

化學方程式

張蔚之 編著
劉遂生

商務印書館出版

化 學 方 程 式

張 蔚 之 編 著
劉 遂 生
吳 瑞 年 校 訂

商 務 印 書 館 出 版

◆(52703)

化 學 方 程 式

★ 蘇聯所有 ★

編著者 張 蔚 之 劉 途 生
校訂者 吳 瑞 年
出版者 商 務 印 書 館
上 海 馬 路 中 路 二 一 一 號
發行者 中 國 圖 書 發 行 公 司
三 聯 中 華 南 華 國 民 華 北 華 東 華 南 華 西 華 北 華 南
北 京 法 政 街 四 十 六 號
發 行 所 三 聯 書 店 中 華 書 局
商 務 印 書 館 開 明 書 店
發 行 所 商 務 印 書 館 各 地 分 店
印 刷 者 商 務 印 書 館 印 刷 廠

1949年6月初版 定價人民幣6,000元
1951年6月4版

(編)4001-9000

序

化學方程式乃化學中之基石，讀化學者深以不易澈底瞭解爲苦——對於平衡法及計算法，尤覺茫然。編者本廿餘年教學的經驗，並參考中外化學名著，集成此書，以供中學生參考及複習之用。內容力圖完備，文字務求簡明，使讀者閱後，不特可減少學習方程式的困難，且可增進研究化學的興趣。稿成，蒙化學專家吳瑞年先生（哥倫比亞大學化學碩士著作宏富）詳爲指示，多所改善，應致謝忱！惟是編者課務繁忙，思慮猶恐不周，謬誤之處，或尙不免，至望海內高明，不吝指正，實爲厚幸！

一九四八年五月

張蔚之 江蘇省立鎮江中學
劉遂生 於 上海市立新陸師範

目次

	頁數
第一章 化學方程式之定義.....	1
第二章 化學方程式所根據之學說及定律.....	3
第三章 作化學方程式之步驟.....	4
第四章 化學方程式之平衡法.....	8
第五章 作化學方程式之注意點.....	23
第六章 化學方程式之涵義.....	27
第七章 化學方程式不能表記之事項.....	31
第八章 化學方程式之類別.....	34
第九章 應用化學方程式之計算.....	38
第十章 重要元素之方程式(附有圖物之重要方程式).....	60
附錄 一 習題.....	117
二 萬國原子量表.....	135
三 重要參考用表.....	136

化學方程式

第一章

化學方程式之定義

化學家拉發西埃 (Lavoisier) 曾謂科學之要素有三，即事實 (facts)、理論 (theories)、表記法 (notation) 及命名制 (terminology)。化學為研究物質及其變化之科學，故化學表記法 (chemical notation) 不外三種：

- (一) 化學符號 (chemical symbols) 表記各元素；
- (二) 化學式 (chemical formulas) 表記各物質(單質及化合物)；
- (三) 化學方程式 (chemical equations) 表記各種化學變化。

中等化學書中，方程式多至二百餘。應用方程式之計算，常居化學計算法 (stoichiometry) 之首要，故化學方程式實為化學中之基石。概括言之，凡用化學符號、化學式及數學符號(加

號及矢號) 以表記各種化學變化之方程式，統稱為化學方程式。如氯化鈉與硫酸共熱，以及通二氧化碳於石灰水，可分別用方程式表示如下：



式中之‘ \longrightarrow ’(間有用‘ $=$ ’者)讀作‘變為’或‘生成’。‘ $+$ ’讀作‘與’或‘及’。‘ \uparrow ’(有時於化學式上作橫線如 $\overline{\text{HCl}}$) 表記氣體之放散。‘ \downarrow ’(有時於化學式下作橫線如 $\underline{\text{CaCO}_3}$) 表記沉澱之發生。因在平衡方程式中，左右兩端各元素之原子數或其所表記之重量數，均各完全相等，故得方程式之稱；惟其左右不能移項，及由左端不能推出右端，斯則與代數方程式不同耳。

第二章

化學方程式所根據之學說及定律

化學方程式係根據原子學說(atomic theory)——物質均由極小而不可分割之微粒所構成。此種微粒，稱為原子。同類原子，性質重量相同；異類原子則否。各類原子，能以整個數相結合而生成化合物——由此學說，吾人可用化學符號表記元素之原子，聯合化學符號所成之化學式表記單質及化合物，更用作用物及生成物之化學式連同數學符號，以表記各種化學變化。如此所得之方程式，最為簡明通用。

化學方程式又根據於物質不滅定律(the law of conservation of matter)——化學變化前諸物質之重量和，恆等於化學變化後諸物質之重量和——由此定律，吾人須使方程式兩端各元素之原子數，或其所表記之重量數完全相等，方能表記實際上之化學變化，因之方程式有平衡之必要。

第三章

作化學方程式之步驟

化學中任何方程式，均由前人經過千辛萬苦，始克作成。

其步驟有三：

(一) 作文字方程式：由觀察與實驗發現真實之化學變化；觀察是用一定目的，將注意力集中於自然現象；實驗是人力管理下之觀察，其價值可使時間經濟，狀況簡化。但觀察有時易生種種錯誤：一為生理上之錯誤，即吾人之感官，常受自然之限制，例如看不見紫外線及赤外線，聽不到每秒振動三十二次以下及三萬八千次以上之音；二為習慣上之錯誤，即個人之錯誤，如看顏色時常把紫當作藍；三為心理上之錯誤，如重物下墜，似覺速於輕物。欲免上列錯誤，第一須有相當訓練；第二須用儀器輔助，如用度外顯微鏡 (ultramicroscope) 可以間接窺出分子運動；第三須賴多數人之共證。因觀察之結果，如以多數人為標準，不但表示客觀，且可減少錯誤。觀察與實驗既繁難如此，故真實之化學變化，殊難確定，必先知作用物之

組成 (composition) 與性質，再測定生成物之組成與性質始可。其實之變化確定後，乃先以文字表記之，謂之文字方程式 (word equation)。

例如 $\text{氫} + \text{氧} \rightarrow \text{水}$

(二) 作符號方程式：作用物及生成物既已求得，乃進一步而測定其化學式。如為單質(由一元素所成之物質)，其一分子所含原子之數，易由下式計算而得。

$$\left(\text{單質分子中所含原子之數} = \frac{\text{單質之分子量}}{\text{元素之原子量}} \right)$$

原子量雖無不可知，但不揮發又不溶解之單質，其分子量尚無法測定。故其化學式無從確定，往往逕取其符號以代之，碘、砒、硼其例也。如為化合物，其化學式可由下列步驟測定之：

- (1) 以定性分析法 (qualitative analysis) 測定化合物之成分元素；
- (2) 以定量分析法 (quantitative analysis) 測定化合物中各成分元素之重量比；
- (3) 測定各成分元素之原子量；
- (4) 計算最簡式 (simplest formula) 或實驗式 (empirical formula)；

(5) 測定化合物之分子量；

(6) 以分子量審核最簡式，即得分子式 (molecular formula)。

如無法測定分子量，即用其最簡式，上列各步，均極繁難；惟第四、第六兩步，其原理及計算方法，尚不甚難，聊示其例如下：

例題 1 某種碳氫化物之組成爲碳 92.31% 及氫 7.69%，其分子量爲 26，試計算其最簡式及分子式。

〔解〕 元素 組成 原子量 原子比 原子整數比

$$\text{碳} \quad 92.31 \div 12 = 7.7 \quad 1$$

$$\text{氫} \quad 7.69 \div 1 = 7.69 \quad 1$$

故其最簡式爲 CH。

設其分子式爲 $(\text{CH})_n$ ，則 $(\text{CH})_n = 26$ ， $13n = 26$ ， $n = 2$

故其分子式爲 C_2H_2 。

例題 2 某物質 10 克強熱後，放出二氧化碳 2.55 克和水 0.525 克，並留下氧化銅爲殘渣，求該物質之實驗式。

〔解〕 組成 式量 比值 整數比

$$\text{CO}_2 \quad 2.55 \div 44 = 0.058 \quad 2$$

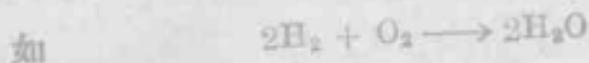
$$\text{H}_2\text{O} \quad 0.525 \div 18 = 0.029 \quad 1$$

$$\text{CuO} \quad 6.925 \div 79.6 = 0.087 \quad 3$$

故其實驗式爲 $3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 或 $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
 作用物及生成物之化學式測定後，以 \longrightarrow 及 $+$ 連結之即得符
 號方程式(symbolic equation)又稱化學方程式。



(三) 方程式之平衡：使方程式左右兩端各元素之原子
 數完全相等的方法，稱爲方程式之平衡(balancing equations)
 平衡的方法頗多，且易施行，容於下章詳述之。



即爲平衡方程式。

第四章

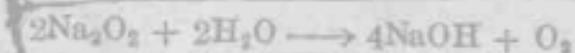
化學方程式之平衡法

化學方程式之平衡，為學習化學之基本工作，應用甚廣；但在普通化學教本中，每不列入，實為一大遺憾。茲將平衡各法，分述如後，讀者如能兼收而並蓄之，則應用無窮矣。

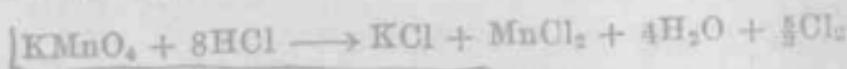
(一) 觀察法 (observation method) 此法僅適用於簡單之方程式。先察知在草式 (skeleton equation) 兩端僅各發現一次之元素，設法使其原子數相等，然後再使其他元素之原子數相等，即可使方程式平衡。如在 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaOH} + \text{O}_2$ 中，Na 在兩端，僅各發現一次，乃書 Na_2O_2 於左端及 2NaOH 於右端，使 Na 相等。又 H 在兩端，亦各發現一次，如書 H_2O 於左端而右端為 2NaOH ，則 H 亦相等。如此前三者之係數均已確定，由計算可知 O_2 之係數應為 $\frac{1}{2}$ 。故得平衡方程式：



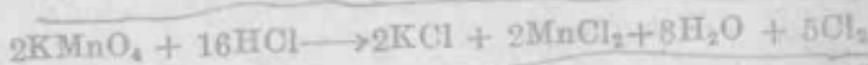
欲使各係數均為整數，須以 2 乘全式：



又如在 $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ 中，
 O 在兩端，僅各發現一次，乃書 4 於 H_2O 之前，使 O 相等，又
 H 在兩端，亦各發現一次，更書 8 於 HCl 之前，使 H 相等，如
 是前五者之係數，均已確定，由計算可知 Cl_2 之係數應為 $\frac{5}{2}$ 。
 故得平衡方程式：



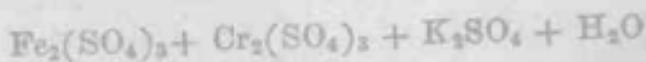
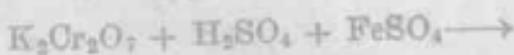
更以 2 乘全式，即可使各係數皆為整數：



(二) 代數法 (algebraic method) 此法無不適用，惟演算
 較煩，且乏化學意義。更可分為下之二法：

[第一法] 設若干未知數，表記作用物化學式前之係數，至
 於生成物化學式前之係數，則以所設諸未知數之函數表之。
 其步驟有如下例：

(1) 先作草式：



(2) 次設三未知數，表記三作用物化學式前之係數。

(通常記於化學式之上)： $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 之係數為 x

H_2SO_4 之係數為 y

FeSO_4 之係數為 z

(3) 生成物化學式前之係數；則以 x, y, z 之函數表之。(亦記於化學式之上)：

以 K 原子計， K_2SO_4 之係數為 x

以 Cr 原子計， $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 之係數為 x

以 H 原子計， H_2O 之係數為 y

以 Fe 原子計， $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之係數為 $\frac{z}{2}$

(4) 按物質不滅定律，方程式左右兩端各原子或根之數，應各完全相等，因就上條未經比較之根或原子，作代數方程式：

就 SO_4 根計， $y + z = \frac{1}{2}z + 3x + x \dots\dots\dots (I)$

就此外 O 原子計， $7x = y \dots\dots\dots (II)$

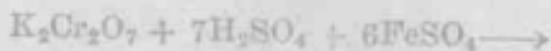
(5) 解所得之代數方程式：

由(I) $\frac{1}{2}z + 4x = y \dots\dots\dots (III)$

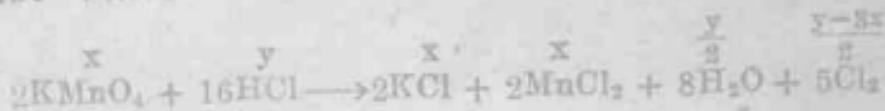
(II) - (III) $6x = z \dots\dots\dots (IV)$

由(II)及(IV)得 $x=1; y=7; z=6$

(6) 得平衡方程式：



更設一例如下：

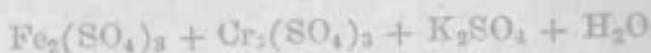
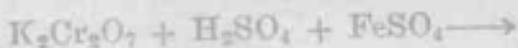


以 O 原子計， $4x = \frac{y}{2}$ ，即 $y = 8x$

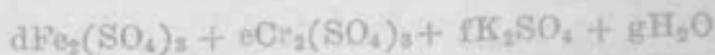
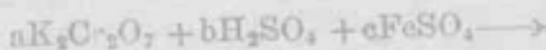
使各係數皆為整數， $x = 2$ ， $y = 16$ ，

〔第二法〕 作用物及生成物化學式前之係數，均以所設之未知數表之，其步驟有如下例：

(1) 先作草式：



(2) 次設七未知數，表記各化學式前之係數：



(3) 列代數方程式：

就 K 計， $a = f$ 。 就 Cr 計， $a = e$ 。

就 H 計， $b = g$ 。 就 Fe 計， $c = 2d$ 。

就 SO_4 計， $b + c = 3d + 3e + f$ 。

就 SO_4 以外之 O 計， $7a = g$ 。

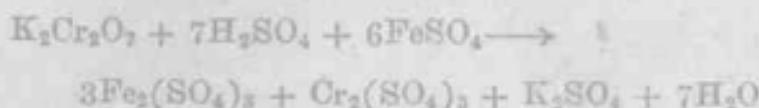
(4) 解所得之代數方程式：因未知數有七而方程式僅六，故為不定方程式。

令 $a = 1$, 則 $f = e = 1$, $b = g = 7$.

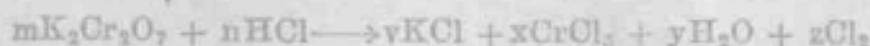
$$7 + 2d = 3d + 3 + 1$$

故 $d = 3$ $c = 6$

(5) 得平衡方程式:



再設一例如下:



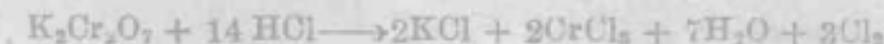
$$2m = v \text{ (就 K 計)}, \quad 2m = x \text{ (就 Cr 計)},$$

$$7m = y \text{ (就 O 計)}, \quad n = 2y \text{ (就 H 計)},$$

$$n = v + 3x + 2z \text{ (就 Cl 計)}$$

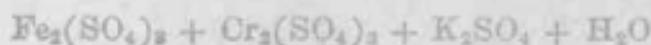
令 $m = 1$, 則 $x = v = 2$, $y = 7$, $n = 14$, $z = 3$.

故得平衡方程式:

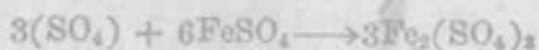
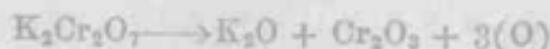


(三) 部分方程式法(method of partial equations) 此法用途雖廣, 但非初學者所優爲; 惟使吾人對於化學變化, 得進一步之瞭解, 則非他法所能及。其步驟如下:

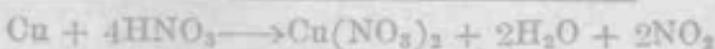
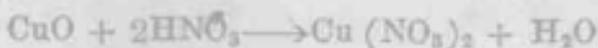
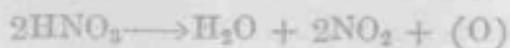
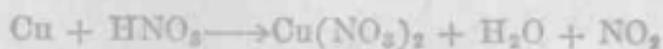
(1) 作草式:



(2) 就作用物之化學性質及其所生之生成物，擬定部分方程式，——使其平衡，再合併之，即得所需之平衡方程式：



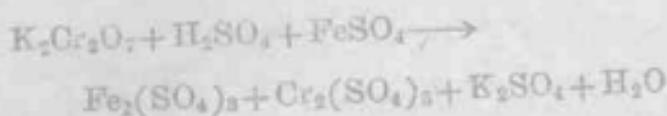
更設一例如下：



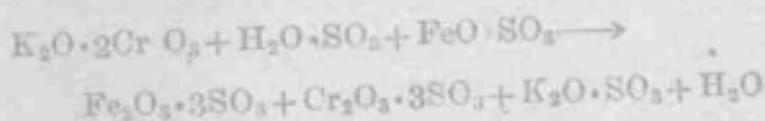
(四) 縮水物法(anhydride method) 三元酸可視為非金屬氧化物與水所成，故非金屬氧化物為酸之縮水物。鹼類可視為金屬氧化物與水所成，故金屬氧化物為鹼之縮水物。而三元鹽則可視為由兩種縮水物所構成。凡含有三元酸鹼類及三元鹽之方程式，一經析成縮水物後，即易平衡，故稱縮水物

法。其步驟如下：

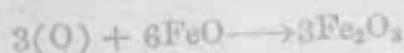
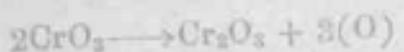
(1) 作草式：



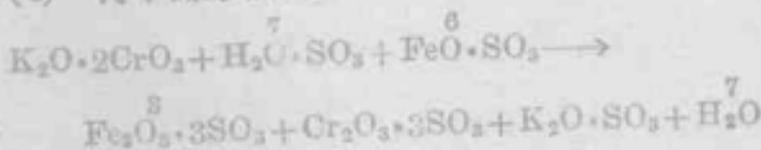
(2) ——析成縮水物，其不能析及不必析者隱之：



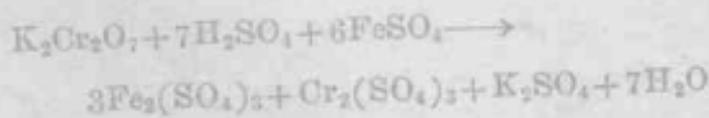
(3) 注意有變化之縮水物，並設法平衡之：



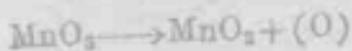
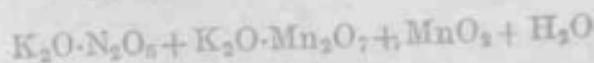
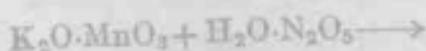
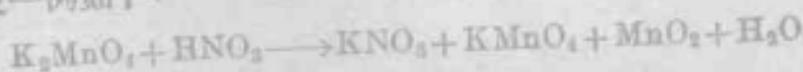
(4) 得平衡方程式：

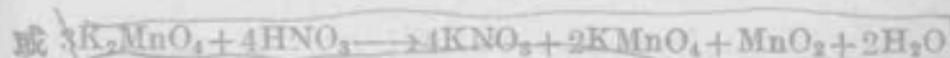


或



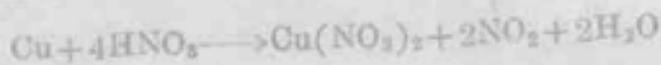
再設一例如下：



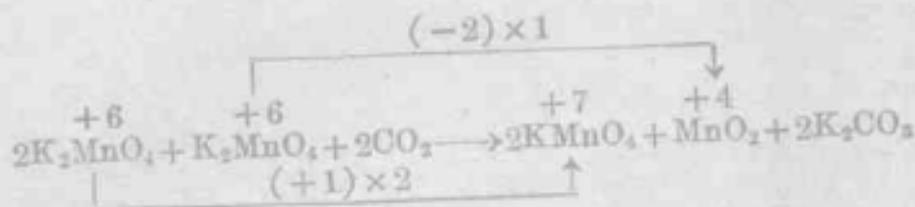


(五) 原子價法 (valence method) 此法適用於平衡原子價有變更之方程式。欲知原子價之變更，須先知原子價之正負。按原子結構說：化合作用，起於一原子奪取電子而他原子施放電子，某元素一原子所失之電子數，即為其正原子價之數；而某元素一原子所得之電子數，即為其負原子價之數。電子不生不滅，得失之數必同，亦即化合物中之正負原子價，其數必同。游離元素之原子價，無分正負，常視為零。金屬及氫與他元素化合時，其原子價為正。氧與他元素化合時，其原子價為負。非金屬與氫及金屬化合時，其原子價為負，而與氧化合時，其原子價為正。非金屬互相化合時，其位置在週期表上之較右者，常生負原子價。原子價增，以其施放電子；原子價減，以其奪取電子。在任何化學變化中，電子得失之數必等，亦即原子價之增減，其數必等。據此以平衡方程式，簡捷易行，實為至善之方法，其步驟如下：

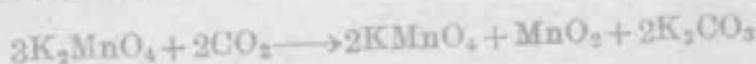
故得平衡方程式：



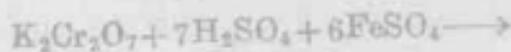
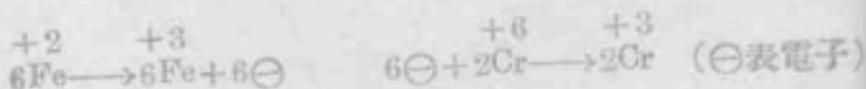
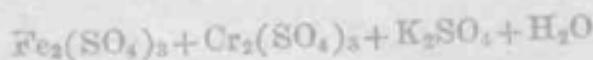
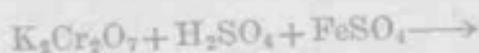
左端 Mn 之原子價，在右端 KMnO_4 中增加，在 MnO_2 中則減少。為便利計，左端之 K_2MnO_4 可寫二次，使其一生 KMnO_4 ，一生 MnO_2 ：

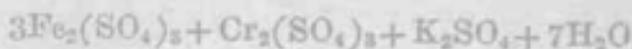


故得平衡方程式：

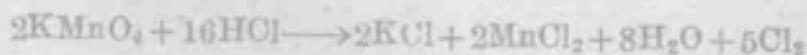
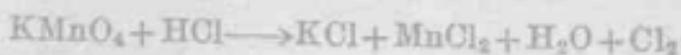


(六) 電子法 (electron method) 此法係自原子價法蛻變而成。原子價增，以其施放電子；原子價減，以其獲得電子。使電子授受之數相等，即可據以平衡方程式矣。



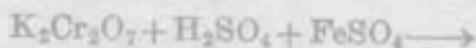


再設一例如下：



(七) 游子與電子法(ion and electron method) 此法由電子法及部分方程式法參合而成。惟所用之部分方程式，非分子方程式而為游子方程式。電解質之相互作用，恆以游子方程式表之。故此等方程式之平衡，可用此法為之，亦平衡方程式之良法也。其步驟如下：

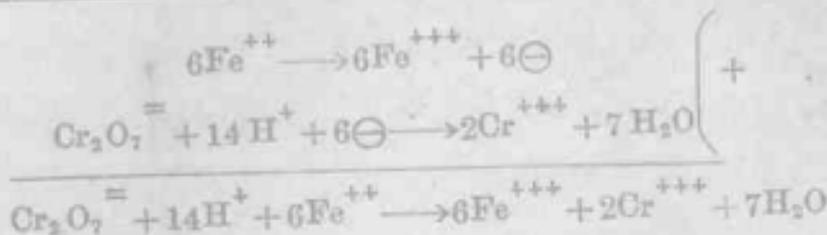
(1) 作草式：



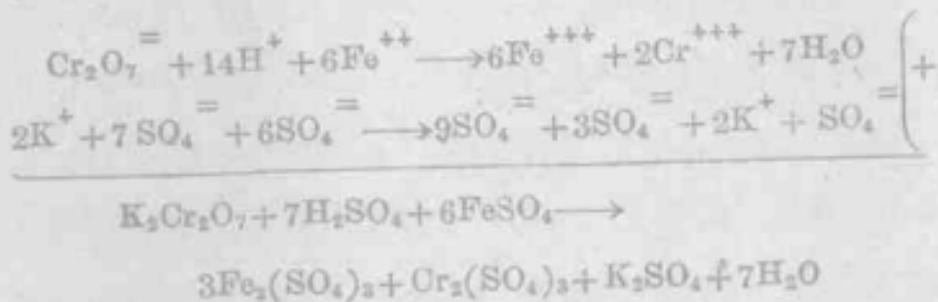
(2) 作草式之游子方程式：分子方程式中之電解質分子，悉改書為游子。未變化之游子，略去不書。



(3) 分別作施放電子及接收電子之部分游子方程式，平衡而合併之，即得平衡游子方程式：

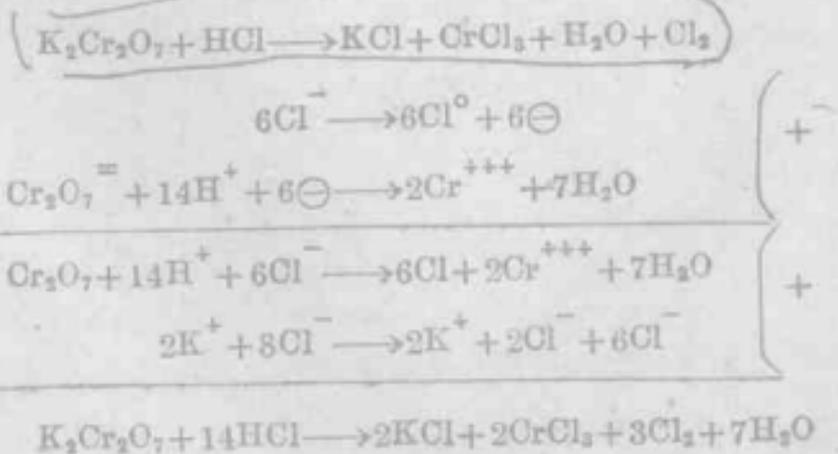


(4) 左右兩端，各補入所需之游子，即得平衡分子方程式：



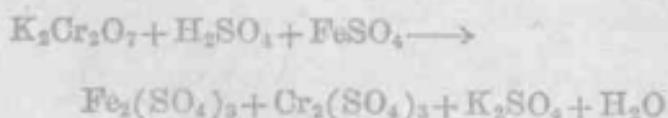
爲簡單計，第二步可省去，三、四兩步，亦可併爲一步。

再設一例如下：



(八) 游子及陽電荷法 (ion and positive electrical charges method)。此法與游子及電子法相似，所異者惟書陽電荷而不書電子耳。其步驟如下：

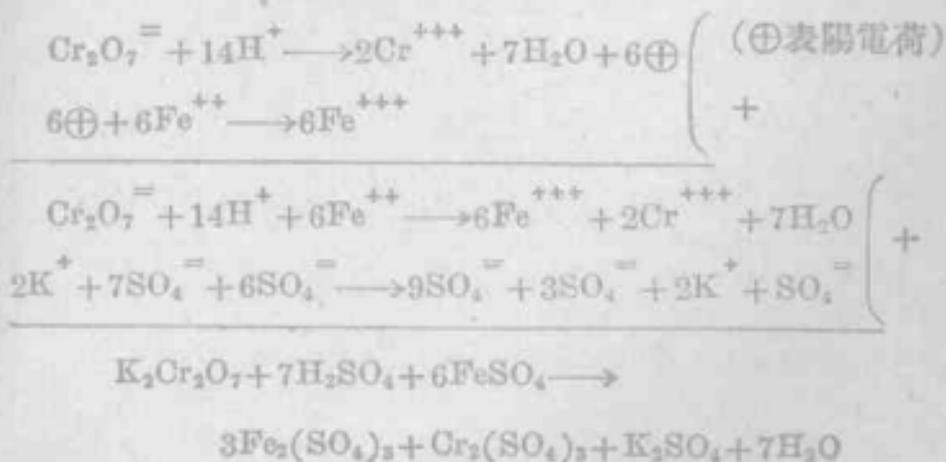
(1) 作草式：



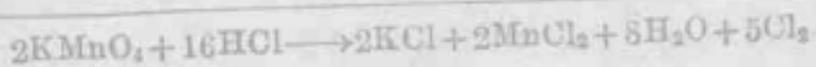
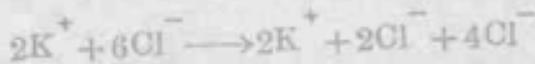
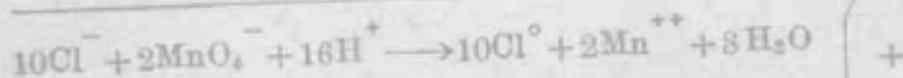
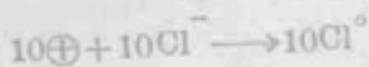
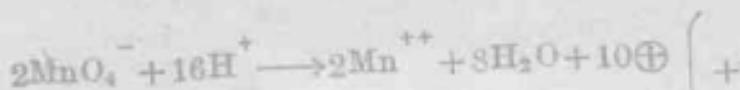
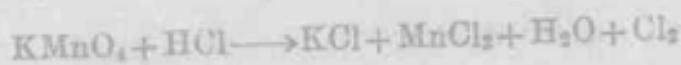
(2) 作草式之游子方程式 (未變化之游子，略去不書)：



(3) 分別作施放陽電荷及接收陽電荷之部分游子方程式，歸併後，再補入所需之游子，即得平衡分子方程式：



再設一例如下：

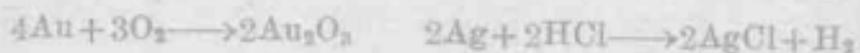


第五章

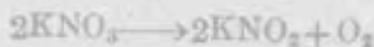
作化學方程式之注意點

化學方程式千變萬化，並無公式可資遵循，故初學者之作方程式，易生種種錯誤。茲將最易犯之錯誤，為讀者言之：

(一) 確實有此化學變化，方可寫方程式。例如下列二變化，均為事實所無，切勿昧然寫方程式：

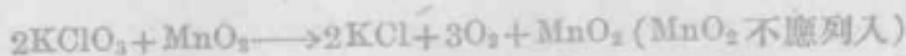
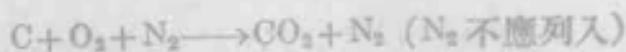


(二) 化學方程式與代數方程式不同，不能由左端推出右端。例如氯酸鉀、硝酸鉀、碳酸鈣及偏磷酸鉀之化學式雖相類似，但加熱後之變化，各不相同：



(三) 化學方程式所以表記化學變化，未參與變化之物質，不應列入。

例如：



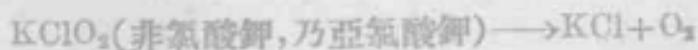
(四) 化學方程式中除不揮發又不溶解之固態元素，以及初生態之元素外，不能有獨立原子存在。例如碳、矽、硼等元素，既不揮發，又不溶解，無法測定其分子式，可逕書其符號 C, Si, B。初生氧及初生氫，可書為 [O] 及 [H]。其他元素，均宜書其分子式。

單原子分子： A He Kr Ne Xe

雙原子分子： O₂ N₂ H₂ F₂ Cl₂ Br₂ I₂

多原子分子： O₃ As₄ P₄ S₈

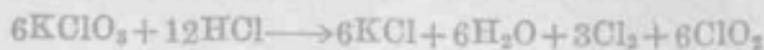
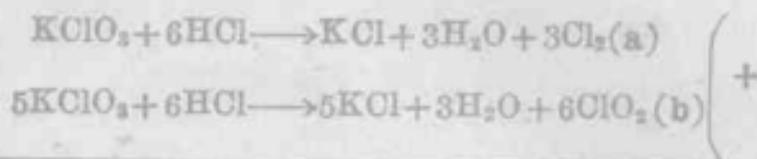
(五) 切勿圖平衡時之便利，任意改變方程式中之化學式。例如：



(六) 方程式左右兩端之化學式，不可移項，移項即失其表記變化之原意，但熱化學方程式為例外。

(七) 不能呆記方程式而忽略詳細製法和變化情形，因化學方程式僅為化學變化之縮寫耳。

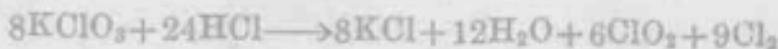
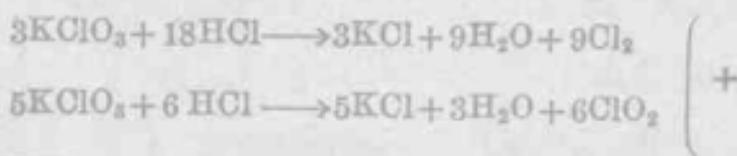
(八) 作用物相同而生成物不同之變化，稱為並行變化 (Concurrent reaction)。並行變化雖係同時發生，但其方程式則不可進行歸併：



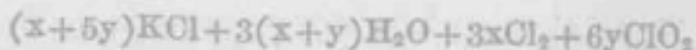
進行歸併，則作用物於此等並行變化中之重量比，未必能與事實相符，因作用物分配於此等並行變化之重量比，常隨溫度及濃度而有不同。例如上列並行變化歸併後，通常為



此由 (a) × 3 + (b) 而得：

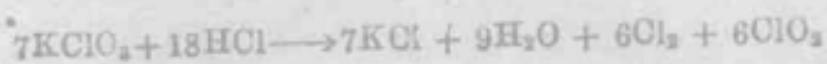


吾人應先求出歸併後之通式為：



如在某狀況下，生成同體積之 Cl_2 及 ClO_2 ，僅須使 $x = 2$ 及

$y = 1$ 即得所需之總式：



第六章

化學方程式之涵義

化學方程式不僅表記化學變化，且有其他種種涵義。茲分述於下：

(一) 表記某一化學變化：例如 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 表記氫與氧化合則生水或水汽。

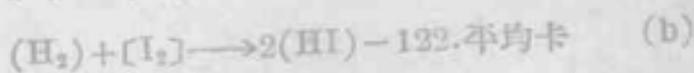
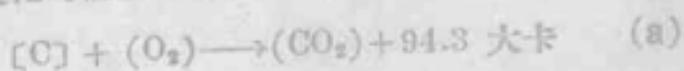
(二) 表記變化時各物質分子數之比：例如上式表記氫二分子與氧一分子化合，則生水或水汽二分子。

(三) 表記變化時各物質重量之比：例如上式表記氫4份與氧32份化合，則生水或水汽36份。不但表記定比定律 (the law of definite proportion)，且可表記物質不變定律。

(四) 表記變化時各氣體體積之比：例如上式表記氫二體積與氧一體積化合，則生水汽(非液態水)二體積(在同一狀況下)。且可表記氣體反應定律 (the law of combining volumes of gases)。如非氣體反應，即無此種涵義。

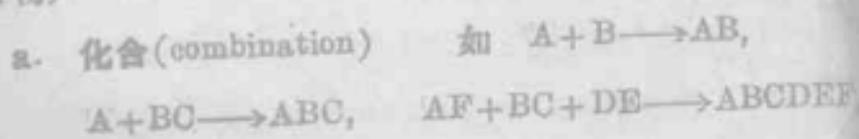
(五) 表記變化時能量之變化：化學中常用熱化學方程

式表記變化時能量之變化： 例如：



(a)式表記 12 克之固態碳(外加方括號)與 32 克之氣態氧(外加圓括號)化合,則生 44 克之氣態二氧化碳(外加圓括號),同時釋放(加號或正號)94.3 大卡(純水 1 克升高 $1^\circ C$ 所需之熱,稱為一大卡),此即表記氣態二氧化碳 44 克所含之內能(蘊藏於物質內部之能量)較固態碳 12 克及氣態氧 32 克所含內能之和少 94.3 大卡。(b)式表記氣態氫 2 克與固態碘 254 克化合,則生氣態碘化氫 256 克,同時吸收(減號或負號)122 平均卡(純水 1 克自 $1^\circ C$ 熱至 $100^\circ C$ 所需之熱,稱為 1 平均卡),此即表記氣態碘化氫 256 克所含之內能,較氣態氫 2 克與固態碘 254 克所含內能之和多 122 平均卡。

(六) 表記化學變化之種類： 按方程式之形式不同,可分化學變化為六大類(設 A、B、C、D、E……為元素,兩個或兩個以上字母聯合所成之符號如 BC、ABC、ABCDE……為化合物)：



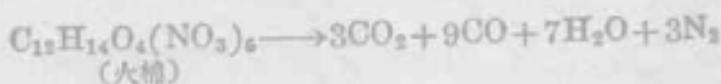
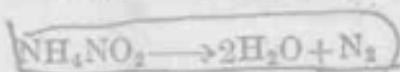
其實例如下：



b. 分解 (decomposition) 如 $\text{AB} \longrightarrow \text{A} + \text{B}$



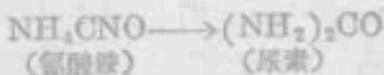
實例如下：



c. 內化或轉位作用 (intra-molecular rearrangement)

如 $(\text{ABCDE}) \longrightarrow (\text{ABCDE})'$ [設 (ABCDE) 及 $(\text{ABCDE})'$ 爲化學式全同而性質迥異之化合物]

其例如下：



d. 取代 (substitution) 如 $\text{AB}_m + 2\text{C} \longrightarrow \text{AB}_{m-1}\text{C} + \text{BC}$



其例如下：



e. 置換(displacement) 如 $BC + A \longrightarrow AC + B$

示例如下: $CuO + H_2 \longrightarrow H_2O + Cu$



f. 複分解(double decomposition)

如 $BC + DE \longrightarrow DC + BE$

示例如下: $H_2SO_4 + NaNO_3 \longrightarrow NaHSO_4 + HNO_3$

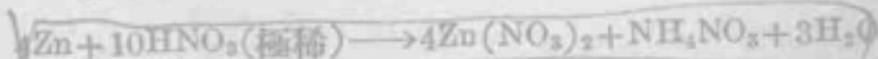
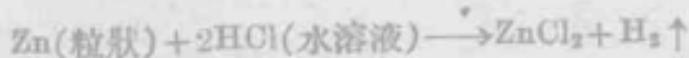


第七章

化學方程式不能表記之事項

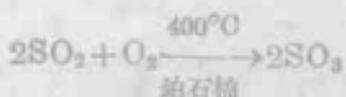
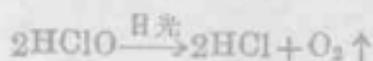
方程式之涵義雖廣，但并非無所不包。初學者每以熟讀方程式，即為已盡學習化學之能事；其實大謬。茲將方程式不能表記之事項列舉如下：

(一) 方程式不能表記作用物之物理狀態，而變化之能否發生，往往取決於作用物之物理狀態。化學中雖設法註明，終不能認為完善也。例如：

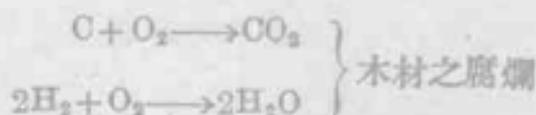
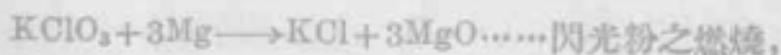


(二) 方程式不能表記變化時之種種狀況，而變化之能否發生，往往取決於變化時之種種狀況。學者亦有種種註註之法，其例如下：





(三) 方程式不能表記變化之快慢。如閃光粉(鎂粉和氯酸鉀之混合物)之燃燒,僅需時 $\frac{1}{10}$ 秒;而木材之完全腐爛,常需數十年乃至數百年之久,在方程式中均不能表記之。



(四) 方程式不能盡行表記變化時能量之變化。熱能與電能之變化,方程式雖能表記,但炸藥之爆炸,以及燃料之發光,方程式均不能表記之。

(五) 並行變化(已如前述)及連續變化(後一作用之作用物為前一作用之生成物; consecutive reaction)中各物質之重量比,均不能用方程式表記。可逆反應(reversible reaction)中各物質之重量比,有時亦不能用方程式表記之。例如下之並行變化:



+



其中各物質之重量比，當隨狀況而異，決不能如方程式所示。

又如下之連續變化：



其中各物質之重量比，亦隨狀況而異，自亦不能如方程式所示也。

第八章

化學方程式之類別

化學方程式無一定之分類法，可得而言者，有下列之數種：

(一) 分子方程式 (molecular equation) 普通方程式中之化學式，幾全為分子式，故又稱分子方程式。

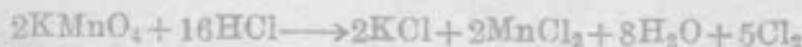
不平衡方程式：



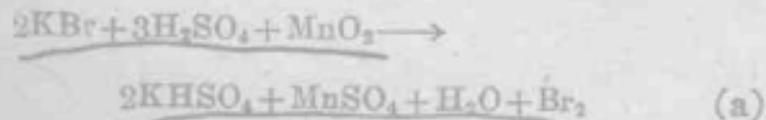
平衡方程式：

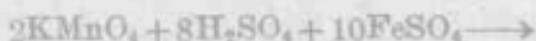


分子方程式：

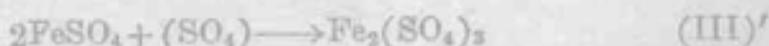
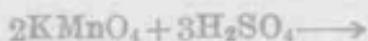
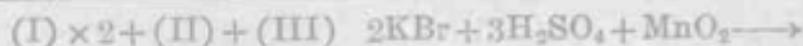
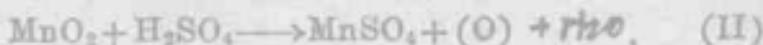
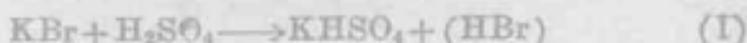


(二) 錯雜方程式 (complex equation) 表記某一複雜變化之一切作用物及生成物之方程式，稱為錯雜方程式。例如：





(三) 部分方程式(partial equation) 表記某一複雜變化之部分作用, 至少含有其生成物之一者, 稱為部分方程式。如下列之 (I), (II), (III) 為上條 (a) 之部分方程式, (I)' (II)' (III)' 則為上條 (b) 之部分方程式。

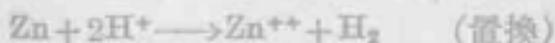


(四) 游離方程式(ionization equation) 電解質之分子,

於極性溶劑中，常能全部或一部解離(可逆之分解)為帶電之游子，此種作用，稱為游離。金屬原子或根能成陽游子，非金屬原子或根能成陰游子。游子之電荷，則與其原子價相同。表記此種游離作用之方程式，稱為游離方程式。其例如下：



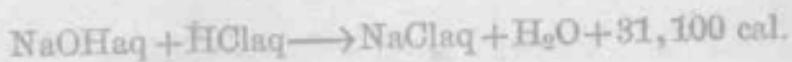
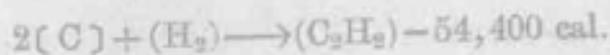
(五) 游子方程式(ionic equation) 方程式中之電解質分子，悉改書為游子，其未變化之游子，則由兩方消去。如此用以表記游子反應之方程式，稱為游子方程式。其例如下：



上列各式中之游子，不問來自何種分子，故游子方程式所表記之事實，當較分子方程式為廣，而其方法，反較簡易，故無機化學中多用之。

(六) 熱化學方程式(thermo-chemical equation) 化學變化時，能量之轉變，每以熱能為歸宿，故能量之施放或吸收，

多以熱量表記之。例如：



此種表記熱能變化之方程式，稱為熱化學方程式。因物態變化時，常伴有熱能之變化，故其中之化學式，須特加標記，以表明其物態，固態物質於式外加方括號，氣態物質加圓括號，液態物質不加任何標記，水溶中之物質，則於式下加註aq，至於熱量之施放或吸收，舊制用加減號或正負號，以示區別（如上例）。新制則與舊制相反。

第九章

應用化學方程式之計算

化學計算，以應用方程式之計算最爲重要，其於工業化學上之應用，尤非他類計算所能望其項背，應用方程式之計算，約可分爲下列之五類：

- (一) 重量與重量之問題
- (二) 氣體體積與氣體體積之問題
- (三) 溶液體積與溶液體積之問題
- (四) 重量與氣體體積之問題
- (五) 重量與溶液體積之問題

茲分別舉例說明如下：

(一) 重量與重量之問題 即已知量及未知量均爲重量之問題，亦即化學計算中最普通之問題。

例題 1 鋅 95 克與適量之稀硫酸作用，問可生氫若干克？

〔解〕 (1) 作平衡方程式： $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$

(2) 算出題中所及諸物質之量：



65.4

2

(3) 記明題中所載及所求各物質之量：



65.4

2

95

x

(4) 作比例式：

$$65.4 : 2 = 95 : x$$

(5) 解比例式：

$$x = \frac{95 \times 2}{65.4} = 2.9$$

(6) 答案： 生氫 2.9 克

〔別解〕 65.4克之鋅，可生 2 克之氫，則 1 克之鋅可生 $\frac{2}{65.4}$ 克之氫。故 95 克之鋅，可生 $95 \times \frac{2}{65.4} = 2.9$ 克之氫。

應用方程式之計算，解法至少有比例法及推理法（如上例之別解）二種。初學宜依上例，分步推求，不可選用公式或取其他機巧，藉以減少錯誤。

答案之正誤，可用倍數法及還原法校正之。如上例中之鋅量為氫量之 32.7 倍。今答案為 2.9，鋅量 95 約為其 32 倍，

故知其大體無誤(倍數法)。欲知答案完全無誤，須求氫 2.9 克是否需錳 95 克(還原法)。

除作極精密之化學工作外，普通化學計算，祇須取原子量之近似值即足。所取之近似值，通常皆不超過三位有效數字，其第四位以下，皆可略去；惟第三位之數字，須以第四位之四捨五入決定之。如銀之原子量為 137.37，吾人祇須取 137 即足。氧之原子量為 35.457，應書為 35.5。至於答案之位數，須視原有各數之位數而定。茲特不厭求詳，為讀者言之。言某物之重為 14.01 克，即其重在 14.00 克與 14.02 克之間，故其誤差為 0.01 克。表記誤差之法有二：一為某物之重以 14.01 士 0.01 克表之，即其誤差為 0.01 克；二為將誤差化為所測得之數之百分率，如前例之誤差為 $\frac{0.01}{14.01} \times 100\% = 0.07\%$ 。計算兩個或兩個以上各數之和或差時，其結果之誤差等於各量誤差之和。如所量者為 x 及 y ，其誤差各為 Δx 及 Δy ，故 $(x+y)$ 之可能值在 $(x+y) + (\Delta x + \Delta y)$ 與 $(x+y) - (\Delta x + \Delta y)$ 之間，而其結果可寫作 $(x+y) \pm (\Delta x + \Delta y)$ ，即其誤差為 $\Delta x + \Delta y$ 。如所求之結果為 $(x-y)$ 則其可能之最大值與最小值為 $(x + \Delta x) - (y - \Delta y)$ 及 $(x - \Delta x) - (y + \Delta y)$ ，即其可能值在 $(x-y) + (\Delta x + \Delta y)$ 與 $(x-y) - (\Delta x + \Delta y)$ 之間，故其誤差為

$\Delta x + \Delta y$ 。因知和或差之誤差，常較任何一數之誤差為大。故求多項之和或差時，結果中之可疑數值，應以各數中之最大可疑位數為準。如求 12.3, 1.23 與 0.0123 之和，其最大可疑位數應為小數後第一位，可計算之如下：

$$\begin{array}{r|l}
 12.3 & \\
 1.2 & 3 \\
 0.0 & 123 \\
 \hline
 13.5 &
 \end{array}$$

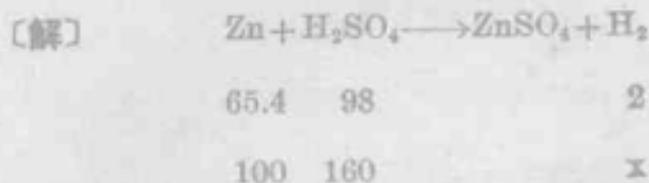
在垂線右方之各數值，均可略去不寫。計算兩個或兩個以上各數之積或商時，其結果之百分誤差，等於各量之百分誤差之和。如測得之值為 x 及 y ，其百分誤差各為 $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$ 及 $\frac{\Delta y}{y} \times 100\%$ ，則 x 與 y 之值，可各寫為 $x(1 \pm \frac{\Delta x}{x})$ 及 $y(1 \pm \frac{\Delta y}{y})$ 。設二者均失之過小，則其乘積之最大可能值為 $xy(1 + \frac{\Delta x}{x})(1 + \frac{\Delta y}{y}) = xy(1 + \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y})$ 。如二者均失之過大，則其乘積之最小值常為 $xy(1 - \frac{\Delta x}{x})(1 - \frac{\Delta y}{y}) = xy(1 - \frac{\Delta x}{x} - \frac{\Delta y}{y})$ （因 $\frac{\Delta x}{x}$ ， $\frac{\Delta y}{y}$ 均甚小， $\frac{\Delta x}{x} \times \frac{\Delta y}{y}$ 可略去不計）。由是 x 與 y 相乘之結果，可寫為 $xy[1 \pm (\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y})]$ ，即其百分誤差為 $(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}) \times 100\%$ 。如所求者為 x/y ，則其可能之最大值及

最小值各為 $\frac{x(1+\frac{\Delta x}{x})}{y(1-\frac{\Delta y}{y})}$ 與 $\frac{x(1-\frac{\Delta x}{x})}{y(1+\frac{\Delta y}{y})}$ ，即其可能值在 $\frac{x}{y}$

$(1+\frac{\Delta x}{x}+\frac{\Delta y}{y})$ 與 $\frac{x}{y}(1-\frac{\Delta x}{x}-\frac{\Delta y}{y})$ 之間，而其結果之百分誤差為 $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$ 與 $\frac{\Delta y}{y} \times 100\%$ 之和。因知積或商之百分誤差，常較任何一數之百分誤差為大，故求多項之積或商時，其結果所含有效數字之數目，應以各數中含最少數之有效數字者為準。如 $321 \times 2.0/25 \times 1214 = 2.1$ ，遇此等計算時，最好能用對數表或計算尺，所用之對數位數，亦以含有效數字最少之數為準。如各數中之有效數字，有為五個者，有為四個者，則計算時只須用四位對數表，因各數相乘或相除之結果，其中之有效數字，亦不過四位也。設所求之結果，係由多種數字先加減而後乘除或先乘除而後加減，則可應用上述之二原理求之。在作各部計算而尚未達到最後結果之前，常存留兩位可疑數字，以免最後結果中之可疑數字與實值相差過大。惟既得到結果，則仍以僅存首一位之可疑數字而摒棄其第二位為宜。如

$$(12.54 + 0.035 + 0.482 - 1.25) \times 840 \div 72 = 11.807 \times 840 \div 72 \\ = 9918 \div 72 = 137$$

例題 2 鋅 100 克與含純硫酸 160 克之稀硫酸作用，問可生氫若干克。



題中載明數種作用物之量時，應先計算孰為過量 (in-excess)，過量者不可用之作比例式。

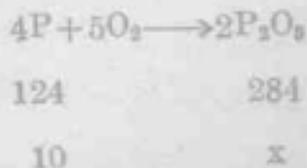
$$\begin{aligned}
 98 : 65.4 &= y : 100 \\
 y &= 149 \text{ 克}
 \end{aligned}$$

因知硫酸過多，乃就鋅與氫之關係作比例式：

$$\begin{aligned}
 65.4 : 2 &= 100 : x \\
 x &= 3.06 \text{ 克}
 \end{aligned}$$

例題 3 磷 10 克在充分氧中燃成五氧化二磷，再溶於沸水中，問可生成正磷酸若干克？

〔解〕 (1) 先求所生之五氧化二磷：



$$x = \frac{284}{124} \times 10 = 22.9 \text{ 克}$$

(2) 次求所生之正磷酸:



$$142 \qquad \qquad \qquad 196$$

$$22.9 \qquad \qquad \qquad y$$

$$y = \frac{196}{142} \times 22.9 = 31.6 \text{克}$$

〔別解〕 先作諸方程式而得磷與正磷酸二量之關係:



次求所生正磷酸之量:



$$31 \qquad \qquad \qquad 98$$

$$10 \qquad \qquad \qquad x$$

$$x = \frac{98}{31} \times 10 = 31.6 \text{克}$$

學者常見此法較諸上法，簡便多多。

例題 4 使 100 克之白鐵(鉛、錫合金)氧化，得氧化鉛及氧化錫之混合物 116 克，問此白鐵含有鉛錫各若干克？

〔解〕 設白鐵 100 克中含鉛 x 克，則其中必含錫 $100 - x$ 克。

所生氧化物之量：



$$414 \qquad \qquad 446$$

$$x \qquad \qquad y$$

$$y = \frac{446}{414} \times x \text{ 克}$$



$$119 \qquad \qquad 151$$

$$100 - x \qquad \qquad z$$

$$z = \frac{151}{119} \times (100 - x) \text{ 克}$$

由題意知 $\frac{446x}{414} + \frac{151(100-x)}{119} = 116$

解之，得 $x = 56.9 \qquad 100 - x = 43.1$

故知白鐵 100 克含鉛 56.9 克及錫 43.1 克。

上列二例，均須應用數個方程式。數方程式之關係，如為已知，可先合併之而後計算。其法簡捷易行，如例題 3 之別解。數方程式之關係如為未知，可分別自諸方程式得聯立代數方程式，解之即得所求之關係，如例題 4 之解。此種機巧，並不限於重量與重量之問題，是應留意。

(二) 氣體體積與氣體體積之問題 氣體反應時，各氣

體積之比，恆與平衡方程式中各分子式前之係數比相同，因按亞佛加特羅假說(Avogadro's Hypothesis)，其值適相同也。欲求氣體混合物之體積組成，可用吸收法(absorption method)與氧化法(oxidation method)：

(a) 吸收法係用各種藥劑，以吸收各氣體。例如：

濃苛性鹼液	吸收 CO_2 及 SO_2
黃磷或鹼性焦沒食子酸溶液	吸收 O_2
氯化亞銅之氨溶液	吸收 CO
二氯化鈾溶液	吸收 H_2

(b) 氧化法係用氧或氧化銅，以氧化氫氣或氣體碳化

氫；惟在氧化前後，亦用適當之吸收劑以吸除各氣體。

例題 5 H_2 、 N_2 、 CO 及 CO_2 共 100 c.c.，通過 KOH 後，餘 93.3 c.c. 又通過 Cu_2Cl_2 之氨溶液後，尚餘 72.9 c.c.。於此 72.9 c.c. 中，取出 50 c.c.，加入氧 50 c.c. 而燃燒之，燃燒後之體積為 80 c.c. (水汽未凝)。計算原混合物中各氣體之體積百分率。

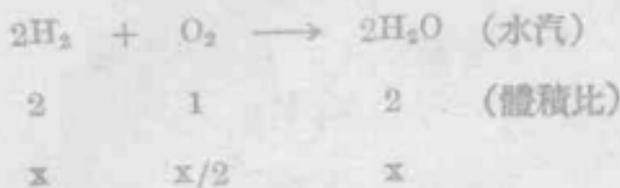
〔解〕 (1) 先求 CO_2 及 CO 之百分率：

$$\text{CO}_2 \text{ 之百分率爲 } \frac{100 - 93.3}{100} = 6.7\%$$

$$\text{CO 之百分率爲 } \frac{93.3 - 72.9}{100} = 20.4\%$$

(2) 次求 H_2 及 N_2 之百分率

設 H_2 之體積為 x c.c., 則 N_2 之體積為 $50 - x$ c.c.



由題意知 $(50 - \frac{x}{2}) + x + (50 - x) = 80$

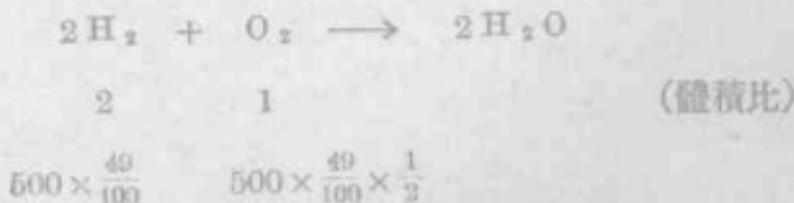
$$x = 40 \text{ c.c.}$$

故知 H_2 之百分率為 $\frac{72.9}{100} \times \frac{40}{50} = 58.32\%$

N_2 之百分率為 $\frac{72.9}{100} \times \frac{10}{50} = 14.58\%$

例題 6 煤氣之體積百分組成爲： $H_2 = 49\%$, $CH_4 = 34.8\%$, $C_2H_4 = 4.2\%$, $CO = 6\%$, $N_2 = 4\%$, $CO_2 = 1\%$ 。燃燒此種煤氣 500 立方呎時，問需空氣若干立方呎？

〔解〕(1) 先求燃燒此種煤氣 500 立方呎所需氧之總體積：





1

2

(體積比)

$$500 \times \frac{34.8}{100} \quad 500 \times \frac{34.8}{100} \times 2$$



1

3

(體積比)

$$500 \times \frac{4.2}{100} \quad 500 \times \frac{4.2}{100} \times 3$$



2

1

(體積比)

$$500 \times \frac{6}{100} \quad 500 \times \frac{6}{100} \times \frac{1}{2}$$

故共需氧

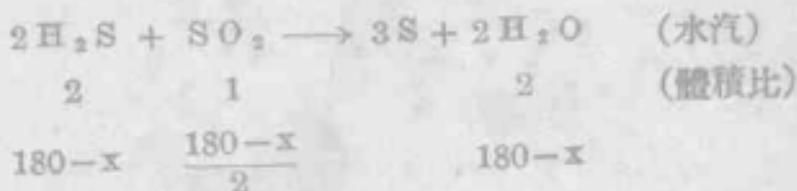
$$\begin{aligned} & 500 \times \frac{49}{100} \times \frac{1}{2} + 500 \times \frac{34.8}{100} \times 2 + 500 \times \frac{4.2}{100} \times 3 + 500 \times \frac{6}{100} \times \frac{1}{2} \\ & = 122.5 + 348 + 63 + 15 \\ & = 548.5 \text{ 立方呎。} \end{aligned}$$

(2) 次求所需空氣之體積：

$$548.5 \times \frac{100}{21} = 2611.8 \text{ 立方呎。}$$

例題 7 H_2S 與 SO_2 之混合物 180 c.e., 經電花爆發後, 尚剩餘體積 130 c.e.。設 SO_2 有餘, 實驗時之溫度始終在 100°C 之上而未變, 試求原混合物中二氣體之體積。

〔解〕 設 SO_2 之體積為 x c.c. 則 H_2S 之體積為 $180-x$ c.c.



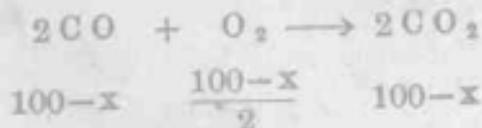
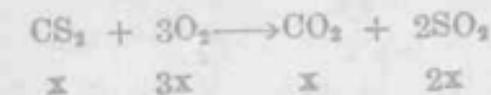
$$\text{由題意知 } \left(x - \frac{180-x}{2}\right) + (180-x) = 130$$

$$x = 80 \text{ c.c.}$$

故知 H_2S 之體積為 100 c.c. 而 SO_2 之體積為 80 c.c.

例題 8 CS_2 蒸氣與 CO 之混合物，其體積為 100 c.c. 加入氧 200 c.c. 而燃燒之，剩餘氣體 245 c.c. 試計算 (a) 原混合物中二成分之體積；(b) 剩餘氧之體積。

〔解〕 設 CS_2 蒸氣之體積為 x c.c. 剩餘氧之體積為 y c.c.



$$\text{由題意知 } x + 2x + (100-x) = 245 - y \quad \text{(I)}$$

$$3x + \frac{100-x}{2} = 200 - y \quad \text{(II)}$$

解之，得 $x = 10, y = 125$

故知 CS_2 蒸氣之體積為 10 c.c.

CO 之體積為 90 c.c.

剩餘氧之體積為 125 c.c.

(三) 溶液體積與溶液體積之問題，先於滴管 A 中，盛濃度已知之標準溶液 (standard solution) 及滴管 B 中盛濃度待求之溶液。乃自滴管 B 中取若干體積之溶液，盛於燒杯中。乃移置滴管 A 下，徐徐滴入標準溶液，至作用完全，即達終點時為止。中和之終點，常由指示劑 (indicator) 顏色之改變定之。此種實驗方法，稱為滴定 (titration)。兩種溶液經滴定後，既知兩溶液之體積及一溶液之濃度，則他一溶液之濃度，即可由下述之滴定公式求之。滴定公式可演導如下：

(I) 由當量 (equivalent weight) 之定義，各物質必以等當量數相化合。

(II) 設 A 溶液之規定數 (normality) 為 N_A ，則每 1 c.c. 中，必含 A 溶質 $\frac{N_A}{1000}$ 克當量。而 V_A c.c. 中，必含 A 溶質 $\frac{N_A V_A}{1000}$ 克當量。

(III) 同理，規定數為 N_B 之 B 溶液 V_B c.c. 中，必含 B 溶質 $\frac{N_B V_B}{1000}$ 克當量。

(IV) 二溶質既完全作用，則其克當量數必相等，故

$$\frac{N_A V_A}{1000} = \frac{N_B V_B}{1000}, \text{ 即 } N_A V_A = N_B V_B \text{ 此即滴定公式也。}$$

例題 9 酸類之當量為含氫 1 份之酸量；鹽基類之當量，為含氫氧根 17 份之鹽基類重量；鹽類之當量，為含金屬一當量之鹽類重量。試由此計算 HCl 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 、 NaOH 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 NaCl 、 MgSO_4 及 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 之當量。

〔解〕 HCl 之當量為 $1 + 35.5 = 36.5$

H_2SO_4 之當量為 $(2 + 32 + 64) / 2 = 49$

H_3PO_4 之當量為 $(3 + 31 + 64) / 3 = 32.7$

NaOH 之當量為 $23 + 17 = 40$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 之當量為 $(40 + 17 \times 2) / 2 = 37$

NaCl 之當量為 $23 + 35.5 = 58.5$ (鈉之當量為 23)

MgSO_4 之當量為 $(24.3 + 32 + 64) / 2 = 60.2$ (鎂之當量為 12.15)

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 之當量為 $(54 + 288) / 6 = 57$ (鋁之當量為 9)。

例題 10 溶液一升中，溶有溶質若干克當量者，稱為該溶質之若干規定溶液。此若干之數，稱為規定濃度 (或規定數)。今以純硫酸 196 克溶入水中製成 2 升之稀硫酸，試求其規定濃

度(用 N 表之)。

- 〔解〕 (1) 硫酸之克當量為 49 克
 (2) 一升稀硫酸中所含純硫酸之重量為
 $196 \text{ 克} \times \frac{1}{2} = 98 \text{ 克}$
 (3) 故其規定濃度為 $98 \times \frac{1}{49} = 2(N)$

例題11 欲製 2.7N 之稀磷酸 5 升，問需純磷酸若干克？

- 〔解〕 (1) 磷酸之克當量為 32.7 克
 (2) 製 2.7N 之稀磷酸 1 升所需磷酸之重為
 $32.7 \text{ 克} \times 2.7 = 88.3 \text{ 克}$
 (3) 故製 2.7N 之稀磷酸 5 升所需磷酸之重為
 $88.3 \times 5 = 442 \text{ 克}$

例題12 欲製 0.1 N 之 KOH 溶液 1 升，需比重為 1.546 含 KOH 50.6% 之濃溶液若干 c.c.？

- 〔解〕 (1) 製 0.1N 之 KOH 溶液一升所需 KOH 之重量為
 $56 \times 0.1 = 5.6 \text{ 克}$
 (2) KOH 之濃溶液每 1 c.c. 所含 KOH 之重量為
 $1.546 \times \frac{50.6}{100} = 0.7823 \text{ 克}$
 (3) 故所需此種濃溶液之體積為
 $5.6 \times \frac{1}{0.7823} = 7.2 \text{ c.c.}$

例題13 用氫氧化鈉40克可製0.5N之溶液若干體積？

〔解〕 (1) 製0.5N之氫氧化鈉溶液1升所需氫氧化鈉之重量為 $40 \times 0.5 = 20$ 克

(2) 故所求之體積為 $40 \times \frac{1}{20} = 2$ 升

例題14 欲中和比重為1.20含HCl 39.8%之濃鹽酸15 c.c., 問需比重為1.252含KOH 27%之溶液若干 c.c.?

〔解〕 (1) HCl之克當量為36.5克, 故此種濃鹽酸之規定

濃度為 $1.2 \times \frac{39.8}{100} \times 1000 \times \frac{1}{36.5} = 13.1N$

(2) KOH之克當量為56克, 故此種KOH溶液之

規定濃度為 $1.252 \times \frac{27}{100} \times 1000 \times \frac{1}{56} = 6.04N$

(3) 由滴定公式, 知KOH溶液之體積為

$$13.1 \times 15 = 6.04 \times x$$

$$x = 32.5 \text{ c.c.}$$

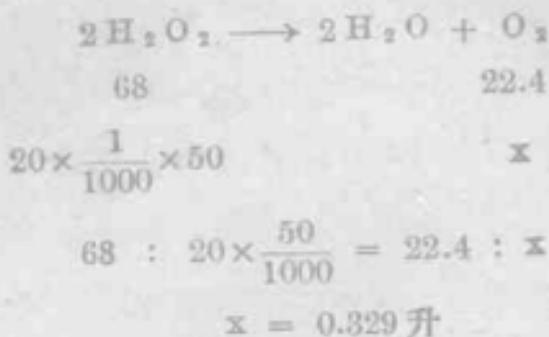
〔別解〕 設所需KOH溶液之體積為V c.c. 則



$$36.5 : 56 = 1.2 \times \frac{39.8}{100} \times 15 : 1.252 \times \frac{27}{100} \times V$$

$$V = \frac{1.2 \times 39.8 \times 15 \times 56 \times 100}{100 \times 1.252 \times 27} = 32.5 \text{ c.c.}$$

〔解〕 (1) 先求在標準狀況時所生氧之體積為

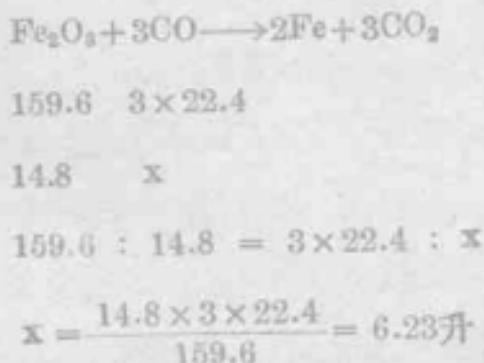


(2) 次求在 20°C 及 756 mm. 時所生氧之體積為

$$0.329 \times \frac{293}{273} \times \frac{760}{756} = 0.355 \text{ 升}$$

例題17 在 546°C 及 380 mm. 時，令 14.8 克 之 Fe_2O_3 還原成 Fe ，問須用 CO 若干體積？

〔解〕 (1) 先求在標準狀況下所需 CO 之體積為



(2) 次求在 546°C 及 380 mm. 下所需 CO 之體積

$$\text{爲 } 6.23 \times \frac{819}{273} \times \frac{760}{380} = 37.4 \text{ 升}$$

例題18 以鈉投入水中， 17°C ，75 cm 時，於水面上集得氫 50 升，試計算鈉之克數。

〔解〕 17°C 時之水汽壓為 14.42 mm. 故標準狀況時氫之

$$\text{體積爲 } 50 \times \frac{273}{290} \times \frac{750 - 14.42}{760} = 45.57 \text{ 升}$$



$$46 \qquad \qquad \qquad 22.4$$

$$x \qquad \qquad \qquad 45.57$$

$$46 : x = 22.4 : 45.57$$

$$x = \frac{46 \times 45.57}{22.4} = 93.6$$

故知鈉為 93.6 克

(五) 重量與溶液體積之問題 化學實驗時，溶液或液體之量，恆以體積數計之。然方程式所表記者為重量之關係。氣體之外，不及體積。故計算時，溶液或液體之體積，當先換算為重量，然後方可應用方程式。換算時常用之公式如下：

(I) 設 W 表溶質或純淨液體之重量； V 表溶液或不純液體之體積； C 表單位體積中溶質或純淨液體之重量，則

$$W(\text{克}) = V(\text{c.c.})C(\text{克/c.c.})$$

(II) 設 D 表溶液或不純液體之密度(有時以比重表之);

A 表溶質或純淨液體之重量百分率,則

$$C = DA\% \quad W(\text{克}) = V(\text{c.c.})D(\text{克/c.c.})A\%$$

(III) 設 N 表溶液之規定濃度; E 表溶質之克當量,則

$$W(\text{克}) = V(\text{升})N\left(\frac{1}{\text{升}}\right)E(\text{克})$$

(IV) 設 M 表溶液之克分子濃度; m 表溶質之克分子量,

則

$$W(\text{克}) = V(\text{升})M\left(\frac{1}{\text{升}}\right)m(\text{克})$$

餘可類推。讀者與其死記公式,不如於計算時自行演出,方可減少錯誤。

例題19 95% 之濃硫酸 0.5 升,適能與 80% 之苛性鈉 875 克中和,求濃硫酸之比重。

[解] 設濃硫酸之比重為 x , 即其密度為 x (克/c.c.)。則由下列方程式 $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 可求得 x

之值如下: $98 : 40 \times 2 = x \times \frac{95}{100} \times 500 : 865 \times \frac{80}{100}$

$$x = \frac{98 \times 875 \times 80}{40 \times 2 \times 500 \times 95} = 1.81$$

例題20 比重為 1.1 含純 HNO_3 17% 重之硝酸若干 c.c. 適能與 50 克之 NaOH 中和?

〔解〕 先求純硝酸之重量如下：



$$40 \quad \quad 63$$

$$50 \quad \quad x$$

$$40 : 63 = 50 : x$$

$$x = 78.8 \text{ 克}$$

因此種硝酸僅含純 HNO_3 17%，故所需硝酸之重為

$$78.8 / 0.17 = 463 \text{ 克}$$

按 體積 = $\frac{\text{重量}}{\text{比重}}$ ，故硝酸之體積為 $\frac{463}{1.1} = 421 \text{ c.c.}$

例題21 鹽酸 1 c.c. 適能中和 CaO 0.001 克，試求其規定濃度。欲製此種鹽酸 1 升，問需比重為 1.2，含 HCl 39.11%，之濃鹽酸若干 c.c.？

〔解〕 設此種鹽酸之規定濃度為 N ，則由下列方程式可求得 N 之值：

$$\text{CaO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

$$56.1 : 36.5 \times 2 = 0.001 : \frac{N}{1000} \times 36.5$$

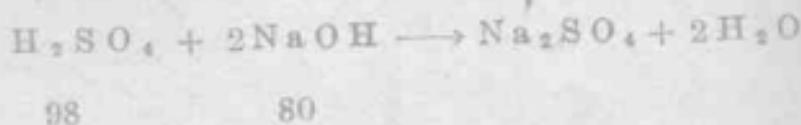
$$N = \frac{2 \times 0.001 \times 1000}{56.1} = 0.0357$$

設需濃鹽酸 $x \text{ c.c.}$ ，則 $0.0357 \times 36.5 = 1.2 \times \frac{39.11}{100} \times x$

$$x = 2.77 \text{ c.c.}$$

例題22 比重為 1.84 含 H_2SO_4 93.2% 之濃硫酸 20 c.c. 加水稀釋成稀硫酸 1 升。問中和此種稀硫酸 25 c.c. 時，需 0.1077 N 之 NaOH 溶液若干 c.c.?

〔解〕 設需此種 NaOH 溶液 x c.c. 則由下列方程式可求得 x 之值：



$$1.84 \times \frac{93.2}{100} \times 20 \times \frac{1}{1000} \times 25 \quad 40 \times 0.1077 \times \frac{x}{1000}$$

$$98 : 80 = 1.84 \times \frac{93.2}{100} \times 20 \times \frac{1}{1000} \times 25 : 40 \times 0.1077 \times \frac{x}{1000}$$

$$x = \frac{80 \times 1.84 \times 93.2 \times 20 \times 25 \times 1000}{40 \times 0.1077 \times 98 \times 100 \times 1000}$$

$$= 163 \text{ c.c.}$$

第十章

重要元素之方程式

(附有機物之重要方程式)

所有元素，雖多至九十餘種；但較為重要者，計之僅三十有一種。茲將其方程式擇要摘錄於後，藉備記憶；惟重複者概不錄出，藉省篇幅也（元素之先後，以其英文名稱之首一字母為序）。

一 鋁(Aluminium)之方程式

符號： Al 第三類 原子價 +3

產出： 水礬土 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、 剛玉 (Al_2O_3)、

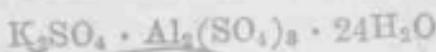
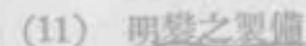
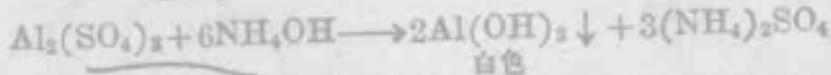
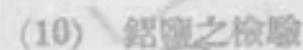
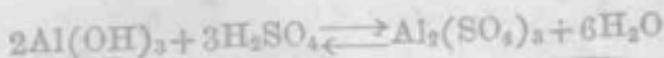
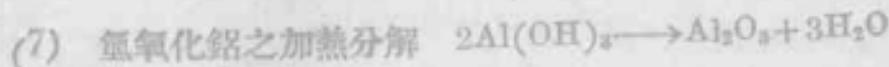
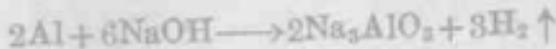
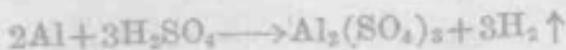
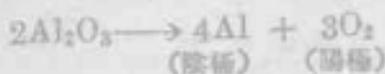
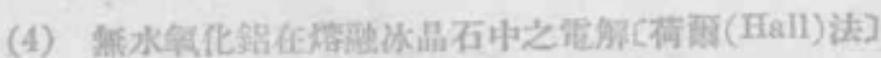
冰晶石 (Na_3AlF_6)、 雲母 (KAlSi_3O_8)、 長石 (KAISi_3O_8)、

陶土 [$\text{H}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$]

(1) 鋁之氧化 $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$

(2) 哥德斯密特 (Gold Schmidt) 法



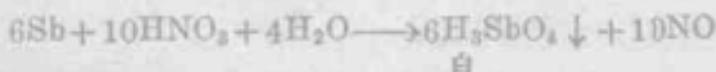


二 銻(Antimony)之方程式

符號: Sb 第五類 原子價 -3, +3及+5

產出: 輝銻礦 (Sb_2S_3)

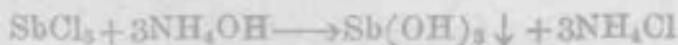
(4) 銻與硝酸之作用



(5) 銻化氫之製備



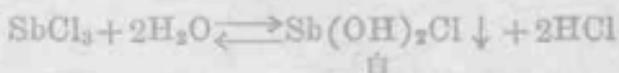
(6) 氫氧化銻之製備

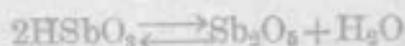
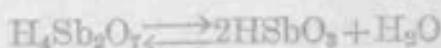
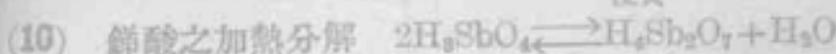
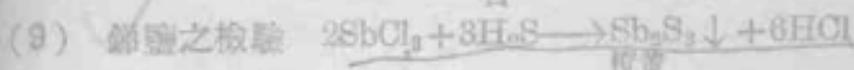


(7) 氫氧化銻之兩性作用



(8) 氯化銻之水解





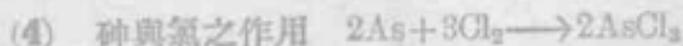
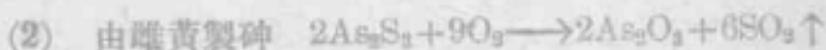
(11) 焦銻酸氫鉀之製備



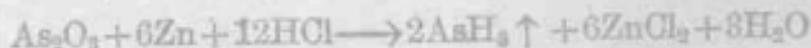
三 砷(Arsenic)之方程式

符號: As 第五類 原子價 -3, +3 及 +5

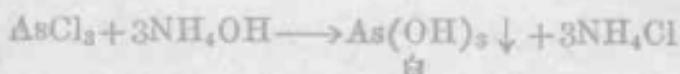
產出: 砷矽鐵礦或毒砂(FeAsS)、雄黃(As_2S_3)、雌黃(As_2S_4)
 信石(As_2O_3)。



(5) 砷化氫之製備〔馬許氏(Marsh)驗砷法〕



(7) 氫氧化砷之製備



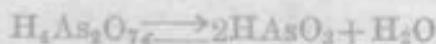
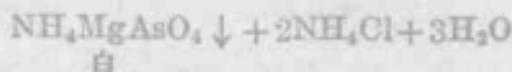
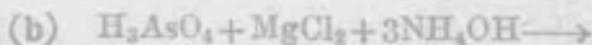
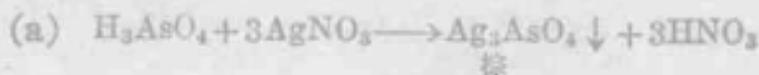
(8) 氫氧化砷之兩性作用

(9) 三氧化二砷與水之作用 $\text{As}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{AsO}_3$

(10) 三價砷化合物之檢驗



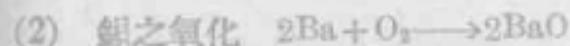
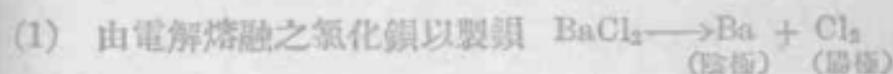
(11) 砷酸之製備

(12) 砷酸之加蒸 $2\text{H}_3\text{AsO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ (13) 砷酸根之檢驗

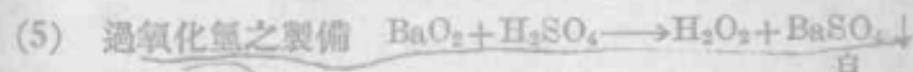
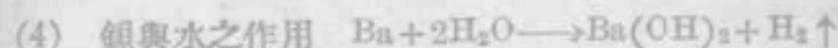
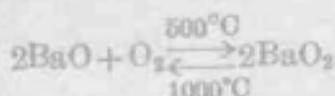
四 銨 (Barium) 之方程式

符號: Ba 第二類 原子價 +2

產出: 毒重石(BaCO₃)、重晶石(BaSO₄)、



(3) 氧化鋇與過氧化鋇之交互變化[柏林(Brin)法]



(7) 氫氧化鋇溶液與二氧化碳之作用



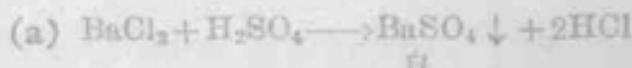
(8) 氯化鋇之製備

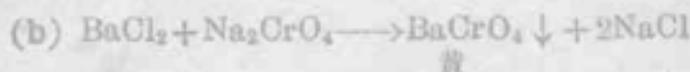


(10) 硫化鋇與鹽酸之作用



(11) 鋇化合物之檢驗

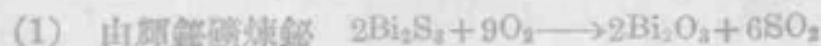




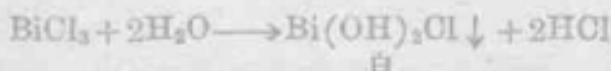
五 銻 (Bismuth) 之方程式

符號: Bi 第五類 原子價 +3

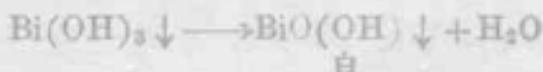
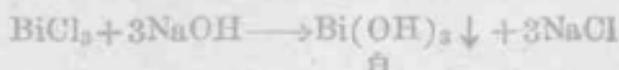
產出: 自然銻(Bi)、銻華(Bi_2O_3)、輝銻礦(Bi_2S_3)



(4) 氯化銻之水解



(5) 氯化銻與強鹼液之作用

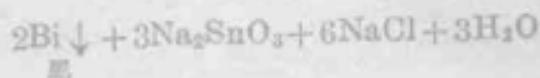
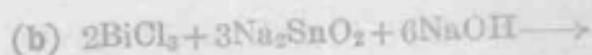


(6) 含氧氯化銻與鹽酸之作用



(7) 銻化合物之檢驗

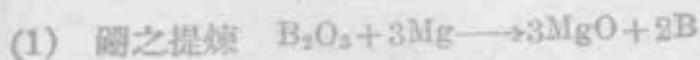




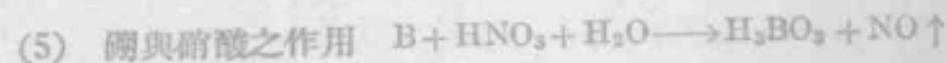
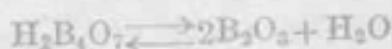
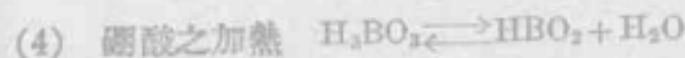
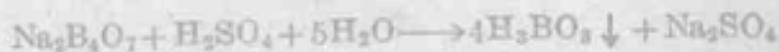
六 硼 (Boron) 之方程式

符號: B 第三類 原子價 +3

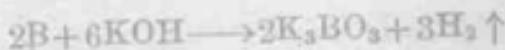
產出: 硼酸 (H_3BO_3)、硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、
硬硼酸鈣石 ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}$)



(3) 硼酸之製備



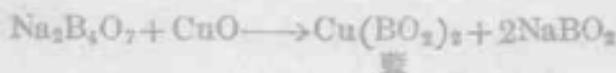
(6) 硼與苛性鉀之作用



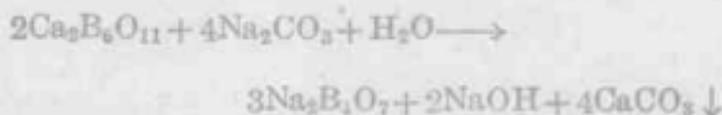
(7) 硼酸與苛性鈉之作用



(8) 用硼砂珠檢驗銅化合物之作用



(9) 用硬硼酸鈣石製取硼砂

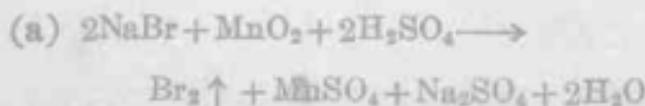


七 溴(Bromine)之方程式

符號: Br 第七類 原子價 -1, +1及+5

產出: NaBr, MgBr₂.

(1) 由溴化鈉製溴



(2) 溴與水之作用 $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{HBrO}$

(3) 溴與碘化鈉之作用 $2\text{NaI} + \text{Br}_2 \longrightarrow 2\text{NaBr} + \text{I}_2$

(4) 溴與氫之作用 $\text{Br}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow 2\text{HBr}$

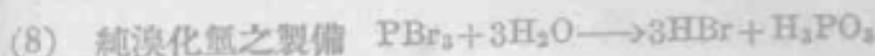
(5) 溴與磷之作用 $3\text{Br}_2 + 2\text{P} \longrightarrow 2\text{PBr}_3$

(6) 溴水之氧化作用



(7) 溴化鈉與濃硫酸之作用





(9) 由溴化氫製溴



(10) 溴化物之檢驗



八 鈣(Calcium)之方程式

符號: Ca 第二類 原子價 +2

產出: 方解石、石灰石、大理石、白堊 (CaCO_3)、
白雲石 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)、石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、
磷灰石 [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]、螢石 (CaF_2)。

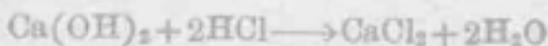
(1) 由電解熔融之氯化鈣(無水)以製鈣

(2) 鈣與氧之作用 $2\text{Ca} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CaO}$ (3) 鈣與氯之作用 $\text{Ca} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CaCl}_2$ (4) 鈣與氮之作用 $3\text{Ca} + \text{N}_2 \longrightarrow \text{Ca}_3\text{N}_2$ (5) 鈣與水之作用 $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$ (6) 碳酸鈣之受熱分解 $\text{CaCO}_3 \xrightleftharpoons{\text{熱}} \text{CaO} + \text{CO}_2$ (7) 氧化鈣與水之作用 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

(8) 二氧化碳之檢驗

(9) 碳酸鈣與碳酸之作用 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$ (10) 漂白粉之製備 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Ca(OCl)Cl} + \text{H}_2\text{O}$

(11) 消石灰與鹽酸之作用



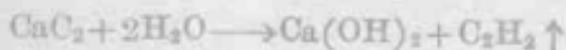
(12) 由消石灰與氯化銨作用以製氨



(13) 鈣鹽之檢驗

(14) 電石之製備 $\text{CaO} + 3\text{C} \longrightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO} \uparrow$

(15) 電石與水之作用



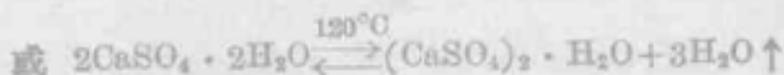
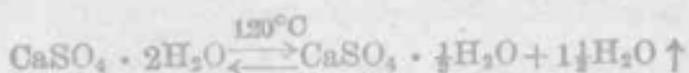
(16) 氰氨法(Cyanamide process)



(17) 過磷酸石灰之製備



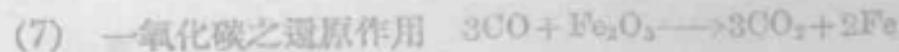
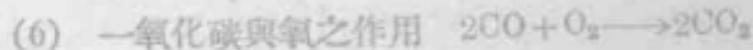
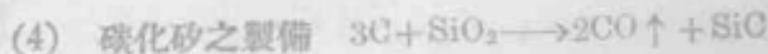
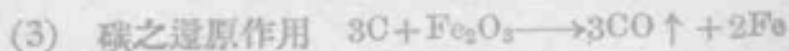
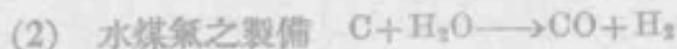
(18) 巴黎石膏(Plaster of Paris)之製備

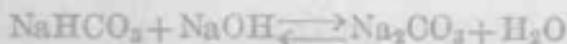
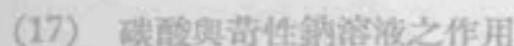
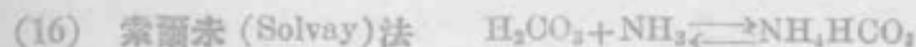
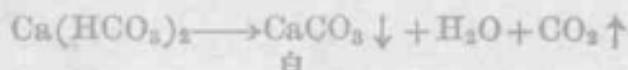
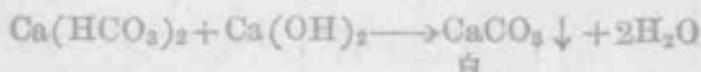
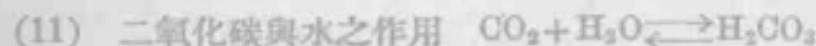
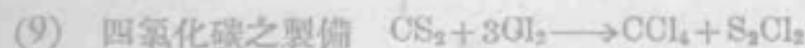


九 碳(Carbon)之方程式

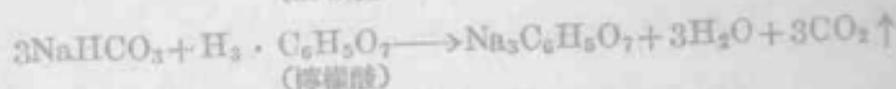
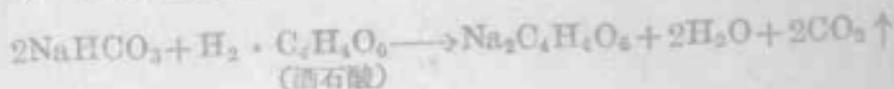
符號: C 第四類 原子價 +2及+4

產出: 金剛石、石墨、煤(C)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、方解石、石灰石、大理石、白堊(CaCO₃)、白雲石(CaCO₃·MgCO₃)各種有機化合物。

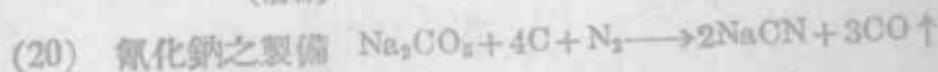




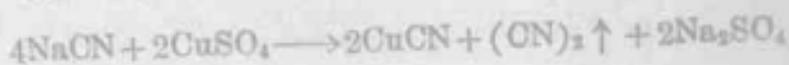
(18) 汽水之製備



(19) 焙用粉之作用



(21) 氰之製備



(22) 氰化氫之製備

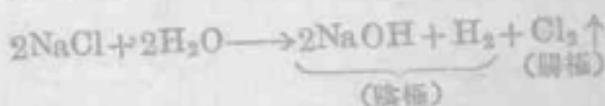


十 氯 (Chlorine) 之方程式

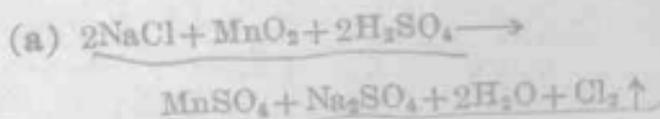
符號: Cl 第七類 原子價 -1, +1, +3, +4, +5, 及 +7

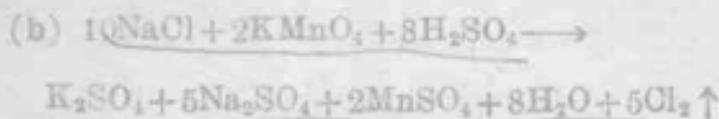
產出: 食鹽 (NaCl)、鉀鹽 (KCl)、光鹵石 (KCl·MgCl₂·6H₂O)

(1) 食鹽水之電解

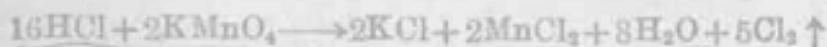


(2) 由食鹽製氯





(3) 由鹽酸製氯



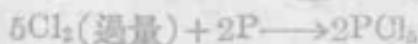
(4) 鹽酸之電解 $2\text{HCl} \longrightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2$
(陰極) (陽極)

(5) 食鹽與硫酸之作用



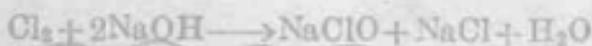
(6) 氯與氫之作用 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow 2\text{HCl}$

(7) 氯與磷之作用 $3\text{Cl}_2 + 2\text{P}(\text{過量}) \longrightarrow 2\text{PCl}_3$



(8) 氯與水之作用 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$

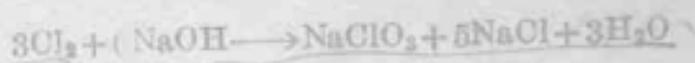
(9) 氯與稀冷苛性鈉溶液之作用



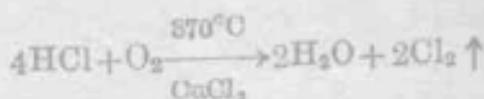
(10) 次氯酸之見光 $2\text{HClO} \longrightarrow 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$

(11) 次氯酸鈉之加熱 $3\text{NaClO} \xrightarrow{\Delta} \text{NaClO}_3 + 2\text{NaCl}$

(12) 氯與濃熱苛性鈉溶液之作用



(13) 由氯化氫製氯〔第根(Deacon)法〕



(14) 一氧化二氯之製備 $2\text{Cl}_2 + \text{HgO} \longrightarrow \text{Cl}_2\text{O} + \text{HgCl}_2$

(15) 一氧化二氯與水之作用 $\text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HClO}$

(16) 次氯酸之氧化作用 $\text{HClO} + \text{H}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$

(17) 次氯酸之加熱 $3\text{HClO} \longrightarrow \text{HClO}_3 + 2\text{HCl}$

(18) 氯酸之加熱 $3\text{HClO}_3 \longrightarrow \text{HClO}_4 + 2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(19) 二氧化氯與水之作用



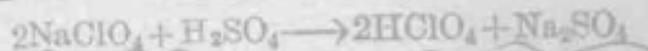
(20) 氯酸鈉之加熱 $2\text{NaClO}_3 \longrightarrow \text{NaClO}_4 + \text{NaCl} + \text{O}_2$

(21) 過氯酸鈉之撞擊 $\text{NaClO}_4 \longrightarrow \text{NaCl} + 2\text{O}_2$

(22) 過氯酸與五氧化二磷之作用



(23) 過氯酸鈉與濃硫酸之作用

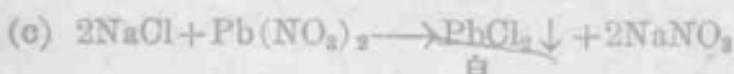
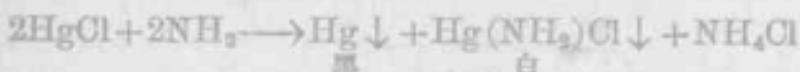
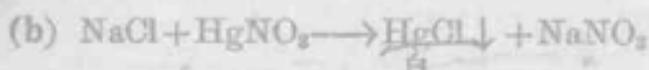
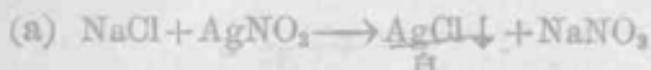


(24) 氯與溴化物溶液之作用 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$

(25) 氯與碘化物溶液之作用 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaI} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{I}_2$

(26) 三氯化磷之水解 $\text{PCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_3$

(27) 氯化物之檢驗



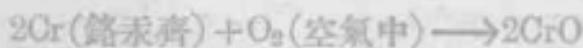
十一 鉻(Chromium)之方程式

符號: Cr 第六類 原子價 +2, +3 及 +6

產出: 鉻鐵礦 $[\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2]$

(1) 鉻之提煉 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \longrightarrow 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$

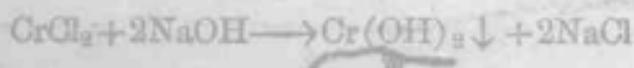
(2) 氧化亞鉻之製備

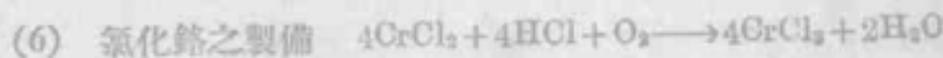


(3) 氧化鉻之製備 $4\text{Cr} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cr}_2\text{O}_3$

(4) 鉻與鹽酸之作用 $\text{Cr} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

(5) 氫氧化亞鉻之製備

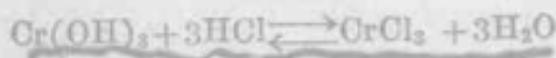




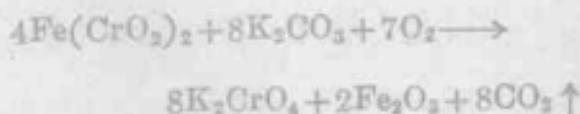
(7) 氫氧化鉻之製備



(8) 氫氧化鉻之兩性作用



(10) 鉻酸鉀之製備



(11) 重鉻酸鉀之製備



(12) 重鉻酸鉀與苛性鉀溶液之作用

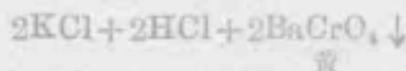
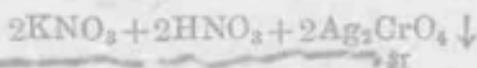


(13) 重鉻酸鉀與鹽酸之作用



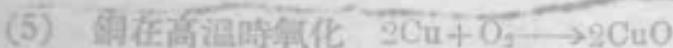
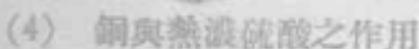
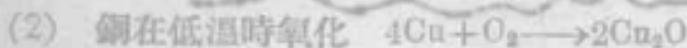
(14) 重鉻酸鉀與濃硫酸之作用

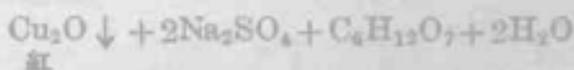
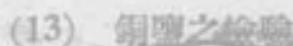
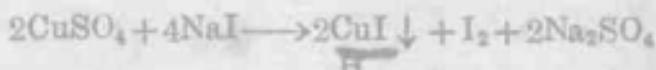
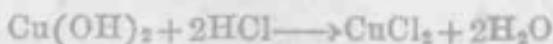
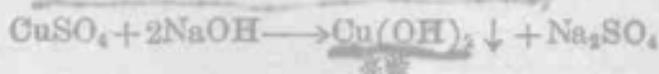
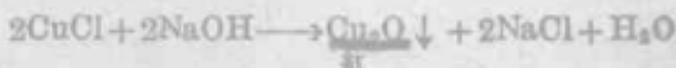




十二 銅(Copper)之方程式

符號: Cu 第一類 原子價 +1及+2

產出: 自然銅(Cu)、輝銅礦(Cu_2S)、黃銅礦(CuFeS_2)、
赤銅礦(Cu_2O)、孔雀石 $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ 。

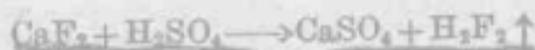


十三 氟(Fluorine)之方程式

符號: F 第七類 原子價 -1

產出: 螢石(CaF₂)、冰晶石(Na₃AlF₆)

(1) 螢石與濃硫酸之作用



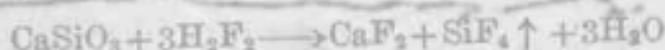
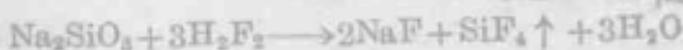
(2) 氟化氫之製備



(3) 於低溫時電解氟化氫於無水氟化氫之溶液



(4) 氟化氫與玻璃之作用



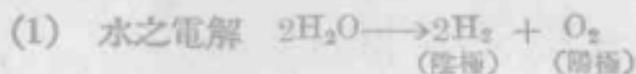
(5) 氟化氫與四氟化矽之作用

(6) 氟與水之作用 $3\text{F}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{H}_2\text{F}_2 + \text{O}_2$

十四 氫(Hydrogen)之方程式

符號: H 第一類 原子價 +1

產出：水(H_2O)、游離氫(H_2)、陶土 $[H_2Al_2(SiO_4)_2 \cdot H_2O]$ 、有機化合物。



(2) 鉀(鈉, 鈣, 鋇, 銀, 鎂)與水之作用



(3) 熱鐵(鋅, 鈷, 鎳, 鋁)與水蒸氣之作用



(4) 由鋅與稀硫酸作用以製氫



(5) 鋅與苛性鈉溶液之作用



(6) 鋁與苛性鈉溶液之作用



(7) 矽與苛性鈉溶液之作用



(8) 氫與氧之作用 $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

(9) 氫與氮之作用〔哈堡(Haber)法〕 $3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$

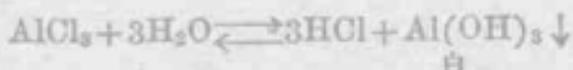
(10) 氫與硫之作用 $H_2 + S \longrightarrow H_2S$

(11) 氫與磁性氧化鐵之作用 $4H_2 + Fe_3O_4 \longrightarrow 3Fe + 4H_2O$

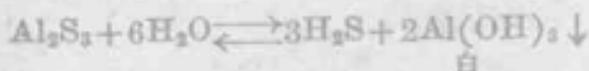
- (12) 氫與氧化銅之作用 $\text{CuO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
- (13) 水與三氧化硫之作用 $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- (14) 水與氧化鈉之作用 $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH}$
- (15) 水與氨之作用 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH}$
- (16) 結晶硫酸銅之製備 $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- (17) 硫化鈉(強鹼弱酸所生之鹽)之水解



- (18) 氯化鋁(弱鹼強酸所生之鹽)之水解



- (19) 硫化鋁(弱鹼弱酸所生之鹽)之水解



十五 碘(Iodine)之方程式

符號: I 第七類 原子價 -1, +1及+5

產出: 有機化合物(海草, 甲狀腺等)、碘酸鈉(NaIO_3)

- (1) 碘化氫與氧之作用 $4\text{HI} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{I}_2$
- (2) 碘化氫與濃硫酸之作用



- (3) 碘化氫與二氧化錳之作用

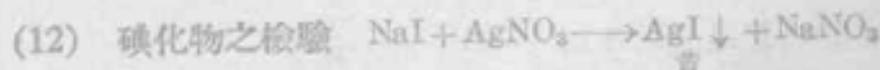
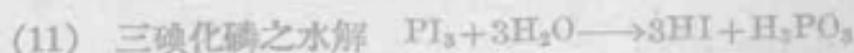
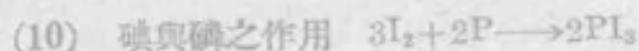




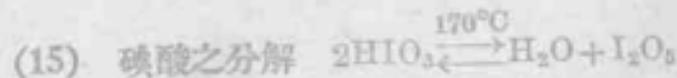
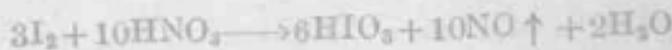
(6) 由碘化鈉二氧化錳及硫酸製碘



(7) 碘化鈉與濃硫酸之作用



(14) 碘酸之製備



(16) 碘水與次氯酸之作用



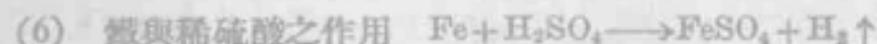
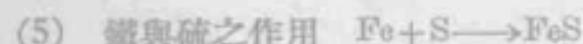
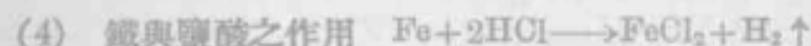
(17) 由碘酸鈉製碘



十六 鐵(Iron)之方程式

符號: Fe 第八類 原子價 +2及+3

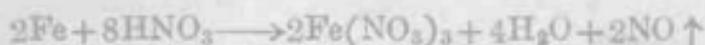
產出: 自然鐵(Fe)、赤鐵礦(Fe_2O_3)、磁鐵礦(Fe_3O_4)、
褐鐵礦($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、菱鐵礦(FeCO_3)、黃鐵礦(FeS_2)、
有機化合物(葉綠素, 血色素)。



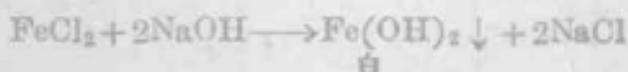
(7) 鐵(過量)與稀硝酸之作用



(8) 鐵與濃硝酸之作用



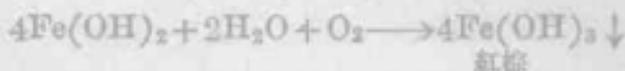
(9) 氫氧化亞鐵之製備



(10) 氫氧化亞鐵之加熱分解



(11) 氫氧化亞鐵與空氣及水之作用



(12) 亞鐵鹽與硫化鉍之作用



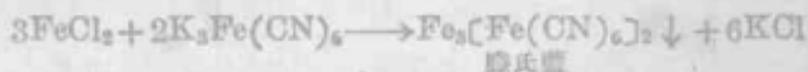
(13) 硫化亞鐵與鹽酸之作用

(14) 氯化亞鐵與氯之作用 $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{FeCl}_3$

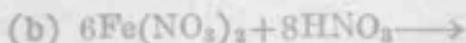
(15) 氯化亞鐵與硝酸及鹽酸之作用



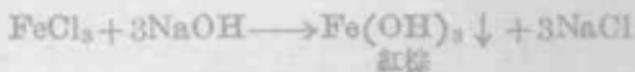
(16) 亞鐵鹽之檢驗



(17) 亞鐵鹽被硝酸氧化為鐵鹽



(18) 氫氧化鐵之製備

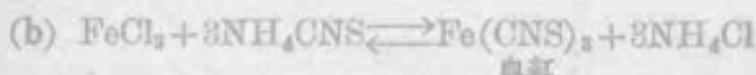
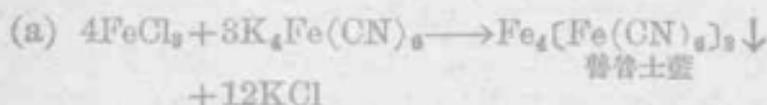


(19) 氫氧化鐵之加熱分解 $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\quad} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

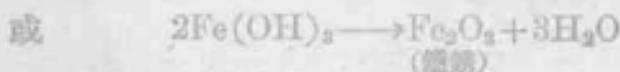
(20) 氯化鐵還原為氯化亞鐵



(21) 鐵鹽之檢驗



(22) 鐵銹之生成



十七 鉛 (Lead) 之方程式

符號: Pb 第四類 原子價 +2及+4

產出: 方鉛礦(PbS)、白鉛礦(PbCO₃)、硫酸鉛礦(PbSO₄)。

(1) 由方鉛礦煉鉛 $2\text{PbS} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2 \uparrow$

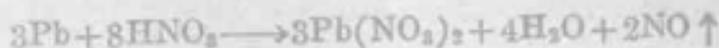


(2) 鉛在常溫時與氧之作用 $4\text{Pb} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Pb}_2\text{O}$

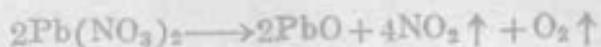
(3) 鉛在常溫時與水及氧之作用



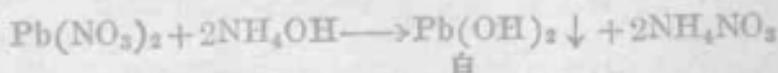
(4) 鉛與硝酸之作用



(5) 硝酸鉛之加熱分解



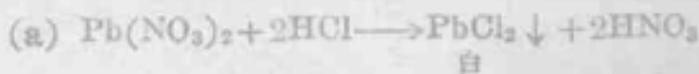
(6) 氫氧化鉛之製備



(7) 氫氧化鉛之兩性作用

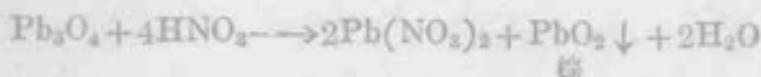


(8) 鉛鹽之檢驗



(9) 鉛丹之製備 $6\text{PbO} + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[600^\circ\text{C}]{475^\circ\text{C}} 2\text{Pb}_3\text{O}_4$

(10) 過氧化鉛之製備

(11) 過氧化鉛之分解 $2\text{PbO}_2 \xrightarrow{600^\circ\text{C以上}} 2\text{PbO} + \text{O}_2$

(12) 過氧化鉛與苛性鈉溶液之作用

(13) 氯化鉛與氯之作用 $\text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{PbCl}_4$

(14) 四氯化鉛與水之作用

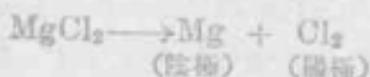


十八 鎂(Magnesium)之方程式

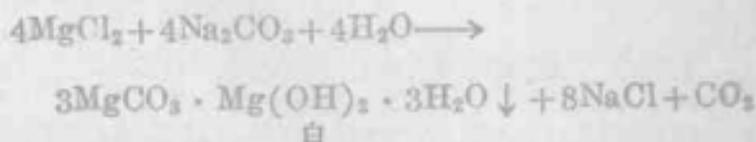
符號: Mg 第二類 原子價 +2

產出: 光鹵石($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、白雲石($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$)、
菱鎂礦(MgCO_3)、硫酸鎂石($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)。

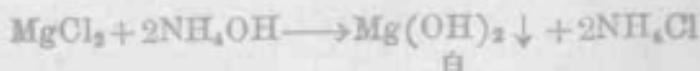
(1) 由電解熔融之無水氯化鎂以製鎂

(2) 碳酸鎂之加熱分解 $\text{MgCO}_3 \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{CO}_2$ (3) 氫氧化鎂之加熱分解 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ (4) 鎂在空氣或氧中燃燒 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MgO}$ (5) 鎂與沸水之作用 $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$

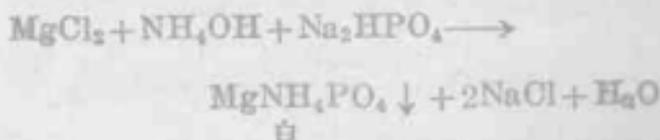
- (6) 閃光粉之燃燒 $3\text{Mg} + \text{KClO}_3 \longrightarrow 3\text{MgO} + \text{KCl}$
- (7) 矽之製備 $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \longrightarrow 2\text{MgO} + \text{Si}$
- (8) 鎂與氮之作用 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \longrightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$
- (9) 鎂與硫之作用 $\text{Mg} + \text{S} \longrightarrow \text{MgS}$
- (10) 硫化鎂之水解 $\text{MgS} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{H}_2\text{S}$
白
- (12) 鎂與氯之作用 $\text{Mg} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{MgCl}_2$
- (13) 鎂與鹽酸之作用 $\text{Mg} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- (14) 氯化鎂與碳酸鈉溶液之作用



- (15) 氫氧化鎂之製備



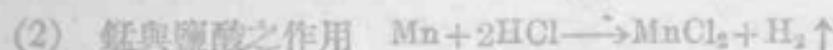
- (16) 鎂鹽之檢驗



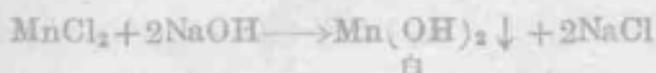
十九 錳(Manganese)之方程式

符號: Mn 第七類 原子價 +2, +3, +4, +6及+1

產出: 軟錳礦(MnO_2)



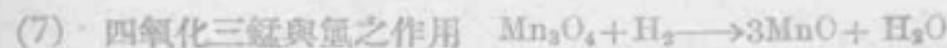
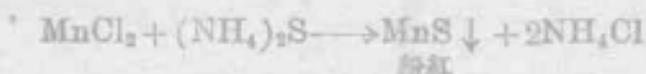
(3) 氫氧化亞錳之製備



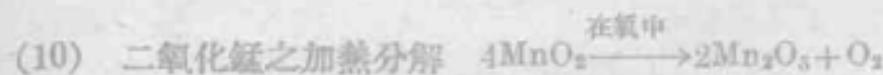
(5) 氧化亞錳與鹽酸之作用



(6) 亞錳鹽之檢驗



(9) 錳酸鉀之製備



(11) 二氧化錳與鹽酸之作用



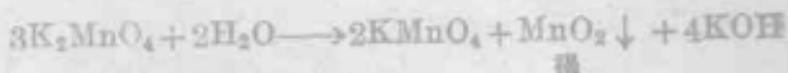
(12) 錳酸鉀與鹽酸之作用



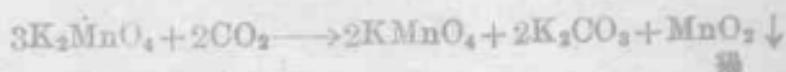
(13) 錳酸鉀與氯之作用



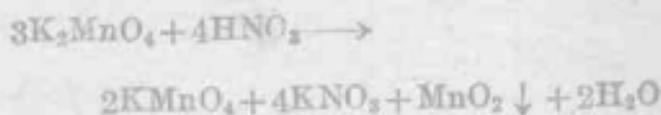
(14) 錳酸鉀與水之作用



(15) 錳酸鉀溶液與二氧化碳之作用



(16) 錳酸鉀與硝酸之作用



(17) 高錳酸鉀與硫酸之作用



(18) 高錳酸之加熱分解



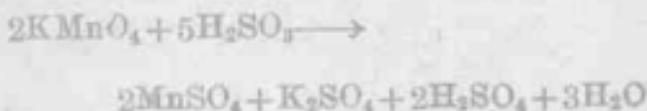
(19) 高錳酸鉀與濃硫酸之作用

(20) 七氧化二錳之加熱分解 $2\text{Mn}_2\text{O}_7 \longrightarrow 4\text{MnO}_2 + 3\text{O}_2$

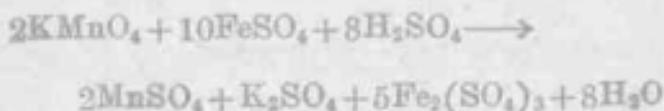
(21) 高錳酸鉀之加熱分解



(22) 高錳酸鉀與亞硫酸之作用



(23) 高錳酸鉀與硫酸及硫酸亞鐵之作用



二十 汞(Mercury)之方程式

符號: Hg 第二類 原子價 +1及+2

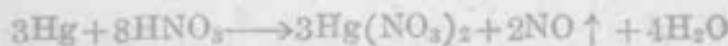
產出: 自然汞(Hg)、辰砂(HgS)。

(1) 汞之提煉 $\text{HgS} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$ (2) 汞與氧之作用 $2\text{Hg} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{HgO}$ (3) 氧化亞汞之加熱分解 $2\text{Hg}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Hg} + \text{O}_2$

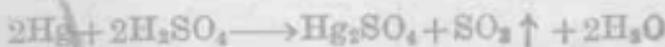
(4) 過量汞與硝酸之作用



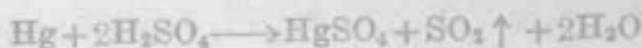
(5) 汞與過量硝酸之作用



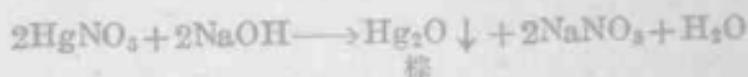
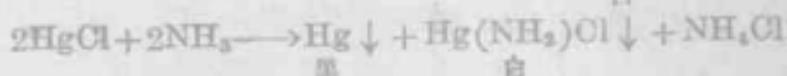
(6) 過量汞與熱濃硫酸之作用



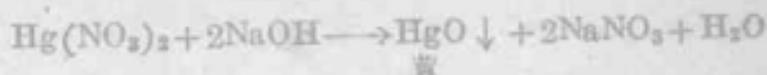
(7) 汞與過量熱濃硫酸之作用



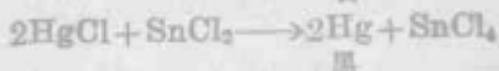
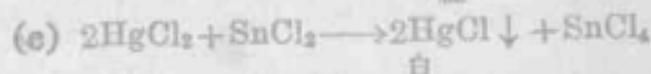
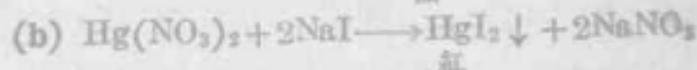
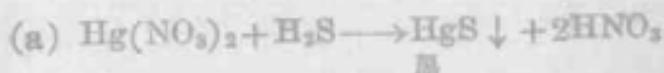
(8) 氧化亞汞之製備

(9) 氯化汞之製備 $\text{HgSO}_4 + 2\text{NaCl} \longrightarrow \text{HgCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ (10) 亞汞鹽之檢驗 $\text{HgNO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{HgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$ 

(11) 氧化汞之製備



(12) 汞鹽之檢驗



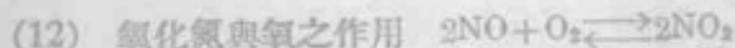
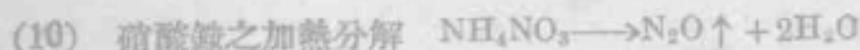
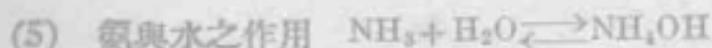
二十一 氮(Nitrogen)之方程式

符號: N 第五類 原子價 -3, +3及+5

[+1, +2, +4]

產出: 游離氮(N_2), 蛋白質, 智利硝石(NaNO_3), 硝石(KNO_3)

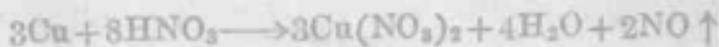
(1) 氮與氧之作用(電弧法) $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$



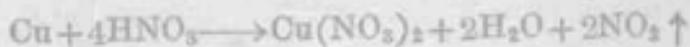
(15) 過氧化氮與水之作用

(16) 亞硝酸之分解 $2\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (17) 五氧化二氮之製備 $2\text{HNO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \longrightarrow 2\text{HPO}_3 + \text{N}_2\text{O}_5$ (18) 硝酸之製備 $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3$ (19) 硝酸鈉之加熱分解 $2\text{NaNO}_3 \longrightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$ (20) 亞硝酸之製備 $\text{NaNO}_2 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{HNO}_2$

(21) 銅片與稀硝酸之作用



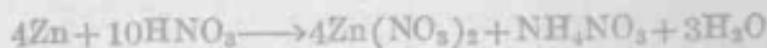
(22) 銅片與濃硝酸之作用



(23) 銀片與硝酸之作用



(24) 鋅與極稀硝酸之作用



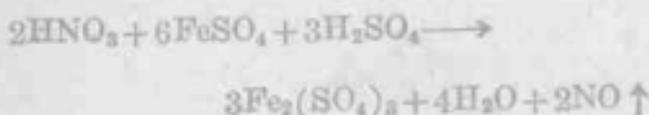
(25) 磷酸之製備



(26) 硝酸與鹽酸之作用



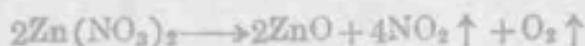
(27) 硝酸與硫酸亞鐵及硫酸之作用



(28) 硝化甘油之製備



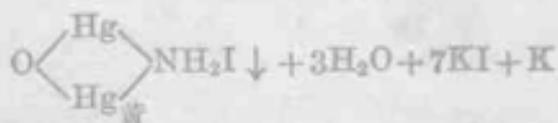
(29) 硝酸鋅之加熱分解



(30) 硝酸銀之加熱分解



(31) 銻根之檢驗〔用納氏(Nessler)試藥〕

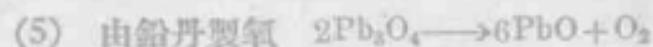
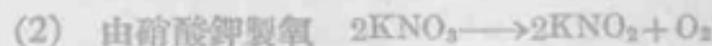
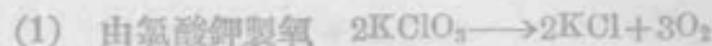


(32) 硝酸根之檢驗(棕環試法)

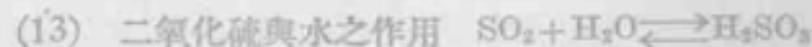


二十二 氧(Oxygen)之方程式

符號: O 第六類 原子價 -2

產出: 游離氧(O₂)、水(H₂O)、各種礦物及有機物。

(8) 由過氧化鈉與水作用以製氧



二十三 磷(Phosphorus)之方程式

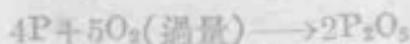
符號： P 第五類 原子價 -3, +3及+5

產出： 磷灰石 $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ 、有機物。

(1) 由磷灰石製磷



(2) 磷之氧化 $4\text{P}(\text{過量}) + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{P}_2\text{O}_3$



(3) 磷與硫之作用 $4\text{P} + 3\text{S} \longrightarrow \text{P}_4\text{S}_3$

(4) 磷與水及空氣之作用 $4\text{P} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_3$

(5) 磷與氯酸鉀之作用 $6\text{P} + 5\text{KClO}_3 \longrightarrow 3\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{KCl}$

(6) 磷化氫之製備

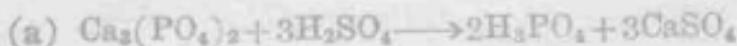


(7) 三氧化二磷與水之作用 $\text{P}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_3$

(8) 五氧化二磷與水之作用 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HPO}_3$



(9) 磷酸鈣與硫酸之作用



(10) 三氯化磷之水解 $\text{PCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HCl}$



(12) 磷酸與苛性鈉之中和



(14) 磷酸氫二鈉之加熱分解



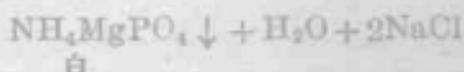
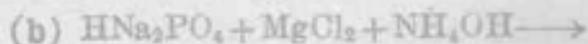
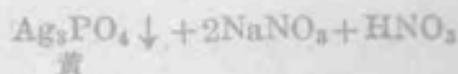
(15) 偏磷酸鹽之檢驗



(16) 焦磷酸鹽之檢驗



(17) 正磷酸鹽之檢驗



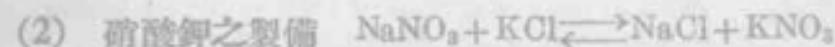
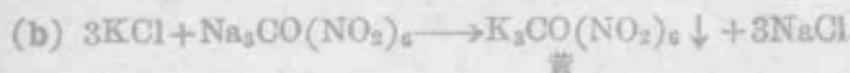
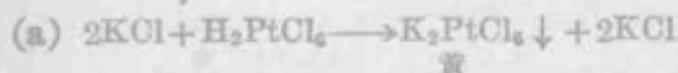
二十四 鉀(Potassium)之方程式

符號: K 第一類 原子價 +1

產出: 鉀鹽(KCl)、光鹵石(KCl · MgCl₂ · 6H₂O)、
硝石(KNO₃)、長石(KAlSi₃O₈)。

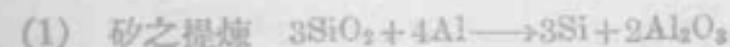
鉀之方程式,大致與鈉之方程式相似,其不同者如下:

(1) 鉀鹽之檢驗



二十五 矽(Silicon)之方程式

符號: Si 第四類 原子價 +4

產出: 石英(SiO₂)、各種矽酸鹽(長石,陶土,雲母,石棉等)。

(3) 矽酸鈉之製備



(4) 二氧化矽與磷酸鈣之作用



(5) 二氧化矽與硫酸鈣之作用



(6) 矽酸之製備



(7) 矽酸之加熱分解 $\text{H}_2\text{SiO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$

二十六 銀(Silver)之方程式

符號: Ag 第一類 原子價 +1

產出: 自然銀(Ag, 常與銅鉛金混合)、輝銀礦(Ag_2S)、
氯化銀(AgCl)。

(1) 由輝銀礦提銀 $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4$



(2) 由氯化銀提銀 $\text{AgCl} + \text{Hg} \longrightarrow \text{Ag} + \text{HgCl}$

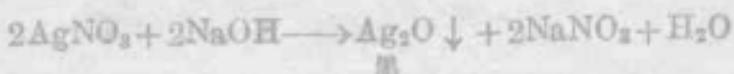
(3) 銀與臭氧之作用 $6\text{Ag} + 2\text{O}_3 \longrightarrow 3\text{Ag}_2\text{O}_2$

(4) 銀與硫之作用 $2\text{Ag} + \text{S} \longrightarrow \text{Ag}_2\text{S}$

(5) 銀與硝酸之作用



(6) 硝酸銀與苛性鈉溶液之作用



(7) 氧化銀之受熱分解 $2\text{Ag}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Ag} + \text{O}_2$

(8) 硝酸銀與溴化鈉溶液之作用



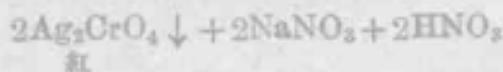
(9) 硝酸銀與碘化鈉溶液之作用



(10) 硝酸銀溶液與硫化氫之作用



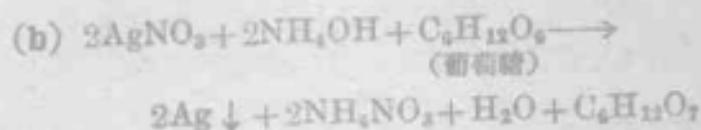
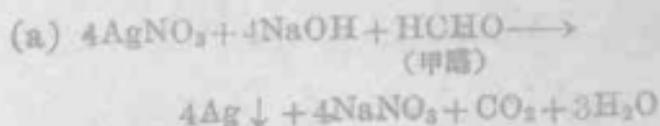
(11) 硝酸銀溶液與鉻酸鈉或重鉻酸鈉溶液之作用



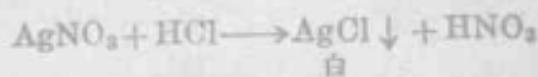
(12) 硝酸銀與氰化鉀溶液之作用



(13) 銀鏡之生成



(14) 銀化合物之檢驗

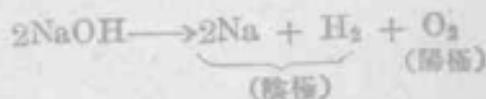


二十七 鈉(Sodium)之方程式

符號: Na 第一類 原子價 +1

產出: 食鹽(NaCl)、智利硝石(NaNO₂)、冰晶石(Na₃AlF₆)、
硼砂(Na₂B₄O₇ · 10H₂O)。

(1) 由電解熔融之苛性鈉以製鈉

(2) 電解熔融之食鹽 $2NaCl \longrightarrow \underbrace{2Na}_{\text{(陰極)}} + \underbrace{Cl_2}_{\text{(陽極)}}$ (3) 氧化鈉之製備 $2NaNO_3 + 10Na \longrightarrow 6Na_2O + N_2 \uparrow$ (4) 鈉與水之作用 $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2 \uparrow$ (5) 苛性鈉與鹽酸之作用 $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$

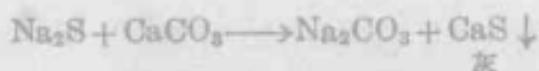
(6) 食鹽與硫酸之作用



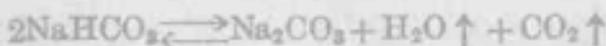
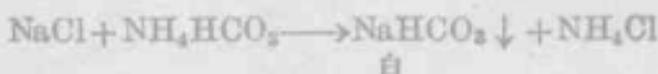
(7) 硝酸鈉與硫酸之作用

(8) 硝酸鈉之加熱分解 $2\text{NaNO}_3 \longrightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$

(9) 用路布爾法製碳酸鈉



(10) 用索爾未法製碳酸鈉

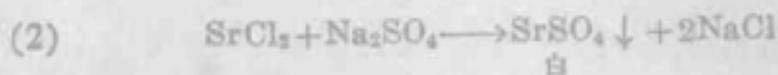
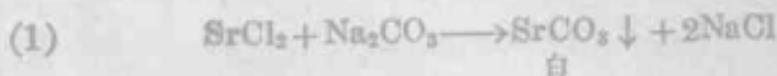


二十八 銣(Strontium)之方程式

符號: Sr 第二類 原子價 +2

產出: 碳酸銣礦(SrCO_3)、天青石(SrSO_4)。

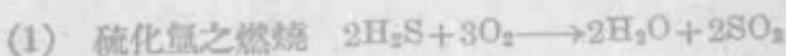
鋇之方程式與鋇之方程式，大致相似；所不同者，僅鋇之檢驗耳。



二十九 硫(Sulfur)之方程式

符號：S 第六類 原子價 -2, +4及+6

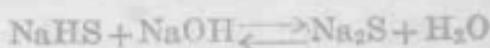
產出：自然硫(S)、硫化物(如 Ag_2S , Cu_2S , PbS , HgS , ZnS , FeS_2 , CuFeS_2)、硫酸鹽(如 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, BaSO_4)。



(2) 硫化氫與二氧化硫之作用



(3) 硫化氫與氫氧化鈉溶液之作用



(4) 硫化氫與氨水之作用

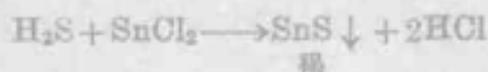


(5) 多硫化銨之製備 $(\text{NH}_4)_2\text{S} + x\text{S} \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{S} \cdot x\text{S}$

(6) 硫化氫與鋇鹽溶液之作用



(7) 硫化氫與氯化亞錫溶液之作用



(8) 硫化亞錫溶於多硫化銨之作用



(9) 硫化氫與氯化錫溶液之作用



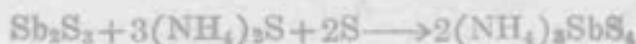
(10) 硫化錫溶於硫化銨之作用



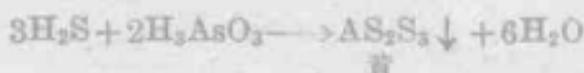
(11) 硫化氫與三氯化銻溶液之作用



(12) 三硫化二銻溶於多硫化銨之作用



(13) 硫化氫與亞砷酸之作用



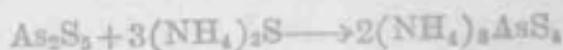
(14) 三硫化二砷溶於多硫化銨之作用



(15) 硫化氫與正砷酸之作用



(16) 五硫化二砷溶於硫化銹之作用



(17) 鋅鹽溶液與硫化銹之作用



(18) 硫化亞鐵之煅燒 $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 \uparrow$

(19) 黃鐵礦之煅燒 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2 \uparrow$

(20) 二氧化硫與苛性鈉溶液之作用



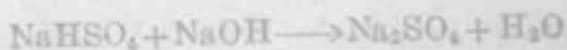
(21) 用接觸法(Contact process)製硫酸



(22) 用鉛室法(Lead chamber process)製硫酸



(23) 硫酸與苛性鈉溶液之作用



(24) 硫代硫酸鈉之製備



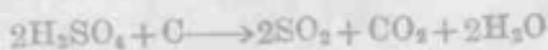
(25) 硫代硫酸鈉溶液與氯之作用



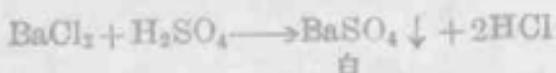
(26) 硫代硫酸鈉溶液與溴化銀之作用



(27) 濃熱硫酸對於木炭之作用



(28) 硫酸根之檢驗



三十 錫(Tin)之方程式

符號: Sn 第四類 原子價 +2及+4

產出: 錫石(SnO_2)

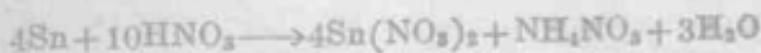
(1) 錫之提煉 $\text{SnO}_2 + 2\text{C} \longrightarrow \text{Sn} + 2\text{CO} \uparrow$

(2) 錫之氧化 $\text{Sn} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SnO}_2$

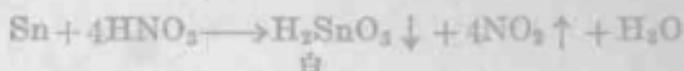
(3) 錫與鹽酸之作用 $\text{Sn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{SnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

(4) 錫與氯之作用 $\text{Sn} + 2\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{SnCl}_4$

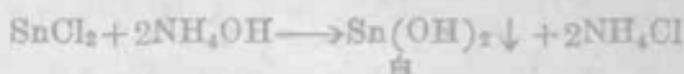
(5) 錫與稀硝酸之作用



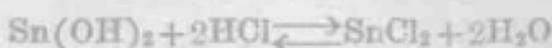
(6) 錫與濃硝酸之作用



(7) 氫氧化亞錫之製備



(8) 氫氧化亞錫之兩性作用



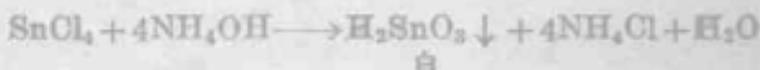
(9) 氫氧化亞錫之加熱分解



(10) 氯化亞錫與氯化汞溶液之作用



(11) 氯化錫與氨水之作用



(12) 偏錫酸之兩性作用



(13) 偏錫酸之加熱分解

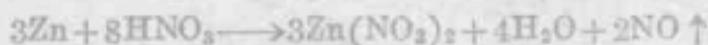


三十一 鋅(Zinc)之方程式

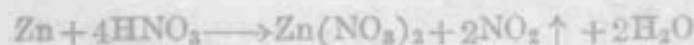
符號: Zn 第二類 原子價 +2

產出: 閃鋅礦(ZnS)、赤鋅礦(ZnO)、菱鋅礦(ZnCO₃)。

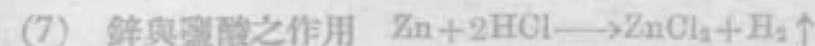
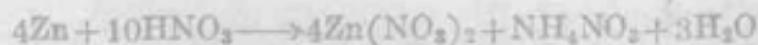
(4) 鋅與稀硝酸之作用



(5) 鋅與濃硝酸之作用



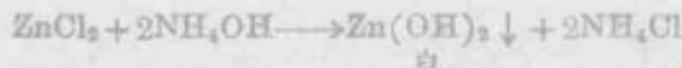
(6) 鋅與極稀硝酸之作用



(8) 鋅與苛性鈉溶液之作用



(9) 氫氧化鋅之製備



(10) 氫氧化鋅之兩性作用



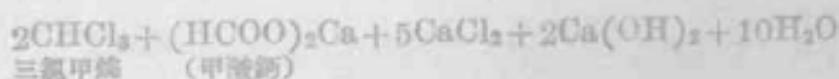
(11) 氫氧化鋅之加熱分解



(12) 鋅鹽溶液與硫化氫之作用

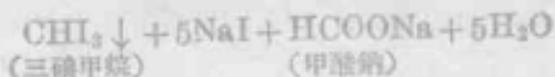
(13) 鋅鹽之檢驗 $\text{ZnCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S} \longrightarrow \text{ZnS} \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
白

附有機物之重要方程式

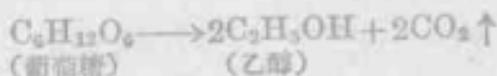
(1) 甲烷之製備 $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CH}_4$
(醋酸钠) (甲烷)(2) 甲烷之燃燒 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (3) 乙烯之製備 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow[180^\circ\text{O}]{\text{濃H}_2\text{SO}_4} \text{C}_2\text{H}_4 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
(酒精) (乙醇)(4) 乙炔之製備 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$
(電石) (乙炔)(5) 乙炔之完全燃燒 $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (6) 三氯甲烷之製備 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 8\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl} \longrightarrow$
(漂白粉)

三氯甲烷 (甲液鈣)

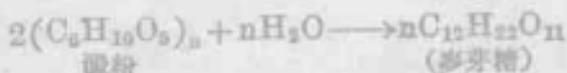
(7) 三碘甲烷之製備

(8) 甲醇之製備 $CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$
(甲醇)

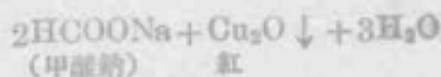
(9) 乙醇之製備(由葡萄糖)



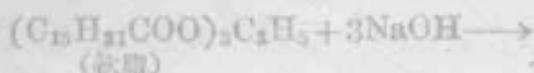
(10) 乙醇之製備(由澱粉)

(11) 乙醇之燃燒 $C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ (12) 乙醚之製備 $2C_2H_5OH \xrightarrow[140^\circ O]{\text{濃硫酸}} (C_2H_5)_2O + H_2O$
(乙醚)(13) 甲醛之製備 $2CH_3OH + O_2 \longrightarrow 2HCHO + 2H_2O$
(甲醇) (甲醛)

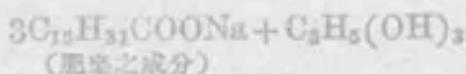
(14) 甲醛溶液與斐林(Fehling)溶液之作用



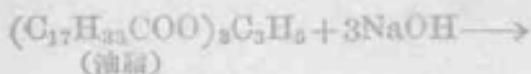
(15) 甲醛溶液與氨性硝酸銀溶液之作用



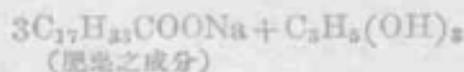
(軟脂)



(肥皂之成分)



(油酸)

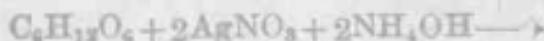


(肥皂之成分)

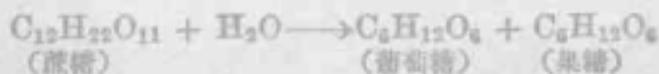
(24) 葡萄糖與斐林溶液之作用



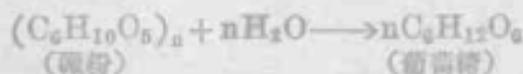
(25) 葡萄糖之銀鏡反應



(26) 蔗糖之轉化



(27) 由澱粉製葡萄糖



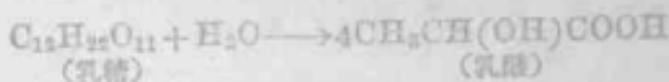
(澱粉)

(葡萄糖)

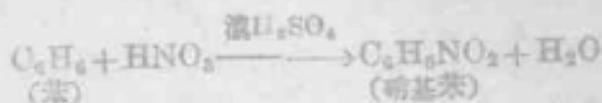
(28) 由草酸製一氧化碳 $(\text{COOH})_2 \longrightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(草酸)

(29) 乳糖之發酵



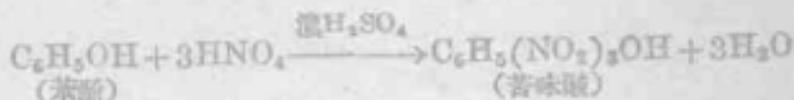
(30) 硝基苯之製備



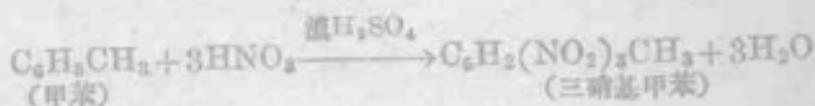
(31) 苯胺之製備



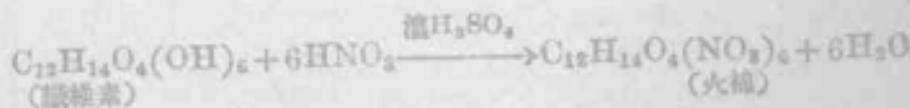
(32) 苦味酸之製備



(33) 三硝基甲苯之製備



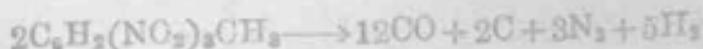
(34) 火棉之製備



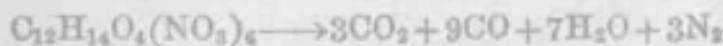
(35) 苦味酸之爆炸



(36) 三硝基甲苯之爆炸



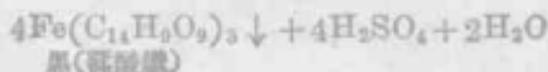
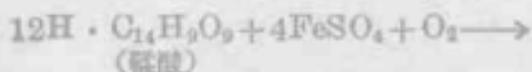
(37) 火棉之爆炸



(38) 硝化甘油之爆炸

(39) 尿素之分解 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$
(尿素)

(40) 藍黑墨水露於空氣中之作用



附 錄

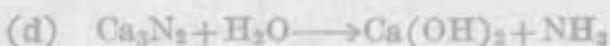
一 習 題

- 1 化學表記法有何三種?
- 2 化學方程式何以稱為方程式?
- 3 化學方程式與代數方程式有何不同?
- 4 如何發現真實之化學變化?
- 5 化學方程式何以有平衡之必要?
- 6 如何測定化合物之分子式?
- 7 0.464 克之氫與 7.36 克之氧化合而成一種化合物，試求其實驗式(答：實驗式為 HO)。
- 8 水化物一種，組成為 Na 20.72%，S 14.41% 及 H_2O 64.86%，試求其實驗式(答：實驗式為 $Na_2S \cdot 8H_2O$)。
- 9 一物質之組成如下：CaO = 30.42%，MgO = 21.71%， CO_2 = 47.75%。試求其實驗式(答：實驗式為 $CaCO_3 \cdot MgCO_3$)。
- 10 某氣體含 C 85.62% 及 H 14.38%，在標準狀況下，每升重

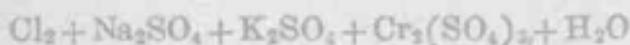
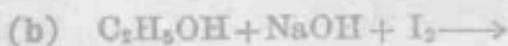
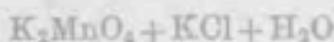
1.2809克。試求其分子式(答：分子式為 C_2H_4)。

- 11 有一氣體，知其對於氧之比重為 2.44，又由定量分析，測定其百分組成爲 $H = 7.69\%$ 及 $C = 92.31\%$ ，試求其分子式(答：分子式為 C_6H_6)。

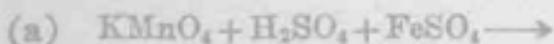
- 12 試用視察法平衡下列方程式：

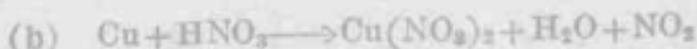


- 13 試用代數法平衡下列方程式：

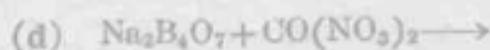
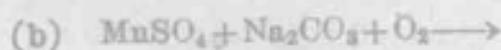
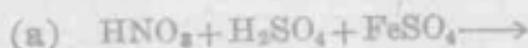


- 14 試用部分方程式平衡下列方程式：

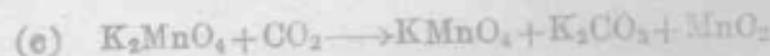




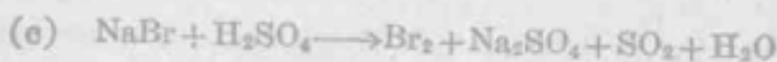
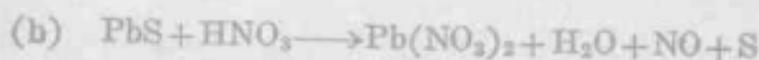
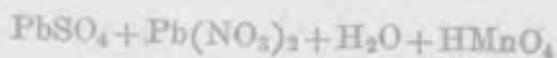
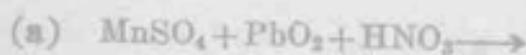
15 試用縮水物法平衡下列方程式：



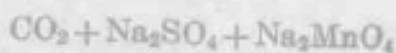
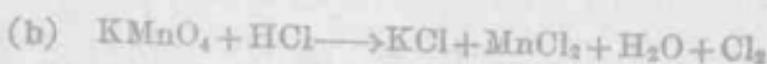
16 試用原子價法平衡下列方程式：



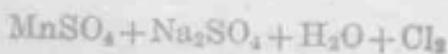
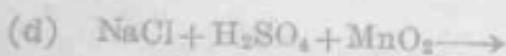
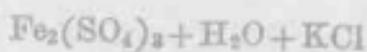
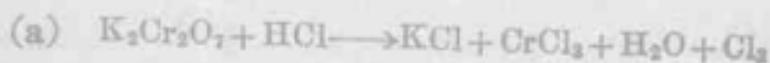
17 試用電子法平衡下列方程式：



18 試用游子與電子法平衡下列方程式：



19 試用游子與陽電荷法平衡下列方程式：



20 區別下列各項：

(a) 分解與複分解

(b) 取代與置換

21 並行變化與連續變化中各物質之重量比，何以不能用方程式表記？

22 述 $2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$ 之一切涵義。

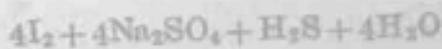
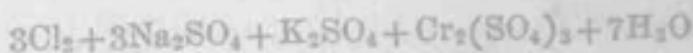
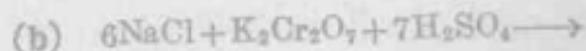
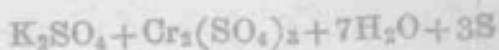
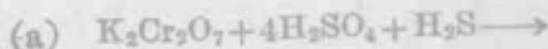
23 述 $(\text{H}_2) + (\text{Cl}_2) \longrightarrow 2(\text{HCl}) + 44,000$ 卡之涵義。

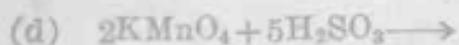
24 游子方程式何以較分子方程式之應用為廣？

25 今欲沉澱 0.75 克 Ag_2SO_4 中之銀，問需比重為 1.05 含 HCl 10% 之稀鹽酸若干 c.c.？(答：需此種鹽酸 1.67c.c.)。

26 40 克之氫與 8 克之氧化合，問可生水若干克？(答：生水 9 克)。

27 書出下列各方程式之部分方程式：





28 強熱氯酸鉀 1 克，在 17°C 及 720 mm. 時可放氧若干升？
(答：放氧 307 c.c.)。

29 稀硫酸一升中，投入鋅 100 克，迨作用完畢後，(尚剩鋅 34.6 克)，試求該硫酸一升中含純硫酸幾克？又在標準狀況下放氫若干升？(答：純硫酸 98 克；放氫 22.4 升)。

30 (a) NaCl 與 Na_2CO_3 之混合物 5 克溶於水中，加入過量之氯化鋇溶液，使 CO_3^{2-} 悉變為 BaCO_3 之沉澱。濾過後，秤此乾燥沉澱為 3.94 克；(b) 另取此混合物 5 克溶入水中，以 N.HCl 滴定，須用 40 c.c.。試由上列二實驗，算出此二種鹽在混合物中之百分率 (答： Na_2CO_3 42.4%； NaCl 57.6%)。

31 鎂 5 克，投入稀硫酸所生之氫，在 12°C 及 74 cm. 時能和氯若干體積化合？(答：和氯 4.94 升化合)。

32 結晶碳酸鈉 10 克，適能與硫酸 3.43 克中和，求此結晶體所含結晶水之分子數 (答：含結晶水 10 分子)。

33 欲中和比重為 1.345 含氫氧化鈉 31.22% 之溶液 25 c.c. 需比重為 1.8354 含硫酸 93.19% 之濃硫酸若干 c.c.？(答：

需此種濃硫酸 60 c.c.)。

- 34 今秤定鐵礦 0.2 克，用 H_2SO_4 溶解之，其生成之 $FeSO_4$ ，更用 $KMnO_4$ 氧化為 $Fe_2(SO_4)_3$ ，以推算其百分組成。設所需之 $KMnO_4$ 溶液為 20 c.c.，而此溶液則由 $KMnO_4$ 3.16 克溶於 1 升水中而成。試求鐵礦中含鐵之百分率（答：含鐵 90.8%）。
- 35 空氣之體積組成為 20% 之氧及 80% 之氮。以硫燃於空氣中，其體積較所需者多 50%。試求反應後混合物之體積組成（答：混合物之體積組成為 N_2 80%； O_2 6.77% 及 SO_2 13.33%）。
- 36 $20^\circ C$ 及 864 mm. 時，燃氫 76 升，可生水幾克？（答：生水 64.6 克）。
- 37 硫 8 克與鐵 10 克化合為硫化亞鐵。再使所生之硫化亞鐵與鹽酸作用而生硫化氫，問在 $25^\circ C$ 及 745 mm. 時應為若干升？（答：應為 4.74 升）。
- 38 一種煤含碳 84%，氫 12% 及灰分 4%。欲使煤 1 尅完全燃燒，問需空氣（含氧 20%）若干升（ $27^\circ C$, 750 mm.）？（答：需空氣 12472 升）。
- 39 欲製比重為 1.1 之鹽酸（含氯化氫 20%）五升，問需食鹽

- 若干克與硫酸作用?(答: 需食鹽 1763 克)。
- 40 今用氯酸鉀 95 克以製氧, 問須用純硫酸若干克, 使沖水後與鋅作用所生之氫適能與氧化合而各無餘剩?(答: 須用純硫酸 228 克)。
- 41 一銀幣重 2.488 克中, 含銀 92.5% 與銅 7.5%, 問需比重為 1.225 含純硝酸 40.58% 之硝酸若干 c. c. 始能完全溶解之?(答: 需此種硝酸 5.07 c.c.)。
- 42 5 克之黃銅(Cu 70% 與 Zn 30%) 溶於比重 1.2 含純硝酸 33% 之硝酸中, 問需此種硝酸若干 c. c.?(答: 需此種硝酸 24.5 c.c.)。
- 43 CH_4 與 C_3H_8 (均為氣體) 共 30 c.c., 加入氧 105 c.c., 燃燒後冷氣體之體積為 60 c.c. (水汽已凝為水)。試計算 CH_4 與 C_3H_8 之體積(答: CH_4 及 C_3H_8 各 15 c.c.)。
- 44 試求與 100 克 KMnO_4 完全作用時所需 12 N 鹽酸之體積; 更求於 25°C 及 750 mm. 時所生氣之體積(答: 需此種鹽酸 409 c.c.; 生氣 76 升)。
- 45 鍊鐵爐中之化學變化, 大致為 $2\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \longrightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ 設 Fe_2O_3 及 C 均係純粹, 問一噸礦須用焦煤若干噸?(答: 0.225 噸)。又需氧若干噸?(答: 0.3

噸)。

46 岩鹽 0.2925 克生成氯化銀 0.7075 克，計算岩鹽中氯化鈉之純淨度(答：含食鹽 98.6%)。

47 在溫度 25°C 及 750 mm. 時，將 H_2S 通入 CuSO_4 之規定溶液 20 c.c. 中，問至反應完畢時，共需硫化氫若干升?(答：需硫化氫 245 c.c.)。

48 比重為 1.14 含 HCl 27.7% 之鹽酸 350 c.c. 與錫作用後，可得 SnCl_2 若干克?(答：得 SnCl_2 290 克)。

49 求 H_2CO_3 ， $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 及 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之當量(答： H_2CO_3 之當量為 31； $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 之當量為 85.5； $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之當量為 66.6)。

50 以純硫酸 49 克溶入水中，製成 2 升之稀硫酸，試求其規定濃度(答：0.25 N)。

51 比重為 1.42 含純硝酸 69.8% 之濃硝酸為若干規定溶液?(答：15.7N)。

52 比重為 1.10 含 HCl 20% 之稀鹽酸 100 c.c.，加水稀釋至 300 c.c.，試求其規定濃度(答：1.1 N)。

53 硫酸之 4 克分子溶液(4 M)為若干規定溶液?(答：8 N)。

54 鹽酸 50 c.c. 適能與苛性鈉溶液 80 c.c. 中和。如鹽酸為

- 0.1 規定溶液,求苛性鈉溶液之規定濃度?(答: 0.25 N)。
- 55 欲製 NaOH 之 0.5 規定溶液 2 升,問需 NaOH 若干克?
(答: 需 NaOH 40 克)。
- 56 由 200 克純硝酸可製得 60% 之硝酸(比重為 1.4)若干體積?(答: 可製得此種硝酸 238 c.c.)。
- 57 用 196 克之純硫酸製備 0.5 N 之溶液,問可製得若干體積?(答: 製得 8 升)。
- 58 用比重 1.42 含 HNO_3 69.8% 之濃硝酸 100 c.c., 可製成硝酸之 1.2 規定溶液若干體積?(答: 製成 1.31 升);又須加水若干體積?(答: 須加水 1.2 升)。
- 59 欲製 0.1 N 之 KOH 溶液 500 c.c., 問需比重為 1.546 含 KOH 50.6% 之濃溶液若干 c.c.?(答: 需此種濃溶液 3.5 c.c.)。
- 60 今有重量不知之 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 加熱分解, 於 20°C 及 750 mm. 時生成之 O_2 為 12.18 升, 問於同溫同壓下, 可得 NO_2 若干升?(答: 可得 NO_2 48.72 升)。
- 61 H_2SO_4 與 NaHCO_3 作用生成 NaHSO_4 及 CO_2 , 問用 NaHCO_3 12 kg 時, 在 27°C 及 750 mm. 時, 可生 CO_2 若干升?
(答: 生 CO_2 2527 升)。

- 62 在 20°C 及 740 mm . 時, 於水面上收集 N_2 1500 c.c. , 問需亞硝酸鈹若干克? (答: 需亞硝酸鈹 3.71 克)。
- 63 用 NH_4Cl 製取 NH_4OH 時, 欲得濃度為 0.5 N 之 NH_4OH 溶液 2 升, 問需用 NH_4Cl 若干克? (答: 需用 NH_4Cl 53.5 克)。
- 64 鋅 6 克與濃度為 2 N 之硫酸 150 c.c. 作用, 問可生氫若干克? (答: 生氫 0.18 克)。
- 65 有 88% 之赤鐵礦 (Fe_2O_3) 100 噸, 問煉鐵時須用 96% 之焦煤若干噸? (答: 須用此種焦煤 20.6 噸)。
- 66 若以食鹽 1 尅之水溶液完全電解, 問可製成 $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ 及 NaOH 之 50% 水溶液合若干? (答: 製成 $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ 1084 克及 NaOH 之 50% 水溶液 1368 克)。又所生之氫在 27°C 及 750 mm . 時體積為若干? (答: 生氫 2132 c.c.)。
- 67 電解 15.5 克之水, 求於溫度 18°C 及壓力 750 mm . 時, 兩極所生之體積 (答: 陰極生氫 19.29 升; 陽極生氧 9.64 升)。
- 68 450 克之 CaC_2 加水後生 C_2H_2 , 求於 150°C 及 750 mm . 時所生 C_2H_2 之體積 (答: 生 C_2H_2 178.4 升)。
- 69 設用 NH_4NO_3 製 N_2O , 製後裝於 15°C 及 3 氣壓之銅桶中其體積為 5 升, 問需 NH_4NO_3 若干克? (答: 需 NH_4NO_3

51克)。

70 5克之鈉，為水分解。計算(a)生成NaOH之重(答：生成NaOH 8.7克)；(b)中和NaOH所需 $\frac{1}{10}$ N硫酸之體積(答：需此種硫酸2185 c.c.)。

71 在Haber法中， N_2 與 H_2 之製取係以空氣及水汽各通過赤熱碳上，生成之 NH_3 為 H_2SO_4 所吸收，以製1320克之 $(NH_4)_2SO_4$ 。試求(a)製10N $(NH_4)_2SO_4$ 溶液之體積(答：製得2000升)；(b)所需98% H_2SO_4 (比重1.84)之體積(答：需534.84升)；(c)煤之重量(答：需210kg)；(d)在 $273^\circ C$ 及200氣壓時空氣之體積(答：需空氣285000升)及(e)製氫所用水汽之重量(答：需水汽540kg)。(設空氣含氮80%及氧20%並設碳燃燒時完全生成 CO_2)。

72 加 $BaCl_2$ 溶液於稀 H_2SO_4 26 c.c. 中，作用完成後，得 $BaSO_4$ 1.167克，求該硫酸之規定濃度(答：0.3836N)。

73 25 c.c. 之鹽酸能與0.265克之無水碳酸鈉作用，試求鹽酸為若干規定溶液？(答：2N)。

74 有不知濃度之NaOH溶液100 c.c.，需 H_2SO_4 之2規定溶液45 c.c. 始能中和，試求此種NaOH溶液之規定濃度(答：0.9N)。

- 75 今有濃度為 6 N 之 NaOH 溶液 50 c.c., 問需 6 M 之 H_2SO_4 若干 c.c. 方能中和? (答: 需 6 M 之 H_2SO_4 25 c.c.)。
- 76 硝酸銀之 0.5 規定溶液 25 c.c. 中含銀幾克? (答: 含銀 0.0079 克)。
- 77 今有硫酸 45 c.c. 適與 NaOH 之溶液 40 c.c. 中和, 蒸乾後, 得 Na_2SO_4 2.13 克。試求酸鹼之規定濃度 (答: 硫酸之濃度為 0.67 N; NaOH 溶液之濃度為 0.75 N)。
- 78 使 $\frac{1}{2}$ N 之鹽酸 3 升與純粹之 $CaCO_3$ 作用而生 CO_2 , 試求 (a) $CaCO_3$ 之重? (答: 30 克); (b) 在 N. T. P. T. CO_2 之體積? (答: 6.72 升); (c) 所生之 CO_2 能製 K_2CO_3 若干? (答: 生 K_2CO_3 41.4 克)。
- 79 有硫酸 500 c.c., 其中溶有純硫酸 0.49 克, 試求其克分子濃度及規定濃度? (答: 0.1 M; 0.2 N)。
- 80 今有硫酸一種 20 c.c., 適與 NaOH 之溶液 25 c.c. 中和, 而 5 c.c. 之硫酸, 適能與無水碳酸鈉 1.06 克作用求酸鹼二液之規定濃度及製溶液各 1 升所需固體 NaOH 之重與濃硫酸 (比重 1.84, 含 H_2SO_4 95%) 之體積 (硫酸為 4N; NaOH 之溶液為 3.2 N 製此種 NaOH 溶液 1 升需固體 NaOH 128 克; 製此種硫酸 1 升需濃硫酸 112 c.c.)。

81 用方程式表示下列各項之化學變化：

(a) 以氮通過赤熱之氧化銅 (b) 氰化銀沉澱加氰化鉀溶液
 (c) 通過量之二氧化碳於石灰水 (d) 三氯化銻加水 (e) 氯化銀沉澱加氨水
 (f) 鋁加氫氧化鈉溶液 (g) 碳酸氫鈉溶液加硫酸 (h) 燃燒酒精
 (i) 氮化鎂加水汽 (j) 醋酸加酒精 (k) 加氯化汞溶液於氯化亞錫之溶液
 (l) 溴化銀加硫代硫酸鈉溶液 (m) 通硫化氫於高錳酸鉀之溶液 (n) 通硫化氫於氯化鋅之溶液。

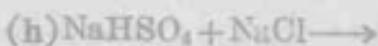
82 舉出下列各反應之生成物：

(a) $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$ (b) $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
 (c) $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \longrightarrow$ (d) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow$
 (e) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{H}_2\text{F}_2 \longrightarrow$ (f) $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \longrightarrow$
 (g) $3\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{CO}_2 \longrightarrow$ (h) $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow$
 (i) $\text{Zn} + \text{AgNO}_3 \longrightarrow$ (j) $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow$

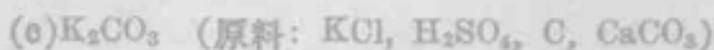
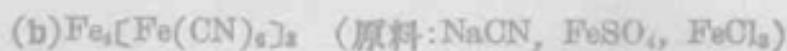
83 舉出下列各方程式之產物，如遇不能發生任何反應者，則說明其理由：

(a) $\text{Cu} + 2\text{HCl}(\text{稀}) \longrightarrow$ (b) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow$
 (c) $2\text{Al} + 3\text{MgO} \longrightarrow$ (d) $\text{Ag} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow$
 (e) $2\text{HBr} + \text{Cl}_2 \longrightarrow$ (f) $4\text{Au} + 3\text{O}_2 \longrightarrow$

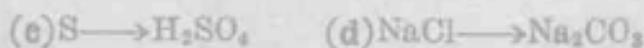
84 完成及平衡下列方程式：



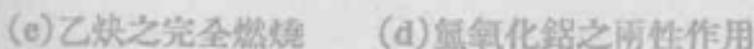
85 試用方程式表示下列各化合物之製備：



86 自下列已知之物質，製所需之物質，在製備時儘可用其他化學品與已知物質起作用而得所需之物質，試用方程式表示製備之作用：



87 以平衡方程式表記下列之事實：



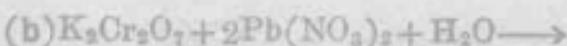
88 試書下列各物加熱後之平衡方程式：



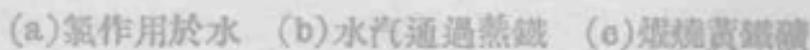
89 下列化學變化，有無錯誤，試改正之：



90 完成下列方程式：

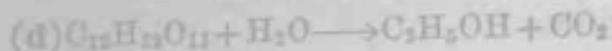


91 寫出下列各反應之方程式：

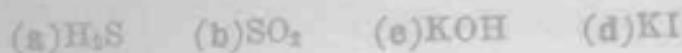


92 平衡下列各方程式：





93 如通 Cl_2 於下列各物質之溶液，其變化各如何？



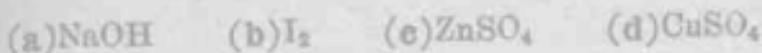
94 通電流於下列各溶液時，其正負兩極應得何物？

試一一書其方程式：



95 用化學方程式表示 F , Cl , Br , I 之製法

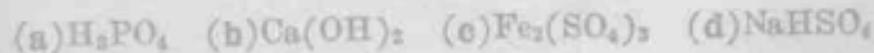
96 試書硫化氫之水溶液與下列各物質作用之方程式：



97 補足下列各反應之方程式：



98 書出下列各物質之游離方程式：



99 書出下列各變化之游離方程式：

(a) 鈣鹽溶液與碳酸鹽溶液作用

(b) 酸類與鹼類中和

(c) 鋅與銅鹽溶液作用

(d) 氯與溴化物溶液作用

100 書出檢驗下列各物質之方程式：

(a) 銀鹽 (b) 鉍鹽 (c) 汞鹽 (d) 鐵鹽 (e) 硫酸鹽

(f) 硝酸鹽 (g) 磷酸鹽 (h) 碳酸鹽

二 萬國原子量表 (1948)

元素名	符號	原子序數	原子量	元素名	符號	原子序數	原子量
鋁	Aluminium	Al	13 26.97	鉬	Molybdenum	Mo	42 95.95
銻	Antimony	Sb	51 121.76	釷	Neodymium	Nd	60 144.27
氬	Argon	A	18 39.944	氖	Neon	Ne	10 20.183
砷	Arsenic	As	33 74.91	鎳	Nickel	Ni	28 58.69
銻	Barium	Ba	56 137.33	氮	Nitrogen	N	7 14.008
鈹	Beryllium	Be	4 9.02	銻	Osmium	Os	76 190.2
鉍	Bismuth	Bi	83 209.00	氧	Oxygen	O	8 16.000
硼	Boron	B	5 10.82	鈀	Palladium	Pd	46 106.7
溴	Bromine	Br	35 79.913	磷	Phosphorus	P	15 30.98
鎘	Cadmium	Cd	48 112.41	鉑	Platinum	Pt	78 195.23
鈣	Calcium	Ca	20 40.08	鉀	Potassium	K	19 39.098
碳	Carbon	C	6 12.010	鐳	Praseodymium	Pr	59 140.92
鈦	Cerium	Ce	58 140.13	錒	Protactinium	Pa	91 231
銻	Cesium	Cs	55 132.91	鐳	Radium	Ra	88 226.05
氯	Chlorine	Cl	17 35.467	釷	Radon	Rn	86 222
鉻	Chromium	Cr	24 52.01	銻	Rhenium	Re	75 186.31
鈷	Cobalt	Co	27 58.94	銩	Rhodium	Rh	45 102.91
鈾	Columbium	Cb	41 92.91	銻	Rubidium	Rb	37 85.48
銅	Copper	Cu	29 63.54	釷	Ruthenium	Ru	44 101.7
鐳	Dysprosium	Dy	63 163.43	鈾	Samarium	Sm	62 150.43
銻	Erbium	Er	68 167.3	釷	Scandium	Sc	21 45.10
銻	Europium	Eu	63 152.0	硒	Selenium	Se	34 78.96
氟	Fluorine	F	9 19.00	矽	Silicon	Si	14 28.08
釷	Gadolinium	Gd	64 156.9	銀	Silver	Ag	47 107.880
鎳	Gallium	Ga	31 69.72	鈉	Sodium	Na	11 22.997
銻	Germanium	Ge	32 72.60	銻	Strontium	Sr	38 87.63
金	Gold	Au	79 197.2	硫	Sulfur	S	16 32.066
鈹	Hafnium	Hf	72 178.5	鉭	Tantalum	Ta	73 180.88
氦	Helium	He	2 4.003	銻	Tellurium	Te	52 127.61
釷	Holmium	Ho	67 163.94	錒	Terbium	Tb	65 159.2
氫	Hydrogen	H	1 1.008	鉍	Thallium	Tl	81 204.39
銻	Indium	In	49 114.76	鈾	Thorium	Th	90 232.12
碘	Iodine	I	53 126.92	錒	Thulium	Tu	69 169.4
銻	Iridium	Ir	77 193.1	錫	Tin	Sa	50 118.70
鐵	Iron	Fe	26 55.85	鈦	Titanium	Ti	22 47.90
氬	Krypton	Kr	36 83.7	鎢	Tungsten	W	74 183.93
釷	Lanthanum	La	57 138.92	鈾	Uranium	U	92 238.07
鉛	Lead	Pb	82 207.21	釷	Vanadium	V	23 50.95
鋰	Lithium	Li	3 6.940	氙	Xenon	Xe	54 131.3
鐳	Lutecium	Lu	71 174.99	銻	Ytterbium	Yb	70 173.04
鎂	Magnesium	Mg	12 24.32	釷	Yttrium	Y	39 88.93
錳	Manganese	Mn	25 54.93	鋅	Zinc	Zn	30 65.38
汞	Mercury	Hg	80 200.61	銻	Zirconium	Zr	40 91.23

三 重要參考用書表

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------|
| 1. 基本化學 | 吳瑞年著 | 中 華 |
| 2. 化學精華 | 吳瑞年著 | 中 華 |
| 3. 實用化學提要 | 劉遠生編 | 新 亞 |
| 4. 有機化學精義 | 薛德炯譯 | 商 務 |
| 5. 化學計算原理 | 張汝訓著 | |
| 6. 化學方程及其計算 | 許雪樵編 | 中 華 |
| 7. 高中化學 | 黃素封編 | 正 中 |
| 8. 高中化學算術 | 于一峯編 | 北平燕北理教社 |
| 9. 化學方程式及化
學計算法 | 彭思巖編 | 廣州崇實科學社 |
| 10. General Chemistry for College. | Alexander Smith. | |
| 11. Principles of General Chemistry. | Stuart R. Brinkley. | |
| 12. General Chemistry. | Harry N. Holmes. | |
| 13. Charts of Chemical Equations. | J. A. T. | |
| 14. Second Year College Chemistry. | W. H. Chapin. | |
| 15. General Chemistry. | W. G. Deming. | |