝體者，然結晶性極高之物質如硫酸鋇（ BaSO_4 ），則難成此種膠體也。

534. 膠體及加水分解^①

由前所述，已知弱酸或弱鹽基之鹽在溶液中，皆多少起加水分解。有許多酸或鹽基明知其為不溶解之質，然未必常成沈澱；則吾人明知為不溶解之化合物，又不得不作溶解成溶液之想矣。

例如硅酸鈉顯呈加水分解，由其鹼性反應之強可以證明，則於此反應之中，硅酸應已生成。吾人明知硅酸不能溶解，然當硅酸鈉溶解於水時，則毫未見硅酸之沉

① Hydrolysis

澱；另取一例，如紫色之硝酸鐵^① $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。設以此鹽之結晶置水中，即成黃色或櫻色溶液，有強酸性之反應，此即表示其起加水分解甚著也。於此反應之中三氫氧化鐵理應生成，且該氫氧化物極不溶解，應成沉澱，然而實際則不然。

吾人若假定硅酸及三氫氧化鐵不成膠凝體，或沈澱而成膠溶體，則以上相反之事實，亦復相合。通過光線於此等已起加水分解之溶液中以試之，則觀此等溶液之形狀，可知此說之不謬。

535. 膠體之本性。

由上所述可知膠體非特別之物質，不過一種形態，而任何物質均能形成，正猶彼之能成固體，液體，氣體或真正溶液也。惟物質之呈此態時，若謂其為真正溶液，則覺其質點太粗；然欲使其濾去，或使其沈澱，則又太細耳。又膠體與微細懸泛質點之間，不能劃然有別，蓋其彼此變遷間不容髮也。

大概一種膠體之一質點，各皆含有幾千之分子，惟其聚集全無秩序耳。若此等質點排列井然有序，則成結晶^②，而此等晶粒繼續長大，由溶液中沈下，成一定形之固

① Ferric nitrate ② Crystals

體。然而膠體之叢集，易成網狀或海棉狀之形，含水形成凍膠。

536. 膠體與工業。

許多重要工業，全憑膠體之性質而成。許多有色玻璃，如紅玻璃之所以有色，乃播散於玻璃中之膠體致之也。照相板乃由散布於上等膠^①等物質中之膠狀銀鹽製成。各種漿糊，麵筋^②，膠及水泥等之有許多性質，皆起因於其膠體之特性。泥土含有許多有機物與礦物二者之膠體，而泥土之能含水以維持植物之生長，概因此故。橡皮亦如樹膠及蠟等柔軟物質，為一代表的膠體。許多礦物原來由膠凝體逐漸硬化所成者，其特殊之組織，即因此而成。如縞瑪瑙及瑪瑙之縞紋即其一例。實際吾人現纔覺知膠體之領域中，寓有許多日常生活之化學也。

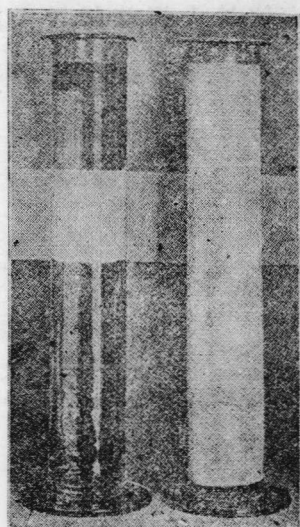
537. 乳濁液^③。

水和少許燈用煤油劇振之，則成乳狀之液，中含極細之油滴，散布於水中。此等細點，立復集成一層油浮於水面，而乳狀完全消滅。若復試之，且振搖以前，加以極細之肥皂粒，則所成乳濁之物，可歷久不滅（圖 158）。且實有歷數月而亦不滅者，此等乳狀之液，謂之乳濁液。水及

① Gelatine ② Glue ③ Emulsion

燈用煤油亦可成別一種乳濁液，即其中含細水點散播於煤油中者。牛乳為天然之乳濁液，但非甚完全者，因乳酪升上頂層頗速故也。

由上可知膠體與乳濁液之主要區別點，在乎膠體為固體微粒；而乳濁液為液體細點也。若非二種液體相合成一種溶液，如水之與酒精，則凡液體與液體，均可合成乳濁液。欲使乳濁液穩固，似須加入第三種之膠體如燈用之煤油，或牛乳之乾酪質，實驗中之肥皂。



A B

圖 158. 乳濁液。A 油浮於水面，B 加入肥皂以成乳濁液。

①
538. 霧。

若空氣中絕無固體微粒，則可由水蒸氣成過飽和。今若此過飽和之空氣，雜以塵或煙，則各塵點皆成核心，水蒸氣即凝於此等核心之上。塵點之數甚多，故水點亦極多，且極細小，如此凝集所成者，吾人稱之曰霧。故大市

① Fog

鎮位於大河流附近,及潮濕之地者,自然多霧。由化學上觀之,霧亦可視為一種乳濁液,不過其中之水點散播於氣體之中,而非散播於別種液中耳。

第三十一章

金屬^①

539. 金屬。

前述諸元素，幾全爲與氧及氫化合成酸者，故稱爲成酸元素^②，或稱爲非金屬。今茲所述者，統稱之爲金屬。金屬之氫氧化物爲鹽基，因此有定金屬之定義曰：金屬者其氫氧化物成鹽基之元素也。故一金屬之氫氧化物，或由其氫氧化物誘導之任一簡單鹽類，溶化於水時，金屬元素成陽離子而荷陽電。

金屬與非金屬之區別，不甚清晰，因許多元素之氫氧化物，有時其化學性爲鹽基，而有時爲酸。前所論之銻，即係此種元素。

540. 金屬之性質。

金屬除銻爲液體外，餘均係固體。大部分金屬有高密度，然其中有三種比水輕，即鋰、鈉及鉀是也。大抵金屬爲熱及電之良導體，其顯著之結晶組織，磨之有鮮明之

① Metal ② Acid forming element

光澤。除金及銅外，餘皆有銀白色光澤。其中大部分易與氧及硫化合，其表面露於空氣中，立變暗黑。其中如金及鉑，化學作用極不活潑，故在空氣中可以保其光澤。

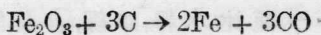
541. 天然間金屬之所在。

少數金屬在天然間呈游離狀。如金，鉑及銅是也。多數金屬在天然間均與他元素化合成氧化物或各種酸之鹽。如硅酸鹽，碳酸鹽，硫化物，及硫酸鹽等，為鹽中之尤多者。凡天然間之無機物質，不問其含有金屬與否，統稱之曰礦物。凡能由一種礦物中提出有用之物質者，則此種礦物，謂為該物質之礦石。^①

542. 金屬之提煉：冶金術。

由礦石中提煉一種金屬之方法，謂之該金屬之冶金術。^②各金屬之冶金術均有異點，然有數法，可以通用。

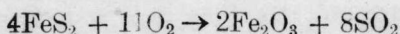
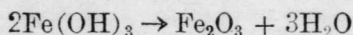
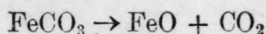
1. 用炭令化氧化物還原。許多金屬在天然間均成氧化物。此種氧化物加炭，熱至高溫度，則氧與碳化合而金屬放出。例如鐵在天然間者，常係氧化物 Fe_2O_3 。此氧化物加炭熱之，則起如下方程式所示之反應：



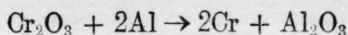
許多礦石，雖非氧化物，然有法可以使之先變為氧

① Ore ② Metallurgy

化物,然後以炭還原之.改變此種礦石爲氧化物之法,常用者不過灼熱之而已,此法謂之^①煨燒.多數碳酸鹽及氫氧化物,煨燒後能直接變成氧化物.惟硫化物則必須置於空氣中煨燒之,蓋空氣中之氧,參與反應也.下列之方程式乃示種種鐵礦石之改變:



2. 用鋁令氧化物還原. 氧化物有不能爲炭所還原者,此際必須以鋁代炭.例如鉻,可照下方程式製得之:



此法爲德國化學家哥德士密特^②所發明,故稱之曰哥德士密特法.

3. 電解. 近年來製取金屬,多有用電流者.有時以電流通過適當之金屬鹽之溶液,則鹽即分解,而該金屬常沈積於陰極上.有時通電流於熔融之鹽,亦可得其金屬.按此法最適用於氯化物.

543. 電化學工業^③

此種工業,美國多設於水力豐富之區,因水力爲供

① Roasting ② Goldschmidt ③ Electrochemical industries

給電能之最廉方法也。耐亞嘎拉瀑布^①乃美國水力最著名之區，故多數電化學製造廠均設於此(圖 159)。電能對於製造上之作用有二，一即藉此以行電解法，他則僅以電能為熱源而已。後法稱為電熱法^②。

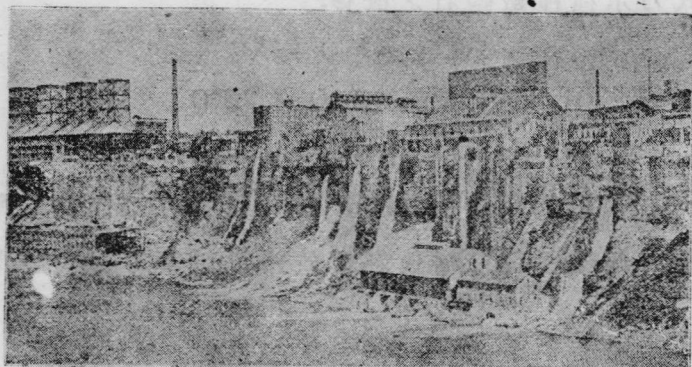


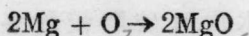
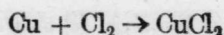
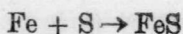
圖 159. 耐亞嘎拉瀑布之電力化學廠。

544. 金屬化合物之製備。

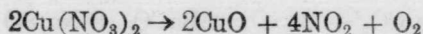
金屬之化合物既如此之多，而性質又如此之不同，故製備之法亦夥。有時自其所要製備之物質之性及其製備所用之物料觀之，則覺所採之製法，出於意外。然有數種原理，乃製金屬化合物，所能通用者，若能了解此種原理，即可免費許多時間，許多腦力，以記各種細目矣。今述數種製備金屬化合物之普通方法於下：

① Niagara Falls ② Thermoelectric process

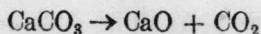
1. 二元素之直接化合。此法常將二元素合熱之即得。例如硫化物、氯化物、氧化物，常可以此法製之。下之方程式所示者，即其例也：



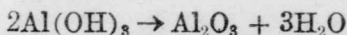
2. 化合物之分解。此分解或僅以熱致之，或以熱及還原劑之聯合作用致之。例如金屬之硝酸鹽加熱，則成金屬之氧化物。茲示硝酸銅之分解如下：



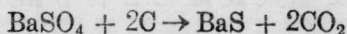
同樣，金屬之碳酸鹽分解，則生氧化物，如：



又許多氫氧化物被灼熱，則成水及氧化物：



硫酸鹽加炭灼熱，則被還原成硫化物，例如：



3. 根據溶液平衡之法。製金屬化合物之第一要着，為使物料之反應完全終結。前論化學平衡時(235頁)曾謂有三法，可使溶液之反應完成：(1)即生一種氣體，由溶液中逃逸；(2)生一種不溶解之固體下沉；(3)二種不同之離子化合，成不解離之分子是也。若細按此理，選擇物

料,則用此法可以製備多種化合物,以後顯明此種製備法極多。

4. **熔化法。** 物質不溶解於水內及不溶解於酸內者,不能以平常之分解法使起複分解。然若能溶解於他種液體中,則仍能分解之,使變成所要之化合物。例如硫酸鋇不溶解於水內,且硫酸較許多其他酸類為不揮發,故難由其鹽蒸出。然硫酸鋇若與熔融之碳酸鈉相遇,則即溶解,所成之碳酸鋇,既不溶解於熔融碳酸鈉內,故得起複分解如下:



此混合物冷後,若置於水內,則所成之硫酸鈉,與所餘之碳酸鈉,均溶解於水,而碳酸鋇則不溶解,故碳酸鋇可以濾出。然後可用前所述之法,使變為所欲求之鹽。

★ 545. 重要之不溶解化合物。

沈澱既與反應及製備化合物有緊要之關係,故何種物質為不溶解於水者,自屬應知之事。若知乎此,則常可預言何種反應,能成何種化合物,且能設法製備所求之化合物矣。今雖尚無一定規則可以預知某化合物之溶度,然可以概括的論之如下,亦不無一助也。

1. **氫氧化物。** 凡氫氧化物,俱不溶於水,惟銦,鈉

鉀,鈣,鋇及鋇等之氫氧化物不在此例。

2. 硝酸鹽. 凡硝酸鹽均溶於水。

3. 氯化物. 凡氯化物均溶化於水,惟氯化銀,及一氯化銻除外(氯化鉛能微溶於水)。

4. 硫酸鹽. 凡硫酸鹽均溶於水,而鋇,鋇,及鉛之硫酸鹽則不能(硫酸銀及硫酸鈣微溶)。

5. 硫化物. 凡硫化物均不溶於水,惟銦,鈉,及鉀之硫化物除外。鈣,鋇,鋇,及鎂等之硫化物均不溶於水內,然常因加水分解而變成酸性硫化物,此酸性硫化物能溶解於水內;因此不能以沈澱法製之。

6. 碳酸鹽,磷酸鹽,及硅酸鹽. 凡正碳酸鹽,正磷酸鹽,及正硅酸鹽均不溶解於水,而銦,鈉,及鉀之鹽類除外。

練習問題

1. 試書製備 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 之四種不同方法之方程式。
2. 試書製備 ZnSO_4 之六種不同方法之方程式。
3. 試書二反應之方程式,以說明使在溶液中之反應變為完全之三法。
4. 下列各化合物之製法,試書其一二: CaCl_2 , PbCl_2 , BaSO_4 , CaCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, Ag_2S , PbO , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (對於溶解度,參看本章之末節),試略述其製法中所含之原理。

第三十二章

鹼金屬^①

| 金屬 | 原子量 | 密度 | 融點 | 初製備者 |
|-------|--------|-------|--------|--------------------------|
| 鋰(Li) | 6.94 | 0.534 | 186.0° | ^② 阿飛孫 1817 |
| 鈉(Na) | 23.00 | 0.971 | 97.5° | ^③ 德斐 1807 |
| 鉀(K) | 39.10 | 0.862 | 62.3° | 德斐 1807 |
| 銣(Rb) | 85.45 | 1.532 | 38.0° | ^④ 本生 1861 |
| 銻(Cs) | 132.81 | 1.87 | 26.4° | 本生 1860 |

546. 此族之特性.

上表所列之元素,構成週期表中第一類之一族名之曰鹼金屬,因該族中最習見習聞之元素如鈉及鉀,爲古來已知之鹼之成分故也.茲於分述此族各元素之先,總論其全族之大略,因論此族各元素上有許多共通之處也.

1. 所在. 此族金屬天然間無一游離者,然其化

① Alkali metal ② Arfvedson ③ Davy ④ Bunsen

合物則分布甚廣，海水，礦水，鹽層及許多巖石中均有之。惟鈉及鉀為量最多。

2. 製備。鹼金屬之最易製法，乃電解其熔融之氫氧化物或氯化物。若使其氧化物，氫氧化物，或碳酸鹽等還原，亦可得之。

3. 性質。此族金屬均軟性，易為手指造形。融點低而密度小，如上表所示。其密度（鈉除外）隨原子量而遞增，而其融點及沸點，則反是。此族金屬之純者有銀狀光澤，然曝之空氣中，立變暗黑，因有一層氧化物成於其表面；故此族常須存於一種液體如燈用煤油中，蓋因此油中無氧故也。此族位於金屬電化次序之首（201頁），大概均係極活潑之元素。

4. 化合物。鹼金屬之成化合物時，其原子價均為一。其氫氧化物（ MOH ）係白色固體，極易溶解於



① 圖 160. 本生 (1811 - 1899)
德之著名化學家，發見鈷及鎳，
發明分光鏡，本生燈，而對於
化學之進步，有絕大之貢獻。

水。此等氫氧化物在稀溶液中大起電離作用，而所成之 M^+ 及 OH^- 離子，大約相等；故其溶液呈強鹽基性。除少數例外，凡鹼金屬之鹽，均係白色固體，而於敘述各化合物時，苟無特別敘明，當知該化合物即為白色固體。此等金屬除鋰外，其所成之化合物不溶於水者極少，故難用沈澱法以製取此等化合物也。鈉鉀之化合物，其性質極相似，故常可以彼此互相代用。然鈉之化合物比鉀之同種化合物廉，故其用途更大。

鈉，鉀為此族中之最重要元素。鈉及其氫氧化物，已於第十五章述之，故讀本章須參閱之。

鈉之化合物

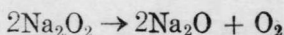
547. 概論。

除前述之氫氧鈉外(183頁)，鈉更成許多化合物。凡此等化合物，除硝酸鹽外，均由氯化物製之，因氯化物甚多且極廉也。其製法常甚複雜，因鈉之化合物皆溶解於水中，故不能用沈澱法直接由氯化物製之；且氯化物為強酸之鹽，不易受其他許多酸之作用也。由實驗知其最經濟之製法，係使其水溶液起電解，先變其氯化物為氫氧化物，或用後述之法變之為碳酸鹽。因氫氧化物為鹽基，而碳酸鹽係一極易揮發之酸之鹽，故二者均易變為

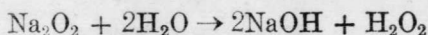
他種化合物。

548. 二氧化二鈉(Na_2O_2)。

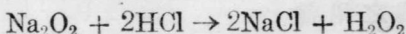
鈉爲一價元素，則所成氧化物之式當爲 Na_2O 。此種氧化物雖可製備，然二氧化物 Na_2O_2 更爲著名。二氧化物係黃白色之粉末，其製法係燃鈉於空氣中即得。其主要之用途係充氧化劑。若與能氧化之物質一同加熱，則放其一部分之氧，示之如下方程式：



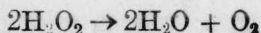
水能將二氧化二鈉分解，如下方程式：



酸易與二氧化二鈉相化合，成鈉鹽及二氧化二氫：



以上二方程中所成之二氧化二氫，若溫度增高（27頁）則分解成水及養氣：



549. 氯化鈉(食鹽)(NaCl)。

氯化鈉亦稱食鹽，在天然間散播極廣深厚地層，自由鹼水之蒸發而堆積者，已有多處發見。美國產鹽最重要區域爲紐約，密執安，俄亥俄，及堪薩斯。鹽有由礦內掘

出者，此際鹽若純粹，特名之曰巖鹽^①。常製之法，即蒸發鹽水。法先挖深井至鹽層，將鹽水汲上，然後用熱蒸發之，或僅暴於空氣中(圖 161)，以製粗鹽。鹽乃結晶成小立方形。

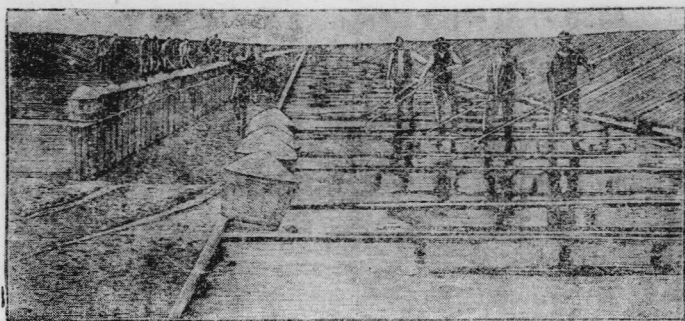


圖 161. 天日製鹽法。

550. 鹽之用途

鹽在天然間既如此豐富，故可用以製一切含鈉或氯之化合物。此種化合物中，有與文明極有關係之物質，如肥皂，玻璃，鹽酸，蘇打，及漂白粉等是。故每年製造之鹽量至巨。少量之鹽與人類及動物之生命均極有關係。純鹽不吸濕氣；惟鹽於空氣中常呈潮濕者，非其性質使然，蓋存於其中之雜質所致耳，如氯化鈣及氯化鎂皆其雜質也。

① Rock salt ② Soda

552. 溴化鈉(NaBr)^①, 碘化鈉(NaI)^②.

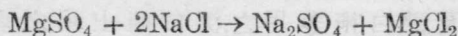
此等化合物之物理性與氯化鈉相似, 可使碘或溴作用於氫氧化鈉之溶液(432頁)以製之。其用途僅限於照相術及藥劑。

552. 硫酸鈉(Na₂SO₄)^③.

此鹽之製法, 係以硫酸作用於氯化鈉, 且同時亦生成氯化氫(175頁):



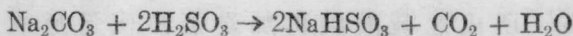
硫酸鈉亦可以氯化鈉與硫酸鎂之作用製之, 而巨量硫酸鎂, 可得之於氯化鉀製造之時。



無水硫酸鈉係白色固體, 易溶於水, 平常成含水物之結晶 Na₂SO₄·10H₂O (名之曰芒硝)^④。巨量之硫酸鈉用於製造碳酸鈉及玻璃, 亦用作藥劑。

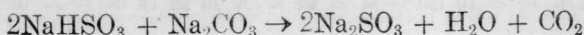
553. 鈉之亞硫酸鹽^⑤.

其酸式亞硫酸鈉 NaHSO₃, 屢稱之曰重亞硫酸鈉^⑥, 其製法係以二氧化硫使碳酸鈉溶液飽和即得。蓋二氧化硫與水結合先成亞硫酸, 而亞硫酸分解碳酸鈉成酸式亞硫酸鈉也:



① Sodium bromide ② Sodium iodide ③ Sodium sulphate ④ Glauber's salt ⑤ Sulphites of sodium ⑥ Sodium bisulphite

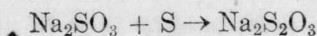
至亞硫酸鈉 Na_2SO_3 之製法，乃加碳酸鈉於酸式亞硫酸鈉之飽和溶液中即得，兩者之比例如下方程式所示：



以上兩種亞硫酸鈉，均易吸收而成相當之硫酸鹽；故均為還原劑。又有時亦用作漂白劑及防腐劑。

554. 一硫硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)^①.

此鹽之製法，乃以亞硫酸鈉之溶液加硫煮沸即得：



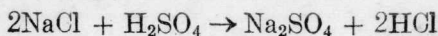
其含水鹽 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，常稱之曰次硫酸鈉或簡稱抱硫。照相術及漂白術多用之。漂白術上用之者，以其能吸取漂白料上所餘之氯也。

555. 碳酸鈉 (Na_2CO_3)^②.

製造此鹽共有二法。

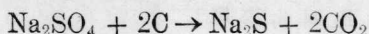
1. 路布蘭法^③。此法稍舊，有數種不同之反應，示之如下方程式：

(a) 先變氯化鈉成為硫酸鈉：

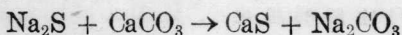


(b) 所成之硫酸鈉，再加炭蒸熱，使還原成硫化鈉。

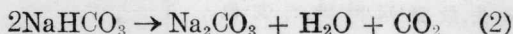
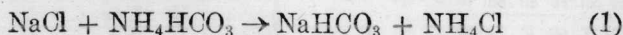
① Sodium thiosulphate ② Sodium hyposulphite or hypo ③ Sodium carbonate ④ Leblanc process



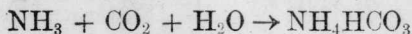
(c) 所成之硫化鈉再加碳酸鈣熱之，則起反應如下：



2. **索爾未法**^① 此法較新，其反應起於溶液中，表之如下方程式：



氯化鈉之濃溶液與碳酸氫鈣之濃溶液混合，則碳酸氫鈉因溶解度甚小即沉澱，如方程式(1)所示，熱之則變成正碳酸鹽，如方程式(2)所示。所成之氯化鈣(方程式(1))加以石灰(213頁)，則鹵精分出。此鹵精與水及方程式(2)所成之二氧化碳相化合，成碳酸氫鈣：



碳酸氫鈣加鹽，則照方程式(1)反應週而復始。

556. 沿革.

從前碳酸鈉之製法，乃燒海藻成灰後，更由此灰提取碳酸鈉。因此此鹽嘗稱之曰蘇打灰^②，此名今仍通用。當法國革命時，海藻供給之源斷絕，路布蘭(圖162)應法政府之徵而研究直接從食鹽製碳酸鈉之法。結果發明此法，即以其名名之，專用多年。此法英國現仍用之，美國則已全改用索爾未法。索爾未

① Solvay process ② Soda ash

法係 1863 年由比國化學家索爾未所發明。

557. 副產物。

由一種製法所製得之物質，除主要之產物外，餘者稱曰副產物。^①許多製造之成功，全憑其所成副產物之價值。例如路布蘭法之副產物鹽酸其值足以維持此法不至損失，故雖炭酸鈉，有其他較廉之法，而路布蘭法仍不至全廢也。

558. 炭酸鈉之性質。

炭酸鈉成大結晶塊，式為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，名之曰洗濯蘇打。^②一水炭酸鈉 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 亦可製造，市上亦有用途。

炭酸鈉之水溶液，有溫和之鹼性反應，故可為洗濯之用。製造玻璃，石鹼，及多數化學試藥時均須用之，由此可知其在工業上極為重要。能溶解之炭酸鹽甚少，而炭酸鈉則其一也。

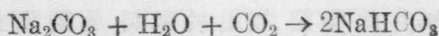


圖 162. 路布蘭 1742 - 1806
由食鹽製造炭酸鈉之第一法
之發明者(像立於巴黎)。

① By-products ② Nicolas Leblanc ③ Washing soda, or sal soda

559. 炭酸氫鈉^①(NaHCO_3).

此鹽亦稱重炭酸蘇打，或焙用碱，由索爾未法製之。已如前述，又可通入二氧化碳於炭酸鈉之濃溶液以製之：



此為一切焙用粉之主要成分。

560. 硝酸鈉^②(NaNO_3).

此物質又名智利硝石，天然間產於乾燥之區，此顯由有機物質於空氣內腐敗，遇鈉鹽而成。此鹽極大之礦

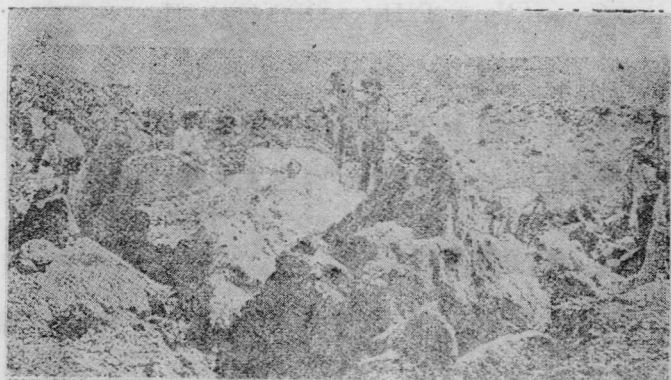


圖 163. 智利之硝酸鈉礦。

物在智利市上所售者多由該國而來。圖 163 示智利之硝石礦，以炸藥轟去一部分後之情形。市上所售者，係以

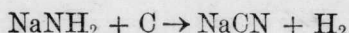
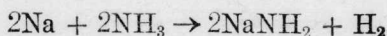
① Sodium hydrogen carbonate ② Bicarbonate of soda or baking soda ③ Sodium nitrate ④ Chile saltpeter

礦中取出之粗硝酸鹽(即 Caliche)溶解於水內,使不溶解之土下沈,然後將此清溶液蒸發,再使之結晶者,至溶解之雜質則大概仍存於母液而不結晶。

此鹽為在天然間最多之唯一硝酸鹽,故他種硝酸鹽及硝酸均由此鹽製之,用於肥料及製造硫酸者極多。

561. 腈化鈉(NaCN)^①

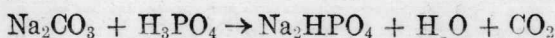
此係腈氫酸之鹽,易溶解黃金,故可用此以提取土中所含少量之黃金,其製法大要以炭與氨基鈉(NaNH₂)^②之混合物熱之即得,而氨基係使鈉作用於氨基製得之:



腈化鈉係白色固體,其水溶液有強鹼性,腈化鈉不但極毒,且與酸類接觸時,發生極毒之腈氫酸(HCN)。

562. 鈉之磷酸鹽

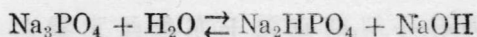
鈉與磷酸成三種鹽,一種為正鹽,二種為酸式鹽,其中最普通者為磷酸氫二鈉(Na₂HPO₄)^③,係使磷酸作用於碳酸鈉而製之。



此鹽結晶成含水鹽 Na₂HPO₄·12H₂O 為人體之一成分。

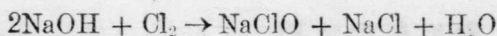
① Sodium cyanide ② Sodamide ③ Disodium phosphate

正磷酸鹽 Na_3PO_4 易溶於水，成強鹼性之溶液，因一部分起加水分解故也：



563. 次氯酸鈉 (NaClO)^①

此鹽之製法，係電解氯化鈉之溶液，使所成之氯及氫氧化鈉反應成次氯酸鈉，如 289 頁所述，其反應之方程式如下：



此鹽不穩固，僅能得其稀溶液。此溶液（名卡勒爾達金 Carrel-Dakin）用作創傷處之防腐劑。

564. 氯酸鈉 (NaClO_3)^②

此係氯酸鹽，其製法與普通氯酸鹽之製法同（289 頁）。熱之則分解成氯化鈉及氧氣，此點頗與氯酸鉀相似（26 頁）。為優良之氧化劑，用於製造花炮，軍火。

③ 鉀

565. 所在。

鉀為一種產量豐富之元素，因其為多數火成岩如長石及雲母等之成分故也。德國斯塔斯佛特省有鉀之

① Sodium hypochlorite ② Sodium chlorate ③ Potassium

氯化物及硫酸鹽之極大礦藏與鈣及鎂之化合物一同產出，稱之曰斯塔斯佛特鹽。

含鉀岩石分解，則使泥土亦含此元素之各種化合物。植物生長吸取其溶解之化合物，以造成複雜之植物體；植物燃燒後，鉀仍存於灰中成碳酸鹽。使此粗碳酸鹽溶於水中，即可由灰分出。此粗碳酸鹽為昔時製鉀化合物之源，但現多由斯塔斯佛特礦製之。

566. 斯塔斯佛特鹽。

此鹽類係當地質上起一種特殊情形時由海水所沉積者，於德之中部及北部成極廣之礦藏，其最著名之開採區域為斯塔斯佛特。積層極厚，居於巨層食鹽之上。此等積鹽，共成數層，各層所含礦者，大部分均係簡單之礦鹽。所含礦物有三十種以上，惟其中有為量極微者。圖164示此等礦層之斷面。此等礦層以化學論之，雖不過均係鹽類，然其堅硬猶如多種之岩石，又開採時，亦用採取岩石或煤之同樣方法。各層既不相同，故可分開採之，其所得之各鹽，可用各種適宜之法以製取之。此礦之主要礦物在商業上占重要地位。

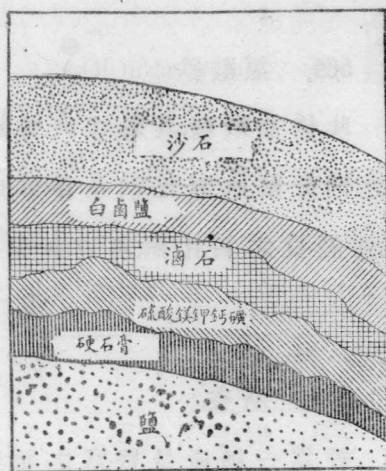


圖 164. 斯塔斯佛特鹽礦斷面圖。

者列之如下：

| | | |
|---------|-------|--|
| ① 鉀石鹽 | ..... | KCl |
| ② 硬石膏 | ..... | CaSO ₄ |
| ③ 白鹼鹽 | ..... | KCl·MgCl ₂ ·6H ₂ O |
| ④ 鉀瀉利鹽礦 | ..... | MgSO ₄ ·KCl·3H ₂ O |
| ⑤ 滷石 | ..... | MgSO ₄ ·H ₂ O |
| ⑥ 硫酸鉀鎂礦 | ..... | K ₂ SO ₄ ·MgSO ₄ ·6H ₂ O |

567. 其他鉀之來源

鉀化合物極有價值，對於製造肥料尤為重要。美國因當大戰時，斯塔斯佛特鹽之供給斷絕，始知自給鉀化合物之為重要。普通長石含鉀而存於地殼中者甚豐，但尚未得經濟之方法，使之變成所求之化合物如氯化鉀或硫酸鉀等。海草雖常含鈉而不常含鉀，然此類植物之中如加利福尼亞海岸之大藻^⑦含氯化鉀，以乾後之重計有達30%者；故乾藻現亦用作肥料。猶他^⑧有巨大礬石礦（ $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$ ）；曾經設法由該複雜礦物製取鉀鹽，然尚未得一滿足供給之源，可與斯塔斯佛特礦相匹敵者。

568. 製備及性質。

鉀之製法與鈉之製法同。鉀比鈉更活潑；其他性質，

① Sylvite ② Anhydrite ③ Carnallite ④ Kainite ⑤ Kieserite

⑥ Schönite ⑦ Giant algae ⑧ Utah

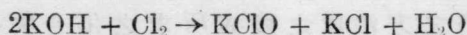
二者相同。

569. 氫氧化鉀(苛性鉀) (KOH)^①.

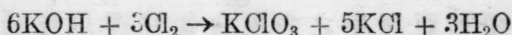
氫氧化鉀之製法,完全與製氫氧化鈉之法同,其物理性及化學性亦與後者均極相似.用途不甚大,蓋有廉價之氫氧化鈉可以代用也.

570. 造鹽素對於鹽基之作用.

吾人於上已知通綠氣於氫氧化鉀之溶液中則起反應(289頁),而該反應之性,隨該溶液之溫度而變遷.若溶液冷,則生次氯酸鉀及氯化鉀,如下方程式:



若溶液熱,則成氯酸鉀及氯化鉀:



此係造鹽素與能溶解之鹽基間之共通反應.例如上方程式中之氯可代以溴或碘;氫氧化鉀亦可代以氫氧化鈉或氫氧化鈣.利用此反應可製許多重要化合物.然用此種製法,以製造各種化合物,決非皆為最經濟之法.

571. 鉀之造鹽素化合物^②.

此類化合物中以氯化鉀為最著,因斯塔斯佛特鑛

① Potassium hydroxide(caustic potash) ② Potassium halides

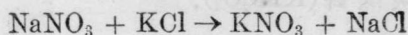
中含氯化鉀甚多故也。鉀石鹽幾為純粹之氯化鉀。此鹽不僅取自鉀石鹽，亦可取自白鹵石。氯化鉀與氯化鈉大概性質相同。用於製造其他一切鉀鹽併充肥料。溴化鉀 (KBr)^①之製法，係以溴作用於氫氧化鉀(參看前節)之熱溶液即得。碘化鉀 (KI)^②之製法與製溴化鉀同，惟以碘代溴耳。碘化鉀與溴化鉀二者俱用於攝影術及藥劑。

572. 氯酸鉀(KClO₃)^③.

此化合物與氯酸鈉之性質相似(429頁)，可用普通製法製之。此物質與氯酸鈉同，係優良之氧化劑，用於製造軍火，花炮及火柴等；所得結果較用氯酸鈉更佳，因氯酸鈉每從空氣吸收濕氣故也。

573. 硝酸鉀(硝石)(KNO₃)^④.

氣候乾熱之處有天然產出此鹽者，蓋含氮之有機質腐敗，若遇含鉀之土質則成硝酸鉀也。硝石從前之製法即做此。現則以硝酸鈉作用於氯化鉀製之(硝酸鈉取自智利，氯化鉀取自斯塔斯佛特礦)：



此反應之所以能成立，全因氯化鈉溶解於冷水內之溶度，與其溶解於熱水內之溶度幾相同之故。以上方程式中之

① Potassium bromide ② Potassium iodide ③ Potassium chlorate

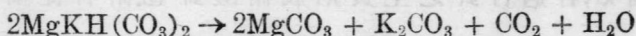
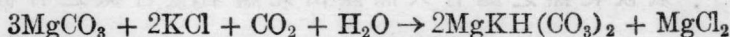
④ Potassium nitrate (salt peter)

四種化合物，均能溶解於冷水內，然於熱水內，則氯化鈉較其三者為難溶解，故硝酸鈉及氯化鉀之熱飽和溶液同置一處，則生氯化鈉之沉澱可濾去之，至溶液內則仍存硝酸鉀及少許氯化鈉，冷時，則硝酸鉀結晶而出，惟氯化鈉仍存少許於溶液內。

硝酸鉀為最良之氧化劑，其主要之用途為製造火藥，製造火藥上硝酸鉀較硝酸鈉為宜，因硝酸鈉每易吸收濕氣，且由硝酸鈉製成之火藥，暴之空氣中立即潮濕而不適用故也。少量之硝酸鉀亦用於藥劑及充肉類食物，醃牛肉等之保存劑。

574. 炭酸鉀(K₂CO₃)^①

其製法係用氯化鉀以路布蘭法製之，正如由氯化鈉製備炭酸鈉時同，市上之製法，大要如下方程式所示之反應：



炭酸鉀用於製造玻璃，通入二氧化碳於炭酸鉀之水溶液中，則成重炭酸鉀(KHCO₃)^②。

575. 其他鉀鹽

其他鉀鹽之中所常見者為硫酸鹽 K₂SO₄；酸式礬

① Potassium carbonate ② Potassium bicarbonate

酸鹽 KHSO_4 ; 酸式亞硫酸鹽 KHSO_3 ; 及腈化鉀 KCN 等。均係白色固體, 與鈉之此類鹽極相似。

576. 潮解^①

許多鹽類易從空氣吸收濕氣, 猶硝酸鈉然。若吸收濕氣經久, 則該鹽類可與所吸之水變成水溶液。此種鹽類謂之有潮解性^②, 凡極易溶解之鹽類均有潮解性。食鹽自身本無潮解性, 但因常含多量易於潮解之鈣鹽及鎂鹽, 故於雨濕天氣變為潮濕。

③ 鋰, ④ 鉀, ⑤ 銫

此族所餘之三元素——鋰, 鉀, 及銫——中鋰為最常見者, 餘二者極稀少。氯化鋰及碳酸鋰天然之礦水中常有之, 此等物質增水之藥用價值, 故人造礦水之中常以少量加之。

銶根之化合物

577. 概論

如第十八章所述, 通入鹵精於水中則二者結合成一種鹽基即氫氧化銶是也, 而此鹽基若以酸中和之, 則成銶鹽。銶根之原子價係一, 其鹽之式與鹼金屬鹽之式

① Deliquescence ② Deliquescent ③ Lithium ④ Rubidium ⑤ Caesium

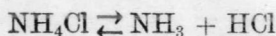
相似；又其化學性亦與鹼金屬鹽相似，故可連類續論於此。銍化合物受熱均易揮發，其中大多數且因此而被分解。與氫氧化鈉之水溶液加熱，則生硃精(213頁)。因硃精易於辨認，故此反應用於鑒別銍化合物之有無。

578. 所在。

泥土中有小量之銍化合物。植物生長陸續吸收之以作其營養分，然腐敗後則復歸還土中。海水及火山地帶亦有之。其巨量含於斯塔斯佛特礦中。市上之銍化合物，係由製焦煤(320頁)時副生之硃精液^①提煉製出。

579. 氯化銍(硃砂) (NH_4Cl) ^②。

此係白色固體。熱之則一部分分解而成硃精及氯化氫；如溫度降低，此二者再行化合：



此鹽用作銲藥，蓋加熱發生之氯化氫，能從金屬表面移去氧化物故也。又用作乾電池，藥劑，及化學試藥。

580. 硫酸銍 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ^③。

此鹽與氯化銍極相似，而價較廉，故在可能之範圍內常用作氯化銍之代用品。其巨量用作肥料，其所含之

① Ammoniacal liquors ② Ammonium chloride(Sal Ammoniac)

③ Ammonium sulphate

氮為植物極有價值之食物。

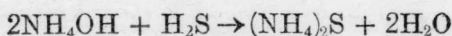
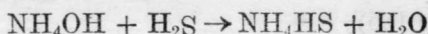
581. 銹之碳酸鹽。

其正碳酸鹽 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 及酸式碳酸鹽 NH_4HCO_3 ，二者均係白色固體，易溶於水。正碳酸鹽常漸行分解成酸式碳酸鹽并放鹵精。



582. 硫化銹。

通入硫化二氫於鹵精之水溶液中，則成含有硫化二銹 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 及氫硫化銹 (NH_4HS) 之溶液：



此溶液普通簡稱之曰硫化銹，用於一種金屬之試藥。暴之空氣中即漸分解，所含之硫分出，與未分解之硫化物相化合，成數種不同之硫化物，如 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ 及 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_3$ ，以通式書之即 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 。此種化合物之溶液係黃色，故名黃硫化銹^①或多硫化銹^②。

583. 燄色反應^③。

有數種金屬揮發於無色燄，如本生燈之燄中則各與該燄以特殊之色。例如鈉(或其化合物能於火燄之熱

① Yellow ammonium sulphide ② Ammonium polysulfide ③ Flame reactions

揮發者)與燄以極黃之色,鉀及其化合物,與燄以灰紫色,而銦生深紅色。

利用此種燄色反應,可以試各物質中各種元素之有無,即用鉑絲,以其一端熔入玻璃棒中,即以玻璃棒作柄,將絲之他端浸入水後擦以欲試之物質(或浸入物質之濃溶液中),將絲及其附質,置之本生燈燄底之外緣熱之(圖165)。

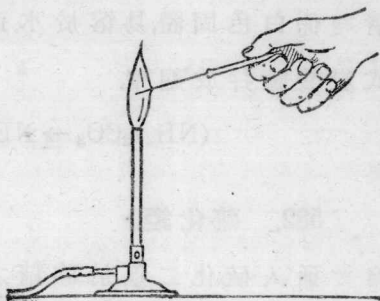
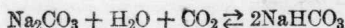


圖 165. 試驗燄色反應法。

練習問題

1. 何謂鹼?金屬自身能為鹼否?
2. 如何可得以下之反應,試書方程式以顯其變化,每種變化之原理試一併舉之: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$, $\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{NaCl}$, $\text{NaCl} \rightarrow \text{NaBr}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3$, $\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3$.
3. 何種碳酸鹽能溶解?
4. 以下之方程式,其反應在何情形始得向任一方進行?



5. 碳酸鈉及碳酸鉀均係鹼性,試說其故。
6. 由智利硝石礦得何非金屬元素?
7. 設濃鹽酸(密度1.2)每磅價值八分,若以路布蘭法製碳酸鈉一噸,則所生之鹽酸價值若干?
8. 由無水碳酸鈉一莊,能製洗濯蘇打若干重?

9. 試書氫氧化鉀三種製法之方程式。
10. 氫氧化鉀若有少許暴於空氣中,有何反應?
11. 氫氧化鈉與溴之反應,氫氧化鉀與氯之反應,試各書其方程式。
12. 試各書製備磷酸鉀及碳酸鉀之反應方程式。
13. 製碳酸鉀一噸,問需白鹼鹽若干重?
14. 氯化銍,硫酸銍,碳酸銍,及硝酸銍能由氫氧化銍製之,試書方程式以表之。
15. 由氯化銍製硝酸銍之反應,試以方程式表之。
16. 以前所習之物質,有何種由以下之化合物製備者:
氯化銍;硝酸銍;亞硝酸銍;硝酸鈉;氯化鈉?
17. 試書製碘化鉀,溴化鉀之反應方程式。
18. 如何能區別氯化鉀及碘化鉀?氯化鈉及氯化銍?硝酸鈉及硝酸鉀?
19. 以氯酸鈉與氯酸鉀充氧化劑,試比較其優劣?
20. 造鹽素與溶解之鹽基用,所成之各種不同化合物,試一一書其名稱及式。

第三十三章

石鹼^①; 甘油^②; 爆炸藥^③

584. 導言.

石鹼, 甘油, 爆炸藥三種極不相同, 而統歸於一章討論, 初見不無奇訝之想. 然由製造方面言之, 自應如此分類, 因甘油爲製造爲鹼之副產物; 而硝化甘油^④爲一種最有力之爆炸藥, 由甘油製之, 通常作爲爆炸藥之表率. 故歸併三者於一章而約略述敘之, 實屬便利.

585. 石鹼之成分及其製造原料.

石鹼爲油酸, 軟脂酸及硬脂酸(357頁)之鈉鹽及鉀鹽之混合物. 製造石鹼所用之主要物料如下:

1. 脂肪或油^⑤. 如 357 頁所述, 脂肪及油大部分爲油脂, 軟脂, 及硬脂之混合物. 其貨色低劣者, 用以製造石鹼. 普通所用者, 係低劣之動物脂肪(牛油)及廉值之值

① Soap ② Glycerin ③ Explosives ④ Nitroglycerin ⑤

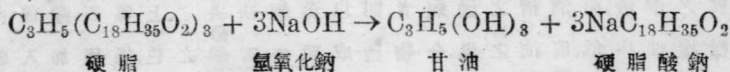
Fat or oil

物油,如棉子油,椰子油及棕櫚油等。

2. 鹼^①。製石鹼用之鹼,乃鈉或鉀之氫氧化物,然最常用者則為氫氧化鈉,因其所成者為硬石鹼,而氫氧化鉀則成軟石鹼也,其他鹽基如氫氧化鈣則不相宜,因其成不溶於水之石鹼故也。

586. 製備石鹼之反應。

脂肪與鹼於適當情形下合而熱之,則脂肪中所含之油脂,軟脂及硬脂等分解,成甘油與油酸鈉,軟脂酸鈉及硬脂酸鈉等,此三種鹽之混合物即構成石鹼,下列方程式即示硬脂與氫氧化鈉加熱時所起之變化。



於此反應稱為脂肪受鹼化^②,而此作用稱為鹼化作用^③。

587. 市上製石鹼之法。

將油或已融之脂肪傾入大鐵鍋中,加以氫氧化鈉之溶液,其中所含之鹼約為鹼化脂肪所必需之四分之一,大抵鐵鍋極大(圖166),有一次可煮成500,000磅以上之石鹼者,鍋中裝設蒸汽蛇管以熱脂肪及鹼之混合物,壓入空氣,或過熱蒸汽於該混合物之底以攪之,一面繼續加熱,一面將其餘之鹼加入,其反應可於二日至五日之間完成。

於是將石鹼由混合物中取出,其法為加鹽於混合物中

① Alkali ② Saponified ③ Saponification

而再熱之。不久則石鹼升上液體之表面，此種液體稱為廢汁^①。於是將所得之石鹼淨之而後放入混攪機^②中。於此加入所欲加之適宜材料，如香料，硼砂，硅酸鈉，或炭酸鈉等。然後傾入大模中使之凝固，切之壓之使成任意大小之塊。此反應中所成之甘油則可用蒸餾法使由廢汁分出。

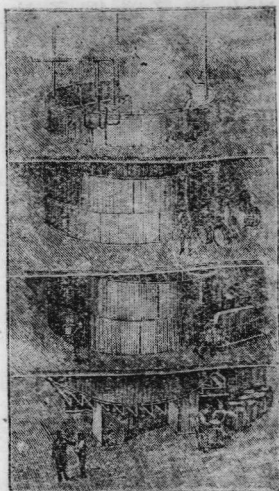


圖 166. 石鹼鍋。

588. 石鹼之種類。

透明石鹼^③，普通係以石鹼溶於酒精中製之。濾過所成之溶液，而酒精之過剩者，則以蒸餾法去之。上等石鹼係由橄欖油與低價油之混合物造成。雜斑石鹼^⑤之色，係因加入硫^④酸亞鐵，柏林青^⑥及同類之顏料而成。浮石鹼^⑦因含空氣泡故輕。石油精石鹼^⑧含 5-10% 之石油精。環磨石鹼^⑨含 5-10% 之石鹼及 80-90% 之摩擦料，如細砂或火山灰等；有時亦含小量之炭酸鈉。石鹼粉^⑩大抵為炭酸鈉或炭酸鈉與石鹼粉末之混合物。

589. 石鹼之性質。

石鹼溶解於軟水中，因起加水分解，故成弱鹼性之溶液。設以鹽酸等酸加入該水溶液中，則有機酸由其鹽

- ① Spent lye ② Crutcher ③ Transparent soap ④ Castile soap
 ⑤ Mottled soap ⑥ Prussian blue ⑦ Floating soaps ⑧ Naphtha soaps
 ⑨ Naphtha ⑩ Scouring soap ⑪ Soap powder

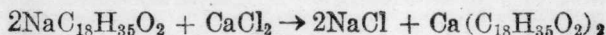
中分出,成白色不溶之固態沉澱。



硬脂酸鈉

硬脂酸

油酸,軟脂酸,及硬脂酸等之鈣鹽及鎂鹽皆不溶解於水,故以鈣或鎂之化合物加於石鹼之水溶液即生沉澱:



硬脂酸鈉

硬脂酸鈣

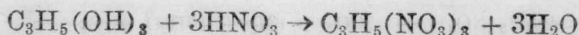
石鹼在硬水中(456頁),不起鹼泡而成混濁沉澱,即因此故;蓋硬水中常含鈣鹽及鎂鹽也。

590. 石鹼之淨穢作用^①

石鹼有助成乳狀體之性質(408頁),前已述之。石鹼之能淨穢概因此故。擦石鹼於皮膚上,則油質因石鹼而乳化,故可洗去。

591. 甘油, $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ 。

此係無色油狀之液體,有甜味。脂肪受鹼作用則生甘油,故為製造石鹼之副產物。硝酸與之作用則成硝酸甘油^②,如下方程式所示:



① Cleansing action of soap ② Glyceryl nitrate

實行此反應時，常用硫酸及硝酸之混合物，於此反應之硫酸，乃用以吸收其所生之水者。由此可知此反應與硝酸作用於鹽基時極相似，故硝酸甘油實為硝酸之鹽。硝酸甘油係稍帶黃色之油，為強烈之爆炸藥，且為硝化甘油（一種爆炸藥）之主要成分。甘油之主要用途，即製此物。

592. 爆炸藥。

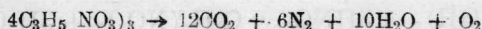
爆炸，乃液體或固體物名爆炸藥者起極速之化學反應所致，蓋由此種反應常急劇生成極大體積之氣體故也。體積之改變愈大，氣體之發生愈速，則爆炸亦愈猛烈。最普通所製造之爆炸藥如下：

① 黑火藥 尋常之黑火藥，係木炭，硫及硝酸鉀之極勻混合物。此混合物着火，則生複雜之反應，其主要者，以方程式表之如下：



爆炸之能力，即因所生高熱氣體，如二氧化碳及淡氣之突然發生所致。以重量論，爆炸所生化合物之中 50% 以下係氣體，故黑火藥比較上為非強烈之炸藥。

2. 硝化甘油。如上所述，硝化甘油係硫酸及硝酸之混合物作用於甘油所成者，主要成分為硝酸甘油。此為一種最有力之爆炸藥——比黑火藥之力強甚。其分解時所起之變化，表之大概如下方程式：



① Black gunpowder

一體積之硝化甘油爆炸後，約能生1300體積之氣體，而此氣體因該反應所發之熱，膨脹至10,000體積以上。純粹之硝化甘油極危險，因易分解故也。其巨量用於製造炸藥^①，此藥不易因振動而爆發；且運輸上危險亦較少。尋常之炸藥，乃硝酸鈉、硝化甘油及木質之混合物所組成，而木質乃為吸收硝化甘油而加入者也。

3. 硝化纖維素。甘油之變為硝化甘油，乃藉硫酸及硝酸混合物之作用，纖維素(342頁)之變成硝化纖維素，亦正相同。硝化纖維素，係由純粹之纖維如棉花者製成，形似棉花。硝化纖維素亦猶硝化甘油，其爆炸力遠勝於黑火藥。於尋常之狀況燃之，則燃而無聲。若與以突然之衝擊如小雷管爆炸之衝擊，則硝化纖維素即行分解，非常猛烈。分解所成者全係無色氣體；故此種爆炸藥用於製造無烟火藥。硝化纖維素充此種用途之時，必須摻入別種物料，否則猛烈爆炸，將擊碎用此種火藥之火器也。故硝化纖維素常與足量之酒精及醚混合使成黏性之塊，以之製成棒形(顆)中穿許多小孔之物。圖167示美國海軍大砲用之此種顆形。膠狀炸藥^③，乃將硝化纖維素摻加於硝化甘油而成者。此係凍膠狀之塊，乃極有力之爆炸藥也。

4. 三硝基甲烴， $C_7H_5(NO_2)_3$ ；苦味酸， $C_6H_2(NO_2)_3OH$ 。大戰中

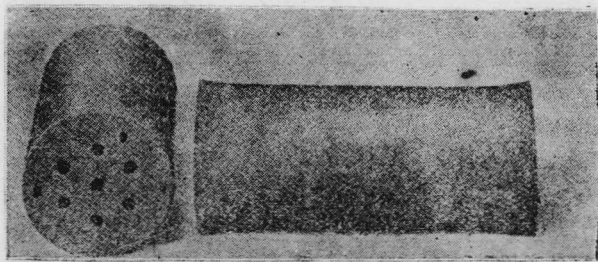


圖 167. 大砲用之藥顆(原形大小)。

① Dynamite ② Nitrocellulose ③ Gelatin dynamite ④ Trinitro-toluene ⑤ Picric acid

發明一種強爆炸藥，名三硝基甲烴。係由硝酸作用於甲烴製之(350頁)。白色之固體，運輸上無危險。苦味酸亦為強爆炸藥，係黃色固體，以烴醇(351頁)與硝酸製之。

練習問題

1. 硝糖水，如何可以助除油垢？
2. 家常所用灰汁，其目的何在？
3. 若使城鎮之水源變軟，對於石鹼之消費有何效果？
4. 在暖爐中靜燃之氣體，若以其足量放入室內而後燃之，則爆發極猛，其故安在？
5. 甘油之字義如何？
6. 何以不用硝酸鈉製火藥？
7. 製造火藥所混合之各成分，其近似之比例如何(參看炸裂反應之方程式)？
8. 火藥有無烟者，有有烟者何故？
9. 城鎮中有用動物之肉屑為甘油之源者，試說明此中之化學作用。
10. 何以不用炸藥為砲藥？
11. 以硫酸除水何以可助甘油之製造？

第三十四章

鈣族^① 肥料^②

| 名 | 符號 | 原子量 | 密度 | 熔點 | 碳酸鹽分解 |
|---|----|--------|------|------|-------|
| 鈣 | Ca | 40.07 | 1.55 | 810° | 暗赤熱 |
| 鐳 | Sr | 87.63 | 2.54 | | 白熱 |
| 鋇 | Ba | 137.37 | 3.75 | 850° | 全不分解 |

593. 鈣族.

鈣族包含產量極富之金屬鈣及稀有金屬鐳與鋇。此三種金屬每稱之曰鹼土金屬^③。鐳亦在此族中（參看元素之週期表），然鐳與鈾有特別關係，故與鈾連述之，較為便利。

1. 所在。鹼土金屬猶鹼金屬，在天然間無游離狀者，其最多之化合物，為碳酸鹽及硫酸鹽；鈣之磷酸鹽及碳酸鹽亦頗多。

2. 製備。鈣族金屬之製法，係電解其熔融之氯化

① The calcium family ② Fertilizers ③ The alkaline earth

物或氫氧化物以製之。鈣最易製。

3. 性質。此三金屬極相似。呈銀白色，比鉛稍硬。在常溫能將水分解成氫氧化物，而使氫分離。然其作用不如鹼金屬之急劇。燃之於空氣中則發亮，成氧化物。此等氧化物與水化合成氫氧化物。

4. 化合物。鹼土金屬之成鹽時，常呈二價元素之作用。三金屬之同類鹽皆相似，許多性質均有一定程序之遞變。其碳酸鹽，磷酸鹽，及硅酸鹽俱不溶於水，此與鹼金屬不同之處。硫酸鋇亦不溶解，而鈣及鋇之硫酸鹽僅稍溶解。無色燄中揮發之時（437頁），該三金屬之化合物各各顯特異之色於燄，就中鈣令火燄呈橙色，鋇呈深紅色，而鋇則呈綠色。

鈣

591. 所在。

鈣為繁富元素之一。其碳酸鹽呈許多不同之形狀。如石灰石及大理石等是也。其化合物之成礦物者之中最重要者如下：

| | | | |
|------------|------------------------------|-----------|---|
| 方解石 | CaCO_3 | 硅灰石 | CaSiO_3 |
| 磷灰土鑛 | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | 石膏 | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| 螢石 | CaF_2 | 硬石膏 | CaSO_4 |

595. 製備.

市上製鈣之法,即使其融化之氯化物電解其法行如下:

製鈣所用之器,係一圓筒形之鐵器(圖 168),以一鐵製之陰極 A 穿插其底,以數個陽極 (B, B) 裝於器之周邊,則鈣在陰極 A 分出成融化狀,而以球形升至固體鈣條 (D) 之下面,此鈣條係懸於陰極之上,分出之鈣,在 D 下面為冷水管 C, C 所冷卻,黏附於鈣條下,俟此鈣條增長乃徐提上。

596. 性質.

鈣為銀白色金屬,比水稍重,熔點為 810° . 易與許多元素化合,在氧中燃之,則發眩目之光而燃燒,鈣猶鈉與鉀,能分解水而生氫氧化物及氫,商業上之用途尚微。

597. 一氧化鈣石

① 灰) (CaO) .

純粹之一氧化鈣,可燃鈣於養氣中,或將硝酸鹽或碳酸鹽加熱以製之。一氧化鈣之稍

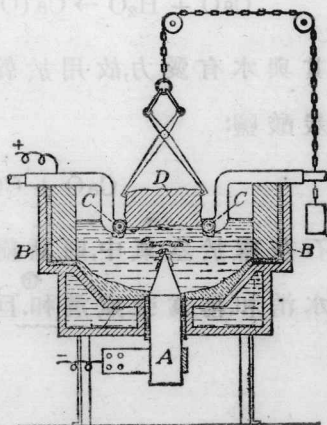
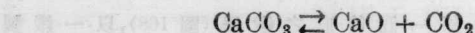


圖 168. 以電解法製鈣。

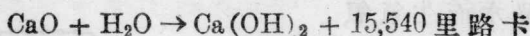
① Calcium oxide (lime)

不淨者，市上名之曰石灰^①或生石灰^②，用大規模將石灰石加熱製之。石灰石之主要成分為碳酸鹽（ CaCO_3 ）。碳酸鈣加熱，則照下之方程式而分解：

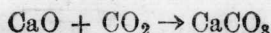


此係可逆之反應；故製造時，須使分解所成之二氧化碳不絕除去方可。

尋常石灰係白色無定形物質。置於氫氧焰內灼熱之，則放極亮之光，稱之為石灰光^③。石灰祇能融化於電爐中。水作用於石灰時，發熱甚多——故名生石灰或活石^④，——此法稱為消和^⑤。其方程式如下：



因其與水有愛力，故用於乾燥氣體。石灰吸收二氧化碳成碳酸鹽：



故石灰露於空氣中，則漸變為氫氧化物及碳酸鹽，不再與水消和。稱為空氣消和^⑥。巨量石灰充製造氫氧化鈣之用。

593. 市上石灰之製造。

① Lime ② Quick lime ③ Lime light ④ Live lime ⑤

Slaking ⑥ Air slaked

圖 169. 示一新式石灰窯之從斷面. 窯約 50 呎高. 許多火爐 (A, A) 建於下部周圍, 俱通窯中心部之烟囪. 石灰石由轉門 B 處裝滿窯中. 燃燒所成之熱質, 循窯上升, 石灰石即漸為熱所分解. 爐底之構造, 可使空氣由 C 流入. 此使爐底之熱石灰變冷, 並給熱養氣以充燃燒, 且以除去窯中所生之二氧化

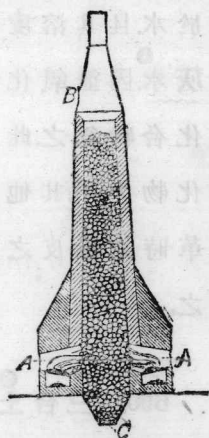


圖 169. 近世式石灰窯之縱斷面。

碳. 燒成石灰放入爐下之車中. 普通工場常合此等窯數個而行製造石灰, 示之如圖 170.

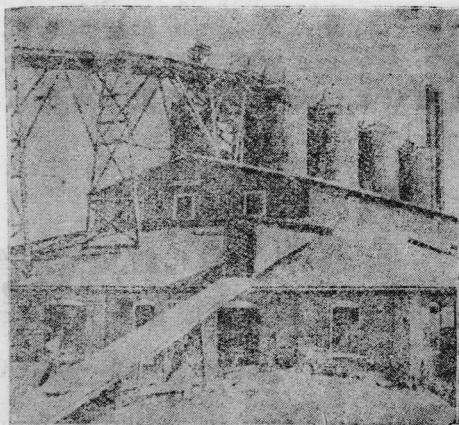


圖 170. 近世工廠中之一組石灰窯。

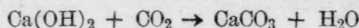
599. 氫氧化鈣(消石灰) $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

石灰加水即可製此化合物, 已如上述. 其純粹者係輕白粉末. 僅稍

溶於水。且其溶度隨溫度之升高而減少。其水溶液謂之石灰水^①。因氫氧化鈣價廉，故工業上不論何時需鹼，即用此化合物爲之。此亦供製造鹵精、漂白粉及鈉與鉀之氫氧化物之用。其他如由煤氣除硫之化合物及二氧化碳製革時除獸皮之毛，製三合土及灰泥，及製石灰土等皆用之。

600. 三合土及灰泥^② ^③

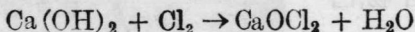
三合土爲氫氧化鈣及砂之混合物。暴之空氣中或鋪於粗鬆物質之上，則其濕氣除去（一部分被粗鬆物質吸去，一部分因蒸發而失去），三合土變成堅硬，實言之，即凝固^④也。同時由空氣中徐徐吸收二氧化碳，成堅硬之碳酸鈣：



以此二種聯合作用，三合土變成極硬，緊黏於所鋪之面上。砂用作三合土之實體，並使其有微孔，亦以防其過於縮小。灰泥爲氫氧化鈣及毛之混合物，毛之作用在於團結。

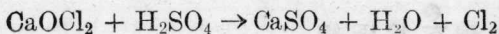
601. 漂白粉^⑤

通綠氣於氫氧化鈣，則成白色固體化合物，其式爲 CaOCl_2 ，稱曰漂白粉，或曰氯化石灰^⑥，或簡稱之曰漂粉^⑦：



此化合物以酸處理之，則生綠氣：

① Limewater ② Mortar ③ Plaster Sets ⑤ Bleaching powder
⑥ Chloride of lime ⑦ Bleach



漂白粉露於空氣中，則漸受溼氣及二氧化碳作用，生次氯酸^① (HClO)，為優良之消毒劑。

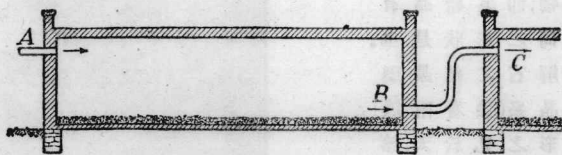


圖 171. 漂白粉之製造裝置圖。

巨量之漂白粉，充製漂白劑，消毒劑及城鎮自來水之淨藥。市上所出售之漂白粉，約含 35—37% 之有效氯素。

市上製漂白粉法，以氫氧化鈣鋪於室中之地上，計厚二英寸至三英寸；其室普通以鉛或凝混凝土造之（圖 171）。氯化鈉電解所生之綠氣，從頂之近處 A 通入。未經吸去之綠氣，則由 B 逸出，經 C 而入於隣接之室。

602. 碳酸鈣 (CaCO₃)。

碳酸鈣有巨量生於天然間，其中以形成石灰石^②者為最繁富，至有構成山脈者。石灰石非純粹之碳酸鈣，常含碳酸鎂，黏土，硅石及鐵之化合物等；多少不定。珍珠，珊瑚及各種蠣殼，其成分大部分均為碳酸鈣。方解石^③為其極純之結晶形，屢有透明之大晶體發見（圖 172），謂之

① Hypochlorous acid ② Limestone ③ Calcite

冰州石^①.大理石^②爲極細
之方解石晶體所組成。

碳酸鈣爲同質二
③形化合物；即其結晶有
二種不同之形狀是也。
例如方解石之結晶屬
於六方晶系(參看附錄)，
而另一形之見於天然
間者曰霰石^④，其所成結
晶屬於斜方晶系。

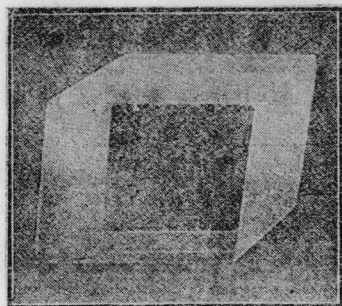


圖 172. 冰晶石之結晶。

實驗室中製純碳酸鈣法，以可溶解之鈣鹽與可溶
解之碳酸鹽相加即得：



以此法製成者係白色之軟粉，常稱之曰沉澱白堊^⑤多用
作擦粉(牙粉)。

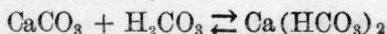
碳酸鈣之天然產品，有許多用途，如製石灰及二氧
化碳；用於冶金，鼓風爐中用之尤多；又製蘇打及玻璃；充
建築石；鋪路及砂石等。

603. 酸式碳酸鈣， $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ^①

碳酸鈣幾全不溶於清水中，然易溶於含二氧化碳
之水溶液中。因碳酸鈣與水中所存之碳酸化合，成酸式

- ① Iceland spar ② Marble ③ Dimorphous ④ Aragonite
⑤ Precipitated chalk ⑥ Calcium acid carbonate

炭酸鈣，而此此炭酸鈣能溶解故也。



所成之酸式炭酸鹽僅能存於溶液中，因該鹽不穩固，熱之或蒸發其溶液，則分解成正炭酸鹽。

天然水常含多少二氧化碳，有種地下水中，所含二氧化碳之量較多，蓋以壓力溶於其中者。此種水對於石灰石有顯著之溶媒作用，能溶炭酸鈣及炭酸鎂。許多地方因此種溶劑作用，繼續至數地質年代，卒於石灰岩成大洞，懸塔啓之馬摩斯洞^②，即其例也。

604. 硫酸鈣(CaSO_4)^③.

硫酸鈣於天然間成數種不同之形體，其最普通者為石膏^④ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。其在紐約，密執安，俄克拉河馬^⑤探出者甚多，用作造紙之填料 (filler) (344頁)，肥料之成分，尤多用於巴黎石膏^⑦。

硫酸鈣，僅微溶於水；若以鈣鹽之濃溶液與硫酸鹽之濃溶液混合，則生細白如粉之硫酸鈣沉澱。

605. 巴黎石膏(燒石膏) (CaSO_4)₂H₂O.

此係白色細粉，慎熱石膏即得。加水則成黏塊，而硬化(即凝固)甚速。以其有此性質，故可以之造模型，呈細

① Kentucky ② Mammoth Cave ③ Calcium sulfate ④ Gypsum

⑤ Michigan ⑥ Oklahoma ⑦ Plaster of Paris

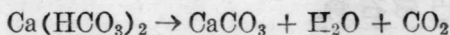
工及粉牆面之加工等極有價值。斷骨常用燒石膏作型紮束，速骨復合而後除去。

製造巴黎石膏時，不應使溫度升至 125° 以上；否則生成無水鹽，與水化合極緩，致失燒石膏所以供各種用途之價值。

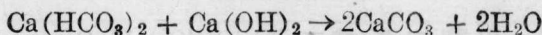
606. 硬水^①

含鈣及鎂之化合物之水，稱爲硬水^①。水之硬性有二種：即(1)暫硬及(2)久硬。

1. 暫硬^②。前述凡含二氧化碳之水，若遇石灰石，則石灰石必有若干溶解於其中，因其成可溶解之酸式碳酸鈣也。此種水之硬性謂之暫硬，因煮沸之則硬性即除故也。加熱所以使酸式碳酸鹽變爲不溶解之正碳酸鹽，而沉澱，水遂變軟：



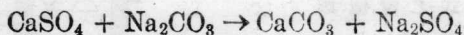
此種水加以充分之石灰或氫氧化鈣，使鈣之酸式碳酸鹽變爲正碳酸鹽則亦可使軟化：



2. 久硬^③。水之硬性，亦有因其中存鈣或鎂之硫酸鹽或氯化物之故。此種水煮沸，仍無改變；故水之此種硬性稱爲久硬。然加碳酸鈉仍能令之變軟，鈣及鎂成不溶

① Hard water ② Temporary hardness ③ Permanent hardness

之碳酸鹽而沈澱：



此法往往稱之爲“破水法”^①。

607. 市上令水變軟之法。

城市之水，不僅含鈣、鎂之酸式碳酸鹽，且含此二金屬之硫酸鹽、氯化物并少量他種鹽類。市上令此種水變軟之法，係以定量之氫氧化鈣及碳酸鈉加入。氫氧化鈣使酸式碳酸鹽沉澱，而碳酸鈉則用以沉澱鈣及鎂之其他可溶鹽類。軟化所須之氫氧化鈣及碳酸鈉之量，係由水之化學分析而算定者。由方程式可知用此法變軟之水，必含硫酸鈉及氯化鈉；然水含此種鹽，並無緊要之關係。

608. 二碳化鈣(CaC₂)^②。

此化合物以大規模製之，供製造乙炔(316頁)及作肥料之用。其製法即以石灰與焦煤之混合物置電爐中加熱即得：



純粹之二碳化鈣，爲無色透明固體，市上商品，係暗灰色之粗鬆物質，含濁質頗多。市上裝於密閉罐中發售。

609. 市上製法。

二碳化鈣之製造始於1836年，迨至1893年方成市上商

① Breaking the water ② Calcium carbide

品。其製法之原理，示之如圖173，此乃簡式之爐。爐底係一大塊之炭(A)，作為電極之一，在此電極上橫列數電極(B, B)，此數極與A極之距離均等。煤與石灰之混合物，由C口加入爐內，此爐下端之混合物受極大之熱，成液體碳化物由D口流出。

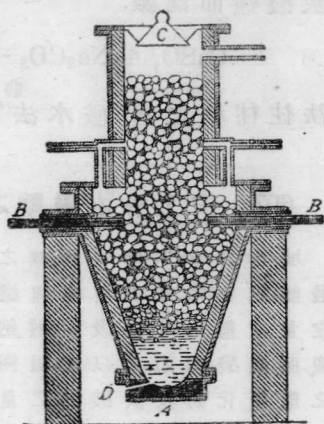


圖 173. 製造二碳化鈣之爐。

610. 硃精化鈣

①
(CaCN₂).

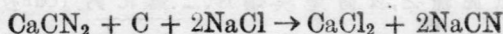
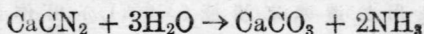
通淡氣於熱二碳化鈣，則二者起反應，成一化合物，謂之硃精化鈣：



市上產品，約含該化合物 60%，其餘 40% 大概為碳及石灰，此物謂之氮石灰②。磨之，混之以水（水用以消和石灰），即此售作肥料，名硃精化物③。其所有肥料之價值者，因其中之氮可悉充植物之食料故也。

硃精化鈣，亦已視為對於硃精及精化鈉之市上製造上之重要物品，蓋二者均易由硃精化鈣製之，其作用示之為下方程式：

① Calcium cyanamide ② Lime nitrogen ③ Cyanamide



製造硝酸化鈣之氮，係取自液態空氣，如 136 頁所述。由上方程式所示之反應，則知改變空氣中之淡氣，為氮之重要化合物為可能也。

611. 鈣之磷酸鹽^①

鈣與磷酸成三種鹽，其名稱及式如下：

正磷酸鈣^②..... $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

磷酸氫鈣^③..... CaHPO_4

磷酸四氫鈣^④..... $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

正磷酸鹽常簡稱為磷酸鈣，天然間產出甚多，概成磷酸岩即磷灰土礦，且成磷灰石之成分。此為骨骼之主要鑲質成分，骨灰約含磷酸鹽 80%。磷酸鹽在肥料上極其重要（參看 370 頁及本章之末）。

612. 鈣之其他化合物^⑦

二氯化鈣 ^⑤ (CaCl_2)，生於海水中，為索爾未法 ^⑧ 製炭酸鈉之副產物，製出甚多。該無水鹽易吸收濕氣，故用作氣體之乾燥

① Phosphates of calcium ② Normal calcium phosphate ③ Calcium monohydrogen phosphate ④ Calcium dihydrogen phosphate
 ⑤ Phosphorite ⑥ Apatite ⑦ Other compounds of calcium ⑧ Calcium chloride ⑨ Solvay process

劑。此鹽之溶液用於造冰之滷液(116頁),亦用作道路上之壓塵物,礦中以此灑之,以防塵埃爆炸。二氟化鈣(CaF_2)在天然間產出者為螢石。伊里諾斯開出螢石甚多,其用途為製造氟、氫酸,製造不透明之玻璃,及種種冶金上之材料。硫化鈣(CaS)為路布蘭法製造碳酸鈉時之副產物。該鹽有時用作發光塗料,因露於極亮之光後,能在暗處發光故也。酸式亞硫酸鈣 $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 常用作防腐劑,其巨量用於造紙(344頁)。硅酸鈣之已知者甚多,因為水泥及玻璃之重要成分,故頗重要。

錒及鋇^⑤

613. 概論。

此二元素比鈣稀少遠甚,不易製備,又無商業上之用途,其最多之礦物如下:

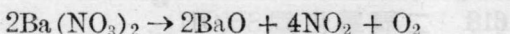
| | | | |
|-------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 天青石 ^① | SrSO_4 | 重晶石 ^① | BaSO_4 |
| 碳酸錒礦 ^⑩ | SrCO_3 | 毒重石 ^⑫ | BaCO_3 |

錒及鋇之化合物,成分及性質均與鈣之同類化合物相似,其化合物緊要者如下:

614. 鋇之氧化物。

一氧化鋇(BaO)可用硝酸鹽加強熱製之:

-
- ① Calcium fluoride ② fluorite ③ Illinois ④ Calcium sulfide
 ⑤ Leblanc process ⑥ Calcium acid sulfite ⑦ Calcium silicates ⑧
 Strontium and barium ⑨ Celestite ⑩ Strontianite ⑪ Barite ⑫
 Witherite



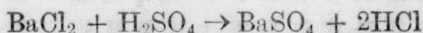
此氧化物若於空氣中熱至稍赤，即與氧化合成二氧化物 BaO_2 ，此物用於製備二氧化二氫（83頁）。

615. 二氯化鋇^① (BaCl_2)。

二氯化鋇係白色固體，而由其溶液結晶者成爲含水物 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。此在實驗室中用作硫酸或可溶解硫酸鹽之試藥，因其與該酸或其鹽反應成不溶解之硫酸鋇也。

616. 硫酸鋇(重晶石)^② (BaSO_4)。

硫酸鋇在天然間成白色之重礦物名重晶石。加鋇鹽於硫酸鹽或硫酸之溶液中，則硫酸鋇沉澱成結晶性粉末：



其巨量用於製造油漆。

617. 硝酸鋇^③ $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 。

此化合物係氧化劑，當與可氧化之物質燃之，則放極亮之青光，故用於製造花砲。

① Barium chloride ② Barium sulfate (barite) ③ Barium nitrate

618. 二氫氧化鋇 $\text{Sr}(\text{OH})_2$.

二氫氧化鋇之製法與二氫氧化鈣同。二氫氧化鋇由其熱液中結晶成含水物 $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。二氫氧化鋇有一種特性，即與糖相和成一不可溶解之化合物，而此不溶解化合物又易分解為其原成分。故有時煉糖廠內用以提取混濁母液中之糖，因糖不能於其內結晶而出也。

619. 硝酸鋇 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$.

此化合物能與深紅色於火燄，故用於製造花炮以發紅光。

肥料

620. 植物食料;肥料.

除二氧化碳(及可有少許之氧)從空氣中吸取外，凡植物生長所需之營養料，皆取自泥土。故欲植物之繁盛，必須泥土中含有相宜之植物食料以應需求。且植物生長之際接續取此養料，故欲使泥土保其肥沃之度，必須使所吸取之成分仍歸於土。肥料即應此目的之用者也。

621. 肥料之成分.

許多元素為植物生長上必需之物，然由經驗知土中加以三種物質，即可維持其肥沃之度，即(1)含氮物質，(2)鈣之

① Strontium hydroxide ② Strontium nitrate ③ Fertilizers

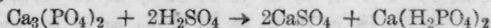
磷酸鹽，及(3)鉀之化合物。硫之化合物亦所必需，然土中含此物常多，無須另加。

622. 肥料之來源.

肥料各成分之市上來源如下：

1. 含氮物質。此物之來源頗多：如硝酸鈉，硫酸銨，硫酸銨，又含氮有機物質，如乾血，屠宰場之廢物，以及最常用之動物排泄物等皆是。

2. 磷酸鹽。碎骨殘屬可貴，因其含磷酸鈣外尚有若干氮素故也。然此來源殊不充分，大宗來源則推磷鹽岩，其中含磷酸鈣約70%。此種磷鹽岩甚多，在佛羅利達^②及田納西^③採出之量尤多。因磷酸鈣為幾不溶解之物，故將此種岩石搗碎加硫酸以處理之。如是則變不溶性之磷酸鈣變為溶解之磷酸四氫鈣， $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ：



所成硫酸鈣及酸式硫酸鈣之混合物為粉末狀，名過磷酸石^④灰乃有價值之肥料也。此混合物所含之硫酸鈣，能增高肥料之價值，因其有供給硫磺，改良泥土之物理性之效故也。又製鋼時所成之銻滓含有磷分，故亦可充肥料。

3. 鉀之化合物。此物要皆取自斯塔斯佛特礦，鉀瀉利鹽^⑤ $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 為取鉀化合物用最普通之礦物（431頁）。



① 圖 174. 利比喜(1803-1873)
德之大化學家及教師，尤為農藝化學及肥土學之首倡者。

① Justus Liebig ② Florida ③ Tennessee ④ Superphosphate of lime ⑤ Stassfurt ⑥ Kainite

木灰甚佳，但其供給有限耳。

市上之肥料，大概為上述之三種基本物質之混合物，肥料之成分，視所植之物及用肥料處之土性而互異。

623. 土加灰^①

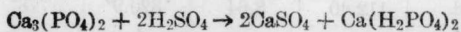
泥土有時變酸味，因其中有酸類變成，而此類酸常由植物質分解而成，苔蘚，黑漿果等植物，繁殖於含酸泥土；但草和蘭翹搖及五穀之類則反是。於含酸之土而欲種植五穀之類，則須鋪以氫氧化鈣（熟石灰）以調劑之，即中和其所含之酸，此法謂之土加灰^②。土之是否含酸，可以下法試之，即用數條濕藍石蕊紙，蓋以濕土，置數分鐘而觀其變化如何，則可知矣。

練習問題

1. 鹼土金屬與鹼金屬之共通性質為何？不同之點為何？
2. 試書二碳化鈣與水反應之方程式。
3. 從硬水除氯化鈣之法為何？
4. 空氣消和之石灰可製三合土否？可作酸土加灰用否？
5. 何以可知二碳化鈣之含有不潔物？
6. 炭酸鈣可分解為氧化鈣及二氧化碳，而氧化鈣尚從空氣吸收二氧化碳以成炭酸鈣，將如何說明之？
7. 試驗二氧化碳能用氫氧化鋇以代氫氧化鈣否？
8. 方解石與石膏外觀常相似，辨別之簡易方法為何？
9. 試擬由硝鎂化鈣製硝酸之法。
10. 由氫氧化鈣製酸式亞硫酸鈣之法，與酸式炭酸鹽之製法完全相似，試書其反應之方程式？
11. 如何可由硫酸鈣製氯化鈣？由重晶石製二氯化鋇？
12. 乾三合土中含有炭酸鈣及砂，將如何證明之？

① Liming soils ② Liming

18. 城市因使自來水軟化所得之各種利益,試列舉之。
14. 以 1 噸石膏熱之,可得若干重量之巴黎石膏?
15. 製 10 噸石灰,應需石灰石重量若干?
16. 消和 1 噸石灰,應需水若干重量?
17. 將含 90% 炭酸鈣之石灰 1 噸,加熱以製石灰,試計所成石灰中之氧化鈣之重,設欲盡消此氧化鈣,問需水若干重量?
18. 消和 100 噸石灰所生之熱,可使室溫之水若干重量(設為 18°C)昇溫至沸點?
19. 某城每日用水 10,000,000 加侖,水每 100 加侖含 120 克之酸式炭酸鈣及 80 克之硫酸鈣,設欲使每日用水軟化,問需氫氧化鈣及炭酸鈉之重量各若干?
20. 以 10 噸鹽岩製肥料時,設僅起下方程式所表之反應:



問處理燐酸岩 1 噸,需含 50% (重量)之硫酸氫之硫酸若干重量?

21. 問以石灰石及硫,如何可製製紙用之酸式亞硫酸鈣?

第三十五章

鎂^①族

| 名稱 | 記號 | 原子量 | 密度 | 熔點 | 沸點 | 氧化物 |
|--------|----|--------|------|--------|------|-----|
| 鎂..... | Mg | 24.32 | 1.74 | 651° | 920° | MgO |
| 鋅..... | Zn | 65.37 | 7.10 | 419.4° | 950° | ZnO |
| 鎘..... | Cd | 112.40 | 8.64 | 320.9° | 778° | CdO |

624. 鎂族.

鎂族有四元素，即鎂，鋅，鎘及銻是也。前三種金屬之相互間極相類似，正如前所論二族之元素，在某要點銻有數點與銅較近，故於論銅時並論之。

625. 性質.

在尋常溫度，氧與此族各元素之作用甚微，然在高溫中，則起化合極速，變成氧化物，鎂能急速分解沸水，而鋅與鎘則與之作用極微，三者均溶於酸類，使氫分出。

① The magnesium family

626. 化合物.

族中諸元素在其化合物中均爲二價,故其鹽類之式,與鹼土金屬諸鹽相似.其正碳酸鹽,正磷酸鹽,及正硅酸鹽等,俱不溶解於水,亦與鹼土金屬諸鹽相似,然其硫酸鹽易溶.鎂族諸金屬之氫氧化物,幾不溶於水,而易爲熱所分解,變成水及金屬氧化物,與鹼金屬及鹼土金屬不同.

①
鎂

627. 所在

鎂爲天然間極繁富之元素,但較鈣稍少耳.鎂亦如鈣爲許多岩石之成分,且成各種可溶解之鹽類.白雲石($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)及菱苦土石(MgCO_3)之產量甚巨.石棉,滑石,及蛇紋石等均爲鎂之硅酸鹽.此元素亦爲葉綠素^②之成分.

628. 製法.

金屬鎂與許多金屬相似.其氧化物極難爲碳所還原,故用電解法製之,即用其無水之氯化物或一種礦物名白鹵鹽^③(431頁)爲電解質.電解質熔化於鐵爐中,此爐兼充電解之陰極,以一炭條浸入爐中之熔鹽中作爲陽

① Magnesium ② Chlorophyll ③ Carnallite

極其裝置與製鈉及鈣時所用者極相似。

629. 性質.

鎂質輕，呈銀白色，其重適能沉入水中。市上所售者常製成薄帶形或線形或粉狀。空氣與之不起作用，而於其表面成鹽基性碳酸鹽之薄膜，使其光輝灰淡。鎂與大多數非金屬直接化合，即與氮亦起化合。普通酸類均可溶之，成相當之鹽類。鎂極易燃，燃時放極亮之白光。此光極富於感應攝影板之光線，而細粉狀之鎂廣用於發生閃光^①，以供閃光攝影，煙火術上之白光，夜照戰場之火箭等之用。鎂粉用於此目的時常混以氧化劑，氯酸鉀乃一常用之此種氧化劑也。

630. 氧化鎂(MgO).

氧化鎂有時稱爲苦土^②，或稱煨製苦土^③，與石灰相同之點甚多。較石灰易成，可以同樣之法製之；即將其碳酸鹽加熱是也。氧化鎂係白色粉，極軟極輕，熱至極高溫度亦不改變。因有此長，故用以製造坩堝，內襯爐壁及凡須難熔之鹽基性物質時均用之。

631. 氫氧化鎂Mg(OH)₂.

① Flash light ② Magnesia ③ Magnesia usta

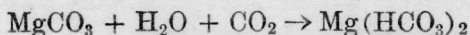
氫氧化鎂僅微溶解於水內，加一種可溶化之鹽基於鎂之鹽類即可見其沉澱：



若其溶入水內足量則呈微鹼性之反應，成略強之鹽基。此係白色無定形之物質，熱之則變為氧化鎂。

632. 碳酸鎂 (MgCO_3).

碳酸鎂生於許多地域成菱苦土^①，此石常係無定形體，但有時成純粹之結晶體，類方解石，更常與碳酸鈣伴生。白雲石^②之成分為 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ，而石灰石中含有微量之碳酸鎂者，稱之曰白雲石石灰石^③。白雲石為最普通造山岩石之一，較石灰石硬而不易為酸類所侵。白雲石作建築石，造地基及墊路用頗有價值。碳酸鎂似碳酸鈣不溶於水，但易溶解於含二氧化碳之水，成酸式碳酸鹽：



鎂鹽之溶液加碳酸鈉成沉澱時，則得白色鹽基性之碳酸鹽，名之曰白苦土^④，常充化粧品及藥劑之用。

633. 鍋爐積垢^⑤

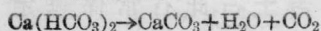
若水溶有某種鹽類，而於蒸汽鍋爐中蒸發之，則有堅硬不溶之物質淤積於鍋內，稱之曰鍋垢^①。此垢之生成，有下數種

① Magnesite ② Dolomite ③ Dolomitic limestone ④ Magnesia alba ⑤ Boiler scale ① Scale.

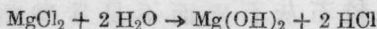
不同之原因：

1. 因硫酸鈣之滲積。此鹽能微溶於冷水，而全不溶於過熱之水，故含此物之水若在鍋中熱之，則此物即成沉澱。

2. 因酸式碳酸鹽之分解。如前所述酸式碳酸鈣與酸式碳酸鎂，均可因熱而分解，成不溶解之正碳酸鹽：



3. 因鎂鹽之加水分解。氯化鎂於溶液內蒸至過熱，則加水分解。硫酸鎂受同樣之處理，亦稍微分解所成之氫氧化鎂，僅微溶解於水內，所以下沉：



鍋垢緊粘於鍋爐管壁成數堅層(圖175)。為熱之不傳導體，故多耗燃料。此垢極難除去，因其質硬而對於藥劑之抵抗力又強故也。厚垢有時龜拆，致使水與過熱之鐵接觸，令鍋爐破裂。



圖 175. 鍋爐管断面圖，示其中之鍋垢。

634. 硫酸鎂(MgSO_4) (瀉利鹽)。

硫酸鎂猶氯化鎂，發見於泉水及鹽礦中者頗富。其近於純粹之固體之礦藏曾發見於華盛頓及歪俄明^①，其成分為 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。此常稱之曰厄普孫鹽^②，因其存在於英之厄普孫泉水中也。

硫酸鎂稍用於硫酸鉀及硫酸鈉之製造，染業上用

① Wyoming. ② Epsom salt

之令棉布加重，鞣皮術上亦用之。又用製造油漆與洗濯肥皂，藥內亦有用之。

635. 硅酸鎂.

含鎂之硅酸鹽已知者頗多，其中有數種為重要之物質。^①蛇紋石^②，^③石棉，^④滑石(或石鹼石)及^⑤海泡石等，即其佳例。石棉質軟，成纖維狀，為電及熱之不良導體。以種種形狀用於防火物，如布，紙，板，及繩等。又用於掩護汽管，爐，及鍋爐等，以減熱之輻射。在電器上充絕緣體，亦有許多用途。石棉之主要產地為坎拿大之安剔釐阿省。^⑥石鹼石用作下水溝及桌面，其細粉充化粧粉及安足粉之用。此物有時稱之曰法國白堊。^⑦海泡石用於烟斗及相類物品。

鋅

636. 所在.

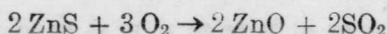
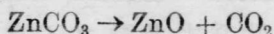
鋅在自然界無天然產出者。鋅非普通岩石及礦物之成分，其產地限於一定之礦藏或礦囊。其所產出之主要礦物如下：^⑧硫鋅礦(方鋅礦) (ZnS)；^⑩赤鋅礦 (ZnO)；^⑪菱鋅礦 ($ZnCO_3$)；^⑫鋅鐵礦 ($ZnO \cdot Fe_2O_3$)；^⑬硅酸鋅礦 (Zn_2SiO_4)。全世

- ① Serpentine ② Asbestos ③ Talc ④ Soapstone ⑤ Meer-schaum ⑥ Ontario ⑦ French chalk ⑧ Zinc ⑨ Sphalerite (Zinc blende) ⑩ Zincite ⑪ Smithonite ⑫ Franklinite ⑬ Willemite.

界鋅之產額美占四分之一——密蘇里^①、堪薩斯^②及新澤
稜^③爲其最大之產源。

637. 冶鋅.

製鋅所用之主要礦石爲硫化物、氧化物及碳酸鹽等。將硫化物及碳酸鹽先於空氣中焙之，使變爲氧化物：



於是將此氧化物與煤屑混合，置陶甌中熱之。如是則氧化物還原爲金屬鋅，而鋅之溫度已在其沸點以上，故蒸發而出，集之於適宜之受器中，傾入模型。此名生鋅^④。市上之鋅常含不潔物，如碳、砷或鐵等。

638. 性質.

純鋅爲頗重之藍白色金屬，有高度光澤。其熔點約420度，若在空氣中熱之遠過此溫度，即燃燒舉藍色之火燄。其沸點約950度。

鋅之許多性質，頗爲溫度及其處理之法所左右。其由液態鑄成塊形時，則於尋常溫度硬而脆，且有強結晶性。於100度至150度有展性，可捲成薄片；於更高之溫度則復變成極脆。鋅一經展成薄片，即於尋常溫度，亦能保

① Missouri ② Kausas ③ New Jersey ④ Spelter

持其柔性及展性。將鋅傾入水中，則成薄脆之片，此之謂鬆鋅。^①

鋅之表面，因溼氣而變黑，但其內則無影響。純鋅與硫酸及鹽酸之作用極緩；然若稍含他種金屬，如鎂或銅，或令與他種金屬接觸，則酸能令起活潑之作用而放氫。所以前用純鋅製氫，常先加數滴硫酸銅於溶液中以助其化學反應。強鹽基能溶解鋅而放氫。

639. 鋅之用途.

鋅之主要用途為製鋅鍍鐵。^②此係鐵片或鐵絲，表面被以薄層之鋅以防鐵之生鏽(543頁)。供此用者約占鋅全產額三分之二。鋅片用於陰溝及盛水器砌襯。巨量之鋅用於製造黃銅及其他合金(526頁)，用於構造電池，又用於由鉛分銀(544頁)。實驗室中，鋅用於製造輕氣，鋅屑則用為還原劑。

640. 鋅鍍鐵之製造.

圖 176，示造鋅鍍鐵之方法。鐵板由滾軸 A 下以進帶鋅池 B。於此鋅附於鐵，所成之板使之過滾軸 C 下，以去其多餘之鋅并令其表面光滑。有時用電解法鍍鋅於鐵。

641. 一氧化鋅(鋅白)(ZnO).

一氧化鋅之產於自然界者不純淨，因鐵或錳之化

① Granulated zinc or mossy zinc ② Galvanized iron

合物而現紅色。其製法與製三氧化二鎂同，即強熱碳酸鋅或氫氧化鋅即得，惟使鋅燃燒以製之者，更為常見。



圖 176. 鋅鍍鐵皮之製造。

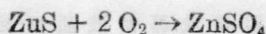
一氧化鋅為純白粉末，多用作製油漆之白色顏料，名之曰鋅白^①。較鉛白有一優點，即不因硫之化合物而變色，而鉛之化合物則變黑是也。每年製油漆用之一氧化鋅，達數千噸。又於製造橡皮製品時可用一氧化鋅為填充物。製汽車橡皮輪所用之一氧化鋅，每年亦達巨額。

642. 硫酸鋅($ZnSO_4$)。

此鹽易由其濃溶液中結晶析出成透明無色之晶體，其式為 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 名之曰皓礬^②。市上由適當煨燒其

① Zinc white ② White vitriol

硫化物而製得之：

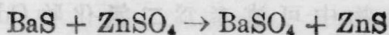


643. 二氯化鋅^①(ZnCl_2).

此鹽善溶於水而有強酸性反應。有殺菌性，用於保護鐵道之枕木及其他木材之易受腐爛者。

644. 硫化鋅^②(ZnS).

此物生於硫鋅礦^③，為鋅之最有價值礦石之一。其巨大礦藏，生於密蘇里之西南部。此天然礦物成大晶體，或成大塊，色澤似樹脂。不溶於水，以沉澱法製成者為白色。油畫白繪料^④為硫酸鋇及硫化鋅二種固體之混合物，乃使硫化鋇與硫酸鋅於溶液中合成者：



為有價值之白色顏料。

645. 保護木頭^⑤.

因森林消滅之速，而防護木頭之腐爛(微菌生殖)成為重要之問題。若木僅暴於空氣之中，則以油漆及假漆保護之。若其一部須埋於地下者(枕木，籬樁)，則以殺菌劑處理之。殺菌保護劑之最常用者為二氯化鋅，硫酸銅，及煤焦油等 (Coal-tar creosote)。

① Zinc chloride ② Zinc sulfide ③ Sphalerite ④ Lithophone

⑤ Preservation of wood.

處理之法即將木頭置於密閉汽鍋而用殺菌液浸漬之，排淨空氣，藉使殺菌液易入木頭之孔內。此法常於空氣抽淨之後，加巨大壓力於殺菌液，藉使液體更易入木之孔內。

① 鎘

646. 鎘.

此元素常有微量生於某種鋅礦中。冶鋅時鎘之化合物亦有化學變化，與鋅化合物之變化相似，鎘與鋅一同蒸餾而出。鎘更易揮發，故與最初蒸發之鋅先行蒸出，可用特別精鍊法，由該最初蒸出部分製鎘。鎘與鋅極相似之點甚多，其合金有因熔點之低而特著者。全世界鎘之產額中美國與德國所產約略相等。

647. 鎘之化合物.

鎘之化合物中可述者，為二氯化物， $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 硫酸鹽 $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ，及硝酸鹽 $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。此等均係白色固體，溶解於水。硫化物 CdS 為亮黃物質，不溶解於水及稀酸類，係有價值之精良顏料。

練習問題

1. 鎂族金屬與鹼金屬有何通性？又與鹼土金屬有何通性？
2. 試比較鎂族金屬與其他已學金屬對於水之作用。

3. 已學諸金屬中，何者係以電解法製之？
4. 試作方程式以表鎂與鹽酸之反應；鎂與稀硫酸之反應。
5. 由白雲石製成之市上石灰成分若何？
6. 鎂與磷酸所成之鹽，與鈣與磷酸所成之鹽相似。試書可成之鎂鹽之名稱及式。
7. 二氯化鎂與硫酸鎂之區別如何？芒硝與瀉利鹽之區別如何？
8. 以一氧化鋅製成之油漆不因硫化二氫而變色，試解其故。
9. 試作方程式，以示下列鋅之化合物如何可由金屬鋅製得之：氧化物，氯化物，硝酸鹽，碳酸鹽，硫酸鹽，硫化物，氫氧化物。
10. 由鎳製硫化鎳之法如何？
11. 試記鹼金屬，鈣族，及鎂族等在金屬電化次序表中之位置，并試推想酸類對於此等金屬之作用。
12. 以上已習之金屬中無一以未化合態生於自然界者，試舉其理由。
13. 設以鋅一片浸於硫酸銅之溶液中，應起何種反應？試說明之。
14. 製鎂500克應須白鹼鹽若干重？
15. 製鋅白一噸應須鋅鐵礦若干重？
16. 鋅礦1克溶於酸中，礦中所含之鋅以硫化二氫使之沉澱，所得硫化鋅計重0.38克。試計礦石所含鋅之百分率。
17. 以硫鋅礦或鋅鐵礦一噸製鋅，何者得鋅較多？

第三十六章

鋁類^①

648. 鋁類.

週期表第三類之元素,除鋁外,無一著名或產量豐富者。硼已述過,其他自可分爲二族。一族含鋁,與銣,銻,鉛;一族含鎢及鈦與一大類之元素,即其氧化物統稱爲稀土族^②者。

此類元素,成化合物時,原子價均爲三價,惟其中較稀之元素如鉛等,原子價亦較低。除少數例外,其鹽類均係無色,惟其從有色酸中誘導而出者不在此例。此等元素所成之鹽基幾皆微弱,而其鹽類多在溶液中起加水分解。討論此類中稀元素非初等教科書範圍以內之事。然鋁爲極重要金屬,故宜稍詳論之。

鋁

649. 所在.

① The aluminium group ② Rare earths

除氧、硅外，鋁為元素中之最多者。自然界中無未化合之鋁，而其化合物則分布極廣。長石為地殼所含一切礦物中之最多者，均係鋁與鈉、鉀，或鈣之硅酸鹽。泥土都由此等岩石崩解而成，故富於鋁之硅酸鹽，黏土即其主要者也。其他之形見於自然界者如下：剛玉石^① (Al₂O₃)，剛玉砂^② (Al₂O₃ 因氧化鐵變成黑色)，冰晶石^③ (Na₃AlF₆)，水礬土礦^④，此係水化氧化鋁 (Al₂O₃ · H₂O 及 Al₂O₃ · 3H₂O) 之混合物，並含鐵之同類化合物。水礬土礦為製鋁之礦石。美國市上之鋁全部來自佐治亞^⑤ 阿拉巴瑪^⑥，及阿肯色^⑦等處。

650. 製備。

1827年，味勒^⑧氏始製鋁，即以無水三氯化鋁加鉀灼熱即得：



鋁雖在自然界甚多，且有許多善良之性質，然由礦石分鋁，費用甚大，故嘗視為希奇之物。迄近年廉價製取之電力法發明，此問題隨以解決，



圖 177. 查理馬丁荷爾^⑨ (1863-1914) 美國化學家，發明用電解法製鋁者。

① Corundum ② Emery ③ Cryolite ④ Bauxite ⑤ Georgia
⑥ Alabama ⑦ Arkansas ⑧ Wöhler ⑨ Charles Martin Hall

現在巨量之鋁用電解法製之，即以三氧化二鋁 (Al_2O_3) 溶於已熔化之冰晶石中使起電解——此法乃 1886 年美國化學家荷爾(圖 177)氏所發。

651. 冶金.

鐵箱 *A* (圖 178) 約 8 呎長，6 呎闊，與一有力之發電機相連以充陰極，使鋁淤積於其上。以三、四行碳棒 *B*, *B* 懸於箱中以充陽極，箱中半裝冰晶石，通以電流，使發生之熱足以熔解冰晶石。再加三氧化二鋁使為電解質，則即分解為鋁及氧。溫度須使在鋁之熔點以上，又液態之鋁較冰晶石重，故沉於器底，由 *C* 口時時任其流出。

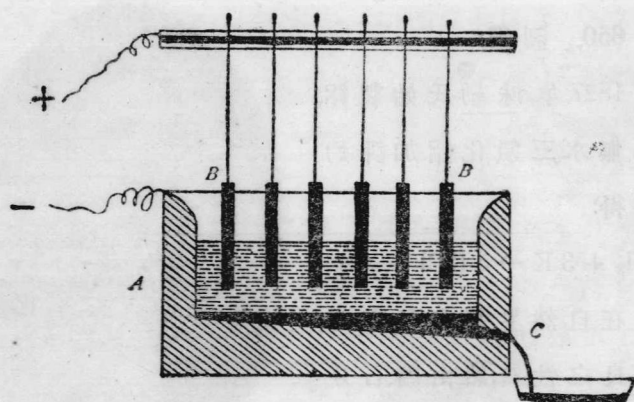


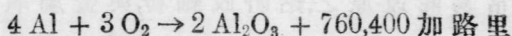
圖 178. 示鋁之製造。

652. 性質.

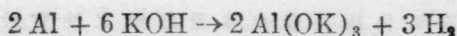
鋁為白色如錫之金屬，融點 658.7 度，極輕，密度約為

鐵之三分之一，質堅硬，頻熱之能捲成薄片，為電及熱之良導體，然不及銅絲之佳。

沸水與鋁無顯著作用，濕空氣祇能使其色變暗。終則成一層極薄氧化物膜，於其表面，而作用即行停止。鋁為極良之還原劑，在高溫度與氧化合，發出多量之熱：



鹽酸作用於鋁成三氯化鋁；硝酸及稀硫酸對鋁幾全無作用；但熱濃硫酸作用於鋁成硫酸鋁。鹼易與鋁起變化使氫分離：



食鹽溶液如海水，能侵蝕此金屬極速。

653. 鋁之用途。

因有以上種種性質，故鋁有許多用途。其輕而堅固，且與空氣及水無作用諸點，使適於建築及製造之用。且因其有此數種性質，所以用以製造烹調器具極廣。因其抵抗電流之力不大，所以有種電器內用以替銅，如電車線及動力線均用之。其成粉狀懸游於適宜液體中者，充銀色塗料，藉以包護鐵管及燈簾。鋁之最大用途為製鋼業(526頁)。鋁青銅^①約含銅90%及鋁10%，有純金之色彩，

① Aluminium bronze

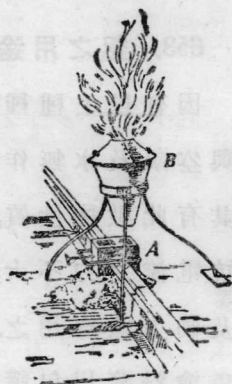
堅而可展，易於鑄造，且置空氣中能耐久。鎂鋁齊^①為鎂及鋁之合金。此種合鋁輕而硬，用作天平之臂。

654. 哥德士密特還原法。^②

鋁常充強烈之還原劑，許多金屬氧化物不為碳所還原者，鋁常易能還原之。鋁研成細粉，與金屬氧化物混合，再加一種物質如螢石作為融劑，將此混合物加熱，則鋁與金屬氧化物中之氧化合使金屬分出。

655. 鋁融接劑鍛接法。^③

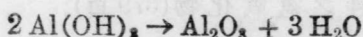
鋁有還原氧化物及發生多量之熱之性質，故實際上利用於鍛接金屬。然用鋁鍛接金屬，自德之化學家哥氏始。此法可舉一例說明之，即車軌之鍛合是也。電車軌常用此法鍛接藉得良善之通電。整列軌端而淨之。用一砂型 A (圖179) 夾住軌端，惟須留空地使金屬可注入。以氣油壓氣火把^④之熱吹入型之口中，使軌端灼熱；型口正上，置一錐形坩堝 B，中置鐵、金屬氧化物及鋁之混合物。當軌端因炬火而赤熱時，坩堝中之混合物着火，幾秒鐘後，打開坩堝底，使在坩堝中化成之已熔金屬，流入型中。此熔化金屬包圍軌端，冷後，鍛合極固。金屬氧化物及鋁之混合物供鍛合用者，常以鋁融接劑^⑤之名出售。圖 179。用鋁融接劑鍛合鐵軌。



① Magnalium ② Goldschmidt reduction process ③ Thermite welding process
④ Gasoline compressed-air torch ⑤ Thermite

656. 三氧化二鋁(Al₂O₃)^①

此物質在自然界有數種，較純之結晶名剛玉石，剛玉砂為三氧化二鋁之一種；常因摻雜鐵之化合物，致呈暗灰色，或現黑色。透明之結晶間，因含細微雜物，而現各種顏色；如藍寶石^②，紅寶石^③，黃玉^④，及東方紫水晶^⑤等皆寶石也。此等寶石均極硬，僅稍遜於金剛石耳。其劣種如剛玉石，剛玉砂，供切磨之用。真正純粹之三氧化二鋁，可用氫氧化物加熱製之，成色白色之粉末：



人造之三氧化二鋁多供製鋁之用。實驗室中之器具如坩堝及管等，製自三氧化二鋁。此三氧化二鋁之商名曰人造剛玉砂^⑥又用於琢磨金屬。

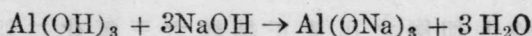
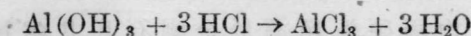
657. 人造寶石^⑦

現今許多寶石，係在實驗室中由溶化三氧化二鋁造之。廣告上大書特書之白寶石，即純三氧化二鋁已溶之三氧化二鋁中，摻入一種金屬氧化物微量，可得各種班色；紅寶石，東方紫水晶及黃寶石，藍寶石等，均以此法製成，其成分及性質，實際上均與天然之寶石同。

① Aluminium oxide ② Sapphire ③ Ruby ④ Topaz ⑤ Oriental amethyst ⑥ Alundum ⑦ Artificial gems ⑧ White sapphire ⑨ Yellow sapphire ⑩ Blue sapphire.

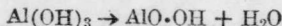
658. 三氫氧化鋁, $\text{Al}(\text{OH})_3$.

鋁之氫氧化物,可用氫氧化鈣加於任一可溶鋁鹽之中製之,成膠狀沉澱,不溶於水,然極難濾過。熱之,則分解為氧化物及水,溶於大多數酸類中,成可溶之鹽;而於強鹽基中,成鋁酸鹽;如下方程式所示:



故其作用如弱鹽基或如弱酸,全視其所接觸之物質之性而定。故為兩性之氫氧化物(379頁)。

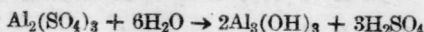
和緩加熱,則該氫氧化物失去一部之氫及氧,如下之方程式:



此物質之式,常書作 HAIO_2 。此物與其謂為氫氧化物,無寧為酸鋁化合物,若與鹼融和則成此酸之鹽。鎂鹽 $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ 名曰尖晶玉^②其他種之鹽名曰鋁酸鹽,自然界內此有之。

659. 三氫氧化鋁之淨水功用。

三氫氧化鋁之淨水功效(73頁)概因其膠狀之性。蓋此膠狀體滿布水中,徐徐凝結沉下,帶去水中所含之物質;如微生物及色質等故也。以易起加水分解之劣鋁鹽;如硫酸鋁溶解水中,則成膠狀氫氧化鋁水凝體:



大概水中須有足量之鹽基性物質,與離出之硫酸化合,使由此法處理之後水中不再留酸;否則宜與硫酸鋁一同加入一種鹽基性物質(如氫氧化鈣)。

① Aluminium hydroxide ② Spinel

圖 180 示硫酸鋁淨水之功用。圓筒 A 中盛穢水，B 爲同樣圓筒，其中已加硫酸鋁。加水分解所成之三氫氧化鋁，漸沉水中，帶去穢物。三氫氧化鋁沉降後之水，其外觀如 C。

660. 三氫氧化鋁之染色功用。

三氫氧化鋁，與許多可溶性色質合化，或吸收之成不溶物。因有此性，故染色工業上用途甚廣。許多染料，均係從煤焦油製得之化合物造成（故稱煤焦油染料^①）。其中有多種不能染着於天然纖維，如棉；質言之，此等纖維染色不速。染此種布類，常可用下法：先將布類浸于鋁鹽之溶液中。次則暴之蒸汽中使受作用，於是鋁鹽完全起加水分解，所成之三氫氧化鋁，密混於纖維中，若將此布浸於染料溶液中，則三氫氧化鋁即與色質化合或吸收之，使固定於纖維上。凡供媒染用之物質如三氫氧化鋁稱曰媒染劑^②。

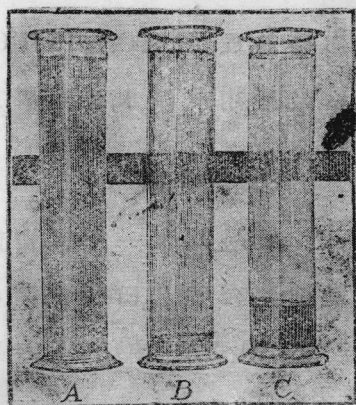


圖 180. 以硫酸鋁淨水。

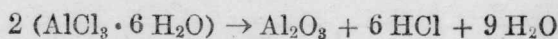
用作媒染劑之化合物可由含染料之溶液使之沉下，該沉澱雖不常與染料同色，然着色則甚強。此種有色沉澱，稱爲沈澱色質^③。

661. 三氯化鋁 (AlCl₃)^④

無水三氯化鋁，用於許多碳化合物之合成法，其製

① Coal-tar dyes ② Mordant ③ Lakes ④ Aluminium chloride

法係以鋁屑於綠氣中蒸熟。含水三氯化鋁 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，係溶解其氫氧化物於鹽酸內，蒸發之使結晶則得。灼熱之則變成氧化物，此點與三氯化鎂相似：

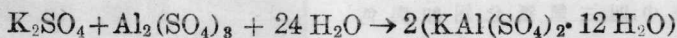


662. 硫酸鋁 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ^①

此化合物，係以硫酸作用於一種礦物名水礬土礦 ^② 或一種普通硅酸鋁即得。硫酸鋁於尋常溫壓之下，由水內結晶成 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 。硫酸鋁在可溶之鋁鹽中價格最廉，用於淨水，製明礬，及一種染術，造紙等法。

663. 明礬 ^③

硫酸鋁有一種性質，能與鹼金屬之硫酸鹽化合成數種化合物，名曰明礬。例如與硫酸鉀反應如下方程式：



其他三價金屬之硫酸鹽能與鹼金屬之硫酸鹽成同樣之化合物，此種化合物雖不含鋁亦稱為明礬。明礬均結為八面之晶體有十二個分子結晶水。明礬最常製備者有下數種：

| | | |
|--------|-------|--|
| ④ 鉀明礬 | ..... | $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ |
| ⑤ 銨明礬 | ..... | $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ |
| ⑥ 銨鐵明礬 | ..... | $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ |
| ⑦ 鉀鉻明礬 | ..... | $\text{KCr}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ |

① Aluminium sulfate ② Bauxite ③ Alums ④ Potassium alum

⑤ Ammonium alum ⑥ Ammonium iron alum ⑦ Potassium chrome alum.

以線懸明礬之小晶體於其飽和溶液中，如圖 181，能成極大之晶體。小晶體漸漸長大，常成極完全之形。

664. 鋁鹽類之加水分解。

三氫氧化鋁與強酸，能成頗穩固之鹽，然其鹽基性極弱，故其與弱酸所成之鹽易起加水分解(234 頁) 例如鋁鹽與能溶解之碳酸鹽同置溶液中，未必照下方程式成碳酸鋁沈澱：

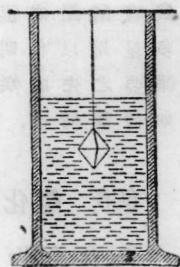
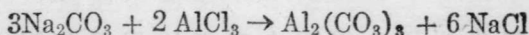
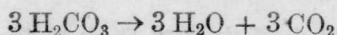
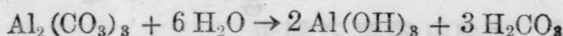


圖 181. 明礬之完成，全結晶之長成。



即或成碳酸鋁，然此碳酸鋁成後，立起加水分解，變成三氫氧化鋁及碳酸，而碳酸變成二氧化碳及水：



因有此種反應，故明礬用作一種焙用粉之成分。

665. 焙用粉。

碳酸氫鈉(小蘇打)，麥粉(或澱粉)及一種物質能與碳酸氫鈉作用，使發二氧化碳者之混合物，名之曰焙用粉。焙用粉用作糕餅之發鬆劑^①；蓋二氧化碳一發，衝麪團而出，致使生孔而輕。普通用以使碳酸氫鈉發二氧化碳之化合物為明礬，或酒石乳^②(酸式酒石酸鉀^③)或磷酸氫鈣^④，故焙用粉隨其所含之成分

① Aërating agent ② Cream of tartar ③ potassium bitartrate

④ Calcium hydrogen phosphate

不同，名稱亦異；如明礬焙用粉^①，酒石乳焙用粉^②，磷酸鹽焙用粉^③是也。發鬆劑中明礬等之反應，乃基因於加水分解，水在即起；故混和麥粉，以其能吸收濕氣，免焙用粉之失其效用也。硫酸鈉與硫酸鋁之混合物名酒石乳代用物，或簡稱曰 C. T. S. 者，常多量用以代明礬。加水於明礬焙用粉時，所起之全反應頗複雜，要之先成炭酸鋁，而炭酸鋁即起加水分解，發二氧化碳，正如前節所述。

666. 氮化鋁(AlN)^④

此化合物之製法，係於高溫使鋁直接與氮化合。此化合物之所以引起興味，因其與蒸汽相接成硃精故也。



製氮化鋁用之氮，取自空氣；故用氮化鋁之製法，可使空中之淡氣間接變成硃精。

667. 大氣中淡氣之利用^⑤

為欲利用大氣中無盡藏之游離淡氣，使之變成硃精，硝酸及硝酸鹽等有用之化合物，種種方法曾經試過。達此目的之種種方法，業於有關係以前各章論列之矣。茲彙集之如下：

1. 氮可變為硃精化鈣。此可直接用作肥料或可變成硃精或精化鈉，如 459 頁所述。

① Alum baking powders ② Cream of tartar baking powders
 ③ Phosphate baking powders ④ Aluminium nitride ⑤ The utilization of atmospheric nitrogen ⑥ Calcium cyanamide

2. 氮可變爲鹵精，即於適當溫壓下灼熱氮及氫可也(214頁)。

3. 氮之可使變爲氮化鋁，及鹵精之可由氮化鋁製成，已述於前節。

4. 氮可變爲硝酸；即使氮及氧之混合物燃於電火中，將所成之氧化物導入水中如 220 頁所述。

現今由煤製鹵精及由智利硝石製硝酸，費更低廉。然此等化合物之用量日漸增加，其將由大氣之氮製備無疑。

練習問題

1. 前所研究之金屬及化合物，有何種係以電解製備者？
2. 鋁與鹽酸之反應；鋁與硫酸之反應；試各書方程式以顯之。
3. 前所讀之氫氧化物，有何種具酸性并具鹽基性？此種氫氧化物之通稱爲何？
4. 試書方程式以表製三氫氧化鋁及磷酸鋁之法。
5. 試書明礬之通式，以 X 代表一價金屬，代 Y 表三價金屬。
6. 論三氫氧化鋁時所言之膠狀體係何意義？
7. 前所讀之各類金屬氫氧化物，試一一比較其性質。
8. 三氧化二鋁與二氧化碳之性質有何不同？
9. 製鋁工廠應設在何處？
10. 鋁製烹飪器皿之用法說明書謂此種管皿不宜在鹼溶液中洗之，其故安在？

11. 三硫化二鋁加水，則起完全之加水分解。將硫化銻之溶液，加於氯化鋁之溶液中時應起之反應，試以方程式顯之。

12. 製麪包時所用之發鬆劑為何？何以不用焙用粉？

13. 酸牛乳與碳酸氫鈉之混合物，常用作發鬆劑以代焙用粉。其化學變化如何？

14. 媒染劑之原語 Mordant 之起源若何（參看字典）？

15. 試舉四種由大氣中之氮氣製硝酸之法。

16. 一氈鉀明礬所含之結晶水有若干重？

17. 一種水礬土礦經檢查後，知含 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 90%。該礦一噸可製鋁若干重？

第三十七章

硅酸鋁及其工業應用

668. 硅酸鋁.

長石(KAlSi_3O_8)爲岩石最普通成分之一,乃縮水硅酸^① $\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$ 與鉀鋁鹽之混合物.長石若遇水氣,二氧化碳,及溫度之改變,則破碎分解成可溶之鉀化合物及硅酸鋁($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).硅酸鋁之純淨者謂之陶土(高嶺土)^②,爲軟柔有膠性之礦物;其不純者則與砂及其他物質混合,成普通之黏土(雲母石)^③亦一繁富之礦物,成分無定;然其式概爲 KAlSiO_4 . 蛇紋石^④,滑石^⑤,石棉^⑥,及海泡石^⑦等,均爲鎂鋁之重要複硅酸鹽;花崗岩^⑧,係硅石,長石,及雲母石之機械的混合物,故富於鋁.漂布土^⑩爲特種之硅酸鋁,常充濾料以去油類之色,尤其用於去棉子油之色.

① Condensed silicic acid (or polysilicic acid) ② Kaolin ③ Clay

④ Mica ⑤ Serpentine ⑥ Talc ⑦ Asbestos ⑧ Meerschaum ⑨ Granite

⑩ Fuller's earth

669. 黏土成品^①

黏土成品之最粗者，如粗磚及瓦，其製造法無甚化學原理。將天然黏土作成所須之型，乾後，裝入窯中燒之，但不可使其溫度太高，致令材料軟化。於是黏土中之無色鐵化合物變成有色之化合物，而成品帶普通之紅色。如欲製玻璃狀磚^②，則使溫度升至物質開始融化之點，如此則磚有一部分變成一種玻璃矣。

670. 白瓷^③

此名自最粗以至最精美之陶瓷皆通用之。其製造法細處雖各有異而根本均同，可分三項述之；即(1)製坯(2)加釉之法，(3)修飾。

671. 坯^④

坯之原料，係由陶土，膠黏土及碎長石，三者人工配合之黏土。此混合物之質柔韌，用模或陶器輪(圖 182)作成所須之形狀，是謂之坯。使坯乾燥之後，置窯中燒之(圖 183)，直至化成玻璃是謂粗瓷^⑤。粗瓷常

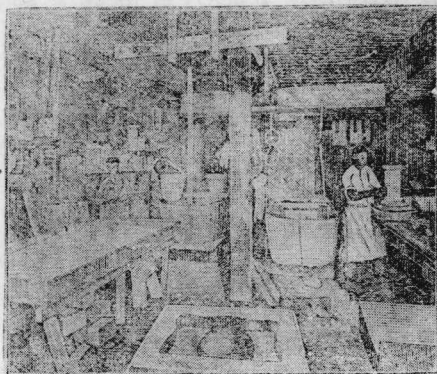


圖 182. 製陶：黏韌物質之作成模型。

① Clay Products ② Vitrified brick ③ White Pottery ④ The body of the ware ⑤ Bisque.

有鬆孔，故應加釉，使不滲漏，且使表面光滑。

672. 釉藥^①

釉藥爲可熔化之玻璃，熔布於坯之表面。釉藥之成分，爲硅石，長石，及各種金屬氧化物，常雜小許氧化硼。研細此等質料，和水使成漿。有時使先熔成玻璃，而後碎之，加水使成漿。浸粗瓷於釉漿中，乾後燒之，直至釉藥熔化勻佈全面。

673. 裝飾^②

瓷器如須裝飾，則於加釉之前，作畫於坯上，或畫於釉上而再燒之，使顏料熔入釉藥中。前法所用之顏料，大抵爲各色之金屬氧化物，而後法所用者常爲有色之玻璃。

674. 水泥^③

現今常用之水泥一語，通用於在水及空氣中有凝結性之各種三合土。此類水泥之本體爲硅酸鹽，常有極強之鹽基生，搗碎與水混合，則起複雜之反應，其結果則成硬塊似岩石。

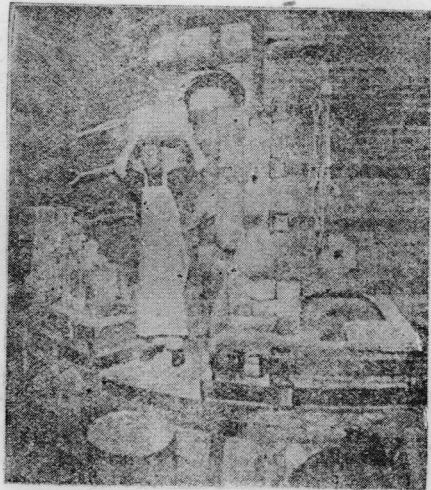


圖 183. 製陶：裝坯於窯中燒之。

水泥之種類甚多，其中最重要者爲波特蘭水泥^④。

① The glaze ② The decoration ③ Cement ④ Portland

675. 波特蘭水泥之成分.

波特蘭水泥之主要成分及其百分率如下:

| | | | |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| SiO ₂ | 19 - 26 % | MgO | 0 - 5 % |
| Al ₂ O ₃ | 4 - 11 % | SO ₃ | 0 - 2.5 % |
| Fe ₂ O ₃ | 2 - 5 % | Na ₂ O } | 0 - 3 % |
| CaO | 58 - 67 % | K ₂ O } | |

676. 波特蘭水泥之製造.

其最通用之材料,爲石灰石或泥灰石及黏土或板泥岩。然凡含有上表中所列之成分之物質,皆可用之。鼓風爐之渣滓亦爲其材料之一種,此係不淨之鈣鋁硅酸鹽。

將擬用之各種材料略搗碎之,以適當之比例混合,搗成細粉。所成之混合物,使裝入爐中燒之,至其溫度將近熔點;於

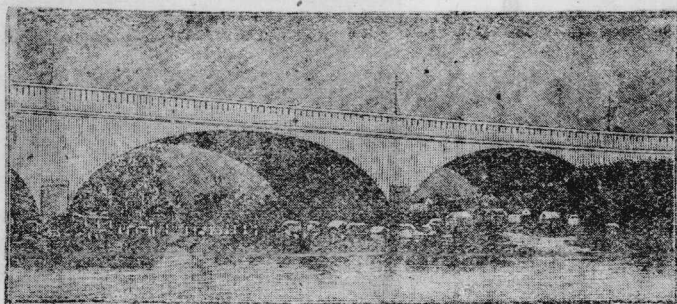


圖 184. 用鐵筋混凝土造成之橋。

此溫度,即玻化而成灰色塊,謂之灰塊^①。最後將此灰塊搗成粉末。此製法中常加石膏;此物有負觸媒劑^②之作用,即阻止水泥之硬化或凝結。

677. 水泥之凝結^③.

水泥加水所起之反應,及其變成硬塊如石之反應

① Clinker ② Negative catalyser ③ The setting of cement

均尙未十分明瞭。水泥之成分與水接觸時，似起加水分解。所成之化合物與水結合，成含水物。此等含水物有結晶性，變成堅緻之塊。

678. 水泥漸成重要物品。

水泥推用於各種目的至速。砌磚建築物時，常用水泥以代三合土。與碎石及砂混合，則成混凝土^①。此用於建築物之基礎及鋪街道。混凝土又用於製人造石，建築上之赤瓷裝飾，人造石道，人造石地板，柵柱等；從前用木或石造之物現漸多用水造之，而建築物之全牆，有用水泥塊或混凝土築造者。混凝土中常於其凝結之先，插入鐵棒或鐵線使增強度，如是所成者謂之鐵筋混凝土^②。

練習問題

1. 製陶時，何以使釉藥比坯易熔？
2. 設釉藥及坯隨溫度之改變而伸縮之率不同，其結果將如何？
3. Vitriy (玻化) 一語之意義如何？
4. 何謂觸媒劑？何謂負觸媒劑？
5. 水泥能比尋常三合土用於更冷天氣之處以代三合土何故？
6. 縮水酸(Condensed acid)之意義若何？試舉一例。
7. 長石一噸，風化後能成陶土若干重量？

① Concrete (或稱三合土) ② Terra-cotta trimmings ③ Reinforced concrete

第三十八章

鐵 族

| 名 | 符 號 | 原 子 量 | 密 度 | 熔 點 | 氧 化 物 |
|---|-----|-------|------|-------|-------------------------------------|
| 鐵 | Fe | 55.84 | 7.86 | 1530° | FeO, Fe ₂ O ₃ |
| 鈷 | Co | 58.97 | 8.6 | 1480° | CoO, Co ₂ O ₃ |
| 鎳 | Ni | 58.68 | 8.9 | 1452° | NiO, Ni ₂ O ₃ |

679. 鐵族.

鐵,鈷及鎳三元素之相互關係,與前述各族之同族元素間之關係不同.其原子量極相近,其在週期表中列入一族者,非因排列關係揭聚一處,第因其極相似(269頁),天然自成一族耳.

此三元素之天然產出者,概屬氧化物及硫化物,其未化合者亦有之,惟爲量極微,常存於隕石之中.三者之中,鐵最繁富,鈷,鎳較稀.鐵,鎳供商用者概屬金屬形,而鈷則成化合物者之用途爲更廣.此三元素之硫化物碳酸鹽及磷酸鹽,俱不溶於水,惟其他普通之鹽類都可溶解.此族之鹽常各有顯著之色,鐵鹽常呈黃或淡綠色,鎳鹽

綠色，鉍鹽常為玫瑰紅色。

鐵

680. 所在。

鐵元素發見甚早，因鐵礦甚夥，不難由此製純鐵故也。鐵成氧化物，硫化物及碳酸鹽之大礦藏，且分布較小量於種種礦物中。岩石，泥土不含微量之鐵者，誠極稀觀。鐵為植物葉綠素動物血素之成分，故為生命所不可缺之材料。許多隕石大都為鐵，常與鎳少許成合金於其中。

681. 純鐵。

純鐵之製法，可將硫酸鐵溶液於鐵製電極間電解之即得，惟此法難使鐵完全與氫脫離。蓋來自電解質之水之氫與鐵同在陰極析出，鐵附上時氫則溶解或吸藏於鐵中故也。實地製純鐵，用開爐法^①(505頁)。純鐵係銀色之金屬，熔點 1530° 。可延可展，軟幾若鋁。尤適於製電磁石，蓋以得磁失磁之性比尋常各種鐵更易之故。純鐵又充方止腐蝕之用，因其不易生銹也。

682. 市上之鐵。

鐵與工業用之其他許多金屬不同，因其純者罕能

① Open hearth method

製得,且用途有限也;然含微量其他元素者,則顯各種之性質,致供各種用途,極有價值。

碳常存於鐵中,其量自微量以至7%左右不等。視處置之法如何,碳可成爲石墨之形散布於鐵中,或成固溶體^①之碳,或成鐵之碳化物於其中。此碳化物之一種,式爲 Fe_3C 稱爲脆鋼^②。鐵中亦含有錳,硅及幾微之磷,又含硫及氧等。

鐵之性質,視其所含以上諸元素之百分率,化合形狀,及製鐵時處理之方法如何而大變,故市上有多種之鐵,其主要者爲鑄鐵^③,鍛鐵^④,及鋼^⑤。

683. 冶鐵。

工業的製鐵上,應解決之問題爲(1)製得所要之化學成分及物理性質之金屬合金,(2)即以極大規模產出之。較近大化鐵爐發達,其對一種特定目的,殊須應用多大之化學智識,而欲保持其現在大規模之產額,工程亦須非常熟練。學者爲明瞭下列各種製法之理起見,不可不常記產額須巨,與出鐵須速,完全與成品之須極純粹同爲必需之條件。

① Solid solution ② Cementite ③ Cast iron ④ Wrought iron

⑤ Steel

684. 冶鐵用材。

冶鐵所用之材料有四類：

1. 鐵礦。鐵礦最常用者如下：

| | |
|----------------------------------|---|
| 赤鐵礦..... Fe_2O_3 | 菱鐵礦..... FeCO_3 |
| 磁鐵礦..... Fe_3O_4 | 褐鐵礦..... $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ |

凡由礦山採出供製鐵用之礦石，皆含有土質，且常含有硫化物及磷酸鹽。

美國開採鐵礦之處甚多，尤推蘇必利爾湖附近為產鐵之中心，其礦石概屬赤鐵礦。圖 185，示明尼蘇達之一大鐵礦。北明翰，阿拉巴瑪附近，亦有巨量之鐵採出。

2. 炭。炭用作燃料，亦用作還原劑。從前使用木炭以供給碳素，今則一般通用焦煤矣。

3. 熱空氣。令鐵還原，必須極高溫度，而欲保持極高溫度必須常令燃料燃燒極猛，

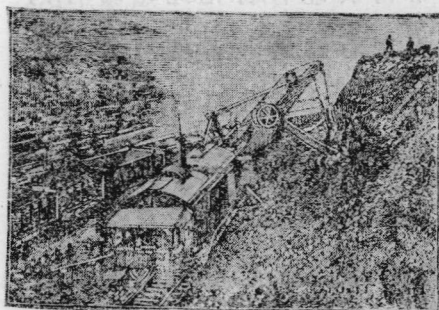


圖 185. 明尼蘇達鐵礦之採鐵礦石。

當行還原操作時，若極力鼓入熱空氣於爐之最下部，可達此種目的。

4. 熔劑^①。凡入爐中之物料，均須一一出爐，否則爐塞無用，其出爐時或成氣體或成液體。鐵還原後，出爐時成液體，而與鐵化合之氧則成碳之氧化物而逸散。鐵礦均含少許濁質，如土質^②等是也。此種濁質須另加質料以去之。此等另加之質料，與礦石中之濁質相化合成一種液體。故凡質料爲此目的而加入者謂之熔劑。熔劑與礦石所成之液體稱爲礦滓^③。

685. 礦滓。

礦滓爲一種難溶化之玻璃，其主要成分係鈣、鋁之硅酸鹽。礦石常富於硅石，若化此類礦石，則用石灰石爲熔劑；若礦石含有石灰石，則用硅石或長石爲熔劑；若係極純粹之礦石，二者均宜加入以爲熔劑。

礦滓之生成，即所以使礦石所含之鈣、鎂、鋁及硅之氧化物變爲液態，此不僅可使此類雜質容易除去，且亦有別種理由在。蓋此液體爲一種媒介物，使

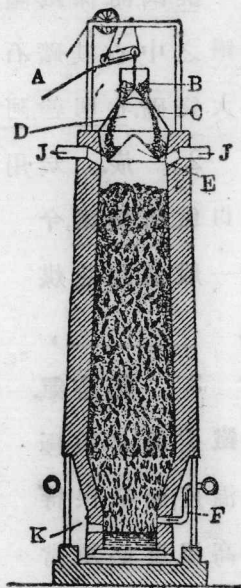


圖 186. 鼓風爐之斷縱面。

① Flux ② Earthy matter ③ Slag

礦石中所含零星小點之鐵匯集成一大堆之液體；又使爐中物料常成熔態，免爐閉塞，且此液體浮於熔集之鐵之上，以防其氧化也。故當鍊鐵時必須設法使生成礦滓。

686. 鑄鐵。

普通無論製造何種之鐵，第一步為製鑄鐵。將鐵礦與適宜之熔劑混合，用焦煤熱之使還原即得。

687. 鼓風爐法。

鐵之還原在一大塔中之行，此塔名鼓風爐(圖 186)。平常高 80 英尺，內直徑最闊處 20 英尺，由最闊處向頂及向底均漸漸變窄。牆以鋼造之，內砌以火磚。爐底裝數管(F)名底管，由底管熱空氣可鼓入爐中。底管之空氣來自大管，大管圍繞爐外如一條腰帶，爐底又有一口，由此口液體金屬可時時放出。此口之上又有一口(K)，礦滓由此流出。爐頂蓋以動罩(E)名曰爐

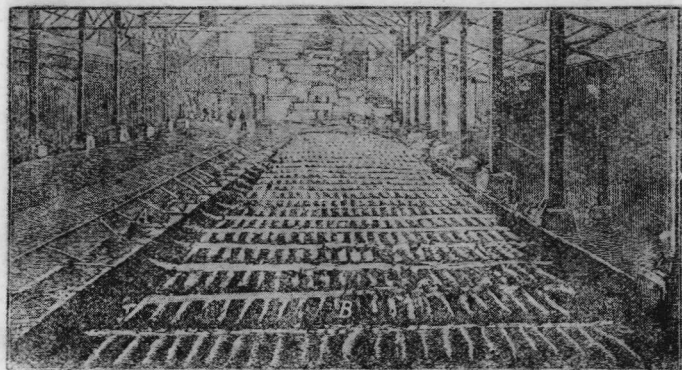


圖 187. 示由鼓風爐出銑鐵。

① 從此口將質料加入爐中，燃料燃燒及鐵礦還原所成之氣體，與底管所鼓入之空氣中之淡氣統由(T)管逃散。此等氣體均極熱，且含充分之一氧化碳，故可燃；因此此等氣體可用以熱由底管鼓入之空氣，或充各種機關之燃料。

焦煤、鐵礦及熔劑，按其相當之比例，由爐鍾部時時加入爐中。焦煤於熱鼓風內燃燒極猛烈，成二氧化碳，而此二氧化碳當其經過極熱之炭時，立即還原成一氧化碳。

鐵礦在爐頂，一經一氧化碳之作用，即開始還原。鐵礦漸下降，則還原告竣，所成之鐵成液態而熔集爐底，較輕之礦滓則浮於其上。俟鐵聚多礦滓由K放出，而熔鐵以勺取出送到鋼爐鍊鋼，或任流入砂型內鑄成塊形，名曰銑鐵。② 圖187示出鐵之方法，近爐底處有一小孔，熔鐵由此流出，入中溝A而入B邊之砂型內，於此凝固。

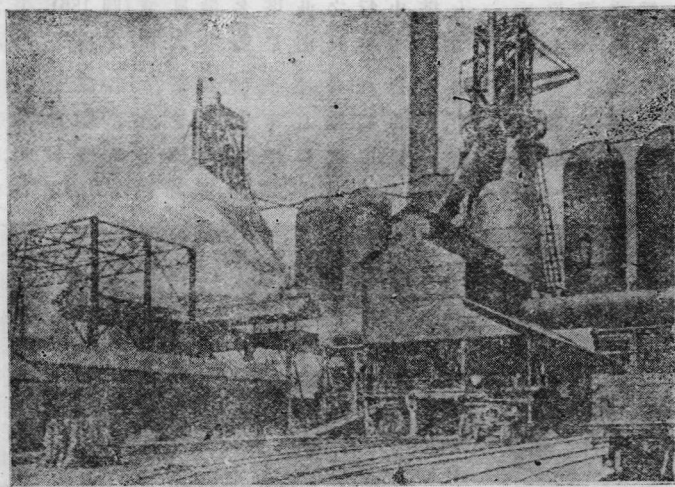


圖188. 製造鑄鐵之代表的工廠。

實際上化鐵常用許多爐一同行之，如圖188，即示最新式鑄鐵工廠之外觀。

① Bell ② Pigs, pig iron

688. 鑄鐵之性質.

鼓風爐所出之鐵，謂之鑄鐵，其組成頗不相同，而常含有 2% 以上之碳，無定量之硅，且至少有磷及硫之痕跡。所含之碳之形態，或為未化合或為已化合，亦大可變鐵之性質。大概鑄鐵硬而脆，其熔點約 1150° 。不能鍛接，亦不能槌之成形，然以砂型易鑄成各形。性結實而無彈性，其張強^①甚微。鑄鐵用以製造模型，然大概作為製造他種鐵之起點。

689. 鍛鐵.

鍛鐵以鑄鐵製之，係將鑄鐵中大部分之碳，硅，磷及硫燒去即得，用一種爐名鍊鐵爐^②操作之。

鍛鐵質軟，有延展性。其張強比鑄鐵大，然比大部分之鋼小。其熔點比鑄鐵甚高。若熔化之，則變為鋼。其產量不如從前之巨，因軟鋼可以較廉經費製成，且軟鋼適用於一切鍛鐵之用途故也。鍛鐵之主要用途，係製易受腐蝕處之材料如水管等是。



圖 189. 柏士米迴轉爐
縱面之詳圖。

① Tensile strength ② Puddling furnace

690. 鋼。

鋼亦如鍛鐵之製自鑄鐵，將鑄鐵中一部分之碳，硅，磷及硫等，燒去即得，惟其製法，與鍛鐵全不相同，美國產之市上一切鋼，幾全體皆用下列二種通用方法之一製之；二法云何，即酸性柏塞麥法^①及鹽基性開爐法^②是也。

691. 酸性柏塞麥法。

此法所用之爐，內砌硅石，硅石乃一種之酞，當猶能追憶之。此爐從鑄鐵中除碳及硅，然不能去磷及硫。故製鋼用之鑄鐵，其磷，硫之含量若低可用此法製鋼。

692. 柏塞麥法工作之詳情。

此法約於 1880 年始發明，在一卵形之大坩塢名迴轉爐^③(圖 190)中行之，每爐可容鋼 15 噸。迴轉爐以鋼造成，內砌硅石。爐托於砲耳上，以砲耳可令之傾斜以加材料或將所成之鋼取出。有一砲耳中空，以一管使與空氣室(A)連接，空氣室作為迴轉爐之

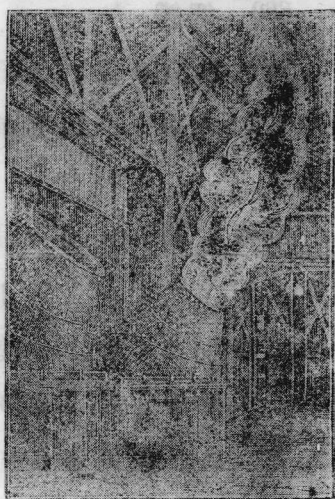


圖 190. 柏塞麥迴轉爐之輝光景。

① Acid Bessemer process ② Basic open-hearth process ③ Converter

④ Trunnion

假底，真底穿孔，故空氣可經過砲耳及空氣室鼓入爐中。

白熱之液態鑄鐵，由鼓風爐取出，令流入迴轉爐，即由頸形上口(B)流入爐中。其未流入之先，將爐斜向鼓風爐以接受其流出之鑄鐵；流入後轉動空氣鼓風機，且將爐轉直。鐵中之碳、錳及硅立即氧化(硅及錳先氧化而碳隨後)，隨發輝煌之光燄(圖190)。反應之熱，大部分因硅燃燒而生，此熱使鐵保持熔態。空氣接續鼓入，直至燄性表示碳已完全燒去為止。其法平均約須十分鐘工夫。迨其完畢，加入所要分量之碳(普通加入碳分高之鐵齊)①，與爐內液體攪雜攪勻。於是傾例迴轉爐，使鋼流入模型中，所成之塊，可錘之軋之使成鐵軌或其他物，施行此法宜極迅速，蓋硅及碳燒淨，則無術使鐵不冷，故須立即傾出也。

693. 鹽基性開爐法。

鹽基性開爐法之爐，內砌石灰石或白雲石，此二者均有鹽基之作用。在此爐中，磷、硫同硅及碳，均可除去。鋼

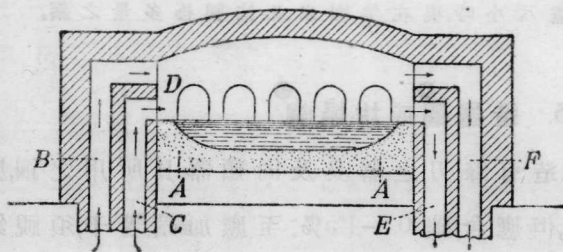


圖 191. 開爐之縱斷面。

中之磷、硫成分，若不甚微，則性脆不合用。故開爐法較之酸性柏塞麥法，有一特長之點即能利用磷、硫含分較多

① High-carbon iron alloy

之鐵礦(或其所成之鑄鐵)以製鋼是也。其工作不須緊速，無論如何成分之鋼均可製之。

694. 開爐法之詳情。

圖 191, 示此法所用之爐之簡單部分。爐長 40 英尺, 寬約 12 英尺, 深約 2 英尺, 內砌石灰石或白雲石(A, A), 用燃氣或噴油為燃料, 近乃用細煤屑。爐下排例棋盤格磚, 以便燃燒所成離爐之熱物質由此通過, 因之磚被熱至高溫度, 燃燒所須之空氣及氣體燃料(除如天然燃氣及噴油等為熱分解者外), 使過此熱磚先受熱, 因之燃燒時所達之溫度大增。

燃氣由 C 入, 遇由 B 入之熱空氣於 D 起猛烈之燃燒, 其熱通過鑄鐵及石灰上, 燃燒之所成之生成物從 E 及 F 逸去。至相當溫度, 鑄鐵中之碳成氧化物而逸去, 此逸出之氣體使溶化之鑄鐵呈沸騰狀, 硅, 磷及硫皆與氧化合成酐; 此等酐與石灰化合成磷滓, 遂浮於溶化物之表面, 極易除去。

倘由試驗知溶化鋼中所存之碳, 已達所需程度, 則將該鋼注入大杓再入模型。爐之平均出貨, 每次約可得 50 噸, 製造時間約需八小時, 現在美國以此法製極多量之鋼。

695. 造器鋼^①或坩堝鋼^②。

製造有鋒刃之器具及同類器具所用之鋼, 應去淨硅及磷, 但應含碳 0.5-1.5%。至應加碳若干, 須視鋼之用途而決定。此種鋼, 常以柏塞麥鋼或由開爐鋼製出小宗量, 其法如下。

置溶鋼於大坩堝中, 應加純碳, 先算定而後加入。碳

① Tool steel ② Crucible steel

溶於鋼內，造完成後將鋼傾出，此種鋼有時謂之坩堝鋼。

696. 鋼之電熱冶金^①

上等造器鋼現用電爐製之，其產量漸增。爐以電能熱之，可使巨量之鋼不論時之長短在此爐中保持熔態。電流僅用以發熱，故此法非藉電解。此法殆與開爐法全同，惟熱之供給方法不同耳，所製之鋼亦與用開爐法者同類。

697. 鋼之性質。

鋼含碳自痕跡至 2%，含硅不滿 0.1%，含磷及硫最多不過痕跡而已。如有必要，可用開爐法製出含鐵多至 99.85% 之鋼。此種鋼極軟，然不生銹。碳分增加，則鋼變硬而脆。鋼可軋薄片，鑄成模型，製成任意之形。

698. 鋼之硬煨^②及強煨^③

若將含碳 0.5-1.5% 之鋼熱至稍高之溫度而後突然浸之於冷水或油中以冷之，則即變成極硬而脆。若再徐徐加熱而後使其徐徐冷卻，則此硬鋼變軟而韌，此法謂之強煨。

① Electrothermal metallurgy of steel ② Hardening ③ Tempering

當強煨時若限準其所達之溫度，則鋼之硬性程度，可以隨意煨成，以應各種用途，如造彈簧刀斧等用。鋼於不同之溫度呈不同之顏色，有經驗之工人即依此辨識鋼已否達到所要之溫度。勒克^①氏示器具鋼之強煨溫度如下：

| | |
|-------|----------|
| 220 度 | 切紙刀，刻木刀 |
| 240 度 | 刀鋒，岩鑽 |
| 260 度 | 鉋刀及桶匠用刀具 |
| 275 度 | 斧，彈簧 |
| 290 度 | 針，螺絲旋 |
| 300 度 | 木鋸 |

699. 鋼合金^②

於前已見小量之碳，可使鐵之性質大變矣(503頁)；其他許多元素，亦可使鋼受同等顯著之影響。故欲鋼得所要之性質，可於鋼將出爐之時加入此等元素之相當量元素之常加者為錳，硅，鎳，鉻，鎢，鈳及鎳，而鋼之含任一此等元素之相當量者謂之鋼合金，亦稱鋼齊。此等元素成鋼合金之法，先於鐵中加入該元素許多，使成合金，而後以合金加入鋼中即得，如鐵鉻齊^③或鐵錳齊^④等，即含此等元素甚多之合金之例。

主要鋼合金所含鐵以外之金屬之近似百分率，與此等鋼合金之主要用途如下：

| | |
|----------------|--------|
| 3.5% 鎳 | 甲鐵板，鎳鋼 |
| 3.5% 鎳及 2.5% 鉻 | 甲鐵板及彈丸 |

① Lake ② Alloy steel ③ Ferrochromium ④ Ferromanganese

| | |
|---|-----------|
| 12.0% 錳..... | 防盜保險箱 |
| 5.0% 鉻及由 8 至 24% 錳..... | 高速車床用具 |
| 0.1% 鎳..... | 車軌及鋼模 |
| 0.2% 鈮, 3.5% 鎳, 0.75 %鉻, 及 0.4% 錳..... | 自動車之彈簧及車軸 |
| 12-15% 硅* | 酸之蒸餾甌, 電極 |

700. 淨鋼劑^①

製造良鋼之最大困難,即(1)使氧化物完全還原,及(2)預防吸收氣體,因吸收氣體則鋼凝固之時起孔.此種困難,務宜除去,法於工作將終時,加入一種元素,使與氧及所吸收之氣體化合是也.所成之化合物歸入礦滓,故於成品之中幾全無此種加入之元素.鋁用於此目的者甚多,而鈮及鎳亦用之.此種元素稱謂淨鋼劑^②.

701. 鐵之化合物.

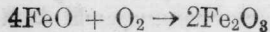
鐵與前述金屬不同之點,即在鐵能成二系之化合物.第一系化合物之鐵,其原子價為二,所成之化合物之式及許多化學性,均與鋅之同類化合物相似.此等化合物稱爲亞鐵^③化合物.其他一系化合物之鐵,其原子價為三,所成之鹽類與鋁之鹽類相似.此等鹽稱爲鐵^④化合物.

* 原書在硅下有(Duriron and tantiron),疑是鐵硅合金之商品名稱.

① Steel purifiers ② Purifiers or scavengers ③ Ferrous ④ Ferric

702. 鐵之氧化物.

鐵成數種氧化物。一氧化鐵(FeO)天然間無之,然可以人工製得,爲黑色粉末,極易吸氧成三氧化二鐵:



三氧化二鐵乃鐵礦之最多者,成大礦藏,美國蘇必利爾^①湖四周尤多。許多礦物中曾經查出有三氧化二鐵,然其密度與顏色則各不相同,最多者爲赤鐵礦^②,其顏色不同,由紅至黑。若以人工製之,則成鮮紅色之粉末,用爲顏料(赤茶)^③及擦粉(鐵丹)^④。

磁鐵礦之式爲 Fe_3O_4 , 乃 FeO 與 Fe_2O_3 之化合物。此礦最有價值,但不如赤鐵礦之多,有時稱爲磁性氧化鐵,或曰磁石^⑤。

703. 亞鐵鹽類.

此系鹽類之製法,係以鐵溶化於適宜之酸中,若所成之鹽不能溶化,則以沉澱法製之。此類鹽之結晶,常呈淡綠色,係水化物。二氫氧化鐵係一種鹽基,其強度約與鎂及鋅之氫氧化物相同。故亞鐵鹽類於溶液中,不甚起加水分解。

① Lake Superior ② Hematite ③ Venetian red ④ Ronge

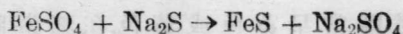
⑤ Loadstone

704. 硫酸亞鐵^①(FeSO₄).

硫酸亞鐵爲亞鐵化合物之最常見者,此物常形成水化物 FeSO₄·7H₂O, 稱爲綠礬^②. 工業上得之於鋼板廠之副產物. 欲將鋼板鍍鋅或鍍錫之時(473頁), 先浸鋼板於稀硫酸中以淨之, 淨時當有少許之鐵溶化. 將此水溶液濃化, 則綠礬分出. 此鹽用於製造洋墨水及鐵明礬, 淨水時用以代硫酸鋁, 且充滅除惡草之藥劑之用.

705. 一硫化鐵(FeS).

一硫化鐵有發見於天然間者, 乃黃金色之結晶礦物, 稱爲磁硫鐵礦^③. 若以能溶解之硫化物及鐵鹽共置於溶液中, 則此物成黑色沉澱:



若以相當分量之鐵及硫共置一處而熔化之, 亦可成一硫化鐵, 乃棕黑色之固體, 頗重. 實驗室中用之以製硫化二氫(244頁).

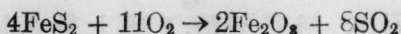
706. 二硫化鐵(黃鐵礦)^④(FeS₂).

此物天然間產出甚多, 乃黃銅色之正方形結晶, 成堅緻之大塊. 有時稱爲愚人金^⑤, 因其外表極似真金也. 其

① Ferrous sulphate ② Copperas or green vitriol ③ Pyrrhotite

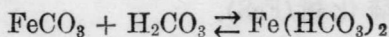
④ Pyrite ⑤ Fool's gold

巨量用為製造硫酸時所需之二氧化硫之原料，蓋以易在空氣中燃燒成三氧化二鐵及二氧化硫之故：



707. 炭酸亞鐵^①(FeCO_3).

此化合物見於天然間者為菱鐵礦^②，有價值之礦石也。猶炭鈣然，略能溶解於含有二氧化碳之水中，成易溶解之酸式炭酸鹽：



泉水溶含此種酸式炭酸鹽者，稱為鐵水礦泉^③。

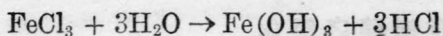
708. 鐵鹽類^④.

結晶之鐵鹽常呈黃色或堇色。在無遊離酸之溶液中比鋁之鹽類尤易起加水分解。此即表明三氫氧化鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 為極弱鹽基也。

709. 三氫氧化鐵^⑤ $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

加氫氧化鈣於鐵鹽之溶液，則生三氫氧化鐵，為紅褐色沉澱，不溶於水。鐵鹽在溶液中起加水分解時，或者以為必有同樣沉澱發生：

① Ferrous carbonate ② Siderite ③ Chalybeate waters ④ Ferric salts ⑤ Ferric hydroxide

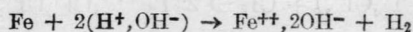


然普通絕無沉澱變成，因氫氧化三鐵成膠質也。若將溶液煮沸，則此膠質之一部分凝成沉澱。

鐵^①銹爲鐵之含水氧化物之混合物。但鐵上有一薄層之銹生成，則不能阻止鐵之更與水起作用，非若鋁、鋅之銹可防止更受水之侵蝕，因鐵銹粗鬆且易鱗脫露出新鮮之表面也。

710. 鐵之生銹。

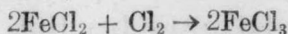
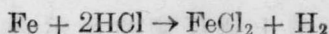
對於說明生銹時所生之變化，曾有種種理論提出。其中最可滿意者即電解理論^②。據此則鐵生銹之初期反應，係起於鐵與水之間，表之如下之方程式：



Fe^{++} 離子及 2OH^- 離子化合成二氫氧化鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。此物更受氧氣及水作用，成複雜之物質，名鐵銹。故銹之成分隨其生成時之狀況而變也明矣。

711. 三氯化鐵^③(FeCl_3)。

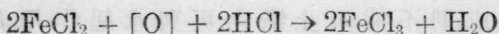
此鹽爲鐵鹽中之最習見者。最簡便製法係將鐵溶解於鹽酸中，而後通綠氣於溶液中即得：



此鹽從水中結晶，其式爲 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

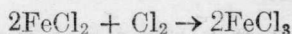
712. 亞鐵鹽之氧化。

亞鐵鹽在溶液中,若任其受空氣或氧化劑之作用,則因氧化作用,立變為鐵鹽。例如二氧化鐵在鹽酸中氧化如下:

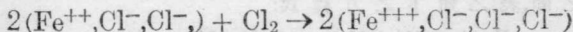


若無游離之酸,則其反應更複雜,然其次序相同。

由上可知鐵之原子價由二而增至三。此種增價,即與氧無關,亦稱曰氧化作用(31頁),如下方程式所示:



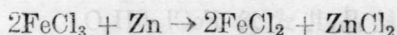
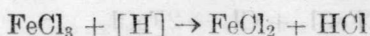
此方程式可用下法書之,以表離子電荷之變化:



則各陽離子(Fe^{++})之電荷,由二增而為三,且同時生成同數之陰離子。凡使金屬陽離子之原子價增加之反應,均可謂之氧化。

713. 鐵鹽之還原。

使鐵鹽受新生氫或他種還原劑如金屬等之作用時所起之變化,正與上述反應相反。示之如下方程式:



在此等反應中,鐵之原子價由三減而為二。此等方程式

亦可用下法書之，以表陽離子(Fe⁺⁺⁺)之電荷之變化：

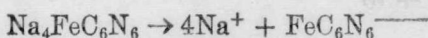


此時雖無氧除去，然亦稱此三氯化鐵受還原 (48頁)。凡使金屬陽離子之原子價減少之反應，均可謂之還原。

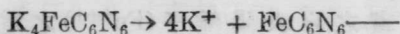
714, 亞鐵腈化鈉 (Na₄FeC₆N₆)^①; 亞鐵腈化鉀 (K₄FeC₆N₆)^②。

此等化合物，係不穩固之亞鐵腈氫酸^③ H₄FeC₆N₆ 之鹽。由煉焦煤時所得之副產物製之。將煤於無空氣處熱之，則其中一部分之碳、氮及氫等發出成腈化氫^④。用氫氧化鈣及鐵之氧化物吸收之，使變為亞鐵腈化鈣，此氧化鐵即淨煉焦煤所生氣體後之廢氧化鐵^⑤。如此所得之亞鐵腈化鈣，加以鈉或鉀之相當鹽類，使變為亞鐵腈化鈉或亞鐵腈化鉀。此製法之全部反應，極其複雜。

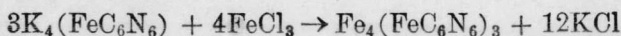
亞鐵腈化鈉及亞鐵腈化鉀二者均係黃色，易溶於水。亞鐵腈化鉀常稱之曰鉀黃血鹽^⑥。亞鐵腈化鈉由水結晶成水化物 Na₄FeC₆N₆·10H₂O，亞鐵腈化鉀結晶則成水化物 K₄FeC₆N₆·3H₂O。二者於溶液中，化成離子如下：



① Sodium ferrocyanide ② Potassium ferrocyanide ③ Hydroferrocyanic acid
④ Hydrogen cyanide ⑤ Spent iron oxide ⑥ Yellow prussiate of potash



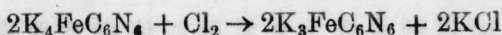
於此須注意者，即無鐵離子發生是也，故此等鹽不起鐵之尋常反應。其與鐵鹽如三氯化鐵之反應，如下之方程式：



所成之亞鐵靖化鐵^①，係藍色不溶解之固體，普通稱之曰普魯士藍^②。此乃一種普通顏料，而大部分之亞鐵靖化物，俱為造此種顏料而製之。

715. 鐵靖化鉀 ($\text{K}_3\text{FeC}_6\text{N}_6$)^③

以氯水加入亞鐵靖化鉀之溶液而蒸乾之使成結晶，則有石榴紅色之結晶生成，其成分為 $\text{K}_3\text{FeC}_6\text{N}_6$ ：



此化合物名鐵靖化鉀，或曰鉀紅血鹽^④。

製造鐵靖化鉀又可用電解時之新生氧以代氯。此時僅將亞鐵靖化鉀之溶液於水中電解可矣。陽極所生之氧改變亞鐵靖化鉀成鐵靖化鉀。

719 藍印術^⑤

將鐵鹽與鐵靖化鉀，同溶於溶液中，則溶液呈黃色而不

① Ferric ferrocyanide ② Prussian blue ③ Potassium ferricyanide

④ Red prussiate of potash ⑤ Blue printing

生沉澱。若曝之於日光之下，則鐵鹽受一部分之還原成亞鐵鹽，致生藍色之沉澱。藍印術即利用此理。浸紙於鐵精化鉀及鐵鹽（常用檸檬酸鐵銨）之溶液，製成感光紙，置之暗地使乾。若將畫有黑線之蠟布置此感光紙上，同曝之於日光中，則感光紙（除黑線所遮護之部分外）變成櫻色。於是通洗以水，將可溶化之鹽除去，此時受光作用之部分變藍，而未受光作用之部分仍為白色。氫氧化鈉之溶液，可用作藍圖書白字之墨水，因此鹽基可使普魯士藍褪色也。

717. 其他鐵鹽。

下列鐵之化合物有工業上之用途：

| | |
|--|------|
| 硫酸鐵 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ | 白色固體 |
| 硝酸鐵 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 堇色結晶 |
| 鐵明礬 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 堇色結晶 |

718. 洋墨水。

許多通用之黑色洋墨水，皆係於沒食子精^①中加硫酸亞鐵，再加藍色之染料以製之。沒食子富於鞣酸^②，硫酸亞鐵因空氣氧化而成鐵鹽，此鹽與鞣酸化合成一近於黑色之沉澱。黑色染料使得一時之色而已，永久之色，則因書寫後曝於空氣中而顯。加入一種膠狀物質如阿拉伯樹膠或糊精，以及少許之硫酸，乃為使瓶中黑物之沉澱延緩之故。常加防腐劑於洋墨水中，以防其霉腐。從前一切黑色洋墨水俱用上法製之。現在則用燐染料，製此種墨水日盛一日。

③ 鈷與鎳

719. 所在。

① Nut galls ② Tannic acid ③ Cobalt and Nickel

鈷、鎳幾常同產於含鐵、銀及銅之礦石中，與砷及硫成化合物。美國最富於鈷、鎳之礦藏在安別釐阿及新喀利多尼亞^①二處。由礦石取此等金屬之法及二金屬之分離法均極複雜，茲不具述。鎳亦常為粗銅中之不純物，在美國以電解法精鍊銅時所得之硫酸鎳，每年可有數百萬磅。

720. 性質及用途。

此二金屬外形似銀，有強光澤。均比鐵重，其熔點比鐵低。主要用途即造合金。鈷、鎳之合金，用於製造利器及車床用器。鎳幣含銅 75% 及鎳 25%。日耳曼銀^②(526 頁)亦

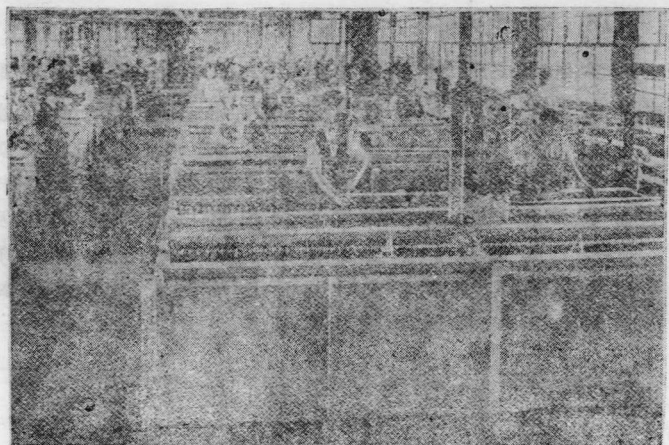


圖 192. 鎳之電鍍術。

① New Caledonia

② German silver

約含鎳 25%。鎳鋼常含約鎳 35%，歐戰前大半之鎳，用於製造鎳鋼。常度合金約含鎳 36%，加熱不膨脹。強韌合金^①為一種合金含鎳 60%，銅 33%，鐵 6.5%，其張強度極大。近世來福槍彈以銅及鎳之合金製之，其成分約與強韌合金相等。其硬度如鋼而重過之。鎳廣用於電鍍鐵黃銅等金屬，免在空中變色，鈷亦可充同樣之用途。鎳之細粉充許多反應之觸媒劑，如變油為硬脂肪(358頁)及使砒精氧化為硝酸等多使用之。

721. 鎳之電鍍。

鍍鎳用電解法。其電解質為硫酸鎳銨之溶液，其成分為 $\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。懸欲鍍之物件於電解質中作為陰極，以一鎳片為陽極。電流通過電解質時，鎳即附於欲鍍之物件上，與此相當之鎳由陽極溶解於電解質中，故電解質之成分，依然不變。圖 192，示大規模鍍鎳之法，欲鍍之物件，懸於 A, A 棒上。

722. 一氧化鈷(CoO)^②。

大概鈷在市上發售者即係一氧化鈷。此係黑色粉末，用於製造其他之鈷化合物，及造藍玻璃與瓷藍。有時研碎藍玻璃，謂之花紺青^④，以代一氧化鈷并充顏料。

723. 鈷及鎳之鹽。

一切鈷及鎳之簡單鹽類，其式幾全與亞鐵鹽相似。其中最稔知者如下：

① Invar ② Monel ③ Cobalt oxide ④ Smalt

| | |
|--|-----------|
| $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 赤紅色有潮解性之鹽 |
| $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 形似硝酸鹽 |
| CoS | 不溶解之黑色沉澱 |
| $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 整形之綠色結晶 |
| $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 有潮解性之綠色結晶 |
| $\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 用於鍍鎳 |
| NiS | 不溶解之黑色沉澱 |

練習問題

1. 製造鑄鐵時，空氣何以先熱之而後送入爐中？
2. 試書各方程式示下列各種鐵化合物如何由鐵製得：二氯化鐵，二氫氧化鐵，硫酸亞鐵，硫化一鐵，炭酸亞鐵，三氯化鐵，硫酸鐵，三氫氧化鐵。
3. 以炭酸鈉之溶液加入鐵鹽溶液中，則生氫氧化物之沉澱，而不生炭酸鹽之沉澱，試說明其理由。
4. 試計算各種普通鐵礦中之鐵之百分率。
5. 黃銅何以常鍍鎳？
6. 何以無天然鐵？隕石中有天然鐵應作何解？
7. 何以稱製鑄鐵之爐為鼓風爐？
8. 試書方程式示硫酸亞鐵氧化成硫酸鐵；及硫酸鐵還原成硫酸亞鐵。
9. 試擬一由鐵水礦泉除鐵之方法。
10. 何以書普魯士藍之式為 $\text{Fe}_4(\text{FeC}_6\text{N}_6)_3$ 不為 $\text{Fe}_7(\text{C}_6\text{N}_6)_3$ ？
11. 若加氫氧化銻於亞鐵硝化鈉之溶液，能生三氫氧化鐵之沉澱否？
12. 製造50%之硫酸1000缸，問須二硫化鐵之重量若干？
13. 以柏塞麥法所製成之鋼一噸，曾由分析查知含碳0.2%。問此鋼至少須加碳若干重方適于強燬？

第三十九章

銅 銻 銀

| 名 | 符 號 | 原 子 量 | 密 度 | 熔 點 | 氧化物之程式 | |
|--------|-----|--------|-------|---------|-------------------|-----|
| | | | | | 一類 | 二類 |
| 銅..... | Cu | 63.57 | 8.93 | 1083.0° | Cu ₂ O | CuO |
| 銻..... | Hg | 200.60 | 13.56 | -38.9° | Hg ₂ O | HgO |
| 銀..... | Ag | 107.88 | 10.50 | 960.5° | Ag ₂ O | AgO |

724. 總論.

銻雖不與銅及銀同族,然此三元素之化性極相似,故歸入一類研究之爲便,金,屬於此族,但述之於後.

725. 所在及性質.

此三元素在天然間發見者,有係未化合者,然常見者爲硫化物,其氧化物均易還原.

三者均係有強光澤之重金屬,爲熱及電之特殊良導體,其化學性皆不甚活潑,其在化代次序中位於氫下,故鹽酸或稀硫酸均不能使之大有變化,濃硫酸能作用

三者使成金屬硫酸鹽,放二氧化硫(259頁),至於硝酸不論濃稀,均能使變成硝酸鹽而放氮之氧化物(223頁)。

726. 二系之鹽

銅及銻之氧化物有二種,其式爲 M_2O 及 MO ,銅,銻之鹽亦有二系,在第一系中,金屬之原子價爲一,而其式與鈉鹽之類式同,此系化合物稱爲亞銅鹽及亞銻鹽,在另一系中金屬之原子價爲二,其式與鎂鹽之式相似,此系鹽稱爲銅鹽及銻鹽,銀僅成一種之鹽,其原子價常爲一。

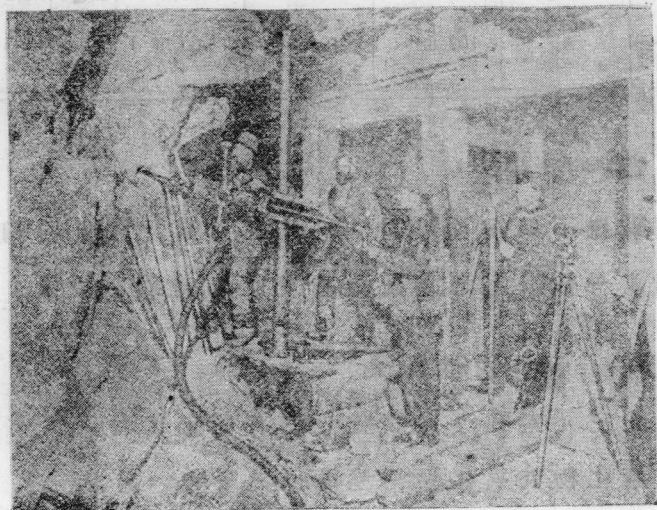


圖 193. 蒙大拿州標特銅山之開採銅礦。

①
銅

727. 所在.

古時銅卽有各種之用途,常有天然銅,其大塊產於美國蘇必利爾湖區域內,幾係純銅,其他各處,亦有少量產出,除天然銅外,銅礦石之最有價值者如下:

| 硫化礦石 | | 氧化礦石 | |
|------------------------|---------------------------|------------------------|--|
| 黃銅礦 ^② | CuFeS_2 | 紅銅礦 ^⑤ | Cu_2O |
| 單銅礦 ^③ | Cu_2S | 黑銅礦 ^⑥ | CuO |
| 正銅礦 ^④ | Cu_3FeS_3 | 綠銅礦(孔雀石) ^⑦ | $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ |

728. 銅之冶金術.

銅礦含硫少或不含硫者易於還原,先將礦石搥碎,將土狀濁質洗去,加炭與鎔劑,與之混合,置於爐中灼熱之,則氧化銅因熱炭而還原,變成金屬銅.

729. 含硫礦石之冶金術.

市上出售之銅,均以黃銅礦及斑銅礦製之,而此種礦石之最難,一因其爲硫化物,不能以炭灼熱使之還原,一因其含鐵多等於銅.

礦石設係細粒,則先置^⑤反射爐中熔之(圖 194),此係長而狹之爐,底(A)向下凸,其上置礦石B與含硅之熔劑,此等由爐頂邊一行小孔加入,燃炭,將其長火焰引入爐中灼熱礦石,

① Copper ② Chalcopyrite ③ Chalcocite ④ Bornite ⑤ Cuprite
⑥ Melaconite ⑦ Malachite ⑧ Reverberatory furnace

頂 C 成弧形，火焰之熱由此反射於礦石之上也。往往爐中吹入煤屑以維持其火燄。

一部分之硫燃去，一部分之鐵變為氧化鐵，此氧化鐵與硅石化合成硅酸亞鐵之礦滓。硫化銅與未除盡之硫化鐵熔合成重液體謂之① 聚於礦滓下面。

礦石若係粗粒不能為鼓風吹去者，則以鼓風爐煉①。此爐與製鑄鐵之鼓風爐相似惟較小耳。

將液態①，放入② 中，此爐與柏塞麥法所用者甚相似，往往可容 50 噸之多。加入硅石，謹慎調整吹入空氣，則硫充作燃料，燃燒成二氧化硫；鐵變為氧化鐵，此氧化鐵與硅石化合成礦滓；硫化銅燃燒成二氧化硫及銅。手續完備之後，將液體之銅放出，注入模中，稱為③，其純度可至 98%。美國每年產銅，噸數甚巨。

730. 銅之精煉^④

泡銅可以電解法煉淨。法以銅板一塊作為陽極，懸於池中，再取極薄之純銅板一小塊作為陰極，懸於池中二板相對。池中盛硫酸銅及硫酸之溶液，作為電解質。轉動發電機，令電流通過，由陽極至陰極，則銅由陽極溶化而沉積純銅於陰極之銅板上，濁質聚於池底。電解銅，乃市上所售金屬之最純粹者之一。

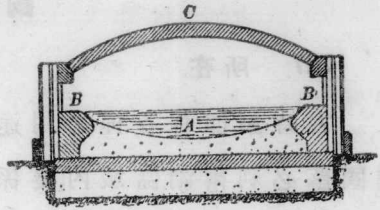


圖 194. 反射爐之縱斷面。

① Matte ② Converter ③ Blister copper ④ Refining of copper

731. 收回金銀^①

金、銀及銻常有少量存於銅礦中，故粗銅內仍有之。以電解煉銅時，金、銀與濁質同沈於池底，濁質再分之，則金、銀取出。金、銀以此法收取者其量有時頗足驚人。銻則溶入溶液，可由電解質中收回之(518頁)。

732. 銅之性質。

銅為較重之金屬，密度 8.9，有一種特殊之紅色。質軟，展性，延性均極強，極易彎曲，然極堅韌結實；其熔點為 1083°；沸點為 2310°。論其傳熱及傳電之能力，除銀以外，銅為第一。

因銅在化代次序中位置在氫之次，故鹽酸、稀硫酸及融化之鹼，均不能使生變化；硝酸及熱濃硫酸，使銅溶化極易(223, 259 頁)。銅於濕空氣中漸生一層鮮紅色氧化物 Cu_2O 之薄膜，此氧化物立變成綠色鹽基性之碳酸鹽。銅於空氣中熱之，易起氧化變成黑色氧化物 CuO 。

733. 用途。

銅之用途極大。於電力製造業，裝飾屋頂及柱壁，包皮船底及製造合金等均廣用之。下表示此等合金之成分：

① Recovery of gold and silver

| | |
|-----------------|----------------------------|
| 鋁青銅..... | 銅 90-98%, 鋁 2-10% |
| ① 黃銅..... | 銅 63-73%, 鋅 27-37% |
| ② 青銅..... | 銅 70-95%, 鋅 1-25%, 錫 1-18% |
| ③ 日耳曼銀..... | 銅 50-60%, 鋅 20%, 鎳 20-30% |
| 砲銅(鑄鎗礮之金屬)..... | 銅 90%, 錫 10% |
| 金幣(美國)..... | 銅 10%, 金 90% |
| 銀幣(美國)..... | 銅 10%, 銀 90% |
| 鎳幣(美國)..... | 銅 75%, 鎳 25% |

734. 電鑄術^①

書籍常以電鑄銅版印刷，銅版之製法如下：將鉛字之面塗以蠟，重壓之則蠟現痕跡，所現痕跡之蠟面，敷以石墨，作為陰極，置於電解池內，池中盛有銅鹽之溶液，以電流通過，則銅成薄層附積於蠟面之字上，將銅層分開，則成完全之印版，因字之下部空故極明晰，若欲銅版堅實，可傾少許市上所售之鉛於其背面，版經如此加料鞏固之之後，始用以印刷。

735. 二系之銅化合物

銅如鐵亦成二系之化合物：在亞銅化合物^⑤，其原子價為一；在銅化合物^⑥，其原子價為二；二者之中，銅鹽較多。

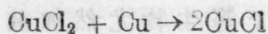
736. 亞銅化合物

亞銅化合物中最緊要者其氧化物， Cu_2O ，此物在天然間為紅色銅^⑦，或紅銅礦^⑧，此化合物名一氧化二銅係鮮紅色，易於製備，法將銅灼熱，令所供給之空氣極少，而熱

① Brass ② Bronze ③ German silver ④ Electrotyping ⑤ Cuprous
⑥ Cupric ⑦ Ruby copper ⑧ Cuprite

至極高溫度即得。此化合物加於玻璃內，能令玻璃呈紅色。加各種酸於一氧化二銅，可以製成各種亞銅鹽。

一氯化銅(CuCl)爲亞銅鹽之最著名者，其製法係用二氯化銅之溶液與銅煮沸之便得：



此係白色鹽，幾不溶解於水。

737. 銅化合物.

銅鹽，由溶解一氧化銅於酸中製出甚易，如此鹽不溶解則以沉澱法製之。其結晶者，多係藍色或綠色。因此系鹽比亞銅鹽更常見，故凡稱銅之鹽類者均指此系鹽而言。

738. 一氧化銅(CuO).

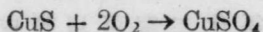
此係黑色不溶解之物質，其製法係以銅於充分之空氣中熱之，或以二氫氧化銅或硝酸銅熱之均可。一氧化銅充氧化劑之用。

739. 硫酸銅(CuSO₄).

硫酸銅從水中結晶，則成藍色含水之大結晶，分子式爲CuSO₄·5H₂O，謂之膽礬。膽礬爲精煉銀時之副產物，

① Cupric oxide ② Cupric sulphate ③ Blue vitriol or bluestone

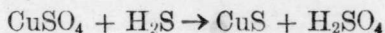
亦可以含銅之黃鐵礦使受氧化以製之：



此鹽用途甚廣，如製銅版，銅之精煉，治療蹄疾（尤其治山羊之蹄疾），及製殺菌劑等均用之。硫酸銅如其他一切銅鹽有毒性，對於下等生物尤然，加其極微之量於含綠色池藻之水中，則藻即死。與石灰水混合（石灰能使二氧化銅沉澱）則成波爾多混合物^①，此混合物之用途乃以置之噴壺使噴出之殺菓樹及植物之黴及蟲等。

740. 一硫化銅(CuS)^②.

此化合物易於製備，即加硫化二氫於銅鹽之溶液中，則一硫化銅成黑色不溶解之沉澱：



一硫化銅不溶解於水內及稀酸內。

741. 其他銅鹽.

其他銅鹽之中，實驗室中所常用者如下，其中大部分水化物尚成其他種種水化物：

硝酸銅(Cu(NO₃)₂·6H₂O)：藍色有潮解性之結晶

氯化銅(CuCl₂·2H₂O)：淺藍色如真珠之鱗或針

溴化銅(CuBr₂)：褐紫色之結晶與碘彷彿

醋酸銅(Cu(C₂H₃O₂)₂·H₂O)：藍色易結晶之鹽

① Bordeaux mixture ② Cupric oxide

原书缺页

原书缺页

化硫，銻則蒸發，於一組凝結器中凝集，再以蒸餾法精煉之。

746. 性質.

銻為重，而呈銀色之液體，密度 13.56°。其沸點為 357°，凝固點為 -38.9°。與一切金屬成合金(謂之銻齊)^①。

銻對於酸之作用，頗似銅；硝酸及熱濃硫酸均能與之易起作用，而冷硫酸及鹽酸，不能與之生何影響。

747. 用途.

銻廣用於製造多種科學儀器，如溫度計及氣壓計之類。銻又可當液體用，以之集取一種氣體於其上，因該氣體能溶解於水，故不能於水上取之也。銻極易與金及銀成合金，故銻於提取金銀極為有用。一切銻鹽，均直接或間接由精製之銻製之。

748. 銻之化合物.

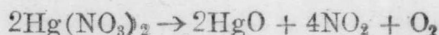
銻如銅，成二系化合物：即亞銻化合物，如一氯化銻(HgCl)是；及銻化合物，如二氯化銻(HgCl₂)是。

749. 一氧化銻(HgO)^②.

一氧化銻普通係紅磚色物質，將硝酸鹽仔細加熱

① Amalgams ② Mercuric oxides

即得：



一氧化汞亦有成黃色者，加熱則變黑；溫度再高則分解成汞及氧氣(25頁)。

750. 硫酸汞(HgSO₄)^①.

用過量之濃硫酸使作用於汞即易製備硫酸汞，其反應一如硫酸與銅之作用(259頁)。硫酸汞係白色固體，溶解於稀硫酸，而與淨水起加水分解變成黃色鹽基式鹽。硫酸汞為汞鹽中最廉值之物。

751. 二氯化汞(昇汞)(HgCl₂)^②.

此物質係以一氧化汞溶解於鹽酸中而製之。市上之製法係以食鹽與硫酸汞之混合物熱之即得：



二氯化汞易揮發，蒸發後再於冷卻器中令之凝集。此係白色固體，溶解於水，性極毒，其稀溶液用作護傷之防腐劑。

752. 一氯化汞(甘汞)(Hg₂Cl₂)^③.

此物不溶解，其製法係以能溶解之氯化物加於碲

① Mercuric sulphate ② Mercuric chloride(corrosive sublimate)

③ Mercurous chloride(calomel)

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

印片浸入金鹽或鉑鹽之溶液中藉以調色^①，則印片上之銀移至溶液內，而金或鉑即至印片上，占銀原占之位置。此種金屬令印片着特殊之色，即金能令現紅櫻色，鉑能令顯鋼灰色。因反像模片上之極黑處，遮斷光線最多，故印片上所得之像正與反像模片上者相反，即正與所照之物體相同。

習練問題

1. 世界用銅或用青銅已甚久，何故？
2. 青銅紀之紀念品甚多而鐵紀之紀念品甚少，何故？
3. 硫酸銅之溶液，對於藍石蕊紙有酸性作用，何故？
4. 許多銅鹽成稀溶液時俱有同樣之藍色，其理安在？
5. 一氯化銻及二氯化銻之區別如何？
6. 粗銀常含鐵及鉛，以硫酸分金法煉銀時，鐵鉛如何改變？
7. 硝酸銻，與硝酸銀均係白色能溶解之固體，區別如何？
8. 銀匙與雞蛋接觸，即逐漸變黑，其故安在？
9. 銅，銻，銀在自然界均有若干未化合者，何故？
10. 何種性質使銻適用於造溫度計及氣壓計？
11. 試書濃硫酸對於銻之作用及硝酸對於銀之作用之方程式。
12. 試擬一法從銀幣提純銀。
13. 硝酸銀之溶液加於氯酸鉀之溶液中，無沉澱發生。問何以不成一氯化銀沉澱？
14. 銅礦石中含銅之百分率最高者爲何？
15. 以未受光之攝影模片浸於一硫酸酸鈉之溶液中，其結果如何？

① Tone

16. 一噸辰砂能製銻若干磅?
17. 設欲製甘銻 1000 克,須用何種物質及所需各種物質之重量若干?
18. 美國銀圓一個重約 26.5 克,由此一圓可製硝酸銀若干重量?

第四十章

錫及鉛

| 名 | 符號 | 原子量 | 密度 | 熔點 | 普通氧化物 |
|--------|----|--------|-------|--------|--|
| 錫..... | Sn | 118.7 | 7.3 | 231.9° | SnO SnO ₂ |
| 鉛..... | Pb | 207.20 | 11.37 | 327.4° | PbO. Pb ₃ O ₄ PbO ₂ |

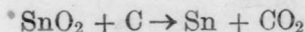
① 錫

764. 所在.

錫之天然產出者多係氧化物 SnO₂, 名曰錫石^②. 最著名之錫礦在康瓦爾^③東印狄茲^④及玻利維亞^⑤. 美國產錫極少, 含於其國內之各種礦石中.

765. 冶金.

錫之冶金原理極簡. 將礦石所含之土質極力除去, 加炭混合, 置爐中熱之, 則起還原作用. 其方程式為



① Tin ② Cassiterite or tin stone ③ Cornwall ④ East Indies

⑤ Bolivia

煉錫最困難之點在於除鐵，市上所售之錫常含許多之鐵，故錫常再加熱使其半熔以提鍊之；此時純錫先熔，可由濁質傾出。

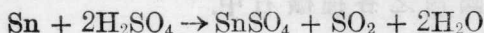
766. 性質.

純錫名曰錫條^①，係軟性白色之金屬，其外形及光澤均與銀相似；易熔，較銅輕，密度為 7.3。富於展性，可以捲成極薄之片，謂之錫箔^②；多數錫箔，含鉛頗多。

於尋常溫度及壓力之下，錫不為空氣或濕氣所變化，但在高溫度則燃燒而成二氧化錫 SnO_2 。稀酸幾不能使生作用，然濃酸極易使起變化，濃鹽酸使之變為氯化物：



與硫酸作用，則成硫酸亞錫及二氧化硫：



濃硝酸使之氧化，成一種白色不溶解之化合物 H_2SnO_3 ，

名曰一縮原錫酸^③。

767. 錫之用途.

許多之錫，用於製馬口鐵^④。法以鐵之薄片浸入已熔

① Block tin ② Tin foil ③ Metastannic acid ④ Tin plate

之錫中即成，正與鐵鍍鋅(473頁)之法相同。因其對於空氣及弱酸之作用有抵抗力，故馬口鐵有許多用途，如屋頂及罐頭，烹飪器具，以及其他家用物件等。純錫製之小管，可用以代鉛管供接送淨水或蘇打水等含有稀酸之液體。許多有用之合金含錫(526頁)，白鐵^①及軟鐵^②均為錫及鉛之合金。

768. 馬口鐵生銹。

若馬口鐵上所包之錫，擦破見鐵，則鐵之生銹，比未包錫者更速。此因錫、鐵二金屬及水構成一電池，與丹聶爾氏電池極相似(529頁)，而池中之金屬在電化次序中之位置高者被侵蝕故也。如鋅被鐵，則鋅先生銹，而鐵非至鋅全行銹盡不致腐蝕。

769. 鑷^③及銅^④。

鑷之用於接合二種金屬面也，(1)因鑷之熔點低(2)因鑷能流佈於潔淨之金屬表面，冷後則黏附於其上。欲使金屬表面潔淨無氧化物，須用適宜之熔劑，使解氧化物成後即行溶解或使再還原為金屬。常用之此項熔劑為氯化鋅，氯化銻，樹脂，硬脂，銅或硬鐵^⑤。其法概與鑷相同，惟用低熔點之黃銅以代鑷，及以硼砂為熔劑耳。

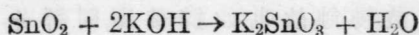
① Pewter ② Softsolder ③ Soldering ④ Brazing ⑤ Hard soldering

770. 錫之化合物.

錫成二系化合物:亞錫化合物^①其錫之原子價爲二,所成之化合物如 SnO, SnS, SnCl₂;錫化合物^②其錫之原子價爲四,所成化合物如 SnO₂, SnS₂.錫亦成一種酸 H₂SnO₃,名錫酸^③,能成一粗鹽,名錫酸鹽^④.錫之化合物必須論述者,僅有數種.

771. 二氧化錫(SnO₂).^⑤

二氧化錫爲天然產出之主要錫化合物,故堪注意.其產出時有係結晶者,而晶體又極整齊,然實驗室中所製備者係白粉.二氧化錫若與氫氧化鉀熔合,則成錫酸鉀,其作用頗與二氧化硅相似:

772. 錫酸(H₂SnO₃).

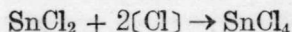
此化合物 H₂SnO₃ 之製法甚多,係白色固體,不溶解於水.其化學性頗隨製法而不同,此最可注意也.有種製法所製成者,易溶解於稀酸,而錫加濃硝酸所製成者,不溶解於酸中,此名一縮原錫酸.其能溶解於酸者有膠狀體之性質,而其膠狀體沈澱有不同者,概因其所成之顆

① Stannous ② Stannic ③ Stannic acid ④ Stannate ⑤ Stannic oxide

粒大小不同之故，非因該化合物自身之化學構造有不同也。

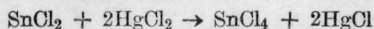
773. 錫之氯化物。

二氯化錫之製法，係以錫溶化於濃鹽酸中，所成之溶液蒸發之使結晶即得。所得之結晶，組成爲 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，名錫晶①。以王水加入二氯化錫之溶液，則成四氯化錫：

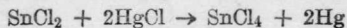


由此種溶液所結成之晶體，其組成爲 $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，市上名之曰強錫②。若以金屬之錫置於乾燥之綠氣中加熱，則成無水之氯化物 (SnCl_4)，此物乃重而無色之液體，露於空氣則盛放煙霧。多量之四氯化錫均由馬口鐵屑以綠氣脫錫時收回之。

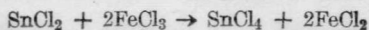
二氯化錫，易吸氯變成四氯化錫，所以二氯化錫乃一種極良還原劑，能使金屬之高級氯化物變成稍低之氯化物，例如二氯化銻可用此物變爲氯化銻：



若二氯化錫之量過多，則反應再進，而生金屬銻：



同樣三氯化鐵被還原，即成二氯化鐵：



錫之氯化物與鹼性錫酸鹽③，染業上均用爲媒染劑，易由此類化合物放出之錫之氫氧化物及錫酸，極有一種能力，使染色固定於纖維不至褪色，如前鉛章所論述者(485頁)。

① Tin crystals ② Oxymuriate of tin ③ Alkali stannates

774. 其他錫之化合物。

其他重要之錫化合物,合叙於下:

一 硫化錫(SnS):亞錫鹽加硫化二氫,則成近黑色之沉澱,即此物也。

二 硫化錫(SnS_2):錫鹽加硫化二氫,則成鮮黃色之沉澱,即此物也。

錫氯化銨(NH_4)₂ SnCl_6 :^①此乃結晶整齊之鹽,染業上用作媒染劑,謂之粉紅鹽。^②

鉛

775. 所在。

鉛之天然產出者,以硫化物 PbS 爲主,名曰方鉛礦。^④
美國鉛礦概在密蘇里。^⑤(圖 199)及伊達荷。^⑥採出。

776. 鉛之冶金。

一切市上之鉛,幾全由方鉛礦製出,此礦常含銀若干。取此銀之最經濟方法,普通係以含銀較富之銀礦合鉛礦而同冶之。

777. 含銀鉛礦之還原。

先煨燒硫化物,使其一部分變成氧化物及硫酸鹽。於是斷空氣而繼續熱之,則起反應如下方程式:

① Ammonium chlorostannate ② Lead ③ Pink salt ④ Galenite
⑤ Missouri ⑥ Idaho

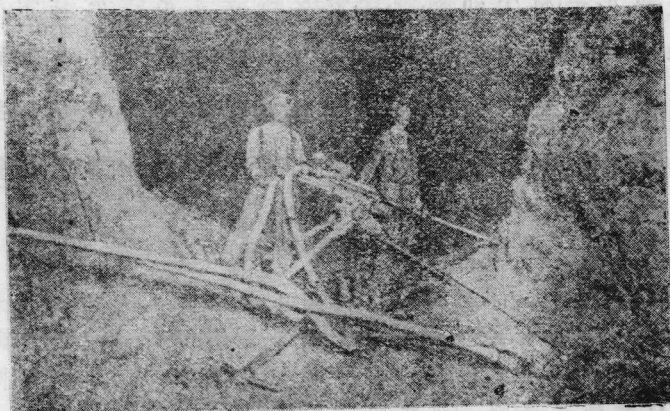
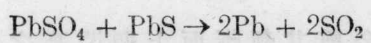
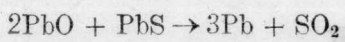


圖 199. 密蘇里州雅普林^②一帶之開採方鉛礦。



銀化合物之還原，與上列反應相似，結果成銀鉛合金。較近煉廠，有煨燒礦石使硫化物幾全部成氧化物者。礦石經煨燒後使與焦煤混合，置於一如煉銅曇金之爐中灼熱，則氧化鉛俱被還原成鉛，而硫酸鉛則被還原為硫化鉛，形成液態之曇金，傾出再煨燒之。

778. 鉛之軟化。

如是製成之鉛，謂之硬鉛^③，其中除銀以外，尚含些須

① Joplin ② Hard lead

其他元素；就中如銅，砷，銻，金及鉍等尤常含於其中。將此鉛置一開口爐中，使與空氣自由接觸以熔化之，則鉛被軟化。此時雜質之大部分變為氧化物鉛，亦有變為氧化物浮於熔鉛之上，甚易去之。此種半淨之鉛謂之軟鉛^①

779. 由鉛提銀法(帕克斯法)^②

置鉛於一可容 30 噸之大鍋中熔之，攪入大約百分之一銻。此二金屬不甚混合，金、銀及銅等易溶解於銻中，而少溶解於鉛中。所以停止攪拌時，銻帶他種金屬昇浮於鉛之表面。於是將銻掬出蒸餾之(如此則銻可收回備再用)，將金及銀之渣滓熔鑄成塊，謂之妥力條。此等金銀塊之精煉方法，已述於銀章(534頁)。現在用一種電解精煉法(柏子法)^③與煉銅所用者大致相同。

780. 性質。

鉛係重金屬，其新斷面上顯閃亮之銀輝，但因氧化立變成鈍藍灰色。質軟易鎔(熔點 327.4)，有展性，惟不甚強韌耳。

鉛在尋常之溫度與壓力下，不大受空氣中之氧氣之作用，但於高溫，則變為氧化物。除鹽酸及硫酸外(此等酸與鉛成不溶解之化合物)，多數之酸，即極弱者亦能與鉛作用成可溶解之鉛鹽。熱濃鹽酸及硫酸，亦能令之稍生作用。

① Soft lead ② Desilverizing of lead(the Parkes process) ③ Betts process

781. 用途.

鉛在工業上有許多重要用途,其主要者為製造蓄電池,硫酸製造廠之襯壁,各種合金(如彈丸,抗摩擦力金屬,活字金,白鐵)及鉛製水管等.因鉛稍能溶解於淨水中,故不適於接送雨水之用.鉛之每年產額約三分之一用於製造顏料,此乃鉛之永久損失.

782. 鉛之化合物.

鉛在化合物中,原子價幾全為二,但亦有幾種化合物,其中鉛之原子價為四者.鉛之化合物均有毒.

783. 鉛之氧化物.

鉛成許多氧化物,其最重要者如下:

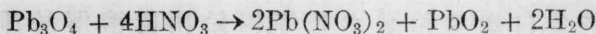
1. 密陀僧^①,鉛黃^②(PbO). 熱鉛受空氣氧化則成此氧化物.若溫度高使此氧化物熔化,則變成深黃色或紅色,名陀密僧.密陀僧用於煎製熟亞麻仁油及製玻璃.若該氧化物未經溶化,則成微黃色之粉,謂之鉛黃,供製造紅鉛之用.

2. 紅鉛或鉛丹^③(Pb_3O_4). 鉛丹之製法,係將鉛(或鉛黃)置空氣內熱至高度即得.此係重而有美紅色之粉,多用於漆髹建築鐵料用之顏料.與亞麻仁油混合,則成

① Litharge ② Massicot ③ Red lead or minium

一種接合劑,用以連接燃氣管。

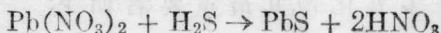
3. 二氧化鉛(PbO_2)^①。鉛丹加硝酸熱之所餘殘滓即二氧化鉛:



此係櫻色粉末,極易放去其一部分之氧,故與二氧化錳及二氧化鋇間為優良之氧化劑。

784. 一硫化鉛(PbS)。

此化合物之天然產出者,成極完全之結晶形,名方鉛礦,而晶體之顏色,光澤與純鉛極相同。實驗室中極易製之,成黑色沈澱,其製法係以硫化二氫作用於能溶解之鉛鹽即得:



硫化鉛不溶解於水及稀酸中。

785. 炭酸鉛。

鉛之正炭酸鹽 PbCO_3 , 亦有天然產出者,實驗室中亦可製之,然組成不同之各種鹽基性炭酸鹽則更易製備,其最簡單之組成為 $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, 名鉛白^②。鉛白由大規模製造以充白色顏料,亦可供製油漆用之底質,外加他種物質使成各顏色。

① Lead peroxide. ② White lead

786. 製造鉛白.

鉛白可用許多方法製之，然終無如古時之荷蘭法能製鉛白使具適宜之物理性者，荷蘭法行之互數百年，惟其間已經許多改良矣。此法將鉛鑄成有

孔之片，謂之扣子片^①，鬆疊之於陶盆，其形如圖200所示，以陶盆之縮頸B承鉛片，其下A內灌入適量之稀醋酸，如此裝成之陶盆，置於蛙蝕房內之地上，覆以廢肥或廢櫟樹皮，肥料發酵而生熱，使酸受熱發烟，此烟侵鉛即成醋酸鉛，發酵所成之二氧化碳，更與醋酸鉛起反應，則成鹽基式炭酸鹽而再生醋酸，此醋酸重與鉛作用，如是

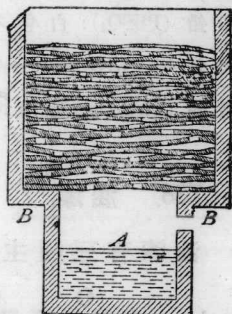


圖 200. 裝薄鉛片以製鉛白之陶盆。

反覆進行，直至扣子片幾全變為鉛白而止。圖201，示扣子片前後之形狀，鉛白形腐蝕與瑛瑯質相似。

新近一法名卡^②武法，使用頗廣，將鉛研成極細之粉，置諸一旋轉桶中，噴入稀醋酸，同時送入二氧化碳，如是繼續行之二週即成。

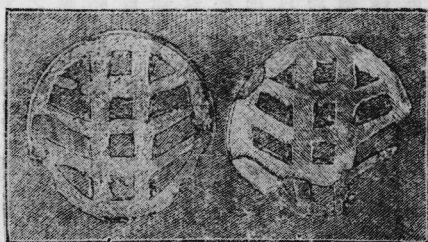


圖 201. 鉛扣子片受醋酸及二氧化碳蛙蝕前後之形狀。

787. 其他鉛之重要化合物.

以密陀僧溶解於適宜之酸則成能溶解之鉛鹽，不

① Buckles ② Carter's process

能溶解之鹽，則以沈澱法製之。數種最重要之鹽如下：

硝酸鉛 $Pb(NO_3)_2$ ：白色能溶解之結晶

二氯化鉛 $(PbCl_2)$ ：白色針形體，極難溶解

硫酸鉛 $(PbSO_4)$ ：白色不能溶解之結晶粉

醋酸鉛 $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$ ：能溶解之白色鹽，名鉛糖^①

鉻酸鉛 $(PbCrO_4)$ ：充油漆顏料(鉻黃)^②

788. 油漆^③

油漆有三種主要成分：即漆媒，底質及顏料是也。

1. 漆媒^④或液媒^⑤。漆媒必須為一種油能易乾且乾後能硬化成稍柔韌如角質者。此種油之變化乃因受空氣氧化而起。適應此目的之油，種類頗多，而亞麻仁油久經採用為標準乾油，因其產量大而價值得中故也。通常其中加入乾燥劑^⑥，此乾燥劑係以油與錳，鉛或鈷等之氧化物煮沸製之。氧化物與油化合有觸媒之作用，助成油之氧化。

2. 底質^⑦。油漆之底質，必須為一種懸泛於媒油中之固體物，能於油漆乾時生光滑如蠟之表面，且具強大之掩護力者。鉛白正合此用，然其費頗大，且露於硫化二氫中則變黑，蓋城市之空氣中每易含有硫化二氫也。現在每以他種底質與鉛化合充用，或全以他種底質代鉛白，如氧化鋅，陶土(或高嶺土)，硫酸鋇，及一種化合物名白繪料(475頁)者皆是。此等代用之底質，對於某種目的，實有利益，若非冒充鉛白發售，不應視同贗物。

3. 顏料^⑧，或着色物質^⑨。如為白色油漆，則底質即可并

① Sugar of lead ② Chrome yellow ③ Paints ④ Vehicle ⑤ liquid medium ⑥ dryer ⑦ The body ⑧ The pigment ⑨ Coloring matter

充着色物質用。對於其他顏色，須加特別顏料。此等顏料，多係金屬之氧化物或鹽，且每係天然之產物。此等顏料，間以沉澱法製之，即使一種無定形物體（普通為一種膠狀體）在含有機染料之溶液中沉澱，蓋此染料為沉澱所吸收而使沉澱物着色也。如此則可以製成無數種類之顏料統稱之曰沉澱色質。然此等顏料普通不如礦物顏料之永久。

圖202示油漆之製造法。底質與少許之油，同由A入於B、C、D及E接連磨之，其間加入適量之油，乾燥劑及顏料等。

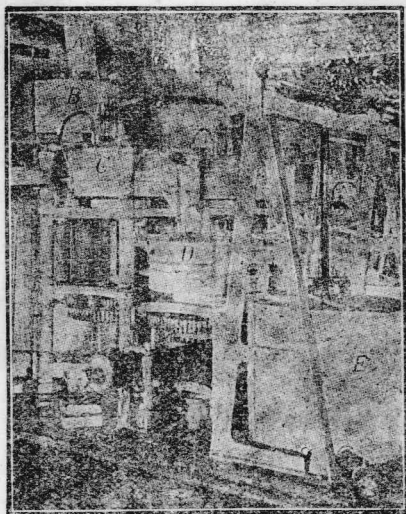


圖 202. 混合油漆及磨油漆之機器。

789. 蓄電池^①

蓄電池或曰蓄力器^②，對於近世電力之發達，實佔重要之地位。其原理即其所根據之化學變化為可逆反應是也。電池發電時起一種作用，此種作用與自反對方向導入電流於蓄電池時所起之作用相反。故電能可蓄諸池中為化能；用時可再放之使為電能。

① Storage cell ② Accumulator

普通之蓄電池
(圖 203),其電極以鉛
之格片爲之。預備用
時, A 片上淤積海綿
狀之鉛成厚層,此乃
能起作用之物質; B
片上同樣敷以一層
氧化鉛。電解質爲稍
稀之鹽酸。以此等片
許多對同排列於一
池中。以線接片,則起
反應如下:

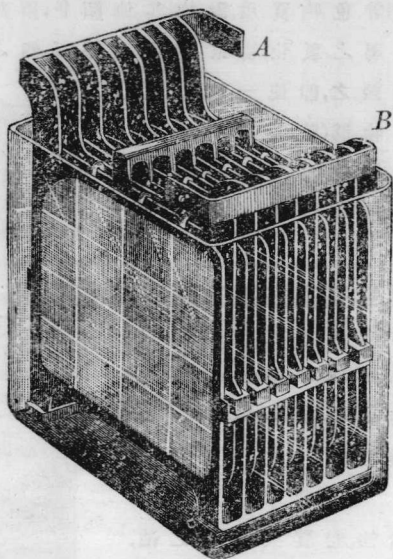
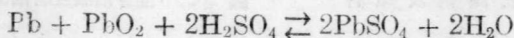


圖 203. 七片蓄電池。



(放電 →)

(← 受電)

由是觀之,可知電池放池之結果,即使二片歸於同一之
狀況,併從電解質中取去硫酸耳。電池不許完全放電。反
通以電流則二極片即各回復原狀。

790. ^①釷及^②鈰。

此二元素係由數種稀少礦物中查出,而南北卡羅

① Thorium ② Cerium

來納^①及巴西^②之磷酸鈦礦砂內尤多。此二元素之氧化物用以製造衛士白煤氣燈罩(325頁),蓋此氧化物之混合物受熱時放極亮之光也。此種網罩含銻及鈦之氧化物,其比例,前者約1%,後者約99%。鈦之化合物與銻之化合物相似,有放射能,惟不若銻之強耳。

練習問題

1. 錫箔內若有鉛,將用何法檢查之?
2. 二氯化錫能使三氯化金 (AuCl_3) 還原成金。試書其方程式。
3. 四氯化錫用作染媒劑,當其加水分解時則成何物。
4. 鉛內若有砷及銅,用何法檢查之?
5. 鉛何以廣用於製造水管?
6. 除硫酸鉛外,有何種硫酸鹽亦不溶解?
7. 試驗硫酸鹽時,硝酸鉛可用以代氯化銀否?
8. 鉛丹一妊可製二氧化鉛若干?
9. 鉛白之純淨與否,普通視其加酸時所放出之二氧化碳之體積而定。設其式為 $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, 問鉛白 1 克在 20° 及 750 耗時放出二氧化碳 30 c.c. 則其純度若何?
10. 硅與錫,鉛同族。然硅與錫,鉛究有何處相似?
11. 錫石一噸令之還原,能得錫若干重量?
12. 二氧化鉛加鹽酸,當起何種作用?
13. 鉛白常雜有重晶石。若欲知鉛白有無重晶石,有何法可以檢之?
14. 鉛糖以蜜陀僧加醋酸製之。欲製鉛糖 1000 克,問需蜜陀僧若干重量?

第四十一章

錳及鉻

| 名 | 符號 | 原子量 | 密度 | 熔點 | 酸之程式 |
|---|----|-------|------|-------|---|
| 錳 | Mn | 54.93 | 8.01 | 1260° | H ₂ MnO ₄ 及 HMnO ₄ |
| 鉻 | Cr | 52.00 | 7.3 | 1520° | H ₂ CrO ₄ 及 H ₂ Cr ₂ O ₇ |

791. 總論.

錳與鉻不同族,然化學性有許多共通之點,故宜歸入一處而論之.與前所論諸元素不同之點,在此二者為既可成鹽基^①,亦可成酸^②之元素.當其作為成鹽基之元素時,該二金屬均各成二系之鹽.在一系中其原子價為二,而在又一系中,其原子價為三.當其成酸時,此二元素作用如非金屬,所成之酸均不安定,然此種酸之鹽,則頗穩固,且有數種為重要之化合物.

如上所述錳,鉻當為元素之狀態時,則具一切金屬之性質,然能成酸而增高原子價,此種元素,謂之成酸金

① Base-forming ② Acid-forming

①
屬原素。

錳

792. 所在。

錳之天然產出者多係二氧化物 MnO_2 ，謂之軟錳。此外有成氧化物 Mn_2O_3 及 Mn_3O_4 ，亦有成碳酸鹽 $MnCO_3$ 者，惟產量頗少。有種鐵礦亦含錳。

793. 製備及性質。

此元素純者，難以製備，市上且無用途。其製法係以其氧化物加鋁粉令之還原（482頁），或以其氧化物加炭置於電爐內令之還原即得。錳與鐵形相似，惟較鐵硬而易熔，且更易受空氣及濕氣之侵蝕。酸易令之溶解，成亞錳鹽。

使錳及鐵之氧化物之混合物還原，則得一種合金謂之錳鐵齊。製鋼上極廣用之以作淨劑。製鋼 1 噸約用錳 14 磅。

794. 錳之氧化物。

錳之氧化物已知者有下別各種： MnO 、 Mn_2O_3 、 Mn_3O_4 、 MnO_2 及 Mn_2O_7 。其中僅二氧化錳一種，須細論之。

① Metallo-acid elements ② Pyrolusite ③ Ferromanganese

795. 二氧化錳(軟錳礦) (MnO₂).^①

此乃錳化合物之天然產物之最多者,其他一切錳化合物,均可由此礦石製之。二氧化錳性硬而脆,黑色,乃最有價值之氧化劑,前於實驗室製氯及氧時曾用之,含鐵之玻璃可用二氧化錳去色,製造錳鐵亦用之。

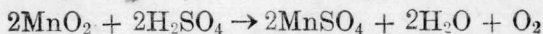
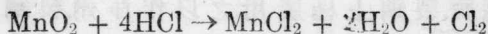
736. 含成鹽基之錳之化合物。

如前所述,錳能成二系之鹽,最緊要者如下,均屬亞

錳系:

| | |
|------------|--------------------------------------|
| 二氯化錳..... | MnCl ₂ •4H ₂ O |
| 一硫化錳..... | MnS |
| 硫酸亞錳..... | MnSO ₄ •4H ₂ O |
| 碳酸亞錳..... | MnCO ₃ |
| 二氫氧化錳..... | Mn(OH) ₂ |

氯化物與硫酸鹽之製法,係將二氧化錳一加鹽酸一加硫酸熱之即得:



硫化物,碳酸鹽及氫氧化物均不溶解,係於氯化物或硫酸鹽之溶液中加相當之試藥,以沉澱法製之。亞錳鹽大多數均玫瑰紅色,不僅其式與亞鐵鹽相似,且有許多化

① Manganese dioxide (Pyrolusite) ② Manganous

學性,亦極相似。

797. 含成酸之錳之化合物。

錳成二系不穩固之酸;即錳酸(H_2MnO_4)及高錳酸($HMnO_4$)是也。此二種酸均不甚重要,惟其所成之鹽有重要者,高錳酸鹽尤為重要。

798. 錳酸及錳酸鹽^①。

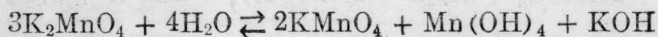
二氧化錳與鹼及氧化劑一同熔化,則成綠色之化合物。若用苛性加里(鉀)則其方程式如下:



此綠色之化合物 K_2MnO_4 , 名錳酸鉀, 乃不穩固之錳酸(H_2MnO_4)之鹽。錳酸鹽及游離錳酸, 均極不穩固。

799. 高錳酸及高錳酸鹽^②。

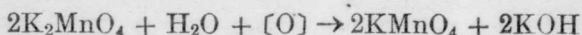
錳酸鉀加水, 則起可逆分解, 表之如下方程式:



茲若加酸, 則氫氧化鉀被中和而反應完結, 所成之主要物質為高錳酸鉀 $KMnO_4$ ^③。於此反應錳失去三分之一, 故現在以電解法製高錳酸鉀。法將錳酸鹽溶解於水, 再使

① Manganic acid and manganates ② Permanganic acid and permanganates
③ Potassium permanganates

水電解，則於陽極放氧，此氧與錳酸鹽起作用如下：

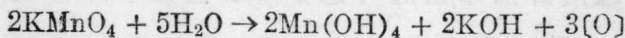


高錳酸鉀結晶成紫黑色之針狀，極易溶解於水而成極紫之溶液，其他一切高錳酸鹽與高錳酸，俱極易溶解成紫色之溶液，惟高錳酸鈉 (NaMnO_4) 極難結晶，故較廉之鈉不能用代鉀以製此鹽。

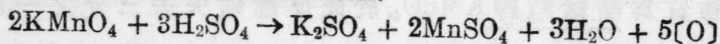
800. 高錳酸鹽之氧化性

高錳酸鹽有特著之強氧化性，用作氧化劑，則其自身還原而放氧，所成之化合物，視氧化所用者係何種溶液而定，所用溶液有二種：即 (1) 在鹼性或中性溶液中，(2) 在酸性溶液中。

1. 鹼性或中性溶液中之氧化作用。溶液若係鹼性或中性，則鉀及高錳酸鹽中之錳，均變成氫氧化物，如下方程式：



2. 酸性溶液中之氧化作用。若用游離之酸如硫酸，則鉀及錳均變成該酸之鹽：



在通常之溫度及壓力下，以上二種反應均不發生，除非另有第三種可以氧化之物質存在，則始可有反應，所生

之氧，並不如上方程式所示成遊離狀態放出，蓋此氧悉用於氧化也。

高錳酸鉀為極有價值氧化劑，因其不僅於酸性或鹼性之溶液中易起反應，且其反應極易，每無須將溶液加熱以促其反應。實驗室用之甚多，而分析化學上用之尤多。此外亦用為防腐劑，及消毒劑。

① 鉻

801. 所在。

製一切鉻化合物，所用之礦石係鉻鐵礦 (FeCr_2O_4)^②。
新喀利多尼亞及希臘產此礦最多，美國之產地為加利福尼亞及俄勒岡^③。其他許多礦物中亦含小量之鉻，赤鉛礦^④ (PbCrO_4) 尤含之，鉻曾由此礦物發見。

802. 製備及性質。

鉻如錳，極難由其礦石還原，因其與氧極有愛力故也。然可用製錳之法以製鉻。

鉻為極硬之金屬，密度與熔點約與鐵相同。在平常溫度，空氣不能令之生作用；然在高溫度，則燃燒甚猛。硝酸不能使生作用，然鹽酸及稀硫酸皆能令之溶化，放氫

① Chromium ② Chromite ③ Oregon ④ Crocoite

而成亞鉻鹽。

鉻為有價值之金屬，可以製幾種鋼之合金。製鋼合金第一步先製鐵鉻齊^①，即加碳令鉻鐵礦還原即得。將鐵鉻齊加入液態之鋼中，並須加足使成所需之合金。鉻又與銅及鎳等金屬成合金。

803. 含成鹽基之鉻之化合物。

鉻成二系之鹽，亞鉻鹽極難製成固體，且不緊要。鉻鹽之最緊要者如下：

| | |
|----------------------------|--|
| 三 氫 氧 化 鉻..... | $\text{Cr}(\text{OH})_3$ |
| 硫 酸 鉻..... | $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ |
| 三 氯 化 鉻..... | $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 鉀 鉻 明 礬 ^② | $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ |

804. 三氫氧化鉻 $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

此物不溶解，其製法可用一種能溶解之氫氧化物加於鉻之氯化物或硫酸鹽之溶液令之沉澱。此物帶綠色，能溶化於鹼及酸中，與氫氧化鋁同。

805. 三氫氧化鉻之縮水^③

將三氫氧化鉻徐熱之，則失一部分之氧及氫，成一種物質 $\text{CrO} \cdot \text{OH}$ ，此物亦如同類之鋁化合物，較其氫氧化物之酸性

① Ferrochromium ② Potassium chrome alum ③ Dehydration of chromium hydroxide

更顯成一系鹽，極似尖晶玉；鉻鐵礦乃此酸之亞鐵鹽，其式爲 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 。熱至高溫度時，三氫氧化鉻全脫水分成三氧化二鉻 (Cr_2O_3)，此物與相當之鋁及鐵之氧化物有許多相似之點。此係鮮綠色之粉末，其色之濃淡，全視製備時之溫度，壓力如何而定。鉻之此種氫氧化物及氧化物均充綠色顏料。

806. 硫酸鉻 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ^①

此化合物係紫色之固體，能溶解於水內，成同色之溶液。然此溶液加熱，則變綠色，因其成鹽基式鹽故也。硫酸鉻似硫酸鐵及硫酸鋁，能與鹼金屬之硫酸鹽結合成明礬，其中最著名者，係鉀鉻明礬 $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 及銦鉻明礬 $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。此二種成美麗之紫黑色結晶，鞣皮工業及攝影術上均用之。鉻鹽又有多種用於染業，因其似鋁鹽起加水分解，而所成之氫氧化物乃極良之媒染劑故也。

807. 鉻鹽之加水分解。

加硫化銦於鉻鹽之溶液中，則如硫酸鹽，所成之化合物非硫化物，乃氫氧化鉻之沉澱。其原因係硫化鉻似硫化鋁，有水則起加水分解，成三氫氧化鉻及硫化二氫。同樣，能溶解之碳酸鹽，亦能成之鹽基式碳酸鹽之沉澱。

808. 含成酸之鉻之化合物。

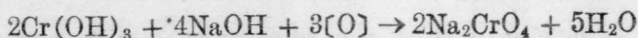
鉻似錳，能成二種不穩固之酸，即鉻酸^②及一縮二鉻

① Chromic sulphate ② Chromic acid

①其鹽爲鉻酸鹽及一縮二鉻酸鹽，均爲緊要之化合物。

809. 鉻酸鹽.

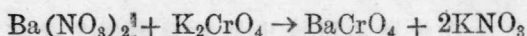
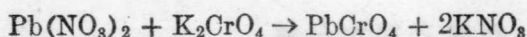
鉻之化合物，與鹼及氧化劑相熔合，則成鉻酸鹽。鹼若係氫氧化鈉，則其方程如下：



此反應正與前成錳酸鹽時相似。

810. 鉻酸鹽之性質.

鉻酸鹽係不穩固之鉻酸 (H_2CrO_4) 之鹽，普通係黃色。鉻酸鉀 (K_2CrO_4) 及鉻酸鈉 (Na_2CrO_4)，均極溶化於水，但大多數之鉻酸鹽不能溶化於水，故可以沉澱法製之。例如鉻酸鉀之溶液加以硝酸鉛或硝酸鋇之溶液，則起反應如以下之方程式：



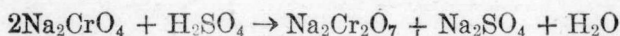
鉻酸鉛 (鉻黃) 及鉻酸鋇均析出成黃色之沉澱。此二種金屬若欲試其有無可用以上之反應試之。

811. 一縮二鉻酸鹽.

鉻酸鈉或鉻酸鉀加酸，則成不穩固之一縮二鉻酸

① Dichromic acid

($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 之鹽:

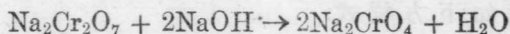


鉻酸鹽及一縮二鉻酸鹽之關係正如磷酸鹽及三縮二原磷酸鹽^①之關係。故有一縮二鉻酸鈉^②之稱。

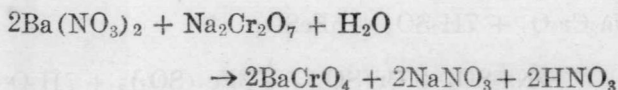
一縮二鉻酸鉀 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), 爲自昔最著名之一縮二鉻酸鹽, 且爲最常見之鉻化合物。成鮮紅色大結晶, 稍溶解於水。一縮二鉻酸鈉比一縮二鉻酸鉀易溶解於水, 由飽和溶液沈澱, 則成結晶, 惟結晶不甚完全, 且帶潮解性。其式爲 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。現在鈉鹽之用途比鉀鹽廣。

812. 一縮二鉻酸鹽之性質及用途。

能溶解之一縮二鉻酸鹽, 若加一種鹽基之溶液, 則一縮二鉻酸鹽變成鉻酸鹽。



一縮二鉻酸鹽之溶液若加鉛鹽或鉍鹽之溶液, 則成鉻酸鉛或鉻酸鉍 (非一縮二鉻酸鹽) 之沈澱。如加硝酸鉍則反應如下方程式:



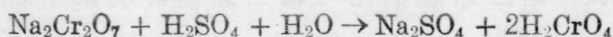
一縮二鉻酸鈉有許多工業上之用途, 如充氧化劑, 製造

① Pyrophosphates ② Sodium pyrochromate

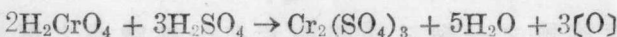
有機物質如染料之茜素尤多用之。亦用於製造顏料及鞣皮。

813. 鉻酸鹽及一縮二鉻酸鹽之氧化作用。

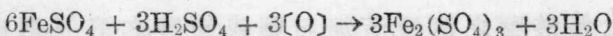
鉻酸鹽或一縮二鉻酸鹽之溶液加過量之酸，則鉻酸分離。例如用一縮二鉻酸鈉與硫酸，則其反應如下方程式：



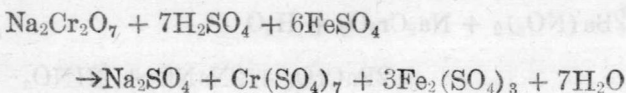
然若另有一種容易氧化之物質在，則鉻酸作用如氧化劑，致鉻變成三價之金屬。其方程式在有硫酸存在時可書之如下：



此氧並不放出，乃為受氧化之物質收去。例如加硫酸亞鐵，則反應如下方程式：



以上三方程式係表一縮二鉻酸鈉對於硫酸亞鐵之氧化作用之步驟，可合為一方程式：



由此觀之，可知一縮二鉻酸鹽之分解正如高錳酸鹽之

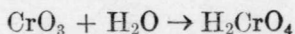
分解,相似之點極多,鈉,鉻均成鹽,而鈉,鉻在此等鹽中爲金屬部分,但氧有一部分放出。

814. 鉀鉻明礬.

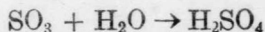
用一縮二鉻酸鉀及硫酸以行氧化作用時,則反應結果生成硫酸鉀及硫酸鉻,蒸發溶液,則此等物質結晶而出,成鉀鉻明礬,故凡用一縮二鉻酸鉀爲氧化劑之工廠,皆可得鉀鉻明礬之副產物,鈉不能成同樣之明礬。

815. 鉻酐 (CrO₃).

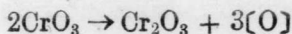
濃硫酸加入一縮二鉻酸鉀之濃溶液中,而將此液體置之,則成深紅色針形之結晶,其式爲CrO₃. 鉻之此種氧化物謂之鉻酐,因極易與水化合成鉻酸也:



故此氧化物之成鉻酸,正與三氧化硫之成硫酸相類:



鉻酐乃極強之氧化劑,放氧成三氧化二鉻:



練習問題

1. 軟錳礦何以能令含鐵之玻璃脫色?
2. 試書製二氯化錳,炭酸亞錳及二氫氧化錳之方程式。
3. 硫酸亞鐵,因高錳酸鉀加硫酸氧化而成硫酸鐵,此

反應試以方程式表之。

4. 草酸(蓆酸)因高錳酸鉀加硫酸而氧化如下方程式:



試書其全方程式。

5. 鐵 10 克溶解於硫酸內,因高錳酸鉀而氧化變成硫酸鐵。問須高錳酸鉀若干重量?

6. 鐵鉻齊含鉻 40%。設欲以 1 噸鋼製造合金,其中含鉻 1%, 問製造時須加鐵鉻齊若干重量?

7. 硫化銦與硫酸鉻之作用,試書一方程式以表之。

8. 鉻酸鈉令鹽酸氧化而成氯,試書其全方程式。

9. 硫酸與一縮二鉻酸鈉之作用 (a) 水多時如何? (b) 水少時如何?

10. 令純粹之鉻鐵礦還原以製鐵鉻齊,問所成之鐵鉻齊之組成如何?

11. 一縮二鉻酸鉀中之氧,可用為氧化劑者有百分之幾?

第四十二章

鈾 鐳 鈾

816. ^①鈾.

鈾係一種稀元素，其化合物初從一種礦物名瀝青鈾礦^②或名鈾礦^③者分出，鈾礦之成分大部分為氧化鈾，其式為 U_3O_8 。鈾鈳礦^④係一種新近（1899年）發見之礦物，含鈾及鈳二元素，其主要產地為美國之科羅拉多^⑤及猶他^⑥二州。鈾鈳礦為含鈾最富之礦，而產生於波希米亞^⑦及薩克森^⑧之瀝青鈾礦次之。美國鈾礦之出產，比其他各國合計之產量猶大。

817. 化合物及用途.

鈾之化合物最常見者，乃其黑色氧化物， U_3O_8 ，硝酸鈾基質^⑨ $UO_2(NO_3)_2$ 及一縮二鈾酸鈉^⑩ $(Na_2U_2O_7)$ 。鈾之化合物，大多數係黃色或紅色，其主要之化學上用途，係製

① Uranium ② Pitchblende ③ Uraninite ④ Carnotite ⑤ Colorado
⑥ Utah ⑦ Bohemia ⑧ Saxony ⑨ Uranyl nitrate ⑩ Sodium diuranate

造黃綠色之螢光玻璃,配裝黃,橙,黑等之濃淡種種顏色之瓷器,製橙色之顏料,鈾鋼合金,具有用之性質.可以造重砲,以禦急速放砲所發之熱及所生之變形,均比他一切鋼之合金爲優云。

818. 鈾之放射能.

1896年,法物理學家柏克勒爾^①查悉鈾及其一切化合物,皆具一種性質,名曰放射能^②.此放射能之性質示之如下:

(1) 攝影片以黑紙包之,置之近鈾化合物處,則感變如露光中.置金屬物體於此片上,則金屬遮斷此種作用,致片顯影後,片上留該物之輪廓,此謂之放射線攝影^③(圖

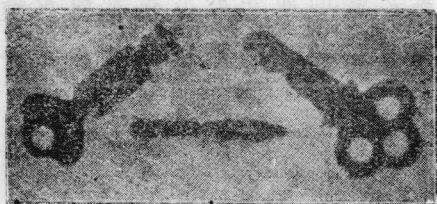


圖 204. 金屬物體之放射線攝影。



圖 205. 已經充電之驗電器

204). (2) 已經充電之驗電器,若將含鈾之物質移近之,則即速放電,此乃表示該物質周圍之空氣,爲導體也。

圖 205. 示一簡單之鉛葉驗電器,電通入紐珠 A 時,葉之

① Becquerel ② Radioactivity ③ Radiograph

位置如 *B* 所示若以含銻之物質體 (圖 206, *C*) 移近 *A* 紐, 則即失電葉合如 *B*。

819. 鐳之發見

曾經查悉瀝青銻礦之放射能四倍於銻, 此即暗示該礦中可有一種未知元素, 雜入銻鹽而為濁質, 瀝青銻礦之放射能或即由是。故蒙節^①及其夫人居禮^②攻究巨量瀝青銻礦之渣滓, 卒得一種新元素之氯化物少許, 此新元素命名曰鐳^③。此氯化物之放射能, 為銻之 3,000,000 倍。

鐳之原子量為 226.0, 因其有此原子量與銻及其化合物之一切其他性質之關係, 列鐳於鈣族中, 正居鋇之下。居禮夫人 (圖 207) 於 1910 年將鐳元素分出, 極與鋇相似。

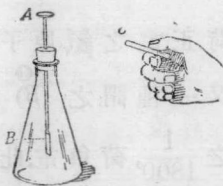


圖 206. 放電後之驗電器。



圖 207. 居禮夫人 (1867)

巴黎大學物理學教授。

① Monsieur ② Curie ③ Radium

820. 鐳可利用之量.

既知鈾及鐳之放射能,則不難計算鈾礦中鐳之成分.此等計算顯示吾人以一極可驚之結果,即各種鈾礦中之鐳與鈾之比例一定不變,即約鈾 2,940,000 分中常含鐳一分.大概已經製出之鐳,統計之不過 50 克或 60 克.其氯化物 RaCl_2 , 每克約值美金 90,000 元.

821. 鐳之蛻變.

鐳雖為具有特性之元素,然徐徐蛻變,此實異事.鐳蛻變成二種別元素,其一為^①氦,其二為^②氮.此二元素,屬於週期表中包含空氣中不活潑氣體之第零類.氮再分解為氫,及一別種元素,名曰鐳 A. 同樣繼續蛻變,許多次後,最後似成^③鉛.

此種蛻變之中,有二種不同之微粒,以絕大之速度放出:(1) 其一種謂之^④(α) 線,成自荷正電之氦原子,此原子之運動速度,約為光之 $\frac{1}{10}$; (2) 又一種謂之^⑤(β) 線,成自細粒,此微粒重量,不過氫原子之 $\frac{1}{1800}$, 荷負電.此等微粒普通稱之曰^⑥電子,其初速度幾與光等.更有第三種放射線,名^⑦(γ) 線,此非成自物質微粒而成自能媒中之波

① Helium ② Niton ③ Alpha ④ Beta ⑤ Electrons ⑥

如光者。 γ 線極與克魯克斯管中之X線相似，而強度則遠過之。

鐳蛻變之速率，曾經試過無論用何種方法均不能改變之。不受極高溫度之影響，亦不為鐳化合物之本性所左右。

822. 三種線之確證。

三種不相同線之存在，可用下法確證之：鉛片（圖 208 A）中鑿孔，以富於鐳之物質少許置於孔底，將隔絕光線之攝影片（B），安於鐳上稍遠之處，磁極 C，C 排於 A 孔之兩旁，稍上。從鐳發出之線，如來福槍之彈由孔中射出。荷正電之 α 線，因負磁極之吸引，彎曲其徑路，而荷負電之 β 線，因正磁極之吸引，彎曲其徑路於反對之方向，且其彎曲度更甚。

γ 線則全不屈曲。將攝影片顯影，則 α 線及 β 線屈折之度可以測量，而由此測量，即可決

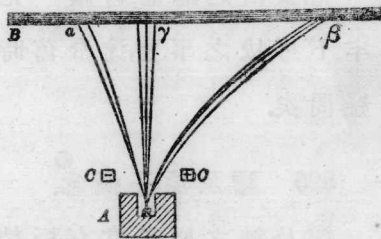


圖 208. 放射性物質所放之三線圖。

定該二種微粒之相對的質量與電荷。

823. 鐳之本原。

鐳之蛻變平均經 2500 年而盡，然鐳產於礦石中，此等礦石較 2500 年更古，自無疑義，故鐳必由他種元素蛻變而成。由實驗知其所由來之元素確為鈾。鈾礦石中恆存定量之鐳，直表鈾蛻變速率與鐳蛻變速率之平衡耳。以上果無錯誤，則吾人不能希望於鈾礦外發見更富於鐳之礦藏也明矣。

824. 鐳之能。

當鐳，氣及其接續變成之物蛻變之時，放出極多之能。氦原子及電子二者，以極高之運動能而發射，而鐳化合物以放出之熱能而灼熱。曾算出鐳一克，每小時放熱 132 卡路里。由此數及鐳之平均壽期 (2500 年)，即易算出鐳一克放出之總能為碳一克之燃燒熱之 250,000 倍。此等牢不可拔之事實，遂令舊時地球年齡之計算，發生許多疑問矣。

825. 鐳及原子概念。^①

鐳及鈾之原子，當有極精巧之組織也明甚，因氦，電子，以及自由之能，^②均由此變成故也。假定鐳原子之構成如下，則一切關於鐳之事實，均能相容而無礙：(1) 荷正

① Radium and the atomic conception * ② Free energy

電之核，係荷電之氦原子(或同氦原子)所成此等氦原子緊相聚合，實際構成鐳原子之全質量；(2) 許多荷負電之電子，繞核旋轉，正如遊星之繞日運行。

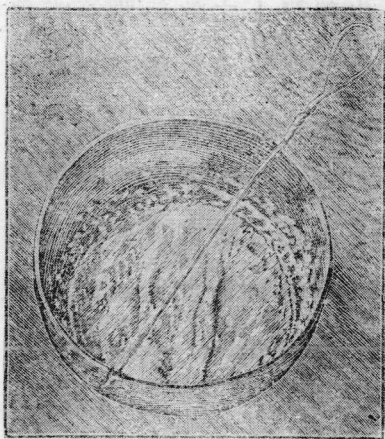


圖 209。由 300 噸鈾鈷礦石中提出溴化鐳之總量 (1.764 克)(實物大)。

因某種原因，

鈾及鐳之原子組織不穩固，故時時破裂，放出電子或氦原子，或同時放出二者，致成他種原子組織。鈾及鐳之原子猛烈破裂，致能煤中發生激烈之波動，而此能煤中之波動即所以構成 γ 線也。大多數元素之原子均係穩固，但其原子組織，大概與上述同。

此種概念有許多事實為後盾，俾吾人曉然於週期律之意義，因凡一原子質量，全視造核之簡單原子之數及性而定故也。

826 鐳之治療功用。

由鐳、氡及其他放射元素放出之線，有許多化學上

及生理學上之效能。此等光線能分解玻璃，水及其他許多物質，使皮膚起劇烈燃燒，正與X線相似，能殺細菌及其他微生物。

鐳有此種燃膚殺菌之性質，故皮膚病及癌腫倘令之受鐳化合物之放射作用，或可有輔助治療之希望。但此等希望究能實現至如何程度，尚不能言。然有種癌症曾以此法治愈。

827. 有放射能之釷。

釷係稀有元素，性質與鈾極相似。接續分解變成一系之放射元素，且生與他系同種類之放射能。鈾及釷為原子量最大之元素，此外之普通元素未見有此等性質者。由此推之，可知原子量更大之元素有時可以存在，但已分解成原子量稍小而無放射能之元素矣。

828. 鈾及釷之蛻變次序。

關於鈾及釷之蛻變程序，吾人所知，較上所述有更廣者。索迪^①所製之圖（圖210），頗完全概括表示變成物之名稱，與原子量平均壽命，及其變遷中發出之線之性質。

① Soddy



圖 210. 鈾及鈾之蛻變次序。

練習問題

1. 鈾何時發見,何以有此名(參看百科全書)?

① Ionium ② Mesothorium ③ Radiothorium ④ Emanation

2. 鈾 釷 礦 之 原 名 Carotite 為 誰 而 得 此 名 (參 看 字 典)?
3. 驗 電 器 如 何 充 電 (看 參 物 理 學)?
4. α, β 及 γ 之 意 義 如 何?
5. 光 之 速 度 若 何 (參 看 物 理 學)?
6. 鈾 為 何 而 有 此 名? 其 用 途 若 何?
7. 製 錳 一 克, 問 須 瀝 青 鈾 礦 石 若 干 重 量?

第四十三章

鉑金屬及金^①

| 名稱 | 符號 | 原子量 | 密度 | 最高氧化物 | 最高氯化物 | 熔點 |
|----|----|-------|-------|-------------------------|-----------------|-------|
| 鈳 | Ru | 101.7 | 12.26 | RuO_4 | RuCl_4 | 2450° |
| 銩 | Rh | 102.9 | 12.1 | RhO_2 | RhCl_3 | 1950° |
| 鈀 | Pd | 106.9 | 11.8 | PdO_2 | PdCl_4 | 1549° |
| 銱 | Ir | 193.1 | 22.42 | IrO | IrCl_4 | 2350° |
| 銱 | Os | 190.9 | 22.47 | OsO_4 | OsCl_4 | 2700° |
| 鉑 | Pt | 195.2 | 21.50 | PtO_2 | PtCl_4 | 1755° |
| 金 | Au | 197.2 | 19.30 | Au_2O_3 | AuCl_3 | 1063° |

829. 總論.

週期表之第八行中鐵,鈷,鎳下,有二類各有三元素. 第一類之金屬——鈳^②,銩^③,鈀^④——原子量均近100,密度近12. 第二類之金屬——銱^⑤,銱^⑥,鉑^⑦——原子量近200,密度近21. 此六種稀有元素,物理性極相似,而化學性亦相似,蓋不僅所成化合物之形式相類,且化合物種類之多亦相類也. 此六種之天然產出者均係伴生,普通成鉑合金,與

① The Platinum metals and Gold ② Ruthenium ③ Rhodium

④ Palladium ⑤ Iridium ⑥ Osmium ⑦ Platinum

砂礫混雜成不規則之粒狀。此六種總名曰鉑金屬。鉑及鈀爲此六種中之最多者。

週期分類，雖列金於銀、銅之類，然金之物理性及化學性，均與鉑金屬相似，故一同論之爲便。金、鉑、銻，及鈹四元素，乃最重物質，重約二倍於鉛。

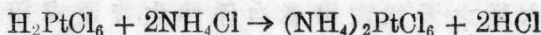
鉑

730. 所在。

市上所售之鉑，約有 90% 來自俄國，有少量產於可倫比亞、新威爾斯、坎拿大及美國。鉑之需要急增，故現努力從事於新礦之發見，而許多較不重要之礦亦經宣布矣。有種金銅及鎳之礦石中含鉑極微，而此鉑現亦於精鍊之時收回，美國現由此法每年產鉑約 24,500 溫司，大概均從泡銅及塊金精鍊收回也。

831. 製法。

天然鉑常與金及鉑金屬成合金，若欲將鉑分出，可將合金以王水化之，王水令鉑變成鉑氯氫酸 (H_2PtCl_6)。再加氯化銨，此則令鉑沉澱成不溶解之鉑氯化銨：



① Gold ② Colombia ③ New South Wales ④ Chloroplatinic acid
⑤ Ammonium chloroplatinate.

鉑亦成同樣化合物之沉澱。熱之，則此複合氯化物分解，鉑留下成海綿狀之金屬塊形，置電爐中熔之，展成或錘成各種形樣。

832. 性質。

鉑為灰白色極有光亮之金屬，富於展性及延性。氫氧吹管及電爐能令之熔融；質比金硬，為電之良導體。鉑若分至極細，則能吸收氣體，而吸養氣及輕氣之力尤大。此種被吸收之氣體，能力極活潑，與新生狀態之氣體同，即能於尋常之溫度彼此化合。輕氣或煤氣若射於海綿形鉑，則立刻燃燒。

833. 鉑為觸媒劑。

許多化學反應，鉑均可為觸媒劑，此種性質極奇異，而製造硫酸時已述鉑之此種用法矣。法取一種極疎鬆或纖維狀之物質如石棉，浸於鉑氫氯酸之溶液中，燒之，則鉑之化合物分解，而鉑成極細之粉層附積石棉之上。以此法製成之石棉，名曰鉑石棉^①。其觸媒作用，似半因其吸收氣體之性質而令氣體變成新生氣也。他種金屬亦有此種能力，如鈀其吸氫之能力亦極顯著。

834. 化學性。

鉑之化學性，極不活潑，平常之酸不能令生反應。王水能漸漸化之成四氯化鉑(PtCl_4)，四氯化鉑又與王水

① Platinized asbestos

中之鹽酸結合，成鉑氯氫酸(H_2PtCl_6)。熔鹼能令鉑徐起作用。於高溫度，與碳及磷化合，又與許多金屬成合金。易與氯生作用，但若無鹼，則氧化劑不能使生作用。

835. 用途.

科學上及工業上之用鉑，概因其熔點高，化學性不活潑，及其富於展性延性之故。鉑廣用於(1)科學實驗室及有種工業以製蒸發皿，充觸媒物料，及製各種實驗室用器；(2)電器之接觸點，且以前用作白熱燈底之鉛絲；(3)牙科用作人造齒之腳，及鑲牙之薄片與牙床；(4)替代金裝飾寶玉。惜此金屬供給極有限，致價值日漸增加，現今則較金尤貴。

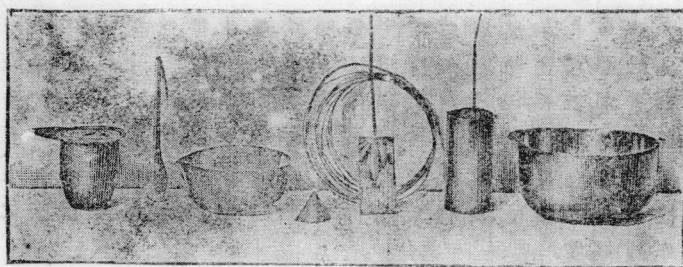


圖 211. 鉑製之實驗室用器。

836. 鉑之代用品.

鉑既缺乏，須籌彌補之策，故竭力設法勸止裝飾寶石之用途，而對其他用途預備代用物品。鎢有許多用途

可以代鉑,尤可代用於電花接觸點;包銅之鎳鐵線,現亦用於造白熱燈;抗電生熱器^①,以鎳及鉻之合金造之;工業上石英碟爲鉑之代用品;而許多合金曾經提議用以製小實驗室用器,其中現以下列爲最有望者。

鈀金齊^②:鈀(Pd)及金(Au)之一種合金

銻鈀金齊^③:金,鈀及銻少許之一種合金

星金^④:係一種合金,主要成分係銻及鉻,亦含鉬或鎢若干分

意大利金^⑤:要係鎳,鉻,銅及鉬之合金

觀下價目表,可知上列代用品必需矣;惟下列價目當然亦有許多變動:

| | |
|-------------|---------|
| 鉑,一克..... | 3.72 金元 |
| 鈀金齊,一克..... | 2.00 金元 |
| 金,一克..... | 0.70 金元 |

837. 化合物.

鉑成二系鹽:第一系以二氯化鉑(PtCl₂)爲代表,第二系以四氯化鉑(PtCl₄)爲代表.鉑酸鹽亦有查出者.鉑之化合物雖有多種造出,然最有用者仍屬金屬鉑.

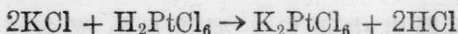
838. 鉑氯氫酸(H₂PtCl₆).

若令鉑溶解於王水,而使溶液結晶,則得褐紅色之

① Electrical-resistance heater ② Palau ③ Rhotanium ④ Stellite

⑤ Ilium ⑥ Platinous chloride ⑦ Platinic chloride

含水鉑氯氫酸結晶，其成分爲 $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。此酸之鉀鹽及銨鹽幾全不溶解於水及酒精。故分析上用此酸爲試藥令鉀沉澱。例如與氯化鉀反應如下方程式：



839. 本族中之其他金屬。

鉑金屬中其他元素之中，以鈀爲最多。巴西產鈀與鉑之合金甚多。許多銅礦，鎳礦亦有少量之鈀，現在鈀之主要來源，爲鎳精鍊廠之電解泥。^①

鈀之重量，約僅爲鉑之半，熔點稍低，而硬度過之。用於釐鉑，造科學器具之分度尺，製造合金及充裝飾寶石上之鉑代用品。其成粉者，係極有能力之觸媒劑。

銱與鉑成極硬之合金，用於造筆尖，羅盤軸承，及標準度量衡器。

四氧化銱 (OsO_4) 爲極易揮發之液體，通名曰銱酸。^②用於顯微鏡標本片着色。

金

840. 所在。

金之產地頗多，最著名者爲南非洲，奧大利亞，俄羅斯及美國。美領阿拉斯加^③產金，而美國省份，約有一半產

① Electrolytic mud ② Osmic acid ③ Alaska

金,最著名者爲加利福尼亞^①,科羅拉多^②,及內華達^③.普通產出者均係天然金,又往往與銀攙合;其已化合者亦有產出如碲化物(AuTe₂).美國每年產金之額,約占全世界每年產額之五分之一以上.

841. 開採及提煉.

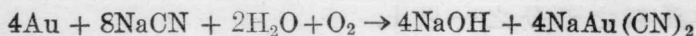
天然金係細粒形或係大塊形,沈於舊河之底與砂混合或夾於岩石中之石英脈內.砂金之採法係以淘礦^④法,所得係粗金砂,凡含金之砂,置於流水之水槽內而攪之,此種水槽謂之淘金槽^⑤.如是將沙沖洗而去之,則金粒重,沉於淘金槽底.有時此種含金之砂用水由產處淘至淘金槽,水由管內加大壓力,淘出極有力此謂之水壓採礦^⑥法.開採礦脈^⑦之法,係將含金之石由脈採出,置杵礦機中杵成細粉,而後用許多方法將金提出.茲述二種提金方法於下:

1. 錄齊法^⑧. 此法將含金細粉,置於一組銅板上洗之,銅板表面,曾鍍以錄.金黏於錄上或與之成合金,再將錄及金刮下,將此混合物蒸餾之.錄因蒸餾而被屏去,金留於曲頸甌中,以備精鍊.

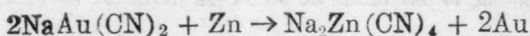
① California ② Colorado ③ Nevada ④ Placer mining ⑤ Sluices

⑥ Hydraulic mining ⑦ Vein mining ⑧ Stamping mills ⑨ Amalgamation process

2. 腓化法^① 此法所本者，係金於有氧之空氣內能溶解於腓化鈉之溶液中。由杵礦機中所取之礦粉，若加極稀之腓化鈉溶液，則將金溶去：



然後由此溶液以電解法令金分出，或加金屬鋅使金成沉澱：



842. 金之精鍊。

金以三種普通方法精鍊之：

1. 電解法。將金溶解於腓化鉀之溶液，此溶液若令之電解，則金附積於陰極上，所積之金均極純。

2. 灰吹法^②。金若與易氧化之金屬如銅或鉛之類相攙合，則可以灰吹法精鍊之。法以骨灰製成一種淺底爐，置合金於其上，吹氧化燄以熔之。骨灰有吸收金屬氧化物之性質，然不能吸金。若有銀則銀與金攙合。

3. 以硫酸分金法^③。金若欲與銀或其他金屬分開，可用其合金加濃硫酸灼熱之。則濃硫酸令銀溶化，然金則無作用。有時用硝酸以代硫酸。

843. 物理性質。

① Cyanide process ② Cupellation ③ Parting with sulphuric acid

金爲極重，輝黃色之金屬，展性及延性極富，爲電之良導體。質頗軟，常用者須攙以銅或銀，以增其硬度。金之成色以開字表之，純金爲二十四開，平常裝飾品所用之金係十八開，意即金十八分而銅或銀六分也。金幣含金 90% 銅 10%。

844. 化學行爲。

普通之酸，均不能令金有作用；惟王水易溶化之成金氯氫酸 (HAuCl_4)。熔鹼能令金生作用。多數氧化劑，均不能令金生作用，故金可謂化學性於活潑之元素。

845. 化合物。

金之化合物雖種類甚多，而化學性互異，然均不甚重要，故無須詳述。金成二系鹽，金在其中有金屬之作用；在第一系中金之原子價爲一，如一氯化金之式爲 AuCl ；在第二系中金之原子價爲三，例如三氯化金之式爲 AuCl_3 。金亦有成酸元素之作用，成一種化合物如金酸鉀 (KAuO_2)。然此化合物極易分解，而成金屬金。

練習問題

1. 前述製鉑所用之法，有何金屬與鉑攙合？
2. 實驗室中之“氯化鉑”製法，係以鉑置王水溶化，氯化鉑係何化合物？
3. 試思金酸鉀及鉑酸鉀如何成法？觀此反應則知用

① Carats ② Chloroauric acid ③ Potassium aurate ④ Platinum chloride

鉑器時當預防何事?

4. 何以不能以金代鉑製實驗室中之器具?
5. 鉑之用途何者爲永久損失?
6. 若鉑與鈹每溫司價值相等,裝飾寶石用何者爲經濟?
7. 十八開之金指環計重五克,由此可製金氯氫酸若干重量?

第四十四章

稀有元素之應用^①

846. 稀有元素.

許多已知元素,以前都未述及,因不知之,而於理解化學原理亦無妨也。

其中有固屬稀有之元素,而市上若有用途,則可多製之者。^②碲即其好例也,此元素屬硫族,由精鍊銅時之副產物中得之。其他之此類元素甚稀少,雖間具有極有用之性質,然其製造費用絕大不能製之。

847. 工業上之應用.

此等不常見之元素或其化合物中,亦有具特種性質,致對特種用途極有價值者,茲述其幾種應用,不為無益。

^③稀有土族約有十六種元素,其原子價均係三價,大

① Some applications of the rarer elements ② Tellurium ③ Cerium

④ The rare earths

概均與鉛相似。將此等元素分開極不容易，天然產者常聚之而出。由磷酸鈦礦砂(326頁)提鈦時，此等元素之混合物蓄積甚多。其中較易得其純淨之化合物者僅其一種，即鈾是也。鈾之化合物，充媒染劑，觸媒劑，又於用醫藥及照相術。鈾與鐵之合金，用作一種燃氣，即燃雪茄煙之火，因以硬鐵擦之即發火也。其他稀土族之混合鹽，曾用作殺菌劑，媒染劑及顏料。

^①氧化鈦若混以1%之氧化鈾，則成一種物料，煤氣燈網罩大概均由此種物料造成(235頁)。

硅族之鈷^②非極稀有之元素，其天然產出者多係化合物TiO₂名金紅石^③，亦有為一種鐵礦(鈷鐵礦)^④之成分而產出。許多純鈷或鈷鐵齊用於製造特種鋼軌，以防損壞(鐵路曲線及兩端)。氧化鈷亦可調合於電弧炭(電弧)^⑤，如此調製之碳，比之製自純碳者光更散而有效。氧化鈷亦用於使瓷面，瓷器及人造齒着黃色。

^⑥二氧化鈷廣用於製造耐火磚，作爐管之襯壁，因物質在此等有襯壁之爐或管內可熱至高溫度也。鈷曬含^⑦二氧化鈷(ZrO₂) 86%，鈷亞白含^⑧99%。

① Thorium oxide ② Titanium ③ Rutile ④ Ilmenite ⑤ Ferro-tétanium ⑥ Electric-arc carbons ⑦ Flaming arc ⑧ Zirconium oxide
⑨ Zircite ⑩ Zirconalba

鈾釩礦(569頁)中含鈾^①甚多, 祕魯^②有種硫化物中亦有之。一切無煙煤之灰中均有鈾之氧化物。鈾鐵齊^③如鑄鐵齊有用於製造特種鋼, 尤其於需要極堅韌之鋼時(自動車各部之鋼)用之。其化合物用作攝影術之顯影藥, 染料工業中之觸媒劑(煕硃黑)^④玻璃顏料及媒染劑等。

鉬^⑤之化合物用作陶器顏料, 又用於染絲, 毛, 皮革。鉬酸鈣^⑥為分析磷酸鹽之重要試藥。鉬鐵齊^⑦用於製鋼合金, 但視廉值之鑄鐵齊似無優處。

鎢^⑧之化合物製出頗多。鎢經查悉可抽成極細之絲(0.3耗), 此種絲現廣用於白熱燈之細絲以代炭(圖 212), 其熔點極高(3000°), 其發一定燭光之光耗電甚少, 鎢燈之效力幾三倍於舊式(炭絲)之燈。鎢現代鉑用於電開關機之接觸片, 電話之振板,^⑨ 自動車之振動器,^⑩ 推廣甚速。鎢鐵齊用於製特種鋼, 以造車床工具, 因此種鋼可熱至灼赤仍不失其硬度也。

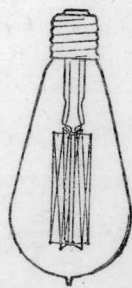


圖 212. 鎢燈。

鎢之化合物, 用於製造防火布, 又用於油漆及陶器之顏料, 並充媒染劑。

硒^⑪為硫族之元素, 精鍊銅時由副產物中得之。硒於

① Vanadium ② Peru ③ Ferrovandium ④ Aniline black
 ⑤ Molybdenum ⑥ Ammonium molybdate ⑦ Ferromolybdenum
 ⑧ Tungsten ⑨ Jack ⑩ Vibrator ⑪ Selenium

原书缺页

原书缺页

排列相當，自無疑義，故結晶體以組織言，猶軍械廠中之砲彈堆也。準是思索，可知結晶之各種性質，如硬度，強度，折光及熱與電之傳導性等，均隨晶體內之方向而互異。結晶體亦以一定之方向分裂成平面。此等排列之中有一種較別種為穩固，故有種物質往往有二種之結晶形，當其由一種變成另一種時，同時常起能之變化。玻璃等物體，可琢之磨之使與結晶體完全同形，然實際決非真正之結晶明甚，蓋因其無結晶之組織也。

851. 晶結體乃物質之特性。

大概在同樣壓力溫度之下，一種物質常成同系之結晶，而其軸長之比與傾斜之角度均相同也。然實際之結晶形，可頗不同。例如晶形可為正方體或八面體，而此二者屬於同軸。在不同之溫度壓力之下，一物質可成二種晶形屬於全然不同之晶系，亦不罕見，此謂之同質二形體^①。例如物質凍結可成一形，而由溶液沈積時又可成一形。同質三形體亦已有查悉。若凡二物質結晶成同形體，且其軸之斜度相等，軸長之比亦同者，稱為異質同形體^②。

852. 結晶之生長。

物質開始結晶時，常有許多小晶體幾乎同時生成。此等小晶體增大，若使溫度壓力適宜，則可成極大之結晶。結晶體之徐徐生長，利於成大晶體，而急速結晶，常成許多之小晶體。晶體常與其液體平衡，即有若干分子由晶體溶解於溶液，而別分子則由溶液附積於晶體。故不完全之結晶恆可不變重量而變成完全之形。

① Dimorphous ② Isomorphous.

附 表

於數種溫度下之水蒸氣之張力以水銀柱之耗數表之

| 溫度 | 壓力 | 溫度 | 壓力 |
|----------|-------|-----------|--------|
| 0°..... | 4.6 | 21°..... | 18.62 |
| 16°..... | 13.62 | 22°..... | 19.79 |
| 17°..... | 14.4 | 23°..... | 21.02 |
| 18°..... | 15.46 | 24°..... | 22.32 |
| 19°..... | 16.45 | 25°..... | 23.69 |
| 20°..... | 17.51 | 100°..... | 760.00 |

在標準溫壓下各種氣體一呎之重以克表之,及其壓力
760耗時之沸點

| 名稱 | 一呎之重 | 沸點 | 名稱 | 一呎之重 | 沸點 |
|-----------|---------|---------|------------|--------|---------|
| 乙炔..... | 1.1621 | -83.8° | 氯化氫..... | 1.6398 | -82.9° |
| 空氣..... | 1.2928 | | 氟化氫..... | 0.893 | +19.4° |
| 酒精..... | 0.7708 | -33.5° | 硫化二氫..... | 1.5392 | -61.6° |
| 氫..... | 1.7809 | -186.0° | 液氣..... | 0.7168 | -164.0° |
| 二氧化碳..... | 1.9768 | -78.2° | 一氧化氮..... | 1.3402 | -153.0° |
| 一氧化碳..... | 1.2504 | -190.0° | 液氣..... | 1.2507 | -105.7° |
| 綠氣..... | 3.1674 | -33.6° | 一氧化二氮..... | 1.0777 | -89.8° |
| 氮..... | 0.1782 | -268.7° | 養氣..... | 1.4290 | -182.9° |
| 輕氣..... | 0.08987 | -252.7° | 二氧化硫..... | 2.9266 | -10.1° |

幾種元素之密度及熔點

| 名稱 | 密度 | 熔點 | 名稱 | 密度 | 熔點 |
|-------------|-------|----------|---------------|--------|---------|
| 鉛..... | 2.65 | 658.7° | 鎂..... | 1.74 | 651.0° |
| 銻..... | 6.52 | 630.0° | 錳..... | 7.39 | 1260.0° |
| 砷..... | 5.73 | 850.0° | 銻..... | 13.569 | -38.9° |
| 鉍..... | 9.80 | 271.0° | 鎳..... | 8.9 | 1452.0° |
| 鈣..... | 1.55 | 810.0° | 磷..... | 1.83 | 44.0° |
| 碳, 金剛石..... | 3.52 | | 鉑..... | 21.50 | 1755.0° |
| 碳, 石墨..... | 2.30 | >3600.0° | 鉀..... | 0.862 | 62.3° |
| 銻..... | 6.50 | 1520.0° | 硅..... | 2.3 | 1420.0° |
| 鈷..... | 8.6 | 1480.0° | 銀..... | 10.5 | 960.5° |
| 銅..... | 8.93 | 1083.0° | 鈉..... | 0.97 | 97.5° |
| 金..... | 19.32 | 1063.0° | 碲, (菱形碲)..... | 2.06 | 112.8° |
| 鐵..... | 7.86 | 1530.0° | 錫..... | 7.29 | 231.9° |
| 鉛..... | 11.37 | 327.4° | 銻..... | 7.10 | 419.4° |

數種氣體對於水之溶解度

| 氣體之名 | 在 0° 及 76° 耗之水一呎所吸 收之容積 |
|-----------|----------------------------|
| 硝酸..... | 1298.9 呎 |
| 氯化氫..... | 506.0 呎 |
| 二氧化硫..... | 79.79 呎 |
| 硫化二氫..... | 4.37 呎 |
| 二氧化碳..... | 1.713 呎 |
| 養氣..... | 0.0496 呎 |
| 輕氣..... | 0.0214 呎 |
| 淡氣..... | 0.0233 呎 |

數種固體溶解度表

| 物 | 程 式 | 水 100 c.c. 所 溶 解 之 重 量 其 溫 度 為 | | |
|---------|---------------------|--------------------------------|---------|---------|
| | | 0° | 20° | 100° |
| 氯 化 鈣 | CaCl ₂ | 59.5 克 | 74.5 克 | 159.0 克 |
| 氯 化 鈉 | NaCl | 35.70 克 | 36.0 克 | 39.80 克 |
| 硝 酸 鉀 | KNO ₃ | 13.30 克 | 31.6 克 | 246.0 克 |
| 硫 酸 銅 | CuSO ₄ | 14.30 克 | 21.7 克 | 75.4 克 |
| 硫 酸 鈣 | CaSO ₄ | 0.759 克 | 0.203 克 | 0.203 克 |
| 氫 氧 化 鈣 | Ca(OH) ₂ | 0.185 克 | 0.165 克 | 0.077 克 |

普通單位與十進制單位之關係

$$1 \text{ 磅 (金 衡)} = 373.24 \text{ 克}$$

$$1 \text{ 磅 (常 衡)} = 453.59 \text{ 克}$$

$$1 \text{ 溫 司 (衡 常)} = 28.35 \text{ 克}$$

$$1 \text{ 美 夸 } \textcircled{1} = 0.946 \text{ 呎}$$

$$1 \text{ 呎} = 1.056 \text{ 美 夸}$$

$$1 \text{ 米} = 39.37 \text{ 吋}$$

$$1 \text{ 裡} = \text{約 } \frac{2}{5} \text{ 吋}$$

$$1 \text{ 瓦} = \text{約 } 2\frac{1}{5} \text{ 磅 (常 衡)}$$

① Quart

索引

. 酸類均列“酸”下，鹽類列陽根下。

一 畫

- 一氫磷酸鹽, Monohydrogen phosphate, 371
- 一價元素, Univalent element, 204
- 一縮二鉻酸鹽, Dichromate, 564
 - 性質及用途, properties and uses, 565
 - 氧化作用, oxidizing action of, 566
- 一縮原磷酸鹽, Orthophosphates, 370
- 乙炔, Acetylene, 316
- 乙烷, Ethane, 310
- 乙烯, Ethylene, 322
- 乙基, Ethyl, 346
- 乙醇, Ethyl alcohol, 346
- 乙醯纖維素, Acetyl cellulose, 343

二 畫

- 二價元素, Bivalent element, 204
- 人造絲, Artificial silk, 343
- 人造剛玉砂, Alundum, 483
- 人造寶石, Artificial gems, 483
- 人體之平均組成, Average composition of human body, 19
- 丁烷, Butane, 310

三 畫

- 三合土, Morlar, 452
- 三硝基甲烴, Trinitrotoluene, 445
- 三氯甲烷(迷蒙精), Chloroform, 315
- 三價元素, Trivalent element, 204
- 三碘甲烷(黃碘), Iodoform, 286, 315

- 大氣, Atmosphere, 141
- 大理石, Marble, 454
- 大藻, Giant algae, 431
- 土質, Earthy matter, 500
- 土加灰, Liming soils, 464
- 上等膠, Gelatine, 408
- 己烷, Hexane, 310

四 畫

- 中和, Neutralization, 190
 - 定量作用, a definite act, 192
 - 熱, heat of, 192
- 王水, *Aque regia*, 224
- 天青石, Celestite, 460
- 木炭, Charcoal, 125
- 木醇, Wood alcohol, 346
- 天然氣, Natural gas, 323
- 水, Water, 67
 - 水中之微生物, micro-organisms in, 68
 - 化學行爲, chemical conduct 74
 - 分析, analysis, 75
 - 天然水之成分, composition of, natural, 67
 - 杜馬氏之水之合成, Dumas's synthesis of, 79
 - 所在, occurrence of, 66
 - 性質, properties of, 73
 - 淨, purification of, 70
 - 自淨, self, 73
 - 臭氧, by ozone, 119
 - 氯, by chlorine, 174
 - 煮, by boiling, 72
 - 過濾, by filtration, 72

水, 組成, composition of, 77
 組成熱, heat of formation of, 103
 硬, hard, 67, 456
 久硬, permanent hardness of, 456
 暫硬, temporary hardness of, 456
 電分解, electrical decomposition of, 16
 電解, electrolysis, 164
 與衛生, and health, 68
 過濾, filtration of, 72
 精確組成, exact composition of, 75
 蒸餾, distillation of, 70
 蒸餾水, distilled, 70
 摩黎氏之水之合成, Morley's synthesis of, 79
 衛生分析, sanitary analysis of, 69
 礦, mineral 67
 礦物分析, mineral analysis of, 69
 穢質之檢查, detection of impurities in, 69
 體積組成, composition of, by volume, 80
 水母, Water former, 38
 水泥, Cement, 493
 水溶體, Hydrosol, 404
 水煤氣, Water gas, 321
 水蒸氣壓力, Vapor pressure, 59
 表, table of, 596
 修正, correction for, 59
 液體, of liquids, 109
 測定, measurement of, 61
 水凝體, Hydrogel, 404
 水礬土礦, Bauxite, 479, 486
 火柴, Match, 367
 火酒, Alcohol, 346
 火焰, Flames, 324
 必須之條件, conditions necessary for, 327
 亮光, luminosity of, 330
 液體或固體所發, from liquids or solids, 327
 氧化, oxidizing, 331
 溫度, temperature of, 331

火焰, 氣體對於火焰之關係, relation of gases to, 324
 構造, structure of, 323
 簡單, simple, 328
 複雜, complex, 329
 還原, reducing, 331
 火藥, Gun powder, 444
 無煙, smokeless, 445
 黑, black, 444
 元素, Elements, 15
 人生之主要, essential to life, 19
 分布, distribution of, 18
 分類, classification of, 266
 正電, electropositive, 209
 成酸金屬, metallo-acid, 557
 名, names of, 18
 所在, occurrence of, 17
 符號, symbols of, 17
 物理的狀態, physical state of, 17
 負電, electronegative, 209
 化合物, Chemical compound, 14
 化合量, Combining weights, 88
 定律, law of, 90
 標準, standards for, 89
 化學之範圍, Domain of chemistry, 22
 化學行爲, Chemical conduct, 15
 化學的親和力, Chemical affinity, 15
 化學與物理學之關係, Relation of chemistry to physics, 1
 反射爐, Reverberatory furnace, 523
 反應, Reaction,
 可逆, reversible, 233
 吸熱, endothermic, 50
 定義, definition of, 14
 速度, speed of, 230
 溶液中諸反應之完成, completion of, in solution, 235
 焰色, flame, 437
 熱, heat of, 103
 發熱, exothermic, 50
 關於速度之要因, factors affecting speed of, 230
 分子, Molecule, 62

分子量, Molecular weights, 292
 由一坩之重量定, from weight of one liter, 297
 測定, determination of, 298
 分液漏斗, Separatory funnel, 169
 分析法, Method of analysis, 75
 方程式, Equations, 100
 分子, molecular, 101
 及氣體之體積, and volumes of gases, 31
 本於方程式之諸問題, problems based on, 104
 方解石, Calcite, 453
 方鉛礦, Galenite, 546
 方鉛礦, Zinc blend, 471
 巴黎石膏, Plaster of Paris, 455
 巴黎綠, Paris green, 377
 月腐蝕劑, Lunar caustic, 536
 牛酪脂肪, Butter fat, 358

五 畫

四價元素, Quadrivalent element, 204
 玉髓, Chalcedony, 390
 左旋糖, Levulose, 339
 右旋糖, Dextrose, 339
 平衡, Equilibrium, 233
 質量對於平衡之效能, effect of mass upon, 234
 溶液中, in solution, 234
 自克來, Bakelite, 351
 白苦土, Magnesia alba, 469
 白瓷, White pottery, 492
 白雲石, Dolomite, 469
 白雲石灰石, Dolomitic limestone 469
 白彌氏金, Babbitt metal, 383
 白熱, Incandescence, 32
 白寶石, White sapphire, 483
 白繪料, Lithophone, 475
 白鐵, Pewter, 543
 生酒石, Argol, 356
 生銑, Spelter, 472
 加水分解, Hydrolysis, 237

印模金, Type metal, 383
 本生, Bunsen, 419
 本生燈, Bunsen burner, 327
 本晶 Benzine, 313
 卡特法, Caster's process, 551
 卡路里(卡), Calorie (cal.), 8
 卡路里計, Calorimeter, 8
 炸彈, bomb, 334
 甲烷, Methane, 314
 甲基, Methyl, 346
 甲烴, Toluene, 50, 311
 甲烴醇, Cresol, 351
 甲醛, Formoldehyde, 346
 甲醇, Methyl alcohol, 346
 丙醇, Propane, 310
 丙基, Propyl, 346
 丙酮, Acetone, 316
 戊醇, Amyl alcohol, 81
 戊烷, Pentane, 310
 玉蜀黍油, Corn oil, 342
 玉蜀黍漿, Corn sirup, 340
 石灰, Lime, 450
 生, quick, 450
 活, live, 450
 消, slaked, 451
 氮, nitrogen, 458
 氯化石灰, chloride, 170, 152
 過磷酸石灰, superphosphate of, 463
 石灰水, Limewater, 452
 石灰石, Limestone, 453
 石灰光, Lime light, 450
 石灰窯, Limekiln, 451
 石英, Quartz, 390
 石棉, Asbestos, 471, 491
 石膏, Gypsum, 453
 石墨, Graphite, 123
 石蠟, Paraffin, 310
 石鹼, Soap, 310
 成分, composition of, 440
 性質, properties of, 442
 淨穢作用, cleansing action of, 443
 種類, varieties, 442
 製備, manufacture, 441

. 酸類均列“酸”下, 鹽類列陽根下。

石鹼石, Soap stone, 471
 石鹼粉, Soap powder, 442
 甘油, Glycerin, 440
 硝化甘油, nitro-, 440
 硝酸甘油, Nitrate, 443
 甘油根, Glyceryl radical, 357
 甘錄, Calomel, 532

六 畫

合成法, Method of synthesis, 75
 式, Formulas, 97
 由百分組成, from percentage composition, 97
 由原子價, from valence, 205
 構造, structural, 207
 式量, Formula weight, 100
 同素異性體, Allotropic form, 117
 同質二形, Dimorphous, 595
 灰, Ash, 125
 灰泥, Plaster, 454
 灰塊, Clinker, 494
 冰州石, Icelandspar, 454
 冰晶石, Cryolite, 479
 次氯酸鹽, Hypochlorites, 280
 尖玉石, Spinel, 484
 有機物之腐爛, Decay of organic matter, 144
 地殼之組成, Composition of the earth's crust, 19
 成酸元素, Acid forming elements, 441
 安全燈, Safty lamp, 315
 扣子片, Buckle, 551
 自燃, Spontaneous combustion 33

七 畫

克分子量, Gram molecular weight, 100
 克分子體積, Gram molecular volume, 298
 作用, Action,

作用, 化學, chemical, 14
 質量, mass, 231
 利比喜氏, Liebig, 363
 利比喜氏凝集器, Liebig's condenser, 70
 含水物, Hydrates, 74
 冶金術, Metallurgy, 412
 坏, The body of ware, 492
 坑氣, Fire damp, 314
 均質, Homogeneous, 150
 抗爐, Resistance furnace, 335
 汽化機, Carburetor, 64
 沙流, Sand blast, 281
 沉澱白堊, Precipitated chalk, 454
 沉澱色質, Lake, 485
 辰砂, Cinnabar, 530
 芒硝, Gluber's salt, 423
 防腐劑, Preservative, 350
 赤茶, Venetian red, 510
 赤瓷裝飾, Terra-cotta trimings, 495
 赤鉛礦, Crocoite, 381
 赤鋅礦, Zincite, 471
 赤鐵礦, Hematite, 510

八 畫

乳濁液, Emulsion, 408
 乳漿, Whey, 340
 乳糖, Lactose, 339
 乳酸酵, Lactic fermentation, 340
 亞勒組氏, Arrhenius, 159
 亞硝基, Nitrosyl, 256
 亞硝酸酐, Nitrous anhydride, 225
 亞硝酸鹽, Nitrite, 224
 亞硫酸鹽, Sulfites, 252
 亞銅化合物, Cuprous compounds, 526
 一氧化二銅, oxide, 526
 一氯化銅, chloride, 527
 亞錄化合物, Mercurous compounds, 532
 一氯化錄, chloride, 532
 硝酸亞錄, nitrate, 533

*. * 酸類均列“酸”下, 鹽類列陽根下。

硫酸亞錫, sulfate, 533
 亞錫化合物, Stannous compounds, 445
 一硫化錫, sulphide, 546
 二氯化錫, chloride, 545
 亞錳化合物, Manganous compounds, 558
 一硫化錳, sulfide, 558
 二氯化錳, chloride, 558
 二氫氧硫酸, hydroxide, 558
 碳酸亞錳, carbonate, 558
 硫酸亞錳, sulfate, 558
 亞鐵化合物, Ferrous compounds, 511
 一硫化鐵, sulphide, 511
 碳酸亞鐵, carbonate, 512
 硫酸亞鐵, sulphate, 511
 亞鐵鹽類, Ferrous salts, 510
 氧化, Oxidization of, 514
 兩性, Amphoteric, 379
 空氣, Air, 141
 中之水蒸氣, water vapor in, 142
 中之成分爲生命所必須者, constituents of, essential to life, 142
 不潔, impure, 146
 成分, Composition of, 141
 成分更改之方法, processes to change constancy of, 144
 分析, analysis, 143
 液體, liquid, 148
 爲混合物, a mixture, 145
 組成不變, constancy of, 145
 淡氣測定, nitrogen in, 143
 養氣測定, oxygen in, 143
 空氣消和, Air slaked, 450
 定律, Law,
 化合量, of combining weight, 90
 在科學上之意義, meaning of, in science, 61
 拉烏爾氏, of Raoults, 298
 波義耳氏, of Boyle, 154
 亨利氏, of Henry, 152
 物質常住, of the conservation of matter, 10

定律, 倍比, of multiple proportion 85
 查理氏, Charles, 56
 氣體之, the gases, 53
 能常住, of conservation of energy, 6
 組成不變, of definite composition, 36, 81
 給呂薩克氏, Gay-Lussac, 56, 293
 週期, periodic, 296
 體積化合, of combining volumes, 293
 居禮氏, Curie, 571
 固體, Solids, 113
 結晶狀, crystalline, 114
 定義, definition, 108
 溶液, solution of, 153
 蒸發, evaporation, 108
 無定形, amorphous, 114
 帕克斯法, Parkes process, 541
 岩磷鹽, Rock phosphates, 371
 味勒氏, Wohler, 479
 底質, Body, 552
 性質, Properties of, 9
 定義, definition, 9
 放能射, Radioactivity 570
 放射線, Rays, 572
 α 線, alpha, 572
 β 線, beta, 572
 γ 線, gamma, 572
 X, 線 X, 572
 放射線攝影, Radiograph, 570
 沼氣, Marsh gas, 314
 昇錫, Corrosive sublimate, 582
 法國白堊, French chalk, 471
 泡沫, Effervescence, 131
 波特蘭, Portland, 493
 波義耳氏, Boyle, 53
 波爾多混合物, Bordeaux mixture, 528
 油脂, Olein, 357
 油煙, Lamp black, 125
 油漆, Paint, 502
 油類, Oils, 357
 崩解, cracking of, 314

油類, 變油爲固體脂肪, change, into solid fats, 358
 沸點, Boiling point, 109
 溶液之, of solution, 158
 阿飛孫, Arfvedsjon, 418
 阿蘇特, Azote, 133
 弧爐, Arc furnace, 335
 武德金, Wood's metal, 384
 林得之空氣液化機, Lind liquid air machine, 112
 松節油, Turpentine, 171
 明礬, Alums, 486
 鉀, potassium, 486
 鉀鉻, potassium, chrome, 486
 銨, ammonium, 486
 銨鐵, ammonium iron, 486
 肥料, Fertilizers, 447
 物質, Matter, 5
 及其性質, and its properties, 9
 狀態, states of, 108
 常住之定律, law of conservation of, 10
 種類, varieties of, 5
 與能, and energy, 5
 花崗岩, Granite, 393
 花紺青, Smalt, 519
 附錄, Appendix, 593
 金, Gold, 84
 化合物, compounds of, 587
 由銅收回, recovery of, from copper, 525
 愚人金, fool's, 511
 開採, mining of, 585
 精鍊, refining of, 586
 膠狀體, colloidal, 405
 金屬, Metals, 180, 266, 411
 天然間金屬之所在, occurrence of, in nature, 412
 代合物之製備, preparation of compounds of, 414
 定義, Definition of, 414
 性質, properties of, 411
 提煉, extraction of, 412

金紅石, Rutile, 398, 590
 金剛石, Diamond, 122
 金剛砂, Carborundum, 389
 非金屬, Nonmetals, 180
 長石, Feldspar, 393
 青銅, Bronze, 526

九 畫

保險火柴, Safty match, 367
 勃克倫及埃第法, Birkland and Eyde process, 220
 封蠟, Ceresin, 280
 庚烷, Heptane, 310
 碳酸錒礦, Strontianite, 460
 碳酸鹽, Carbonate, 308
 哈保法, Haber process, 214
 指示劑, Indicator, 188
 急劇化合, Stantaneous combination, 46
 柏子法, Bettés process, 46
 相對濕度, Relative humidity, 109
 查理馬丁荷爾, Charles Martin Hall, 460
 毒重石, Witherite, 460
 玻璃, Glass, 394
 水, water, 394
 乳, milky, 397
 紅, ruby, 397
 着色, coloring of, 396
 型及吹, molding and blowing of, 396
 玻璃狀磚, Vitrified brick, 492
 炸藥, Dynamite, 445
 氟, Fluorine, 277
 氟化物, Fluorides, 280
 苦土, Magnesia, 468
 白, alba, 467
 煨製, Usta, 468
 輝銻礦, Stibnite, 377
 紅銅礦, Cuprite, 526
 紅寶石, Ruby, 483
 重礮基, Hydrazine, 212
 重晶石, Barite, 460

負電, Electronegative, 209
 負觸媒劑, Negative catalyser, 494
 閃光, Flash light, 468
 食物, Foods, 359
 中之煤焦油化合物, coa-tar compounds in, 351
 漂白, bleaching of, 173
 馬許氏試砷法, Mrrsh's test for arsenic, 375
 馬口鐵, Tin plant, 542

十 畫

剛玉石, Corundum, 479
 剛玉砂, Emery, 479
 原子, Atoms, 91
 置換力, replacing power of, 206
 原子價, Valence, 203
 成因, causes of, 208
 定義, definition of, 203
 表, table of, 209
 標準, standarts for, 204
 種類, variety in, 203
 與分子之構造, and structure of molecular, 206
 變, variable, 206
 原子量, Atomic weight, 94
 由化合量選定, from combining weights, 299
 測定之手續, steps in determining 269
 與元素性質之關係, relation of properties of elements, 267
 精確測定, accurate determination of, 300
 原子論, Atomic theory, 91
 原物質, Elements substance, 16
 密佻僧, Litharge, 549
 哥德士密特氏, Goldschmidt, 413
 哲學家之石, Philosophers stone, 363
 消和, Slaking, 450
 海泡石, Meerschaum, 471, 491
 酒石乳, Cream of tartar, 356

酒精, Alcohol, 346
 純粹, absolute, 348
 變性, denatured, 348
 酒精發酵, Alcoholic fermentation, 347
 根, Radicals, 198
 置換力, replacing power of, 206
 價, valence of, 205
 根汁啤酒, Root beer, 352
 茜素, Alizarin, 350
 氣化熱, Heat of vaporization, 110
 氣油, Gasoline, 310
 氣體, Gases, 108
 定義, definition of, 108
 液化, liquefaction of, 111
 溶於液體中之溶液, solution of, in liquids, 151
 氣體地帶, Gas field,
 氧, Oxygen, 24
 化學行爲, chemical conduct of, 29
 由二氧化二鈉製, preparation of, from sodium peroxide, 27
 由二氧化錒製取, preparation from mecurical oxide, 25
 由水製, preparation of, from water, 25
 由空氣中製, preparation of, from air, 28
 由氯酸鉀製, preparation of, from potassium chlorate, 26
 所在, occurrence of, 24
 空氣中氧之測定, determination of, in air, 143
 性質, properties of, 29
 爲分子量之標準, as standard for molecular weight, 295
 實驗室內氧之製取, preparation of, in laboratory, 27
 製備, preparation of, 102
 歷史, historical, 24
 氧化, Oxidation, 31
 生成物, products of, 31
 定義, definition of, 31

氧化, 與燃燒, and combustion, 32
 與還原之關係, relation of, to reduction, 48
 氧化物, Oxides, 31
 氧炔吹管, Oxyacetylene blowpipe, 317
 氦, Helium, 139, 572
 破壞蒸餾, Destructive distillation, 126
 脂肪酸系, Fat-acid series, 354
 脆鋼, Cementite, 498
 砷, Arsenic, 373
 三氧化二砷, arsenic trioxide, 375
 硫化物, sulphide, 377
 砷化三氫, Arsine, 374
 索迪, Soddy, 576
 索爾未法, Solvay process, 425
 笑氣, Laughing gas, 226
 能, Energy, 5
 化, chemical, 7
 常住, conservation of, 6
 測量, measurement, 8
 與物質, and matter, 5
 變形, transformation, 6
 酞, Anhydride, 228
 亞硫酞, sulfurous, 248
 硅酞, silicic, 392
 硫酞, sulfuric, 258
 鉻酞, chromic, 567
 磷酞, phosphoric, 367
 鈳, Ruthenium, 579
 骨灰, Bone ash, 459
 骨炭, Bone black, 125
 射氣, Emanation, 577
 迴轉爐, Converter, 524

十 一 畫

假象牙, Celluloid, 343
 副產物, By-products, 426
 副產焦作爐, By-product coke oven, 321
 康甸衰, Condensite, 351

崩解, Cracking, 314
 乾燥劑, Dryer, 552
 高錳酸鹽, Permanganate, 559
 高嶺土, Kaolin, 393, 491
 接觸劑, Catalytic agents, 27
 液媒, Liquid medium, 552
 液體, Liquids, 108
 定義, definition of, 108
 過度冷卻, undercool, 114
 蒸氣壓力, vapor pressure of, 109
 混合物, Mixture, 20
 混凝土, Concrete, 495
 混攪機, Crutcher, 442
 淨鋼劑, Steel purifiers, 509
 張伯倫巴士特之濾器, Chamberlain-Pasteur filter, 72
 啓普發生器, Kipp apparatus, 42
 乾酪, Cheese, 339
 乾酪素, Casein, 339
 烷系, Methane series, 310
 氫, Hydrogen, 39
 化學行爲, chemical conduct, 44
 由水製, preparation of, from water, 39
 由酸製, preparation of, from acid, 41
 用途, uses of, 51
 性質, properties, 43
 商用製法, commercial preparation, 43
 爲原子價之標準, standard for valence, 204
 製備, preparation of, 102
 氫之化合物, Hydrogen compounds,
 二氧化二氫, peroxide, 82
 製備, preparation of, 83
 氟化氫, fluoride, 279
 硫化氫, sulphide, 44
 硝酸氫, nitrate, 222
 硫酸氫, sulphate, 258
 氯化氫, chloride, 44, 171, 175
 成分, composition of, 177
 溶解度, solubility of, 177

*** 酸類均列“酸”下, 鹽類列陽根下。

氫，碘化氫，ionide, 286
 腈化氫，cyanide, 309
 氫氧離子，Hydroxyl-ion, 190
 氫氧化物，hydroxide, 198
 氫氧吹管，Oxyhydrogen blowpipe, 49,
 理論，Theory, 62
 原子，atomic, 91
 組成，forming a, 62
 價值，value of a, 63
 運動，kinetic, 53, 62
 電離，ionization, 159
 造鹽素，Halogen, 276
 礆精，Ammonia, 212
 化學行爲，chemical conduct, 215
 用途，uses of, 217
 由空氣製，preparation of, from air, 488
 成分，composition of, 217
 性質，properties of, 214
 造冰，manufacture of ice, 112
 製造，preparation of, 217
 礆精水，Aqua ammonia, 216
 礆精液，Ammonical liquor, 214, 320
 礆腈化物，Cyanamide, 458
 礆鹽，Ammonia salt, 259
 硒，Selenium, 262, 591
 硅，Silicon, 386
 硅之化合物，Silicon compounds,
 二氧化硅，dioxide, 390
 氟化硅，tetrafluoride, 280
 硅化物，Silicides, 388
 硅灰石，Wollastonite, 393
 硅酸鋅礦，Willemite, 471
 硅酸鹽，Silicates, 392
 硅藻土，Infusorial earth, 391
 異性同分，Isomeric, 338
 黃玉，Topaz, 483
 黃碘，Iodoform, 286
 黃銅，Brass, 526
 黃銅礦，Chalcopyrite, 523
 黃鐵礦，Pyrite, 511
 黃寶石，Yellow sapphire, 438

符號，Symbol, 17
 量，weight, 100
 組成不變之定律，Law of definite composition, 35, 81
 粗瓷，Bisque, 492
 蛋白石，Opal, 390
 蛇紋石，Serpentine, 471, 491
 鈾，Thorium, 554
 放射能，radioactivity, 574
 蛻變之次序，disintegration series for, 574
 軟脂，Palmitin, 357
 軟錳礦，Pysolusite, 557
 軟鐵，Soft solder, 543
 鈦，Vanadium, 59
 鈦鐵齊，Ferrovanadium, 59
 開，Carat, 122
 麥芽，Malt, 348
 麥醋，Malt vinegar, 356
 鹿角精，Spirit of hartshorn, 212

十二畫

媒染劑，Mordant, 485
 麻醉劑，Anesthetic, 226
 強燬，Temper, 507
 強蘋果酒，Hard cider, 355
 鼓風燈，Blast lamp, 50
 意利金，Illium, 583
 愚人金，Fool's gold, 511
 揮發油，Naphthas, 313
 揮發質，Volatile matter, 125
 減摩油，Lubricating oil, 313
 溫度，Temperature,
 絕對，absolute scale of, 56
 着火，kindling, 33
 臨界，critical, 111
 關於反應速度，effect of, on speed of reaction, 230
 體積因溫度而改變，variation of volume with, 55
 晶軸，Axes, 593

普通煤油, Ordinary kerosene, 313
 普魯士藍, Prussian blue, 516
 量, Weight,
 化合, combining, 59
 式, formula, 100
 克分子, gram-molecular, 100
 克原子, gram-atomic, 100
 原子, atomic, 94
 符號, symbol, 100
 發生爐煤氣, Producer gas, 322
 發熱反應, Exthermic reaction, 50
 發熱量, Calorific value, 334
 發鬆劑, Aerating agent, 487
 棉火藥, Gun-cotton, 343
 煮沸, Boiling, 72
 焦油腦, Naphthaline, 350
 焦炭, Coke, 320
 焦糖, Caramel, 339
 焙用粉, Baking powder, 487
 明礬, alum, 488
 酒石乳, cream of tartar, 488
 輪, Benzene, 311, 350
 輪系, Benzene series, 310
 輪礮, Aniline, 351
 輪礮黑, Aniline black, 591
 輪醇, Phenol, 351
 斑銅礦, Bornite, 523
 稀有土族, Rare earth, 589
 菓凍, Jelly, 341
 菓漿, Jam, 341
 無定形固體, Amorphous solids, 114
 瑛瑯, Enamel, 397
 週期分類法, Periodic classification, 268
 週期表, Periodic table, 270
 週期律, Periodic law, 269
 價值, value of, 273
 週期族, Periodic families, 271
 週期類, Periodic group, 271
 氡, Radon (Niton), 139, 572
 氬, Argon, 139
 氮, Nitrogen, 133
 化學行爲, chemical conduct, 136

氮, 由空氣製取, preparation of, from air, 134
 由氮之化合物製取, preparation of, from compounds, 135
 性質, properties of, 136
 與植物之同化, assimilation of, by plants, 137
 氧化物, oxides of, 225
 一氧化氮, nitric oxide, 226
 二氧化氮, nitrogen oxide, 227
 四氧化二氮, nitrogen tetroxide, 228
 氮化物, Nitride, 136, 215
 氯, Chlorine, 167
 所在, occurrence of, 167
 性質, properties of, 170
 殺菌作用, action as germicide, 173
 與水之作用, action of, on water, 172
 與松節油之作用, action of, on turpentine, 171
 漂白作用, bleaching action, 182
 對於氫之作用, action of, on hydrogen, 171
 對於氫之化合物之作用, action of, on compounds of hydrogen, 171
 對於氫以外諸元素之作用, action on elements other than hydrogen, 171
 製法, preparation of, 167
 氯化物, Chlorides, 288
 定義, definition of, 171
 氯化石灰, Of lime, 170
 氯化硫基質, Sulphuryl, 302
 氯化碳基質, carbonyl, 306
 氯酸鹽, Chlorates, 289
 硬煨, Hardening, 507
 硬鐵鈎, Hard soldering, 543
 硬脂, Stearin, 357
 硫, Sulphur, 239
 化學行爲, chemical conduct of, 243
 所在, occurrence of, 239

*. * 酸類均列“酸”下, 鹽類列陽根下。

硫, 採取, extraction of, 240
 氧化物, oxides of, 248
 棒, roll, 240
 單斜晶形, monoclinic, 242
 菱形, rhombic, 241
 華, flowers of, 240
 無定形, amorphous, 242
 彈性, plastic, 243
 種類, varieties of, 241
 硫化物, Sulphides, 247
 三, tri-, 379
 五, penta-, 379
 不溶解, insoluble, 247
 可溶解, soluble, 247
 砷鐵礦, arsenopyrite, 372
 硫鋅礦, Sphalerite, 475
 硝石, Saltpeter, 433
 智利, Chile, 427
 硝化纖維, Nitrocellulose, 343, 445
 硝基烴, Nitrobenzene, 351
 硝酸鹽, Nitrate, 224
 皓礬, White vitrol 474
 着色物質, Coloring matter, 552
 稀土族, Rare earth, 478
 膠體, Colloid, 403
 及工業, and the industries, 408
 及加水分解, and hydrolysis, 406
 本性, nature of, 407
 膠結, coagulation of, 404
 菱苦土礦, Magnesite, 469
 菱錳礦, Smithonite, 471
 結晶法, Methods of crystallization, 156
 結晶狀, Crystalline, 114
 結晶學, Crystallography, 593
 系, system of, 594
 結晶體, Crystals, 116
 生長, growth of, 595
 構造, structure of, 594
 給柏, Geber, 218
 給呂薩克氏, Gay-Lussac, 56
 給呂薩克之定律, Law of Gay-Lussac, 57

絕對溫度計, Scale of absolute temperature, 56
 絕對零度, Absolute zero point, 56
 釉藥, Glaze, 493
 絲光棉, Mercerized cotton, 351
 菱鐵礦, Siderite, 512
 鈉, Sodium, 180
 一硫磺酸鈉, thiosulfate, 424
 一縮二鈉酸鈉, digranate, 569
 一縮二鉻酸鈉, pyrochromate, 565
 二氧化二鈉, peroxide, 421
 次硫磺酸鈉, hyposulfate, 424
 次氯酸鈉, hypochlorite, 429
 安息酸鈉, benzoate, 350, 351
 亞鐵氰化鈉, ferrocyanide, 515
 碳酸鈉, carbonate, 424
 碳酸氫鈉, hydrogen carbonate, 427
 重亞硫磺酸鈉, bisulfite, 423
 硫基鈉, sodamide, 428
 氫氧化鈉, hydroxide, 198
 氯化鈉, chloride, 421
 氯酸鈉, chlorate, 429
 硫酸鈉, sulfate, 423
 硫酸氫鈉, hydrogen sulfate, 176
 硝酸鈉, nitrate, 427
 溴化鈉, bromide, 423
 碘化鈉, iodide, 423
 腈化鈉, cyanide, 428
 磷酸氫二鈉, disodium phosphate, 428
 磷酸二氫鈉, dihydrogen phosphate, 370
 鈉之亞硫磺酸鹽, Sulfites of sodium, 423
 鈣, Calcium, 448
 一氧化鈣, oxide, 449
 二碳化鈣, carbide, 457
 二氟化鈣, fluoride, 460
 二氯化鈣, chloride, 459
 二磷化三鈣, phosphide, 367
 正磷酸鈣, normal phosphate, 459
 碳酸鈣, carbonate, 453

鈣, 矽酸鈣, silicates, 460
 氫氧化鈣, hydroxide, 451
 二氧化碳對氫氧化鈣之作用, action of carbon dioxide on, 308
 腈肅化鈣, cyanamide, 58
 硫化鈣, sulfides, 465
 硫酸鈣, sulfate, 455
 酸式亞硫酸鈣, acide sulfite, 460
 酸式碳酸鈣, acide carbonate, 454
 磷酸鈣, phosphate, 371
 磷酸四氫鈣, dihydrogen phosphate, 459
 磷酸氫鈣, monohydrogen phosphate, 459
 鈺, Columbium, 23
 鈹, Palladium, 44, 572
 鈹金齊, Palau, 583
 雲母, Mica, 393, 491
 飲料酒精, Alcoholic liquor, 348
 黑火藥, Black gunpowder, 444
 黑銅礦, Melanconite, 523

十 三 章

塗漆, Varnish, 346
 新生態, Nascent state, 175
 鼓風爐法, Blast furnace process, 501
 滅火器, Fire extinguisher, 131
 溴, Bromine, 281
 溴化物, Bromides, 281
 滑石, Talc, 471, 491
 溶液, Solutions, 150
 平衡, equilibrium, 234
 克分子量, gram-molecular, 155
 定義, definition, 150
 沸點, boiling point, 162
 性質, properties, 162
 氣體溶於液體中之, of gases in liquid, 151
 飽和, saturated, 155
 過飽和, super-saturated, 156
 凝固點, freezing point, 162
 溶劑, Solvent, 150

溶解度, Solubility,
 固體, of solids, 150
 氣體, of gases, 152
 煨燒, Roasting, 413
 煤氣, Coal gas, 313
 煤氣罩, Mantle, 325
 煤焦油, Coal-tar, 319
 化合物 compounds, 350
 染料, dyes, 485
 瑪瑙, Agate, 390
 碘, Iodine, 384
 氧化物, oxides of, 288
 碘酒, Tincture of iodine, 286
 硼, Boron, 399
 硼砂, Borax, 400
 硼酸鈣礦, Colemanite, 400
 葉綠素, Chlorophyll, 467
 葡萄糖, Grape sugar, 340
 蜂窩爐, Beehive oven, 321
 路布蘭氏, Leblanc, 426
 路布蘭法, Leblanc process, 424
 遊離態, Free state, 17
 運動說, Kinetic theory, 62
 過度冷卻, Undercool, 114
 過氧化物, Peroxide, 83
 過濾, Filtration, 72
 過飽和, Supersaturated, 156
 酪脂, Butyrin, 358
 解離, dissociate, 160
 鉀, Potassium, 429
 亞鐵鑄化鉀, ferrocyanide, 515
 金酸鉀, aurate, 587
 高錳酸鉀, permanganate, 559
 製氯用, use of, in preparing chlorine, 169
 碳酸鉀, carbonate, 434
 重碳酸鉀, bicarbonate, 515
 氫氧化鉀, hydroxide, 432
 硝酸鉀, nitrate, 433
 氯酸鉀, chlorate, 433
 溴化鉀, bromide, 433
 碘化鉀, iodide, 433
 酸式酒石酸鉀, acid tartrate, 361

鉀石鹽, Sylvite, 431
 鉀紅血鹽, Red prussiate of potash, 546
 鉀黃血鹽, Yellow prussiate of potash, 515
 鉀瀉利鹽礦, Kainite, 463
 鉛, Lead, 546
 由鉛提銀, desilverizing of, 548
 用途, uses of, 548
 性質, properties, 548
 紅, red, 549
 軟, soft, 547
 軟化, softening, 546
 硬, hard, 546
 鉛之化合物, compound of lead, 549
 一氧化鉛, oxide, 549
 一硫化鉛, sulfide, 550
 二氧化鉛, peroxide, 550
 二氯化鉛, chloride, 552
 碳酸鉛, carbonate, 550
 砷酸鉛, arsenate, 377
 硝酸鉛, nitrate, 552
 硫酸鉛, sulfate, 552
 鉻酸鉛, chromate, 552
 醋酸鉛, acetate, 552
 鉛丹, Minium, 549
 鉛白, Lead white, 550
 鉛黃, Massicot, 549
 鉛糖, Sugar of lead, 355, 552
 鈷, Cobalt, 518
 化合物, compounds of, 520
 鈷, Cerium, 554
 氧化鈷, oxide, 326
 鈷, Uranium, 569
 放射能, radioactivity of, 570
 蛻變之鈷序, disintegration series for, 574
 鈷基質, 硝酸, 鈷基質, Uranyl nitrate, 569
 鈷礦, Uraninite, 569
 鈷鈳礦, Carnotite, 569
 鉍, Bismuth, 381
 化合物, compounds of, 382

鉍, 合金, alloy of, 383
 氧氯化鉍, oxychloride, 382
 氯化鉍, chloride, 382
 硝酸鉍基質, oxynitrate, 382
 鉑, Platinum, 580
 化合物, compounds of, 583
 代用品, substitutes, 583
 用途, application of, 582
 為媒觸物料, uses of, as catalyser, 582
 為媒觸劑, as a catalytic agent, 581
 膠溶體, sols, 405
 鉑石棉, Platinized asbestos, 581
 鉑金屬, Platinum metals, 579
 鉬, Molybdenum, 591
 鉬鐵齊, Ferromolybdeum, 59
 電子, Electron, 165, 201, 514
 電化工業, Electrochemical industries, 413
 電化次序, Electrochemical series, 200
 電熱法, Thermoelectric process, 414
 電解, Electrolysis, 158, 163
 電解質, Electrolyte, 158
 水, of water, 164
 氯化鈉, of sodium chloride, 163
 電離, Ionization, 159
 限度, extent of, 162
 理論, theory, 159
 與溶液之性質, and the properties of solutions, 162
 酸類, of acids, 188
 鹽類, of salts, 194
 鹽基類, of bases, 190
 電爐, Electric furnace, 334
 腈, Cyanogen, 309
 腈化物, Cyanide, 309
 飽和, Saturated, 155
 雷錄, Mercuric fulminate, 533
 電池, Electric cell, 529
 丹聶爾氏, Daniell, 529
 電鑄術, Electrotying, 526

十 四 畫

熔劑, Flux, 500
 漂布土, Fuller's earth, 491
 漂白, Bleaching,
 以二氧化氫, by hydrogen peroxide, 84
 以亞硫酸, by sulfurous acid, 251
 以臭氧, by ozone, 119
 以漂白粉, by bleaching powder, 452
 以綠氣, by chlorine, 173
 漂白粉, Bleaching powder, 425
 碳, Carbon, 121
 一氧化碳, monoxide, 305
 二氧化碳, dioxide, 128
 對氫氧化鈣之作用, action of, on calcium hydroxide, 308
 空氣中, in air 144
 二硫化碳, disulfide, 261
 四氯化碳, tetrachloride, 315
 用途, uses of, 131
 天然間之循環, cycle in nature, 性質, properties of, 131
 氧化物, oxides of, 304
 無定形, amorphous, 124
 結晶形, crystalline, 122
 電弧, electric-arc, 590
 甌碳, retort, 320
 碳化物, Carbid, 127
 碳水化合物, Carbohydrate, 337
 碳氫化物, Hydrocarbon, 310
 烷系, methane series, 310
 烴系, benzene series, 310
 碳氫基, Hydrocarbon radical, 357
 硬石膏, Anhydrite, 431
 碧玉, Jasper, 390
 綠銅礦(孔雀石), Malachite, 523
 綠礬, Green vitriol, 511
 褐鐵礦, Limonite, 499
 酸, Acid,
 一縮二鉻酸, dichromic, 563

酸, 一縮原硅酸, metasilicic, 392
 一縮原硼酸, metaboric, 400
 一縮原錫酸, metastannic, 542
 一縮原磷酸, orthophosphoric, 370
 二縮原磷酸, metaphosphoric, 372
 三縮原磷酸, pyrosphosphoric, 363
 工業用鹽酸, muriatic, 176
 四縮原硼酸, tetraboric, 400
 五縮二原硫酸, pyrosulphuric, 260
 石炭酸, carbonic, 351
 次氯酸, pyochlorous, 289
 次溴酸, hypobromous, 290
 冰磷酸, glacial phosphoric, 372
 有機酸, organic, 354
 安息酸, benzoic, 351
 油酸, oleic, 357
 乳酸, lactic, 340
 亞硝酸, nitrous, 225
 亞硫酸, sulfurous, 251
 亞磷酸, phosphorous, 369
 亞硝基硫酸, nitrosyl sulfuric, 206
 亞鐵疇氫酸, hydroferrocyanic, 515
 金氯氫酸, chlorauric, 587
 青酸, prussic, 309
 苦味酸, picric, 445
 炭酸, carbonic, 307
 原硅酸, orthosilicic, 392
 氟氫酸, hydrofluoric, 280
 酒石酸, tartaric, 356
 高硫酸, persulphuric, 260
 高錳酸, permanganate, 559
 硅氟氫酸, fluosilicic, 388
 軟脂酸, palmitic, 357
 硫酸, sulfuric, 187, 254
 性質, properties of, 258
 氧化性, oxidizing properties of, 258
 接觸法, contact process for, 254
 鉛室法, chamber process for, 255
 構造, structure of, 207
 對於水之作用, action of, on water, 259

* * 酸類均列“酸”下鹽類列陽根下。

酸 硫酸，對於金屬之作用，action of, on metals, 259
 對於鹽類之作用，action of, on salts, 259
 酸性，acid properties of, 258
 製造，manufacture of, 254
 鹽類，salts of, 260
 硝酸，nitric acid, 187, 218
 化學行爲，chemical conduct, 221
 加熱分解，decomposition of, by heat, 221
 性質，properties of, 220
 氧化作用，oxidizing action of, 221
 對於金屬之作用，action of, on metal, 222
 製法，preparation of, 218
 鹽，salts of, 224
 發烟硝酸，fuming nitric, 221
 硫磺酸，hydrosulphuric, 199
 氯酸，chloric, 289
 硬脂酸，stearic, 357
 溴酸，bromic, 290
 溴氫酸，hydrobromic, 284
 硼酸，boric, 399
 碘酸，iodic, 290
 碘氫酸，hydriodic, 287
 過氯酸，perchloric, 289
 過碘酸，periodic, 290
 酪酸，butyric, 358
 鉻酸，chromic, 563
 腈酸，hydrocyanic, 309
 鉑氯氫酸，chloroplatinic, 583
 醋酸，acetic, 355
 錫酸，stannic, 544
 檸檬酸，citric, 357
 磷酸，phosphoric, 363
 縮水酸，condensed, 393
 縮合硅酸，condensed silicic, 393
 縮合硼酸，condensed boric, 399
 鞣酸，tannic acid, 517
 簡單硅酸，simple silicic, 392
 鹽酸，hydrochloric, 178

酸式酒石酸鉀，Potassium bitartrate, 487
 酸式鹽，Acid salt, 195
 酸式鹽之製法，Preparation of acid salt, 261
 酸性柏塞麥法，Acid Bessemer process, 504
 酸類，Acids, 187
 一鹽基，monobasic, 261
 二元，binary, 199
 二鹽基，dibasic, 261
 三元，ternary, 199
 三鹽基，tribasic, 261
 不電離，undissociated, 189
 四鹽基，tetrabasic, 261
 含氧，oxygen in, 289
 命名，naming, 198
 定義，definition of, 189
 有機，organic, 354
 特性，characteristics of, 188
 普通，the common, 187
 電離，ionization of, 188
 綠油腦，Anthracene, 350
 蒸發，Evaporation, 108
 蒸餾，Distillation, 70
 水，of water, 70
 破壞，destructive, 126
 蒸餾水，Distilled water, 70
 蒸餾醋，Distilled vinegar, 356
 蓄力器，Accumulator, 553
 蓄電池，Storage cell, 553
 複分解，Double decomposition, 175
 製麵包之化學變化，Chemical change in bread makings 349
 酵母菌，Baker's yeast, 347
 銅，Copper, 523
 用途，uses of, 525
 泡銅，blister, 524
 紅色，ruby, 526
 硝酸對於銅之作用，action of nitric acid on, 223
 硫酸對於銅之作用，action of sulphuric acid on, 259

銅, 精鍊, refining of, 524
 銅之化合物, Cupric compounds, 527
 一氧化銅, oxide, 527
 一硫化銅, sulphide, 528
 二氯化銅, chloride, 528
 硝化合物, ammonia compounds, 528
 硝酸銅, nitrate, 528
 硫酸銅, sulphate, 527
 溴化銅, bromide, 528
 醋酸銅, acetate, 528
 銅氨之化合物, Cupric ammonia compounds, 529
 銅鈎, Brazing, 543
 銻, Rubidium, 435
 銻, Rhodium, 579
 銻鉍金齊, Rhotanium, 583
 銻, Osmium, 579
 銻, Iridium, 579
 鉻, Chromium, 561
 鉻化合物, Chromic compounds
 三氫氧化鉻, hydroxide, 562
 三氯化鉻, chloride, 562
 硫酸鉻, sulphate, 563
 酞, anhydride, 567
 鉻黃, Chrome yellow, 552
 鉻鹽, Chromium, salts, 563
 加水分解, hydrolysis, 563
 鉻酸鹽, Chromate, 564
 性質, properties, 564
 氧化作用, oxidizing action of, 560
 齊, Alloy, 383
 銀, Silver, 533
 日耳曼, German, 526
 由銅收回, recovery of, from copper, 525
 貨幣, sterling, 535
 硝酸銀, nitrate, 536
 電鍍, plating with, 535
 幣, coin, 526
 精鍊, refining of, 524
 銀朱, Vermilion, 533

十五 畫

廢汁, Spent lye, 442
 潮解, Deliquescence, 435
 潮解性, Deliquescent, 435
 濃度, Concentration, 231
 熱, Heat, 110
 中和之, of neutralization, 192
 反應, of reaction, 103
 氣化, of vaporization, 110
 測量, measurement of, 8
 熔解, of fusion, 115
 凝固熱, of solidification, 114
 凝結, of condensation, 110
 機械的當量, mechanical equivalent of, 7
 熱壺, Thermos bottle, 113
 燈用石油, Kerocene, 183
 磁石, Load stone, 510
 磁硫鐵礦, Pyrrhotite, 511
 磁鐵礦, Magnetite, 499
 糊精, Dextrine, 840
 膠, Gelatin, 404, 408
 膠狀炸藥, Gelatin dyanmite, 444
 膠狀膠溶體之製備, Preparation of colloidal sols, 405
 膠棉, Collodion, 343
 膠結, Coagulation, 404
 膠溶體, Sols, 404
 膠態, The colloidal state, 403
 膠體, Colloid, 403
 及加水分解, and hydrolysis, 406
 本性, nature of, 407
 與工業, and industries, 408
 蔗糖(食糖), Sucrose (Sugar), 138
 輝銅礦, Chalcocite, 523
 輝銀礦, Argentite, 537
 醇精, Ether, 348
 醋, Vinegar, 355
 醋母, Mother of vinegar, 355
 醋菌, Mycoderma aceti, 355
 醋酸發酵, Acetic fermentation, 355

銻, Antimony, 377
 三氯化銻, chloride, 378
 氧氯化銻, oxychloride, 381
 硫化物, sulfides of, 379
 酸類, acids of, 878
 銻化三氫, Stibine, 370
 鋁, Aluminium, 478
 三氧化鋁, oxide, 483
 三氫氧化鋁, hydroxide, 484
 三氯化鋁, chloride, 484
 氮化鋁, nitride, 488
 硅酸鋁, silicate, 491
 硫酸鋁, sulphate, 486
 鋁類, groups, 478
 鹽類之加水分解, hydrolysis of salts of, 487
 鋁青鋁, Aluminium bronze, 481
 鋁融接劑, Thermite, 482
 鋅, Zinc, 471
 二氯化鋅, chloride, 475
 硫化鋅, sulphide, 475
 鬆, granulated or mossy, 473
 鋅白, Zinc white, 474
 鋅鍍鐵, Galvanized iron, 473
 鋅鐵礦, Franklinite, 471
 鈷, 二氧化鈷, Zirconium oxide, 590
 鈷亞白, Zirconalba, 590
 鈷礬, Zircite, 590
 鋇, Barium, 460
 一氧化鋇, oxide, 460
 二氯化鋇, chloride, 461
 硫酸鋇, sulphate, 461
 硝酸鋇, nitrate, 461
 鋰, Lithium, 433, 435
 黏土, Clay, 491
 成品, products, 492
 墨水晶, Smoky quartz, 390
 麸質, Gluten, 359

十 六 畫

凝固點, Freezing point, 113
 溶夜, of solution, 158

凝固熱, Heat of solidification, 115
 凝結熱, Heat of condensation, 110
 凝體, Gel, 404
 澱粉, Starch, 341
 漆煤, Vehical, 542
 衛生分析, Sanitary analysis, 69
 德藍蒙光, Drummond light, 59
 墨金, Matte, 524
 燃度, Kindling temperature, 33
 燃料, Fuels, 319
 發熱量, calorific value of, 333
 燃燒之生成物, products of combustion of, 326
 燃燒, Combustion, 32, 144
 自燃, spontaneous, 23
 燃素說, phlogiston theory, 34
 燃素, Phlogiston, 34
 磷, Phosphorus, 364
 白磷, white, 365
 紅磷, red, 366
 黃磷, yellow, 365
 磷灰土礦, Phosphorite, 364, 459
 磷灰石, Apatite, 459
 磷光, Phosphorescence, 366
 磷酐, Phosphoric anhydride, 369
 磷鉍鈣礦砂, Monazite sand, 326
 機械能之電當量, electrical equivalent of mechanical energy, 7
 甌炭, Retort carbon, 321
 縞瑪瑙, Onyx, 390
 綠銅礦, Malachite, 523
 螢石, Fluorite, 288, 460
 糖, Sugar, 338
 乳, milk, (Lactose), 339
 蔗, sucrose, 338
 楓, maple, 338
 轉化, invert, 339
 葡萄, Grape, 340
 糖塊, candy, 341
 糖精(薩客林) Saccharine, 352
 糖蜜, molasses, 338
 糖醋, sugar vinegar, 356
 融解熱, Heat of fusion, 115

銦, Ammonium, 216
 化合物, compounds of, 435
 多硫化銦, polysulphide, 430
 高硫酸銦, persulphate, 260
 黃硫化銦, yellow ammonium sulphide, 437
 氫氧化銦, hydroxide, 216
 氯化銦(鹵砂), chloride (sol ammoniac), 436
 硫化銦, sulphide, 437
 硫酸銦, sulphate, 436
 鉬銦, molybdate, 591
 錫氯化銦, chlorostannide, 546
 銻, Mercury, 530
 銻之化合物, Mercuric compounds, 531-533
 一氧化銻, oxide, 531
 分解, decomposition, 25, 232
 一硫化銻, sulphide, 533
 二氯化銻, chloride, 532
 硝酸銻, nitrate, 533
 硫酸銻, sulfate, 533
 雷酸銻, fulminate, 533
 銻膏, Amalgams, 531
 錳, Manganese, 557
 二氧化錳, dioxide, 558
 四氯化錳, tetrachloride, 168
 所在, occurrence, 557
 製備及性質, preparation and properties, 558
 錳酸, Manganic acid, 559
 錳酸鹽, Manganate, 559
 鈾, Strontium, 461
 二氫氧化鈾, hydroxide, 462
 硝酸鈾, nitrate, 462
 銻, Germanium, 23
 鋼, Steel, 498
 合金, alloy of, 508
 造器, tool, 506
 坩堝, crucible, 506
 性質, properties of, 507
 強焠, tempering, 507
 釩, vanadium, 580

鋼, 硬焠, Hardening, 507
 電熱冶金, electrothermal metallurgy, 507
 離阿瓶, Dewar flask, 113
 靛油染料, Aniline dye, 351

十 七 畫

燧石, Flint, 390
 臨界溫度, Critical temperature, 111
 臨界壓力, Critical pressure, 111
 磷, Phosphorus, 23, 364
 三氧化二磷, terioxide, 369
 三氯化磷, trichloride, 372
 三硫化四磷, sesquisulphide, 372, 369
 三溴化磷, tribromide, 383
 五氧化二磷, pentoxide, 134, 369
 五氯化磷, pentachloride, 372
 氧化物, oxides of, 369
 氫化物, hydrides of, 367
 氯化物, chlorides, 372
 硫化物, sulphides of, 372
 酸類, acide of, 369
 磷化三氫, Phosphine, 367
 膽礬, Blue vitriol, 527
 還原, Reduction, 48
 還原焠, Reducing flame, 332
 還原劑, Reducing agent, 48
 鍋爐積垢, Boiler scale, 369
 鍊金家, Alchemist, 21
 鍊金術, Alchemy, 21
 鍊鐵爐, Puddling furnace, 503
 鎂, Magnesium, 142, 467
 鎂族, Magnesium family, 463
 鎂鋅劑, Magnalium, 482

十 八 畫

藍印術, Blue printing, 516
 藍靛, Indigo, 350
 藍寶石, Blue sapphire or sapphire, 463

鎘, Cadmium, 476
 銫, Cæsium, 435
 轉化糖, Inverted sugar, 339
 顏料, Pigment, 552
 蠶蟲丸(樟腦丸), Moth ball, 357
 鎳, Nickel, 517
 化合物, compounds of, 520
 由銅收回, recovery of, from copper, 525
 幣, coin, 526
 電鍍, plating, 519
 鎢, Tungsten, 591

十九畫

渥青鉛礦, Pitchblende, 569
 爆炸藥, Explosives, 440
 礦石, Ore, 412
 礦物, Mineral, 412
 分析, analysis, 69
 礦泉, water, 67
 礦脂, Vaseline, 310
 礦滓, Slag, 500
 懷胃酵素, Rennin, 339
 蟻醛液(福爾馬林), Formalin, 346
 醱酵, Fermentation, 347
 霧, Fog, 409
 離子, Ions, 161
 生成, formation of, 160
 荷電之來源, source of charge on, 165
 陰離子, anion, 161
 陽離子, cation, 169
 電荷, electrical charge on, 160
 離子化或電離之理論, The theory of ionization, 160

二十畫

蘇打, Soda, 425
 灰, ash, 425
 洗濯, washing or sal, 426
 重碳酸, bicarbonate, 427
 焙用, baking, 427

蘇打, 苛性, caustic, 185
 霞石, Aragonite, 454
 鏷, Polonium, 577
 鈳, Titanium, 590
 鈳鐵礦, Ilmenite, 590
 鈳鐵齊, Ferrotitanium, 590
 磷, Phosphonium,
 氯化磷, chloride, 368

二十一畫

攝影術, Photography, 537
 鐵, Iron, 497
 生鏽, the rusting of, 513
 市上之鐵, of commerce, 497
 純鐵, pure, 497
 銑鐵, pig, 502
 鋅被鐵, galvanized, 473
 鍛鐵, wrought, 503
 鑄鐵, cast, 501
 鐵化合物, Ferric compounds
 二硫化鐵, disulphide, 511
 三氫氧化鐵, hydroxide, 512
 三氯化鐵, chloride, 513
 膠體, colloid, 407
 硝酸鐵, nitrate, 407, 517
 硫酸鐵, sulphate, 517
 鐵丹, Rouge, 516
 鐵水礦泉, Chalybeate water, 512
 鐵硅齊, Ferrosilicon, 357
 鐵筋混凝土, Reinforced concrete, 495
 鐵鉻齊, Ferrochromium, 508, 562
 鐵錳齊, Ferromanganese, 508, 557
 鐵鹽類, Ferric salts, 512
 還原, reduction of, 514
 鐳, Radium, 571
 及原子之概念, and atomic conception, 574
 可利用之量, quantity of available, 572
 本原, origin of, 574
 治療功用, the use of, in the treatment disease,

*. * 酸類均列“酸”下, 鹽類列陽根下。

鐵, 能, energy of, 574
 蛻變, disintegration, 572
 發見, discovery of, 571
 鏷, Ionium, 577

二十三畫

纖維素, Cellulose, 342
 變性酒精, Denatured alcohol, 349
 癡燥症, Hysteria, 226
 微生物學的檢驗, Bacteriological examination, 69

二十四畫

鹼, Lye, 185
 鹼, Alkali, 441
 鹼土金屬, Alkaline earth, 447
 鹼化作用, Saponification, 441
 鹼金屬, Alkali metal, 418
 鹼類, Alkalies, 189
 鹽類, Salts, 193
 二氫鹽, dihydrogen, 371
 小天地鹽, microcosmic, 371
 白鹵鹽, carnallite, 431
 正鹽, normal, 195
 厄普孫鹽, Epson, 470
 含氧鹽, oxy, 380
 定義, definition of, 196
 命名, naming of, 198

鹽類, 混合鹽, mixed, 371
 粉紅鹽, pink, 546
 斯塔斯佛特鹽, Stassfurt, 430
 電離, ionization of, 194
 對於酸之關係, relation of, to acids, 199
 酸式, acid, 195
 廢鹽, rock, 422
 鹽基式, basic, 196, 380
 鹽基式鹽及含氧鹽, basic salt and oxy salt, 380
 鹽基類, Bases, 183
 定義, definition, 190
 命名法, naming of, 198
 造鹽素對鹽基之作用, action of halogen element on, 432
 特性, characteristics of, 189
 普通, the common, 189
 強度, strength of, 197
 電離, ionization of, 190
 鹽基性開爐法, basic open-hearth process, 505

二十五畫

鐵鉗, Solding, 543

三十一畫

鹽, Esters, 357

* * 酸類均列“酸”下, 鹽類列陽根下。

譯 名 對 照 表

. Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

ABSOLUTE zero point, 絕對零點, 56
 Accumulator, 蓄力器, 558
 Acetic fermentation, 醋發酵, 355
 Acetone, 丙酮, 316
 Acetyl cellulose, 乙醛纖維素, 343
 Acetylene, 乙炔, 316
 Acid, 酸,
 acetic, 醋酸, 355
 glacial, 冰醋酸, 355
 antimonic, 銻酸, 378
 arsenic, 砷酸, 376
 arsenious, 亞砷酸, 376
 benzoic, 安息酸, 351
 boric, 硼酸, 399
 bromic, 溴酸, 281
 butyric, 酪酸, 358
 carbolic, 石炭酸, 351
 carbonic, 碳酸, 307
 chloraunic, 金氯氫酸, 587
 chloric, 氯酸, 289
 chloroplatinic, 鉑氯氫酸, 548
 chromic, 鉻酸, 563
 citric, 檸檬酸, 357
 condensed, 縮水酸, 393
 dichromic, 一縮二鉻酸, 564
 disulfuric, 一縮二硫酸 (五縮二原硫酸), 260
 fluosilicic, 硅氟氫酸, 388
 formic, 蟻酸, 305
 fuming nitrate, 發烟硝酸, 221
 hydriodic, 碘氫酸, 287
 hydrobromic, 溴氫酸, 284
 hychloric, 鹽酸, 178

Acid, hydrocyanic, 腈氫酸, 309
 hydrofluoric, 氟氫酸, 280
 hydrosulfuric, 硫氫酸, 199
 hypobromous, 次溴酸, 290
 hypochlorous, 次氯酸, 289
 iodic, 碘酸, 290
 lactic, 乳酸, 340
 manganic, 錳酸, 559
 metaboric, 一縮原硼酸, 400
 metaphosphoric, 二縮原磷酸, 372
 metasilicic, 一縮原硅酸, 392
 metastannic, 一縮原錫酸, 542
 muriatic, 工業用鹽酸, 176
 nitric, 硝酸, 187, 218
 nitrosyl sulfuric, 亞硝基硫酸, 256
 oleic, 油酸, 357
 orthophosphoric, 一縮原磷酸, 370
 orthosilicic, 原硅酸, 392
 osmic, 銻酸, 584
 oxalic, 草酸, 305
 palmitic, 軟脂酸, 357
 perchloric, 過氯酸, 289
 periodic, 過碘酸, 290
 permanganic, 高錳酸, 559
 persulfuric, 高硫酸, 290
 phosphoric, 磷酸, 370
 glacial, 冰磷酸, 445
 picric, 苦味酸, 445
 prussic, 青酸, 309
 pyrophosphoric, 三縮二原磷酸, 363
 pyrosulphuric, 五縮二原硫酸, 260
 silicic, 硅酸, 392
 condensed, 縮合硅酸, 293

- Acid, silicic, simple, 簡單硅酸, 392
 stannic, 錫酸, 544
 stearic, 硬脂酸, 357
 sulfuric, 硫酸, 41, 187, 254
 sulfurous, 亞硫酸, 251
 tannic, 鞣酸, 517
 tartaric, 酒石酸, 356
 tetraboric, 四縮原硼酸, 400
 Acid anhydrides, 酐, 228
 Acid salts, 酸式鹽, 195
 Acids, 酸類, 187
 binary, 二元酸類, 199
 dibasic, 二鹽基酸類, 261
 monobasic, 一鹽基酸類, 261
 organic, 有機酸類, 354
 ternary, 三元酸類, 199
 tribasic, 三鹽基酸類, 261
 undissociated, 不電離酸類, 189
 Aerating agent, 發酸劑, 487
 Affinity, 愛力, 15
 Agate, 瑪瑙, 390
 Air, 空氣, 141
 liquid, 液體, 148
 Air saltpeter, 空氣硝石, 220
 Air slake, 空氣硝和, 450
 Alchemists, 鍊金家, 21
 Alchemy, 鍊金術, 21
 Alcohol, 醇, 酒精, 346
 absolute, 純粹酒精, 348
 amyl, 戊醇, 81
 common, 普通酒精, 346
 denatured, 變性酒精, 348
 ethyl, 乙醇, 346
 grain, 酒精, 346
 methyl, 甲醇, 346
 wood, 木醇, 346 1347
 Alcoholic fermentation, 酒精發酵,
 Alcoholic liquor, 飲料酒精, 348
 Alcohols, 醇類, 345
 Alizarin, 茜素, 350
 Alkali metals, 鹼金屬, 418
 Alkalies, 鹼類, 189
 Alkaline earth metals, 鹼土金屬, 447
 Allotropic forms, 同素異性體, 117
 Alloys, 齊 (合金), 383
 Aluminates, 鋁酸鹽, 484
 Aluminium, 鋁, 478
 chloride, 三氯化鋁, 485
 group, 鋁類, 478
 hydroxide, 三氫氧化鋁, 484
 nitride, 氮化鋁, 488
 oxide, 二氧化鋁, 483
 silicates, 硅酸鋁, 491
 sulfate, 硫酸鋁, 486
 Aluminium bronze, 鋁青銅, 481
 Alums, 明礬, 486
 Alundum, 人造剛玉砂, 483
 Amalgams, 銻齊, 531
 Amethyst, 紫晶, 390
 oriental, 東方紫晶, 483
 Ammine salts, 銻鹽, 529
 Ammonia, 銻精, 212
 Ammonical liquor, 銻精液, 214, 320
 Ammonium, 銻, 216
 alum, 銻明礬, 486
 carbonates, 碳酸銻, 437
 chloride, 氯化銻, 436
 chloroplatinate, 鉑氯化銻, 580
 chlorostannate, 錫氯化銻, 546
 hydroxide, 氫氧化銻, 216
 iron alum, 銻鐵明礬, 486
 molybdate, 鉬酸銻,
 persulfate, 高硫酸銻, 260
 polysulphide, 多硫化銻, 437
 salts, 銻鹽, 216
 sulfate, 硫酸銻, 436
 sulfides, 硫化銻, 437
 Amphoteric, 兩性, 379
 Analysis, 分析, 75
 Anesthetic, 麻醉劑, 226
 Anhydride, 酐 (縮水物), 228
 chromic, 鉻酐, 567
 phosphoric, 磷酐, 369
 silicic, 硅酐, 392
 sulfuric, 硫酐, 253
 sulfurous, 亞硫酐, 248

. Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

Anhydrite, 硬石膏, 431
 Aniline, 煥鹵, 351
 Aniline dyes, 靛油顏料, 351
 Anion, 陰離子, 161
 Anode, 陽極, 159
 Anthracene, 綠油臘, 350
 Antimony, 銻, 377
 acids of, 銻之酸類, 378
 alloys of, 合金, 383
 oxychloride, 氧氯化銻, 381
 sulfides of, 硫化物, 379
 chloride, 三氯化銻, 378
 Apatite, 磷灰土, 364
 Appendix, 附錄, 573
 Aqua ammonia, 確精水, 216
 Aqua regia, 王水, 224
 Aqueous vapor pressure, 水蒸氣
 壓力, 59
 Aragonite, 霰石, 454
 Arc, flaming, 焰弧, 590
 Arfedsion, 阿飛孫, 418
 Argentite, 輝銀礦, 537
 Argol, 生酒石, 356
 Argon, 氬, 139
 Arrhenius Svante, 斯凡亞勒紐氏, 159
 Arsenic, 砷, 373
 acid of, 酸類, 376
 oxides of, 氧化物, 375
 sulfides of, 硫化物, 377
 white, 白砷, 376
 Arsenopyrite, 砷硫鐵礦, 373
 Arsine, 砷化三氫, 374
 Artificial gem, 人造寶石, 483
 Artificial silk, 人造棉, 343
 Asbestos, 石棉, 471, 491
 platinized, 鉑石棉, 581
 Atmosphere, 大氣, 141
 Atomic, theory, 原子論, 91
 weight, 原子量, 94
 Atoms, 原子, 91 [206
 replacing power of, 原子之置換力,
 Aurous chloride, 一氯化金, 587
 Auric chloride, 三氯化金, 587

Avogadro, 亞佛加特羅氏, 294
 hypothesis of, 亞佛加特羅氏學說,
 Azote, 阿蘇特, 133 [294
 Babbit metal, 白銅氏金, 383
 Bakelite, 白克來, 351
 Baker's yeast, 酵母菌, 347
 Baking powder, 焙用粉, 487
 Baking soda, 焙用碱, 427
 Barite, 重晶石, 460
 Barium, 鋇, 460
 chloride, 二氯化鋇, 461
 nitrate, 硝酸鋇, 461
 oxide, 一氧化鋇, 460
 peroxide, 二氧化鋇, 83, 461
 sulfate, 硫酸鋇, 461
 Bases, 鹽基類, 183
 the common, 普通, 189
 Bauxite, 水礬土礦, 479, 486
 Beehive oven, 蜂窩爐, 321
 Benzene, 煥, 311, 350
 Benzine, 本品, 313
 Benzoic acid, 安息酸, 351 [504
 Bessemer converter, 柏塞麥迴轉爐,
 Bessemer process, 柏塞麥法, 504
 Betts process, 柏子法, 548
 Birkeland and Eyde process, 勃克
 倫及埃第法, 220
 Bismuth, 銻, 381
 alloys of, 合金, 383
 compounds, 化合物, 382
 chloride, 氯化銻, 382
 oxychloride, 氧氯化銻, 382
 oxynitrate, 硝酸銻基質, 382
 Bisque, 粗瓷, 492
 Bivalent elements, 二價元素, 204
 Black gun powder, 黑火藥, 444
 Blast lamp, 鼓風燈, 50
 Bleach, 漂白, 172
 Bleaching powder, 漂白粉, 425
 Blowpipe, oxyacetylene, 氧炔吹管,
 oxyhydrogen, 氫氧吹管, 49 [317
 Blue printing, 藍印術, 516

** Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

Blue sapphire, 藍寶石, 483
 Bluestone, 膽礬, 527
 Boiling point, 沸點, 109
 Bomb colorimeter, 炸彈卡計, 334
 Bone ash, 骨灰, 459
 Bone black, 骨灰, 125
 Borax, 硼砂, 400
 Borax bead, 硼砂珠, 401
 Bordeaux mixture, 波爾多混合物,
 Boric acid, 硼酸, 399 [528
 Bornite, 斑銅礦, 523
 Boron, 硼, 399
 Boyle, Robert, 羅伯波義耳, 53
 Boyle's law, 波義耳定律, 54
 Brass, 黃銅, 526
 Brazing, 銅針, 543
 Brick, vitrified, 玻璃狀磚, 496
 Brimstone, 硫黃, 250
 Bromic acid, 溴酸, 290
 Bromides, 溴化物, 281
 Bromine, 溴, 281
 Bronze, 青銅, 526
 aluminium, 鋁青銅, 481
 Bunsen, Robert, 羅伯本生, 419
 Bunsen burner, 本生燈, 327
 Butane, 丁烷, 310
 Butter fat, 牛酪脂肪, 358
 Butyric acid, 酪酸, 358
 Butyrin, 酪脂, 358
 By-product coke oven, 副產焦作爐,
 By-products, 副產物, 328 [321

CADMIUM, 鎘, 476
 compounds of, 化合物, 476
 Cæsium, 鎳, 435
 Calcite, 方解石, 453
 Calcium, 鈣, 448
 acid carbonate, 酸式碳酸鈣, 545
 acid sulfite, 酸式亞硫酸鈣, 460
 carbide, 二碳化鈣, 457
 carbonate, 碳酸鈣, 453
 chloride, 二氯化鈣, 459
 cyanamide, 確塘化鈣, 458

Calcium, dihydrogen phosphate, 煇
 四酸氫鈣, 459
 family, 鈣族, 447
 fluoride, 二氟化鈣, 460
 hydrogen phosphate, 磷酸氫鈣, 459
 hydroxide, 氫氧化鈣, 451
 oxide, 一氧化鈣, 449
 phosphide, 二磷化三鈣, 367
 phosphate, 磷酸鈣, 459
 silicates, 硅酸鈣, 460
 sulfate, 硫酸鈣, 455
 sulfide, 硫化鈣, 460
 Caliche, 智利硝石礦, 428
 Calomel, 甘錄, 532
 Calorie, 卡路里 (卡), 8
 Calorimeter, 卡路里計, 8
 bomb, 炸彈卡計, 334
 Caramel, 焦糖, 339
 Carat, 開, 122
 Carbides, 碳化物, 127
 Carbohydrates, 碳水化合物, 337
 Carbolic acid, 石炭酸, 351
 Carbon, 碳, 121
 amorphous, 無定形碳, 124
 crystalline, 結晶形碳, 122
 oxides of, 氧化物, 304
 retort of, 甌炭, 320
 dioxide, 二氧化碳, 128
 in air, 空氣中之二氧化碳, 144
 disulfide, 二硫化碳, 261
 monoxide, 一氧化碳, 305
 suboxide, 二氧三化碳, 304
 tetrachloride, 四氯化碳, 315
 Carbona, 加達那, 315
 Carbonates, 碳酸鹽, 308
 Carbonic acid, 碳酸, 307
 salts of, 碳酸之鹽, 308
 Carbonyl chloride, 氯化碳基質, 305
 Carborundum, 金剛砂, 389
 Carburetor, 汽化機, 64
 Carnallite, 白鹵鹽, 431
 Carnotite, 鉛鉍礦, 569

* * Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Carrel-Dakin solution, 卡勒爾達金
溶液, 429
- Casein, 乾酪素, 339
- Cassiterite, 錫石, 541
- Castner, process, 卡斯特那氏法, 182
- Catalysis, 接觸, 232
- Catalyser, 觸媒, 27
- Cathode, 陰極, 159
- Cation, 陽離子, 161
- Caustic potash, 苛性鉀, 432
- Celestite, 天青石, 460
- Cell, Daniell, 丹聶爾電池, 529
electric, 電池, 529
storage, 蓄電池, 529
- Celluloid, 假象牙, 343
- Cellulose, 纖維素, 342
- Cement, 水泥, 493
- Cementite, 脆鋼, 498
- Ceresin, 封蠟, 280, 313
- Cerium, 鈰, 554
- Chalcedony, 玉髓, 390
- Chalcocite, 輝銅礦, 523
- Chalcopyrite, 黃銅礦, 523
- Chalk, 白堊,
French, 法國白堊, 471
precipitated, 沉澱白堊, 454
- Chalybeate waters, 鐵水礦泉, 512
- Chamber crystals, 鉛室晶, 256
- Charcoal, 木炭, 125
animals, 動物炭, 125
- Cheese 乾酪, 339
- Chemical, action, 化學作用, 17
affinity, 化學親和力, 15
compound, 化合物, 14
conduct, 化學行爲, 15
energy, 化能, 7
reaction, 化學反應, 14
- Chile saltpeter, 智利硝石, 427
- Chinaware, 瓷器, 492
- Chlorates, 氯酸鹽, 289
- Chlorauric acid, 金氯氫酸, 587
- Chloric acid, 氯酸, 289
- Chlorides, 氯化物, 288
- Chlorine, 氯, 165
- Chloroform, 三氯甲烷, 315
- Chlorophyll, 葉綠素, 467
- Chloroplatinic acid, 鉑氯氫酸, 548
- Chromates, 鉻酸鹽, 564
- Chrome alum, 鉻明礬,
Chrome yellow, 鉻黃, 552
- Chromic acid, 酸酐, 563
anhydride, 鉻酐, 567
chloride, 三氯化鉻, 562
hydroxide, 三氫氧化鉻, 562
sulfate, 硫酸鉻, 562
- Chromite, 鉻鐵礦, 561
- Chromium, 鉻, 561
salt, 鉻鹽, 563
- Cinnabar, 辰砂, 530
- Citric acid, 檸檬酸, 357
- Clay, 黏土, 491
- Clay product, 黏土成品, 492
- Clinker, 灰塊, 494
- Coagulation, 膠結, 404
- Coal, 石炭, 124
gas, 煤氣, 319
oil, 煤油, 313
-tar, 煤焦油, 319 [350]
- Coal-tar compounds, 煤焦油化合物,
Coal-tar dyes, 煤焦油染料, 485
- Cobalt, 鈷, 518
compounds of, 鈷之化合物, 520
- Coin, gold, 金幣, 526
nickel, 鎳幣, 526
silver, 銀幣, 526
- Coke, 焦煤, 320
- Coke oven by-product, 副產焦作爐,
Colemanite, 硼酸鈣礦, 400 [321]
- Collodion, 膠棉, 343
- Colloidal state 膠態, 403
- Colloids, 膠體, 403
- Columbium, 鈹, 23
- Combining weights, 化合量, 88
- Combustion, 燃燒, 32
phlogiston theory, 燃素說, 34
spontaneous, 自燃, 33

** Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Composition, percentage, 百分率之組成, 96
- Compounds, 化合物, 14
insoluble, 不溶解, 416
isomeric, 異性同分, 338
- Concentration, 濃度, 231
- Concrete, 混凝土, 495
reënforced, 鐵筋混凝土, 495
- Condensation, heat of, 凝結熱, 110
- Condensed acid, 縮水酸, 393
- Condensite, 康甸衰, 351
- Converter, 迴轉爐, 524
- Copper, 銅, 523
alloys of, 銅之合金, 523
ruby, 紅色銅, 526
- Copperas, 綠礬, 511
- Corn oil, 玉蜀黍油, 342
- Corn sirup, 玉蜀黍糖漿, 340
- Corrosive sublimate, 昇錄, 532
- Corundum, 剛玉石, 493
- Cotton, mercerized, 絲光棉, 343
- Cotton fiber, 棉纖維, 344
- Coumarin, 香豆精, 352
- Cream of tartar, 酒石乳, 356
- Cream of tartar baking powder, 酒石乳焙用粉, 488
- Cracking, 崩解, 314
- Cresol, 甲烴醇, 351
- Critical point, 臨界點, 110
- Crocoite, 赤鉛礦, 361
- Cryolite, 冰晶石, 479
- Crystal systems, 結晶系, 593
- Crystalline, 結晶狀, 114
- Crystallization, 結晶, 156
- Crystallography, 結晶學, 593
- Crystals, 結晶體, 116 1534
- Cupellation of silver, 銀之灰吹法,
- Cupric compounds, 銅之化合物, 527
acetate, 醋酸銅, 528
ammonia compounds, 銅氨之化合物, 526
bromide, 溴化銅, 528
chloride, 氯化銅, 528
hydroxide, 氫氧化銅, 198
nitrate, 硝酸銅, 528
oxide, 一氧化銅, 527
sulfate, 硫酸銅, 527
sulfide, 一硫化銅, 528
- Cuprite, 紅銅礦, 526
- Cuprous compounds, 亞銅化合物
chloride, 一氯化銅, 526
oxide, 一氧化二銅, 526
- Curie, Madame, 居禮, 571
- Cyanamide, 腈塘化物, 458
- Cyanides, 腈化物, 309
- Cyanogen, 腈, 309
- DALTON, John, 約翰道爾頓, 91
- Davy, Sir Humphry, 漢符理德斐, 181
- Decomposition, 分解, 13
- Deliquescence, 潮解, 435
- Deware flasks, 雕阿瓶, 113
- Dextrin, 糊精, 34
- Dextrose, 右旋糖, 339
- Diamond, 金剛石, 122
- Dichromates, 一縮二鉻酸鹽, 564
- Dimorphism, 同質二形態, 595
- Displacement series, 易位次序, 200
- Distillation, 蒸餾, 70
destructive, 破壞蒸餾, 126
- Dolomite, 白雲石, 469
- Drummond light, 德藍蒙德光, 50
- Dye, 染料, 351
- Dyeing, 染色, 485
- Dynamite, 炸藥, 445
gelatin, 膠狀炸藥, 445
- EARTHS, the rare, 稀土族, 378, 589
- Earthy matter, 土質, 500
- Efflorescence, 泡沫, 131
- Electrical-resistance heater, 抗電生熱器, 583
- Electrochemical industries, 電化工業, 413
- Electrochemical series, 電化次序,
- Electrodes, 電極, 159 1200

** Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Electrolysis, 電解, 158
 Electrolyte, 電解質, 158
 Electrolytic mud, 電解泥, 584
 Electrons, 電子, 572
 Electroplating, 電鍍, 519
 Electroscopes, 驗電器, 570
 Electrotyping, 電鑄, 526
 Elementary substance, 原物質, 16
 Elements, 元素, 15
 electronegative, 負電, 209
 electropositive, 正電, 209
 metallo-acid, 成酸, 556
 symbols, 符號, 17
 Emanation, 射氣, 577
 Emery, 剛玉砂, 479
 Emulsions, 乳濁液, 408
 Enamels, 瑯瑯, 397
 Energy, 能, 5
 chemical, 化能, 7
 conservation of, 能常住, 6
 Epsom salt, 厄普孫鹽, 470
 Equation, 方程式, 100
 molecular, 分子方程式, 101
 Equilibrium, 平衡, 233
 Esters, 鹽, 357
 Ether, 醇精, 醚, 348
 Eudiometer, 測氣管, 76
 Evaporation, 蒸發, 108
 Explosive, 爆炸藥, 440
- FAMILIES of elements, 元素之族, 271
 Fats, 脂肪, 357
 Feldspar, 長石, 393
 Fermentation, 發酵, 347
 acetic, 醋發酵, 355
 alcoholic, 酒精發酵, 347
 lactic, 乳發酵, 340
 Ferric compounds, 鐵之化合物, 509
 chloride, 三氯化鐵, 513
 ferrocyanide, 亞鐵培化鐵, 516
 hydroxide, 三氢氧化鐵, 512
 colloidal, 膠狀之三氧化鐵, 407
 salts, 鐵鹽類, 512
- Ferric sulfate, 硫酸鐵, 517
 Ferrochromium, 鐵鉻齊, 508, 562
 Ferromanganese, 鐵錳齊, 508, 557
 Ferromolybdenum, 鐵鉬齊, 591
 Ferrosilicon, 鐵硅齊, 387
 Ferrotitanium, 鐵鈦齊, 590
 Ferrotungsten, 鐵鎢齊, 591
 Ferrous, carbonate, 碳酸亞鐵, 511
 salts, 亞鐵鹽類, 511
 sulfate, 硫酸亞鐵, 511
 sulfide, 一硫化鐵, 511
 Ferrovanadium, 鐵鈞齊, 591
 Fertilizers, 肥料, 447
 Filtration, 過濾, 72
 Fire damp, 坑氣, 314
 Fire extinguishers, 滅火器, 131
 Flames, 火燄, 324
 complex, 複雜火燄, 329
 oxidizing, 氧化燄, 331
 reducing, 還原燄, 331
 simple, 簡單火燄, 323
 Flash lights, 閃光, 468
 Flint, 燧石, 390
 Fluorapatite, 氟磷灰石, 277
 Fluorides, 氟化物, 280
 Fluorine, 氟, 277
 Fluorite, 螢石, 460
 Fluosilicic acid, 硅氟氫酸, 383
 Flux, 熔劑, 500
 Fogs, 霧, 409
 Foods, 食物, 359
 Formaldehyde, 甲醛(蟻膠), 346
 Formalin, 福爾馬林(蟻膠液), 346
 Formic acid, 蟻酸, 305
 Formulas, 式, 96
 Franklinite, 錳鐵礦, 471
 Freezing point, 凝固點, 113
 Enels, 燃料, 319
 Fuller's earth, 漂布土, 491
 Fuming nitric acid, 發烟硝酸, 221
 Furnace, 爐,
 arc, 弧爐, 335
 blast, 鼓風爐, 501

. Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Furnace, electric, 電爐, 334
 open hearth, 開爐, 505
 puddling, 鍊鐵爐, 503
 resistance, 反抗爐, 335
 reverberatory, 反射爐, 523
- Fusion, heat of, 融解熱, 115
- GALENITE, 方鉛礦, 546
- Gallium, 鉍, 273
- Galvanized iron, 鋅鍍鐵, 473
- Gas, 煤氣, 氣體, 氣
 coal, 煤氣, 319
 natural, 天然氣, 323
 producer, 發生爐煤氣, 322
 water, 水煤氣, 321
- Gas laws, the 氣體定律, 53
- Gas mantles, 煤氣罩, 325
- Gases, 氣體, 108
- Gasoline, 氣油, 310
- Gasoline compressed-air torch, 氣油壓氣火把, 482
- Gay-Lussac, 給呂薩克, 57
 law of expansion of gases, 氣體膨脹之定律, 55
 law of volumes 體積之定律, 293
- Germanium, 銻, 23
- Gels, 膠凝體, 404
- Gelatine, 膠, 404
 dynamite, 膠狀炸藥, 445
- Gems, artificial, 人造寶石, 483
- German silver, 日耳曼銀, 526
- Glass, 玻璃, 393
 coloring of, 着色, 396
- Glauber's salt, 芒硝, 423
- Glazing, 加釉, 492
- Glucose, 葡萄糖, 340
- Glue, 膠, 408
- Gluten, 麩質, 359
- Glycerin, 甘油, 357, 440
 nitrate, 硝酸甘油, 443
- Glyceryl nitrate, 硝化甘油, 440
- Gold, 金, 584
 colloidal, 金之膠狀體, 405
- Gold compounds of, 金之化合物, 587
 fool's, 愚人金, 511
 telluride, 碲化金, 585
- Goldschmidt process, 哥德士密特法, [413]
- Gram-molecular, 克分子, 100
 volume, 克分子體積, 100
 weight, 克分子量, 298
- Granite, 花崗岩, 393
- Graphite, 石墨, 123
- Green vitriol, 綠礬, 511
- Gun cotton, 棉火藥, 343
- Gun metal, 砲銅, 526
- Gunpowder, 火藥, 444
 black, 黑火藥, 444
 smokeless, 無烟火藥, 445
- Gypsum, 石膏, 445
- HÆMOGLOBIN, 血素, 497
- Hall, Charles M., 查理馬丁荷爾, 478
- Halogens, 造鹽素, 276
- Hare, Robert, 羅伯, 嘿爾, 49
- Heat, 熱,
 of condensation, 凝結熱, 110
 of fusion, 熔解熱, 115
 of neutralization, 中和之熱, 192
 of reaction, 反應熱, 103
 of solidification, 凝固熱, 114
 of vaporization, 氣化熱, 110
- Helium, 氦, 572
- Hematite, 赤鐵礦, 510
- Henry, 亨利氏
 law of, 亨利定律, 152
- Heptane, 庚烷, 315
- Homogeneous, 均質, 150
- Hexane, 己烷, 310
- Humidity, relative, 相對濕度, 108
- Hydrates, 含水物, 74
- Hydrazine, 重氮基質, 212
- Hydrides, 氫化合物, 44
- Hydriodic acid, 碘氫酸, 287
- Hydrobromic acid, 溴氫酸, 284
- Hydrocarbons, 碳氫化合物, 310
- Hydrochloric acid, 鹽酸, 178

* * Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Hydrochloric acid, salts of, 鹽酸之鹽, 288
- Hydrocyanic acid, 腈氫酸, 309
- Hydrofluoric acid, 氫氫酸, 280
salts of, 氫氫酸之鹽, 288
- Hydrogels, 水凝體, 404
- Hydrogen, 氫, 39
bromide, 溴化氫, 283
chloride, 氯化氫, 44
cyanide, 腈化氫, 309
fluoride, 氫化氫, 279
iodide, 碘化氫, 286
nitrate, 硝酸氫, 220
peroxide, 二氧化二氫, 82
sulfate, 硫酸氫, 258
sulfide, 硫化氫, 44
- Hydrolysis, 加水分解, 237
- Hydronic acid, 三氮化氫, 氮氫酸,
- Hydrosol, 水溶體, 404 [217]
- Hydro-sulfuric acid, 硫氫酸, 199
salt of, 硫氫酸之鹽,
- Hydroxide, 氫氧化物, 198
- Hydroxyl radical, 氫氧根, 190
- Hydrobromous acid, 次溴酸, 290
- Hypochlorites, 次氯酸鹽, 280
- Hypochlorous acid, 次氯酸, 289
- Hypothesis, Avogadro's, 亞佛加特羅氏學說, 294
- Ice, manufacture of, 冰之製造, 115
- Ice-land spar, 冰州石, 454
- Illium, 意利金, 583
- Ilmenite, 錳鐵礦, 398, 590
- Incandescence, 白熱, 32
- Indicators, 指示劑, 188
- Indigo, 藍靛, 350
- Infusorial earth, 硅藻土,
- Inks, 洋墨水, 517
- Invar, 常度合金, 519
- Invert sugar, 轉化糖, 339
- Iodic acid, 碘酸, 290
- Iodides, 碘化物,
- Iodine, 碘, 284
- Iodine, oxides of, 氧化物, 288
tincture of, 碘酒, 286
- Iodoform, 黃碘 (三碘甲烷), 286
- Ionium, 鏷, 577
- Ionization, 電離, 159
- Ions, 離子, 160
- Iridium, 銻, 579
- Iron, 鐵,
cast, 鑄鐵, 501
disulfide, 二硫化鐵, 511
galvanized, 鉅鐵, 473
oxides of, 氧化物, 513
pig, 銑鐵, 503
sulfide, 硫化鐵, 13
wrought, 鍛鐵, 503
- Iron family, 鐵族, 496
- Iron ore, 鐵礦, 499
- Isomeric compounds, 異性同分化
合物, 338
- Isomorphism, 異質同形體, 595
- JACK, 振板, 591
- Jasper, 碧玉, 390
- KAINITE, 鉀瀉利鹽, 463
- Kaolin, 高嶺土, 493, 491
- Kerosene, 燈用石油, 183
- Kindling temperature, 燃度, 33
- Kinetic theory, 運動說, 62
- Kipp apparatus, 啓普氏發生器, 42
- Krypton, 氙, 139
- LACTIC acid, 乳酸, 340
- Lactose, 乳糖, 339
- Lakes, 沉澱色質, 485
- Lamp, blast, 鼓風燈, 50
tungsten, 鎢燈, 591
- Lampblack, 油煙, 125
- Laughing gas, 笑氣, 226
- Lavoisier, 拉瓦錫氏,
- Law, 定律, 426
periodic, 週期律, 269
of Boyle, 波義耳定律, 54

Law, of Charles, 查理氏定律, 56
 of combining weight, 化合量定律, 90
 of conservation of energy, 能常定律, 6
 of conservation of matter, 物質常住定律, 10
 of definite composition, 組成不變之定律, 35, 81
 of Gay-Lussac, 給呂薩克定律, 56,
 of Henry, 亨利定律, 152 [293
 of multiple proportion, 倍比定律,
 Laws, the gas, 氣體之諸定律, 53 185
 Laws of Raoult, 拉烏爾氏之定律, 298
 Lead, 鉛, 546
 desilverization of, 由鉛析銀法, 548
 hard, 硬鉛, 546
 oxides of, 氧化物, 549
 red, 紅鉛, 549
 softening of, 軟化, 547
 sugar of, 鉛糖, 555, 552
 white, 鉛白, 550
 Lead compounds, 鉛之化合物, 549-
 acetate, 醋酸鉛, 552 [552
 arsenate, 砷酸鉛, 377
 carbonate, 碳酸鉛, 550
 chloride, 二氯化鉛, 552
 chromate, 鉻酸鉛, 552
 nitrate, 硝酸鉛, 552
 oxide, 一氧化鉛, 549
 peroxide, 二氧化鉛, 550
 sulfate, 硫酸鉛, 552
 sulfide, 一硫化鉛, 552
 Leblanc, Nicolas, 路布蘭氏, 426
 Leblanc process, 路布蘭法, 424
 Lévoluse, 左旋糖, 339
 Liebig, Justus, 利比喜氏, 463
 Liebig condenser, 利比喜凝集器, 70
 Lime, 石灰, 450
 air slaked, 空氣消和, 450
 slaking of, 消和, 450
 superphosphate of, 過磷酸石灰,
 Limekiln, 石灰窯, 451 [463

Lime light, 石灰光, 450
 Limestone, 石灰石, 453
 dolomitic, 白雲石石灰石, 469
 Lime-nitrogen, 氮石灰, 458
 Lime-sulfur spray, 鈣硫噴劑, 244
 Lime water, 石灰水, 452
 Liming soils, 土加灰, 464
 Limonite, 褐鐵礦, 499 [111
 Liquefaction of gases, 氣體之液化,
 Liquid-air machine, 空氣液化機, 112
 Liquids, 液體, 108
 Litharge, 密陀僧, 549
 Lithium, 鋰, 143, 435
 Lithopone, 白繪料, 475
 Loadstone, 磁石, 510
 Lunar caustic, 月腐蝕劑, 536
 Lye, 鹼, 185
 Lubricating oil, 減摩油, 313

MAGNESIUM, 鎂鋁齊, 482
 Magnesia, 苦土, 468
 alba, 白苦土, 469
 usta, 煨製苦土, 468
 Magnesite, 菱苦土石, 469
 Magnesium, 鎂, 142, 467
 carbonate, 碳酸鎂, 469
 chloride, 氯化鎂, 470
 family, 鎂族, 466
 hydroxide, 氫氧化鎂, 468
 nitrid, 二氯化三鎂, 215
 oxide, 氧化鎂, 468
 silicate, 硅酸鎂, 471
 sulfate, 硫酸鎂, 470
 Magnetite, 磁鐵礦, 499
 Malachite, 綠銅礦(孔雀石), 523
 Malt, 麥芽, 348
 Manganates, 錳酸鹽, 559
 Manganese, 錳, 557
 oxide of, 氧化物, 558 [168
 Manganese tetrachloride, 四氯化錳,
 Manganic acid, 錳酸, 559
 Manganous, carbonate, 碳酸亞錳, 558
 chloride, 二氯化錳, 168

*** Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Manganous, hydroxide, 二氫氧化錳, 558 | Miner's safety lamp, 礦夫之安全燈, 1815 |
| sulfate, 硫酸亞錳, 558 | Mining, 開採, 585 |
| sulfide, 一硫化錳, 558 | hydraulic, 水壓探礦法, 585 |
| Maple sugar, 楓糖, 338 | placer, 淘礦法, 585 |
| Marble, 大理石, 454 | vein, 開採礦脈, 585 |
| Marsh gas, 沼氣, 314 | Minium, 鉛丹, 459 |
| Massicot, 鉛黃, 549 | Mixtures, 混合物, 20 |
| Matches, 火柴, 367 | Moissan, 謨瓦散, 278 |
| Matte, 鑛金, 524 | Molasses, 糖蜜, 338 |
| Matter, 物質, 5 | Molecular weights, 分子量, 292 |
| Meerschamm, 海泡石, 471, 491 | Molecules, 分子, 62 |
| Melconite, 黑銅礦, 523 | of elements, 元素之分子, 98 |
| Melting point 融點, 115 | Molybdenum, 鉬, 591 |
| Mendelejeff, 門德雷業夫, 267 | Monazite sand, 煇酸鈣礦砂, 326 |
| Meniscus, 新月形, 111 | Monel metal 強韌合金, 519 |
| Mercurized cotton, 絲光棉, 343 | Monsieur, 蒙節, 571 |
| Mercuric, chloride, 二氯化錒, 232 | Mordant, 媒染劑, 485 |
| fulminate, 雷錒, 533 | Mortar, 三合土, 452 |
| nitrate, 硝酸錒, 533 | Moth balls, 蠶蟲丸 (樟腦丸), 357 |
| oxide, 一氧化錒, 531 | Multiple proportion, law of, 倍比定律, 85 |
| sulfate, 硫酸錒, 532 | Muriatic acid, 工業用鹽酸, 176 |
| sulfide, 一硫化錒, 533 | Mycoderma aceti, 醋菌, 355 |
| Mercurous, chloride, 一氯化錒, 532 | |
| nitrate, 硝酸亞錒, 533 | NAPHTHA, 石油精, 313 |
| sulfate, 硫酸亞錒, 532 | Naphthalene, 萘油腦, 350 |
| Mercury, 錒, 530 | Nascent state, 新生態, 175 |
| Messothorium, 中鈾, 577 | Natural gas, 天然氣, 323 |
| Metaboric acid, 一縮原硼酸, 400 | Natural charge of, 自然之變化, 2 |
| Metallo-acid elements, 成酸金屬元素, 557 | Negative catalyser, 負觸媒, 494 |
| Metallurgy, 冶金術, 412 | Negative charges, 負電荷, 160 |
| Metals, 金屬, 180, 266, 411 | Neon, 氖, 139 |
| Metaphosphoric acid, 二縮原磷酸 (冰磷酸), 372 | Neutralization, 中和, 190 |
| Metasimic acid, 一縮原硅酸, 392 | Nickel, 鎳, 519 |
| Metastannic acid, 一縮原錒酸, 542 | compounds of, 化合物, 520 |
| Meteorites, 隕石, 496 | coinage, 鎳幣, 256 |
| Methane, 甲烷, 314 | plating, 電鍍, 519 |
| Methyl, 甲基, 346 | steel, 鎳鋼, 519 |
| Mica, 雲母, 393, 491 | Niton 氣, 今改稱 (Radon), 572 |
| Microcosmic salt, 小天地鹽, 371 | Nitrates, 硝酸鹽, 224 |
| Milk, 牛乳, 409 | Nitric acid, 硝酸, 187, 218 |
| Minerals, 礦物, 412 | salts of, 硝酸之鹽, 224 |
| | Nitric oxide, 一氧化氮, 226 |

- Nitrides, 氮化物, 136, 215
 Nitrites, 亞硝酸鹽, 224
 Nitrobenzene, 硝基苯, 351
 Nitrocellulose, 硝化纖維素, 445
 Nitrogen, 氮, 133
 oxide, 一氧化氮, 226
 pentoxide, 五氧化二氮, 228
 tetroxide, 四氧化二氮, 228
 trioxide, 三氧化二氮, 228
 Nitroglycerin, 硝化甘油, 440
 Nitrosyl sulfuric acid, 亞硝基硫酸,
 Nitrous acid, 亞硝酸, 225 [256
 Nitrous oxide, 一氧化二氮, 225
 Non-metals, 非金屬, 180
 Normal salts, 正鹽,
 Nut gall, 沒食子, 517

 Oil, corn, 玉蜀黍油, 342
 of vitriol, 礬油, 258
 Oils, 油類, 357
 Oleic acid, 油酸, 357
 Olein, 油脂, 357
 Oleomargarine, 人造牛酪, 358
 Onyx, 縞瑪瑙, 390
 Opal, 蛋白石, 390
 Open-hearth process, 開爐法, 505
 Ores, 礦石, 412
 Organic acid, 有機酸, 354
 Organic chemistry, 有機化學, 304
 Oriental amethyst, 東方紫水晶, 483
 Orpiment, 雄黃, 373
 Orthophosphates, 一縮磷酸鹽, 370
 Orthosilicic acid, 原硅酸, 392
 Osmic acid, 銻酸, 584
 Osmium, 銻, 579
 Osmium tetroxide, 四氧化銻, 585
 Oxalic acid, 草酸, 305
 Oxidation, 氧化, 31
 Oxide, 氧化物, 31
 Oxycetylene blowpipe, 氧炔吹管,
 Oxygen, 氧, 24 [317
 Oxyhydrogen blowpipe, 氫氧吹管, 49
 Oxy salts, 含氧鹽, 380

 Ozone, 臭氧, 117

 PAINTS, 油漆,
 Palau, 鈹金齊, 583
 Palladium, 鈹, 21
 Palmitic acid, 軟脂酸, 357
 Palmitin, 軟脂, 357
 Paper, 紙, 344
 Paraffin, 石蠟, 310
 Paris green, 巴黎綠, 376
 Parkes process, 柏克斯法, 548
 Pentane 戊烷, 310
 Pentasulfide, 五硫化物, 379
 Perchlorates, 過氯酸鹽, 290
 Perchloric acid 過氯酸, 289
 Periodic acid, 過碘酸, 290
 Periodic, classification, 週期分類法,
 families, 週期族, 271 [268
 group, 週期類, 271
 law, 週期律, 269
 value of, 週期律之價值, 278
 table, 週期表, 270
 Permanganate, 高錳酸鹽, 559
 Permanganic acid, 高錳酸, 559
 Persulfates, 高硫酸鹽,
 Persulfuric acid, 高硫酸, 270
 Petroleum, 煤油, 312
 Pewter, 白鐵, 543
 Phenol, 酚, 351
 Philosophers stone, 哲學家之石, 21
 Phlogiston, 燃素, 34
 Phosgene, 氯化炭基質, 306
 Phosphates, 磷酸鹽, 370
 Phosphine, 磷化三氫, 367
 Phosphonium compound, 磷化合物,
 Phosphorescence, 熾光, 366 [366
 Phosphoric anhydride, 熾酐, 369
 Phosphoric acid, 熾酸, 570
 glacial, 冰熾酸, 372
 Phosphorite, 熾灰土礦, 364, 459
 Phosphorus acid, 亞熾酸, 369
 Phosphorous, 磷, 364
 acids of, 磷之酸類, 369

- Phosphorous, chlorides of, 氯化物, family, 磷族, 362 [372]
 hydrides of, 氯化物, 367
 oxides of, 氧化物, 369
 per chloride, 五氯化磷, 372
 pentoxide, 五氧化二磷, 369
 red, 赤磷, 366
 sesquisulphide, 三硫化磷, 372
 sulfides of, 磷之硫化物, 372
 tribromide, 三溴化磷, 283
 trioxide 三氧化二磷, 369
 trichloride, 三氯化磷, 372
 white, 白磷, 365
- Photography, 攝影術, 537
- Picric acid, 苦味酸, 445
- Pink salt, 粉紅鹽, 546
- Pigment, 顏料, 552
- Pitchblende, 瀝青鈾礦, 569
- Plaster, 灰泥, 452
- Plaster of Paris, 巴黎石膏, 455
- Platinic chloride, 四氯化鉑, 583
- Platinous chloride, 二氯化鉑, 573
- Platinum, 鉑, 579
 colloidal, 鉑之膠溶體, 405
 compounds of, 鉑之化合物, 583
- Platinum metals, 鉑金屬, 583
- Point, boiling, 沸點, 109
 critical 臨界點, 111
 freezing, 凝固點, 113
 melting, 融點, 115
- Polonium, 鏷, 577
- Porcelain, 瓷器, 493
- Portland cement 波特蘭水泥, 494
- Positive charge 正電荷, 160
- Potash, caustic, 苛性鉀, 437
- Potassium, 鉀, 429
 acid sulfate, 酸式硫酸鉀, 435
 acid sulfite, 酸式亞硫酸鉀, 435
 alum, 鉀明礬, 486
 bicarbonate, 重碳酸鉀, 434
 bitartrate, 酸式酒石酸鉀, 487
 aurate, 金酸鉀, 585
 bromide, 溴化鉀, 433
- Potassium, carbonate, 碳酸鉀, 434
 chlorate, 氯酸鉀, 433
 chloride, 氯化鉀, 432
 chromate, 鉻酸鉀, 564
 chrome alum, 鉀鉻明礬, 486, 562
 cyanide, 腈化鉀, 435
 dichromate, 一縮二鉻酸鉀, 564
 ferrocyanide, 亞鐵腈化鉀, 515
 hydroxide, 氫氧化鉀, 432
 iodide, 碘化鉀, 433
 manganate, 錳酸鉀, 559
 nitrate, 硝酸鉀, 433
 permanganate, 高錳酸鉀, 169, 559
 silicate, 矽酸鉀, 393
 sulfate, 硫酸鉀, 435
 sulfite, 亞硫酸鉀, 435
- Pottery, white, 白瓷, 492
- Precipitates, 沉澱, 236
- Preservative, 防腐劑, 350
- Pressure, critical, 臨界壓力, 111
- Priestly, Joseph, 約瑟普利斯特利, 24
- Producer gas 發生爐煤氣, 522
- Propane, 丙烷, 310
- Proteins, 蛋白質, 359
- Prussian blue, 普魯士藍, 516
- Prussiate of potash, red, 鉀紅血鹽,
 yellow, 鉀血鹽, 515 [516]
- Prussic acid, 青酸, 309
- Puddling furnace, 鍊鐵爐, 503
- Pyrite, 黃鐵礦, 511
- Pyrolusite, 軟錳礦, 557 [563]
- Pyrophosphoric acid, 三縮二原磷酸,
 Pyrosulphuric acid, 五縮二原硫酸,
 Pyrrhotite, 磁硫鐵礦, 511 [503]
- QUADRIVALENT elements, 四價元素,
 Quart, 夸, 390 [204]
 Quartz, 石英, 390
 Quicklime, 生石灰, 450
- RADICAL, glyceryl, 甘油根, 357
 hydroxyl, 氫氧根, 198
- Radicals, 根, 198

- Radioactivity, 放射能, 570
 Radiograph, 放射線攝影, 570
 Radiothorium, 放射鈾, 577
 Radium, 鐳, 571 1138
 Ramsay, Sir William, 威廉刺謨塞,
 Rare, earth, 稀土族, 478
 elements, 稀有元素, 589
 Raoult, law of, 拉烏爾氏之定律, 298
 Reactions, 反應, 14
 reversible, 可逆, 233
 Realgar, 雞冠石, 373
 Reducing agent, 還原劑, 48
 Reducing flame, 還原焰, 332
 Reduction, 還原, 48
 Reinforced concrete, 鐵筋混凝土, 495
 Rennin, 胰胃酵素, 339
 Rhodium, 銻, 579
 Rhotanium, 銻鈾金齊, 583
 Rifle bullets, 來復槍彈, 519
 Roasting, 煨燒, 413
 Rock salts, 岩鹽, 422
 Rock phosphate, 岩磷鹽, 371
 Rosy quartz, 玫晶, 390
 Rouge, 鐵丹, 510
 Rubidium, 銣, 435
 Ruby, 紅寶石, 483
 Rust, 鏽, 513
 Ruthenium, 鈳, 579
 Rutile, 金紅石, 398, 590

 SACCHARINE, 糖精, 352
 Sal ammoniac, 硃砂, 436
 Sal soda, 洗濯蘇打, 426
 Salt, common, 食鹽, 421
 rock, 巖鹽, 422
 Saltpeter, 硝石, 433
 Salts, 鹽類, 193
 Sand, 砂, 370
 Sandstone, 砂岩, 371
 Saponification, 鹼化作用, 441
 Sapphire, 藍寶石, 483
 Saturation, 飽和, 155
 Scale, boiler, 鍋積垢, 34

 Scheele, 社勒, 133
 Selenium, 硒, 589
 Sensitizer, 感光劑, 537
 Serpentine, 蛇紋石, 471, 491
 Sewage-disposal plant, 排廢場, 34
 Shot, 彈, 374
 Siderite, 菱鐵礦, 512
 Silica, 石英, 364
 Silicates, 硅酸鹽, 392
 Silicic acid, 硅酸, 392
 condensed, 縮合硅酸, 393
 simple, 簡單硅酸, 392
 Silicides, 硅化物, 388
 Silicon, 硅, 386
 dioxide, 二氧化硅, 399
 fluoride, 氟化硅, 280
 hydride, 硅化氫, 388
 Silk, artificial, 人造絲, 343
 Silk fibre, 絲纖維, 344
 Silver, 銀, 533
 bromide, 溴化銀,
 chloride, 氯化銀, 537
 chromates, 鉻酸銀, 537
 cyanides, 腈化銀, 537
 iodide, 碘化銀, 537
 nitrate, 硝酸銀, 536
 nitrite, 亞硝酸銀, 537
 plating, 電鍍, 535
 sulfate, 硫酸銀, 537
 sulfide, 一硫化二銀, 537
 Slag, 礦滓, 500
 Sluices, 淘金槽, 585
 Smalt, 花紺青, 519
 Smithsonite, 菱鋅礦, 471
 Smoke prevention, 防烟, 332
 Soap, 石鹼, 440
 castile, 上等石鹼, 442
 floating, 浮石鹼, 442
 mottled, 雜石鹼, 442
 naphtha, 石油精石鹼, 442
 scouring, 琢磨石鹼, 442
 transparent, 透明石鹼, 442
 Soapstone, 石鹼石, 471

. Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Soda, 蘇打, 碱, 425
 baking, 焙用碱, 427
 bicarbonate, 重碳酸蘇打, 427
 caustic, 苛性蘇打, 185
 sal, 洗濯蘇打, 426
 washing, 洗濯蘇打, 426
- Soda ash, 蘇打灰, 425
- Sodamide, 碱基鈉, 428
- Soddy, 索迪氏, 425
- Sodium, 鈉, 181
 compounds of, 鈉之化合物, 420
 benzoate, 安息酸鈉, 351
 bisulfite, 重亞硫酸鈉, 423
 bromide, 溴化鈉, 423
 carbonate, 碳酸鈉, 424
 chlorate, 氯酸鈉, 429
 chloride, 氯化鈉, 421
 chromate, 鉻酸鈉, 564
 cyanide, 腈化鈉, 428
 dihydrogen phosphate, 磷酸二氫鈉, 370
 diuranate, 一縮二鈾酸鈉, 569
 ferrocyanide, 亞鐵腈化鈉, 515
 hydroxide, 氫氧化鈉, 198
 hydrogen carbonate, 碳酸氫鈉, 427
 hydrogen sulphate, 硫酸氫鈉, 176
 hypochlorite, 次氯酸鈉, 429
 hyposulfite, 次硫酸鈉, 424
 iodide, 碘化鈉, 423
 nitrate, 硝酸鈉, 427
 permanganate, 高錳酸鈉, 360
 peroxide, 二氧化二鈉, 421
 phosphates, 磷酸鈉, 370, 428
 pyrochromate, 一縮二鉻酸鈉, 565
 silicate, 矽酸鈉, 394
 sulfate, 硫酸鈉, 423
 sulfite, 亞硫酸鈉, 423
 thiosulfate, 一硫硫酸鈉, 424
- Solder, 鐵, 543
- Soldering, 鐵銲, 543
- Solid solution, 固溶體, 498
- Solids, 固體, 113
 amorphous, 無定形固體, 114
- Solids crystalline, 結晶形固體, 114
- Sols, 膠溶體, 404
- Solubility, 溶解度, 151
- Solubility curves, 溶解度曲綫, 157
- Solute, 溶質, 151
- Solution, 溶液, 150
 boiling point of, 溶液之沸點, 162
 equilibrium in, 溶液中之平衡, 234
 freezing point of, 溶液之凝固點, 162
 gram molecular, 克分子量溶液, 155
 molar, 克分子量溶液, 155
 saturated, 飽和溶液, 155
 super-saturated, 過飽和溶液, 156
- Solvey process, 索爾未法, 425
- Solvent, 溶劑, 150
- Spelter, 生鋅, 472
- Sphalerite, 硫鋅礦, 475
- Spinel, 尖玉石, 484
- Spirites of hartshorn, 鹿角精, 212
- Spray, lime-sulfur, 鈣硫噴劑, 244
- Stamping mill 榨礦機, 585
- Standard conditions, 標準狀況, 56
- Stannates, 錫酸鹽, 514
- Stannic acid, 錫酸, 544
 chloride, 四氯化錫, 515
 oxide, 二氧化錫, 544
 sulfide, 二硫化錫, 446
- Stannous, chloride, 二氯化錫, 545
 sulfide, 一硫化錫, 446
- Starch, 澱粉, 341
- Stassfurt salts, 斯塔斯佛特鹽, 430
- State, nascent, 新生態, 175
 native, 天然態, 18
- Stearic acid, 硬脂酸, 357
- Stearin, 硬脂, 357
- Steel, 鋼, 498
 alloy of, 鋼之合金, 508
 crucible, 坩堝鋼, 506
 electrothermal metallurgy, 電熱冶金, 507
 hardening of, 硬焠, 507
 tempering of, 強焠, 507
 tool, 造器鋼, 506

- Steel, vanadium, 釩鋼, 591
 Steel purifiers, 淨鋼劑, 509
 Steels scavenger, 淨鋼劑, 509
 Stellite, 星金, 583
 Stibine, 銻化三氫, 378
 Stibnite, 輝銻礦, 377
 Strontianite, 碳酸銻礦, 460
 Strontium, 銻, 460
 hydroxide, 二氫氧化銻, 462
 nitrate, 硝酸銻, 462
 Structural formulas, 構造式, 207
 Sucrose, 蔗糖, 338
 Sugar, 糖, 338
 beet, 甜菜糖, 338
 cane, 甘蔗糖, 338
 grape, 葡萄糖, 340
 invert, 轉化糖, 330
 milk, 乳糖, 339
 Sugar of lead, 鉛糖, 355
 Sulfates, 硫酸鹽, 260
 Sulfides, 硫化物, 247
 insoluble, 不溶解之硫化物, 247
 of calcium, 鈣之硫化物, 244
 soluble, 可溶解之硫化物, 247
 Sulfites, 亞硫酸鹽, 252
 Sulfur, 硫, 239
 amorphous, 無定形硫, 242
 flowers of, 硫華, 240
 monoclinic, 單斜晶形硫, 242
 oxides of, 硫之氧化物, 248
 plastic, 彈性硫, 243
 rhombic, 菱形硫, 241
 roll, 棒硫, 240
 Sulfur compounds 硫化合物, 248
 dioxide, 二氧化硫, 248
 trioxide, 三氧化硫, 253
 Sulfuric acid, 硫酸, 41, 187, 254
 Sulfurous acid, 亞硫酸, 251
 salts of, 亞硫酸之鹽類, 252
 Sulphuryl chloride, 氯化硫基質, 302
 Superphosphate of lime, 過磷酸石灰, 156
 Supersaturation, 過飽和, 302
 Sylvite, 鉀石鹽, 431
 Symbol, 符號, 17
 Synthesis, 分析, 75
 TALC, 滑石, 471, 491
 Tannic acid, 鞣酸, 517
 Tartaric acid, 酒石酸, 356
 Tellurium, 碲, 589
 Temperature, 溫度,
 absolute scale of, 絕對溫度, 56
 centigrade scale of, 百度計溫度, 56
 critical, 臨界溫度, 111
 kindling, 着火溫度, 33
 Tetraboric acid, 四縮原硼酸, 400
 Textile fibers, 織物纖維, 343
 Thallium, 鉍, 478
 Theory, 理論, 62
 atomic, 原子理論, 62
 forming a, 組成理論, 62
 of ionization, 電離理論, 159
 the kinetic, 運動說, 53
 value of a, 理論之價值, 63
 Thermite, 鋁熔接劑, 482
 Thermite welding process, 鋁熔接劑
 鍛接法, 482
 Thermoelectric process, 電熱法, 414
 Thermos bottle, 熱壺, 113
 Thorium, 鈾, 554
 oxide, 氧化鈾, 590
 Tin, 錫, 541
 block, 錫條, 542
 chlorides of, 錫之氯化物, 545
 crystals, 錫晶, 545
 oxymuriate of, 強錫, 545
 Tin plat, 馬口鐵, 542
 Titanium, 鈦, 398
 compounds of, 鈦之化合物, 398
 nitrate, 氮化鈦, 398
 Toluene, 甲烴, 311
 Topaz, 黃玉, 483
 Townsend cell, 坦增德槽, 184
 Transition point, 遷移點, 242
 Trinitrotoluene, 三硝基甲烴, 445
 Trisulfide, 三硫化物, 379

. Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.

- Trivalent elements, 三價元素, 204
 Tungsten, 鎢, 591
 Type metal, 印模金, 383
- UNITS and abbreviation, 單位及其簡略之符號, 10
 Univalent elements, 一價元素, 204
 Uraninite, 鈾礦, 569
 Uranium, 鈾, 569
 Uranium steel, 鈾鋼, 570
 Uranyl nitrate, 硝酸鈾基質, 569
- VALENCE, 原子價, 203
 Vanadium, 鈾釩礦, 591
 Vanillin, 香蘭精, 352
 Vapor, pressure, 水蒸氣壓力, 59
 saturated, 飽和蒸氣, 108
 Vaporization, heat of, 氣化熱, 110
 Vanish, 塗漆, 346
 Vaseline, 礦脂, 310
 Venetian red, 赤茶, 510
 Ventilation, 通風, 146
 Vermilion, 銀朱, 533
 Vehicle, 漆媒, 552
 Vibrator, 振動器, 591
 Vinegar, 醋, 335
 sugar, 糖醋, 356
 malt, 麥醋, 356
 Vitriol, blue, 膽礬, 263, 527
 green, 綠礬, 511
 oil of, 礬油, 258
 white, 皓礬, 474
 Volatile matter, 揮發質, 125
 Volumes, law of, 體積定律, 293
- WATER, 水, 67
 distilled, 蒸餾水, 70
 hard, 硬水, 456
- Water, mineral, 礦水, 67
 permanent hardness of, 永久硬水,
 soft, 軟水, 67 456
 temporary hardness of, 暫時硬水,
 Water former, 水母, 38 456
 Water gas, 水煤氣, 321
 Water glass, 水玻璃, 394
 Water vapor, 水蒸氣, 142
 Weights, atomic, 原子量, 94
 combining, 化合量, 89
 formula, 式量, 100
 gram-atomic, 克分子量, 100
 gram-molecular, 克分子量, 100
 symbol, 符號量, 100
 Whey, 乳漿, 340
 Willemite, 硅酸鋅礦, 471
 Witherite, 毒重石, 460
 Wollastonite, 硅灰石, 393
 Wohler, 味勒, 479
 Wood's metal, 武德合金, 384
 Wood fiber, 毛纖維, 344
- XENON, 氙, 139
- YEAST, 酵母菌, 347
- ZINC, 鋅, 461
 granulated, 粒狀鋅, 473
 mossy, 鬆鋅, 473
 Zinc, chloride, 二氯化鋅, 475
 oxide, 一氧化鋅, 473
 sulfate, 硫酸鋅, 474
 sulfide, 硫化鋅, 475
 white, 鋅白, 474
 Zincite, 赤鋅礦, 475
 Zircite, 鋇曬, 590
 Zirconalite, 鋇亞白, 590
 Zirconium, 二氧化鋇, 590

* * Acids are all listed under "acid" and salts under the positive radical.