

化學之克服

上 册

川島源司 著
張墨飛 譯

商務印書館發行

化 學 之 克 服

上 冊

川島源司著
張墨飛譯

一
九
五
四
年
查
訖

商 務 印 書 館 發 行

目 錄

第一篇 普通化學	1
第一章 空氣	1
第二章 氧	7
第三章 臭氧	14
第四章 燃燒·焰	17
第五章 二氧化碳	24
第六章 一氧化碳	31
第七章 水	38
第八章 過氧化氫	44
第九章 氫	48
第十章 氯化氫·鹽酸	54
第十一章 硫酸	58
第十二章 硝酸	62
第十三章 鹼	66
第二篇 化學之基礎	71
第一章 原子·分子	71

第二章	元素符號·分子式	83
第三章	原子價·基	97
第四章	基(或根)·結構式	103
第五章	化學之基本定律	107
第六章	化學方程式	120
第三篇	非金屬元素	135
第一章	氯·溴·碘·氟	135
第二章	氯化氫(鹽酸)	151
第三章	硫及其化合物	157
第四章	氮及其化合物	178
第五章	磷及其化合物	196
第六章	砷·銻	202
第七章	碳及其化合物	207
第八章	矽及其化合物	216
第九章	硼之化合物	220
第十章	非金屬元素通論	222
第四篇	中和·電離·週期律	225
第一章	溶液	225
第二章	酸·鹼·鹽	239

第三章	中和·鹽·····	247
第四章	酸及鹼之定量·····	256
第五章	電離·····	265
第六章	元素之週期律·····	286
第五篇	金屬元素·····	291
第一章	鹼金屬·····	291
第二章	鹼土金屬·····	315
第三章	土金屬·····	333
第四章	鋅族·····	343
第五章	鐵族·····	356
第六章	錫族·····	377
第七章	銅族·····	387
第八章	鉑族·····	406
第九章	稀有金屬·····	409
第十章	金屬總論·····	416
第六篇	化學變化之推定·····	423
第一章	金屬化合物之化學式·····	423
第二章	氧化物·氫氧化物及鹽之性質·····	430
第三章	金屬之游子化傾向·····	440

第四章	金屬與酸之反應	448
第五章	酸與鹽之反應	456
第六章	可逆反應	460
第七章	鹽類之水解作用	462
第八章	取代反應	466
第九章	氧化·還元	474
第十章	化學反應之速度	489
第七篇	有機化合物	493
第一章	有機化合物總論	493
第二章	碳化氫	497
第三章	醇·醚	508
第四章	醛·酮	520
第五章	有機酸	524
第六章	酯	535
第七章	脂肪·油	539
第八章	碳水化合物	545
第九章	煤之乾餾	560
第十章	苯及其衍生物	562
第十一章	萘·蒽及其衍生物	574

第十二章	砒類	576
第十三章	膾鹼	584
第十四章	蛋白質	588
第十五章	營養價	593
第八篇	應用化學	597
第一章	膠體溶液	597
第二章	空氣中氮之固定工業	601
第三章	肥料	604
第四章	矽酸工業	606
第五章	冶金	611
第六章	發酵・釀造	618
第七章	火藥・毒氣	622
第八章	染料	627

化學之克服

第一篇 普通化學

第一章 空氣

1. 大氣

〔大氣〕包圍地球周圍之空氣，總稱大氣。

〔大氣之高度〕

(1) 約 50-100 英里。

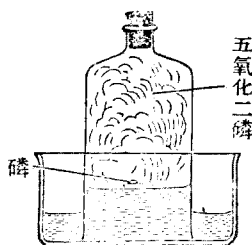
(2) 離地表愈遠，則愈趨稀薄；不分判然之境界。又其組成如第 2 圖所示，地表與上層之成分，大相殊異。

2. 空氣之組成

(1) 主由氧氮二氣混合而成，其體積之比為 1:4。

(2) 空氣百分中所含成分之量，其比例略如下表。

成分 組成	氧	氮	氫等
體積(%)	21.0	78.1	0.9
重量(%)	23.2	75.5	1.3



第一圖

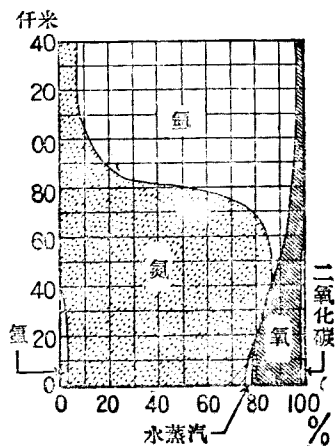
〔實驗〕於倒立水上之玻璃鐘罩內燃磷，則水上升鐘內，空氣之體積約減少 $\frac{1}{5}$ 。

由此實驗，可知與磷化合之氧之體積，與不與磷化合之氮之體積之比為 $\frac{1}{5}:\frac{4}{5}$ ，即 1:4。

空氣中除氧氮而外，尚有極少量之氫，氫等元素，且混有二氧化碳及水蒸汽等。

精密之組成(體積%)

氮	78.111—78.055
氧	21.004—20.955
氫	0.938—0.933
二氧化碳	0.035—0.029
氖	0.0015—0.0013
氬	0.0005—0.0004
氫	0.0001—0.00006
氫	0.000005
氫	0.0000006



第二圖 大氣高度與組成之關係

基本問題

1. 空氣之存在，可由何種事實證明之。

〔解〕 (1) 大氣中生風。

(2) 倒置空瓶於水，則因空氣之存在而水不能侵入瓶內。

2. 空氣有重量，試述一實驗法證明之。

〔解〕 置少量之水於燒瓶，加熱使沸，緊塞瓶口而放置時，則燒瓶內之空氣為水蒸汽所排除擠去。此水蒸汽旋因冷卻而再度液化為水。燒瓶之上部乃近於真空。測其重量，然後放入空氣再測之。重量之增加即為空氣確有重量之明證。

3. 空氣之性質

(1) 無色，無味，無臭之氣體。

(2) 1 升之重量為 1.293 克(標準狀態)。

(3) 略溶於水。

〔例〕 生活於水中之動物，即係呼吸溶解空氣中之氧而生活者，但與水之成分之氧無涉。

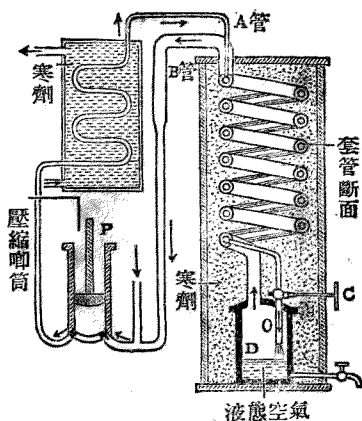
(4) 物之燃燒，腐敗，動物之呼吸作用，皆空氣之作用也。

4. 液態空氣

〔空氣之液化法〕

- (1) 使一切壓縮狀態之氣體，自小孔噴出，則因急速膨脹而致溫度顯然下降。
- (2) 應用此項原理，德人林特氏發明下降空氣之溫度，使達其臨界溫度以下，而令液化之裝置。

自外部流入唧筒 P 之空氣，經壓縮而上昇管內，受寒劑冷卻後，自 A 管下降，自 O 口噴出。此際急速膨脹，溫度下降，通過包圍 A 管之 B 管間，乃使 A 管內之空氣冷卻



第三圖 林特氏之液化裝置

而入唧筒 P，如此反復壓縮，終於 O 處達臨界溫度以下而致液化，流入 D 器之中。

〔性質〕

- (1) 帶有藍色之液體。
- (2) 在 -192°C 至 -180°C 之低溫即沸騰。故通常貯

藏於第華瓶中。

- (3) 放置之，則液態之氮(沸點 -197°C)最先蒸發以去，殘留者為液態之氧(沸點 -182°C) (工業上使用多量之氧，主由此法製造)。
- (4) 置液態空氣於器內，則徐徐氣化，其溫度約可保持 -185°C ，故投入汞，可成銀白色之固體，投入蛙金魚等小動物或花草之類，則硬化，擊之可成碎粉。

5. 空氣之用途

- (1) 為生物之呼吸，物質之燃燒等所必需。
- (2) 利用液態空氣，可得低溫，又工業上氮及氧之製取採用之。
- (3) 空氣中之氮，為人造肥料之原料。

6. 空氣為混合物

- (1) 空氣具有其成分氧，氮之各種性質(若為化合物，則各物質不得不有相異之性質)。
- (2) 空氣之組成，隨時地而略異(化合物則一定)。
- (3) 空氣成分之體積組成，不成簡單之比(若為化合物，則體積組成非成簡單之整數比不可，例如氫 2 體積與氧 1 體積成水是)。

基本問題

1. 尖口吹炭，則炭火旺盛，冬日暖手，則張口呵氣，其理由何在？

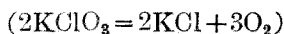
〔解〕 尖口而吹，則空氣急速膨脹而溫度下降，附近之空氣，乃隨其氣流之流動而連續供給新鮮空氣於炭火，故燃燒旺盛。

張口而呵者，乃使已為體溫所暖之氣體，傳熱於手而已。

第二章 氧(分子式 O)

1. 氧之製法

(1) 加二氧化錳於氯酸鉀，熱之。

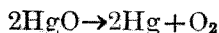


〔催化作用〕 單獨加熱氯酸鉀，則先熔融，然後分解，溫度若不及 600°C 以上，則不能完全分解而發生氧。但如混入二氧化錳，則約達 200°C ，即有氧發生。

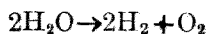
此際二氧化錳自身並不分解放氧，試俟氧發生後測其重量，依然殘留其全部。

如此自身並無變化而促進其他化學變化之作用，曰催化作用。呈催化作用之物質，謂之催化劑。

(2) 強熱一氧化汞(非實用的，歷史的有名)，



(3) 電解水，以製氫氧(工業的)。



(4) 由液態空氣利用沸點之相差，先使氮蒸發而殘氧，然

後使氣化而取得之(工業的)。

基本問題

(1) 試述氧之工業的製法及用途。

〔解〕 (1) 工業的製法：

液化空氣，使成液態空氣，先使液態空氣中之氮蒸發，然後再使氧蒸發而捕集之，通常壓入鋼筒中販賣。

(2) 用途： 氬氧焰，氧炔焰。

(2) 試述有關氧之製法之下列事項：

(a) 此實驗上必需注意者。

(b) 氧之鑑別法。

〔解〕 (a) (1) 最初發出者係燒瓶內之空氣，可放棄之。

(2) 因藥品之分解，往往生水滴，故試管之口應稍下向。

(3) 達某種程度，氣體之發生極盛，以後自身發熱，故加熱不妨徐緩。

(4) 捕集後應將導管立即自水中取出。蓋試管一經冷卻，水將逆流管內也。

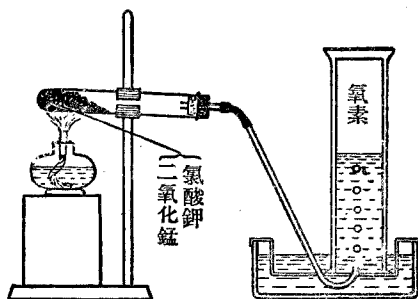
(b) 瓶內插入帶有餘燼之火柴。

火柴再燃，可證其為氧。

2. 氧之性質

(1) 無色，無味，無臭之氣體。

(2) 1升之重量為1.429克，約當空氣之1.1倍。



第四圖

(3) 助燃性極著，在空氣中燃燒之物質，置氧中燃燒更烈，在空氣中不易燃燒之物質，入氧中極易燃燒。

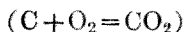
〔例〕 (1) 入燭火於充氧之圓筒，則發強烈光輝而盛燃。

(2) 入一端赤熱之木炭於氧，則放白熱之強光。

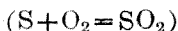
(3) 取硫點火入氧，則舉藍色之焰而盛燃。

- (4) 取磷點火入氧，則猛烈燃燒而生白煙。
- (5) 取細鐵絲作螺旋形，一端附火柴梗，將火柴梗點火而入氧中，則鐵絲放火花而燃燒。
- (4) 與其他物質之化合力極強。物質在氧中燃燒時之化學變化如次：

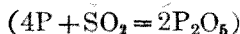
(木炭)+(氧)=(二氧化碳)



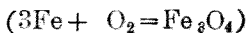
(硫黃)+(氧)=(二氧化硫)



(磷)+(氧)=(五氧化二磷)



(鐵)+(氧)=(四氧化三鐵)



〔氧化·氧化物〕

(1) 〔氧化〕 物質與氧化合，謂之氧化。

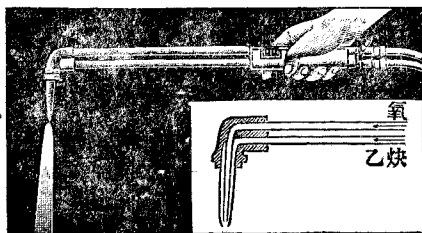
(2) 〔氧化物〕 由氧化而生成之物質，曰氧化物。

〔例〕 前述實驗生成之二氧化碳，二氧化硫，五氧化二磷，四氧化三鐵等皆氧化物也。

3. 氧之用途

(1) 氧足使物質之燃燒加盛而發高熱，故裝入鋼筒以供販賣，氫氧焰，氧炔焰之發生採用之。

〔註〕 氧炔吹管之構造如圖，可生約達 2700°C 高溫之焰。



第五圖 氧炔吹管

(2) 氧為呼吸所必需，故潛水夫，坑夫，病人，運動者需要吸氧時用之。

4. 化合分解

(1) 〔化合〕 二種以上之物質，相結合而生一種新物質之變化，謂之化合；由化合所生之物質，曰化合物。

(2) 〔分解〕 一種物質分成性質全異之二種以上之物質，其化學變化稱為分解。

〔例〕 (1) 氧 + (硫) = (二氧化硫)……(化合)

(2) (氯酸鉀) = (氯化鉀) + (氧)……(分解)

〔氧之發見史〕 1774 年英人普里斯特利 (Joseph Priestly) 氏用凸透鏡集日光投射於一氧化汞，發見有一種氣體之發生。普氏使鼠呼吸此種氣體，則鼠之活動非常活潑。又入燭火，則燭火盛燃。此即今日之氧也。

但氧之存在於空氣中，則為法人拉瓦錫 (Lavoisier) 氏所發見。拉氏又確定物質在空氣中燃燒乃為物質與氧化合之現象。今稱燃燒之氧化說。

補充問題

1. 在標準狀態之下，欲得 15 升之氧，問需氯酸鉀若干克？

〔解〕 $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$

122.5 × 2 克	3 × 22.4 升
x 克	15 升

$$245 : 67.2 = x : 15$$

$$x = \frac{245 \times 15}{67.2} = 54 \text{克(強)} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 自 100 克之氯酸鉀，可得氧之體積如何？

〔解〕 $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$

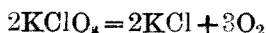
122.5 × 2 克	3 × 22.4 升
100 克	x 升

$$245:67.2=100:x$$

$$x = \frac{67.2 \times 100}{245} = 27.4 \text{ 升} \dots \dots \dots (\text{答})$$

3. 由氯酸鉀及二氧化錳之混合物製氧，結果之殘渣，由何種物質而成，又此等物質如何可得而分別之。

〔解〕 二氧化錳係作催化劑用者，全然不起分解。故殘渣中仍有二氧化錳。



上式中之 KCl，於水為可溶性物，故入殘渣於水而攪拌之，然後過濾，則溶液中含氯化鈣，而殘下者為二氧化錳。

4. 在 18°C ，壓力 2 氣壓之下，加熱氯酸鉀 490 克時，問可得氧若干升？



$$2 \times 122.5 \text{ 克} \qquad 3 \times 22.4 \text{ 升}$$

$$490 \text{ 克} \qquad x \text{ 升}$$

$$245:3 \times 22.4 = 490:x$$

$$x = \frac{3 \times 22.4 \times 490}{245}$$

$$= 144.4 \text{ 升} \dots \dots \dots (\text{標準狀態})$$

18°C , 2 氣壓下之體積

$$V = 144.4 \times \frac{1}{2} \times \frac{273+18}{273} = 71.6 \text{ 升} \dots (\text{答})$$

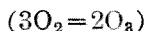
第三章 臭氧(分子式 O_3)

1. 生成

- (1) 雷鳴之時，其他空氣中發生放電之際。
- (2) 黃磷接觸空氣徐徐氧化時。
- (3) 紫外線或鐳射線作用於氧時。

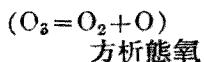
2. 製法

於氧中或空氣中行無聲放電時，則氧之一部分成臭氧(實驗室的及工業的)。

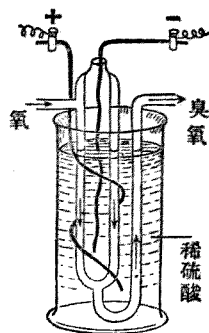


3. 性質

- (1) 無色之氣體，具特臭。
- (2) 重約為氧之 1.5 倍。
- (3) 易分解而生氧。同時生方析態(Necent state)之氧，故氧化力甚強。



[註]。方析態之氧者，原子狀態之氧化也。作單體而析



第六圖

出；立即與其他物質成化合物之性質甚強。即氧化力甚強。

(4) 漂白作用及殺菌作用極強。此皆由方析態氧之作用而來。

〔註〕 漂白作用係方析態氧作用於色素，使變為無色氧化物而起。又殺菌作用，則以方析態氧作用於細菌藉使其組織破壞所致。

(5) 足使碘鉀澱粉紙藍變(臭氣之鑑別法)。

〔註〕 碘鉀澱粉乃碘化鉀溶液與澱粉糊之混合物。其中碘化鉀受氧化，則析出碘，碘與澱粉作用而呈藍色。



4. 用途

(1) 殺菌作用之利用……空氣之清淨，飲水之殺菌。

(2) 漂白作用之利用……漂白象牙，絲絹，羊毛，其他澱粉及纖維。

補充問題

1. 使用 300 克之氧，理論上可製臭氣若干升？

〔解〕 $3O_2 = 2O_3$

$$3 \times 32 \text{ 克} \quad 2 \times 22.4 \text{ 升}$$

300 克 x 升

$$96:44.8=300:x$$

$$x = \frac{44.8 \times 300}{96} = 140 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 於 1000cc. 之氧中施行無聲放電, 在同溫同壓之下收縮成 990cc.

問有若干量之氧已變為臭氧?

〔解〕 $3\text{O}_2 = 2\text{O}_3$
 (3容):(2容)

自 3 分子之氧, 可生 2 分子之臭氧, 據亞佛加德羅定律, 體積之關係按照 3 容 : 2 容而收縮。

故 $1000\text{cc.} - 990\text{cc.} = 10\text{cc.}$

體積減少 10cc., 當已有 30cc. 之氧變為臭氧矣。

第四章 燃燒·焰

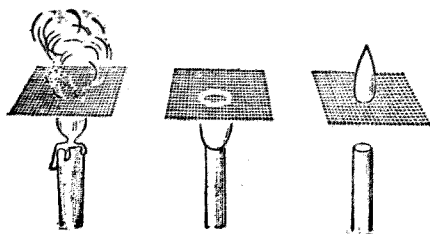
1. 燃燒

物質在空氣中加熱至某種溫度，即起急激氧化作用而發光與熱之現象。是謂燃燒。

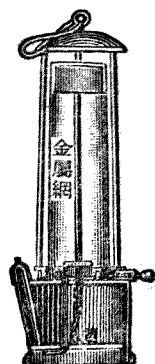
2. 發火點

物質燃燒時必需之最低溫度，稱發火點。

〔例〕 磷 60°C 硫 250°C 木炭 350°C
煤 $320^{\circ}-400^{\circ}\text{C}$ 氫 600°C



第七圖



第八圖

〔實例〕 (1) 取銅絲網壓置燭火或煤氣之焰上，火焰不能冒出絲網。蓋銅絲網善於導熱，故網之上部，可燃性氣體之溫度下降至發火點以下，不起燃燒之現象。

(2) 德斐 (Davy) 氏安全燈即係根據此理而造，以細銅絲網包蔽燈火，可防煤坑中可燃性氣體之爆發。

〔維持燃燒之條件〕

(1) 溫度保持發火點以上。

(2) 氧之供給充足。

〔滅火法〕 缺少上列二條件時，則燃燒停止。故滅火法云者，不外除去上列二條之一即可。

基本問題

1. 試說明滅火壺及煙突之理由。

〔解〕 (1) 滅火壺者，乃密閉器物，斷絕氧之供給，使燃燒中止之裝置也。

(2) 煙突起對流，使由燃燒所生之氣體排去，充分供給新鮮之空氣，藉使燃燒旺盛之裝置也。

2. 向燭火及炭火吹氣時，燭火立即熄滅，而炭火愈吹

愈熾。其故安在？

〔解〕 燭火成焰，吹氣時則可燃性氣體四散，故趨熄滅。

吹炭火時，乃繼續送入新鮮空氣，氧之供給既足，故燃燒加盛。

3. 焰之生成

(1) 焰由氣體之燃燒而生。

(2) 固體液體燃燒時所以生焰者，因此等物質分解，一度生可燃性之氣體，此種氣體燃燒而生焰。

〔例〕 (1) 石油，酒精等燃燒時成爲氣體，故生焰。

(2) 燃蠟時蠟先熔融，然後氣化，生可燃性氣體。

(3) 木材，煤等生揮發性之氣體。

(4) 木炭焦炭等自身不能氣化，且不發生可燃性氣體，因其不完全燃燒所生之氣體（一氧化碳）燃燒而生焰。

4. 焰之構造

由下列三部份構成：

〔焰心〕

中央之黑暗部份 可燃性氣體因空氣不充分，尙未開始燃燒之部份也，溫度低。

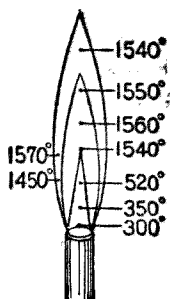
〔內焰〕(還元焰)

焰心周圍之有光輝部份 可燃性氣體受空氣之供給而燃燒之部份也，溫度最高。但因氧之供給不充分，故氣體之一部份由不完全燃燒而生碳粒，此碳粒受赤熱而放強烈之光輝。

此種游離之碳呈還元作用，故稱還元焰。

〔外焰〕(氧化焰)

焰邊之光輝微弱部份 氧之供給充足，起完全燃燒，溫度最高。此部無游離之碳，故光輝極弱，因其有氧化力，故名氧化焰。



第九圖

5. 焰之光輝

焰之光輝，乃由存在焰中之固體受灼熱（即強熱）所生，受灼熱之溫度愈高，則光輝愈強。若焰中並無固態微粒子之存在時，則焰為無色。

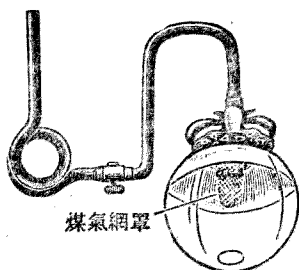
〔例〕（1）氫之燃燒時因無固體，故焰無色。

（2）鎂之燃燒時所以發強光者，蓋因 MgO 之微小固體被灼熱所致。

（3）燭火之光輝，則因焰中有游離之碳粒存在所

致。

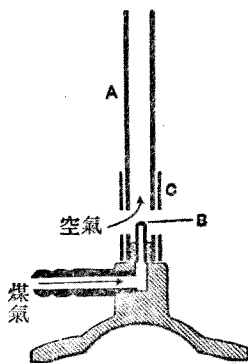
〔煤氣燈罩〕 煤氣燈罩爲
1886年德人奧氏(Auer)所
發明,亦稱奧氏燈(Auer's
Lamp)。以纖維製網罩浸
於硝酸鈦 $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ 及硝
酸鈾 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_4$ 之混合液,



第十圖 煤氣燈罩與煤氣燈

燒之即成氧化鈦 ThO_2 及氧化鈾 CeO_2 。此等氧化物均係
不揮發性物,入煤氣之無色焰中,即白熱而放光輝。製自
氧化鈦 99%。氧化鈾 10% 者,光度最大。

〔本生燈〕 欲使煤氣完全燃燒而
得高溫,可用本生燈(Bunsen
Burner), 燈之構造如第十一
圖。長管 A 之下方開有小口 B,
可使煤氣噴出。C 圈之迴轉, 司
B 口之啓閉, 故可調節混入空
氣之量。閉 C 孔點火, 則煤氣舉
黃色之焰而燃, 但焰之溫度不
高。旋開 C 孔, 使混入充分之空

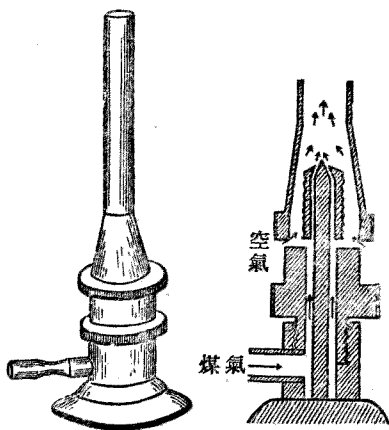


第十一圖

氣，則煤氣燃燒發響，
 焰之光輝轉弱而溫度
 頗高。適用於煤氣以
 外其他氣體之本生
 燈，如第十二圖所示，
 原理固屬同樣也。

基本問題

1. 欲使焰之光輝增大
 及其溫度增高，試
 述其方法。



第 十 二 圖

〔解〕 (1) 欲使光輝增大，應使焰中生固態物。

(2) 欲使溫度增高，當使空氣之供給充足，燃燒
 完全即得。

2. 通常氣體燃燒時生焰。但木炭燃燒時亦生焰者，何故？

〔解〕 由木炭之燃燒而生二氧化碳，此物觸及赤熱之炭，
 即還元而成一氧化碳。一氧化碳為可燃性氣體，故觸及
 空氣燃燒時生焰。

3. 試詳細說明點燭燃燒之理由。

〔解〕 (1) 移火近燭，則燭蠟因火融解。

-
- (2) 融解之蠟氣化，成蒸氣上昇。
 - (3) 可燃性之蠟蒸氣熱至發火點以上時，即開始燃燒，且生焰。

第五章 二氧化碳(碳酐,分子式CO₂)

1. 生成所在

- (1) 木炭、石油、蠟燭等燃燒之際。
- (2) 動植物營呼吸作用之時。
- (3) 物質腐敗時。
- (4) 與礦泉等自地中噴出時。

〔空氣中之二氧化碳〕 存在空氣中之二氧化碳，就體積言，約有 $\frac{3}{10000}$ 至 $\frac{4}{10000}$ ，此量但另一方面，則因植物之同化作用，二氧化碳被吸收，放出者為氧。

2. 二氧化碳之製法

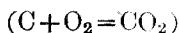
- (1) 加稀鹽酸於大理石，則生二氧化碳，可用下方置換法捕集之。

(碳酸鈣)+(鹽酸)=(二氧化碳)+(氯化鈣)+(水)



- (2) 使含碳物(普通燃料)在空氣中燃燒。

(碳)+(氧)=(二氧化碳)



〔註〕 (1) 二氧化碳為重於空氣之氣體，故可用下方置換法捕集之。

(2) 二氧化碳略能溶解於水，故如集取氫氧之排水取代法不適當。

(3) 欲知二氧化碳裝滿集氣瓶與否，可插入燭火，由其熄滅以確定之。

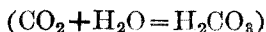
3. 二氧化碳之性質

(1) 無色無臭之氣體，較重於空氣(約 1.5 倍)。

(2) 不能燃燒(無自燃性)。亦不能使他物燃燒(無助燃性)。

〔例〕 入燭火於二氧化碳，則燭火熄滅。

(3) 稍溶於水。其溶液含碳酸，有酸味，呈酸性反應。其水溶液稱碳酸水。

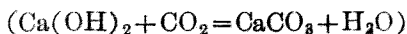


〔例〕 河水，雨水等，溶有空氣中少量之二氧化碳，而含有極稀之碳酸。

此水流經石灰石(碳酸鈣)之處，足使石灰石溶蝕。

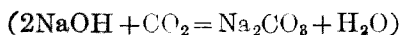
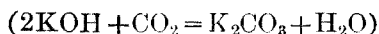
(4) 通二氧化碳於石灰水，則生白色沉澱。此現象可為二

氧化碳之鑑別法。

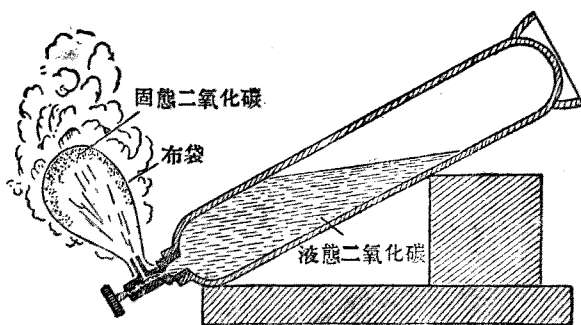


〔實驗〕 置石灰水於器內，其表面生白色固體之層，空氣中含有二氧化碳，可由此確定。即空氣中之二氧化碳與石灰水作用而生碳酸鈣也。

(5) 可為苛性鉀或苛性鈉之溶液所吸收。



(6) 由低溫(0°)及高壓(34 氣壓，即 76 厘米×34 倍)，易成液態二氧化碳。此液態二氧化碳更行冷卻，則成雪狀之



第十三圖 固態二氧化碳之製法

固態二氧化碳。此雪狀物之壓縮硬化者，稱為乾冰 (Dry ice)。

4. 用途

- (1) 滅火……通常之滅火器，乃自硫酸與重碳酸鈉之化合，使發生二氧化碳，由其壓力使液體及二氧化碳噴出之裝置也。
- (2) 清涼飲料……利用壓力，使多量二氧化碳溶解於水，再加調味品，即成名為『汽水』之飲料。市售檸檬水等俱屬同樣之碳酸水。
- (3) 乾冰……固態二氧化碳稱乾冰，冷卻用之。

基本問題

- (1) 試列舉發生二氧化碳之化學變化。

〔解〕 (1) 碳(或碳化物)在空氣中燃燒時。

(2) 加酸於碳酸鹽時。

(3) 強熱重金屬之碳酸鹽時。

(4) 有機物腐敗發酵時。

(5) 動植物營呼吸作用時。

- (2) 試述二氧化碳之鑑別法。

〔解〕 (1) 插入燃着之火柴則熄滅，此為二氧化碳之特性。

(2) 加少量之石灰水而振盪之，則生白濁，是亦

爲二氧化碳之特性。

(3) 使蠟燭完全燃燒，則生何種物質。其檢出法如何？

又燭之燃燒在氧中較烈於空氣中之理由何在？

〔解〕 蠟燭燃燒，則生水及二氧化碳。試取冷而乾燥之玻璃廣口瓶倒覆焰上，則生曇（水滴），加石灰水於廣口瓶，振盪之即生白濁，由此不難推想知之。至於燃於氧中所以較烈者，以燭之成分與氧之化合量較大也。蓋在氧中與在空氣中不同，而不混雜氮，故(1)氧之供給充足，發熱量多，(2)此熱量無溫暖氧之必要，故(在氧中)溫度愈高而燃燒愈盛(燃燒隨溫度愈高而愈盛)。

(4) 三瓶各滿儲二氧化碳，氧及氮。問其鑑別之方法如何？

〔解〕 (1) 試先插燃着之火柴於各瓶。火熄滅之二瓶爲二氧化碳及氮，燃燒加盛之一瓶爲氧。

(2) 復於入火即熄之二瓶內，加入少量石灰水，生白濁者爲二氧化碳，不生白濁者爲氮。

補充問題

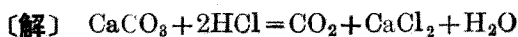
1. 注稀鹽酸於下列物質時，試舉其發出氣體之名稱及其鑑別法。

- a. 硫化鐵 b. 鋅 c. 石灰石

〔解〕,

- a. 硫化氫 (H_2S)……醋酸鉛紙觸之黑變。具腐卵之臭。
- b. 氫 (H_2)……用試管捕集之，用火柴點火即燃。且起爆鳴。
- c. 二氧化碳 (CO_2)……入火即熄滅。石灰水遇之生白濁。

2. 用鹽酸分解大理石 3 克，在標準狀態之下，可生二氧化碳之體積若何？



100 克 22.4 升

3 克 x 升

$$100:22.4 = 3:x$$

$$x = \frac{22.4 \times 3}{100} = 0.672 \text{ 升} \dots\dots (\text{答})$$

3. 取某一室中之空氣 5 升，使石灰水吸收其中之二氧化碳，得碳酸鈣 0.007 克。

試求此空氣中二氧化碳之容積百分率。



22.4 升 100 克

x 升 0.007 克

$$22.4:100=x:0.007$$

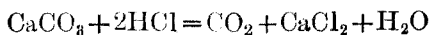
$$x = \frac{22.4 \times 0.007}{100} = 0.001568 \text{ 升}$$

$$\therefore \text{所求百分率} = \frac{0.001568}{5} \times 100 = 0.03156\% \dots\dots (\text{答})$$

4. 注鹽酸 100cc. (比重 1.1, 含 HCl 20%) 於 10 克之石灰石時, 所發生二氧化碳之體積如何?

〔解〕 此鹽酸中 HCl 之含量爲

$$100 \times 1.1 \times \frac{20}{100} = 22 \text{ 克}$$



100 克 73 克 22.4 升

10 克 x 克 y 升

$$100:73=10:x$$

$$x = \frac{73 \times 10}{100} = 7.3 \text{ 克}$$

即僅需 HCl 7.3 克, 所備 HCl 22 克應餘剩甚多。

自石灰石 10 克所生二氧化碳之體積爲

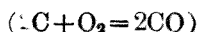
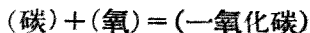
$$100:22.4=10:y$$

$$y = \frac{22.4 \times 10}{100} = 2.24 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

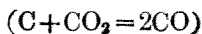
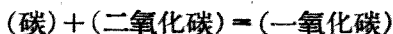
第六章 一氧化碳(分子式CO)

1. 生成

(1) 碳或碳化物在氧之供給不充分處燃燒時，不生二氧化碳而生一氧化碳



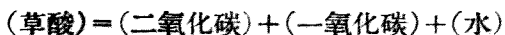
(2) 盛熾之炭火上，更添新炭時，自下方上升之二氧化碳，得被新炭還元而成一氧化碳（此一氧化碳燃燒於炭火之上，揚藍色之焰）。

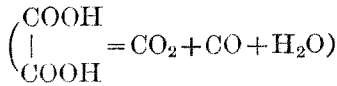


(3) 含於煤氣中。

2. 一氧化碳之製法

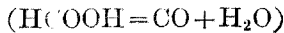
(1) 加濃硫酸於草酸(乙二酸)而徐熱之，發生之氣體爲一氧化碳與二氧化碳，故可通入苛性鈉中，使吸收二氧化碳而除去之。





(2) 加濃硫酸於蟻酸(甲酸)而熱之。

(蟻酸) = (一氧化碳) + (水)



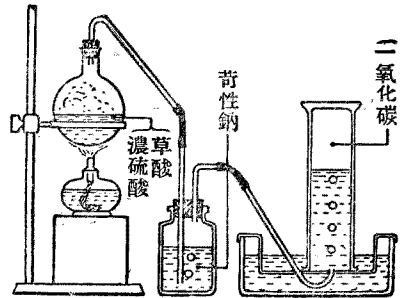
3. 一氧化碳之性質

(1) 無色，無臭之
氣體。

(2) 不溶於水。

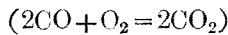
(3) 不與石灰水成
白濁。

(4) 燃時舉藍色之
焰，生二氧化碳。



第 十 四 圖

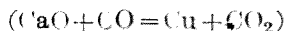
(一氧化碳) + (氧) = (二氧化碳)



(5) 在高溫度有自他物奪氧而成二氧化碳之性質，故具
還元性。

[例]

(氧化銅) + (一氧化碳) = (銅) + (二氧化碳)



(6) 不為苛性鉀或鈉所吸收(二氧化碳則被吸收)。

(7) 具劇烈毒性。

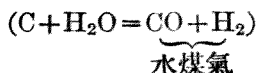
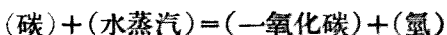
一氧化碳與血液中之血色素化合，則後者失其作用，結果，血液之作用停止，以至失去身體之活動。室內因煤氣之洩漏以致中毒(或所謂煤氣自殺)即因煤氣中所含一氧化碳之毒作用使然也。

4. 一氧化碳之用途

(1) 因一氧化碳具還元作用，故冶金術上用作還元劑。

(2) 水煤氣中含有之。

〔水煤氣〕 通水蒸汽於灼熱之焦炭，則生一氧化碳及氫之混氣體。



其焰之光輝雖弱，但溫度頗高，故作燃料以供冶金，金屬之接合，玻璃工業等使用。

基本問題

(1) 自二氧化碳與一氧化碳之混合物，分別各該物質

之方法如何？

〔解〕 通混合氣體於苛性鉀，鈉之溶液，則二氧化碳被吸收，但一氧化碳則否。

(2) 問氫與一氧化碳之鑑別法如何？

〔解〕 點火則兩者俱起燃燒，但燃後一氧化碳生二氧化碳，氫則成水，故燃燒後遇石灰水生白濁者為一氧化碳。

(3) 試比較二氧化碳與一氧化碳性質之不同。

〔解〕

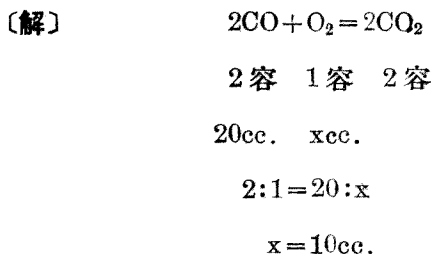
二 氧 化 碳	一 氧 化 碳
a. 重於空氣之 1.5 倍。	a. 輕於空氣。
b. 溶於水呈酸性反應。	b. 幾不溶於水。
c. 壓縮之，易於液化。	c. 難於液化。
d. 不能燃燒。	d. 易燃燒。
e. 無還元性。	e. 有還元性。
f. 遇石灰水生白濁。	f. 遇石灰水不生白濁。
g. 可為苛性鉀、銅之溶液吸收。	g. 不被吸收。
h. 無毒。	h. 有劇毒。

(4) 煤氣雖有毒，但既經燃燒者則否。其理由何若？

〔解〕 煤氣中約含 $\frac{8}{100}$ 容積之一氧化碳，其所以有毒之理由在此。但燃燒之後則變為二氧化碳，無害矣。

補充問題

1. 點火於一氧化碳 20cc. 及氧 15cc. 之混合物, 則殘留氣體之體積如何?



即欲使 20cc. 之 CO 燃燒, 應需 10cc. 之氧, $15\text{cc.} - 10\text{cc.} = 5\text{cc.}$ 此 5cc. 為殘下之氧。又如上列方程式。一氧化碳燃燒所生二氧化碳之體積又為 20cc. 故殘留氣體之體積為

$$20\text{cc.} + 5\text{cc.} = 25\text{cc.} \dots\dots\dots (\text{答})$$

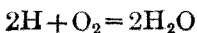
2. 欲使有下列組成之混合氣體 200 克完全燃燒, 問需氧若干克?

氫 40%, 一氧化碳 40%, 二氧化碳 10%, 氮 10%

〔解〕 氫, 一氧化碳雖可燃燒, 但氮及二氧化碳則否。

故 200 克中 H_2, CO 之量各為

$$200 \times \frac{40}{100} = 80\text{克}$$

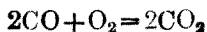


$$4 \quad 32$$

80克 x克

$$4:32=80:x$$

$$x = \frac{32 \times 80}{4} = 640 \text{ 克}$$



$$56 \quad 32$$

80克 x克

$$56:32=80:x$$

$$x = \frac{32 \times 80}{56} = 45.7 \text{ 克}$$

∴ 640 克 + 45.7 克 = 685.7 克 ……………(答)

3. 試舉二氧化碳及一氧化碳之特性及利用其特性之用途。

並述由前者變為後者，由後者變為前者之方法。

〔解〕 (1) 二氧化碳：

(a) 溶於水呈酸味……製清涼飲料。

(b) 不能助燃……滅火器用。

(c) 由冷卻壓縮可成固體……冷卻用。

(2) 一氧化碳：

(a) 可燃……燃料(高熱用)。

(b) 具還元作用……冶金用。

(3) (a) 通二氧化碳於赤熱之木炭，即成一氧化碳。

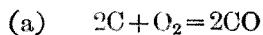
(b) 一氧化碳燃燒，成二氧化碳。

4. 試以方程式示下列反應：

(a) 多量之煤，熱至赤熾狀態，通以空氣時。

(b) 多量之煤，熱至赤熾狀態，通以水蒸汽時。

〔解〕



第七章 水(分子式 H_2O)

1. 水之所在

- (1) 作氣態(水蒸汽)而存於大氣中。
- (2) 成液態而成於江,河,湖,海;或作水滴而成雲霧。
- (3) 動體為植物之主成分(5成乃至9成)。
- (4) 成固態(冰、雪)而積於高山,寒地。

2. 水之精製

- (1) 過濾 使通過濾紙或砂層以除去固形物。
- (2) 沸煮 存於天然水中之有害微生物,不易因過濾而除去,沸煮之可供飲用。
- (3) 蒸餾 使天然水沸騰而成水蒸汽,使凝結而再成為水。如此所得之水曰蒸餾水。
- (4) 殺菌 用臭氧,氯,紫外線等以除微生物。

3. 水之性質

- (1) 無色,無味,無臭之液體
- (2) $0^{\circ}C$ 結冰, $100^{\circ}C$ (一氣壓之下)沸騰
- (3) 在 $4^{\circ}C$ 時有最大密度,1 立方厘米之質量為 1 克。

(4) 凝固結冰時起膨脹。

(5) 溶解各種物質之性質顯著。

〔解〕 (1) 溶解各種藥品，又洗濯時利用之。

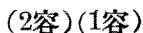
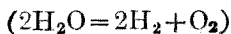
(2) 如玻璃等物質，亦有極微之量溶解於水，試精密檢查久儲水之玻璃中之水，確溶有微量之玻璃。

4. 水之分解

加少量之硫酸於水而通以電流，則立自兩極發生氣體。

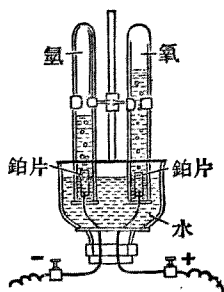
陰極析出氣體之體積，常為陽極析出氣體容積之 2 倍。

前者顯然為氫，後者顯然為氧也。但最初所加之硫酸，實驗後並無變化，故知水分解而成氫氧。

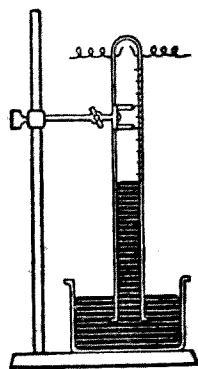


〔其他分解法〕

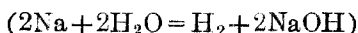
(a) 投鈉於水中，則發生氫。



第十五圖

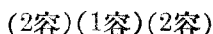
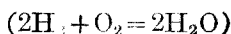


第十六圖



5. 水之合成

充水銀(汞)於名爲氣體燃化計(Eudiometer)之刻度玻璃管中,按體積2:1之比率送入氫氧,然後藉電花使起化合,當全部化合成水。此際兩氣體之一種若較多於2:1之比率,則此多餘之氣體將不起化合而殘留。由此實驗,可知氫2體積與氧1體積化合而生水。



6. 水之組成

由前述水之合成及分解之結果,可知水之組成如下。

	氫	氧	水蒸汽
體積組成	2	1	2
重量組成	1	8	9

基本問題

1. 試證明水並非單體。

〔解〕 加少量之硫酸於水而通以電流時,則在兩極發生

氫氧，由此可知水並非單體。

2. 通電花於氫 25cc. 及氧 10cc. 之混合氣體，則殘下何種氣若干 cc.?

〔解〕 水按氫：氧 = 2容：1容之比而成，

故其化合之比率當按氫：氧 = 20cc.：10cc.

∴ 殘下之氣體為氫 = 5cc.

3. 設有某種液體，問如何可知其為純水？

〔解〕 無色，無味，無臭；在 0°C 凝固，達 100°C 沸騰。又在 4°C 時 1cc. 有 1 克之重量。凡具有上列諸性質者，可知其為純水。

7. 飲水之檢查

- (1) 〔食鹽成分之有無〕 食鹽成分(氯游子)之存在與否，可由加入硝酸銀溶液之生成白色沉澱而知之。
- (2) 〔氮化合物之有無〕 加入納斯勒試劑 (Nessler's Solution) 時如生赤褐色之沉澱，可知有氮化合物之存在。
- (3) 〔有機物之有無〕 加高錳酸鉀之稀溶液及少量之硫酸於被檢液，沸煮之，如有有機物存在，則色消褪。
- (4) 〔其他〕 細菌學的檢查亦屬必要。

8. 水之乾燥劑

吸水性極強之物質如次：

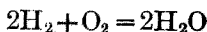
- (a) 氯化鈣 (CaCl₂) (b) 濃硫酸 (H₂SO₄)
 (c) 氧化鈣 (CaO) (d) 氫氧化鈉 (NaOH)
 (e) 氫氧化鉀 (KOH) (f) 五氧化磷 (P₂O₅)

補充問題

1. 使空氣 5 升與氫 10 升相混爆發，問可得水幾克。

〔解〕 空氣 5 升中含氧 1 升。

1 升之氧當與 $\frac{2}{2}$ 升之氫化合，殘留氫 8 升。



$$22.4 \text{ 升} \quad 36 \text{ 克}$$

$$1 \text{ 升} \quad x \text{ 克}$$

$$22.4:36 = 1:x$$

$$x = \frac{36 \times 1}{22.4} = 1.6 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 有水 5 克，試計算其為鈉分解及電解時所生之氫，在標準狀態下之體積。

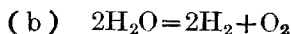
〔解〕 (a) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$

$$36 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 升}$$

5 克 x 升

$$36:22.4=5:x$$

$$x = \frac{22.4 \times 5}{36} = 3.1 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$



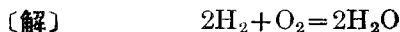
36 克 2×22.4 升

5 克 x 升

$$36:44.8=5:x$$

$$x = \frac{44.8 \times 5}{36} = 6.2 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

3. 設由氯酸鉀製造氧，使 100cc. 之氫足夠完全燃燒。問至少需用氯酸鉀若干。

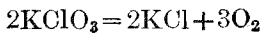


2 容 1 容

100cc. xcc.

$$2:1=100:x$$

$$x = 50 \text{cc.} = 0.05 \text{ 升} \dots\dots\dots \text{所需之氧}$$



245 克 3×22.4 升

x 克 0.05 升

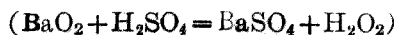
$$x = \frac{245 \times 0.05}{3 \times 22.4} = 0.18 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

第八章 過氧化氫(分子式 H_2O_2)

1. 製法

加稀硫酸於過氧化鋇。

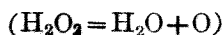
(過氧化鋇) + (硫酸) = (硫酸鋇) + (過氧化氫)



2. 性質

- (1) 無色稍有粘性之液體。
- (2) 易溶於水。其 3% 之水溶液通稱雙養水。
- (3) 易分解而生方析態之氧。

(過氧化氫) = (水) + (方析態氧)

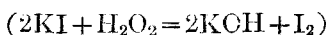


加熱或加二氧化錳，則迅速分解而放出氧。

- (4) 由分解所生之氧，氧化作用極強，有殺菌作用及漂白作用。
- (5) 可使碘鉀澱粉紙藍變。

此係過氧化氫之氧化作用使碘鉀遊離所致。

(碘化鉀) + (過氧化氫) = (氫氧化鉀) + (碘)



(6) 過氧化氫之檢出法

(a) 加稀硫酸 1-2 滴於重鉻酸鉀之稀溶液，復加二乙醚，入過氧化氫之水溶液振盪之，則染美麗之藍色。

(b) 遇前述碘鉀澱粉紙則藍變。

3. 用途

- (1) 絲，毛織物，羽毛等之漂白用。
- (2) 使皮膚皙白之化妝品用。
- (3) 雙養水用作創口之消毒，亦作含漱用。
- (4) 化學分析上作氧化劑用。

4. 組成

	氫	氧
體積組成	1	1
重量組成	1	16

[註] 水之組成為(氫 1 克):(氧 8 克);過氧化氫之組成為(氫 1 克):(氧 16 克);即對於氫 1 克，過氧化氫合有水之二倍之氧。

補充問題

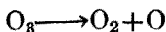
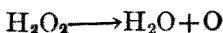
1. 試述以碘鉀澱粉紙試驗臭氧及過氧化氫之實驗方法，並

述其理由。

〔解〕 混少量澱粉於碘化鉀之水溶液而塗諸紙面。此紙觸及臭氧則藍變。

又加此碘鉀澱粉液於過氧化氫亦藍變。

〔理由〕



因有游離之碘生成，故足使澱粉藍變。

2. 在 10°C ，壓力 750 毫米之下，試計算由過氧化氫 34 克分解所生之氧之體積。



$$2 \times 34 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 升}$$

$$34 \text{ 克} \quad x \text{ 升}$$

$$2 \times 34 : 22.4 = 34 : x$$

$$x = 11.2 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{標準狀態})$$

在 10°C ，750mm. 之狀態之下，

$$V = 11.2 \text{ 升} \times \frac{273 \times 10}{273} \times \frac{760}{750} = 11.77 \text{ 升} \dots\dots (\text{答})$$

3. 試就氫之氧化物述其所知。

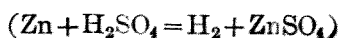
〔解〕 就二種氫之氧化物 H_2O 及 H_2O_2 述之。

第九章 氫(分子式 H_2)

1. 氫之製法

(1) 注稀硫酸於鋅。

(鋅) + (稀硫酸) = (氫) + (硫酸鋅)



(2) 投鈉於水。

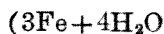
(鈉) + (水) = (氫) + (氫氧化鈉)



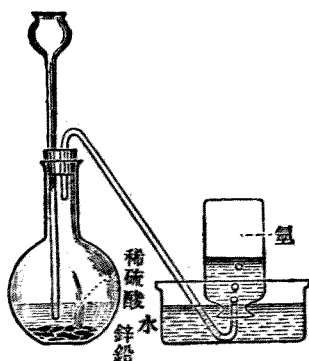
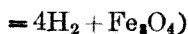
(3) 通水蒸汽於赤熱之

鐵。

(鐵) + (水蒸汽)



= (氫) + (四氧化三鐵)



第十七圖

(4) 電解水。

(5) 電解食鹽水製氫氧化鈉時之副產物。

基本問題

1. 試列舉製氫時使用金屬之種種。

- 〔解〕 (a) 加稀鹽酸於鋅。
 (b) 加稀鹽酸於鐵。
 (c) 投鈉於水。
 (d) 通水蒸汽於赤熱之鐵。

2. 使用稀硫酸及鋅製氫時，試述實驗上之應加注意事項。

〔解〕 (1) 最初發生之氣體混有空氣。混有空氣之氫有爆發之危險。

故最初必用小試管捕集氣體，檢驗空氣之混雜與否。

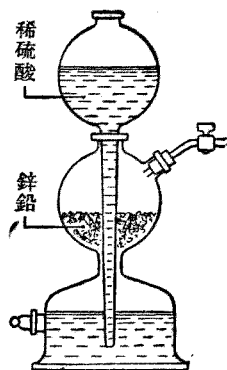
(2) 發生裝置有氣密之必要，在導管之尖端點火時，非確定確無空氣混合不可。

〔啓普氏裝置〕

適應化學實驗之必要，得使氫隨時發生之裝置，曰啓普氏裝置

(Kipp's Apparatus)。旋開活塞

放出氣體，則稀硫酸浸及鋅粒，得使氣體繼續發生。關

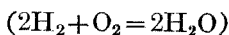


第十八圖

閉活塞，則因氣體之壓力將稀硫酸壓上，氫之發生隨而終止。

2. 氫之性質

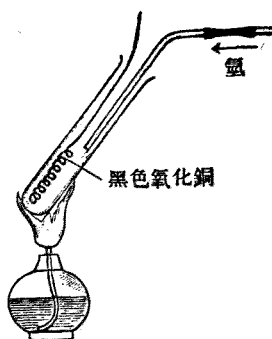
- (1) 無色，無味，無臭之氣體。
- (2) 難溶於水。
- (3) 在一切物質中最輕，1 升之重量為 0.09 克。
- (4) 擴散性極大。
- (5) 點火則揚微弱光輝(溫度高達 2000°C 左右)之焰，燃燒而生水。



〔爆鳴氣〕 氫與氧(或空氣)之混合氣體，點火則急劇爆發。

此種混合氣體，稱為爆鳴氣。

〔還元〕 取細銅絲於空氣中強熱，則其表面生黑色氧化銅。如第十九圖所示，使表面變黑之銅絲觸及氫流而強熱之，則氧化銅失去其氧而成銅。



第 十 九 圖

如此由氧化物中除去其氧之一部或全部之作用，曰還元。

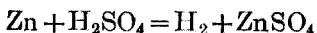
3. 氫之用途

- (1) 質量極輕性質之利用——飛艇，飛船。
- (2) 高熱發生之利用——氫氧吹管。
- (3) 還元性……氧化物之還元。
- (4) 合成原料……爲氨(NH₃)氯化氫(HCl)等之合成原料。

補充問題

1. 試述注稀硫酸於氫時之化學變化。

〔解〕 以方程式示之如下：



2. 試以方程式表示投鈉於水之化學變化。

〔解〕 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$

3. 用酸與金屬使發生氫，有無何種限制。

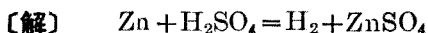
〔解〕 (1) 如用硝酸則有氧化作用，足使所生之氫氧化，故不適當。

(2) 應利用游子化傾向大於 H 之金屬。

4. 投鋅 32.5 克於稀鹽酸中，試計算所發生之氫在 9°C，壓

力 750mm. 時之體積。

但 $Zn = 65$



65 克 22.4 升

32.5 克 x 升

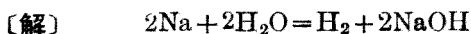
$$65:22.4 = 32.5:x$$

$$x = \frac{22.4 \times 32.5}{65} = 11.2 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{標準狀態})$$

若設在 $9^\circ C$, 750mm. 時之體積為 V , 則

$$V = 11.2 \times \frac{273+9}{273} \times \frac{760}{750} = 11.7 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

5. 欲自硫酸與鋅製取由投鈉 1 克於水所生同容積之氫, 問需鋅若干克。



可見自 $2Na$ 與 Zn 可得同容積之氫。

故 $2Na = 2 \times 23 = 46$

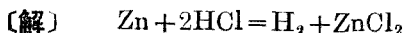
$Zn = 65$

$$46:65 = 1:x$$

$$x = \frac{65}{46} = 1.41 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

6. 在標準狀態之下，投鋅粒 100 克於鹽溶液中，可發生氫 125cc.。

試計算此鹽溶液中氯化氫(HCl)之百分率。



$$73 \text{ 克} \quad 22.4 \times 1000 \text{ cc.}$$

$$x \quad 125 \text{ cc.}$$

$$73 : 22.4 \times 1000 \text{ cc.} = x : 125 \text{ cc.}$$

$$x = \frac{73 \times 125}{22.4 \times 1000} = 0.4 \text{ 克}$$

此量為 100 克中所含之純 HCl，故

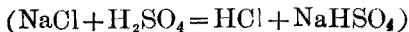
$$\frac{0.4}{100} \times 100 = 0.4\% \dots\dots\dots(\text{答})$$

第十章 氯化氫(分子式 HCl) · 鹽酸

1. 氯化氫之製法

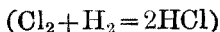
(1) 加濃硫酸於食鹽而熱之。

(食鹽) + (硫酸) = (氯化氫) + (硫酸氫鈉)



(2) 由氯與氫合成。

(氯) + (氫) = (氯化氫)



2. 性質

(1) 無色有刺戟臭之氣體。

(2) 對於空氣之比重為 1.2。

(3) 與空氣中濕氣結合，則溶解而生白煙。

(4) 極易溶解於水，1 容之水可溶解 HCl450 容。

(5) 水溶液呈酸性反應。此水溶液稱鹽酸。

基本問題

1. 製造氯化氫，可用何種物質替代食鹽？

〔解〕 氯化鋅，氯化鉀等氯化物，俱可代用。

2. 製取氯化氫，利用排水取氣法是否適當？試言其理。

〔解〕 氯化氫對於水為可溶性物，故不適當。

3. 鹽酸 分子式 HCl)

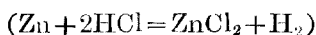
(1) 氯化氫之水溶液，即市售之濃鹽酸，約含氯化氫36%。

(2) 係有刺戟臭之發煙性無色液體（因含有不純物而帶黃色）。

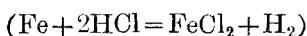
(3) 有強酸味，可使藍色石蕊試紙紅變（酸性反應）。

(4) 可溶解鋅，鐵，鎂等金屬而發生氫。

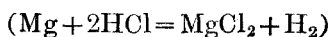
(鋅) + (鹽酸) = (氯化鋅) + (氫)



(鐵) + (鹽酸) = (氯化鐵) + (氫)



(鎂) + (鹽酸) = (氯化鎂) + (氫)

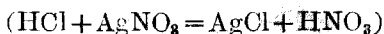


4. 鹽酸之檢出法

(1) 有酸性，足使藍色石蕊紙紅變。

(2) 加硝酸銀溶液，則生氯化銀之白色沉澱。

(鹽酸) + (硝酸銀) = (氯化銀) + (硝酸)



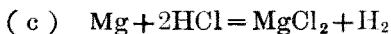
5. 鹽酸之用途

- (1) 氯化銨及染料之製造時用之。
- (2) 化學用試藥，胃酸不足時之醫藥。
- (3) 製造溶解金及鉑之王水，又可溶解金屬之銹。
- 〔例〕 鐸接金屬時恆用鹽酸洗滌其接合部分。

補充問題

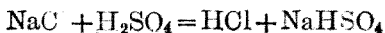
1. 鋅，鐵，鎂加入鹽酸中時，其化學變化各何若？

〔解〕 一般游子化傾向較大於氫之金屬，加酸則發生氫，同時生各該金屬之鹽。



2. 欲得含 40% HCl 之鹽酸 14.6 仟克，問 需食鹽若干克？

〔解〕 $1460 \text{ 克} \times \frac{40}{100} = 5840 \text{ 克}$

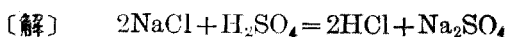


$$58.5:36.5 = x:5840$$

$$x = \frac{58.5 \times 5840}{36.5} = 9390 \text{克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

3. 用硫酸使 6 仟克之氯化鈉充分分解，問可得硫酸鈉若干仟克？

又可得 35% 之鹽酸若干仟克？



$$117 \qquad \qquad \qquad 73 \qquad 142$$

$$6 \text{ 仟克} \qquad \qquad \qquad y \text{ 仟克} \quad x \text{ 仟克}$$

$$117:142 = 6:x$$

$$x = \frac{6 \times 142}{117} = 7.3 \text{ 仟} (\text{Na}_2\text{SO}_4) \dots (\text{答})$$

$$117:73 = 6:y$$

$$y = \frac{73 \times 6}{117} \text{ 仟克}$$

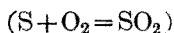
$$\frac{73 \times 6}{117} \times \frac{100}{35} = 10.7 \text{ 仟克} (35\% \text{ 之鹽酸}) \dots (\text{答})$$

第十一章 硫酸(分子式 H_2SO_4)

1. 硫酸之製法

(a) 燃硫或黃鐵礦以製二氧化硫。

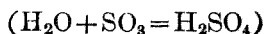
(硫) + (氧) = (二氧化硫)



(b) 復由鉑, 硝酸之蒸汽等之催化作用, 變 SO_2 為三氧化硫(SO_3)。

(c) 使 SO_3 與水化合, 即成硫酸。

(水) + (三氧化硫) = (硫酸)



2. 性質

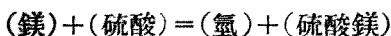
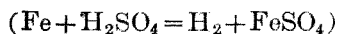
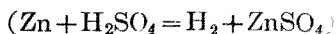
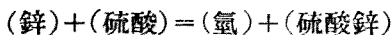
(1) 無色, 油狀之重液體(比重 1.84)。

(2) 得與水作任意量之混合(稀硫酸), 溶解之際發生多量之熱。

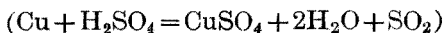
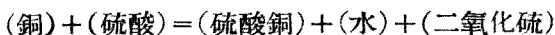
〔例〕 取試管盛水, 滴入硫酸, 手持試管可覺熱。

故製稀硫酸必先加水於容器, 然後再加硫酸。如先入硫酸而後加水, 則因發熱而有容器破裂之虞。

- (3) 呈強酸性反應。
- (4) 沸點高(338°C),有不揮發性。
- (5) 加稀硫酸於鋅,鐵,鎂等,雖在常溫時可溶解而發生氫。



- (6) 熱濃硫酸除以上金屬而外,尚可氧化銅,銀,汞,使溶解而生硫酸鹽,同時發生二氧化硫。



- (7) 吸水性極大。

基本問題

1. 硫酸在工業上之用途甚廣,係利用其何種特性?

〔解〕 (1) 強酸。

(2) 不揮發性。

(3) 有吸水性。

2. 木片入濃硫酸則黑變，其理何若？

〔解〕 硫酸之吸水性極大，故自木片（碳，氧，氫之化合物）吸收按照水之比例之氫氧，終殘下黑色之碳。

3. 酸與鹽

〔酸〕 其分子內含有氫原子而呈酸性反應者。

〔例〕 鹽酸(HCl)硫酸(H_2SO_4)，硝酸(HNO_3)。

〔鹽〕 酸中之氫為金屬所取代而成之物質。

〔例〕 (1) 食鹽 ($NaCl$) 硫酸鋅 ($ZnSO_4$)，氯化鋅 ($ZnCl_2$)等。

(2) 硫酸銅($CuSO_4$)硫酸亞鐵($FeSO_4$)。

4. 硫酸之檢出法

(1) 加氯化鋇 ($BaCl_2$)於硫酸，則生白色沈澱($BaSO_4$)。此白色沈澱，不溶於鹽酸。

(2) 非僅於硫酸如此，即加氯化鋇於硫酸鹽(例如硫酸 $ZnSO_4$)亦發生如前述之硫酸鋇沉澱，故前述方法，為一般硫酸鹽之檢出法。

補充問題

1. 試述銅，鐵，食鹽對於硫酸之作用，並作化學方程式。

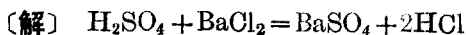


2. 設有某種酸性之液體，不能決定其為硫酸抑為鹽酸，試述其鑑別之法。

[解] 取一部分液體加 BaCl_2 ，如有白色沉澱生成，則為硫酸。

另取一部分之液體加 AgNO_3 ，如有白色沉澱發生，則可知其為鹽酸。

3. 加氯化鋇於某水溶液(比重=1)20cc.中，得硫酸鋇之沉澱 0.976 克。問此溶液中硫酸之百分率。



98

233

x 克

0.976 克

$$98:233 = x:0.976$$

$$x = \frac{98 \times 0.976}{233}$$

20 克中含有 $\frac{98 \times 0.976}{233}$ 克，故其百分率當如次：

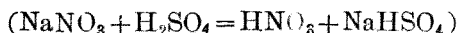
$$\frac{98 \times 0.976}{233} \times \frac{100}{20} = 2.1\% \dots\dots\dots (\text{答})$$

第十二章 硝酸(分子式 HNO_3)

1. 硝酸之製法

(1) 加硫酸於智利硝石而蒸餾之。

(智利硝石) + (硫酸) = (硝酸) + (硫酸氫鈉)



(2) 由空氣中之氧與氮以製氧化氮，使溶解而製硝酸。

2. 硝酸之性質

(1) 純粹者無色(通常因含有分解生成物之過氧化氮，帶黃色)。

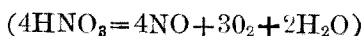
(2) 易於揮發。

(3) 沸點 86°C 。

(4) 呈強酸性反應。

(5) 可由日光或熱分解而生氧，故氧化力甚強。

(硝酸) = (氧化氮) + (氧) + (水)



[例] (1) 滴濃硝酸於赤熱之木炭(C)上，則木炭燃燒而生二氧化碳(CO_2)。

(2) 硫(S)與濃硝酸共煮，則氧化而成硫酸
(H_2SO_4)。

(6) 腐蝕性極強。皮膚，毛髮等觸之則變黃色。

(7) 鉑以外之金屬，俱易溶解。

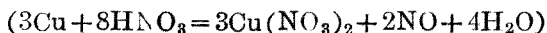
濃硝酸溶解銅時。

(銅) + (濃硝酸) = (硝酸銅) + (過氧化氮) + (水)



稀硝酸溶解時。

(銅) + (稀硝酸) = (硝酸銅) + (氧化氮) + (水)



3. 硝酸之檢出法

加大約同溶積之硫酸亞鐵溶液於硝酸之溶液，復沿器壁徐徐注加濃硫酸，則濃硫酸因較重而下沈，在兩液境界面生有褐色之環。此環之存在，即硝酸存在之明證。

褐色環之成分略如 $3\text{FeSO}_4 \cdot \text{NO}$ 。此環加熱則分解，故此檢出法需於冷溶液行之。

4. 硝酸之用途

(1) 作爆發藥(如炸藥，綿火藥等)。

(2) 製造染料，人造絲，賽璐珞用之。

(3) 金屬之溶解，硝酸鹽之製造用之。

基本問題

(1) 硝酸何以為強氧化劑。

〔解〕 硝酸極易分解，因分解而放出氧，故為強氧化劑。

(2) 問區別硫酸，鹽酸，硝酸之方法。

〔解〕 硫酸……加入氯化鋇則生白色沉澱。

鹽酸……加入硝酸銀則生白色沉澱。

硝酸……混硫酸亞鐵溶液而加入濃硫酸，則生褐色之環。

補充問題

1. 由智利硝石 1 噸，可製含水 5 成之硝酸若干噸。

〔解〕 $2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

$$\begin{array}{ccc} 170 & & 126 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ 噸} & & x \text{ 噸} \end{array}$$

$$170:126 = 1:x$$

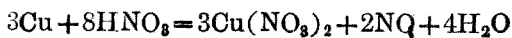
$$x = \frac{126 \times 1}{170} = \frac{63}{85} \text{ 噸} \cdots \cdots \text{純硝酸之量}$$

故含水 5 成之硝酸之量應為

$$\frac{63}{85} \times \frac{10}{5} = 1.5 \text{ 噸} \cdots \cdots (\text{答})$$

2. 試作方程式示銅與硝酸共熱時之化學變化。

〔解〕 稀硝酸與銅：



濃硝酸與銅：

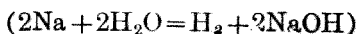


第十三章 鹼

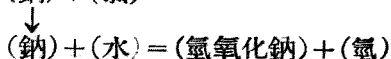
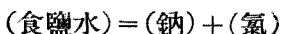
1. 氫氧化鈉(苛性鈉 NaOH)

〔製法〕

- (1) 投金屬鈉於水。



- (2) 食鹽水之電解(工業的)。



〔性質〕

- (1) 白色固體,易溶於水。
- (2) 水溶液可使石蕊試紙藍變。此作用稱鹼性反應。
- (3) 加酚酞試藥(Phenolphtholien)以代石蕊則呈鮮美之紅色。是亦為鹼性反應之特徵。

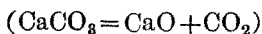
〔用途〕

- (1) 製皂,製紙。
- (2) 石油之精製。

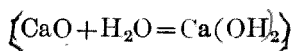
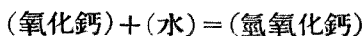
2. 氫氧化鈣〔消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 〕

製法〕

強熱碳酸鈣(石灰石·大理石)



使由此所生之氧化鈣(生石灰)作用於水,即可製成。



〔性質〕

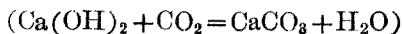
(1) 白色粉末。

(2) 略溶於水而成石灰水 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$

〔石灰乳〕 消石灰加水所得之乳濁液,稱石灰乳,暫時放置之,其上部之澄清液,即為石灰水。

(3) 呈鹼性反應。

(4) 吸收二氧化碳而成碳酸鈣 (CaCO_3) 。



〔用途〕

(1) 加砂和水煉製,可作灰泥。

- (2) 作肥料或漂白粉。
- (3) 石灰乳可作消毒用及殺蟲劑。

3. 鹼

凡可溶於水，其水溶液呈鹼性反應之物質，總稱曰鹼。

〔例〕 氫氧化鈣 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ，氫氧化鈉 (NaOH) 。

4. 酸與鹼之中和

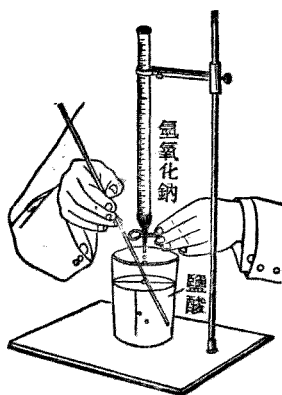
酸與鹼，對於石蕊之反應適為相反。

設以適量之酸鹼相混時，則石蕊之色既不變藍，亦不變紅，而作紫紅色（即不呈酸性反應或鹼性反應）。

此種反應曰中和反應，

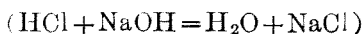
酸與鹼之作用，曰中和。

〔實驗〕 取燒杯盛任意量之鹽酸，加入石蕊液數滴，則呈紅色，由滴管滴加氫氧化鈉，石蕊之色遂漸呈紅與藍之中間色。此時鹽酸與氫氧化鈉已相中和，此液不具鹽酸味而有鹹味。即鹽酸與氫氧化鈉互相中和。



第 二 十 圖

(鹽酸) + (氫氧化鈉) = (水) + 氯化鈉)



基本問題

1. 何謂鹼。試舉三例說明之。

〔解〕 (1) 水溶液呈鹼性反應 (即可使紅色石蕊紙藍變) 之物質。

(2) 分子內必含 OH^- 。

(3) 〔例〕 氫氧化鈉, 氫氧化鉀, 氫氧化鈣。

2. 試述氫氧化鈉與石灰水之鑑別法。

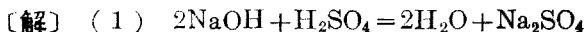
〔解〕 通入二氧化碳, 則石灰水生白濁, 但氫氧化鈉不起變化。

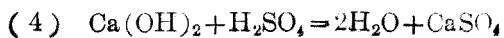
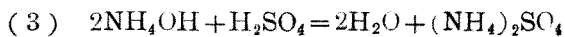
3. 簡單識別食鹽水及石灰水之方法如何。

〔解〕 食鹽水呈中性, 石灰水呈鹼性, 故入紅色石蕊試紙試之, 藍變者必為石灰水。

補充問題

1. 硫酸與氫氧化鈉, 氫氧化鉀, 氫氧化鉍, 氫氧化鈣等中和時, 其反應方程式各何若?





第二篇 化學之基礎

第一章 原子・分子

1. 分子說

用機械的方法將物質細分，終達不失該物質性質範圍內之最小粒子，是謂分子。

〔例〕 將水細分，則漸次以達微細之水滴。再細分之，則達肉眼不能窺見之細滴。更漸次續行細分之，終達不失其性質範圍之最小粒子，即成水之分子。如再行細分，則水之性質無復存在。凡物質均可認為由如此之分子組成，是謂分子說。概括言之如下。

- (1) 細分物質可到達名謂分子之粒子。
- (2) 分子具有其原來物質之特性，為物質之最小者。
- (3) 同一物質之分子，其大小，形狀，質量，性質均相同。

〔例〕 不論池沼中水之分子，太平洋中水之分子，其大小，形狀，性質，質量等均屬相同。海水雖含有

鹽，但水之分子初無稍異，蓋其他物質之分子，不過存在水分子之間而已。

- (4) 分子可用化學的方法分裂為更小之若干原子，但如是則該物質之性質消滅。

2. 原子說

分子更可分裂為與其性質相異之微細粒子，是曰原子。

[例] 分裂一分子之水，可得兩個氫原子及一個氧原子。

凡分子可認為自原子構成之說，曰原子說。總括之

下：

- (1) 由物理的及化學的方法，以行分裂物質時，達極限，則成名為原子之粒子。

- (2) 同一元素之原子，其大小，形狀，質量等完全相同。

[例] 組成水分子之氧原子，與空氣中氧分子中之氧原子，其大小，形狀，質量完全相同。

- (3) 異種原子之各種性狀全異。

- (4) 單體之分子，由同一原子一個或兩個以上而成。化合物之分子則由異種分子兩個以上集合而成。

[例] 單體之氧，由兩個氧原子合成，化合物之二氧

化碳，則由碳一原子與氧兩原子而成。

〔原子之質量〕

氫原子之質量 = 0.1663×10^{-23} 克

氧原子之質量 = 2.64×10^{-23} 克

3. 亞佛加德羅氏之假說

意大利人亞佛加德羅氏(Avogadro)，就氣體之分子倡言一種假說。

〔假說〕

一切氣體，在同溫同壓之下，同體積中含有同數之分子。

〔例〕 在同溫，同壓之下，氫 1 升中所含分子之數，與氧 1 升中所含分子之數相等。

實驗之結果，測知氣體在 0°C . 760 毫米之下，1 升中含有 2.7×10^{22} 個分子。

根據上說，則同溫，同壓下之氣體，同數分子占有相同體積，不難推論。

〔分子之大小〕

氫分子之直徑……… 2.32×10^{-8} 毫米

氧分子之直徑……… 3.11×10^{-8} 毫米

4. 原子量

表示原子真實之重，其數渺乎其小，在化學之計算上殊感不便。故吾人取氧原子之質量為16，以其他原子之質量對於此量之比數為該元素之原子量。

即氫之原子量之決定如次：

$$2.64 \times 10^{-23} \text{g} : 0.1663 \times 10^{-22} \text{g} = 16 : x$$

(一個氧原子之質量)(一個氫原子之質量)(氧之原子量)(氫之原子量)

$$x = \frac{16 \times 0.1663 \times 10^{-22}}{2.64 \times 10^{-23}} = 1.008 \text{ (氫之原子量)}$$

〔自分子量求原子量法〕

欲求某元素之原子量，可就含有該元素之多種化合物(1)分別測定其原子量，(2)自分析以定其組成，(3)由計算法求出各一分子量中所含該元素之量，(4)求上列諸量之最大公約數即得。

〔例〕 欲求氫之原子量，可就水·氨·甲烷·氯化氫等照上述順序求得次表，可知其原子量為1.008。

化 合 物	分 子 量	一分子量中氫之量
水(H ₂ O)	18.016	2.016
氨(NH ₃)	17.034	3.024
甲烷(CH ₄)	16.032	4.032
氯化氫(HCl)	35.463	1.008

基本問題

1. 氯之原子量為 35.5, 此數何由而來。

〔解〕 (a) 以氧原子一個之質量為 16, 此數乃係氯原子一個之質量對於氧原子量 16 之比所得者。

(b) 欲求氯之原子量, 則

(1) 取含有氯元素之物質多種。

(2) 分別測定其分子量,

(3) 復由分析以定此等物質之組成,

(4) 計算此等物質一分子量中所含氯元素之量,

(5) 求此等諸量之最大公約數, 即為所求之原子量。

2. 設以氫之原子量 1 作為標準, 則氧之原子量應為若干?

〔解〕 因氫之原子量為 1.0078, 故

$$16:1.0078 = x:1$$

$$\therefore x = \frac{16 \times 1}{1.0078} = 15.87 \dots \dots \dots (\text{答})$$

5. 分子量

取氧作標準, 定其一分子之重量為 32, 則某氣體一分子之重量對於此量之比, 即為該氣體之分子量(據亞佛加德

羅氏之假說，同體積中含有同數之分子，故某氣體之量，對於同體積之氧 32 量而言，可認為該氣體之分子量）。

〔例〕 (1) 氫之分子量 氫 1 升之重量為 0.0896 克，氧 1 升之重量為 1.429 克。由亞佛加德羅氏之假說，可知存在 1 升中之氫，氧之分子數相等，故設氫之分子量為 x ，則

$$0.0896:1.429=x:32$$

$$\therefore x=2.016\cdots\cdots(\text{答})$$

(2) 二氧化碳之分子量 二氧化碳 1 升之重量為 1.965 克，故仿照前例，則

$$1.965:1.429=x:32$$

$$\therefore x=44.0\cdots\cdots(\text{答})$$

基本問題

1. 氯 5 升之重量為 15.833 克時，試求其分子量。但設同溫同壓之下，氧 1 升之重量為 1.429 以計算之。

〔解〕 氯 1 升之重量 = $\frac{15.833}{5} = 3.1666$ 克，

氧 1 升之重量 = 1.429 克，

故 $\frac{3.1666}{1.429} \times 32 = 70\cdots\cdots(\text{答})$

2. 二氧化碳 120cc. 之質量, 在 0°C , 1 氣壓之下為 0.2357 克, 問此氣體之分子量如何? 但設氧 1 升之重量 = 1.429 克。

〔解〕 二氧化碳 1 升之重量 = $0.2357 \times \frac{1000}{120} = 1.964$ 克,

$$\text{故二氧化碳之分子量} = \frac{1.964}{1.429} \times 32 = 44 \dots \dots (\text{答})$$

3. 設定氧之分子量為 100 以作標準, 則水之分子量應如何?

〔解〕 因氧之分子量為 32 時, 水之分子量為 18, 故

$$32:18 = 100:x$$

$$x = \frac{18 \times 100}{32} = 56.2 \dots \dots (\text{答})$$

4. 設有一瓶, 在真空時稱其重量得 153.679 克, 在同狀態之下充以氯時之重量為 156.844 克, 充以氧則重 155.108 克。問氯之分子量若干?

〔解〕 瓶中氯之重量 = $156.844 - 153.679 = 3.165$ 克

$$\text{氧之重量} = 155.108 - 153.679 = 1.429 \text{ 克}$$

故氯之分子量為

$$\frac{3.165}{1.429} \times 32 = 70 \dots \dots (\text{答})$$

6. 克分子量(摩爾)

分子量爲不名數。若以克表之，卽以克重量表某物質之分子量時，曰該物質之克分子量(或曰摩爾 Mol)。

〔例〕 (1) 氧之 1 克分子量爲 32 克，2 克分子量爲 64 克。

(2)	分子量	1 克分子量(1 摩爾)
氫	2.016	2.016 克
氯化氫	36.465	36.465 克
二氧化碳	44.00	44.00 克

〔氣體 1 克分子量之體積〕

一切氣體在標準狀態(0°C, 1 氣壓)之下，其 1 克分子量均有同一之體積，俱爲 22.4 升。

〔理由〕 分子量爲同體積氣體之重量之比。故 1 克分子量亦表同體積氣體之重量。是以

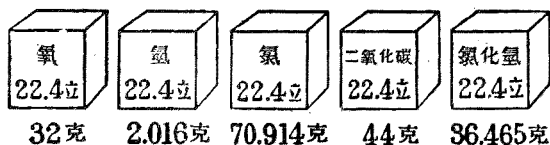
氧 1 升之重量 = 1.429 克，

氧 1 克分子量(32 克)之體積爲 $32 \text{ 克} \div 1.429 \text{ 克}$
 $= \underline{22.4 \text{ 升}}$ 。

氫 1 升之重量 = 0.09 克，

氫 1 克分子量(2.016 克)之體積爲 $2.016 \text{ 克} \div 0.09 \text{ 克}$
 $= \underline{22.4 \text{ 升}}$ 。

故一切氣體 1 克分子量之體積，在標準狀態之下概為 22.4 升。



第 二 十 一 圖

7. 求分子量法

- (1) 據亞佛加德羅氏之假說，同溫，同壓下之氣體，同體積中含有同數之分子，故同體積之重量之比，即為一個分子之重量之比。

$$\text{分子量} = \frac{\text{所求氣體之重量}}{\text{與該氣體同體積之氧之重量}} \times 32$$

[例] 氫 1 升之重量為 0.09 克，氧 1 升之重量為 1.429 克，故氫之分子量為

$$\frac{0.09}{1.429} \times 32 = 2$$

- (2) 在標準狀態之下，以克為單位，表示氣體 22.4 升之重量，其數值恆與該物質之分子量一致。

[例] 氯 1 升之重量為 3.81 克，故其 22.4 升之重量為 $3.81 \times 22.4 = 71$ 克，即其分子量為 71。

(3) 如蔗糖等不易化為氣體之物質，其分子量之測定，由測定其溶液之沸點，冰點而得。

(4) 已知分子式時，則一分子內各原子之原子量總和，為分子量。

〔例〕 硫酸之分子式為 H_2SO_4 故 $H=1, S=32, O=16$;

$$\text{其分子量} = (1 \times 2) + 32 + (16 \times 4) = 98$$

基本問題

1. 某氣體在標準狀態之下，其 5 升之重量為 8.145 克，求此氣體之分子量。

〔解〕 5 升之重量 = 8.145 克

$$22.4 \text{ 升之重量} = 8.145 \times \frac{22.4}{5} = 36.5 \dots \dots \dots (\text{答})$$

2. 某氣體在標準狀態之下，75cc. 之重量為 0.1499 克，氣體之分子量何若？

〔解〕 75cc. 之重量 = 0.1499 克

則 22.4 升之重量為

$$0.1499 \times \frac{22400}{75} = 50.77 \dots \dots \dots (\text{答})$$

3. 水之分子量為 18，其意義如何？

〔解〕 (1) 設氧 1 分子之重為 32，則水 1 分子之重量

18。

(2) 在標準狀態之下，水蒸汽 22.4 升之重量為 18 克。

(3) 同溫，同壓之下，水蒸汽 1 升之重量對於同體積氧之 32 為 18。

4. 在標準狀態之下，乙炔 1 升之重量為 1.1621 克。乙炔之分子量如何？

〔解〕 乙炔 22.4 升之重量為

$$1.1621 \times 22.4 = 26.03 \text{ 克}$$

$$\therefore \text{分子量} = 26.03 \dots\dots\dots (\text{答})$$

5. 氯之分子量為 70.92。問相當於空氣重量之幾倍？但設空氣 1 升(標準狀態)之重量為 1.294 克。

〔解〕 氯 22.4 升之重量 = 70.92 克

$$\text{氯 1 升之重量} = \frac{70.92}{22.4} \text{ 克}$$

$$\text{對於空氣之比重} = \frac{70.92}{22.4 \times 1.294}$$

$$= 2.45 \dots\dots\dots (\text{答})$$

〔氣體密度之計算〕

一切氣體一克分子之體積，在標準狀態之下占有 22.4 升，

故氣體之密度，可求出如次。

〔例〕 (1) 氨(NH_3).....分子量=17

氨 17 克之體積 = 22.4 升

$$\therefore \text{氨 1 升之重量} = \frac{17}{22.4} \text{克}$$

(2) 氫，氧，二氧化碳之分子量各為 2, 32, 44,

故此等氣體 1 升之重量各為

氫.....2 克 \div 22.4 = 0.09 克

氧.....32 克 \div 22.4 = 1.429 克

二氧化碳...44 克 \div 22.4 = 1.96 克

第二章 元素符號・分子式

1. 元素符號

(1) 元素符號,表示(a)元素之名稱,(b)元素之 1 個原子,以及(c)元素之 1 原子量。

[例] (1) O 表示 1 個氧原子,同時表示其 1 原子量 16。

(2) H 表示 1 個氫原子,同時表示其 1 原子量 1.008。

(2) 元素符號採用元素拉丁名之第一字,若第一字相同之元素在二個以上,則附加拉丁名中其他一字,並小寫以示區別。

[例] (元素之名稱,符號,原子量等均見卷首)

氧 Oxygenium O

氫 Hydrogenium H

碳 Carboneum C

銅 Cuprum Cu

2. 分子式

用元素符號,表示物質 1 分子之構造之式,曰分子式。

〔例〕 (1) 氫 H_2 , 表示氫之 1 分子, 由 2 個氫原子而成

(2) 水 H_2O , 表示水之 1 分子由 2 個氫原子及 1 個氧原子所成。

〔分子式所表示〕

(1) 成分元素之名稱及種類。(由兩種以上之元素所成之物質, 曰化合物; 成自一種元素者, 稱單體)。

〔例〕 (1) CO_2 , 二氧化碳 1 分子由碳 1 原子及氧原子合成。……化合物。

(2) O_2 , 氧 1 分子由氧 2 原子所成。… 單體

(2) 成分元素之百分組成。

〔例〕 二氧化碳 CO_2 之百分組成。

$$CO_2 \text{ 之分子量} = 12 + 16 \times 2 = 44$$

$$\frac{12}{44} \times 100 = 27.27\% \dots\dots \text{碳}$$

$$\frac{32}{44} \times 100 = 72.73\% \dots\dots \text{氧}$$

(3) 分子量之總和。

〔例〕 硫酸 H_2SO 之分子量

$$1.008 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98.016$$

(4) 氣體之重量與體積之關係。

氣體 1 克分子量之體積為 22.4 升，故既知分子量時，
可由此算出 1 升之重量。

〔例〕 (1) 氧……分子式 = O_2 , \therefore 分子量 = 32

氧 32 克之體積 = 22.4 升

\therefore 1 升之重量 = $32 \text{ 克} \div 22.4 = 1.429 \text{ 克}$ 。

(2) 二氧化碳……分子式 = CO_2 ,

\therefore 分子量 = $12 + 16 \times 2 = 44$

\therefore 1 升之重量 = $44 \text{ 克} \div 22.4 = 1.96 \text{ 克}$ 。

基本問題

1. 氨之分子式為 NH_3 ，其意義何若？

〔解〕 (1) 一個氨分子，由 1 個氮原子與 3 個氫原子
所成。

(2) 從而其分子量 = $1 \times 3 + 14 = 17$ 。

(3) 氨之成分元素 N, H 之百分組成爲

$$\frac{3}{17} \times 100 = 18\% \text{ 氫}$$

$$\frac{14}{17} \times 100 = 82\% \text{ 氮}$$

(4) 氨 1 升之重量 = $\frac{17}{22.4} = 0.759 \text{ 克}$ 。

2. 試計算下列物質成分元素之百分組成：

(a) 水(H_2O), (b) 二氧化碳(CO_2), (c) 硫酸(H_2SO_4)。

〔解〕 (a) 水 $\text{H}_2\text{O} = 1 \times 2 + 16 = 18$

$$\text{氫} \cdots \cdots \frac{2}{18} \times 100 = 11\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{16}{18} \times 100 = 89\%$$

(b) 二氧化碳 $\text{CO}_2 = 12 + 16 \times 2 = 44$

$$\text{碳} \cdots \cdots \frac{12}{44} \times 100 = 27\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{32}{44} \times 100 = 73\%$$

(c) 硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$

$$\text{氫} \cdots \cdots \frac{2}{98} \times 100 = 2\%$$

$$\text{硫} \cdots \cdots \frac{32}{98} \times 100 = 32\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{64}{98} \times 100 = 65\%$$

3. 試求氯酸鉀(KClO_3)之百分組成。

但 $\text{K} = 39, \text{O} = 16, \text{Cl} = 35.5$

〔解〕 分子式 = KClO_3

分子量 = $39 + 35.5 + 16 \times 3 = 122.5$

$$\text{鉀} \cdots \cdots \frac{39}{122.5} \times 100 = 31.9\%$$

$$\text{氯} \cdots \cdots \frac{35.5}{122.5} \times 100 = 28.9\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{16 \times 3}{122.5} \times 100 = 39.2\%$$

4. 在標準狀態之下，空氣 1 升之重量為 1.293 克，試計算下列氣體對於空氣之比重：

(a) 二氧化碳(CO_2)

(b) 氧(O_2)

(c) 氯(Cl_2)

[解] 二氧化碳一克分子量 = $12 + 16 \times 2 = 44$ 克

氧一克分子量 = $16 \times 2 = 32$ 克

氯一克分子量 = $35.5 \times 2 = 71$ 克

一切氣體之一克分子量，占有體積 22.4 升，故可求出此等氣體 1 升之重量。

$\text{CO}_2 \cdots \cdots 44 \text{ 克} \div 22.4 = 1.964 \text{ 克}$

$\text{O}_2 \cdots \cdots 32 \text{ 克} \div 22.4 = 1.429 \text{ 克}$

$\text{Cl}_2 \cdots \cdots 71 \text{ 克} \div 22.4 = 3.17 \text{ 克}$

空氣 1 升之重量為 1.293 克，故對於空氣之比重如下：

$\text{CO}_2 \cdots \cdots 1.964 \div 1.293 = 1.5$

$\text{O}_2 \cdots \cdots 1.429 \div 1.293 = 1.1$

$$\text{Cl}_2 \dots\dots 3.17 \div 1.293 = 2.5$$

3. 實驗式

用元素符號，祇表物質組成之式，曰實驗式。

此式不能表示 1 分子內實際上原子之數，僅表 1 分子內原子數之比而已。

〔例〕	水	H_2O	(分子式 H_2O)
	過氧化氫	HO	(分子式 H_2O_2)
	苯	CH	(分子式 C_6H_6)
	醋酸	CH_2O	(分子式 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)

已知物質之組成，而不能測定其分子量時，不能以分子式表示物質，得以實驗式表示之。

4. 分子式及實驗式之求法

- (1) 據分析實驗求出物質之百分組成。
- (2) 由其他實驗測定該物質之分子量。
- (3) 復由百分組成求實驗式。
- (4) 由實驗式與分子量之關係求分子式。

〔由百分組成求實驗式法〕

- (1) 以各元素之原子量除百分組成。
- (2) 改其商數之比為整數比。

(3) 將此等各數分別添附各該元素之右下方。

〔例〕 二氧化碳實驗式之決定。

成分元素	百分組成	原子量	原子數之計算	整數比	實驗式
碳	27.27%	12	$\frac{27.27}{12} = 2.27$	1 (C)	CO ₂
氧	72.73%	16	$\frac{72.73}{16} = 4.54$	2 (O)	

〔註〕 物質之百分組成，亦即存在 1 分子內各成分元素之百分組成也。故如上例以其元素之原子量除之，即為 1 分子內原子個數之比。

〔由實驗式求分子式法〕

- (1) 先求實驗式所示各原子原子量之總和。
- (2) 以此和除分子量，復以所得商數乘實驗式之原子數，寫於符號之右下角。

〔例〕 欲求實驗式 CH₂O 分子量 90 之物質之分子式，則

$$(\text{CH}_2\text{O})_n = 90$$

$$(12 + 1 \times 2 + 16)_n = 90 \quad n = 3$$

$$\therefore \text{分子式} = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$$

〔實驗式與分子式之關係〕

實驗式表某物質之組成，分子式除表組成而外，並表 1

分子量，是為兩者之異點。故實驗式中原子量之和，其某整數倍必為1分子量，實驗式原子數之某整數倍必為分子式。

〔例〕 過氧化氫之實驗式為HO，其原子量之和17.008之2倍，等於過氧化氫之分子量34.016，故HO之2倍 H_2O_2 為其分子式。又若實驗式中原子量之和恰與該物質之1分子量相等，則實驗式同時亦即分子式也。

又水之實驗式為 H_2O ，其分子量為18.016，故 H_2O 又為分子式。

基本問題

1. 某化合物之組成為碳40%，氫6.6%，氧53.4%，試示其實驗式。又如其分子量為60，則分子式何若？

〔解〕 由百分組成求實驗式。

$$C \cdots \cdots \frac{40}{12} = 3.3$$

$$H \cdots \cdots \frac{6.6}{1} = 6.6$$

$$O \cdots \cdots \frac{53.4}{16} = 3.3$$

$$3.3:6.6:3.3 = 1:2:1$$

故實驗式 = CH_2O

次求分子量 $(CH_2O)_n$

$$(12+2+16)_n \rightarrow 30 \times n$$

$$30 \times n = 60 \quad n = 2$$

∴ 分子式 = $C_2H_4O_2$(答)

2. 某氣體在標準狀態之 1 升之下重量為 2.33 克，由分析之結果，得知其百分組成如次：

碳 46.1% 氮 53.9%

問此氣體之分子式為何？但 $C = 12, N = 14$ 。

〔解〕 由百分組成求實驗式，

$$\frac{46.1}{12} : \frac{53.9}{14} = 1:1$$

實驗式 = CN

此氣體之分子量 = $2.33 \times 22.4 = 52.2$

$$(CN)_n = 52.2$$

$$(12+14)_n = 52.2$$

$$n = 2$$

∴ 分子式 = C_2N_2(答)

3. 於氧中熱銅 2.12 克，得氧化銅 2.653 克，試求氧化銅之實驗式。但銅之原子量 = 63.6。

〔解〕 氧化銅之成分原素之比，為

$$2.12 : (2.652 - 2.12) = 2.12 : 0.532$$

$$\frac{2.12}{6.36} = \frac{0.532}{16} = 0.033:0.033 = 1:1$$

∴ 實驗式 = CuO

4. 某氣體 1 升之重量為 2.88 克，分析之，知由硫與氧所成，且其重量相等。此氣體之分子式如何？

〔解〕 氧硫之重量既相等，則其百分組成爲

O.....50%

S.....50%

原子量 S=32, O=16, 故

$$\frac{50}{32} : \frac{50}{16} = 1:2$$

實驗式 = SO₂

又此氣體 22.4 升之重量 = 2.88 克 × 22.4 = 64.5 克

故分子量 = 64.5

實驗式 SO₂ 之原子量之和 32+16×2=64

故實驗式與分子式一致。

分子式 = SO₂.....(答)

練習問題

1. 使某有機物 0.360 克完全燃燒，則得二氧化碳 0.528 克及水 0.216 克。

又若使此物質 0.225 克受熱化爲蒸汽，則在標準狀態之下占有 84cc. 之體積。試求此物質之分子式。

〔解〕 有機物中之 C 燃燒而變爲 CO_2 ; H 燃燒而成 H_2O 。

CO_2 0.528 克中之 C 量爲

$$0.528 \times \frac{12}{44} = 0.144 \text{ 克}$$

H_2O 0.216 克中之 H 量爲

$$0.216 \times \frac{2}{18} = 0.024 \text{ 克}$$

此物質內除 C 及 H 之外，其餘者可認其爲氧，則氧之重量爲

$$0.360 \text{ 克} - (0.144 \text{ 克} + 0.024 \text{ 克}) = 0.192 \text{ 克}$$

各元素之量以其原子量除之，則

$$\text{C} = \frac{0.144}{12} = 0.012$$

$$\text{H} = \frac{0.024}{1} = 0.024$$

$$\text{O} = \frac{0.192}{16} = 0.012$$

據此以求分子內原子數之比，

$$0.012 : 0.024 : 0.012 = 1 : 2 : 1$$

$$\therefore \text{實驗式} = \text{CH}_2\text{O}$$

此物質 22.4 升之重量爲

$$0.225 \times \frac{22400}{84} = 60 \text{ 克}$$

故此物質之分子量 = 60,

但實驗式 CH_2O 之原子量之和為

$$12 + 1 \times 2 + 16 = 30$$

$$60 \div 30 = 2, \therefore \text{分子式} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \dots \dots \dots (\text{答})$$

2. 試計算下列各物質 100 分中所含之氧量:

(a) 水, (b) 硫酸, (c) 五氧化二磷。

[解] (a) 水之分子式 = H_2O

$$\text{H}_2\text{O} = 1 \times 2 + 16 = 18$$

$$\therefore \frac{16}{18} \times 100 = 88.89\% \dots \dots \dots (\text{答})$$

(b) 硫酸之分子式 = H_2SO_4

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$$

$$\therefore \frac{64}{98} \times 100 = 65.31\% \dots \dots \dots (\text{答})$$

(c) 五氧化二磷之分子式 = P_2O_5

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 31 \times 2 + 16 \times 5 = 142$$

$$\frac{80}{142} \times 100 = 56.34\% \dots \dots \dots (\text{答})$$

3. 使成自碳, 氧, 氫之化合物 10 克完全氧化, 則得二氧化

碳 20.001 克及水 8.181 克。復令此化合物 0.2 克在氣壓 75 厘米， 200°C 之下氣化，則其體積占有 89.4 cc. 試求其分子式。

〔解〕 先求此物質中 C, O, H 之組成：

$$20.001 \text{ 克} \times \frac{12}{44} = 5.45 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{C})$$

$$8.181 \text{ 克} \times \frac{2}{18} = 0.909 \text{ 克} \dots\dots (\text{H})$$

$$10 \text{ 克} - (5.45 \text{ 克} + 0.909 \text{ 克}) = 3.641 \dots\dots (\text{O})$$

求實驗式：

$$\begin{aligned} \frac{5.45}{12} : \frac{0.909}{1} : \frac{3.641}{16} &= 0.454 : 0.909 : 0.227 \\ &= 2 : 4 : 1 \end{aligned}$$



再求分子量：

壓力 75 厘米， 200°C 時，體積 89.4 cc. 之氣體，在標準狀態之下應占

$$89.4 \text{ cc.} \times \frac{75}{76} \times \frac{273}{273+200} = 50.9 \text{ cc.}$$

此氣體在標準狀態之下，其 22.4 升之重量為

$$0.2 \text{ 克} \times \frac{22400}{50.9} = 88 \text{ 克}$$

$$\therefore \text{分子量} = 88$$

推定實驗式 C_2H_4O ，分子量 88 之物質之分子式，

$$C_2H_4O_2 = 2 \times 12 + 4 + 16 = 44$$

$$88 \div 44 = 2$$

$$\text{分子式} = C_4H_8O \dots\dots\dots (\text{答})$$

第三章 原子價・基

1. 化合物分子之陰陽

二元素相化合而成化合物時，則陽性元素與陰性元素以其陽性與陰性相化合，陽性與陽性，陰性與陰性，不能相化合。

[例] H_2O $H \cdots \cdots$ 陽， $O \cdots \cdots$ 陰
 CuO $Cu \cdots$ 陽， $O \cdots \cdots$ 陰
 HCl $H \cdots \cdots$ 陽， $Cl \cdots \cdots$ 陰

即化合物之分子，必有一方面為陽性，而其他部分為陰性。

金屬元素及氫……恆為陽性。

非金屬元素……在多數情形之下為陰性。

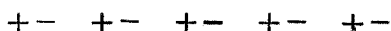
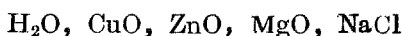
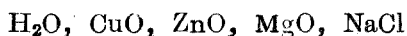
[例外] (1) 氫係非金屬元素，但為陽性。

(2) 非金屬元素中有既可為陽性，又可為陰性者。

[例] H_2S (硫化氫)之S為陰， SO (二氧化硫)之S為陽。

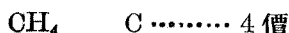
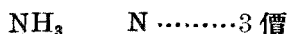
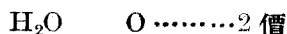
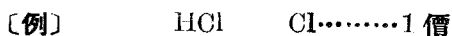
基本問題

1. 試指出下列分子式中陽性元素及陰性元素：

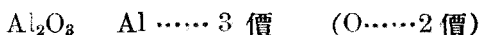
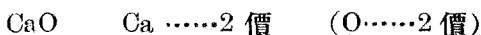
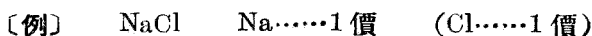


2. 原子價

某元素之原子價云者，乃表示該元素之1原子，與氫若干原子相化合之數也。



不能直接與氫化合之元素，其原子價可由其與既知原子價元素之化合以推定之。



故甲乙兩元素相結合時，則有下列之關係成立。

$$\text{(甲元素之原子價)} \times \text{(原子數)} =$$

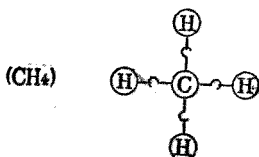
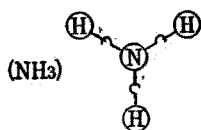
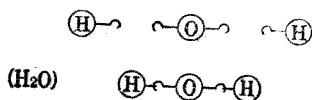
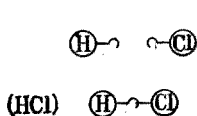
$$\text{(乙元素之原子價)} \times \text{(原子數)}$$

〔註〕 原子與原子相結合以成分子之際，得認為其結合狀

態如次圖所示，由各原子各出其原子價之手，其手與手乃互相聯結。

〔原子價之陰陽〕

如前所述，甲乙二元素，成爲化合物時，無論甲乙，必有一方爲陽性而其他一方爲陰性，故原子價亦從而由陰陽之



第二十二圖

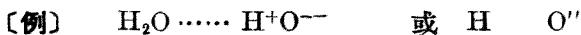
第二十三圖

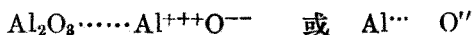
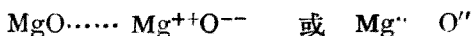
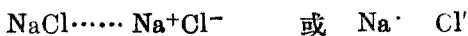
別。即如 H_2O ，則 H 爲陽性 1 價，O 爲陰性 2 價；於 CO_2 ，C 爲陽性 4 價，O 爲陰性 2 價。故有下列之關係成立：

$$(\text{陽性元素之原子價}) \times (\text{原子數}) = (\text{陰性元素之原子價}) \times (\text{原子數})$$

〔原子價之表示法〕

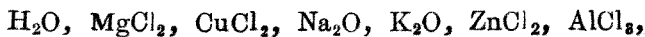
陽性元素之原子價以 + (或 ·)，陰性元素之原子價，以 - (或 ') 之符號，按照原子價之數，附於元素符號之右肩。



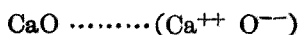
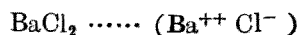
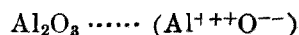
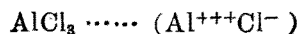
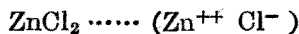
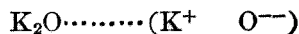
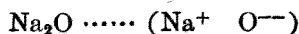
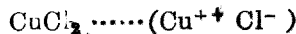
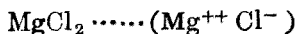
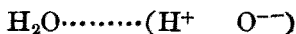


基本問題

1. 下列各分子式之物質，其成分元素之原子價如何（可根據 H^+ , O^{--} 而推定之）？



〔解〕



2. 設下列金屬元素成氧化物或氯化物，則此等化合物之分子式各何若？



〔解〕	氧化物之分子式	氯化物之分子式
Na	Na_2O	NaCl
K	K_2O	KCl
Cu	CuO	CuCl_2
Mg	MgO	MgCl_2
Zn	ZnO	ZnCl_2
Al	Al_2O_3	AlCl_3

〔二種之原子價〕

元素中有一種元素具二種以上之原子價者。

〔例〕 FeCl_2 ……Fe 陽性 2 價

FeCl_3 ……Fe 陽性 3 價

通常稱原子價小者曰亞某化合物，大者曰某化合物。

〔例〕 FeCl_2 ……氯化亞鐵。

FeCl_3 ……氯化鐵。

基本問題

1. 氧化物在何種情形之下應加『亞』字區別之？試舉例說

明。

〔解〕 金屬有二種以上之原子價時。

例如 Cu 有 Cu^+ 及 Cu^{++} 之二種，

故生 Cu_2O 及 CuO 之二種氧化物。

此時銅原子價較小者 Cu_2O 曰氧化亞銅，原子價較大者 CuO 曰氧化銅。

第四章 基(或根)・結構式

1. 基或根

發生化學變化之際，有若干原子並不分離，而作用恰似一個原子之原子團者，曰基或根。

〔例〕 硫酸(H_2SO_4)中之 SO_4 ，氫氧化銅(NaOH)中之 OH ，碳酸鈉(Na_2CO_3)之 CO_3 ，硝酸(HNO_3)中之 NO_3 等是。

〔主要之基或根及其原子價〕

1. 價根(或基)…… OH (氫氧根)， NO_3 (硝酸根)， NH_4 (銨根)， CH_3COO (乙酸根)， CN (氰基)。
2. 價根(或基)…… SO_4 (硫酸根)， CO_3 (碳酸根)。
3. 價根(或基)…… Cr_2O_7 (重鉻酸根) PO_4 (磷酸根)。

〔基之陰陽〕

基中之陽性者祇有 NH_4^+ (銨根)一種，其餘概可認為陰性。

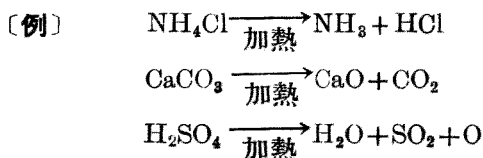
〔基之性質〕

(1) 基必與其他元素或基共同存在，決無單獨存在者。

〔例〕 H_2SO_4 中 H 與 SO_4 恆共同存在，不能由其中取出

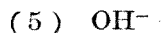
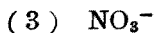
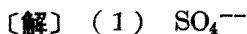
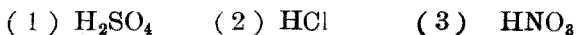
SO₄。

(2) 基中元素之結合相當強固，並非絕對不能分裂者。

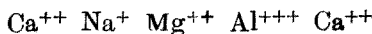


基本問題

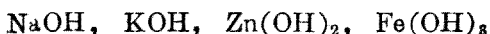
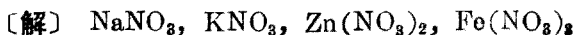
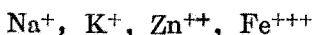
1. 指出下列分子式中所有之基(或根)，並記其原子價。



2. 試述下列金屬與硫酸根及碳酸根所結合成化合物之分子式。

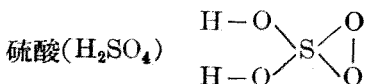
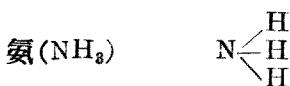
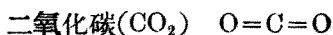
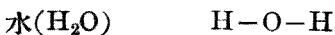
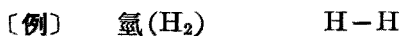


3. 試述下列金屬成硝酸鹽及氫氧化物之分子式。



2. 結構式

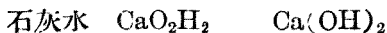
表示分子內原子之結合狀態，可以等於各元素原子價數之短線(即結合手)互相連結以成一式，是謂結構式。



3. 示性式

表示分子式內含有如何之基，且表明其一部分化學性質之式，曰示性式。

[例]



乙醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

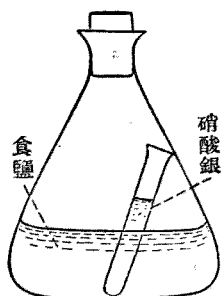
硝酸銨 $\text{N}_2\text{H}_4\text{O}_3$ NH_4OH

第五章 化學之基本定律

1. 質量不滅律

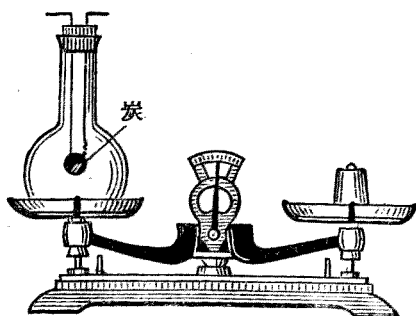
化學變化中之物質，無論經若何之變化，其關係物質質量之總和，在變化之前後不變。

〔實驗〕 (1) 於三角燒瓶內，入硝酸銀溶液及食鹽水，先不令相混，而置天秤上秤量之。然後傾轉燒瓶，使兩液相混，則發生化學變化而生白濁，重復秤量之，其質量並無變化。



第二十四圖

(2) 充氧於燒瓶，加橡皮塞，塞上穿附銅絲，銅絲之一端連結鉑絲所



第二十五圖

縛之小塊木炭，置於天秤之一端，天秤之他端加適當砝碼平衡之。然後通電流於銅絲，使絲鉑赤熱，則木炭開始燃燒。燃燒既畢，冷卻燒瓶，再置天秤之皿上秤之，則與變化前之平衡初無二致。

基本問題

1. 使純鋅 65.4 克全部溶解於硫酸，則得 161.4 克之硫酸鋅及 2 克之氫。此反應中硫酸之量如何？

〔解〕 據質量不滅律，設硫酸之量為 x 克，則

$$65.4 \text{ 克} + x \text{ 克} = 161.4 \text{ 克} + 2 \text{ 克}$$

$$\therefore x = 96 \text{ 克} \cdots \cdots (\text{答})$$

2. 栽培植物於盆中，則植物漸次長大而增加重量，然則與質量不滅律是否相反。

〔解〕 植物自空氣中吸收碳，由地中吸收水分，肥料等而成長，決不能無中生有。

2. 定比定律

一切化合物，其成分元素重量之比，常一定不變。

〔例〕 水由氫氧二成分而成：

其重量之比常為氧：氫 = 8：1。

基本問題

1. 水之成分元素之重量比為氫 1 : 氧 8, 使氫 2.5 克於空氣中燃燒時, 則應需氧若干克?

[解] $1:8=2.5:x$

$$x = \frac{8 \times 2.5}{1} = 20 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 欲造水 100 克, 需氫及氧各若干克?

[解] 水之成分重量比為 1:8, 故

$$\left. \begin{array}{l} \text{H} \dots\dots 100 \times \frac{1}{1+8} = 11.19 \text{ 克} \\ \text{O} \dots\dots 100 \times \frac{8}{1+8} = 88.81 \text{ 克} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (\text{答})$$

3. 倍比定律

甲乙兩元素成爲種種化合物時, 則乙元素對於一定量

甲元素化合之量, 恆爲簡單之整數比。

[例] (1)

	分子式	C	O	O 對於一定量 C 之比
二氧化碳	CO ₂	12	32	2 : 1
一氧化碳	CO	12	16	

(2)

	分子式	S	O	O 對於一定量 S 之比
二氧化硫	SO ₂	32	32	2 : 3
三氧化硫	SO ₃	32	48	

基本問題

1. 分析兩種硫化鐵中硫之含量，甲為 36.48%，乙為 53.47%。

試據此以說明倍比定律。

〔解〕 兩種硫化物成分之比率如次：

	硫	鐵
甲硫化鐵	36.48%	63.52%
乙硫化鐵	53.47%	46.53%

試觀察鐵對於一定量硫化合之比：

	硫	鐵
甲硫化鐵	36.48	63.52
乙硫化鐵	53.47	$46.53 \times \frac{36.48}{53.47}$

可知兩化合物中鐵與鐵相互之比為 63.52:31.75, 即約 2:1, 與倍比定律相合。

2. 試述倍比定律, 並用下列分析結果說明之。

	氧	碳	計
二氧化碳	72.73%	27.27%	100%
一氧化碳	57.15%	42.85%	100%

〔解〕 倍比定律詳見本文。

二氧化碳中氧對於碳 1 量之比，爲

$$\frac{72.73}{27.27} = 2.66$$

一氧化碳中氧對於碳 1 量之比，爲

$$\frac{57.15}{42.85} = 1.33$$

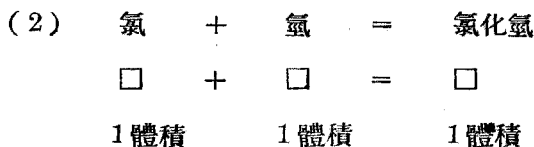
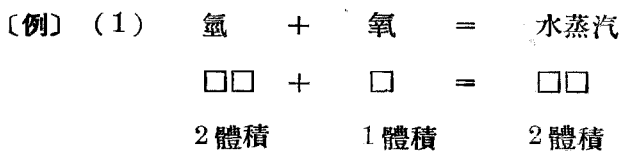
故對於同量之碳化合之氧量爲

$$2.66:1.33 = 2:1$$

即成簡單之整數比。

4. 氣體反應律

化學變化中，若反應物質與生成物質均爲氣體，則此等氣體之體積，互成簡單之整數比。



5. 波義耳定律

溫度一定時，一定量氣體之體積與其壓力成反比例。

〔註〕 一定溫度下氣體之體積，如壓力 2 倍或 3 倍，則成爲 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{3}$ 。設在壓力 P 下體積爲 V 之氣體，其壓力變

爲 P' 時，則與體積 V' 有下列之關係：

$$P:P' = V':V \quad \therefore PV = P'V' = \text{常數}$$

即溫度一定時，氣體體積與壓力相乘積恆一定。

6. 查理定律

壓力一定時，一定量氣體之體積每升高溫度 1°C ，則其

體積增加 0°C 時體積之 $\frac{1}{273}$ 。

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

$$\therefore \frac{V_t}{V_0} = \frac{273+t}{273} \dots\dots\dots(1)$$

〔註〕 V_0在 0°C 時之體積

V_t在 $t^\circ\text{C}$ 時之體積。

〔絕對溫度〕

以攝氏溫標冰點下 273°C 爲標準，以表 0° 之溫度，是謂絕對溫度。

故攝氏 0°絕對溫度 273°

” 100° ” $273^\circ + 100^\circ$

” -273°..... ”	0°
” t°..... ”	273° + t°

[查理定律之又一說法]

使用絕對溫度，則(1)式如下：

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{T}{T_0} \dots\dots\dots(2)$$

但 T, T_0 表絕對溫度 $T = 273 + t$

$$T_0 = 273$$

一般言之，由(2)式，

絕對溫度 $T_1 \dots\dots\dots (t_1 + 273)$ 此時之體積 V_1

絕對溫度 $T_2 \dots\dots\dots (t_2 + 273)$ 此時之體積 V_2

即一定量氣體之體積，與絕對溫度成正比例。

7. 波義耳查理定律

一定量氣體之體積與絕對溫度成正比，與壓力成反比。

[註]

最初狀態..... $P_1 T_1 V_1$

最後狀態..... $P_2 T_2 V_2$

先設溫度 T_1 一定，壓力自 P_1 變至 P_2 之體積為 V_x ，則

$$V_x = V_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} \text{ (波義耳定律)} \dots\dots\dots(1)$$

次設壓力 P_2 一定，溫度自 T_1 變為 T_2 ，則

$$V_2 = V_x \cdot \frac{T_2}{T_1} \quad (\text{查理定律}) \dots\dots\dots (2)$$

以(1)代入(2)式之 V_x ，則，

$$\left. \begin{aligned} V_2 &= V_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \\ \text{或} \quad \frac{V_1 P_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{公式})$$

基本問題

1. 0°C ，1氣壓下有 3.5 升體積之氧，在 15°C ，1 氣壓下之體積若干？

$$\begin{aligned} \text{〔解〕} \quad V &= V_1 \times \frac{273+t}{273} \\ &= 3.5 \text{ 升} \times \frac{273+15}{273} \\ &= \frac{48}{13} = 3.7 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答}) \end{aligned}$$

2. 壓力 760mm.， 20°C 時 500cc. 之氣體，在標準狀態下 (0°C ，760mm.) 有若干 cc.？

〔解〕 據波義耳查理定律，

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \\ V_1 &= 500\text{cc.} \quad V_2 = x \\ P_1 &= 776 \quad P_2 = 760 \end{aligned}$$

$$T_1 = 273 + 20 \quad T_2 = 273$$

$$\begin{aligned} \therefore x &= 500\text{cc.} \times \frac{776}{760} \times \frac{273}{293} \\ &= 476\text{cc.} \dots\dots\dots(\text{答}) \end{aligned}$$

3. 氧 32 克在 15°C ，壓力 750 毫米之下有若干升？

〔解〕 氧 32 克為 1 克分子，故在標準狀態之下 (0°C ，760mm.) 占有體積 22.4 升。

$$\therefore 22.4\text{升} \times \frac{273+15}{273} \times \frac{760}{750} = 23.9\text{升} \dots(\text{答})$$

4. 某純粹氣體在溫度 10°C 壓力 75 厘米時 1 升之重量為 3 克，試推算此物質之分子量。

〔解〕 此氣體在標準狀態下之體積為

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \\ &= 1\text{升} \times \frac{75}{76} \times \frac{273}{273+10} = 0.945\text{升} \end{aligned}$$

其 22.4 升之重量為

$$3\text{克} \times \frac{22.4}{0.945} = 71.1\text{克}$$

\therefore 此氣體之分子量 = 71.1 $\dots\dots\dots(\text{答})$

5. 試求溫度 12°C ，壓力 75 厘米下，= 氧化碳 1 升之重量。

〔解〕 二氧化碳之分子式 = CO_2 , 分子量 = $12 + 16 \times 2 =$

$$44, \text{標準狀態下 1 升之重量} = \frac{44}{22.4}$$

12°C , 75 厘米下 1 升體積之氣體, 在 0°C , 76 厘米之下
應為

$$V_2 = V_1 \times \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1} = 1 \times \frac{75}{76} \times \frac{273}{273+12} = 0.945 \text{ 升}$$

$$\text{故 } \frac{44}{22.4} \text{ 克} \times 0.945 = 1.856 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

練習問題

1. 有原子量為 14 之元素, 在 27°C , 1 氣壓之下占有體積 6 升。此氣體之 1 分子由若干原子而成?

〔解〕 此氣體在標準狀態下之體積為

$$V = 6 \text{ 升} \times \frac{273}{273+27} = 5.46 \text{ 升}$$

$$22.4 \text{ 升之重量} = 6.825 \times \frac{22.4}{5.46} = 28 \text{ 克}$$

此氣體之分子量 = 28

因其原子量 = 14,

$$28 \div 14 = 2$$

故知 1 分子由 2 個原子所成。

2. 某金屬之氧化物有 A, B 二種。還元此等化合物 1 克, 則由 A 可生 0.798 克, 由 B 可得 0.888 克之金屬。試由此結果說明倍比定律之可以成立。

〔解〕 兩種氧化物 1 克中之氧量爲

$$A \cdots \cdots 1 - 0.798 = 0.202 \text{ 克}$$

$$B \cdots \cdots 1 - 0.888 = 0.112 \text{ 克}$$

故組成如次:

	金屬	氧
A	0.798	0.202
B	0.888	0.112

假定 A, B 兩化合物中金屬之量爲 1, 則與之化合之氧量爲

$$A \cdots \cdots \frac{0.202}{0.798} = 0.253$$

$$B \cdots \cdots \frac{0.112}{0.888} = 0.126$$

與金屬 1 量化合之氧量爲

$$0.253 : 0.126 = 2 : 1$$

即成簡單之整數比。

3. 燃氫 0.25 克, 則生水 2.25 克, 又以氫還元 1.529 克之氧化銅, 則生銅 1.272 克及水 0.360 克。試在此例中, 就

水之生成，證明定比律之成立。

〔解〕 第一實驗中所生水之組成，

$$\begin{array}{rcl} \text{氫} & : & \text{氧} \\ 0.25 & : & 2.00 \end{array}$$

第二實驗中所生水之組成，

$$1.592 \text{ 克} - 1.272 \text{ 克} = 0.32 \text{ 克 (氧)}$$

$$0.360 \text{ 克} - 0.32 \text{ 克} = 0.04 \text{ 克 (氫)}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{氫} & : & \text{氧} \\ 0.04 & : & 0.32 \end{array}$$

$$\text{故 } 0.25:2.00=1:8$$

$$0.04:0.32=1:8$$

故氫氧常以定比化合而生水如上。

4. 用鋅 0.654 克，可生氧化鋅 0.974 克，用鋅 0.916 克可生氧化鋅 1.364 克。試由此種情形證明定比定律之成立。

$$\text{〔解〕 } 0.974 \text{ 克} - 0.654 \text{ 克} = 0.32 \text{ 克}$$

$$\text{鋅} : \text{氧} = 0.654:0.32 = 2.04:1$$

$$1.364 \text{ 克} - 0.916 \text{ 克} = 0.448 \text{ 克}$$

$$\text{鋅} : \text{氧} = 0.916:0.448 = 2.04:1$$

5. 還元氧化銅 (CuO) 2.388 克，可得銅 1.908 克；還元氧

化亞銅(Cu_2O) 2.864 克, 可得銅 2.544 克。

試就此結果說明倍比定律之成立。

〔解〕 氧化銅之組成

$$2.388 - 1.908 = 0.48 \dots\dots \left\{ \begin{array}{l} \text{銅} : \text{氧} \\ 1.908 : 0.48 \\ 2.544 : 0.32 \end{array} \right.$$

氧化亞銅之組成

$$2.864 - 2.544 = 0.32$$

對於氧之重量 1 之銅量為

$$1.908 \div 0.48 = 4$$

$$2.544 \div 0.32 = 8$$

4:8 即 1:2, 為簡單之整數比。

第六章 化學方程式

1. 化學方程式

用化學式及符號，表示參與化學反應物質間之關係之式，曰化學方程式。

〔註〕 氧與氫化合而生水之化學變化，得表示如次法：

(1) 氫 + 氧 \longrightarrow 水 (不用分子式者)

(2) $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$ (用分子式表示物質名稱者)

(3) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ (表示反應物質及生成物質之名稱，及其反應時分子數之關係，是謂方程式)

2. 化學方程式所表示之事項

(1) 與化學變化有關係物質之種類。

(2) 與化學變化有關係物質之重量比一定 (定比定律)。

〔例〕 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

氫：氧：水 = 4：32：36

(3) 化學變化前後諸物質質量之總和常相等 (質量不律)。

〔例〕 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

$$4 + 32 = 36$$

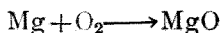
(4) 上例中氫：氧：水之分子數之比為 2:1:2，故由同體積中含有同數分子之亞佛加德羅氏假說，可知此等氣體體積之比為 2:1:2。

3. 化學方程式之作法

- (1) 先明瞭何種物質與何種物質起化學變化，而生成何種物質。
- (2) 求前述各物質之分子式(或實驗式)。
- (3) 書反應物質之分子式於等號(=)之左，書反應後生成物質之分子式於右，以加號(+)聯結各分子式。
- (4) 將分子式整數倍(分子式之係數)，藉使左右各元素分子內原子之數相等。

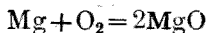
[例] (1) 使鎂燃燒於空氣中，其方程式所示之化學變化順序如次：

- (a) 鎂燃燒則生氧化鎂，其分子式可推定為 MgO (Mg 之原子價為陽性 2 價，氧為陰性 2 價)。又氧及鎂之分子式各為 O_2 及 Mg 。
- (b) 分此等分子式為反應物質及生成物質，置前者於左，後者於右，



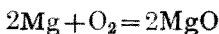
- (c) 次就式之左右，比較 Mg 及 O 之原子數，可見 Mg 為 1，左右相等；O 則左方為 1 原子，右方為 2 原子，並不相等。

緣左方有氧 2 原子，因氧 1 分子內必含 2 個原子而決不能為 1。從而右方之 MgO 須 2 倍，如



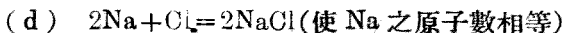
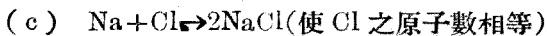
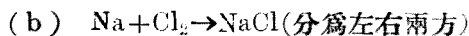
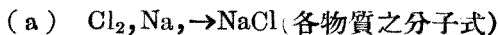
就氧以觀，左右兩方已成相等。

- (d) 此時左方之 Mg 亦有 2 原子之必要，



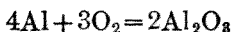
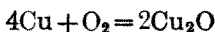
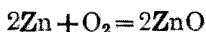
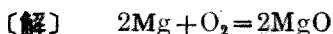
如是則兩方之原子數相一致。

- (2) 就氯與銅之化合以成氯化鈉作方程式，其順序如次：

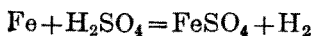
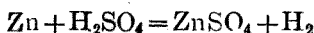


基本問題

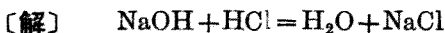
1. Mg, Zn, Cu, Al 等金屬與氧化合而各成 MgO , ZnO , Cu_2O , Al_2O_3 , 試以方程式示其化學變化。



2. 加硫酸於金屬 Mg, Zn, Fe 時, 則各發生氫, 試以方程式示其化學變化。

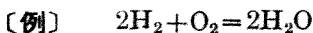


3. 試以方程式示氫氧化銅與鹽酸中和時之反應。



4. 由化學方程式計算重量關係法

化學方程式表示反應諸物質及生成諸物質之重量關係。



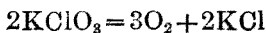
$4 : 32 : 36$

上列方程式所示氫, 氧, 水之關係為 2 分子與 1 分子與 2 分子之關係, 以重量表之, 則如 4:32:36。

故知自氫 4g. 可生水 36g.。

〔計算法〕

(1) 求自氯酸鉀 20 克所發氧之重量。



$$245 \quad 96$$

$$20\text{克} \quad x\text{克}$$

$$\text{K} = 39, \text{Cl} = 35.5, \text{O}_8 = 48;$$

$$\text{KClO}_3 = 122.5; 2\text{KClO}_3 = 245;$$

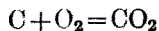
$$\text{O}_2 = 32 \quad 3\text{O}_2 = 96$$

$$245:96 = 20:x$$

$$x = \frac{96 \times 20}{245}$$

$$x = 7.8\text{克} \dots \dots \dots (\text{答})$$

(2) 燃燒碳 3 克, 可生二氧化碳若干克?



$$12 \quad 44 \quad \text{C} = 12$$

$$3\text{克} \quad x\text{克} \quad \frac{\text{O}_2 = 32}{\text{CO}_2 = 44}$$

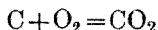
$$12:44 = 3:x$$

$$x = \frac{44 \times 3}{12} = 11\text{克} \dots \dots \dots (\text{答})$$

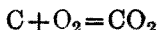
5. 自化學方程式之體積關係計算法

化學方程式在反應物質或生成物質為氣體時，則可表示其體積之關係。

試就下列方程式所示化學變化論，



1 分子之碳，與 1 分子之氧化合而生 1 分子之二氧化碳。其重量關係為



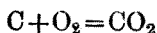
$$12 : 32 : 44$$

即由 C 12 克，可生 CO_2 44 克。

然二氧化碳之一克分子量即 44 克，其體積應占 22.4 升。故由此可知由碳 12 克可得二氧化碳 22.4 升。

〔計算法〕

(1) 使碳 6 克完全燃燒時，則所生二氧化碳之體積，在標準狀態下占若干？

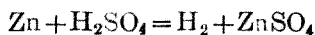


$$12 \text{ 克} \quad 44 \text{ 克} (22.4 \text{ 升})$$

$$6 \text{ 克} \quad x \text{ 升}$$

$$\frac{12:6}{x} = \frac{22.4 \times 16}{12} = 11.2 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

- (2) 鋅 50 克完全溶解於稀硫酸時，則所生之氫在標準狀態下占有體積若干升？



$$65.4 \text{ 克} \quad 2 \text{ 克 (22.4 升)}$$

$$50 \text{ 克} \quad x \text{ 升}$$

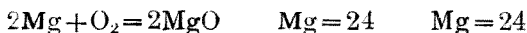
$$65.4:50 = 22.4:x$$

$$x = \frac{22.4 \times 50}{65.4} = 17.1 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

基本問題

1. 燃燒 5 克之鎂，問可得氧化鎂若干克？

〔解〕 先以方程式示其反應，



$$48 \text{ 克} \quad 80 \text{ 克} \quad 2\text{Mg} = 48 \quad \frac{\text{O} = 16}{\text{MgO} = 40}$$

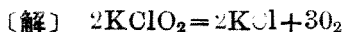
$$5 \text{ 克} \quad x \text{ 克}$$

乃得次列比例式

$$48:5 = 80:x$$

$$\therefore x = \frac{5 \times 80}{48} = \frac{50}{6} = 8.3 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 自氯酸鉀 20 克，可發生氧之體積為若干升？



245 克 (22.4×3) 升 $\text{K} = 39$

20 克 x 升 $\text{Cl} = 35.5$

$$\frac{\text{O}_8 = 48}{\text{KClO}_3 = 122.5}$$

$2\text{KClO}_3 = 245$

$245:20 = (22.4 \times 3)$ 升: x

$$x = \frac{20 \times 22.4 \times 3}{245} = 5.4 \text{ 升} \dots \dots \dots (\text{答})$$

3. 欲溶解鋅 10 克,需用 20% 之硫酸若干克?



65 98

10 克 x 克 $\text{H}_2 = 3$

$\text{S} = 32$

$$\frac{\text{O}_4 = 64}{\text{H}_2\text{SO}_4 = 98}$$

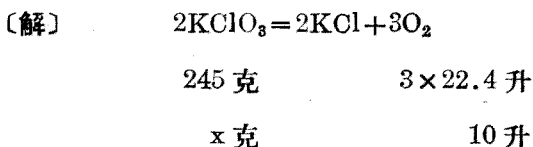
$65:10 = 98:x$

$$x = \frac{10 \times 98}{65} = 15 \text{ 克}$$

用純硫酸需 15 克,故 20% 之硫酸應為

$$15 \text{ 克} \div \frac{20}{100} = 75 \text{ 克} \dots \dots \dots (\text{答})$$

4. 在 0°C , 1 氣壓之下製造 10 升之氧, 問需氯酸鉀若干克?

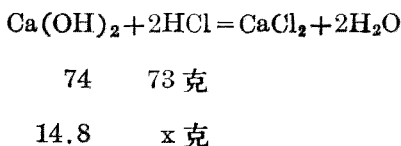


$$245:x = 3 \times 22.4:10$$

$$x = \frac{245 \times 10}{3 \times 22.4} = 35.5 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{〔答〕}$$

5. 欲以 10% 之鹽酸中和氫氧化鈣 14.8 克, 問需此種鹽酸若干克。

〔解〕 先計算中和已知量氫氧化鈣之必要 HCl 量, 然後再計算含有此量之 10% 鹽酸爲若干克。



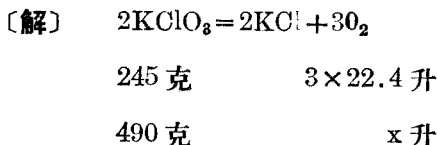
$$74:73 = 14.8:x$$

$$x = \frac{73 \times 14.8}{74} = 14.6 \text{ 克}$$

再求含有純鹽酸 14.6 克之 10% 鹽酸之量, 則

$$14.6 \times \frac{100}{10} = 146 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{〔答〕}$$

6. 加熱氯酸鉀 490 克所得之氧,其容積在 18°C 壓力 2 氣壓之下應占若干升?



$$245:67.2 = 490:x$$

$$x = \frac{67.2 \times 490}{245} = 134.4 \text{ 升}$$

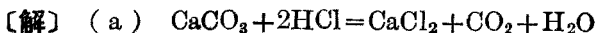
標準狀態下 134.4 升之體積,在 18°C , 2 氣壓之下應為

$$134.4 \times \frac{1}{2} \times \frac{273+18}{273} = 71.6 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

7. 欲以含有氯化氫 20% 之鹽酸,使大理石 100 克完全分解,則

(a) 需鹽酸若干克?

(b) 此時所生二氧化碳之體積,在溫度 15°C 壓力 75 厘米之下占若干升?



$$100 \text{ 克} \quad 73 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 升}$$

$$100 \text{ 克} \quad x \text{ 克} \quad y \text{ 升}$$

$$100:73 = 100:x$$

$$x = 73 \text{ 克}$$

需純氯化氫 73 克，故 20% 鹽酸之量為

$$73 \div \frac{20}{100} = 73 \times \frac{100}{20} = 365 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

$$(b) \quad 100:22.4=100:y$$

$$y = 22.4 \text{ 升}$$

設在 15°C ，75 厘米下之體積為 V ，則

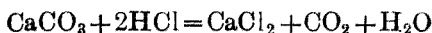
$$\begin{aligned} V &= 22.4 \text{ 升} \times \frac{7.6}{75} \times \frac{273+15}{273} \\ &= 23.95 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答}) \end{aligned}$$

8. 注稀鹽酸 200cc. (比重 1.05, 含 HCl 10%) 於 10 克之大理石時，試求所發生二氧化碳在標準狀態下之容積。但 $\text{C} = 12$, $\text{Cl} = 35.5$, $\text{Ca} = 40$ 。

[解] 稀鹽酸之重量 = $200 \times 1.05 = 210$ 克

$$\text{氯化氫之重量} = 210 \times \frac{10}{100} = 21 \text{ 克}$$

設溶解大理石 10 克必需之氯化氫為 x 克，則



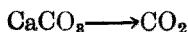
$$100 \text{ 克} \quad 2 \times 36.5 \text{ 克}$$

$$10 \text{ 克} \quad x \text{ 克}$$

$$100:2 \times 36.5 = 10:x$$

$$x = \frac{2 \times 36.5 \times 10}{100} = 7.3 \text{ 克}$$

即 7.3 克之鹽酸已足。現既有鹽酸 21 克，故足使大理石全部溶解而有餘。再設用大理石 10 克所得二氧化碳之體積為 y 升，則



$$100 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 升}$$

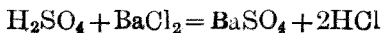
$$10 \text{ 克} \quad y \text{ 升}$$

$$100:22.4 = 10:y$$

$$y = 22.4 \times \frac{10}{100} = 2.24 \text{ 升} \cdots \cdots (\text{答})$$

9. 加氯化銅於 20cc. 之某水溶液 (比重 = 1) 中，可得 0.976 克之硫酸鋇沉澱。問此溶液中硫酸之百分率。

〔解〕 此反應之化學方程式如次：



$$98 \quad \quad \quad 233$$

$$x \quad \quad \quad 0.976 \text{ 克}$$

$$98:233 = x:0.976$$

$$x = \frac{98 \times 0.976}{233} \text{ 克}$$

故 100 分中所含之硫酸爲

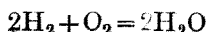
$$\frac{98 \times 0.976}{233} \times \frac{100}{20} = 2.1\% \dots\dots\dots (\text{答})$$

10. 有組成如下之氣體 100 升，欲使完全燃燒，則理論上需要空氣若干升？但設此氣體與空氣俱在同一狀態之下：

氫 52%，一氧化碳 42%，二氧化碳 6%

〔解〕 各氣體積爲氫 52 升，一氧化碳 42 升，二氧化碳 6 升；二氧化碳不起燃燒，故僅需計算氫與一氧化碳燃燒所需空氣之體積即可。

氫燃燒所需之氧之體積爲



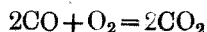
2 容 1 容

52 升 x 升

$$2:1 = 52:x$$

$$x = \frac{52 \times 1}{2} = 26 \text{ 升}$$

一氧化碳燃燒所需之氧之體積爲



2 容 1 容

42 升 y 升

$$2:1=42:y$$

$$y = \frac{42 \times 1}{2} = 21 \text{ 升}$$

氧之體積合計 $26+21=47$ 升

空氣體積之 21% 爲氧，故所需空氣之體積爲

$$47 \div \frac{21}{100} = \frac{4700}{21} = 223.8 \text{ 升} \dots\dots\dots(\text{答})$$

第三篇 非金屬元素

第一章 氯·溴·碘·氟

1. 氯 Cl_2

〔所在〕

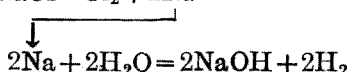
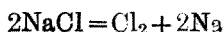
- (1) 以其化合力甚強，故自然界無單體產出。
- (2) 以食鹽 (NaCl)，氯化鎂 (MgCl_2) 等金屬氯化物為主，存於海水中。

〔製法〕

- (1) 加濃鹽酸於二氧化錳而微熱之。
$$4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$$
 (實驗室的)
- (2) 加濃硫酸於食鹽及二氧化錳之混合物而熱之。
$$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2$$

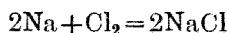
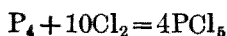
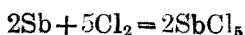
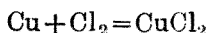
$$= \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$$

(實驗室及工業的)
- (3) 電解食鹽水製氫氧化鈉時，其副產物為氯。
(陽極) (陰極)

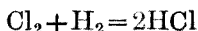


〔性質〕

- (1) 黃綠色之氣體，具特臭。
- (2) 有劇毒(可用作毒氣)。
- (3) 較重於空氣(2.45 倍)。
- (4) 略溶於水(對於 1 容之水，可溶氯 3 容)，成氯水。
- (5) 化合力極強，可與種種元素直接化合。與金屬化合而成氯化物。



- (6) 可與氫受日光之照射而起爆發的化合。

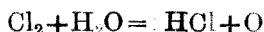


- (7) 雖在化合物中之氫，亦甚易與化合。

〔例〕 入碳氫化合物之蠟燭於氯中，則繼續燃燒。即氫成氯化氫，碳遊離而成煤煙，

- (8) 有漂白作用及殺菌作用。

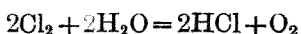
氯在有水分之存在時，則生方析態之氧如次。



此方析態氧之氧化力甚強，可以漂白種種色素。

若無可以氧化之物質存在，則方析態氧成爲普通之氧即 O_2 而放出。

曝氯水於日光時，則氯消失而生氧之氣泡。



〔氯之檢出法〕

- (1) 黃綠色之氣體，有惡臭。
- (2) 有漂白作用。
- (3) 可使碘鉀澱粉液藍變。

〔用途〕

- (1) 漂白作用。……漂白紙漿(造紙原料)。
- (2) 製造漂白粉。……使消石灰吸收氯而成。
- (3) 製造毒氣。
- (4) 水道之消毒，殺菌。

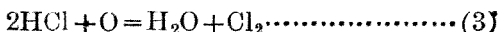
基本問題

1. 加二氧化錳及硫酸於食鹽，熱之，試作方程式表示此際所起之化學變化。

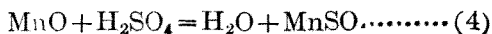
〔解〕 (a) 先食鹽與硫酸作用而生鹽酸。



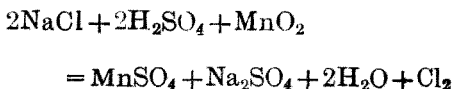
(b) 此鹽酸爲二氧化錳氧化而生氯。



(c) MnO 與硫酸相中和。

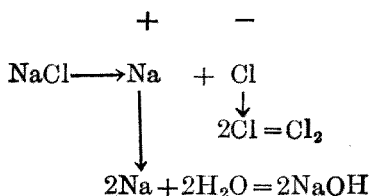


併合方程式(1), (2), (3), (4), 則



2. 試述氯之工業的製法一種。

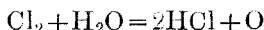
〔解〕 專供工業用之氯, 可自食鹽水之電解而得。



此時尚有副產物 H_2 及 NaOH 生成。

3. 試說明氯之漂白作用係氧化之理由。

〔解〕 氯與水之反應如次：



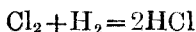
所生方析態之氧足使色素氧化。

4. 試說明入(a)燭火, (b)銻粉, (c)氫焰於氯之氣體時之化學變化。

〔解〕 (a) 燭火

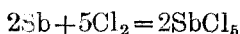
蠟燭中含氫及碳。

氫與氯化合以成氯化氫,

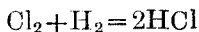


碳則不化合, 遊離而成煤煙。

(b) 銻則立即與氯化合, 成爲氯化物。



(c) 氫與氯化合, 成氯化氫。



5. 用鹽酸與二氧化錳製氯 20 升。問需用含有 HCl 25% 之鹽酸若干克。

但設 $H = 1.0, Cl = 35.5$, 溫度及壓力爲標準狀態。

〔解〕 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

$$4 \times 36.5 \text{ 克} \quad 22.4 \text{ 立}$$

$$x \text{ 克} \quad 28 \text{ 立}$$

$$22.4:28=4 \times 36.5:x$$

$$x = \frac{4 \times 36.5 \times 28}{22.4} = 182.5 \text{ 克}$$

25%之鹽酸中應含氯化氫 182.5 克，故鹽酸之重量為

$$182.5 \div \frac{25}{100} = 730 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

6. 試比較氧，氯二元素。

〔解〕

氧	氯
(1) 無色無臭之氣體。	(1) 黃綠色有惡臭之氣體。
(2) 較空氣略重(約 1.1 倍)。	(2) 較空氣甚重(約 2.5 倍)。
(3) 難溶於水。	(3) 稍溶於水。
(4) 可使碳燃燒。	(4) 與碳化合不易。
(5) 易與氫及金屬化合。	(5) 易與氫及金屬化合。
(6) 無毒。	(6) 有毒。
(7) 無漂白性。	(7) 漂白性強。

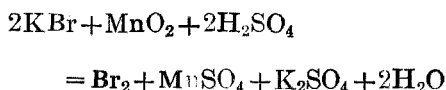
2. 溴 Br_2

〔所在〕

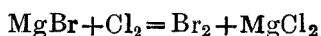
- (1) 因其化合力甚強，故無單體之產出。
- (2) 作溴化鈉(NaBr)而存於海水。
- (3) 成溴化鉀(KBr)而存於岩鹽。

〔製法〕

- (1) 加二氧化錳及濃硫酸於溴化鈉(或溴化鉀),加熱以製之(實驗室的)。



- (2) 使岩鹽中所含溴化鎂溶解於水,然後通入氯或電解之(工業的)。



〔性質〕

- (1) 暗褐色之液體(非金屬元素中之唯一液體)。
- (2) 比重 3,沸點 59°C ,凝固點 -7°C 。
- (3) 具刺戟性之惡臭,有毒。
- (4) 略溶於水,成黃褐色之溴水。
- (5) 化學作用類似氯。但化合力較氯稍弱。與氫化合而成溴化氫,可與種種金屬化合。
- (6) 有漂白作用。

〔用途〕

- (1) 在有機化學之合成上,頗關重要。
- (2) 可作毒氣及染料。
- (3) 溴化鉀可供照相術及醫藥用。

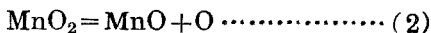
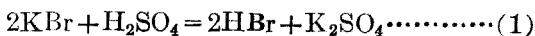
基本問題

1. 氯與溴何者較易與金屬化合，試舉實例說明之。

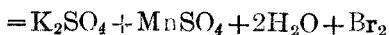
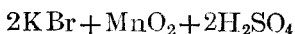
〔解〕 當以氯之化合力，較溴為強。

試投銻粉於氯之氣體中，即立起化合，但若投銻粉於溴之氣體中 則並不立起變化。

2. 試以方程式表示使溴自溴化物遊離之一法。



$$(1) + (2) + (3) + (4)$$



3. 碘 I_2

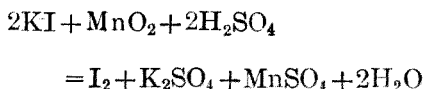
〔所在〕

(1) 作碘化鈉(NaI)而存於海藻灰(燒昆布,海藻等所得之灰)中。

(2) 亦含於智利硝石(NaNO_3)中。

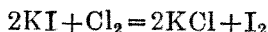
〔製法〕

(1) 加二氧化錳及硫酸於碘化鈉(或碘化鉀),熱之(實驗室的)。

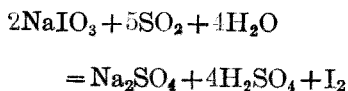


(2) 混二氧化錳及硫酸於海藻灰之浸出液以製之(工業的)。

(3) 通氯於海藻灰之浸出液(含 NaI),亦可製碘(工業的)。



(4) 通二氧化硫於碘酸鈉之水溶液以製之。



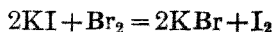
〔性質〕

- (1) 紫黑色之板狀結晶,有金屬光澤。
- (2) 常溫時多少由表面揮發,發生特臭。
- (3) 昇華性極著,熱之則氣化而成紫色蒸氣,冷之立即結晶。

〔註〕 固體不經液體而直接氣化之現象,曰昇華。

〔例〕 樟腦之固體,不經液體而直接昇華以成氣體。

- (4) 難溶於水，而易溶於酒精(乙醇)，碘化鉀(KI)，醚及二硫化碳等。其溶於酒精者特稱碘酊，呈赤褐色。
- (5) 加碘溶液於澱粉之冷溶液，則呈藍色。此澱粉溶液受熱即褪色，但再冷則藍色復現(碘之利用澱粉檢出反應)。
- (6) 一般的化學性質似溴，但較弱。例如下列之反應。



〔用途〕

- (1) 製碘酊，碘化鉀供醫藥用。
- (2) 製造染料，其他化學上，工業上多採用之。

基本問題

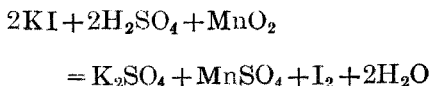
- (1) 試述氯，溴及碘在常溫常壓下之狀態及色。

〔解〕

	狀	態	色		
氯	氣	態	黃	綠	色
溴	液	態	赤	褐	色
碘	固	態	紫	黑	色

- (2) 試述碘之製法及其原料。

〔解〕 加二氧化錳及濃硫酸於 KI 或 NaI，加熱使蒸發，則碘昇華而出。



碘化合物之原料，用海藻灰之浸出液，海藻灰則自燃燒乾燥之海藻而來。

其他製法參閱本文。

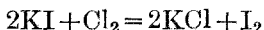
(3) 碘易溶於何種溶劑。

〔解〕 (1)酒精，(2)碘化鉀之水溶液，(3)二硫化碳。

(4) 試述下列實驗所起之變化。

- (a) 加氯於碘化鉀之水溶液時。
- (b) 加澱粉溶液於上得之溶液中時。
- (c) 加熱得自(b)之溶液，使達沸騰時。
- (d) 冷卻上項溶液時。

〔解〕 (a) 因氯之化合力大於碘，故碘遊離。



- (b) 遊離碘遇澱粉液而呈藍色。
- (c) 加熱則藍色消褪。
- (d) 再冷復呈藍色。

(5) 由着色反應檢出牛乳中攪混澱粉之方法如何？

〔解〕 加碘酞於冷牛乳，如現藍色，則為攪混澱粉之明證。

(6) 試述區別食鹽(NaCl)及碘化鈉(NaI)之化學的方法。

〔解〕 (1) 分別混入二氧化錳及濃硫酸，熱之。發生黃綠色，具強烈特臭之氣體(氯)者為食鹽，發生紫色蒸氣(碘)者為碘化鈉。

(2) 加硝酸銀溶液於其水溶液。則生白色沈澱(氯化銀)者為食鹽，生淡黃色沈澱(碘化銀)者為碘化鈉。

4. 氟 F_2

〔所在〕

成螢石(CaF_2)，水晶石($3\text{NaF} \cdot \text{AlF}$)而天然出產。

〔製法〕

因其化合力極為強烈，故不易製出遊離之氟，最近由液態氟化氫之電解而得之。

〔性質〕

(1) 帶有黃綠色之氣體，較重於空氣。

(2) 具刺激性之特臭，有劇毒。

(3) 化學作用最為猛烈，幾可與一切元素化合(但不與氧化合)。

5. 鹵素

F_2, Cl_2, Br_2, I_2 四元素，性質頗相類似，合稱鹵素。

〔鹵素之類似點〕

- (1) 均有陰性 1 價之原子價。
- (2) 化合力強，遊離不易。
- (3) 易與金屬及氫化合。
- (4) 與氫之化合物(鹵化氫)均為無色，發烟性之氣體；
溶解於水則生酸(氫鹵酸)。
- (5) 氫鹵酸之銀鹽具感光性。

〔鹵素之比較〕

鹵素各元素之性質，既有上述之類似處，其間且有多少差異。但鹵素相互間性質之差異，則隨原子量之順序而有下列有趣味之關係。

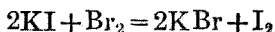
元 素 名	氟	氯	溴	碘
分 子 式	F_2	Cl_2	Br_2	I_2
原 子 量	19	35.5	80	127
常溫時之狀態	氣 態	氣 態	液 態	固 態
色	淡黃綠色	黃 綠 色	赤 褐 色	紫 黑 色
化 合 力	最 強	強	稍 強	弱
漂 白 作 用	可分解色素	強	弱	無

基本問題

1. 試述實驗法比較氯, 溴, 碘化合力之強弱。

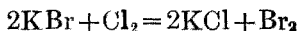
〔解〕 鹵素(Cl, Br, I)之化合力, 以 Cl 爲最大, Br 次之, I 最小。

- (1) 加 Br_2 於 KI, 則生碘,



乃因 Br_2 較 I_2 之化合力爲大也。

- (2) 加 Cl_2 於 K Br 則生溴,



此乃 Cl_2 較 Br_2 之化合力更大使然也。

2. 使氯作用於碘化鉀時, 或使碘作用於氯化鉀時有何不同? 試言其故。

〔解〕 使氯作用於碘化鉀, 則碘遊離。

- (1) $2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$

蓋因氯之化合力較大於碘也。

- (2) 加碘於氯化鉀並無變化。

蓋碘之化合力較小於氯也。

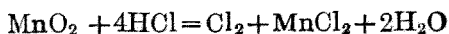
練習問題

1. 欲溶解二氧化錳 87%, 碳酸鈣 13% 所成之混合物 100

克，問需鹽酸若干量？

〔解〕 混合物 100 克中含有 MnO_2 87 克，及 CaCO_3 13 克。

兩者與 HCl 反應時之方程式爲



$$87 \quad 146$$



$$100 \quad 73$$

溶解 MnO_2 87 克所需鹽酸之量爲

$$87:146 = 87:x$$

$$x = \frac{87 \times 146}{87} = 146 \text{ 克}$$

溶解 CaCO_3 13 克所需鹽酸之量爲

$$100:73 = 13:x$$

$$x = \frac{13 \times 73}{100} = 9.49 \text{ 克}$$

故所求鹽酸之量爲 146 克 + 9.49 克 = 155.49 克... (答)

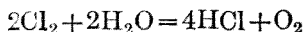
2. 試比較氯及一氧化碳之性質。

〔解〕

氯	一 氧 化 碳
(1) 黃綠色。	(1) 無色。
(2) 有惡臭之氣體。	(2) 無臭之氣體。
(3) 略溶於水。	(3) 難溶於水。
(4) 不能於空氣中燃燒。	(4) 可於空氣中燃燒。
(5) 呈氧化作用 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCl} + \text{O}$ <div style="text-align: center;">↓ 有氧化作用</div>	(5) 呈還元作用。 $\text{CO} + \text{O} = \text{CO}_2$ <div style="text-align: center;">(自他物奪 O)</div>
(6) 有毒。	(6) 有毒。

3. 貯氯水於暗室，可長時間不起變化，但曝曬於日光時則失去其黃色。試言其故。

〔解〕 氯水中之氯與水化合而成 HCl，如下列方程式所示，故可由黃色變為無色。



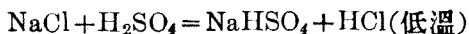
此反應受日光時，其速度極大，故氯水曝於日光，即失其黃色。

第二章 氯化氫(鹽酸)

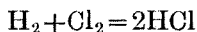
1. 氯化氫 HCl

〔製法〕

- (1) 加濃硫酸於食鹽，熱之。



- (2) 由氯與氫之直接合成。



〔性質〕

- (1) 無色，有刺激臭之氣體。
- (2) 對於空氣之比重 = 1.2。
- (3) 與空氣中水蒸汽結合，即溶解其中而生白煙。
- (4) 極易溶解於水(常溫時 1 容之水，可以溶解氯化氫 450 容)。
- (5) 溶液呈酸性反應。

〔檢出法〕

- (1) 在潮濕空氣中發煙。

(2) 使藍色石蕊試紙紅變。

(3) 與氨化合而生白煙。



〔組成〕

入氯氫各 1 容於玻璃管，放置之，則生氯化氫 2 容。

	氯	氫	氯化氫
體積組成	1	1	2
重量組成	35.5	1	36.5

2. 鹽酸 HCl

〔製法〕

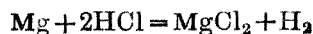
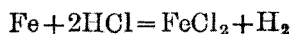
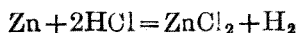
溶解氯化氫於水(通常之濃鹽酸為 36% 溶液)。

〔性質〕

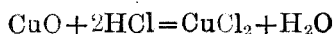
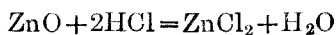
(1) 無色(帶有黃色者含有不純物)之液體。

(2) 呈強酸性反應。

(3) 可溶解鋅，鐵，鎂等金屬而發生氫。



(4) 可溶解金屬之氧化物。

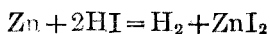
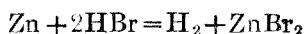
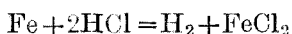
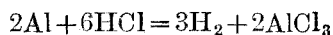
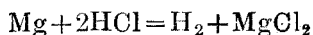
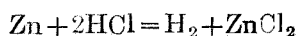


3. 氫鹵酸

下表所示均為鹵化氫溶解於水所生之強酸，其中可以鹽酸為代表。

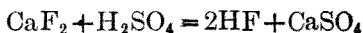
元 素 名	氟	氯	溴	碘
氫 化 合 物	氟化氫 HF	氯化氫 HCl	溴化氫 HBr	碘化氫 HI
色	無 色	無 色	無 色	無 色
常溫(190°以上 時之狀態)	氣 態	氣 態	氣 態	氣 態
水溶液之名稱	氫 氟 酸	氫 氯 酸 (鹽 酸)	氫 溴 酸	氫 碘 酸

〔鹵化氫與金屬之反應〕



4. 氟化氫 HF

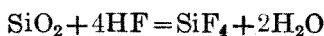
(1) 混濃硫酸於螢石，加熱以製之



(2) 無色有刺激臭之氣體。

(3) 易溶於水，水溶液呈酸性。稱為氫氟酸。

(4) 有侵蝕玻璃之特性。



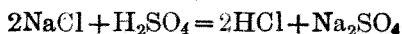
(5) 故玻璃器具之刻度或書畫利用之。

基本問題

1. 欲得含有 HCl 40% 之鹽酸 14.6 仟克，需用食鹽若干克？

〔解〕 從題意，可知 14.6 仟克中 HCl 之含量為

$$14600 \text{ 克} \times \frac{40}{100} = 5840 \text{ 克}$$



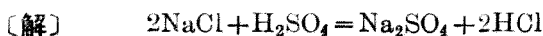
$$117 \text{ 克} \qquad \qquad 73 \text{ 克}$$

$$x \text{ 克} \qquad \qquad 5840 \text{ 克}$$

故 $117:73 = x:5840$

$$x = \frac{117 \times 5840}{73} = 9360 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 使食鹽 58.5 克與濃硫酸作用，令所得氯化氫溶解於水，則可得比重 1.15 之 30% 鹽酸若干 cc.？



117 克 73

58.5 克 x 克

$117:58.5 = 73:x$

$$x = \frac{58.5 \times 73}{117} = 36.5 \text{ (克)}$$

純 HCl 36.5 克稀釋為 30% 之鹽酸，則

$$36.5 \text{ 克} \div \frac{30}{100} = 121.7 \text{ 克}$$

比重 1.15，重 121.7 克之稀鹽酸之體積為

$$121.7 \div 1.15 = 106 \text{ cc.} \dots\dots\dots \text{ (答)}$$

3. 加濃硫酸於下列物質時，試以方程式示其化學變化。

(a) 氯化鋅 (b) 氯化鋁 (c) 氯化鉀。

[解] 凡氯化物加濃硫酸，則生氯化氫。



4. 加熱過氧化鉛，氯化鋁及濃硫酸之混合物時，則起如何之變化？

[解] 一般氯化物與濃硫酸加熱，則發生氯化氫。

故 AlCl_3 與 H_2SO_4 之反應如次。

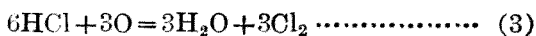


過氧化鉛則如二氧化錳，

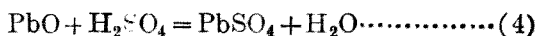


亦為氧化劑。

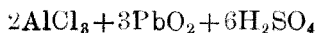
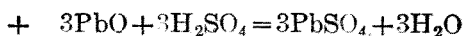
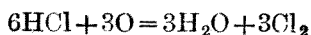
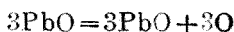
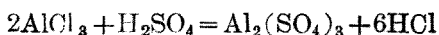
此氧發出即使 HCl 氧化。



PbO 為金屬氧化物，故與 H_2SO_4 相中和



聯合上列(1), (2), (3), (4)之反應為一，則



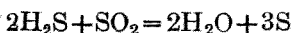
第三章 硫及其化合物

1. 硫(硫黃) S

〔所在〕

(1) 遊離者產於火山區域。

〔註〕 可認為由噴出火山之硫化氫與二氧化硫反應而生。



(2) 與金屬化合成硫化物，產量甚多。

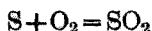
〔例〕 (a) 硫化鐵 FeS_2 ，(b) 硫化汞等。

〔性質〕

(1) 黃色有脆性之固體，不溶於水，可溶於二硫化碳。

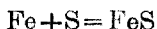
(2) 加熱則熔融為黃色透明之液體，溫度更高，流動更易，終達沸騰(445°C)而成褐色之蒸氣。

(3) 加熱可與氧化合，易於燃燒，生二氧化硫。

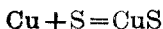


(4) 與金屬之化合力甚強，生硫化物。此點與氧之易與金屬化合生氧化物之性質相同。

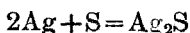
加熱硫粉與鐵粉之混合物，則生黑色之硫化鐵。



入銅於硫蒸氣中，則燃燒而生硫化銅。



銀與硫相觸，則生黑色之硫化銀。火山區域之銀幣，銀錶等黑變者，即爲此故。



〔用途〕

- (1) 作燃燒劑……火柴，黑火藥。
- (2) 作絕緣體……電用器具。
- (3) 製造彈性橡膠，硬橡皮。
- (4) 製造二氧化硫，二硫化碳，硫酸。

〔硫之同質異相體〕

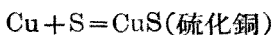
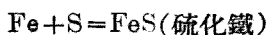
- (1) 斜方晶硫 使硫溶解於二硫化碳，放置所得溶液，則得小型晶體。作斜方八面形，乃硫之同質異相體中最安定者。
- (2) 單斜晶硫 放冷熔融之硫，即得。爲單斜晶體。
- (3) 彈性硫 將高溫度熔融之硫急速注入水中時即生。爲有彈性之膠狀物質。

2. 金屬之硫化物(區別化合物與混合物之好例)

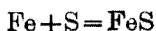
[實驗] 試於紙上混合鐵粉一匙及硫粉一匙。分成二份，以磁石移近其一部份，則混合物中，僅有鐵為磁石所吸。復加入少量二硫化碳(CS_2)而察之，則硫黃一部份溶解。蓋此係混合物也。復將以前二等分之其餘一份入試管，加熱使達熔融，如此生成之物質既不為磁石所吸，亦不能為二硫化碳所溶解。此乃 Fe 與 S 所成之化合物也。試加鹽酸於此生成物中，當發硫化氫之特臭。

(1) 普遍言之，多數金屬易於與硫化合，其化合物稱硫化物。

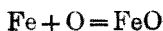
(金屬)



(2) 此等反應方程式，完全與金屬及氧化合以生氧化物之方程式為同一形式。



硫化物



氧化物

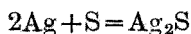
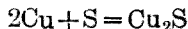
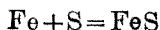
(3) 金屬之硫化物,有可溶於鹽酸及硫酸者,亦有不溶者。

[例] FeS, ZnS 等……可溶解於 HCl 或 H_2SO_4 。

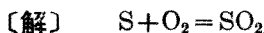
$\text{CuS}, \text{Ag}_2\text{S}$ 等……不溶於 HCl 或 H_2SO_4 。

基本問題

(1) 試以方程式示下列金屬與硫化合時之反應。



(2) 在空氣中燃硫 10 克所生之氣體,於氣壓 770mm. 溫度 30°C 之下占有容積幾升?



$$32:10 = 22.4:x$$

$$x = \frac{10 \times 22.4}{32} = 7 \text{ 升}$$

壓力 溫度 體積

760m.m. 0°C 7 升

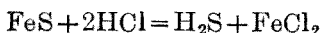
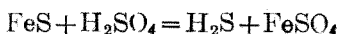
770m.m. 30°C x 升

$$x = 7 \text{ 升} \times \frac{760}{770} \times \frac{303}{273} = 7.67 \text{ 升} \cdots \cdots (\text{答})$$

8. 硫化氫 H₂S

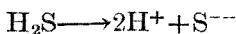
〔製法〕

注稀硫酸或稀鹽於硫化亞鐵，採下方置換法捕集之。

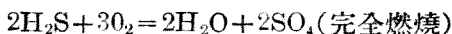
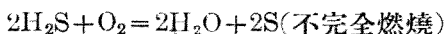


〔性質〕

- (1) 無色氣體，具有如腐卵之惡臭。
- (2) 較重於空氣(約 1.2 倍)。
- (3) 有毒。
- (4) 溶解於水呈弱酸性。是謂硫化氫水。其電離如次：



- (5) 點火則舉藍色之焰而燃燒，生硫及二氧化硫。



- (6) H₂S 對於多數之金屬鹽類，則生各該金屬之硫化物。(分析化學上利用之)

〔例〕

- $$\left. \begin{array}{l} (1) \quad \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{HNO}_3 + \text{PbS} \\ (2) \quad 2\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{HNO}_3 + \text{Ag}_2\text{S} \\ (3) \quad \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuS} \\ (4) \quad \text{CdSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CdS} \\ (5) \quad 2\text{AsCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S} = 6\text{HCl} + \text{As}_2\text{S}_3 \\ (6) \quad 2\text{SbCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S} = 6\text{HCl} + \text{Sb}_2\text{S}_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \\ \text{(黃)} \\ \text{(橙黃)} \\ \text{(橙)} \end{array}$$

〔以上在酸性時沉澱〕

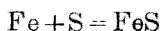
- $$\begin{array}{l} (7) \quad \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{ZnS} \quad \text{(白)} \\ (8) \quad \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{HCl} + \text{MnS} \quad \text{(肉色)} \\ (9) \quad \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{FeS} \quad \text{(黑)} \end{array}$$

〔以上在鹼性時沈澱〕

基本問題

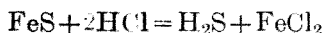
1. 試說明用鐵，硫，水及氯化氫製造硫化氫時所起之化學變化。

〔解〕 (1) 由鐵與硫生成硫化鐵。

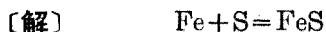


(2) 溶氯化氫於水以製鹽酸。

(3) 加鹽酸於硫化鐵，則生硫化氫。

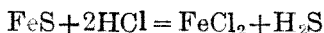


2. 注稀硫酸於加熱鐵屑與硫所得之物質，試以方程式示其所起之化學變化。



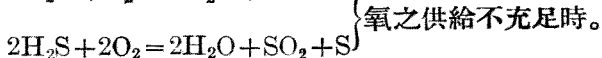
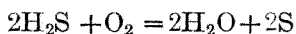
3. 試以化學方程式表示硫化氫之製法。

〔解〕 製造硫化氫之普通方法，大抵採用加鹽酸於硫化鐵者較多。



4. 試說明硫化氫點火時之化學變化。

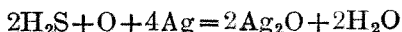
〔解〕 $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ …… 氧之供給充足時。



} 氧之供給不充足時。

5. 銀幣觸及硫化氫則黑變，其故安在？

〔解〕 蓋銀因硫化氫而變為黑色之硫化銀故也。

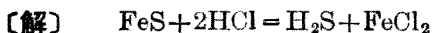


6. 分析術上如何利用硫化氫。

〔解〕 通硫化氫於種種金屬鹽之溶液，則各生具有特有之硫化物沈澱，且此種沈澱，又有對於酸為可溶性及

不溶性之二種。此等各點，俱為分析術上利用。

7. 使鹽酸作用於硫化鐵 44 克時，則所生硫化氫之體積在 1 氣壓，16°C 之下占有幾升？但設 $F=56, S=32$ 。



$$88 \text{ 克} \qquad \qquad \qquad 22.4 \text{ 升}$$

$$44 \text{ 克} \qquad \qquad \qquad x \text{ 升}$$

$$x = \frac{44 \times 22.4}{88} = 11.2 \text{ 升}$$

壓力 溫度 體積

$$1 \qquad 0 \qquad 11.2 \text{ 升}$$

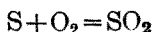
$$1 \qquad 16 \qquad x \text{ 升}$$

$$x = 11.2 \text{ 升} \times \frac{289}{273} = 11.8 \text{ 升} \dots\dots\dots(\text{答})$$

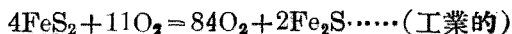
4. 二氧化硫(亞硫酐) SO_2

〔製法〕

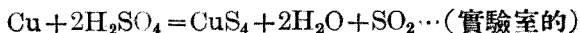
- (1) 於空氣中燃硫。



- (2) 於空氣中燃黃鐵礦。

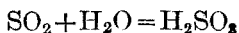


- (3) 加濃硫酸於銅而熱之。



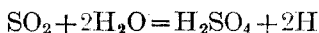
〔性質〕

- (1) 無色，具刺戟性，窒息性，有特臭之氣體。
- (2) 較重於空氣(2.5 倍)。
- (3) 易於液化，在 1 氣壓之下，達 -8°C 即成液態。
- (4) 易溶於水，水溶液呈酸性反應。蓋有亞硫酸(H_2SO_3) 生成之故。



- (5) 殺菌力極強，對於生物有害。
- (6) 有水存在時，可還元色素而漂白之。

置濕潤之色素於二氧化硫時，則色素被漂白。蓋二氧化硫作用於水而生方析態之氫，遂還元色素以成無色之物質。



二氧化硫與氯之漂白作用之比較

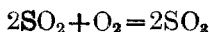
二 氧 化 硫	氯
(1) 藉方析態氫之還元作用 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}$	(1) 藉方析態氧之氧化作用 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCl} + \text{O}$
(2) SO_2 之漂白，色素並不完全分解，故久置空氣中，則氧化而仍復原色。	(2) 爲 Cl_2 漂白之物，不能恢復原色。
(3) SO_2 之作用較弱，對於被漂物質無害。	(3) Cl_2 之作用較劇，對於被漂物之質地有損。

〔用途〕

- (1) 麥桿,絲絹等之漂白……………漂白性之利用。
- (2) 倉庫之消毒……………殺菌性之利用。
- (3) 硫酸之製造(使 SO_2 變為 SO_3 ,再變為 H_2SO_4)。

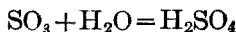
5. 三氧化硫(硫酐) SO_3

混空氣於二氧化硫,加微熱(約 400°C)使觸鉑綿以製之(鉑綿用作催化劑)。



〔性質〕

- (1) 白色絹絲狀之晶體。
- (2) 與水急劇化合而生硫酸。



〔用途〕

近時硫酸之製造,多量使用之。

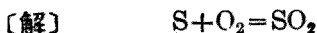
基本問題

1. 加水於甲乙兩試管,於甲管通入二氧化硫(亞硫酐),乙管通入三氧化硫(硫酐),則管中各生成何物?

〔解〕 甲 $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_3$ 亞硫酸

乙 $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 = \text{H}_2\text{SO}_4$ 硫酸

2. 欲使 1 仟克之硫完全燃燒，問需標準狀態下之空氣若干升？



32克 22.4升

1000 克 x 升

$32:1000 = 22.4:x$

$$x = \frac{1000 \times 22.4}{32}$$

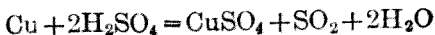
因空氣中含氧 $\frac{1}{5}$ ，故

$$\frac{1000 \times 22.4}{32} \times 5 = 3500 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

3. 使銅 25 克與足量之硫酸作用，問此際所得 $CuSO_4$ 之重量及二氧化硫在標準狀態下之容積各若何？但原子量

$Cu = 63.6, O = 16, S = 32$

〔解〕



63.6 克 159.6 克 22.4 升

25 克 x 克 y 升

$63.6:25 = 159.6:x$

$$x = \frac{25 \times 159.6}{63.6} = 62.7 \text{ 克} \dots \dots \dots (\text{答})$$

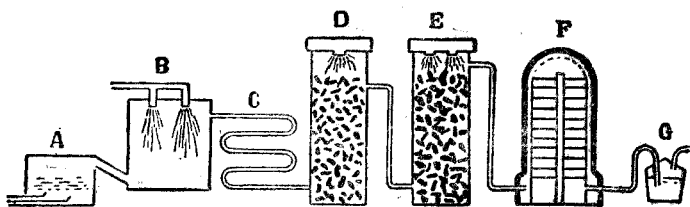
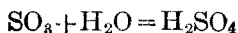
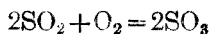
$$63.5:25 = 22.4:y$$

$$y = \frac{25 \times 22.4}{63.6} = 8.8 \text{ 升} \dots \dots \dots (\text{答})$$

6. 硫酸

〔製法〕

(1) 接觸法 由鉑催化劑使 SO_2 變為 SO_3 ，再使水吸收之以成 H_2SO_4



第 二 十 六 圖

第二十六圖中：

A.....燃鑪。

B.....除塵室。

C.....冷卻室。

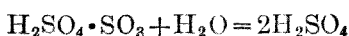
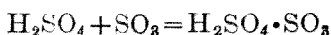
D………溶去不純物。

E………經濃硫酸而使乾燥。

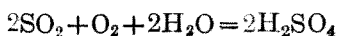
F………藉鉑之催化作用使 SO_2 變為 SO_3 。

G……… SO_3 為濃硫酸所吸收。

濃硫酸之吸收 SO_3 者，稱發煙硫酸($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$)，加入適當之水，即得純粹硫酸。



(2) 鉛室法 在大鉛室內，以氧化氮為催化劑，使二氧化硫與氧(空氣)及水(水蒸汽)反應而製之。

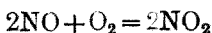


〔鉛室內之反應〕

鉛室內之化學變化，至為複雜而有種種說明。要不外由 HNO_3 生 NO_2 ，藉使 SO_2 及 H_2O 生成 H_2SO_4 也。



此際所生之 NO ，再為空氣中之氧氧化而成 NO_2 。



如此反覆作用，故 NO 可謂為自一物取氧以轉供他物之媒介，即具有一種催化劑之作用也。

第二十七圖即示鉛室法之大要。

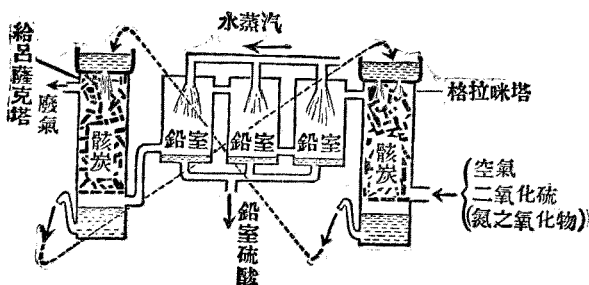
〔給呂薩克塔〕 裏面張鉛板，內部積耐火磚，濃硫酸自上部下降，用以吸收自鉛室逸出之氧化氮。

〔格拉味塔〕 構造與給呂薩克塔相同。自給呂薩克塔吸收氧化氮而來之濃硫酸，自此塔上方下降，使與氧化氮分離而入鉛室。

〔鉛室〕 通常恆有 3—4 個相連，其中由二氧化硫，氮之氧化物及水蒸汽所生之硫酸，可自室之底部流出。

〔鉛室硫酸〕

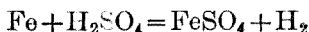
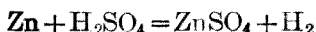
鉛室中生成之硫酸，曰鉛室硫酸，約含硫酸 65%。鉛室硫酸可逕取使用之，或除去雜質，煮之則更臻濃厚。



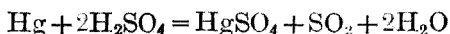
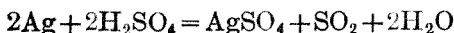
第 二 十 七 圖

〔性質〕 (參照第一篇第十一章)

(1) 稀硫酸與金屬之反應：



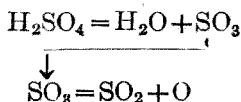
(2) 游子化傾向(參照下章)較小於H之銅, 銀, 汞等不能溶解於稀硫酸, 與濃硫酸共熱, 則溶解而生二氧化硫。



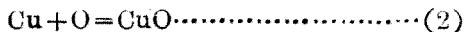
(3) 硫酸之氧化作用

熱濃硫酸對於金屬之作用, 即由其氧化作用而起。

加熱硫酸, 則分解如次:



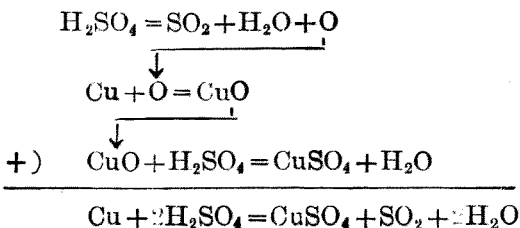
此方析態之氧, 可氧化金屬。



氧化銅則溶於硫酸，生硫酸銅及水。



(1), (2), (3)式兩邊相加，則得次式。



基本問題

1. 硫酸在工業上之用途甚廣，係利用其何種性質？

〔解〕 (1) 為不揮發性之酸。

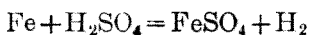
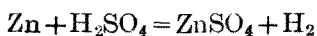
(2) 吸水性及脫水性甚強。

(3) 為強酸。

(4) 價低廉。

2. 試舉三種與硫酸作用而發生氫之金屬，並示其反應式。

〔解〕 (金屬) Mg, Zn, Fe

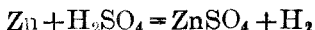


3. 使下列物質與硫酸作用時，試述其所生氣體之名稱，並作反應方程式：

(a) 鋅，(b) 銅，(c) 氯化鈉，(d) 硫化亞鐵。

〔解〕

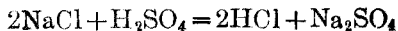
(a) 所生氣體……氫 (H_2)



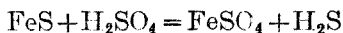
(b) 所生氣體……氧化硫 (SO_2)



(c) 所生氣體……氯化氫 (HCl)

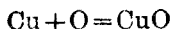


(d) 所生氣體……硫化氫 (H_2S)

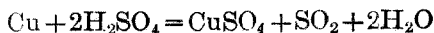


4. 試以方程式示銅屑與濃硫酸加熱時之化學變化。

〔解〕 $H_2SO_4 = SO_2 + H_2O + O$



+) $CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$



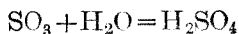
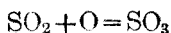
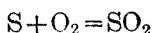
5. 用燃燒 1000 仟克之硫所得二氧化硫，藉接觸法製得濃度 98% 之硫酸 1875 仟克。問此際所用硫之百分之若干成

爲硫酸?但 $H=1$, $O=16$, $S=32$ 。

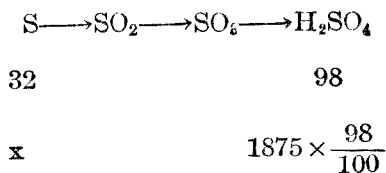
【解】

$$\text{純硫酸之量} = 1875 \text{ 仟克} \times \frac{80}{100}$$

自硫成硫酸之化學變化爲



據此三方程式,可知一分子之硫,最後成爲一分子之硫酸。



$$32:98 = x:1875 \times \frac{80}{100}$$

$$x = \frac{32 \times 1875 \times 80}{100 \times 98} = 600 \text{ 仟克}$$

600 仟克對 1000 仟爲 60%.....(答)

練習問題

1. 入下列物質於試管而熱之,則生何種現象?

(a) 碘, (b) 硫。

〔解〕 (a) 碘昇華, 發生紫色之蒸氣。

(b) 硫融解, 終致沸騰而發生黃褐色之蒸氣。

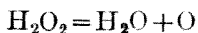
2. 試以方程式表示硫化氫與二氧化硫相混時所起之反應。

〔解〕 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$

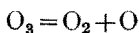
H_2S 有還元性, 故還元 SO_2 而遊離硫, 自身則分解而遊離硫。

3. 試述下列各物質用作漂白劑或殺菌劑之理由。(a) 過氧化氫, (b) 臭氧, (c) 氯, (d) 二氧化硫。

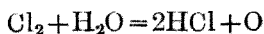
〔解〕 (a) 過氧化氫之分解如次, 發出方析態之氧, 故有氧化, 漂白及殺菌作用。



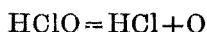
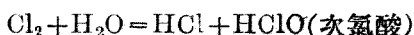
(b) 臭氧之分解如次, 作用與過氧化氫相同。



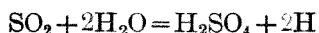
(c) 氯在有水分存在時, 則與水作用而生方析態之氧, 故呈氧化作用。



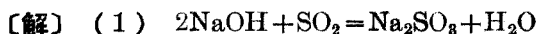
此反應實際上應為下列二步驟,



(d) 二氧化硫則與水作用而生方析態之氫，由其還元作用而有漂白及殺菌之作用。



4. 於氫氧化鈉之冷溶液中 (1) 通入二氧化硫，(2) 復加入過氧化氫之溶液，(3) 再加入氯化鋇之水溶液時，試以方程式示其反應。

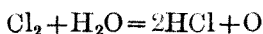


5. 試就氯及二氧化硫，答復下列各點：

(a) 製法，(b) 顯著的性質之差異，(c) 主要用途。

〔解〕 (a)，(c)……從略，

(b) Cl_2 ……有水分存在時，與水化合而生方析態之氧，呈氧化作用。

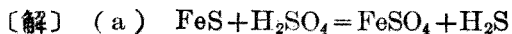


SO_2 ……有水分存在時，與水化合而生方析態之氫，呈還元作用。



6. 試略述下列物質之簡便製造法。

(a) 硫化氫, (b) 二氧化硫。



方法從略。

第四章 氮及其化合物

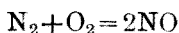
1. 氮 N_2

〔所在〕

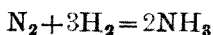
空氣中有遊離者存在，體積占 $\frac{4}{5}$ 。

〔性質〕

- (1) 無色，無味，無臭之氣體。
- (2) 化合力極弱。可稱不活潑之元素。
- (3) 但在高溫度，則可與氧化合而成氧化氮。



- (4) 在特別狀況之下，可與氫化合而生氨。



〔用途〕

- (1) 封入電球……化學的不活性之利用。
- (2) 由空中氮以製種種氮化合物。

2. 氨 NH_3

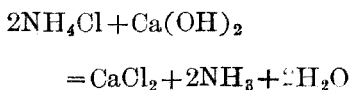
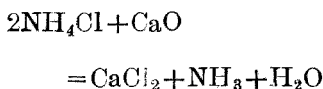
〔生成〕

動物質或尿之分解時，自然發生。

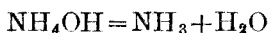
〔製法〕

- (1) 混消石灰或生石灰於氯化銨

加熱，由上方置換法捕集之。

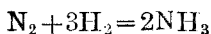


- (2) 製取少量之氨，可加熱濃氨水而得。



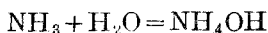
- (3) 製煤氣時之副產物。(工業的)

- (4) 由氫與氮之直接合成而得。(工業的)

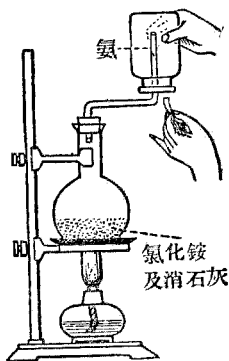


- (5) 水溶液稱氨水，呈鹼性反應。

蓋氨在水溶液中，一部分與水化合而生氫氧化銨 (NH_4OH)，故呈鹼性反應。



- (6) 與氯化氫化合而成氯化銨，發生白煙。



第二十八圖

(白煙)

〔用途〕

(1) 以製造硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 爲主。

硫酸銨亦稱硫銨爲重要之含氮肥料。

(2) 製造氨水及氯化銨。

(3) 液態氨用於造冰。

蓋利用此液態氨氣化時之氣化熱也。

3. 氨之檢出法

(1) 有特異之刺激臭。

(2) 遇氯化氫發白煙(氯化銨)。

(3) 使石蕊試紙藍變。

4. 氨水(氫氧化銨) NH_4OH

〔製法〕

溶氨於水。

〔性質〕

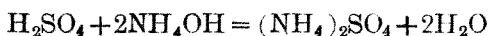
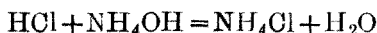
(1) 無色具強刺激臭之液體。

(2) 呈鹼性，因 NH_3 在水溶液中一部分與 H_2O 化合而生 NH_4OH (氫氧化銨)所致。

(3) 加熱則起下列變化，放出 NH_3 。



(4) 與酸中和而生鹽。



5. 氯化銨 NH_4Cl

(1) 白色固體，易溶於水。

(2) 加熱則分解為 HCl 及 NH_3 ，冷卻則再成 NH_4Cl 。



(3) 用於製氨，電池，及銲接金屬等。

〔氯化銨之解離〕

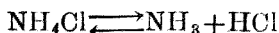
(1) 加熱氯化銨時，則分解如次：



(2) 但氨與氯化氫又可在常溫時化合成 NH_4Cl 。



(3) 氯化銨可以如此分解為氨及氯化氫，反之由氨及氯化氫可生氯化銨，可用下列方法表示之。



(4) 一反應可以正逆兩方面進行時，謂之可逆反應。

物質分解時，若為可逆反應，則稱為解離。

如氯化銨之因熱而起解離，曰熱解離。

基本問題

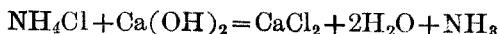
1. 試就氨答復下列事項。

(a) 在實驗室內之簡便製取法。

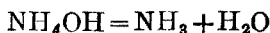
(b) 工業的多量製造法。

〔解〕 (a) 實驗室的製法。

(1) 取氯化銨與消石灰共熱。



(2) 加熱濃氨水。



(b) 工業的製法。

(1) 使氮與氫直接化合成氨。

(2) 製造煤氣時氨作副產物產出。

2. 用氨造冰時 (a) 試圖示其裝置，(b) 並述其所需藥品名稱。

〔解〕 (a) 裝置之圖解從略。

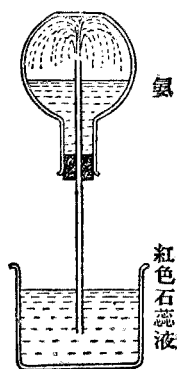
(b) 通常採用氯化銨及消石灰，但若採用其他銨鹽以代氯化銨，採用其他強鹼以代消石灰，亦無不可。

〔例〕 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 與 NaOH

NH_4NO_3 與 KOH

3. 氨易溶於水，且其水溶液呈鹼性。試作略圖以示其實驗法，並簡單說明之。

〔解〕 如第二十九圖所示，充氨於乾燥之燒瓶，將一端尖細之玻管貫入木塞，塞於燒瓶，使玻管之他端倒立於紅色石蕊之着色液中。液體乃上升玻管，而在尖端噴出。同時上升燒瓶之水變為藍色。

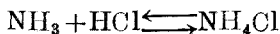


第二十九圖

4. 試以方程式示氨與氯化氫之反應。

〔解〕 $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$

但此反應為可逆反應，故當改寫如次：

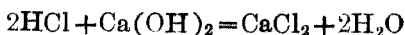


5. 加熱氯化銨可以發生氨，然則何以又需加入石灰。

〔解〕 $\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}$

如上式所示，氯化銨解離而生 NH_3 及 HCl ，但 NH_3 與 HCl 又可逆進反應而生 NH_4Cl 。

故欲使反應不逆向進行，應以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中和 HCl 而取除之。



必需如是，反應乃常向右方進行矣。

6. 有 50 升之氨，在標準狀態之下重若干克？又由此可製 20% 之氨水若干克。

但 $\text{N} = 14, \text{H} = 1$ 。

〔解〕 $\text{NH}_3 = 14 + 3 = 17$

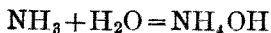
故氨之 1 克分子量為 17 克，體積為 22.4 升

17 克……………22.4 升

x 克……………50 升

$$x = \frac{50 \times 17}{22.4} = 39.5 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

氨溶於水，則生氫氧化銨。



22.4 升 35 克

50 升 x 克

$$22.4 : 50 = 35 : x$$

$$x = \frac{50 \times 35}{22.4} = 78.1 \text{ 克}$$

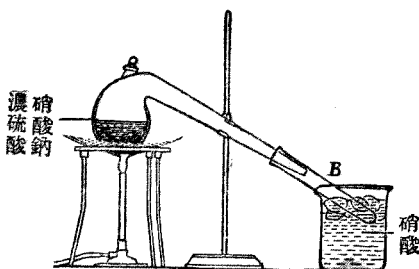
此為 50 升之氨全部與水化合所成氫氧化銨之量
 (實際上氨之一部分並不與水化合,即以原來 NH_3 之
 分子而存在水中,此處乃假定其全部成為 NH_4OH 者)。
 從而 20% 之氨水,應為

$$78.1 \text{ 克} \div \frac{20}{100} = 390.5 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

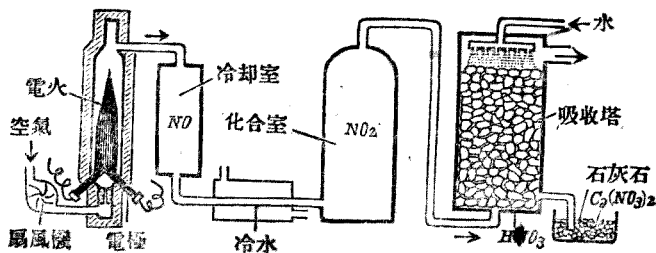
6. 硝酸 HNO_3

〔製法〕

(1) 加濃硫酸於
 智利硝石 (硝
 酸鈉) 而蒸餾
 之。



第三十圖



第三十一圖

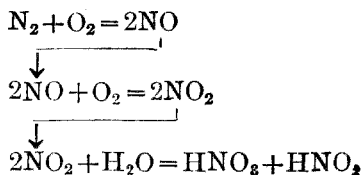


(2) 以 KNO_3 替代 NaNO_3 亦可。



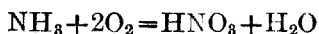
一般言之，使硝酸鹽與濃硫酸作用，則生硝酸。

- (3) 放電花於空氣中，使氧與氮化合以製氧化氮(NO)，再令變為過氧化氮(NO₂)，然後使溶解於水。



- (4) 使氮氧化而製之。

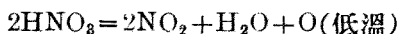
混過量之空氣於氮，使觸及加熱之鉑催化劑，則氧化而成硝酸。



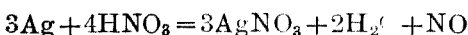
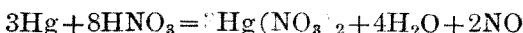
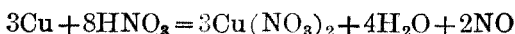
是名奧斯瓦特(Ostwald)法，歐戰時德人採用之。

[性質]

- (1) 無色，揮發性之液體。
- (2) 普通因含有自 HNO_3 分解所生之 NO_2 ，故呈黃色。
- (3) 水溶液呈強酸性。
- (4) 強熱則分解，生過氧化氮，水及氧。



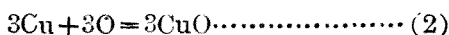
(5) 除鉑·金而外,可溶解多數金屬。



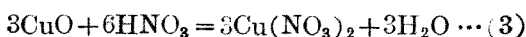
〔註〕 (1) 稀硝酸(3規定液以下)與金屬之作用。



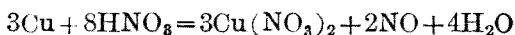
此氧可使銅氧化。



氧化銅再與硝酸作用。

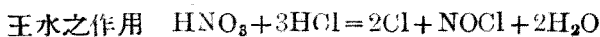


(1), (2), (3)式兩邊相加

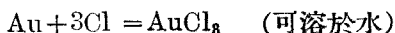


(6) 可使皮膚,毛,絲,蛋白質黃變。

〔王水〕 濃硝酸 1 容與濃鹽酸 3 容之混合液,稱為王水,可溶金及鉑。



氯化氮氧基



即由鹽酸及硝酸生方析態之氯，使 Au, Pt 成爲氯化物而溶解。

〔硝酸及硝酸鹽之檢出法〕

- (1) 加同量之硫酸亞鐵溶液於硝酸鹽之水溶液，另以一試管取濃硫酸少許，徐徐將混合液注入濃硫酸中，則在兩液之間，生黑褐色之環(FeSO_4NO)。
- (2) 加銅片，濃硫酸於硝酸鹽熱之，則發生赤褐色之氣體 NO_2 ，繼生藍色之液 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 。

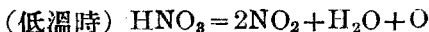
〔用途〕

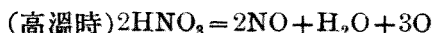
- (1) 製造爆發物……硝基甘油，硝基纖維素。
- (2) 製造染料。
- (3) 溶化金屬·礦石，製造硝酸鹽。

基本問題

1. 硝酸何以爲氧化劑？

〔解〕 硝酸易於分解如次，生方析態之氧，故可用爲氧化劑。





2. 欲製比重 1.25 之硝酸(100cc.中含有 HNO_3 50 克者)。

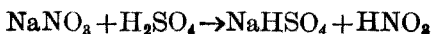
1 仟克,問需純度 90% 之智利硝石若干克。

[解] 硝酸 100cc. 之重量為 $100 \times 1.25 = 125$ 克。

此 125 克之硝酸中含有 50 克之純 HNO_3 , 故 1 仟克中純 HNO_3 之量為

$$1000 \text{ 克} \times \frac{50}{125} = 400 \text{ 克}$$

茲求欲得如許純硝酸所需純硝酸鈉之量, 即



85

63

x 克

400 克

$$85:63 = x:400$$

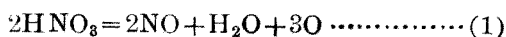
$$x = \frac{85 \times 400}{63} = 540 \text{ (克)}$$

含有純 NaNO_3 如許量之 90% 純度之智利硝石, 其量應為

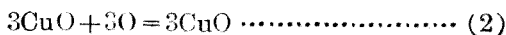
$$540 \div \frac{90}{100} = 600 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{(答)}$$

3. 試以方程式示銅與硝酸加熱時之化學變化。

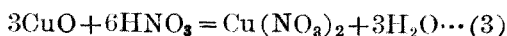
[解] 硝酸加熱, 則分解如次(濃度在 3 規定以下時)。



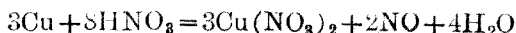
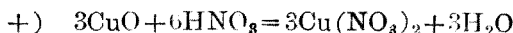
此方析態之氧使銅氧化。



氧化銅爲鹼性氧化物，故與硝酸相中和。



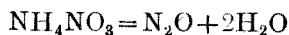
(1), (2), (3)式之左右兩邊相加。



7. 氮之氧化物

〔氧化二氮 N_2O 〕

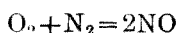
- (1) 加熱硝酸銨，則生氧化二氮。因其可溶於冷水，故應在溫水上捕集之。



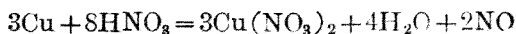
- (2) 無色之氣體，帶有甜味。吸入之則呈麻醉作用，促人發笑，故有笑氣之稱。

〔氧化氮 NO 〕

- (1) 通電於氧氮之混合物製之。



(2) 加熱銅與稀硝酸。



(3) 無色之氣體，難溶於水。

(4) 觸及空氣中之氧，即易於化合而成赤褐色之過氧化氮。

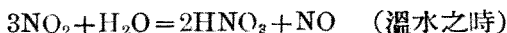
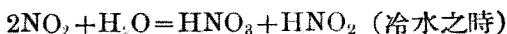


[過氧化氮 NO_2]

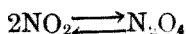
(1) 使氧化氮氧化，或加熱硝酸鉛以製之。



(2) 赤褐色之氣體，易溶於水而生硝酸，



(3) 冷卻之，則成四氧化二氮 N_2O_4 ，溫度升高，再成氧化氮(可逆反應)。

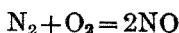


[空氣中氮之取留]

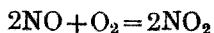
使空氣中單體之氮變為化合物，以製硝酸·硝酸鹽·氨·銨鹽等，謂之空氣中氮之取留。

〔電弧法〕〔直接氧化法〕

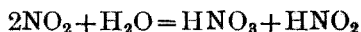
- (1) 使空氣觸及電弧，加熱至 3000°C 以上，藉適當之裝置，使急速冷卻至 1000°C 以下，則約有容積之2%變為氧化氮。



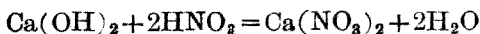
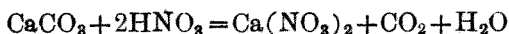
- (2) 再冷至 500°C 以下，則成過氧化氮。



- (3) 使此過氧化氮被水吸收，即生硝酸。



- (4) 通常使此硝酸與石灰石或石灰水作用，則成硝酸鈣。



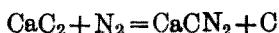
硝酸鈣俗稱那威硝石，蓋此方法適用於那威國等電價低廉之地方也。

〔氰胺法〕

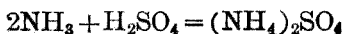
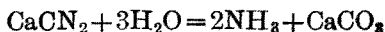
- (1) 混石灰於無煙煤或焦炭，置電爐中強熱，則生碳化鈣。



(2) 熱碳化鈣於電爐，通以氮，則生氰胺鈣及碳之混合物。

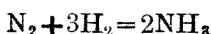


(3) 氰胺鈣逕可用作肥料，因其分解遲緩而非速効者，故通常使與過熱之水蒸汽作用而生氨，再造成硫酸銨以供使用。



〔氮合成法〕

加高壓及高溫於氮與氫之混合物，更使通過催化劑，則生成氨。是曰哈堡法(Haber process)。



練習問題

1. 容器中分別裝入二氧化碳，氫，硫化氫及氨。試述其化學的識別法。

(1) 先取紅色之濕試紙接近器口，或以浸有濃鹽酸之玻棒近之，若試紙藍變或玻棒生白煙者為氨。

(2) 以濕有醋酸鉛之紙接近其他各瓶，黑變者為硫化氫。

(3) 以着火之木片接近其餘各瓶，發微弱光輝而燃燒者為氫。

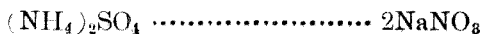
(4) 最後賸餘之一瓶為二氧化碳，插入着火之木片則熄滅，入石灰水即生白濁。

2. 若硫酸銨及智利硝石之肥料價值，視其所含之氮量而定，則應需智利硝石若干，始可替代硫酸銨 264 仟克之用。

但原子量 $H=1$, $Na=23$, $O=16$, $S=32$

[解] $(NH_4)_2SO_4$ 之分子量為 132, 其中之 N 為 28;

$NaNO_3$ 之分子量為 85, 其中之 N 為 14。故 $(NH_4)_2SO_4$ 與 $2NaNO_3$ 之 N 含有量相等。



$$132 \qquad \qquad \qquad 170$$

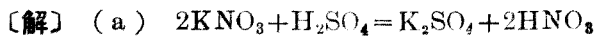
$$264 \text{ 仟克} \qquad \qquad \qquad x \text{ 仟克}$$

$$132:170 = 264:x$$

$$x = \frac{170 \times 264}{132} = 340 \text{ 仟克} \dots\dots (\text{答})$$

3. 硫酸與下列物質之反應，係製造何種物質所用？反應之際，需用濃硫酸或稀硫酸？有無加熱之必要？試並述之。

(a) 硝石, (b) 食鹽, (c) 硫化鐵, (d) 銅, (e) 鋅。



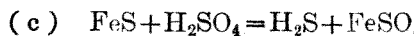
用於硝酸之製造。

用濃硫酸，有加熱必要。



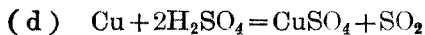
用於鹽酸之製造。

用濃硫酸，有加熱必要。



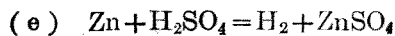
用以製硫化氫。

用稀硫酸，無加熱之必要。



用以製造二氧化硫。

用濃硫酸，有加熱必要。



用於製氫。

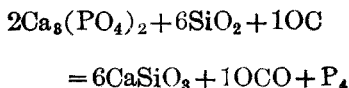
用稀硫酸，無加熱之必要。

第五章 磷及其化合物

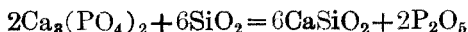
1. 黃磷 P_4

〔製法〕

混砂及焦炭於磷灰石 $Ca_3(PO_4)_2$ ，置電爐中強熱之。使所生磷之蒸氣，凝固於水中。

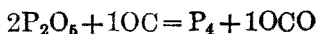


〔註〕 此反應甚複雜，實際上可認為有第二步之反應如下。



上列反應，與加酸於鹽以造酸之方程式相同，但 SiO_2 及 $2P_2O_5$ 均可視為酸之酐。

此氧化物 P_2O_5 為碳所還原，



〔性質〕

- (1) 黃色，蠟狀之固體，觸及空氣即生白煙而自然發火，故通常貯藏水中。
- (2) 生理的具有劇毒。

2. 赤磷 P₄

〔製法〕

使黃磷不觸空氣，加熱至 250°C，則生赤磷。

〔性質〕

- (1) 暗紅色之粉末。
- (2) 在空氣中不能自然發火
- (3) 無毒性。

〔黃磷與赤磷之比較〕

黃 磷	赤 磷
(1) 黃白色，蠟狀固體。	(1) 暗紅色之粉末。
(2) 比重 1.8。	(2) 比重 2.1。
(3) 融點 44°C。	(3) 融點 500°C—600°C。
(4) 有一種臭氣。	(4) 無臭。
(5) 發火點 60°C。 極易氧化而自然發火。燃燒 之，則 $P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$	(5) 發火點 240°C 發火點較高，不能自然發火。 燃燒之，則 $P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$
(6) 可溶於二硫化碳。	(6) 不溶於二硫化碳。

3. 火柴

〔火柴梗〕

製自白楊，浸於石蠟，俾易燃燒。

〔火柴頭〕

氯酸鉀(或重鉻酸鉀).....	} 助燃劑
二氧化錳.....	
硫(或硫化銻).....	燃燒劑
膠(或糊).....	固着劑

〔火柴匣之側面〕

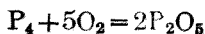
赤磷.....	發火劑
硫化銻.....	燃燒劑
二氧化錳.....	氧化劑
玻璃粉末.....	增加摩擦

〔發火之理由〕

摩擦火柴頭於匣之側面，則由摩擦熱而引起赤磷發火，同時自氯酸鉀發生氧，以助燃燒劑之燃燒，再延及柴梗。

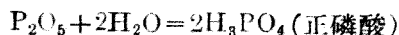
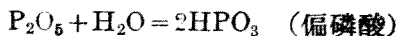
4. 五氧化磷(磷酐) P_2O_5

(1) 使黃磷或赤磷燃燒而生。



(2) 白色之粉末，具強吸濕性。

(3) 與水化合而生種種磷酸。



如以上之物質，稱為酸性氧化物。

(4) 利用其吸濕性，可作乾燥劑。

5. 磷酸(正磷酸) H_3PO_4

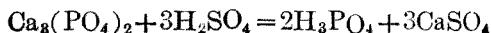
上述三種磷酸中，以正磷酸最為安定，且最普通。

〔製法〕

(1) 溶磷酐於水熱之。



(2) 加硫酸於磷酸鈣，煮其濾液。



〔性質〕

(1) 純粹者為無色晶體。

〔註〕市販者約含水 15%，為黏性之液體。

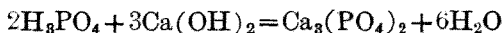
(2) 易溶於水，水溶液呈酸性。

〔磷酸根之檢出法〕

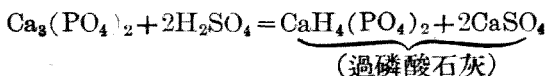
加銅酸鉍之硝酸溶液於磷酸或磷酸鹽，微溫之，則生黃色沉澱。

6. 磷酸鈣 $Ca_3(PO_4)_2$

(1) 加適量之石灰水於磷酸，則成中性溶液，同時生白色之沉澱。



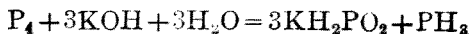
- (2) 爲磷灰石之主成分，產出於天然界。
- (3) 多量存在於動物之骨骼中。
- (4) 使磷灰石與適量之濃硫酸作用，則不溶性之磷酸鈣變爲可溶性之磷酸四氫鈣。



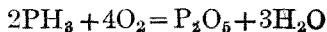
磷酸四氫鈣與硫酸鈣之混合物，通稱過磷酸石灰，可作肥料。

7. 磷化氫(磷) PH_3

- (1) 加黃磷於氫氧化鉀之濃溶液，熱之。



- (2) 無色，有毒之氣體。
- (3) 露出空氣中則自然發火而成 P_2O_5 。



基本問題

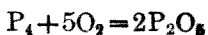
1. 黃磷與赤磷爲同質異相體，將何以證明之？

〔解〕 (1) 黃磷可變爲赤磷，赤磷亦可變爲黃磷。

(2) 不論黃磷與赤磷，置空氣中燃燒，則生同一

之 P_2O_5 。

2. 燃燒黃磷 10 克所需之空氣，在標準狀態下應占體積若干升？但 $P = 31$



124 克 5×22.4 升

10 克 x 升

$$124:10 = 5 \times 22.4:x$$

$$x = \frac{10 \times 5 \times 22.4}{124} = \frac{280}{31} (\text{升})$$

空氣含有 $\frac{1}{5}$ 之氧，故

$$\frac{280}{31} \times 5 = 45.1 \text{ 升} \dots\dots\dots (\text{答})$$

第六章 砷・銻

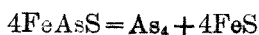
1. 砷 As_4

〔所在〕

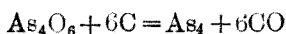
成硫砷鐵礦($FeAsS$)・信石(As_4O_6)等礦石而產出。

〔製法〕

(1) 加熱硫砷鐵礦,使昇華以製之。



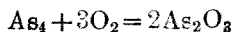
(2) 將信石與木炭共熱以還元之。



〔性質〕

(1) 灰白色,有金屬光澤之脆性固體。

(2) 在空氣中熱之,則舉藍色之焰燃燒,生亞砷酐。

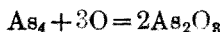


(3) 其氧化物除 As_2O_3 外,尚有 As_2O_5 (砷酐),溶解於水即生 H_3AsO_4 (砷酸)。

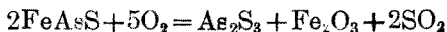
2 三氧化二砷(亞砷酐・白砷) As_2O_3

〔製法〕

(1) 於空氣中燃砷。



(2) 於空氣中燒硫砷鐵礦。



〔性質〕

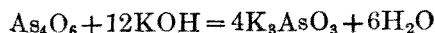
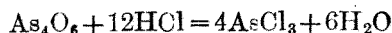
(1) 白色之粉末，加熱則昇華。

(2) 有劇毒。

(3) 略溶於水，呈弱酸性。



(4) 易溶於酸及鹼。

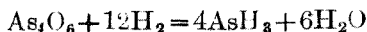


〔註〕 亞砷酐之分子式為 As_2O_3 ，或作 As_4O_6 均無不可。

3. 砷化氫(胛) AsH_3

〔製法〕

注加亞砷酸之鹽酸溶液於鋅及稀硫酸發生氫之裝置中。



〔性質〕

(1) 無色之氣體，具劇毒。

(2) 點火則舉藍白色之焰而燃燒，生亞砷酐。



(3) 此焰觸及如磁皿之類，則生黑褐色之斑點(砷鏡)。

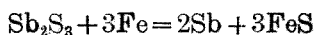
此反應用以檢砷，曰馬許氏試驗法 (Marzh's Test)。

[註] 銻化氫亦有同樣之反應，生銻鏡。但砷鏡可溶於漂白粉溶液，銻鏡則不溶，故可據以區別之。

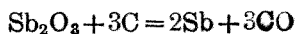
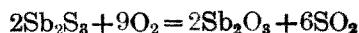
4. 銻 Sb_4

[製法]

(1) 取輝銻礦與鐵共熱，使銻遊離。



(2) 熱輝銻礦於空氣中，使成三氧化二銻，然後用木炭還元之。



[性質]

(1) 有金屬光澤之脆性固體。

(2) 強熱則燃燒，生 Sb_4O_6 。

[用途]

製造合金(活字金，可融金)。

5. 銻化氫 SbH_3 (臙)

(1) 與砷化氫同樣，注加 Sb_4O_6 之鹽酸溶液於氫之發生裝置中即生。

(2) 亦能如砷鏡之同樣生成銻鏡。但銻鏡不溶於漂白粉溶液。

6. 氮族元素

氮·磷·砷·銻四元素，其性質相類似，故稱為氮族元素。

元 素	氮	磷	砷	銻
原 子 量	14	31	75	121.8
原 子 價	+3 +5, -3	+3 +5, -3	+3 +5, -3	+3 +5, -3
氫 化 物	NH_3 鹼性	PH_3 弱鹼性	As_2O_3 中 性	SbH_3 中 性
氧 化 物	N_2O_3 N_2O_5	P_2O_3 P_2O_5	As_2O_3 As_2O_5	Sb_2O_3 Sb_2O_5
金 屬 性 非 金 屬 性	非金屬性	非金屬性	兩性共有	兩性共有
酸	HNO_3 強 酸	H_3PO_4 稍強酸	H_3AsO_4 弱 酸	H_3SbO_4 極弱酸

基本問題

1. 試說明馬許氏檢砷法。

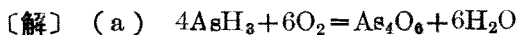
[解] 使自稀硫酸及鋅發生氫，然後將被檢物加入發生瓶內。若被檢物內含砷，則生砷化氫，可由點火時生成砷鏡

而知砷化合物之存在。

2. 試以方程式表示下列情形之化學變化。

(a) 砷化氫完全燃燒時。

(b) 燒着之砷化氫焰中，插入冷磁器而生砷鏡時。



3. 氮·磷·砷·銻四元素有類似的化學性質，試說明之。

[解] 參閱本文。

第七章 碳及其化合物

1. 碳 C

〔所在〕

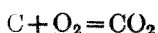
- (1) 單體……金剛石, 石墨, 煤。
- (2) 化合物……二氧化碳, 碳酸鹽, 動植物體之主成分。

〔種類〕

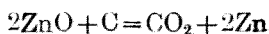
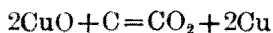
- (1) 結晶形碳……金剛石, 石墨。
- (2) 無定形碳……木炭, 骨炭, 油煙, 氣炭。

〔無定形碳之通性〕

- (1) 常溫之下頗安定, 對於空氣, 水, 藥品不受侵犯。
- (2) 在氧或空氣中強熱, 則燃燒而生二氧化碳。



- (3) 高溫度時可自氧化物中奪氧, 與氧之化合性(還元性)極強。



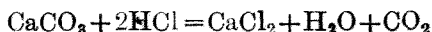
2. 二氧化碳(碳酐, 碳酸氣 CO_2)

〔生成〕

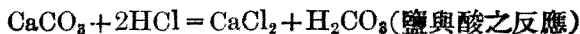
- (1) 動植物之呼吸, 腐敗, 發酵時。
- (2) 碳及碳化物燃燒時。
- (3) 由火山區域之地中或鑛泉中噴出。

〔製法〕

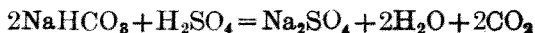
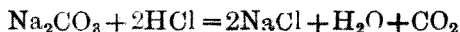
加稀鹽酸於大理石, 石灰石(碳酸鈣)以製之。



此反應可認為有下列二步。



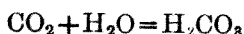
〔註〕 一般言之, 加酸與碳酸鹽, 均生二氧化碳。



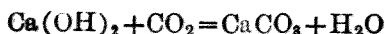
〔性質〕

- (1) 無色, 無臭之氣體。
- (2) 較重於空氣(對於空氣之比重為 1.5)。
- (3) 無可燃性及助燃性。不能維持動物之呼吸。
- (4) 易於液化(0°C , 35 氣壓)。

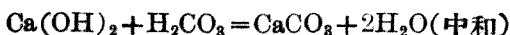
- (5) 略溶於水，水溶液有酸味，呈酸性反應。蓋因溶解之 CO_2 ，有一部分生成碳酸(H_2CO_3)故也。



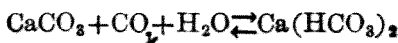
- (6) 通入石灰水，則生白濁。以其生成不溶於水之碳酸鈣所致。



此反應可視作下列二段。



- (7) 通二氧化碳於石灰水，則生白濁，再繼續通入二氧化碳，則又成透明。蓋不溶性之碳酸鈣，變為可溶性之酸性碳酸鈣故也。

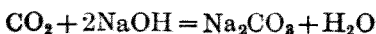
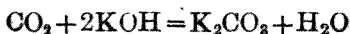


(不溶)

(可溶)

- (8) 加熱則上列反應左向進行， CO_2 逸出而復生 CaCO_3 之沉澱。

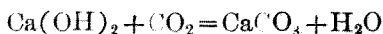
- (9) 可被氫氧化鈉或氫氧化鉀之溶液吸收。



基本問題

1. 通二氧化碳於石灰水則生白濁。儘量通入則變透明，加熱溶液白濁再生。試用化學方程式說明此等變化。

〔解〕 (1) 石灰水內通入二氧化碳，則生碳酸鈣，故變白濁。



- (2) 儘量通入二氧化碳之所以變透明者，蓋因不溶性之碳酸鈣變為可溶性之酸性碳酸鈣故也。



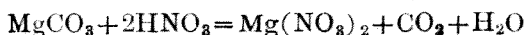
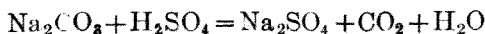
- (3) 加熱則再分解而生 CaCO_3 故又成白濁。



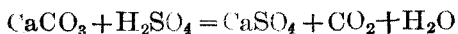
2. 通常注鹽酸於石灰石以製二氧化碳。在此種情形之下，可否用硫酸替代鹽酸？並言其故。

〔解〕 不適當。

〔理由〕 碳酸鹽加酸則生二氧化碳，故原則上任何碳酸鹽與酸均無不適。例如



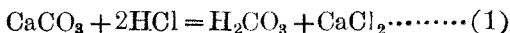
但在



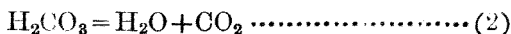
之方程式，雖當然可以發生反應，然 CaSO_4 對於水為不溶物，故此物包裹於大理石之表面，作用不起，反應當然停止進行矣。

3. 試以方程式表示加稀鹽酸於石灰石時之化學變化。

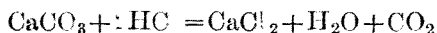
〔解〕 不限 CaCO_3 ，加酸於碳酸鹽，則生碳酸。



但 H_2CO_3 為不安定之酸，故立即分解，



(1), (2) 兩式左右相加，



4. 取某室中之空氣 5 升，用石灰水吸收其中之二氧化碳，得碳酸鈣 0.007 克。試求空氣中二氧化碳之體積百分率。

但 $\text{Ca} = 40$, $\text{C} = 12$

〔解〕 $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$$22.4 \text{ 升} \qquad 100 \text{ 克}$$

$$x \text{ 升} \qquad 0.007 \text{ 克}$$

$$100:0.007 = 22.4:x$$

$$x = \frac{0.007 \times 22.4}{100} = 0.001568 \text{ (升)}$$

即此空氣 5 升中含有二氧化碳 0.001568 升。故

$$\frac{0.001568}{5} \times 100 = 0.03136\% \dots\dots (\text{答})$$

3. 一氧化碳 CO

已詳第一篇，此處從略。

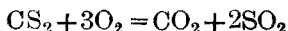
4. 二硫化碳 CS₂

〔製法〕

取焦炭與硫之混合物，置電爐中強熱之。

〔性質〕

- (1) 無色，有惡臭之氣體。
- (2) 不溶於水。
- (3) 易揮發，其蒸氣有毒。
- (4) 易於引火，點火則舉藍色之焰而燃燒，生二氧化硫及二氧化碳。



- (5) 易於溶解碘，磷，橡膠等。

〔用途〕

- (1) 溶劑(現時人造絲之製造上用之)。
- (2) 殺蟲劑。

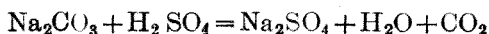
練習問題

1. 欲自二氧化碳及氮之混合氣體各別分離其成分，方法如何？

〔解〕 通混合氣體於氫氧化鈉之溶液，則氮不起變化而二氧化碳被吸收，變為碳酸鹽。



復加酸於此碳酸鹽，則生二氧化碳，可以設法收回之。



2. 赤熱之碳上，通以下列諸物，則如何？

(a) 二氧化碳。

(b) 硫之蒸氣。

(c) 水蒸氣。

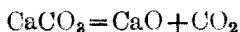
〔解〕 (a) $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ 得一氧化碳

(b) $\text{C} + 2\text{S} = \text{CS}_2$ 得二硫化碳

(c) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \underbrace{\text{H}_2 + \text{CO}}_{\text{水煤氣}}$ 得水煤氣

3. 碳酸鹽對於熱之作用及酸類之作用，試分別說明之。

〔解〕 (1) 多數金屬之碳酸鹽(正鹽)，可因熱而分解，生二氧化碳及金屬之氧化物。

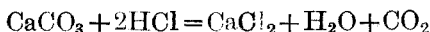
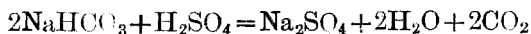


但 Na_2CO_3 , K_2CO_3 則否,

- (2) 凡金屬之酸性碳酸鹽,均可因熱分解,生二氧化碳及碳酸鹽。

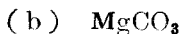
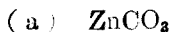


- (3) 凡碳酸鹽(正鹽及酸性鹽)均可為強酸分解,發生二氧化碳及該強酸之鹽類。



4. (a) 鋅, (b) 鎂, (c) 鈣等之碳酸鹽, 分子式為何? 又能溶解於水中否?

[解]



三者均難溶於水。

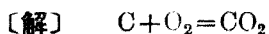
一切碳酸鹽,對於水之溶解與否,可大別如次。

(a) 鉀與鈉之碳酸鹽可溶於水。

(b) 其他金屬之碳酸鹽,則俱難溶解於水。

5. 某量之碳完全燃燒,在標準狀態之下,得二氧化碳 12

升。試求所燃碳之重量。



12 克 22.4 升

x 克 112 升

$$22.4:112=12:x$$

$$x = \frac{112 \times 12}{22.4} = 60 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

第八章 矽及其化合物

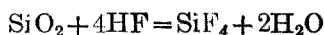
1. 二氧化矽(矽酐) SiO_2

〔所在〕

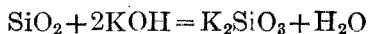
- (1) 水晶, 石英等爲純粹之二氧化矽。
- (2) 砂, 玉髓, 瑪瑙, 燧石等爲含有少量雜質之二氧化矽。

〔性質〕

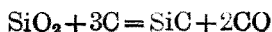
- (1) 無色透明之晶體, 或白色之粉末。
- (2) 比重 2.3—2.6, 質硬。
- (3) 融點高, 雖入電爐或氫氧焰, 亦不融解。
- (4) 膨脹係數極小。
- (5) 化學性極安定, 不爲酸鹼等侵犯。
- (6) 易溶於氟化氫。



- (7) 與鹼共熔, 則生矽酸鹽。



- (8) 與碳共入電爐強熱, 則生碳化矽, SiC



〔用途〕

- (1) 水晶·瑪瑙……印章,透鏡,裝飾品。
- (2) 石英……石英玻璃,碳化矽,玻璃。

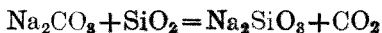
〔石英玻璃〕

- (1) 於電爐中強熱石英或水晶,使熔融而製之。
- (2) 無色透明,不受強酸或其他藥品侵犯。
- (3) 膨脹係數甚小,可耐溫度之急變。
- (4) 用作化學器具。

2. 水玻璃 Na_2SiO_3

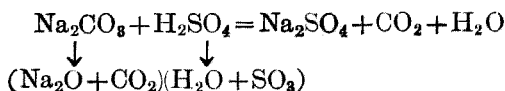
〔製法〕

二氧化矽與碳酸鈉共熔時,生成玻璃狀之物質,與水共同沸煮,使溶解即得。



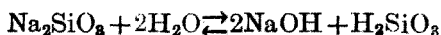
此反應中, Na_2CO_3 內之金屬氧化物的部分 Na_2O 與非金屬氧化物 SiO_2 結合,生成 Na_2SiO_3 。

又此反應與硫酸及碳酸鈉在常溫時作用,發生二氧化碳之反應相似。



〔性質〕

- (1) 無色，飴狀之液體。
- (2) 水溶液起水解作用而呈鹼性。



- (3) 加酸則生白色之矽酸(H_2SiO_3)(H_4SiO_4)。
- (4) 乾燥之，則生玻璃狀之耐火性皮膜。

〔用途〕

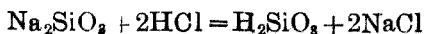
- (1) 混於某種肥料。
- (2) 塗於木材，布帛使其耐火性。
- (3) 用作玻璃，陶器之接合劑。

3. 碳化矽(碳矽)SiC

- (1) 強熱石英及焦炭於電爐而製之。
- (2) 紫黑色之固體，硬度次於金剛石。
- (3) 作砥石之用。

4. 矽酸 H_2SiO_3

- (1) 加鹽酸於水玻璃之水溶液製之。

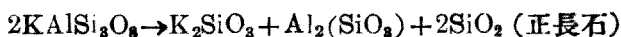


- (2) 白色膠塊狀物。
- (3) 難溶於水，乾燥之，則生二氧化矽。



〔天然產矽酸鹽之分解〕

- (1) 花崗石主由長石，雲母，石英等礦物而成。
- (2) 花崗石長時間曝於風雨，則此等成分分解，其中正長石之分解如次：



- (3) 此矽酸鉀則溶解於水而隨之流去，矽酸鋁則成二氧化矽殘留。前者稱陶土，後者曰砂。

第九章 硼之化合物

1. 硼酸 H_3BO_3

〔所在〕

伊大利泰斯加尼地方噴出之水蒸氣中含有硼酸，導入水中以成稀薄溶液，更蒸發之以使結晶。

〔製法〕

- (1) 如上所述，採取天然產之硼酸。
- (2) 加酸於硼砂 $Na_2B_4O_7$ 之濃溶液。

〔性質〕

- (1) 白色鱗片狀晶體。
- (2) 易溶於溫水，呈弱酸性。
- (3) 有溫和之殺菌力。

〔用途〕

- (1) 醫藥(含嗽劑)。
- (2) 肉類之貯藏。

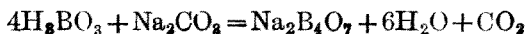
〔硼酸之檢出法〕

點火於硼酸之酒精溶液，則生綠色之焰。

2. 硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

〔製法〕

加碳酸鈉於硼酸水溶液，沸煮之。



〔性質〕

- (1) 無色之晶體。
- (2) 略能溶解於溫水，起加水分解作用而呈弱鹼性。
- (3) 加熱則失去結晶水，遂熔融而成無色透明之玻璃狀物。是曰硼砂球。
- (4) 硼砂球中熔入金屬之氧化物，則呈現各該金屬物特有之色。是謂硼砂球反應。

〔用途〕

- (1) 分析上用作硼砂球反應。
- (2) 銲接或鍛接金屬時用之(除去金屬之銹)。

3. 硼砂球反應

氧化金屬	氧化焰	還元焰
銅	綠(熱) 藍(冷)	無 或 紅色
鈷	藍	藍
鉻	綠	綠
鐵	黃(熱) 褐(冷)	綠
鎳	紫(熱) 黃褐(冷)	灰 色
錳	紫	灰 色

第十章 非金屬元素通論

1. 分類

- (1) 氫族……H
- (2) 鹵族……F, Cl, Br, I
- (3) 氧族……O, S
- (4) 氮族……N, P, As, Sb
- (5) 碳族……C, Si, B

2. 性質

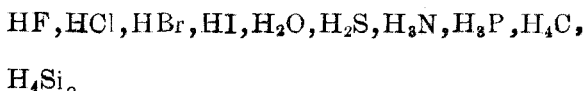
〔狀態, 色〕

- (1) 氣態… H_2 (無色), F_2 (淡黃色), Cl_2 (黃綠色),
 O_2 (無色), N_2 (無色)。
- (2) 液態… Br_2 (赤褐色)。
- (3) 固態… I_2 (紫黑色), S(黃色), P_4 (黃紅色), As_4 (灰白色),
Sb(灰白色), Si(灰黑色), B(黑褐色)。

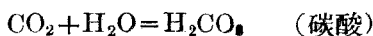
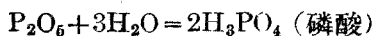
〔性質〕

- (1) 缺乏展性延性。
- (2) 一般均為熱與電之不良導體。

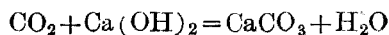
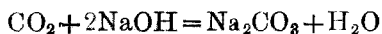
(3) 氫化合物……均為氣體。



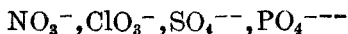
(4) 氧化物……俱係酸性氧化物，水溶液呈酸性。



此等化合物除與水化合而生酸外，又與鹼同可中和鹼類而成鹽。



(5) 游子……單獨為陰游子(H^+ 例外)。與氧化合之酸根亦為氫游子。



3. 非金屬元素之化學式

[單體之分子式]

$H_2, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, O_2, O_3, S, N_2, P_4, As_4,$
 C, Si, B_6

〔氫化物之分子式〕

$HF, HCl, HBr, HI, H_2O_2, H_2O, H_2S, H_3N, H_3P,$
 H_3As, H_3Sb, H_4C_6

〔氧化物之分子式〕

$H_2O, H_2O_2, SO_2, SO_3, NO, NO_2, P_2O_5, As_4O_6,$
 CO, CO_2, SiO_2

〔酸之分子式〕

一鹼酸 $HF, HCl, HBr, HI, HNO_3, HNO_2$

二鹼酸 $H_2SO_4, H_2SO_3, H_2CO_3, H_2SiO_3$

三鹼酸 H_3PO_4, H_3BO_3

第四篇 中和·電離·週期律

第一章 溶液

1. 溶液

物質混於其他液體而生全部均勻液體之現象，謂之溶解，所生之液體，曰溶液。

- (1) 溶劑……用以溶解被溶質之物質。
- (2) 被溶質……溶解之物質(固體，液體，氣體)。
- (3) 溶液……被溶質溶解於溶劑中所成之液體。

[例]

溶 液	食 鹽 水	稀 硫 酸	碘 酊	氨 水
被 溶 質	食 鹽	硫 酸	碘	氨
溶 劑	水	水	酒 精	水

2. 飽和溶液

- (1) 在溫度一定時，可溶於一定量溶劑之被溶質之量，有一定之限度。被溶質溶解至最大限度，即不能再溶，已達如是狀態之溶液，曰飽和溶液。

- (2) 不飽和溶液 未達飽和，尚有可以溶解餘地之溶液也。
- (3) 過飽和溶液 超過飽和限度，即被溶質溶解之量，更超過飽和溶液量之溶液也。但為某種特殊情形之下，暫時存在之狀態。

〔例〕 作硫酸鈉之飽和溶液，然後令溶液徐徐冷卻，即達此種狀態。

3. 溶解度

在飽和溶液中，溶劑 100 量中可以溶解被容質之量，謂之該被溶質對於該溶劑之溶解度。

〔例〕 在水 100 克中， 0°C 時可溶食鹽 36 克以達飽和， 100°C 時 36， 200°C 時 39。

〔溶解度與溫度之關係〕

多數物質之溶解度，隨溫度之上升以俱增。但氣體則通例隨溫度之上升而減小。

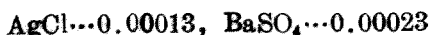
〔例〕 (1) 消石灰之溶解度如次，隨溫度之上升而減小。

可溶於水 100 克中之克數

$0^{\circ}\text{C}\cdots 0.185, 20^{\circ}\text{C}\cdots 0.165, 100^{\circ}\text{C}\cdots 0.077。$

(2) 溶解度非常微小之例(18°C時,100克水中可溶解之量)。

此類物質,通常可認為不溶於水。



上列各物,易於水溶液中沉澱。

(3) 溶解度極大之例(100°C時水100克中可溶解之量)。

KI 209

KNO_3 247

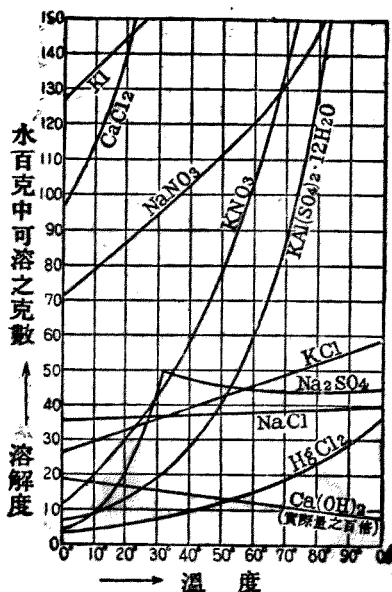
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 457

蔗糖 487

4. 溶解度曲線

表示溶解度隨溫度高低而變化之曲線,稱溶解度曲線。

即取溫度為橫軸,溶解度作縱軸,連結表示一物質在種種溫度



時溶解度（溶劑 100 克中可溶解之被溶質最大量）之各點，即得曲線如圖。

〔註〕 據圖則可知

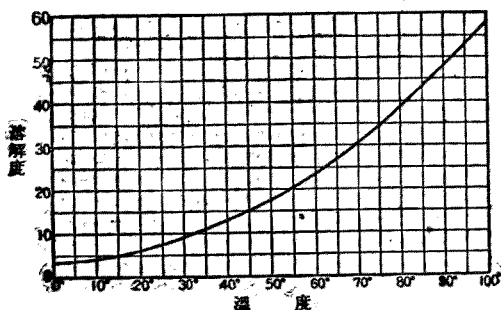
- (1) NaNO_3 在 50°C 時，100 克之水中約可溶解 110 克。
- (2) 又如 KNO_3 ，則可溶解之量隨溫度之上升而激增，即溶解度增大。
- (3) 又如 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，則因溫度之上升而溶解度減小。

基本問題

1. (a) 氯酸鉀在 100°C 時，於 2 升水中約可溶解若干克。
- (b) 蒸發此飽和溶液達 100°C 時之 1 升，約可析出若干克之晶體？
- (c) 欲冷卻原溶液使析出與 (b) 等量之晶體，則溶液之溫度應如何（試自另圖之溶解度曲線求之）？

〔解〕 (a) 據溶解度曲線，可知 100°C 之水 100 克中，可溶解之氯酸鉀量為 58 克，故可溶解於 2 升中之量為

$$58 \times \frac{2000}{100} = 1160 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$



(b) 在 100°C 時蒸發此 2 升之飽和溶液達容積之半即 1 升, 則可溶於 1 升之最大量為 580 克, 故

$$1160 \div 2 = 580 \text{ 克} \cdots \cdots \text{析出之量} \cdots \cdots (\text{答})$$

(c) 冷卻 2 升中溶有 1160 克之飽和溶液, 欲自其中析出 580 克, 則飽和溶液中尚應溶有 580 克。緣 2 升中溶有 580 克之溶液, 即 1 升中含有 290 克之溶液, 亦即 100 克中應含 29 克。

故據溶解度曲線推求此點, 可推定所求之溫度約為 68°C 。.....(答)

2. 設有含等量硝石 (KNO_3) 及氯化鉀 (KCl) 之水溶液。

(a) 煮之, 則何者最先析出?

(b) 參照前頁溶解度曲線, 試求任令溶液放冷時其他

成分開始析出之溫度。

(c) 又兩成分析出等量時之溫度各約若干度？

[解] (a) 設煮至 100°C ，則溶劑 100 克中可溶硝石 200 克以上，氯化鉀則約溶解 56 克，故若蒸餾含有兩者等量之溶液，則最先析出者為氯化鉀。

(b) 溶液既蒸餾達 100°C ，則氯化鉀析出開始時之狀態，水 100 克內當以氯化鉀 56 克與硝石 56 克之比例溶解。

故冷卻此溶液，硝石開始析出之溫度，可由溶解度曲線求得為 36°C 。

(c) 兩成分析出等量時之溫度，相當於兩溶解度曲線之交點，冷卻溶液即達此種狀態。據圖，可知此點約為 23°C 。

5. 溶液之濃度

(1) 百分率……例如食鹽水 100 克中溶有食鹽 25 克，則此食鹽水之濃度，謂為 25%。

(2) 克分子溶液……溶液 1 升中溶有 N 克分子量之物質時，其濃度曰 N 克分子，或曰 N 摩爾。

(3) 規定液……溶液 1 升中溶有 N 克當量之物質時，其

濃度曰 N 規定。

〔例〕 H_2SO_4 之一克分子量為 98 克，因 H_2SO_4 為二鹼酸，故一克當量為 49 克。故 49 克之 H_2SO_4 溶解於水，溶液之全體積為 1 升時，謂之濃度 1 規定。

基本問題

1. 濃度 2 摩爾之食鹽水 100cc. 中含有食鹽幾克？

但 $Na=23, Cl=35.5$ 。

〔解〕 $NaCl=23+35.5=58.5$ 。

濃度 2 摩爾之食鹽水，1 升中所含鹽 $=58.5 \times 2=117$

克，100cc. 中食鹽之量 $=117 \text{克} \times \frac{100}{1000}=11.7 \text{克} \dots (\text{答})$

2. 欲製濃度為 0.2 摩爾之硝酸銀溶液 500cc. 問需硝酸銀若干克？ 但 $N=14, O=16, Ag=108$ 。

〔解〕 $AgNO_3=108+14+16 \times 3=170$

濃度 0.2 摩爾溶液 1 升中之硝酸銀 $=170 \times 0.2=34 \text{克}$ ，

故 500cc. 中之硝酸銀 $=34 \times \frac{500}{1000}=17 \text{克} \dots \dots (\text{答})$

3. 20% 之鹽酸，其比重為 1.1。試求此鹽酸 500cc. 中所含 HCl 之量。

〔解〕 比重 $=1.1$ ，體積為 500cc. 之液體之重量 $=500$

$\times 1.1 = 550$ 克,

其中 HCl 之量 $= 550 \text{ 克} \times \frac{20}{100} = 110 \text{ 克} \dots\dots$ (答)

4. 硝酸之 2 規定液, 1 升中含有硝酸幾克?

但 $H=1, N=14, O=16$

〔解〕 $HNO_3 = 1 + 14 + 16 \times 3 = 63$

HNO_3 爲一鹼酸, 故 1 克分子量 $= 1$ 克當量,

2 規定液 1 升中之 HNO_3 量 $= 63 \times 2 = 126 \text{ 克} \dots$ (答)

5. $\frac{1}{10}$ 規定之硫酸 1cc. 中含有硫酸幾克?

但 $H=1, O=16, S=32$

〔解〕 $H_2SO_4 = 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$

H_2SO_4 爲二鹼酸, 故 1 克當量 $= \frac{98}{2} = 49$ 克。

1 規定液 1 升中之硫酸 $= 49$ 克。

$\frac{1}{10}$ 規定液 1cc. 中之硫酸爲

$49 \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{1000} = 0.0049 \text{ 克} \dots\dots\dots$ (答)

6. 比重 1.20 之稀硫酸中含有硫酸 27.32%。此硫酸之濃度相當於幾規定及幾摩爾?

〔解〕 此稀硫酸 1 升之重量 $= 1000 \times 1.2 = 1200 \text{ 克}$

$$\text{其中 } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 之量} = 1200 \times \frac{27.32}{100} = 327.84 \text{ 克}$$

硫酸 1 克分子 = 98 克, 1 克當量 = 49 克

$$\left. \begin{array}{l} 327.84 \div 98 = 3.35 \text{ 摩爾} \\ 327.84 \div 49 = 6.70 \text{ 規定} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (\text{答})$$

6. 溶液之冰點及沸點

純溶劑之沸點及冰點有一定, 若溶入被溶質, 則其冰點大抵下降, 沸點大抵上升。此沸點之上升與冰點之下降, 有下列之法則。

〔法則〕

- (1) 稀溶液之沸點上升及冰點下降, 與其濃度(摩爾)成正比。
- (2) 各物質之同一克分子量, 溶解於一定量之同一溶劑時, 溫度之上升及下降, 與被溶質之種類無關而常為一定。

〔例〕 設以水為溶劑, 則 1 克分子量之物質溶解於水 1000 克中時, 與其被溶質之種類無關而常為一定, 冰點下降約 1.9°C , 沸點上升約 0.52°C 。

即濃度為 1 摩爾之溶液時, 此等上升或下降之度數, 謂

之分子上升度或分子下降度。

溶 劑	分子下降度	分子上升度
水	1.9	0.52
乙 醇	1.17
乙 酸	3.9	2.53
苯	5.1	2.67
酚	7.4	3.04

水 1000 克中，若溶有蔗糖 1 克分子量之溶液其沸點上升為 0.52°C ，則水 1000 克中溶有 2 克分子者之溶液，當上升 $0.52^{\circ}\text{C} \times 2$ 。

〔註〕 酸，鹼，及鹽類之水溶液，其沸點上升及冰點下降約為 2 倍。是可認為各該物質呈電離現象所致（參閱本篇第五章）。

7. 難氣化物質（非電解質）之分子量測定。

應用前節之法則，則於不易氣化物質，測定其溶液之沸點及冰點，乃可據以測定其分子量。

〔方法〕

設欲測分子量(M)之某物質 a 克，溶解於 w 克之水中，其溶液之沸點上升為 $t^{\circ}\text{C}$ 。設此溶劑之分子上升

度為 K ，則有下列之關係。

$$M : a \cdot \frac{1000}{w} = K : t$$

$$\therefore M = a \cdot \frac{1000}{w} \times \frac{K}{t}$$

$a \cdot \frac{1000}{w}$ 為溶劑 1000 克中可溶解之被溶質量。

〔例〕 水 100 克中溶有蔗糖 3.42 克，其冰點為 -0.185°C 。

試求蔗糖之分子量，則

$$M : 3.42 \times \frac{1000}{100} = 1.85 : 0.185$$

$$M = 3.42 \times \frac{1000}{100} \times \frac{185}{0.185}$$

$$M = 3.42 \dots \dots \dots (\text{答})$$

基本問題

1. 溶解碘 2 克於酒精 50 克中，測得其沸點之上升為 0.18°C 。試求酒精之分子上升度。

〔解〕 酒精 50 克中含碘 2 克溶液，與酒精 1000 克中含碘 40 克之溶液相等。

$$I_2 \text{ 之分子量} = 127 \times 2 = 254$$

設所求分子上升度為 T ，則

$$254:40 = T:0.18$$

$$T = 1.14^{\circ}\text{C} \dots \dots \dots (\text{答})$$

2. 已知蔗糖之分子式爲 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ，試求蔗糖 10 克溶於水 1 仟克溶液之沸點上升。

【解】 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 之分子量 $= 12 \times 12 + 1 \times 22 + 16 \times 11$
 $= 362$

1000 克中溶有 362 克之沸點上升爲 0.52°C

故所求 1000 克中溶有 10 克溶液之上升爲

$$362:10 = 0.52:x$$

$$x = \frac{10 \times 0.52}{362} = 0.143^{\circ}\text{C} \dots \dots \dots (\text{答})$$

3. 水 1000 克中溶有蔗糖 1 克分子量之溶液，在 -1.85°C 結冰。

今有其他糖類 0.089 克，溶解於 25 克水內時之冰點爲 0.0363°C ，試求此糖之分子量。

【解】 25 克中溶有 0.089 克之液，與 1000 克中溶有 3.56 克液之濃度相同。

$$0.089 \times \frac{1000}{25} = 3.56 \text{ 克}$$

1000 克中溶入分子量 M 之溶液，其冰點爲 -1.85°C

1000 克中溶入 3.56 克之溶液，其冰點為 -0.0363°C

故得下列比例式：

$$M:3.56=1.85:0.0363$$

$$M = \frac{3.56 \times 1.85}{0.0363} = 181 \dots \dots \dots (\text{答})$$

4. 二硫化碳 100 克中，若溶有被溶質 1 克分子，則其沸點上升 23.5°C 。茲以黃磷 1.447 克溶於二硫化碳 56.65 中，測得其沸點上升為 0.49°C ，試求黃磷之分子量。

〔解〕 先求二硫化碳 54.65 克中溶入黃磷 1.447 克，與二硫化碳 100 克中溶有黃磷若干克相同，

$$1.447 \times \frac{100}{54.65} = 2.648 \text{ 克}$$

設黃磷之分子量為 M，則

$$M:2648=23.5:0.49$$

$$M = \frac{2.648 \times 23.5}{0.49} = 127 \dots \dots \dots (\text{答})$$

5. 水 19.86 克中溶有過氧化氫 0.2735 克，則其冰點之下降為 0.746°C 。試求過氧化氫之分子量。

〔解〕 水 1000 克中之過氧化氫為

$$0.2735 \times \frac{1000}{19.86} = 13.773 \text{ 克}$$

設過氧化氫之分子量爲 M, 則

$$M:13.773 = 1.85:0.746$$

$$M = \frac{13.773 \times 1.85}{0.746} = 34.2 \dots \dots \dots (\text{答})$$

第二章 酸·鹼·鹽

1. 酸

〔酸之定義〕

(1) 有酸味，呈酸性反應(使藍色石蕊試紙紅變者謂之酸)。

(2) 含有可被金屬取代之氫者謂之酸。

〔註〕 如 H_2O ，其 H 不能為金屬所取代，故不能謂之酸。

〔酸之鹼度〕

酸 1 分子中所含氫原子之數，曰酸之鹼度。

隨此數之不同，有一鹼酸，二鹼酸等之稱。

一鹼酸……鹽酸 HCl ，硝酸 HNO_3 ，醋酸 CH_3CO_2H 。

二鹼酸……硫酸 H_2SO_4 ，碳酸 H_2CO_3 。

三鹼酸……磷酸 H_3PO_4 ，硼酸 H_3BO_3 。

〔酸之強弱〕

在同一濃度之下，酸之強弱視其電離度(參閱本篇第 5 章 7)之大小而定。

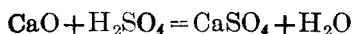
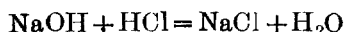
強酸…… HCl ， H_2SO_4 ， HNO_3

弱酸…… H_3PO_4 , H_3BO_3 , H_2CO_3 , CH_3COOH

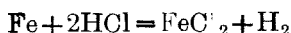
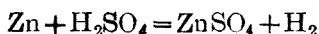
〔酸之通性〕

酸有 H_3PO_4 , H_3BO_3 等之固態者, H_2SO_4 , HNO_3 等之液態者, 及 HCl , H_2S 等之氣態者。其水溶液俱有下列之通性。

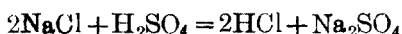
- (1) 有酸味。
- (2) 呈酸性反應。
- (3) 中和鹼或鹼性氧化物, 則生鹽及水。



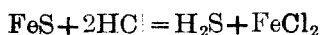
- (4) 與游子化傾向大於氫之金屬作用, 概發生氫(但 HNO_3 例外)。



5. 弱酸之鹽類可由強酸分解, 遊離弱酸而生強酸之鹽。



〔註〕 NaCl 爲 HCl 之鹽, H_2SO_4 較之 HCl 爲強酸。



〔註〕 FeS 爲 H_2S (硫化氫, 氫硫酸)之鹽, H_2S 較之 HCl

則爲弱酸。

2. 鹼

〔鹼之定義〕

- (1) 水溶液呈鹼性反應之物質。
- (2) 金屬元素之氫氧化物曰鹼。即分子內之陰性部必爲OH(氫氧基)者。

可溶性鹼…… NaOH , KOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

不溶性鹼…… $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

〔鹼之酸度〕

因一分子內所含氫氧基(OH)數之不同,各稱爲一酸鹼,二酸鹼等。

一酸鹼……氫氧化鈉 NaOH , 氫氧化鉀 KOH , 氫氧化銨 NH_4OH 。

二酸鹼……氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 氫氧化鋇 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 。

三酸鹼……氫氧化鋁 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

〔鹼之強弱〕

同一濃度之下,電離度較大者鹼性較強。

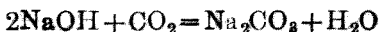
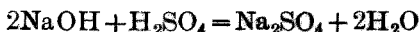
強鹼…… NaOH , KOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

弱鹼…… NH_4OH , $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

〔鹼之通性〕

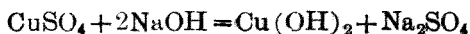
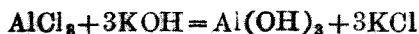
(1) 鹼之水溶液有 OH^- (氫氧游子), 呈鹼性反應。

(2) 可中和酸及酸性氧化物。



(3) 弱鹼之鹽類可為強鹼分解, 遊離弱鹼而生強鹼之鹽。

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2, \text{AlCl}_3, \text{CuSO}_4$ 俱各為弱鹼 $\text{Mg}(\text{OH})_2, \text{Al}(\text{OH})_3, \text{Cu}(\text{OH})_2$ 之鹽, 故加入強鹼 NaOH 或 KOH , 則反應如次:



基本問題

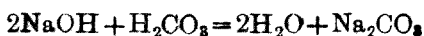
通二氧化碳於氫氧化鈉, 氫氧化鉀, 消石灰, 氫氧化鋇等溶液, 試推定其反應。

〔解〕 二氧化碳在水溶液中, 可設想其一度成為碳酸。



H_2CO_3 為酸, 故有與鹼中和之作用。

(1) 加於氫氧化鈉。



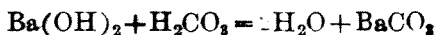
(2) 加於氫氧化鉀，



(3) 加於消石灰，

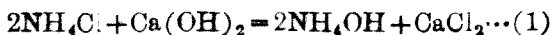


(4) 加於氫氧化鋇，

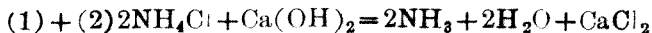


2. 加消石灰於氯化銨熱之，則發生氨。試推定其反應。

[解] (a) NH_4Cl 可認為得自鹼 NH_4OH 之鹽，據鹼之通性，故加入較強之鹼則生出較弱之鹼。

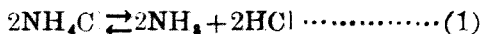


NH_4OH 立起分解



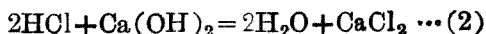
(b) 又可作次述之想像：

NH_4Cl 加熱，則解離如下：



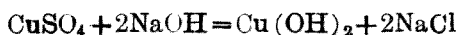
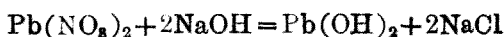
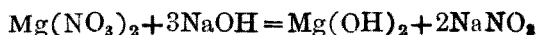
欲使此反應右向進行，則有中和 HCl 之必要。故

加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 則



3. 試推定加 NaOH 或 KOH 溶液於 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, AlCl_3 , FeCl_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, CuSO_4 , HgCl_2 等水溶液之反應。

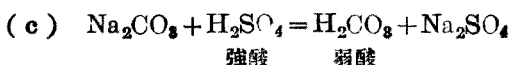
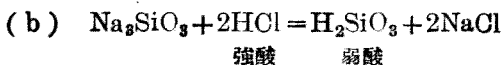
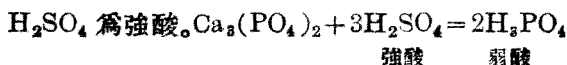
〔解〕 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 可認為 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 之 OH 為酸根所取代而生之鹽, 故加入強鹽, 則生 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。其他均同。



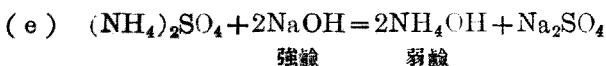
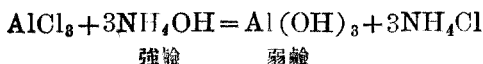
4. 試以方程式示下列化學反應。

- (a) 加硫酸於磷酸鈣時。
- (b) 加硫酸於矽酸鈉時。
- (c) 加硫酸於碳酸鈉時。
- (d) 加氨水於氯化鋁時。
- (e) 加氫氧化鈉於硫酸銨而加熱時。

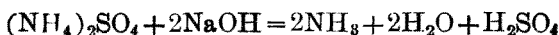
〔解〕 (a) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 爲 H_3PO_4 之鹽, H_3PO_4 爲弱酸,



(d) AlCl_3 爲 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 之鹽, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 較之 NH_4OH 爲弱鹼。

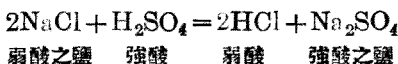


$\text{NH}_4\text{OH} = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 立即分解, 故

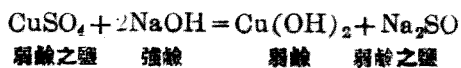


5. 試舉例說明由鹽類遊離酸及鹼之一般方法。

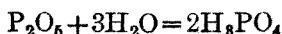
〔解〕 (1) 一般於弱酸之鹽加入較強之酸, 則分解而遊離弱酸, 生強鹼之鹽。



(2) 一般加強鹼於弱鹼之鹽, 則分解而遊離弱鹼。

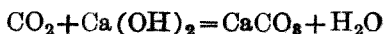
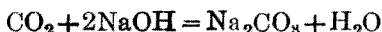


CuSO_4 可認為 Cu(OH)_2 之氫氧基為硫酸根取代之鹽，又 Na_2SO_4 可認為 NaOH 之氫氧基為硫酸根取代之鹽。



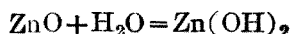
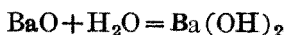
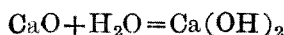
SO₃ 稱硫酐，CO₂ 稱碳酐，其意即 H₂SO₄ (硫酸) 及 H₂CO₃ (碳酸) 之無水酸也。

(2) 使鹼與酸性氧化物作用，則與酸同樣，起中和之反應。

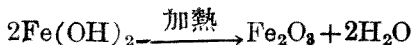


3. 鹼性氧化物

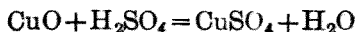
(1) 具有與水化合生鹼，或與酸中和生鹽之性質之氧化物，曰鹼性氧化物。有金屬性質元素之氧化物也。此項性質愈強，其金屬性亦愈強。



(2) 故酐為非金屬之氧化物，而無水鹼為金屬之氧化物。事實上加熱金屬之氫氧化物，可得金屬氧化物。

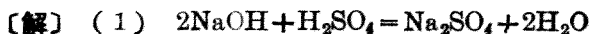


(3) 又鹼性氧化物亦可與酸相中和而生鹽。



基本問題

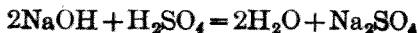
1. 以硫酸中和氫氧化鈉，氫氧化鉀，氫氧化銨及石灰水時，試推定其反應方程式。



2. 欲中和 15% 之硫酸 50 克，需用氫氧化鈉若干克？

但 $\text{S} = 32, \text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{H} = 1$ 。

〔解〕 純硫酸之量 = $50 \times \frac{15}{100} = 7.5$ 克，中和之方程式為



$$2 \times 40 \quad 98$$

$$x \text{ 克} \quad 7.5 \text{ 克}$$

$$80:98 = x:7.5$$

$$x = \frac{80 \times 7.5}{98} = 6.12 \text{ 克} \dots \dots \dots (\text{答})$$

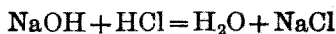
3. 欲中和 25.5% 之氫氧化鈉溶液，需用鹽酸 50 克。此硫

酸之濃度爲何？

〔解〕 純氫氧化鈉之量爲

$$45 \times \frac{25.5}{100} = 11.475 \text{ 克}$$

中和方程式爲



$$40 \text{ 克} \quad 36.5 \text{ 克}$$

$$11.475 \text{ 克} \quad x \text{ 克}$$

$$40:36.5 = 11.475:x$$

$$x = \frac{36.5 \times 11.475}{40} = 10.47 \text{ 克}$$

50 克中含有 10.47 克，故其%爲

$$\frac{10.47}{50} \times 100 = 20.94\% \dots\dots\dots(\text{答})$$

4. 下列各氧化物分別投入水中，則起何種變化？試以方程式示其反應。

(a) 氧化鈉

(b) 氧化鈣

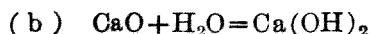
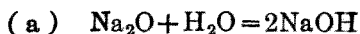
(c) 氧化鋁

(d) 二氧化碳

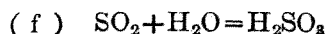
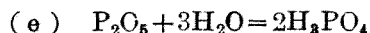
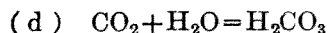
(e) 五氧化二磷

(f) 二氧化硫

〔解〕



(c) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 無變化(溶於酸生鹽,但不溶於水)



4. 鹽

〔鹽之定義〕

(1) 酸中氫之一部或全部為金屬所取代者,謂之鹽。

〔例〕 H_2SO_4 之 H_2 為 Cu 所取代,則成 CuSO_4 , HCl 之 H 為 Na 所取代則成 NaCl 。

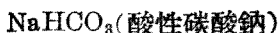
(2) 鹼中氫氧基之一部或全部為酸根所取代者,謂之鹽。

〔註〕 酸基云者,如 H_2SO_4 之 SO_4 , HNO_3 之 NO_3 , HCl 之 Cl 等是。

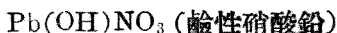
〔例〕 NaOH 之 OH 為 NO_3 所取代,則成 NaNO_3 ;
 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 之 $(\text{OH})_2$ 為 SO_4 所取代,則成 CuSO_4 。

〔鹽之種類〕

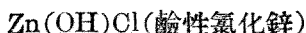
(1) 酸性鹽 表示酸之特性之 H，其一部分為金屬所取代者也。



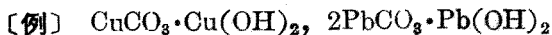
(2) 鹼性鹽 表示鹼之特性之 OH (氫氧基)，其一部分為酸基所取代而成者也。



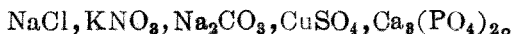
係 Pb(OH)_2 中之一個 OH，為 NO_3 取代而成。



金屬之中性鹽，與該金屬之氫氧化物結合而成者，亦屬鹼性鹽。



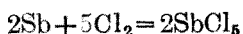
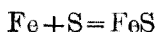
(3) 中性鹽(正鹽)酸之 H，全部為金屬取代而成之鹽也。



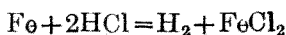
〔註〕 所謂酸性鹽或鹼性鹽，並無對於石蕊液呈酸性或鹼性之意義。蓋僅為形式上之區別，酸性鹽初不必呈酸性，鹼性鹽亦不必呈鹼性也。

5. 鹽之生成反應

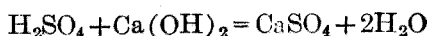
(1) 金屬與非金屬之直接化合。



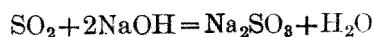
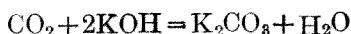
(2) 金屬與酸之反應。



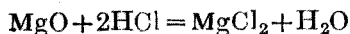
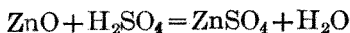
(3) 酸與鹼之中和。



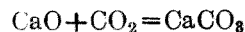
(4) 酸性氧化物與鹼之中和。



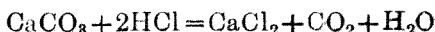
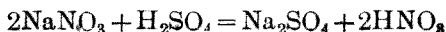
(5) 鹼性氧化物與酸之中和。



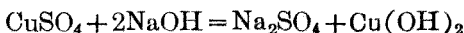
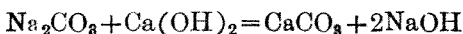
(6) 由鹼性氧化物與酸性氧化物而成。



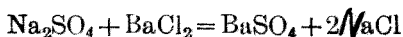
(7) 由酸與鹽之反應而生。



(8) 由鹽與鹼之反應而生。



(9) 由鹽與鹽而成。



6. 鹽之溶解性

(1) 金屬之鹽酸鹽(即氯化物)大抵易溶於水。

例外: AgCl , HgCl , PbCl_2

(同樣 Ag , Hg , Pb 之鹵化物亦不溶於水)。

(2) 金屬之硫酸鹽大抵易溶於水。

例外: CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4 (即鹼土金屬之硫酸鹽)。

PbSO_4 , ……

(3) 硝酸鹽及醋酸鹽均可溶解於水, 殆無例外。

(4) K , Na 之鹽類, 全部易溶於水。

(5) HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , CH_3COOH 以外之酸(即弱酸), 其鹽類不溶於水。

$\text{CaCO}_3, \text{BaCO}_3, \text{Ag}_2\text{S}, \text{CuS}, \text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$ 等不溶於水。

(6) 強酸之鹽，其不溶於水者亦不溶於其他之酸。

$\text{AgCl}, \text{PbCl}_2$ 爲強酸 HCl 之鹽，不溶於水，故亦不溶於 $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{HNO}_3$ 。

(7) 弱酸之鹽，多溶解於強酸者。

但硫化物則有不溶於酸者，如

$\text{ZnS}, \text{FeS}, \text{MnS}, \text{NiS}$ 。

第四章 酸及鹼之定量

1. 克分子量

通常以克單位附於分子量所表示之量，曰物質之 1 克分子量 (或曰 1 摩爾)。

[例]

氫氧化鈉(NaOH) $23+16+1=40$ 40克 = 1克分子量

硫酸(H_2SO_4) $1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$ 98克 = 1克分子量

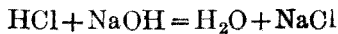
鹽酸(HCl) $1+35.5=36.5$ 36.5克 = 1克分子量

故硫酸之2克分子量 = $98 \text{克} \times 2 = 196 \text{克}$

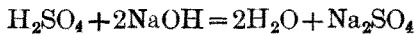
2. 酸及鹼之當量

通常 1 酸鹼或 1 鹼酸之 1 分子量，曰 1 當量；

N 酸鹼，N 鹼酸則以 $\frac{1}{N}$ 分子量為 1 當量。



一鹼酸與一酸鹼互以 1 分子相中和。易言之，即以一當量相中和。但如



則二鹼酸之 H_2SO_4 以一分子，與一酸鹼之 $NaOH$ 2 分子

相中和。故若以 HCl 之 1 分子量為 1 當量，則 H_2SO_4 之 1 分子與 2 當量相當。

[例]

酸 · 鹼	分子式	分子量	當量
鹽酸	HCl	36.5	$36.5 \div 1 = 36.5$
硫酸	H_2SO_4	98	$98 \div 2 = 49$
碳酸	H_2CO_3	62	$62 \div 2 = 31$
氫氧化鈉	NaOH	40	$40 \div 1 = 40$
氫氧化鈣	$Ca(OH)_2$	74	$74 \div 2 = 37$

[註] 據上述實例，可知當量與鹼度 (alkalinity) 及酸度 (acidity) 之關係如下。

$$\text{酸 1 當量} = \frac{1 \text{ 分子量}}{\text{鹼度 (H 數)}}$$

$$\text{鹼 1 當量} = \frac{1 \text{ 分子量}}{\text{酸度 (OH 數)}}$$

3. 克當量

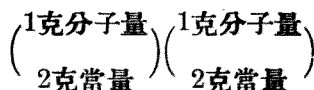
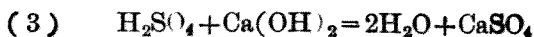
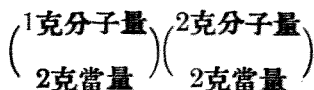
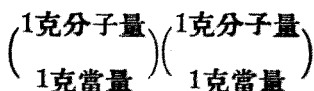
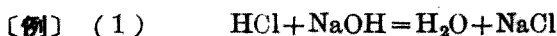
以克表示當量者，曰克當量。

[例] 鹽酸(HCl)之 1 克當量 = 36.5 克

$$\text{硫酸}(H_2SO_4)\text{之 1 克當量} = \frac{98}{2} = 49 \text{ 克}$$

4. 酸，鹼之定量

〔中和之法則〕



如上例，酸鹼中和之際，雙方克當量數常相等。

〔 $NV = N'V'$ 之公式〕

設中和 N 規定液之酸 V cc. 需用 N' 規定液之鹼 V' cc.,

則

N 規定 V cc. 之酸中，含有酸 $N \times \frac{V}{1000}$ 克當量，

N' 規定 V' cc. 之鹼中，含有鹼 $N' \times \frac{V'}{1000}$ 克當量

$$N \times \frac{V}{1000} = N' \times \frac{V'}{1000}$$

$$\therefore NV = N'V'$$

即中和之際，酸，鹼之濃度與體積之相乘積相等。

5. 容量分析

應用前述之法則，則以既知濃度之酸（或鹼）中和未知濃度之鹼（或酸），可由其中和所需之容積，以決定未知之濃度，且可推知其溶解於溶液中物質之重量。是謂容量分析。

〔例〕（1）設中和濃度未知之 NaOH 25cc. 需用 0.5 規定之 H_2SO_4 23cc.，則此 NaOH 之濃度如次。

令 NaOH 之濃度為 x 規定，25cc. 中當含

$$x \times \frac{25}{1000} \text{克當量}, 0.5 \text{ 規定之 } H_2SO_4 \text{ 中則含有 } 0.5 \times \frac{23}{1000} \text{克當量}。$$

$$\therefore x \times \frac{25}{1000} = 0.5 \times \frac{23}{1000}$$

$$\therefore x = 0.46 \text{ 規定} \dots \dots \dots (\text{答})$$

〔別解〕 此類問題通常以應用公式 $NV = N'V'$ 為便。

$$\begin{array}{l} N \dots\dots\dots 0.5 \text{ 規定} \\ V \dots\dots\dots 23\text{cc.} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} N \\ V \end{array}} \right\} \text{硫酸}$$

$$\begin{array}{l} N' \dots\dots\dots \text{未知} \\ V' \dots\dots\dots 25\text{cc.} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} N' \\ V' \end{array}} \right\} \text{氫氧化鈉}$$

$$0.5 \times 23 = N' \times 25$$

$$N' = \frac{0.5 \times 23}{25} = 0.46 \text{ 規定} \dots\dots\dots (\text{答})$$

(2) 又此 0.46 規定之氫氧化鈉 25cc. 中，所溶氫氧化鈉之量，可計算如次：

$$\text{NaOH 1 克當量} = 40 \text{ 克}$$

0.46 規定之 NaOH 1000cc. 中含有 $40 \times 0.46 = 18.4$ 克，故此 NaOH 25cc. 中之量為

$$18.4 \times \frac{25}{1000} = 0.46 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

〔指示劑〕

加入少量之藥品，可示中和點之境界，即由其著色之變化而表明中和之點。此種藥品曰指示劑，通常使用者如次。

指示劑	對於酸所呈之色	對於鹼所呈之色	使用上之注意
石 蕊	紅	藍	適用於強酸與強鹼之中和
酚 酞	無 色	紅	適用於弱酸與強鹼之中和
甲基橙	紅	黃	適用於強酸與弱鹼之中和

基本問題

1. 中和濃度 1 規定之氫氧化鉀 50cc.，需用鹽酸 45cc.。

此鹽酸之濃度若何？

〔解〕 應用公式 $NV = N'V'$

$$N = 1$$

$$V = 50$$

$$N' = \text{未知}$$

$$V' = 45$$

$$\therefore 1 \times 50 = N' \times 45$$

$$N' = \frac{1 \times 50}{45} = 1.1 \text{ 規定} \dots\dots\dots (\text{答})$$

2. 有濃度不明之硝酸溶液，取其 25cc. 加石蕊試液，滴入 1 規定之氫氧化鈉溶液 16.5cc. 時開始變色。此硝酸溶液 1 升中所含硝酸之量為若干克？

〔解〕 應用公式 $NV = N'V'$

$$N = 1$$

$$V = 16.5$$

$$N' = \text{未知}$$

$$V' = 25$$

$$\therefore 1 \times 16.5 = N' \times 25$$

$$N' = \frac{1 \times 16.5}{25} = 0.66 \text{ 規定}$$

HNO_3 之 1 克當量 = $1 + 14 + 16 \times 3 = 63$ 克, 0.66 規定之硝酸, 其一升中之含量為

$$63 \text{ 克} \times 0.66 = 4.158 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答}).$$

3. 中和濃度 $\frac{1}{10}$ 摩爾之稀鹽酸 150cc., 需用氫氧化鈉溶液 60cc., 問此溶液 1 升中氫氧化鈉之量如何?

[解] 鹽酸(HCl)為一鹵酸, 故濃度 1 摩爾 = 濃度 1 規定,

$$NV = N'V'$$

$$\frac{1}{10} \times 150 = N' \times 60$$

$$N' = \frac{1}{10} \times 150 \times \frac{1}{60} = \frac{1}{4} \text{ 規定}$$

氫氧化鈉(NaOH)之 1 克當量 = $23 + 16 + 1 = 40$ 克

$$40 \text{ 克} \times \frac{1}{4} = 10 \text{ 克} \dots\dots\dots (\text{答})$$

4. 溶氫氧化鈉 4 克於水, 以 1 規定鹽酸及 2 規定硫酸中和之。問應各幾許?

[解] 溶氫氧化鈉 4 克於水, 其濃度當然可以任便。

NaOH 1 克當量為 40 克, 故 1 規定液, 為 1000cc. 中含有 40 克之溶液, 假若以 4 克之 NaOH 製 1 規定液, 則可得溶液 100cc.

故從題意，應求出中和 1 規定之氫氧化鈉 100cc. 所需 1 規定之鹽酸，故

$$NV = N'V'$$

$$1 \times 100 = 1 \times V'$$

$$V' = 100\text{cc.} \dots\dots\dots \text{所需 HCl} \dots\dots\dots (\text{答})$$

以 2 規定之硫酸中和時，

$$NV = N'V'$$

$$1 \times 100 = 2 \times V'$$

$$V' = 50\text{cc.} \dots\dots\dots \text{所需 H}_2\text{SO}_4 \dots\dots\dots (\text{答})$$

5. 滴石蕊液指示劑於 1 規定氫氧化鈉之 100cc. 中，加入 6% 之稀硫酸 100 克時，則石蕊能否赤變，試由計算上說明之。

〔解〕

6% 之稀硫酸 100 克中所有 H_2SO_4 之量為

$$100 \text{ 克} \times \frac{6}{100} = 6 \text{ 克}$$

據公式 $NV = N'V'$ ，則中和 1 規定之 NaOH 100cc.，需要 1 規定之 H_2SO_4 100cc.。

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 1 克當量} = \frac{1}{2} \text{ 分子量} = 49 \text{ 克}$$

$$1 \text{ 規定之 } H_2SO_4 \text{ 100cc. 中之含量} = 49 \times \frac{100}{1000} = 4.9 \text{ 克}$$

即中和本題之氫氧化鈉，僅需硫酸 4.9 克已足，茲加入 6 克，則酸已過量，石蕊當然紅變。

6. 溶解氫氧化鉀 56 克於水 1 升。中和其 25cc. 時需用稀硫酸 20cc.。然則此稀硫酸 1 升之中，應有若干克之硫酸存在？

〔解〕 氫氧化鉀 (KOH) 1 克當量 = $39 + 16 + 1 = 56$ 克，故所製氫氧化鈉之濃度為 1 規定。

由公式 $NV = N'V'$

$$1 \times 25 = N' \times 20$$

$$N' = \frac{1 \times 25}{20} = 1.25 \text{ 規定} \cdots \cdots \text{ 硫酸之濃度。}$$

硫酸 (H_2SO_4) 之 1 克當量 = $\frac{1}{2}$ 分子量 = 49 克，

硫酸之 1.25 規定液 1 升中之量為

$$49 \text{ 克} \times 1.25 = 61.25 \text{ 克} \cdots \cdots \cdots \text{ (答)}$$

第五章 電離

1. 電之傳導

試取容器分盛種種溶液，插入電極其中，而通以電流，則有易於通過電流者如食鹽水等，有不能通過電流者如蔗糖水等。可以傳導電流之物質曰電解質。不能傳導電流之物質，曰非電解質。

電解質……酸(鹽酸，硫酸……等)。

鹼(氫氧化鈉，氫氧化鉀……等)。

鹽(食鹽……等)。

非電解質……水(純粹者)。

蔗糖，酒精等有機化合物。

2. 電離說

爲說明電解質之導電起見，阿累尼斯 (Arrhenis) 倡電離說如次。

- (1) 在電解質之溶液中，分子之一部分爲二成分(解離)。
- (2) 解離分子之一部分帶陽電，其他一部分帶陰電。
- (3) 此等陽電與陰電，其電量相等。

- (4) 此二部分爲原子或基，其電量與原子價成比例。
- (5) 由電離所生之各部分，稱爲游子(ion)。帶陽電者曰陰向游子(cathion)，帶陰電者曰陽向游子(anion)。

3. 游子

〔游子之特注〕

- (1) 游子祇能存在於水溶液中。

故食鹽水中有 Na 游子及 Cl 游子存在，但蒸餾其溶液使結晶，則兩游子重復全部結合，成爲 NaCl 之分子。

- (2) 游子常與帶有反對性電之其他游子共存。
- (3) 游子與其同名稱之遊離元素，性質全異。

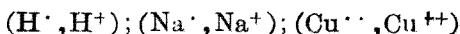
〔例〕 Na 游子與金屬鈉之性質全異，Cl 游子與氯之氣體全異，既無色無臭，且無漂白性。

- (4) 游子不受與其共存之其他游子之影響，同種之游子，皆呈同一之作用。

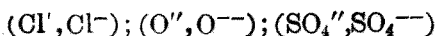
〔例〕 自 HCl 電離之 Cl 游子，或自 NaCl 電離之 Cl 游子，不受與其共存之 H 或 Na 之影響，而呈同一作用。

〔游子之表示法〕

- (1) 陰向游子可於元素(或根)符號之右上角，加附與原子價同數之(·)或(+)



- (2) 陽向游子可於元素(或根)符號之右上角, 加附與原子價同數之(')或(-)。



- (3) 右上角符號之數, 即表該游子所有之電量。

Na^+ 示帶有陽電 1 單位, Cl^- 示帶有陰電 1 單位。

自一分子電離而生之陰陽游子, 其帶電量恆相等。

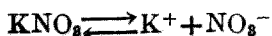
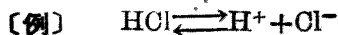
- (4) 一般而論, 氫原子, 金屬原子及銨根均成陰向游子;
非金屬原子及銨根以外之根, 均成陽向游子。

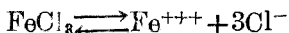
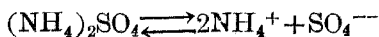
[電離方程式]

- (1) $NaCl$ 之水溶液中, Na 原子成 Na^+ , Cl 原子成 Cl^- 而電離。此事實可以 $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ 表示之。但若將食鹽水煮之使濃, 則成 $Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$, 而有回復原來分子之性質, 此可逆的關係可表示如下。



是謂電離方程式。





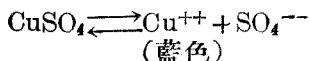
(2) 游子僅能於水溶液中存在，故不溶於水之物質不能成游子，電離方程式亦不能成立。

〔例〕 CaCO_3 不溶於水，故無電離方程式。

〔游子之色〕

大多數游子無色，但易有有色之游子。水溶液之所以呈某色者，即其中游子之色也。

硫酸銅之所以呈藍色者，因

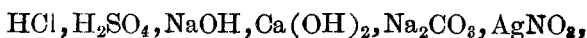


Cu^{++} 為藍色之故。

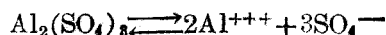
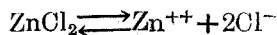
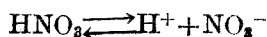
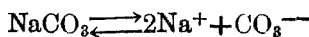
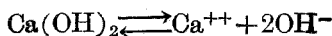
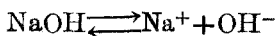
游 子 名	符 號	色	游 子 名	符 號	色
氯游子	Cl^-	無 色	鉻酸根游子	CrO_4^{--}	黃 色
溴游子	Br^-	無 色	氫游子	H^+	無 色
碘游子	I^-	無 色	銨根游子	NH_4^+	無 色
氫氧游子	OH^-	無 色	鈉游子	Na^+	無 色
硝酸根游子	NO_3^-	無 色	鉀游子	K^+	無 色
硫酸根游子	SO_4^{--}	無 色	銀游子	Ag^+	無 色
碳酸根游子	CO_3^{--}	無 色	銅游子	Cu^{++}	藍 色
磷酸根游子	PO_4^{---}	無 色	鎳游子	Ni^{++}	綠 色
過錳酸根游子	MnO_4^-	紫紅色	鈷游子	CO^{++}	淡桃色
重鉻酸根游子	$(\text{Cr}_2\text{O}_7^{--})$	橙紅色	錳游子	Mn^{++}	肉 色

基本問題

(1) 下列化合物在水溶液中如何電離，試以電離式表示之。



〔解〕



(2) 問下列方程式之意義何在？



〔解〕 (1) 硫酸銅(CuSO_4) 之分子, 在水溶液中一部分解離為 Cu 原子與 SO_4 根, Cu 帶陽電, 成陰向游子, SO_4 帶陰電成陽向游子。

(2) Cu 游子之電荷為 2, SO_4 游子之電荷為 2。

3. 食鹽得在水溶液中電離, 試述其理由。

(1) 純水不能導電, 溶入食鹽時, 則導電甚易。

(2) 食鹽之沸點上升(又冰點下降), 殆為非電解質之沸點上升(又冰點下降)之 2 倍。

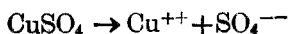
蓋 NaCl 在水中分離為 Na 與 Cl, 此等原子足以影響其溶液之沸點與冰點, 緣非電解質乃逕以其原來之分子存在於水中者, 故前者之沸點與冰點可認為後者之 2 倍。

4. 電解

電解質既在水溶液中分為游子而存在, 試通入電流, 則陽向游子趨向陽極, 陰向游子趨向陰極而移動。既達電極, 則釋其所帶電荷於極, 成為普通原子或根之狀態而遊離。若此遊離物質對於溶劑安定, 則保持其原來狀態而附着於電極或逸出液外。但亦有與溶劑相作用者。電極通常採用鉑(或碳), 以其不致與生成物發生反應也。如以其他物質為電

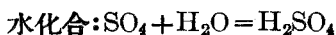
極，則電解物質有與之發生反應之虞。

(1) 硫酸銅之電解……(SO_4^{--} 之變化)



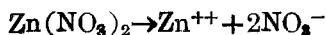
$\text{Cu}^{++} \rightarrow (-)\text{Cu}$ ……成金屬銅。

$\text{SO}_4^{--} \rightarrow (+)\text{SO}_4$ …… SO_4 根不能獨立存在，立即與



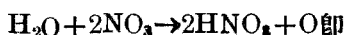
+O即生硫酸及氧。

(2) 硝酸鋅之電解……(NO_3^- 之變化)



$\text{Zn}^{++} \rightarrow (-)\text{Zn}$ ……成金屬鋅析出。

$2\text{NO}_3^- \rightarrow (+)2\text{NO}_3$ ……硝酸根立即與水反應：



生硝酸及氧。

(3) 鹽酸之電解……(Cl^- 之變化)



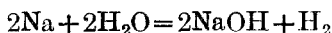
$\text{H}^+ \rightarrow (-)\text{H}$ ……成 H_2 而發生。

$\text{Cl}^- \rightarrow (+)\text{Cl}$ ……成 Cl_2 而發生。

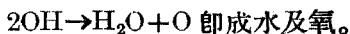
(4) 氫氧化鈉之電解……(OH^- 之變化)



$\text{Na}^+ \rightarrow (-)\text{Na} \cdots \cdots \text{Na}$ 立即與溶劑作用：



$\text{OH}^- \rightarrow (+)\text{OH} \cdots \text{OH}$ 根不能獨立存在：



〔電解之一般法則〕

(1) 陽向游子之變化。

(a) SO_4^{--} 、 NO_3^- 等與溶劑之水反應，生原來之酸及
氧。

(b) Cl^- 成 Cl_2 。

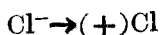
(c) OH^- 成 H_2O 及 O 。

(2) 陰向游子之變化。

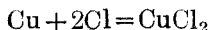
一般金屬游子，俱成各該單體析出，但如 Na 、 K 等
之反應力強者，則與溶劑之水相作用。

(3) 電極如為鉑，碳以外之金屬時，則析出之物質可與
電極作用。

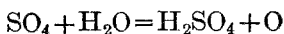
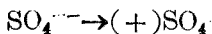
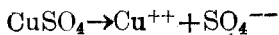
(a) NaCl (陽極 = 銅板)



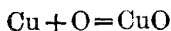
因陽極板為銅，故與 Cl 成氯化銅。



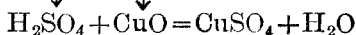
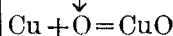
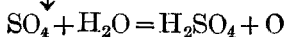
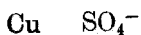
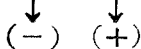
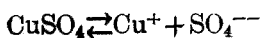
(b) CuSO_4 (極陽 = 銅板)



陽極板爲銅，則因 O 而被氧化。



CuO 爲鹼性氧化物，故又溶於 H_2SO_4 ，結果如次：



基本問題

1. 試說明電解與電離之區別。

〔解〕 電解者，乃通電於電解質溶液時所起之分解反應也。

電離則爲電解質之水溶液中在未通入電流以前，解離爲

陰陽游子之現象。

2. 以鉑爲電極，試述通電流於下列物質水溶液中之化學變化。

(a) 硝酸銀。

(b) 氫氧化鉀。

〔解〕 (a) AgNO_3



Ag^+ 向陰極移動，放電而成金屬之銀 Ag 。

NO_3^- 則向陽極移動，放電而成硝酸根 NO_3^- ，此物即與水作用，生硝酸及氧。

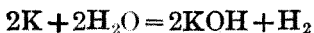


(b) KOH



K^+ 向陰極移動，放電而成金屬鉀 K 。

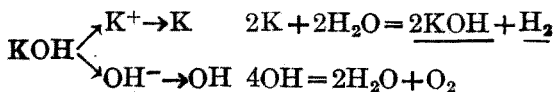
金屬鉀立即與水作用。



OH^- 向陽極移動，放電而成 OH^- ，而



結果

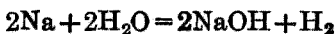


3. 通電流於氯化鈉,其所起變化何若?試理論的說明之。

〔解〕 NaCl 在水溶液中電離如次:



Na⁺ 向陰極移動,放電而成金屬鈉 Na,Na 立即與溶劑之水反應,成



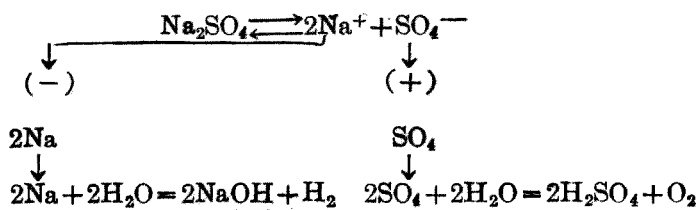
Cl⁻ 向陽極移動,放電而成 Cl₂

結果 陰極生 NaOH 及 H₂,

陽極生 Cl₂。

4. 以鉑為電極,通電流於硫酸鈉之水溶液時,試說明其兩極所起之化學變化。

〔解〕 Na₂SO₄ 電離如次



陽極發生氧,其附近生硫酸。

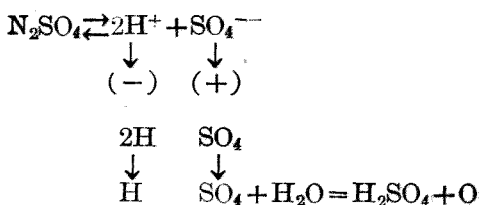
陰極發生氫，其附近生氫氧化鈉。

5. 試由游子說說明水之電解。

〔解〕 H_2O 之純粹者為非電解質，不能導電。

故純水不能電解。

但若加入微量之 H_2SO_4 ，則此 H_2SO_4 起電解如次



即 1 分子之 H_2SO_4 ，電解後又生原來 1 分子之 H_2SO_4 。

氫與氧則以 1 分子與 $\frac{1}{2}$ 分子之比例發生。

故此反應連續進行， H_2SO_4 之量初無變化， H_2O 則以 2H:O 之比例分解，逐漸減少。是謂水之電解。

5 電鍍

〔原理〕

導電流於金屬鹽，則金屬之陰向游子在陰極析出；陽向游子之酸根，則與陽極之金屬板反應，生成原來之鹽。

〔鍍銅〕

鍍銅液…… CuSO_4

當量成比例。

〔例〕 電解 NaCl 時，在兩極所生 Cl_2 及 H_2 之量，與 Cl_2 及 H_2 之化學當量之比(35.5:1)，即 Cl_2 與 H_2 直接化合時之重量比相等。

7. 電離度

電解質成爲溶液時，其物質分子之一部分解離爲游子，其他部分則仍以原來分子而殘留。

表示溶液中分子之若干分已起電離之數，謂之電離度。

$$\text{電離度} = \frac{\text{已電離之分子數}}{\text{溶液中之總分子數}}$$

〔電離度之大小〕

(1) 電離度之大小，視物質之種類而異。

通常一切鹽類之電離度均大，酸鹼則有電離度大者，亦有小者。

(2) 與溶液濃度之關係。

大抵濃度愈小，電離度愈大。

(3) 與溫度之變化亦有多少影響。

8. 酸·鹼之強弱

酸之特性，在其水溶液中有 H^+ 之存在，鹼之特性，則基於 OH^+ 之性質。

〔強酸與弱酸〕

H^+ 多者，即電離度大者為強酸。反之，即為弱酸。

〔強鹼與弱鹼〕

有 OH^- 游子多者為強鹼，反之為弱鹼。

酸·鹼之電離度(常溫, $\frac{1}{10}$ 規定)

酸 · 鹼		游 子 式	電 離 度
強 酸	鹽酸	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	0.9
	硝酸	$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$	0.9
	硫酸	$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{--}$	0.6
稍強酸	磷酸	$H_3PO_4 \rightarrow 3H^+ + PO_4^{---}$	0.1
弱 酸	醋酸	$CH_3COOH \rightarrow H^+ + CH_3COO^-$	0.01
	碳酸	$H_2CO_3 \rightarrow 2H^+ + CO_3^{--}$	0.001
	氫硫酸	$H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{--}$	0.0005
強 鹼	氫氧化鉀	$KOH \rightarrow K^+ + OH^-$	0.9
	氫氧化鈉	$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$	0.9
弱 鹼	氫氧化鋇	$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{++} + 2OH^-$	0.8
	氫氧化銨	$NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$	0.01

基本問題

(1) 試由游子說明醋酸與鹽酸之強弱。

〔解〕 緣酸之特性，基於 H^+ ，故酸之電離度大者， H^+ 之濃度亦大，酸之作用乃強，是謂強酸。反之電離度小，

H^+ 之濃度亦小，酸之作用乃弱，是謂弱酸。

試察醋酸與鹽酸之電離度，則在常溫， $\frac{1}{10}$ 規定濃度時，

鹽酸……90%，醋酸約 1%。

故鹽酸為強酸，醋酸為弱酸。

(2) 鹽酸較強於硫酸，何故？

〔解〕 於 $\frac{1}{10}$ 規定液時，鹽酸之電離度為 90%，硫酸之電離度為 60%。

故同濃度之兩液，同體積中所含 H^+ 游子之數當以鹽酸一方面較硫酸為多。

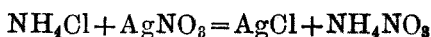
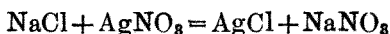
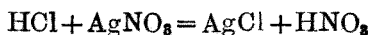
就此點比較，當以鹽酸為強酸。

但硫酸較鹽酸又有氧化作用及不揮發性之兩大優點，亦有注意之必要。

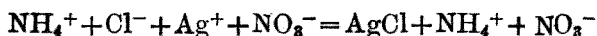
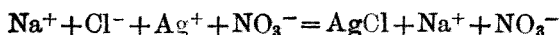
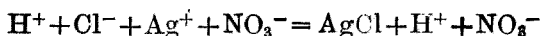
9. 游子反應

水溶液中所起之反應，大多為游子與游子之反應。考及游子之特性，即游子不受與其共存之其他游子之影響；同一游子，呈同一作用。

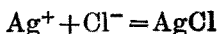
〔例〕 試分別滴加少量之硝酸銀溶液於鹽酸，氯化鈉，氯化銨之溶液中，則均生氯化銀 $AgCl$ 之白色沉澱。



上列各式得以游子式示之：



省略兩邊之共同部份，則得



結果溶液中之 Cl^- 與 Ag^+ 結合，生成 AgCl 之分子。

故 Cl^- 與 Ag^+ 在同一溶液時，與其他游子無關，而常起同樣之反應。此種現象，曰游子反應。

10 中和反應與游子

(1) 〔酸與氫游子〕

HCl , HNO_3 , H_2SO_4 等酸類，在溶液中必電離而生 H^+ 。

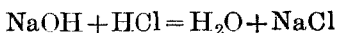
故此等酸類之通性，得認為 H^+ 之作用。

(2) 〔鹼與氫氧游子〕

NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等鹼類，其水溶液中必有

OH^- ，故鹼之特性，得認為此共有之 OH^- 之作用。

(3) [中和之說明]



設以游子式表示上列中和方程式，則



省略兩邊之共同部份，則

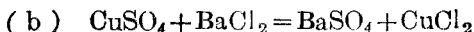
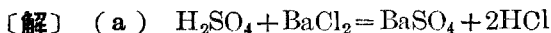


即酸與鹼相中和者，乃酸之氫游子與鹼之氫氧游子相結合，生成不電離之水分子也。

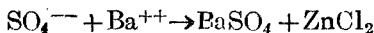
基本問題

1. 試推定下列物質中加入 BaCl_2 時之反應方程式。

(a) 硫酸，(b) 硫酸銅，(c) 硫酸鋅。



以游子式示之，則



即 SO_4^{--} 與 Ba^{++} 存在時，所起共同之反應也。

2. 加硝酸銀於氯酸鉀溶液，不生沉澱。何故？

[解] 硝酸銀電離如次：



但 Ag^+ 遇氯游子 Cl^- ，則生氯化銀 AgCl 之白色沉澱。



然氯酸鉀電離如下，並無氯游子生成。

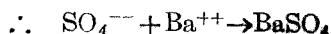
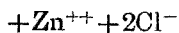
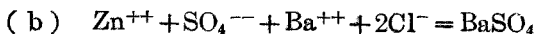
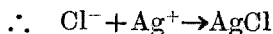
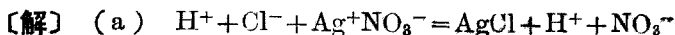


故不能發生 AgCl 之沈澱。

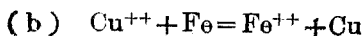
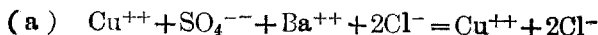
3. 試以游子式示下列反應。

(a) 加硝酸銀溶液於鹽酸時。

(b) 加氯化鋇於硫酸鋅時。



4. 試說明下列化學方程式之意義。



〔解〕 (a) 加 BaCl_2 溶液於 CuSO_4 溶液，兩者各解離

爲 Cu^{++} , SO_4^{--} , Ba^{++} , 2Cl^- 之四種游子。

其中 Ba^{++} 與 SO_4^{--} 立即結合而生 BaSO_4 分子，其他游子，並不發生何種變化。

CuSO_4 加 BaCl_2 之結果，可認爲有 SO_4^{--} 游子與 Ba^{++} 游子發生反應之意義。

(b) 加金屬之鐵於有銅游子存在之溶液，則鐵奪銅游子之電荷而自成游子，銅則成金屬銅而析出。

第六章 元素之週期律

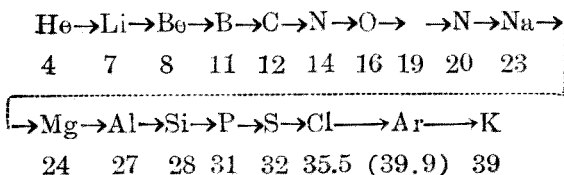
1. 元素之週期律

元素之性質與原子量之間，有一定關係。試以原子量為順序，排列一切元素，則

- (1) 距離若干元素，又有性質類似之其他元素出現。
- (2) 隨原子量之增加，元素之性質有週期性之變化。

以上云云，謂之元素之週期律。

〔例〕



2. 週期表

根據元素之週期律，按照原子量之順序排列一切元素，則得一排列性質類似之元素於同列之表，曰元素之週期表。

〔週期表所示之事項〕

- (1) 同列縱行之元素，有互相類似之性質。

〔例〕 鹼金屬與鹵素。

(2) 同行中之元素，皆有同一原子價，自 0 至 8，按照正規而變遷。

3. 週期表之應用

(1) 推定元素之性質 某元素之性質，得由表中該元素上下左右各元素之性質推定之。

(2) 新元素之發見 週期表中之空位，表示新元素之存在。

(3) 原子量之推敲 比較左右，上下之元素，得推定其他元素之原子量，或校正原子量之錯誤。

4. 原子序

(1) 表示週期表中元素次序之數，曰該元素之原子序。

〔例〕 氫……1 氦……2 鋰……3
鏷……88 鈾……92

(2) 造成一原子之電子數，與各該元素之原子序相等。

〔註〕 原子由帶陽電之核，及旋轉於其週圍之電子（帶陰電）構成。電子之數，視原子之種類而異。

元素之週期表 (原子量示其概數)

族	0 族	1 族	2 族	3 族	4 族	5 族	6 族	7 族	8 族
1		H 1.008							
2	He 4.	Li 7.	Be 9.	B 11.	C 12.	N 14.	O 16.	F 19.	
3	Ne 20.	Na 23.	Mg 24.	Al 27.	Si 28.	P 31.	S 32.	Cl 35.5	
4	Ar 40.	K 39.	Ca 40.	Sc 45.	Ti 48.	V 51.	Cr 52.	Mn 55.	Fe 56.
5		Cu 63.6	Zn 65.4	Ga 70.	Ge 72.6	As 75.	Se 79.	Br 80.	Co 59.
6	Kr 83.7	Rb 85.4	Sr 87.6	Y 89.	Zr 91.	Nb 93.3	Mo 96.		Ru 102.
7		Ag 108.	Cd 112.4	In 115.	Sn 119.	Sb 122.	Te 127.5	I 127.	Rh 103.
8	Xe 131.	Cs 133.	Ba 137.4						Pd 107.
9									
10									
11		Au 197.	Hg 200.6	Tl 204.	Pb 207.	Ta 181.4	W 184.		Os 191.
12	Rn 222.		Ra 226.		Th 232.		U 238.		Ir 193.
原子	(陽) 0	1	2	3	4	5	6	7	
	(陰)				2	3	4	5	
					4	3	2	1	

基本問題

1. 試於下列各元素下方之格內，各填入化學性質近似之元素 1 種。

Na	Ca	Ni	N	O
□	□	□	□	□
K	Ba	CO	P	S

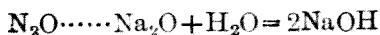
〔解〕

2. 試就元素之週期表，任舉自第一族至第七族各二種元素之名稱。

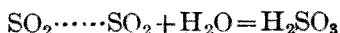
〔解〕	第一族	Na	K
	第二族	Ca	Sr
	第三族	B	Al
	第四族	C	Si
	第五族	N	P
	第六族	O	S
	第七族	F	Cl

3. 試略述元素週期表之位置及其氧化物之性質。

〔解〕 (1) 位於週期表左方之元素，金屬性強，其氧化物為鹼性氧化物。



- (2) 位於週期表右方之元素，非金屬性強，其氧化物為酸性氧化物。



- (3) 介於兩者之間，即位於週期表中間之元素，兼具金屬性及非金屬性。

從而其氧化物得兼有鹼性及酸性。

