

圖表精解

定性分析化學

孫錫洪編

開明書店印行

本書已照著作權法呈請內政部註冊

圖表精解
『定性分析化學』

民國廿六年一月初版

有著作權

※

不許翻印

實價國幣一元五角

(外埠酌加寄費)

編者 孫錫洪

發行者 章錫琛
上海福州路開明書店

印刷者 美成印刷公司
上海梧州路三九〇號

總發行所 分發行所

上海福州路二七八號 南京廣州北平漢口長沙

開明書店 開明書店分店

53983

編者例言

1. 分析化學，不僅在學術上工藝上占有重要地位，且爲一切實驗科學之門徑，故凡研究自然科學者或從事實業醫學者，皆應自學習分析化學始。環顧我國科學落後，而關於此類書籍，尤爲缺乏，茲特採用河村文一教授編著之定性分析化學等書爲藍本，編纂本書，以供我國大學及專門學校教本之用，並作實地分析技術者之參考。

2. 本書重視實際與理論之連絡，故各屬分析後附“總括與化學理論”一節，並在各分離表結末處，特加綱要之分離圖，藉令學者窺見分析化學之核心而得深刻認識，且能喚起實驗興味，不致陷於機械的操作。

3. 陽離子分析法，最近多以硫化鈉法，硫化銨法，硫酸鹽法等替代傳統的硫化氫分析法，故於第二編中特採用 C. J. Brockmann 氏法，以示提倡。

4. 第三屬（硫化銨屬）分析別法，較歷來之方法簡便明確，將來爲一般所採用，不言可知學者宜熟習之。

5. 本書各屬試驗，分預備，正式，特性等項，如能循序以進，由淺入深，則不但分析技術可臻熟練，且學理亦易融會貫通；而欲在短期間內學得分析技能者，則預備試驗亦可省略，直由正式試驗，特性試驗着手。

6. 若試料爲固體時,如能先行乾式試驗,或檢察其色澤結晶形等,則往往可於短時間內獲得良好成績,特於第六編中附述之。

7. 附錄第七章之陽離子反應表及第八章之陰離子反應表,爲分析全篇之提綱,可作學者基本要覽。

8. 本書所用元素及化合物名稱,悉遵教育部公布之化學命名原則,力求其一致。特於第六編第九章將重要分子式採取中英名稱對照之方式彙集成表,以便檢閱。

9. 本書爲便於指導者及實地分析技術者之參考,故關於分析化學上各種重要表格之搜羅,務期詳備。

10. 編者學識淺陋,書中誤謬之處,自知難免,讀者諒而教之,幸甚幸甚!

民國二十五年三月 孫錫洪寫于東京

目次

緒論

1. 定性分析	1
2. 儀器	1
3. 器皿之清淨	2
4. 溶液之調製	2
5. 生澱	2
6. 濾過	5
7. 沈澱物洗滌上之注意事項	6
8. 酸性及鹼性試驗	8
9. 試藥	8
10. 實驗法規	8

第一編 陽離子(金屬根)

陽離子分屬概論	9
I. 普通元素之分屬	9
II. 稀有元素之分屬	11
III. 分屬練習(分屬表,分屬圖)	11
第一章 第一屬(氯化氫屬)	14
第一節 預備試驗	14

A.【分離】 氯化物之生成及其溶解度(15) BiCl_3 , SbCl_3 之加水分解(15) Pb^{++} 之分離(16) Ag^+ 與 Hg_2^{++} 之分離(16)

B.【確認試驗】 Pb^{++} 之確認(16) Ag^+ 之確認(17) Hg_2^{++} 之確認(17)

第二節 正式試驗..... 18

已知試料之分析(18) 未知試料之分析(18) 分離檢出表——第一表(第一屬)(18) 分離檢出圖——第一圖(第一屬)(20)

第三節 第一屬之總括與化學理論..... 21

關於 HCl 之處理(21) 關於 Pb^{++} (21) 關於 Ag^+ (23) 關於 Hg_2^{++} (23) 電化列(24)

第二章 第二屬(硫化氫屬)..... 26

第一節 預備試驗..... 26

A.【分離】 硫化氫之作用(27) 銅類與錫類之分離(27) Hg^{++} 之分離(28) Pb^{++} 之分離(28) Bi^{+++} 之分離(29) Cu^{++} 與 Cd^{++} 之分離(29)

B.【確認試驗】 Hg^{++} 之確認(30) Pb^{++} 之確認(30) Bi^{+++} 之確認(30) Cu^{++} 之確認(31) Cd^{++} 之確認(31)

第二節 正式試驗..... 31

已知試料之分析(31) 未知試料之分析(32)

第三節 預備試驗..... 32

A.【分離】 硫化氫之作用(32) 多(黃色)硫化銨之作用(33) 碲代鎢鹽遇硫酸之分解(33) As^{+++} , As^{++++} 之分離(34) Sn^{+++} 與 Sb^{+++} 之分離(34)

B.【確認試驗】 As^{+++} , As^{++++} 之確認(35) Sb^{+++} , Sb^{++++} 之確認(35) Sn^{++} , Sn^{+++} 之確認(36) Sb 與 As 之識別(36) Sn^{++} 與 Sn^{+++} 之識別(37)

第四節 正式試驗..... 37

已知試料之分析(37) 未知試料之分析(38) 分離檢出表——第二表 A (銅類)(38) 分離檢出表——第二表 B (錫類)(40) 分離檢出

圖——第二圖 A (銅類)(41) 分離檢出圖——第二圖 B (錫類)(42)	
第五節 第二屬之總括與化學理論.....	43
I.【銅類】 硫化物之生成與溶解積(43) 硫化物之生澱與酸之濃度(45) 關於 Hg^{++} (46) 關於 Po^{++} (46) 關於 Bi^{+++} (47) 關於 Cu^{++} (48) 關於 Cd^{++} (48) $S_2O_2N_2H_4$ 之生成(49) $Ca(CN)_4^{=}$ 與 $Cd(CN)_4^{=}$ 之錯度(49)	
II.【錫類】 H_2S 對於 As^{+++} , As^{++++} 之作用(50) $(NH_4)_2S_x$ 之作用(51) 關於 As^{+++} , As^{++++} (52) 關於 Sb^{+++} , Sb^{++++} (53) 關於 Sn^{++} , Sn^{+++} (54) Sb 與 Sn 之另一分離法(55)	
第三章 第三屬(硫化鉍屬).....	57
第一節 預備試驗.....	57
I.【障害物質】 磷酸離子不存在時之情形(58) 磷酸離子之影響(58) $PO_4^{=}$ 之除去(58) Ca 類之試驗(59) $PO_4^{=}$ 之試驗(59)	
II.【鐵類與鋁類之分離】 NH_4OH 之作用(60) H_2S 之作用(61) 沈澱物之溶解(61) $NaOH$ 之作用(62) Na_2O_2 之作用(63)	
A.【分離】 III. 鐵類—— Mn^{++} 之分離(63) Fe^{+++} 之分離(64) Cr^{++} 與 Ni^{++} 之分離(64) IV. 鋁類—— Al^{+++} 之分離(65) Zn^{++} 與 Cr^{+++} 之分離(65)	
B.【確認試驗】 Mn^{++} 之確認(65) Fe^{++} , Fe^{+++} 之確認(66) Co^{++} , Co^{+++} 之確認(66) Ni^{++} 之確認(67) Al^{+++} 之確認(67) Cr^{+++} , Cr^{+++} 之確認(67) 醚, 過氧化氫試驗(68) Zn^{++} 之確認(68)	
第二節 正式試驗.....	68
已知試料之分析(68) 未知試料之分析(68) 分離檢出表——第三表 A (鐵類與鋁類之分離)(69) 分離檢出表——第三表 B (鐵類)(70) 分離檢出表——第三表 C (鋁類)(72) 分離檢出表——第三表 D ($PO_4^{=}$ 之除去)(76) 分離檢出圖——第三圖 A (鐵類與鋁類之分離)(73) 分離檢出圖——第三圖 B (鐵類)(74) 分離檢出圖——第三圖 C (鋁類)(75)	

第三節 特殊試驗.....	76
Fe^{++} 與 Fe^{+++} 之識別(76) Cr^{+++} 與 Cr^{+++} 之識別(77)	
Mn^{++} 與 Mn^{+++} 之識別(77) Co^{++} 與 Co^{+++} 之識別(77)	
第四節 另一分離法.....	78
分離表——第三表 a (第三屬)(78) 分離圖——第三圖 a (第三屬)(79)	
第五節 第三屬之總括與化學理論.....	80
生澱與分屬(80) $\text{PO}_4^{=}$ 之影響及其除去(80) H_2S 之逐去與 NH_4Cl 之存在(81) NH_4OH 之過剩度(82) NiS , CoS 之溶解(83) 兩性作用之利用(83)	
I.【鐵類】 關於 Mn^{++} (83) 關於 Fe^{++} , Fe^{+++} (85) 關於 Co^{++} , Co^{+++} (86) 關於 Ni^{++} (87) 關於 Zn^{++} (88)	
II.【鋁類】 關於 Al^{+++} (89) 關於 Cr^{+++} , Cr^{+++} (90) 關於 Zn^{++} (92) 關於第三屬之另一分離法(93)	
第四章 第四屬(碳酸鈉屬).....	95
第一節 預備試驗.....	95
A.【分離】 碳酸鹽之生成及其溶解度(95) MgCO_3 之分離(96) $\text{H}\cdot\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ 之作用(96) Ba^{++} 之分離(96) Sr^{++} 與 Ca^{++} 之分離(97)	
B.【確認試驗】 Ba^{++} 之確認(97) Sr^{++} 之確認(98) Ca^{++} 之確認(98) 鹼土類鹽之溶解度(98)	
第二節 正式試驗.....	98
已知試料之分析(99) 未知試料之分析(99) 分離檢出表——第四表(鹼土類)(99) 分離檢出圖——第四圖(鹼土類)(100)	
第三節 第四屬之總括與化學理論.....	101
關於 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 之處理(101) 關於 Ba^{++} (102) 關於 Sr^{++} (103) 關於 Ca^{++} (104)	
第五章 第五屬(可溶性屬).....	105

第一節 預備試驗.....	105
【分離及確認試驗】 Mg^{++} 之分離與確認(105) K^+ 之分離與確認(106) Na^+ 之分離與確認 106) NH_4^+ 之確認(107)	
第二節 正式試驗.....	107
未知試料之分析(107) 分離檢出表——第五表(第五屬)(108) 分離檢出圖——第五圖(第五屬)(109)	
第三節 第五屬之總括與化學理論.....	110
NH_4^+ 之逐去(110) 關於 Mg^{++} (111) 關於 K^+ (112) 關於 Na^+ (112) 關於 NH_4^+ (113) 陽離子分屬法概觀表(114) 陽離子分析法概觀圖(第六圖)(115) 陽離子分析一覽表(116)	

第二編 不使用硫化氫之陽離子分析法

第一章 分屬法.....	118
分屬概觀表.....	119
分屬概觀圖(第七圖).....	120
第二章 分離及檢出法.....	121
分離檢出圖——第七圖 A(硫酸屬).....	122
分離檢出圖——第七圖 B(氫氧化物屬, A類).....	124
分離檢出圖——第七圖 C(氫氧化物屬, B類).....	125
分離檢出圖——第七圖 D(兩性屬).....	127

第三編 陰離子(酸根)

陰離子分屬概論.....	129
第一章 第一屬(硫酸鹽屬).....	132
【預備試驗】 第一屬員試驗概觀表.....	132
【特選試驗】 1. CO_3^{--} 之試驗(133) 2. HCO_3^- 之試驗(133)	

3. SO_4^{2-} 之試驗(134) 4. CrO_4^{2-} 之試驗(134) 5. PO_4^{3-} 之試驗(135)
 6. F^- 之試驗(135) 7. SO_3^{2-} 之試驗(136) 8. BO_3^{3-} 之試驗(137)
 9. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 之試驗(138) 10. $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ 之試驗(138) 11. SiO_3^{2-} 之
 試驗(138) 12. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 之試驗(138)

第二章 第二屬(氯化物屬).....140

【預備試驗】 第二屬員試驗概觀表.....140

- 【特性試驗】 1. Cl^- 之試驗(140) 2. Br^- 之試驗(141) 3. I^- 之
 試驗(141) 4. S^{2-} 之試驗(142) 5. $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ 之試驗(143) 6.
 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 之試驗(143) 7. SCN^- 之試驗(143) 8. CN^- 之試
 驗(144)

第三章 第三屬(硝酸鹽屬).....145

【預備試驗】 第三屬員試驗概觀表.....145

- 【特性試驗】 1. NO_3^- 之試驗(145) 2. NO_2^- 之試驗(146) 3.
 $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$ 之試驗(147) 4. ClO_3^- 之試驗(147) 5. MnO_4^- 之試
 驗(148)

第四章 陰離子之分離及檢出表.....149

- 分離表——第六表.....149
 預備檢出表——第七表.....150
 分離檢出表——第八表(第一屬).....151
 分離檢出圖——第八圖(第一屬).....152
 分離檢出表——第九表(第二屬).....153
 分離檢出圖——第九圖 A(第二屬).....155
 分離檢出圖——第九圖 B(第二屬).....156
 陰離子分析上之注意.....157

第一章 溶液之調製	161
液體試料	161
固體試料	161
第二章 固體試料之預備試驗	163
1. 氮之檢出	163
2. 揮發酸之檢出	163
3. 有機物之檢出	163
4. 磷酸離子之檢出	164
第三章 固體試料之溶解與分解	165
A. 【非金屬試料】 1. 含存有機物者(165) 2. 不存有機物者(165)	
B. 【金屬試料】	167
C. 【陰離子分析試料之調製】 1. 鹽(167) 2. 礦石(167)	
第四章 陽離子分析總括	168
1. 第一屬	168
2. 第二屬	168
3. 第三屬	168
4. 第四屬	169
5. 第五屬	169
分屬概觀表	170
第五章 陰離子分析總括	171
互相障害	171
由 CO_2 , H_2S 檢出 $\text{CO}_3^{=}$, $\text{S}^{=}$	171
1. 第一屬	172
2. 第二屬	172
3. 第三屬	172

第六章 陰離子分析概要	173
1. 氧化性陰離子之檢出	173
2. 還元性陰離子之檢出	173
3. 由混合物中檢出 SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SO_3^{2-} , F^-	174
4. 由混合物中檢出 CNS^- , Cl^- , Br^- , I^- ,	174
5. 由混合物中檢出 NO_3^- , NO_2^-	175
6. BC_3^{3-} 之檢出	175
7. $\text{As}_2\text{O}_4^{4-}$, AsO_3^{3-} 之檢出	176
8. CO_3^{2-} , S^{2-} 之檢出	176
陰離子分析概觀表	176

第五編 試藥及試液之調製

第一章 試藥之調製	179
1. 酸及鹼之溶液	179
2. 鹽之溶液	180
3. 其他溶液	182
4. 固體試藥	183
5. 特殊試藥	184
第二章 試液之調製	186
1. 陽離子試液	186
2. 陰離子試液	187

第六編 附錄

第一章 固體試料之乾式試驗	189
I. 木炭上的吹管試驗	189

II. 吹管試驗 A,B	190
III. 焰色試驗	192
IV. 溶球試驗	193
V. 玻璃封管試驗	194
VI. 焰之溫度及溫度之標準	195
第二章 結晶系	197
I. 等軸晶系	197
II. 正方晶系	197
III. 六方晶系	198
IV. 斜方晶系	198
V. 單斜晶系	199
VI. 三斜晶系	200
VII. 同形	200
檢鏡圖	201
固體試料色澤一覽表	205
第三章 元素之所在	207
普通元素之產出所在	207
週期律與各元素含有礦物表	211
第四章 溶解度	218
一般難溶性鹽之溶解積常數	218
金屬硫化物准可完全生澱之最大酸度	222
第五章 氧化及還元機能	224
氧化性物質與其氧化機能	224
還元性物質與其還元機能	225
原子價表	226
電化列表	233

電離度表.....	233
氫離子濃度.....	235
pH 比例尺.....	236
液性之強弱.....	237
第六章 主要酸鹼液之比重濃度對照表.....	238
1. 甲醇(酒精).....	238
2. 鹽酸.....	239
3. 硝酸.....	240
4. 硫酸.....	242
5. 濃硫酸.....	244
6. 磷酸.....	244
7. 醋酸.....	245
8. 氨水.....	246
9. 氫氧化鈉.....	247
10. 氫氧化鉀.....	248
11. 濃氨及氫氧化銨.....	249
12. 婆美換算比重表.....	250
第七章 陽離子反應表.....	252
第八章 陰離子反應表.....	263
第九章 重要分子式之中英名稱對照表.....	270
第十章 定性分析應備器物表.....	294
原子週期表.....	卷首
萬國原子量表.....	卷首
溶解度表.....	卷末

定性分析化學

緒論

1. 定性分析 (Qualitative analysis)

定性分析是件用化學理論而檢定一切物質成分性質之專門學科，先由陽離子 (Cation, positive ion 即金屬根 [Metal radical]) 分析着手，再作陰離子 (Anion, negative ion 即酸根 [Acid radical]) 分析，繼而學習系統的分析。

註 NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$, Ag_2CrO_4 等，其中能成陽離子者係 Na^+ , Ca^{++} , Fe^{+++} , Cu^{++} , Ag^+ ；成陰離子者係 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--} , $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$, CrO_4^{--} 。

2. 儀器 (Apparatus)

各種儀器 (圖 1)，各俱特效用度。通硫化氫氣體時宜用錐瓶 (Erlenmeyer flask)，急速蒸發宜用燒杯 (Beaker) 置於鐵絲網上加熱，如欲蒸發乾涸時，則用磁製蒸發皿為宜。普通定性分析上應備器物，如第六編第八章列表所載。

3. 器皿之清淨

整淨器皿與徹底理解實驗方法，爲分析上求正確迅速之第一要件。故實驗所用一切器具應預爲清淨之，玻璃器皿可用 Clearing mixture (濃硫酸中混和重鉻酸鉀粉末) 將其全部潤溼，數分鐘後，用自來水沖洗，再以蒸餾水洗淨之。

4. 溶液之調製

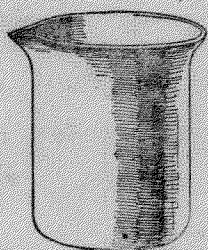
關於固體試料之溶解，詳述於第四編內。所與試料溶液爲酸性(用石蕊紙試驗)時，以氨水中和之，次加鹽酸待石蕊試紙呈紅色爲止。此時若使用硝酸，則第二屬員分離之際，障礙硫化物的生澱；若使用硫酸，鉛及鉍成硫酸鹽而沈澱。然使用鹽酸，則僅第一屬員成爲氯化物而生澱。

銨根，應取最初之試料少許檢出之。

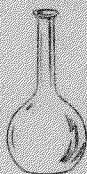
5. 生澱 (Precipitation)

沈澱劑應充分添加至生澱完結爲度，故必須在其上層澄液或濾液中試加沈澱劑數滴，確定生澱是否完成。若加之過剩太甚，則不但溶液之容積過大，分析結果亦反有所誤。例如難溶性之 $PbCl_2$, $AgCl$, Hg_2Cl_2 如遇 HCl 量過

圖 一 器 皿



燒 杯



平底燒瓶



錐 瓶



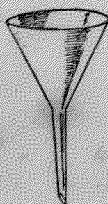
蒸 發 皿



寬口瓶



細口瓶



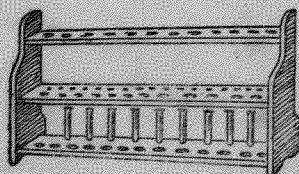
漏 斗



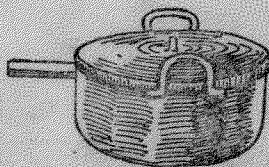
坩 埚



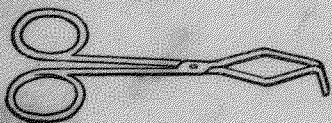
分液漏斗



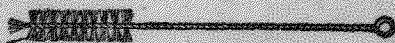
試 管 架



湯 鍋



坩 埚 鉗



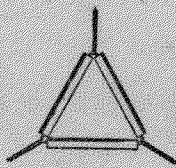
刷 子



煤 氣 燈



三 脚 架



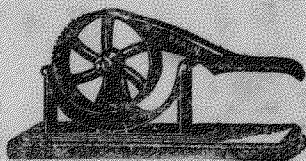
泥 三 角



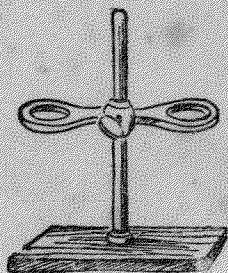
比 重 計



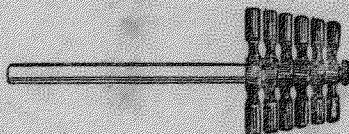
量 筒



木 塞 棒 壓 牀



漏 斗 架



塞 續

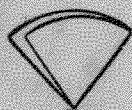
剩太甚時，即有成爲可溶性的錯化合物 H_2PbCl_4 , H_2AgCl_3 , $H_2Hg_2Cl_4$ 之虞。反之，在第二屬分離上硫化砷之生澱不易。所以，其濾液呈強 HCl 酸性時，即再通以 H_2S ，務使砷素完全生澱。

膠狀沈澱通過濾紙時，煮沸使之凝集，或應加銨鹽促其沈澱。洋菜膠似的沈澱物有 $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$ 等。此等沈澱物容易吸着其他物質，多少呈有結晶狀沈澱物之性質。例如 $SrSO_4$ 能吸着 Fe^{+++} , Al^{+++} , Cr^{+++} , Ni^{++} , Co^{++} , Cu^{++} 等而不能吸着 Hg^{++} ; $BaSO_4$ 及 $CaSO_4$ 吸着 Fe^{+++} ; $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, 及 $Al(OH)_3$ 吸着 Zn^{++} , Cu^{++} , Ni^{++} , Cl^{+} , Ca^{++} 而不能吸着 Ag^+ ; 又有 $BaCO_3$, $CaCO_3$ 及 $SrCO_3$ 吸着 Fe^{+++} , Mg^{++} 者。故須注意。

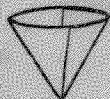
6. 濾過 (Filtration)

欲將液體中混存之固體分出使用普通濾過法，此際

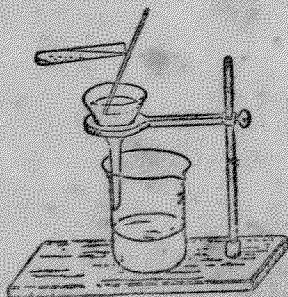
圖二



濾紙折疊方式



濾紙開張方式



圖三 過濾模樣

所得之液稱爲濾液 (Filtrate)。

註 (i) 取一濾紙，先折半重疊，再依直角形摺成四重，旋用手指插入第二重開展濾紙成一空圓錐形，置入漏斗中，以水潤溼之，使其密着於漏斗之壁。

(ii) 爲防止濾液之跳躍也見，可將漏斗柄觸靠於玻璃杯內側。

(iii) 所用濾紙之大小，其半徑必須較漏斗之半徑小數分。

7. 沈澱物洗滌上之注意事項

(a) 不使沈澱物陷入濾紙折縫內，應將濾紙緊密貼着漏斗。

(b) 濾紙之最上端須在漏斗邊以下數分之處。

(c) 爲防阻濾液之混濁(因沈澱物微小，通過濾紙)，可於溫熱溶液中徐徐添加沈澱劑，時時攪拌，使結晶充分長成。

(d) 如此尚呈混濁時，則可加揮發性鹽如氯化銨硝酸銨等以防止膠質之生成。又於洗滌水中加入此等揮發性鹽以防止洗液之混濁。

(e) 欲確證生澱之完結，常於濾液中試加沈澱劑數滴。

(f) 膠質狀沈澱，需要長時間的濾過，且常含蓄不易分離之雜質，故爲免避此種困難起見，溶液中可混以紙漿(破碎濾紙調製之或在濾紙上散置紙漿少許)。

(g) 結晶性沈澱物及易於沈降之沈澱物，常用傾泌法 (Decantation) 處理之。

註 待沈澱物全部下沉於杯底，輕輕將其上層澄液瀉出，留意不使沈澱物擾動，如此傾泌洗滌數次，迨沈澱內之夾雜物完全洗淨為止。

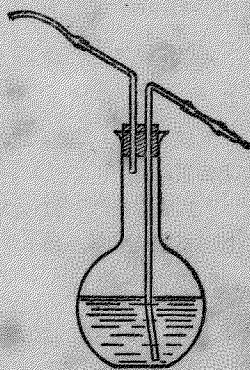
(h) 沈澱物有吸着其他物質之虞時，可將該沈澱物溶解，再三生澱之。

(i) 生澱所用之玻杯，如其內壁遇有沈澱物附着時，則以玻棒端上套有橡皮管之器具(有名之為policeman者)拭落之，然後吹噴洗瓶內之水將其完全洗入濾紙中。

(j) 由沈澱物常應確斷不純物是否充分除去。

(k) 含存於濾紙中之沈澱物，用洗瓶內噴出之水令其由濾紙上端向下方沖落而同時洗滌之。此時所用之洗滌水不能滿過濾紙之三分之二以上，且每次洗滌須俟濾紙內溶液已全流盡後方能有效。

(l) 沈澱物有必需用溫水洗滌者，溫水中亦常有先溶解揮發性鹽，但此所加物應含有與沈澱物之共同離子。例如 $PbSO_4$ 用稀硫酸洗滌， $K_2Co(NO_2)_6$ 用含有少量 KNO_2 之 $KC_2H_3O_2$ 溶液洗滌，磷鉬酸鉍用硝酸鉍溶液洗滌。又膠質狀沈澱如鐵鋁等之氫氧化物可用溫水洗滌之。



圖四 洗瓶

8. 酸性 (Acidity) 及鹼性 (Alkalinity) 試驗

取石蕊試紙一小條，溼潤之，以玻棒蘸取欲試之溶液數滴，落於其上，如變成紅色則為酸性，如變成藍色則為鹼性。此後藉石蕊試紙識別液性之處甚多。

9. 試藥 (Reagents)

試藥，可說是分析者之主要工具，其純否，濃淡，過多或不足皆能左右分析結果之正確，故必須選用化學的純淨者 (Chemical pure)，用量亦得確守所指定之適度。

試藥之調製詳載於第五編內。

註 濃度：普通以規定度表之。一規定 (1N) 液即溶液一升中溶有一克當量之物質。

其他方法，有用百分率，比重，或如 HNO_3 1:3 表之者。 HNO_3 (1:3) 意即濃硝酸 1 容積中加水 3 容積而成為 4 容積之溶液。

10. 實驗法規

開始各種實驗之前，必須熟讀分析方法並理解其操作意義，決不可視為機械的工作，實驗時所生一切現象，均須注意觀察並隨時記錄於筆記本上，遇有化學變化時，即應自先試作其反應方程式。

第一編 陽離子

(金屬根)

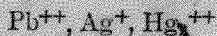
陽離子分屬概論

1. 普通元素之分屬

以分屬試藥 (Group reagent), 添加於含有陽離子之溶液中作一有組織的分離, 再加以適當處理, 則可由各屬之沈澱物, 檢定各屬員之存在。普通金屬元素, 通常分爲以下五屬:

第一屬 氯化氫屬或銀屬 (Hydrogen chloride group)

此屬員之氯化物, 難溶於水或稀酸中。

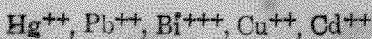


第二屬 硫化氫屬 (Hydrogen sulfide group)

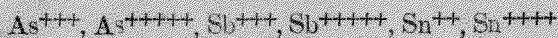
此屬員之氯化物, 皆溶於水, 於其酸性 (0.3N, HCl) 溶液中通以 H_2S , 則生硫化物沈澱, (Pb^{++} 係第一屬鉛之殘餘), 按其性質又可分爲二類:

【銅類】 (Copper Division) 其硫化物不能溶解於黃色

硫化鉍者:



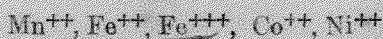
【錫類】(Tin Division) 其硫化物能溶解於黃色³硫化鉍者:



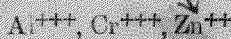
第三屬 硫化鉍屬 (Ammonium sulfide group)

此屬員皆不能由酸性 (0.3N, HCl) 溶液中生成硫化物沈澱, 但在含有 NH_4Cl 及 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 之 NH_4OH 性溶液中, 則成硫化物及氫氧化物而沈澱。亦可分為二類:

【鐵類】(Iron Division) 藉濃鹼及氧化劑之作用而生氫氧化物沈澱者:

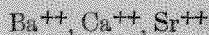


【鋁類】(Aluminium Division) 藉濃鹼及氧化劑之作用而成可溶性之鹼鹽者:



第四屬 碳酸鉍屬或鹼土類屬 (Ammonium carbonate group)

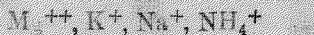
存有鉍鹽時, 此屬員之硫化物及氫氧化物皆為可溶性, 若在 NH_4OH 性溶液中加以碳酸鉍, 則成碳酸鹽沈澱。



第五屬 鹼屬或可溶性屬 (Soluble group)

無分屬試藥。除 Mg 外, 凡此屬員之氯化物硫化物, 氫氧化物及碳酸鹽等皆係可溶性。 Mg 之氫氧化物及碳酸鹽均難溶於純水, 但可溶於含鉍鹽之溶液中。故在分

析化學上, Mg 之地位應在第四屬與第五屬之間。



2. 稀有元素之分屬

稀有元素不在普通分析化學範圍之內類別之, 亦有五屬:

第一屬: W, Tl, Ta, Mo, Te.

第二屬: Rh, Pd, Os, Ru, Au, Pt, Ir, Mo, Te, Se.

第三屬: Gl, Ce, Nd, Pr, Er, La, Cb, Sc, Ta, Ti, Th, Yt, Yb,
Zr, U, In, Ga, V.

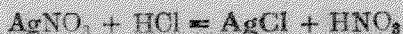
第四屬: Ra.

第五屬: Li, Cs, Rb.

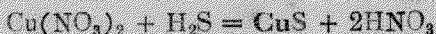
3. 分屬練習

試液 (Test solution) 每 cc. 中, 通常含有所與之屬員各 10 毫克, 故試液 5 cc. 中, 各種離子即有 50 毫克之存在。茲作最簡單的分屬練習如下:

(1) 第一屬 取 A, B, C, D, E 小玻杯五個 (小錐瓶或大試管亦可), 於每個杯中僅加各屬之屬員一種, 例如分別注入銀, 銅, 鐵, 鈣, 鈉之硝酸鹽試液 5 cc., 各再加水 5 cc., 然後各添加濃鹽酸 5 cc., 結果, 祇 A 產生白色沈澱 AgCl (Silver chloride).



(2) 第二屬 用水將 B, C, D, E, 一一沖稀至 75-100 cc., 各通以 H_2S , 則祇見 B 有黑色沈澱 CuS (Copper sulfide) 發生,



(3) 第三屬 於 C, D, E 溶液加 NH_4OH 至紅色石蕊試紙變藍為止 見 C 生成黑色沈澱 FeS .



(4) 第四屬 滴 HCl 於 D, E 中使石蕊試紙變紅, 煮沸之, 將遊離硫黃濾去; 復加 NH_4OH 使其呈鹼性, 添加 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 試藥 4-5 cc, 則 D 有白色沈澱 CaCO_3 (Calcium carbonate) 產生,



由 (1) 至 (4) 之試驗, 爲分屬操作。以下之表及圖, 則將其關係作一更簡明之表示。圖中長方形表示沈澱, 圓圈表示溶液。預備練習完畢, 可由指導者領取未知試料, 照以前步驟作同樣試驗, 每得沈澱則濾別之, 至最後之濾液, 將其蒸發乾涸, 再強熱之, 細察有無殘渣發生?

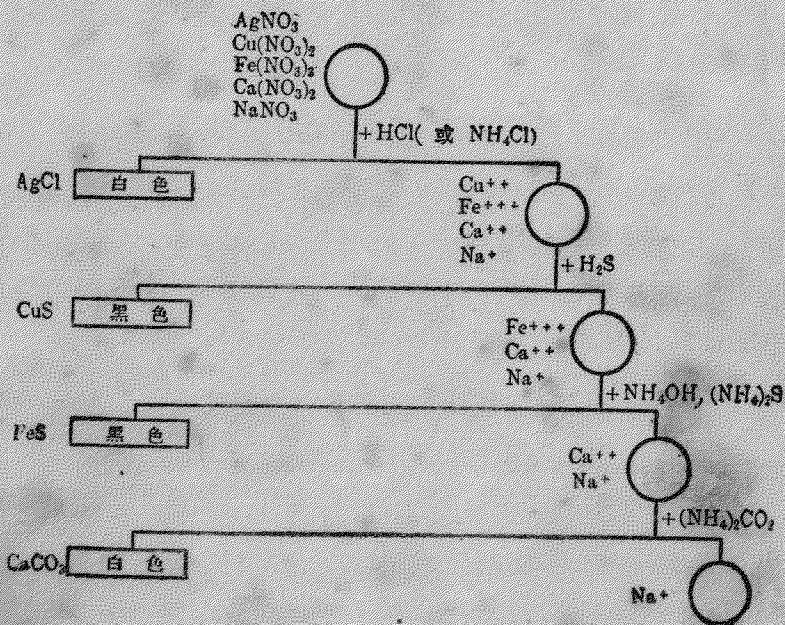
分 屬 表

分屬試藥	Ag	Cu	Fe	Ca	Na
1. HCl	AgCl	溶液	溶液	溶液	溶液
2. H_2S , 0.3 N, HCl		CuS	溶液	溶液	溶液

3. H_2S, NH_4OH			FeS	溶液	溶液
4. $(NH_4)_2CO_3$				$CaCO_3$	溶液
5. 無分屬試藥					溶液
所 屬	一	二	三	四	五

1. HCl; 2. H_2S ; 3. $(NH_4)_2S$; 4. $(NH_4)_2CO_3$; 5. 蒸發乾涸強熱。

分 屬 圖



第一章 第一屬

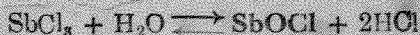
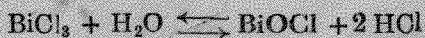
(氯化氫屬,或銀屬)

銀	Silver	Ag ⁺
亞汞	Mercurous mercury	Hg ₂ ⁺⁺
鉛	Lead	Pb ⁺⁺

此屬員在中性或酸性溶液中,遇氯離子之添加,皆生氯化物沈澱。

第一節 預備試驗 (Preliminary tests)

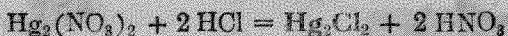
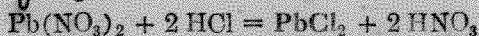
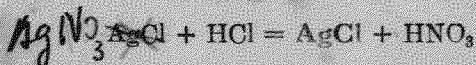
預備試驗,爲屬之分離與屬員之確認試驗的預備練習。鉍(Bi⁺⁺⁺)及銻(Sb⁺⁺⁺)因易起加水分解(Hydrolysis),故試料溶液之酸性度太小時,可與銀屬共生氧氯化物(Oxychloride)而沈澱。



取前述之試液5cc.,其中常含各種離子約各50毫克,由定性操作之最後結果,雖知其大略,但同時亦能顯示量的概念。

A. 分離 (Separations)

【氯化物之生成及其溶解度】 取小玻璃杯五個，用紙條標記 Ag^+ , Pb^{++} , Hg_2^{++} , Bi^{+++} , Sb^{+++} 等字樣，每杯加 AgNO_3 (Silver nitrate), $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 或 SbCl_3 之試液一種，各為 5 cc.，其次，各加 6 N, HCl 1 cc.，則 Ag^+ , Pb^{++} , Hg_2^{++} 杯中各呈白色沈澱 AgCl , PbCl_2 , Hg_2Cl_2 .



註 各氯化物在 20°C 之純水 100 cc. 中之溶解量：

AgCl 0.15 mg.

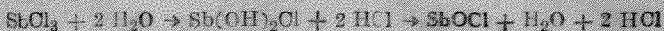
Hg_2Cl_2 0.31 mg.

PbCl_2 960.0 mg.

因此，一部份 PbCl_2 移留於濾液內，在第二屬中檢出，乃當然之事。

【 BiCl_3 , SbCl_3 之加水分解】 若於各溶液約加蒸餾水 20 cc. 稀薄之，則 Bi^{+++} 及 Sb^{+++} 溶液中，產生 BiOCl 及 SbOCl 之白色沈澱。次於含有此沈澱之溶液中滴加濃 HCl ，一面攪拌，足使沈澱溶解為度。

註 氧氯化物之生成，分以下二步進行。



所以， HCl 之添加可促此反應逆行。

1. 【鉛 Pb^{++} 之分離】 將含有 $AgCl$, Hg_2Cl_2 及 $PbCl_2$ 之溶液煮沸,則僅 $PbCl_2$ 溶解。故 $PbCl_2$ 可用熱水由此 3 種氯化物之混合液中分離得之。

註 $PbCl_2$ 在純水 100 cc. 中之溶解度:

0°	15°	25°	100°
0.673g.	0.907g.	1.079g.	3.208g.

2. 【銀 Ag^+ 與亞汞 Hg_2^{++} 之分離】 待 $AgCl$ 及 Hg_2Cl_2 完全沈降,注意杯底之沈澱物將上層澄液泌去,於各沈澱物上添加 NH_4OH 試藥數 cc., 則 $AgCl$ 成錯鹽 $Ag(NH_3)_2Cl$ (Silver di-ammonium chloride) 而溶解, Hg_2Cl_2 成黑色殘渣 (Residue) $HgNH_2Cl$ (Mercuric amine chloride) + Hg^0 . 故 $AgCl$ 與 Hg_2Cl_2 可用 NH_4OH 試藥分離之。

註 Hg^0 表示金屬水銀。



註 若多量之 Hg_2Cl_2 與少量之 $AgCl$ 混和時,加以 NH_4OH , 則生成之 Hg^0 將 $AgCl$ 還元而生金屬狀 Ag , 此 Ag^0 留存於汞化物之黑色殘渣中。



故用 NH_4OH 不能使 $AgCl$ 完全分離。

在此情形時,用王水 (Aqua regia) 處理黑色殘渣,則黑色殘渣成 $HgCl_2$ 而溶解, Ag^0 成 $AgCl$ 而殘留。然 Ag^0 量極微時,因過剩之 HCl 溶解而落於濾液,如將濾液稀釋,則生 $AgCl$ 沈澱呈白濁色。

B. 確認試驗 (Confermatory tests)

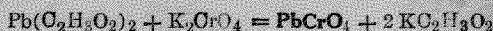
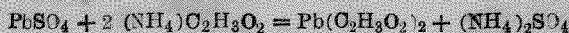
1. 【鉛 Pb^{++} 之確認】 小杯盛水 10-15 cc., 加 $Pb(NO_3)_2$

試液 5 cc., 再滴入稀硫酸則生白色沈澱 PbSO_4 .



註 用傾瀉法將上層澄液泌去, 添加醋酸銨或醋酸钠溶液, 則 PbSO_4 溶解。

加 K_2CrO_4 或 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 試藥於此溶液, 即生黃色沈澱之 PbCrO_4 (Lead chromate)。此乃 Pb^{++} 之確證。



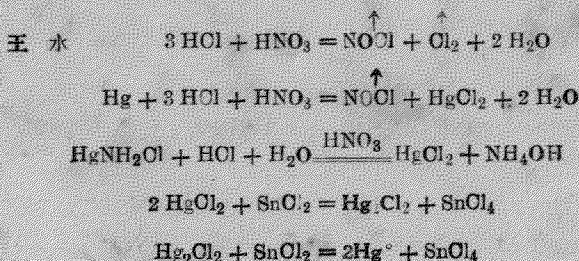
2. 【銀 Ag^{+} 之確認】 杯中先盛水 10-15 cc., 加 AgNO_3 試液 5 cc., 再滴入稀鹽酸, 則生白色沈澱 AgCl 。泌棄澄液, 用石蕊試紙加 NH_4OH 試藥使其呈鹼性爲止。 AgCl 溶解而呈無色。 再加稀 HNO_3 (或 HCl), 使其呈酸性, 則復生 AgCl 沈澱。 此乃 Ag^{+} 之確證。



3. 【亞汞 Hg_2^{++} 之確認】 以玻杯取 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ 試液 5 cc., 加稀 HCl 使其全部沈澱, 次加 NH_4OH , 生黑色殘渣 $\text{HgNH}_2\text{Cl} \cdot \text{Hg}^0$, 此乃 Hg_2^{++} 之確證。



註 將此黑色殘渣(金屬汞與氯化氨基汞)盛於杯中,加王水數 cc. 溶解之,充分煮沸以驅逐過剩之酸。凡汞皆成可溶性之 Hg_2Cl_2 。若加二氯化錫試藥,則 $HgCl_2$ (Mercuric chloride) 還元而成白色沈澱 Hg_2Cl_2 (Mercurous chloride)。若此時 $SnCl_2$ 過剩,則還元繼續前進,產生金屬狀之汞,以致沈澱物成灰黑色。



第二節 正式試驗

【已知試料之分析】 取 $AgNO_3, Pb(NO_3)_2, Hg_2(NO_3)_2$ 試液各 5 cc., 混和之按照次表練習各員之分離及確認試驗。

【未知試料之分析】 由指導者領得未知試料, 依照次表分析之。

第一表

第一屬(氯化氫屬, 銀屬)之分離檢出

向指導者領試液 10cc. 或依照第五編自行配製亦可, 在此試液中, 含有該屬員之硝酸鹽, 硫酸鹽等。

1. 【HCl 之處理】 一面攪拌溶液, 一面添加 6 N, HCl, 使試液完全生澱為止; 少

停，再於上層澄清液上加 HCl 數滴，確證其生澱之完成。

爲防止 BiOCl, SbOCl 之生澱起見，尚可加過剩之 HCl (1:3) 5 cc., 濾過，用稀鹽酸 2-3 cc. 洗滌一次，所得濾液供第二屬以下之分析。所得沈澱物，用含有濃 HCl 2-3 滴之冷水洗滌數次，棄其洗液。

沈澱: $PbCl_2$, Hg_2Cl_2 , $AgCl$

濾液: 供第二屬以下之分析。

2. 【 Pb^{++} 之分離】 將沈澱物移入玻璃杯中，約加水 20 cc. 煮沸之，乘熱濾過，殘渣用 2-3 cc. 之熱水洗滌。即可由濾液檢出 Pb^{++} ，由殘渣檢出 Hg_2^{++} 及 Ag^+ 。

殘渣: Hg_2Cl_2 , $AgCl$

濾液: $PbCl_2$

4. 【亞汞 Hg_2^{++} 之分離及檢出】 注稀 NH_4OH 10-15 cc. 於殘渣中，攪拌後濾過，復將濾液注入殘渣上，如此反覆操作數次，再以水 2-3 cc. 洗滌之。如生黑色殘渣，則證其爲 $HgNH_2Cl \cdot H^+$ 。由濾液檢出 Ag^+ 。(此殘渣中，能混入微量之 Ag ，極難分離。如由 6 未檢得 Ag 時，此殘渣可用王水處理之，參照 B. 3.)

3. 【 Pb^{++} 之確認】 將濾液分作二部：
 (a) 加稀 H_2SO_4 即生白色沈澱，則爲 $PbSO_4$ 。
 (b) 加 NH_4OH 使呈鹼性後 (使用石蕊試紙)，添加 K_2CrO_4 或 $K_2Cr_2O_7$ 試藥 1 cc. 生黃色沈澱，如加醋酸使其爲酸性亦不溶解，則爲 $PbO \cdot O_4$ 無疑。

殘渣: $HgNH_2Cl \cdot Hg(Ag^?)$ 黑色

濾液: $Ag(NH_3)_2Cl$

5. 【亞汞 Hg_2^{++} 之確認】 盛殘渣於小杯中，用王水 2-3 cc. 溶解之，再加水稀釋，如呈白濁色，則爲 $AgCl$ 。

6. 【銀 Ag^+ 之確認】 加稀 HNO_3 使石蕊試紙變紅色，如生白色沈澱，則爲 $AgCl$ 之確認。若不生白色沈澱，則照 5 行之。

將此白濁物過濾。(如在 6 未檢出 Ag ，就將此白色沈澱在濾紙上溶解於 NH_4OH 中，復以 HNO_3 使其成酸性，得白色沈澱，則證明 Ag 存在)，將濾液蒸發成漿糊狀，加水少許，底下 $SnCl_2$ 試藥。如生灰色沈澱，則證明爲 $Hg_2Cl_2 \cdot Hg$ 。

第三節 第一屬(氯化銻屬,銀屬)之

總括與化學理論

【關於HCl之處理】 第一屬之氯化物皆難溶解於冷稀酸中,但他屬員之氯化物皆為可溶性。根據此點即將第一屬員先成氯化物分離析出。所用之分屬試藥為HCl或 NH_4Cl 。試料溶液中有 Bi^{+++} 及 Sb^{+++} 存在時,如溶液之酸性度太小時,則可產生 BiOCl , SbOCl 等沈澱;欲不使此白色沈澱產生,應加過剩之HCl;然若加HCl過多,則所生之第一屬員諸氯化物 PbCl_2 , AgCl , Hg_2Cl_2 與HCl結合,而有成為可溶性的錯化合物 H_2PbCl_4 , H_2AgCl_3 , $\text{H}_2\text{Hg}_2\text{Cl}_4$ 之慮,須注意之!

1. 【關於鉛 Pb^{++} 】 如A. 1.所述, PbCl_2 對於冷水之溶解度遠大於 Hg_2Cl_2 , AgCl 。又如A. 1.之註所示,對於開水之溶解度更大,其值約為 15° 時的四倍。

因此,用熱水處理 PbCl_2 得以與 Hg_2Cl_2 及 AgCl 分離。又如A. 1.所示, PbCl_2 在冷水中亦有相當大之溶解度,故經生澱,濾過,洗滌時,當然有一部份移行於濾液而可在第二屬中檢出之。所以,亦有遇見如下之現象,用HCl不生Pb之沈澱在第一屬中未曾檢出,反而在第二屬始得發見者。

然實際上，因 $PbCl_2$ 之溶液中從其他化合物 HCl 或 NH_4Cl 等多量的供給 Cl^- ，故由共同離子之作用（說明於註）， $PbCl_2$ 之溶解度遠小於 A. 1. 所示，又以稀 HCl 洗滌 $PbCl_2$ 可藉共同離子之作用使 $PbCl_2$ 之溶解減少。100 cc. 水中 $PbSO_4$ 之溶解量為 0.0042g. 約為 $PbCl_2$ 之溶解量之二百分之一。故若添加稀 H_2SO_4 ，因易生白色沈澱 $PbSO_4$ ，則 Pb^{++} 之存在更為明確。將 $PbCl_2$ 之溶液以 NH_4OH 中和之，再加醋酸使之成酸性，若加如 K_2CrO_4 之可溶性鉻酸鹽，即生黃色沈澱 $PbCrO_4$ 。

註【溶解積 (Solubility product)】今將電離性物質 AB 多量的投入水中，則做成飽和溶液，在溶液內即成立以下之平衡：



按質量作用定律 (Law of Mass Action)，得關係如下：

$$\frac{[A^+][B^-]}{[AB]} = K_{ion} \text{ (電離常數)}$$

而 $[AB]$ 達飽和狀態不電離，分子之濃度在恆溫下為一定。設以 K_1 表之，則

$$[A^+][B^-] = K_1 \times K_{ion} = K_{sp}$$

K_{sp} 既為常數 K_1 及 K_{ion} 之積，則其價亦一定。稱之為溶解積常數 (Solubility product constant)。 $[A^+][B^-]$ 稱為溶解積，在恆溫時常為一定。例如 $[A^+][B^-] = K_{sp}$ ，設 $[A^+] = 20$ ， $[B^-] = 7$ ，則 $20 \times 7 = 140$ ，若 $[B^-]$ 增為 14 (2 倍)，則因 K_{sp} (140) 一定，故 $[A^+]$ 應為 10 (半分)。

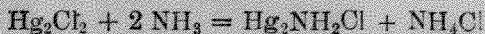
故在 A^+B^- 溶液中若添加其他電離性物質 C^+B^- ，則 B^- (共同離子) 之濃度增加而 A^+ 自應減少。為此 A^+ 勢必祇有成為未電離物 AB 。然在此既達飽和，則由此而成過飽和。故定必 AB 一部生澱。

如此，若加共同離子 B^- ，則 AB 之溶解度顯然因之低降。稱之為共同離子作用。

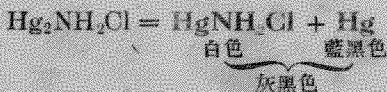
2. 【關於銀 Ag^+ 】 AgCl 之溶解度極小，在 18°C 之水 100 cc. 中僅溶 0.00015g. 而實際上因加 HCl 過剩，由 HCl 供給多量之 Cl^- ，按共同離子之作用，其溶解度更可較此為小。加 NH_4OH 於 AgCl ，使 NH_3 與 AgCl 作用而生可溶性之錯鹽 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$ 。所以， AgCl 可藉 NH_4OH 之作用與 Hg_2Cl_2 分離。於此濾液中若加之以酸，則 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$ 分解而重行生成 AgCl 沈澱。 AgCl 受日光而成灰色 \rightarrow 藍色 \rightarrow 紫色 \rightarrow 黑色。



3. 【關於亞汞 Hg_2^{++} 】 亞汞之氯化物 Hg_2Cl_2 不溶於水或稀酸中，而汞之氯化物 HgCl_2 為可溶性。此事頗有興味，室溫下純水 100 cc. 中甘汞（無毒） Hg_2Cl_2 之溶解度僅為 0.00031g.，而昇汞（有毒） HgCl_2 約大 20000 倍。於 Hg_2Cl_2 加 NH_4OH ，則先生氯化氨基亞汞。

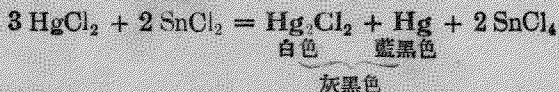


此物極不穩定即分解而變成氯化氨基汞與金屬水銀。



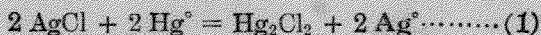
將此混合物溶於王水，則水銀皆成可溶性之 HgCl_2 。蒸發之將 HNO_3 驅盡（因可免除 SnCl_2 之無益消費），然後

加還元劑 SnCl_2 試藥, 則 HgCl_2 被還元而成 Hg_2Cl_2 。 Hg_2Cl_2 本為白色, 但在 SnCl_2 過剩時, 還元更行前進而生成金屬水銀 Hg (藍黑色), 以致殘渣呈灰黑色。



倘於水銀鹽液投入金屬 Zn° , Fe° , Cu° 等, 則水銀容易還元而附於此等金屬表面上析出。

黑色殘渣 $\text{HgNH}_2\text{Cl} \cdot \text{Hg}$ 中之 Hg° 能還元 AgCl 。



故微量之 Ag 夾混於 $\text{HgNH}_2\text{Cl} \cdot \text{Hg}$ 中, 頗難檢出; 因此用王水處理黑色殘渣, 將 $\text{HgNH}_2\text{Cl} \cdot \text{Hg}$ 變成可溶性之 HgCl_2 。此際因有 HCl 過剩, 微量之 Ag 最初成爲 AgCl , 但又溶解於過剩之 HCl 而成錯鹽 H_2AgCl_3 。故沖淡此濾液, 復生 AgCl 而呈白濁色。濾過, 以 NH_4OH 溶解之, 再加 HNO_3 使之成酸性, 則 AgCl 生澱, 微量之 Ag 亦易確認。

【電化列】 將元素最易離子化者爲首, 順次排列如下:

K , Na , Ba , Sr , Ca , Mg , Al , Mn , Zn , Cd , Fe , Tl , Co , Ni , Sn , Pb , H , As , Cu , Bi , Sb , Hg , Ag , Pd , Pt , Au , F , Cl , Br , I , O 。

此排列稱爲電化列。

例如 Zn^{++} 比 H^+ 活潑。故投鋅於 HCl 液中, 鋅即溶解

而發生輕氣。按上列順序此事實極易推理。定性分析上常利用電化列置換化合物中之成分。如(1)式用 Hg^0 而行 Ag^+ 之還元,即其一例也。

第二章 第二屬

(硫化氫屬)

銅類	汞	Mercuric mercury	Hg ⁺⁺
	鉛	Lead	Pb ⁺⁺
	鉍	Bismuth	Bi ⁺⁺⁺
	銅	Copper	Cu ⁺⁺
	鎘	Cadmium	Cd ⁺⁺
錫類	砷	Arsenic	As ⁺⁺ , As ⁺⁺⁺⁺
	銻	Antimony	Sb ⁺⁺⁺ , Sb ⁺⁺⁺⁺
	錫	Tin	Sn ⁺⁺ , Sn ⁺⁺⁺⁺

於此屬員之弱酸性(酸度足防硫化鉍屬之生澱即可)溶液中通以H₂S,則生成硫化物沈澱。

1. 銅類(不溶性硫化氫類)

第一節 預備試驗

銅類之硫化物不溶於黃色硫化鉍試藥而錫類之硫

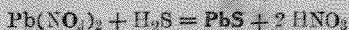
化物則溶。取小玻璃杯 6 個，附貼 Hg, Pb, Bi, Cu, Cd, Sb 等標記。

A. 分離

【硫化氫之作用】按上標記，每杯盛取 HgCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, SbCl_3 等試液之一種，名爲 5cc，各含有其屬員 50mg.，每種試液內各加濃鹽酸 (d. 1.2) 2.5 cc.，以水沖稀至 60 cc. 左右。一一通以 H_2S 氣體，同時攪拌之，使完全沈澱爲止，並注意最初生澱時所呈色之變化及最後沈澱物之顏色。

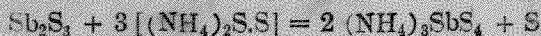
註 溶解量表

HgS	PbS	Bi_2S_3	CuS	CdS	Sb_2S_3
0.0025g.	0.0001g.	0.0002g.	0.00003g.	0.00013g.	0.00018g.



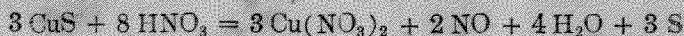
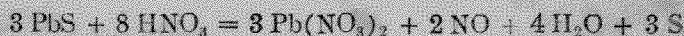
【銅類與錫類之分離 (銻 Sb^{+++} 之分離)】待各沈澱物一一沈降，捨棄上層澄液，將沈澱物分別放置濾紙上。於沈澱物 Sb_2S_3 ，注以黃色硫化銻 5-10 cc.，則 Sb_2S_3 溶解；但 Bi_2S_3 雖注以 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 亦不溶解。HgS, CuS, CdS 亦同樣不

溶於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ (不用實驗)。銅類與錫類之分離即可利用此事實，故 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ 係此二類之分類試藥。將銻溶液棄之；以水洗盡 Bi_2S_3 中加有之 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ 。



1. 【汞 Hg^{++} 之分離】 以2-3 cc. 之水將各濾紙上之沈澱物沖洗於各個玻杯中，約加各容積 $1/5$ 之濃 HNO_3 (d. 1.42)，(例如水及沈澱物共約10 cc. 則應加濃 HNO_3 2 cc.)，將各溶液煮沸之。僅 HgS 不溶，而其他硫化物皆溶解。故 HgS 可藉濃 HNO_3 之處理與此類員之其餘硫化物分離。

HgS 不變



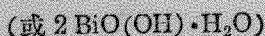
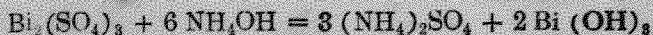
2. 【鉛 Pb^{++} 之分離】 將各溶液中之硫渣濾去，各加稀硫酸數 cc.，則僅見鉛鹽生有白色沈澱之 PbSO_4 。故 Pb^{++} 之成硫酸鹽，可與其他類員分離。



註 因 PbSO_4 少溶於稀 HNO_3 ，故在加稀 H_2SO_4 生澱 PbSO_4 之前，應將該溶液蒸發乾潤，使全部 HNO_3 分解驅散。此手續頗為重要，然為時間上之經濟，亦可從略。

如需用 $PbSO_4$ 時，濾過後保留之尚可作 Pb 之確認試驗（以下之 B. 2.）。

3. 【鉍 Bi^{+++} 之分離】 加 NH_4OH 於含有 Bi^{+++} , Cu^{++} , Cd^{++} 之各種溶液中，使石蕊試紙變藍色爲止。獨見 Bi^{+++} 溶液生成白色沈澱之 $BiO(OH)$ 。在 Cu^{++} 溶液起初雖生綠色沈澱， Cd^{++} 溶液亦生白色沈澱，但皆溶解於過剩之 NH_4OH 而成錯鹽。



註 如將此溶液煮沸，則 $Cd(OH)_2$ 之沈澱重行發見；故 Cd ，若在與 Bi 之混合液中煮沸，頗有混入於 $BiO(OH)$ 之慮。

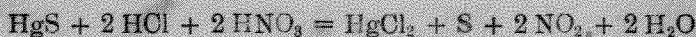
鉍之確認試驗詳於下述之 B. 3.

4. 【銅 Cu^{++} 與鎘 Cd^{++} 之分離】 Cu^{++} 及 Cd^{++} 留存於溶液中，含銅者呈暗藍色，含鎘者係無色，故銅與鎘可按其顏色區別之。 Cu 及 Cd 之確認試驗，詳述於 B. 之 4.5.

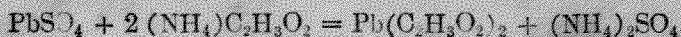
B. 確認試驗

此乃分離各屬員類員後之必需工作按次練習之

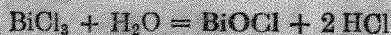
1. 【汞 Hg^{++} 之確認】 將濃硝酸處理所得(分離)之 HgS 溶解於王水中,蒸發乾涸驅盡酸分,於殘留之 HgCl_2 加水少許,漸漸滴入 SnCl_2 試藥,則生灰色或灰黑色之沈澱 $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \cdot \text{Hg}$, 即為 Hg^{++} 之證。

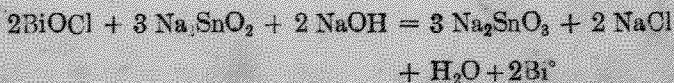


2. 【鉛 Pb^{++} 之確認】 由稀 H_2SO_4 處理所得(分離)之沈澱 PbSO_4 , (PbSO_4 對於 20°C 水 100 cc. 中之溶解量為 0.0042g.), 將其溶解於醋酸銨試藥中,再添加 K_2CrO_4 或 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 試藥,即生黃色沈澱 PbCrO_4 . 用此醋酸鹽抽出法,得以與 PbSO_4 易誤之 BaSO_4 完全分離。且另加醋酸數滴則由鉻酸鹽添加而生成 $(\text{BiO})_2\text{CrO}_4$ 沈澱之慮,亦可免除。



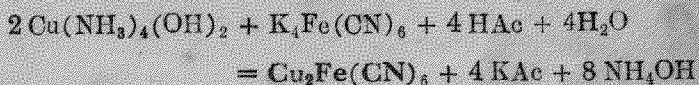
3. 【鉍 Bi^{+++} 之確認】 將由 NH_4OH 處理所得(分離)之 $\text{BiO}(\text{OH})$, 以濃 HCl 數滴溶解之而後滴入於多量之冷水中,則 BiCl_3 起加水分解作用,生白色之沈澱 BiOCl . 濾過,用新配之亞錫酸鈉溶液添加於濾紙內之沈澱物上,則生成金屬狀鉍之黑色殘渣。





4. 【銅 Cu^{++} 之確認】 由 NH_4OH 處理所得(分離)之四氨(合)銅離子的藍色,若有疑惑時(因 Ni 亦同樣呈藍色),可加醋酸使石蕊試紙變紅為止,然後添加黃血鹽試藥數 cc. 生紅色沈澱 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ (Cupric ferro cyanide)。此沈澱量少時,濾過之,可在濾紙上確認。

藉黃血鹽之作用, Cd 生白色沈澱, Ni 生綠色沈澱。



5. 【鎘 Cd^{++} 之確認】 加稀 H_2SO_4 於 Cu^{++} 及 Cd^{++} 之混合液中,使其呈酸性,再添加鐵粉約 0.5 cc. 則銅還元而成金屬銅 Cu , 鎘殘留於溶液中。再次將銅 Cu° 及過剩之鐵粉濾去,於濾液中通以 H_2S , 則生黃色沈澱之 CdS 。

此時,亦常有微量之 Pb 夾混其中,則 CdS 之黃色因之變黑,須注意! 或加 KCN 試藥於 $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 及 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 之混合液,使銅之藍色消失,再通以 H_2S , 則僅 Cd 產生同樣之黃色沈澱 CdS 。

第二節 正式試驗

【已知試料之分析】 若時間許可,取銅類員之試液各 5 cc., 混和之依照次表作各類員之分離及確認試驗的

練習

【未知試料之分析】 向指導者領取未知試料，內含此類員一種或數種按次表分析之。

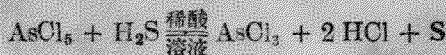
II. 錫類 (可溶性硫化氫類)

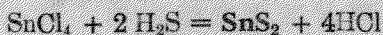
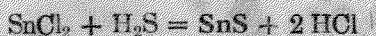
第三節 預備試驗

砷，銻，錫，在酸性溶液中，由 H_2S 生成硫化物沈澱此等沈澱物若加以黃色硫化銨 $(NH_4)_2S_2$ ，即溶解。

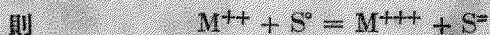
A. 分離

【硫化氫之作用】 取約 200 cc. 容量之錐瓶 (或玻璃杯) 6 個，標貼 As^{++++} , As^{+++} , Sb^{++++} , Sb^{+++} , Sn^{++++} , Sn^{+++} 等記號，每瓶內放置 $AsCl_5$, $AsCl_3$, $SbCl_5$, $SbCl_3$, $SnCl_4$, $SnCl_2$ 試液之一種，各為 5 cc. (每種含有各元素 50 mg.)，各加純濃 HCl (d.1.2) 2.5 cc. 再以水稀釋至 100 cc. 左右，將各溶液通 H_2S 飽和之。此時生澱甚速，細察各沈澱之色。更將 $AsCl_5$ 試液加熱再通以 H_2S ，注意是否助進生澱。





【多(黃色)硫化銨 (Ammonium polysulfide) 之作用】 將各硫化物分別濾過,用數 cc. 水洗滌一次,於此等沈澱物各注濃厚之 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 5-10 cc. 則皆溶解。此時黃色硫化銨中之 S° 呈氧化作用,使 As_2S_3 , As_2S_5 皆成 $(\text{NH}_4)_3\text{AsS}_4$; 同理 Sb_2S_3 , Sb_2S_5 成 $(\text{NH}_4)_3\text{SbS}_4$; SnS , SnS_2 成 $(\text{NH}_4)_2\text{SnS}_3$ 。

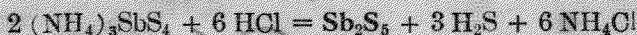
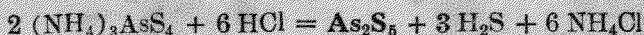


【硫代銻鹽遇鹽酸之分解】 上述 2 種砷溶液既得同一結果,將其混和之,同樣, 2 種銻溶液及 2 種錫溶液亦各分別混合。於是將此 3 種混液各約以 3 倍容積之水稀釋之,然後滴下稀 HCl 使石蕊試紙變紅色為止。由稀

HCl 之添加,最初生遊離之硫,待溶液成酸性,則各金屬之硫化物沈澱而出。

試察將稀 HCl 滴入於黃色硫化鉍中,見硫析出。因此,當硫化物生澱以前硫黃遊離,知其為黃色硫化鉍存在過剩之故。

注意 As_2S_5 , Sb_2S_5 , SnS_2 等色!



1. 【砷 As^{+++} , As^{++++} 之分離】 用溫水將各沈澱物敏捷的洗滌一次。另取試管 3 支,以玻棒平行括取各沈澱物分別裝入試管中,各添加濃 HCl (Sp. gr. 1.2) 約 10 cc., 然後將試管置於沸騰之開水杯中,時時振盪之,約加熱 10 餘分鐘。結果, Sb_2S_5 , SnS_2 溶解,惟獨 As_2S_5 不溶。由此事實, As_2S_5 即與其他 2 員分離。

As 之確認試驗詳述於後。

2. 【錫 Sn^{++++} 與銻 Sb^{+++} 之分離】 由上所得之 Sn^{++++} 及 Sb^{+++} 溶液,各加水 15 c. 再通以 H_2S 使之飽和。 Sb^{+++} 成 Sb_2S_3 而沈澱, Sn^{++++} 不生沈澱。將兩液各稀釋至 50 cc., 則 Sn^{++++} 在初有沈澱發生。利用此事實可將 Sn 與 Sb 分離。

註 使 Sb_2S_3 與 HCl 作用,則發生 H_2S , 此 H_2S 將 Sb 還元而生成 $SbCl_3$ 。故通 H_2S 即生澱 Sb_2S_3 。

使用濃 HCl 而欲由已溶解之錫溶液中使 SnS_2 生澱，須加水若干 cc. 方可故 HCl 之濃度如何時，可確定 SnS_2 在初是否生澱。

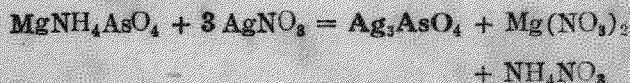
B. 確認試驗

分離終了，必繼之以確認試驗，茲將錫類之確認試驗敘述於次：

1. 【砷 As^{++++} , As^{+++} 之確認】 由濃 HCl 處理所得（分離）之 As_2S_5 ，將其溶解於濃 HNO_3 (d. 1.4) 中，再蒸發乾涸（須在烟櫥內執行之），將殘渣溶解於水 2 cc. 及 NH_4OH (d. 0.9) 2 cc. 而過濾於試管中，約加硝酸鉍鎂試藥 10 cc.，生白色沈澱 $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$.



此沈澱與 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 尚易發生誤認，故為區別起見，濾過之，以少量之水洗滌，於濾紙上添加含有醋酸 4-5 滴之 AgNO_3 液約 2 cc. 生暗紅色之殘渣 Ag_3AsO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 及 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 皆溶於醋酸。

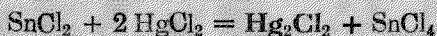
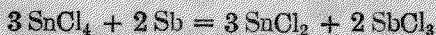


2. 【銻 Sb^{++++} , Sb^{+++} 之確認】 由 HCl 處理所得（分離）之 Sb_2S_5 ，再溶於濃 HCl 中，加熱將 H_2S 驅盡，以 15-25 cc. 之水稀釋之，濾過於濾液中投入錫片，則銻還元而成黑色皮

膜，蔽包於錫片上。（參看電化列）。將此黑色析出物與錫片分離，往黑色殘渣上注以 NaOCl 或 NaOBr 試藥亦不溶解，則證為 Sb。若混有 As，此處亦可與 Sb 同樣還元而成黑色沈澱物，遇 NaOCl 或 NaOBr 試藥則 As 溶解。



3. 【錫 Sn⁺⁺⁺, Sn⁺⁺ 之確認】 由 HCl 處理所得（分離）之 SnCl₄ 溶液，少沸之將其中之 H₂S 逐出，約加 0.5 cc. 之 Sb 粉（Al 片或鐵釘亦可），徐徐沸騰之。如電化列所示，因之 Sn⁺⁺⁺ 雖不還元為 Sn⁰，亦可還元為 Sn⁺⁺。故加 HgCl₂ 試藥，則生灰色沈澱 Hg₂Cl₂，即為 Sn 之證。



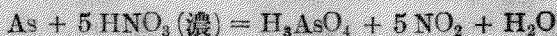
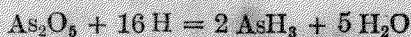
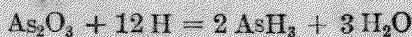
【銻 Sb 與砷 As 之識別】 此兩元素之溶液與初生氫起作用，各生 SbH₃ 及 AsH₃ 之可燃性氣體。在空氣中點之以火，以冷蒸發皿覆其焰上，則表面上附生 Sb⁰ 及 As⁰ 之黑色斑點。As⁰ 斑點溶於 NaOCl 或 NaOCl 試藥，而 Sb⁰ 斑點則否。

將 AsH₃ (Arsine) 通入 AgNO₃ 液中，則生黑色沈澱之 Ag⁰。將 SbH₃ (Stibine) 通入 AgNO₃ 液中，則生黑褐色之沈澱 SbAg₃。

將斑點 As 溶於硝酸，加熱使過剩之酸分解，再添加

AgNO₃ 試藥,則得紅色沈澱;將斑點Sb,用同樣處理,但無任何沈澱產生。

此外有古來有名之馬許 (Marsch) 試驗法。



初生態氫之發生,可使用金屬Zn與H₂SO₄或HCl之作用。

【亞錫Sn⁺⁺與錫Sn⁺⁺⁺⁺之識別】 加HgCl₂試藥於亞錫Sn⁺⁺,則生灰白色沈澱Hg₂Cl₂;但錫Sn⁺⁺⁺⁺雖加同樣試藥HgCl₂,亦不生任何沈澱。故藉HgCl₂試藥以識別亞錫與錫,頗為簡易。

第四節 正式試驗

【已知試料之分析】 取AsCl₃, SbCl₃, SnCl₄等試液各

5 cc., 混和之, 依照次表練習 As^{+++} , Sb^{+++} , Sn^{++++} 之分離與確認試驗。

【未知試料之分析】 由指導者領得錫類之一員或數員混合之未知試料, 按次表作定性分析之練習。

第二表 A.

第二屬(硫化氫屬)之分離檢出

1. 【固體】 若以固體為試料, 則可按第四編系統分析之第一章所述方法調製成溶液。

【溶液】 若以溶液為試料, 則可取第一表分離第一屬後之濾液, 按本表 2 以下之手續分析之。

2. 【 H_2S 之處理】 為驅逐溶液中存在之 HNO_3 , 應將其蒸發乾涸(保留相當溫度)。冷卻後, 加濃 HCl 2.5 cc. 於此殘渣中, 以水稀淡至 100 cc. 溶液成 0.3 N, HCl 酸性。

如有 Bi 或 Sb 存在, 此處雖生白色沈澱亦不妨礙以下操作。

將溶液盛於錐瓶內, 以 H_2S 飽和之。(若有 $AsCl_5$ 存在時, 如不將溶液溫熱再通以 H_2S , 則砷之生澱不能完結)。尚通 10 分鐘後, 加水 50 cc., 再通 H_2S 5-10 分鐘, 濾過。保存沈澱物; 將濾液加熱至沸點相近 ($70^\circ-80^\circ C$), 在此溫度復通 H_2S 5-10 分鐘。此際如不生澱, 則此溶液可供第三屬之分析。若再生澱, 即表示有 As 存在。

As 由此稀酸溶液不能完全生澱, 將其蒸發濃縮至數 cc., 約加 12 N, HCl 5cc., 在常溫下以 H_2S 飽和之; 其次, 熱至 $70^\circ-90^\circ C$ 再通 H_2S 5-10 分鐘, 冷卻後, 約沖稀至 100 cc. 而復通之以 H_2S , (砷以外, 第二屬員之生澱皆完成), 將此沈澱濾過, 與先前之沈澱合併一起; 溶液保存之。

沈澱: H_2S , PbS , Bi_2S_3 , CuS , CdS , As_2S_3 , As_2S_5 , Sb_2S_3 ,
 Sb_2S_5 , SnS , SnS_2

濾液: 供第三屬以下之分析。

每當上記之沈澱物生成時, 其色常有變化, 須注意之, 與預備試驗對照, 對此屬員之檢出甚有助益, 沈澱物以含有 H_2S 之水洗滌之, 將洗液棄去。

3. 【銅類與錫類之分離】 注 5-10 cc. 之黃色硫化銨試藥於濾紙中之沈澱物上，再將濾液注於沈澱物上，如斯操作三四次。其次，約以 30 cc. 之水洗滌殘渣，洗液合併於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 抽出濾液中。

註 如無 As, Sb, Sn 存在，則此手續 3 可省略。

殘渣: HgS , PbS , Bi_2S_3 , CuS , CdS .

以玻璃或磁製之筥子將殘渣移入於小玻璃杯中，附着於濾紙上之微量沈澱則棄之。若試料內無銅類存在，則 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 抽出時不生殘渣，故可進行第三表。如銅類存在，則從 4 分析之。

濾液: $(\text{NH}_4)_3\text{AsS}_4$,
 $(\text{NH}_4)_3\text{SbS}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SnS}_3$
(含不純物 Hg , Cu) 供錫類之分析。

註 取少量之 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 抽出液，使之成酸性，如生黃色沈澱，證明有錫類存在；如僅得白色沈澱，則無錫類。因極少量之 CuS , HgS 溶解於黃色硫化銨，以致錫類之沈澱物呈黑色。取 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 抽出操作完結之最後抽出液少許，將其成酸性而檢定之，此時如僅生白色沈澱，則知抽出操作完成。

4. 【銅類之分離檢出】 汞 Hg^{++} 之分離——於沈澱中添加稀 HNO_3 (濃 HNO_3 1: 水 3 或 1: 3, 3N) 10-15 cc., 漸漸熱至沸騰。生殘渣 HgS , 濾過，以溫水數 cc. 洗滌之，棄其洗液，而保存殘渣及濾液。

殘渣: HgS 黑色 (常有微量之 PbSO_4 或 S 夾入)。

5. 【汞 Hg^{++} 之確認】 以玻璃筥子括取殘渣，放入小玻璃杯內，添加濃 HCl 4-5 cc. 及濃 HNO_3 2 cc., 蒸發將近乾涸為止。(雖生粒狀 S , 亦無妨害) 再加水少許，沸騰之。滴下 SnCl_2 溶液，即生灰白色沈澱，如加 SnCl_2 過多，則呈黑色。

濾液: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$,
 $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,
 $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. 供 6 之試驗。

註 因 SnCl_2 溶液在空氣中起自然氧化，易變為 SnCl_4 ，故其溶液中應放置金屬錫。

6. 【鉛 Pb^{++} 之分離】 在 4 由硝酸處理所得之濾液，加以稀硫酸 (1: 3) 2-5 cc., 即生白雲狀之沈澱 PbSO_4 ，使溶液中 HNO_3 完全分解驅散，故蒸發之，直至 SO_2 白煙發生而成乾涸為度。冷卻後，約加水 10 cc., 濾過，以數 cc. 水洗滌之。保存沈澱及濾液。

沈澱: $PbSO_4$ 白色 【鉛 Pb^{++} 之確認】 以玻璃筴子括取沈澱物於小玻璃杯中, 加 30% 之醋酸溶液 10-15 cc. (就利用所加之 $NH_4C_2H_3O_2$ 將濾紙上遺留沈澱一併沖落於玻璃杯中), 加熱使完全溶解, 其次, 加醋酸使石蕊試紙變紅為止, 然後添加試藥 K_2CrO_4 或 $K_2Cr_2O_7$ 數 cc., 生黃色沈澱, 足證其為 $PbCrO_4$.	濾液: $Bi_2(SO_4)_3$, $CuSO_4$, $CdSO_4$, 供 7 之試驗。
---	---

7. 【銻 Bi^{+++} 之分離】 於硫酸處理所得之濾液中, 加 NH_4OH 使其呈鹼性。最初出現白色沈澱, 則為 $Bi(OH)_3$ 或 $Cd(OH)_2$, 如出現淡綠色沈澱, 則為 $Cu(OH)_2$ 之證。若過剩的再加 NH_4OH , $Cd(OH)_2$ 及 $Cu(OH)_2$ 即溶解, 僅殘留 $Bi(OH)_3$ 濾過洗滌之, 將沈澱濾液保存。

沈澱: $BiO(OH)$, 白色膠質狀 【銻 Bi^{+++} 之確認】 若沈澱物量多, 移置於玻璃玻璃上, 以稀 HCl (1:5) 數滴溶解之; 量少, 即於濾紙上以稀 HCl 數滴溶解之。然後以 50-100 cc. 之冷水稀釋之, 生白色沈澱, 即為 $BiOCl$ 之證。再按第一節 B. 3., 加亞錫酸鈉試藥於此沈澱物, 則生黑色殘渣 Bi .	濾液: $Cu(NH_3)_4^{++}$ 藍色, $Cd(NH_3)_4^{++}$ 無色, 供 8 之試驗。
--	--

8. 【銅 Cu^{++} 及鎘 Cd^{++} 之確認】 將 $BiO(OH)$ 分出後之濾液分為二部份:

A. 銅 Cu^{++} 任取其一部份以醋酸使其成酸性, 加 $K_4Fe(CN)_6$ 試藥, 如生紅褐色沈澱 $Cu_2Fe(CN)_6$, 則證明有 Cu^{++} 存在。

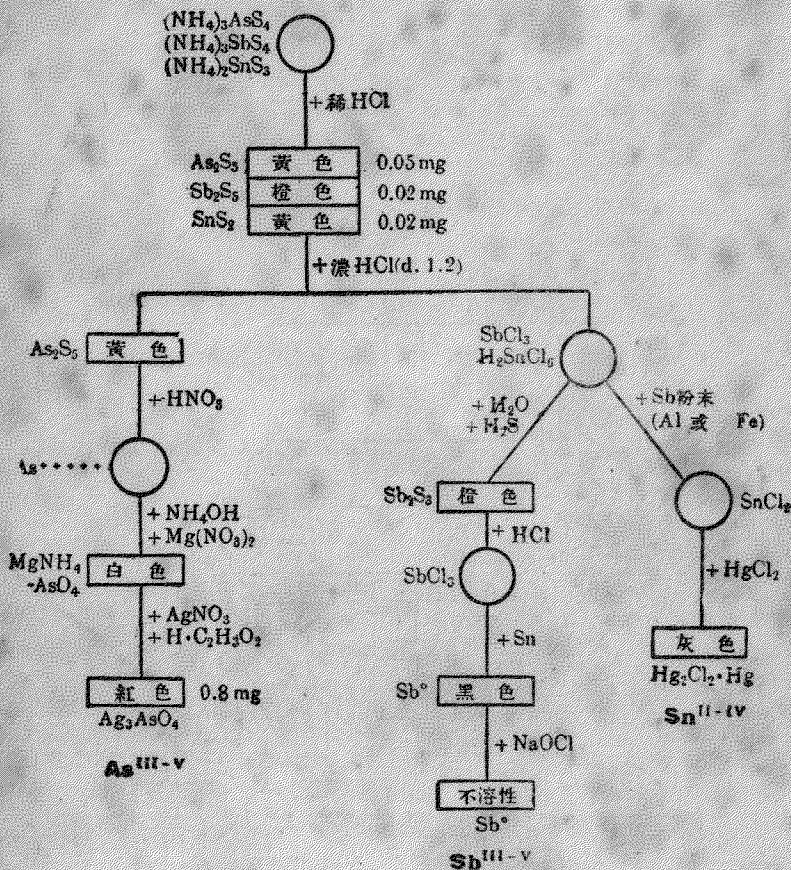
B. 鎘 Cd^{++} 將他部份加 KCN 試藥, 使銅離子之藍色消失, 通 H_2S , 如生黃色沈澱 CdS , 則證明 Cd^{++} 之存在。(參照第一節之 B. 4 及 B. 5.)

第二表 B.

9. 【錫類之分離檢出】 取第二表 A. 3. 所得之黃色硫化銻抽出液, 以同容積之水稀釋之, 滴加濃 HCl 使石蕊試紙呈紅色, 再加過剩之濃 HCl 約 1 cc. 如生黃色或褐色之沈澱, 則為錫類之硫化物。如生白色沈澱, 僅有遊離之硫, 則示知並無 As , Sb , Sn 等存在。銅類混入時, 即生黑色沈澱。若生沈澱物 As_2S_5 (黃色), Sb_2S_5 (橙色),

第二圖 B.

第二屬 (硫化錳屬) 錫類之分離檢出



註 數字表示常溫下 100 cc. 中之溶解度。然而實際上往往含有共同離子，溶解度通常較此為小。

SnS_2 (黃色)，則濾過洗滌之。濾液洗液皆無用。

10. 【砷 As^{++++} 之分離】 將沈澱物移入小玻璃杯中，加濃 HCl (d. 1.2) 15 cc. 再將此小杯浸浮於另一大杯之熱開水中，約過 10 分鐘，時時攪拌，再通 H_2S 飽和之。次以 5 cc. 水沖稀而濾過之，濾液供 Sb , Sn 之檢出，殘渣另用稀 HCl (1:50) 數 cc. 洗滌。洗液無用。

11. 【砷 As^{++++} 之確認】

殘渣: As_2S_5 及 S

(若殘渣呈黑色，以 NH_4OH 抽出， As_2S_5 將黑色殘渣裹之，將溶液蒸發成糊狀，再添加濃 HNO_3 4-5 cc.)

若殘渣不呈黑色，則取之於小玻璃杯中，添加濃 HNO_3 4-5 cc.，靜靜加熱，溶解之。在煙棚內煮沸將過剩之 HNO_3 驅盡，於殘渣中加水及 NH_4OH 各 2 cc.，濾過，若尚見殘渣則棄去之，於濾液中約加硝酸鉍試藥 10 cc.，少頃，則生成無色之結晶 $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$ 。濾過之，加醋酸 4-6 滴使其成酸性，再加 0.5 N, AgNO_3 約 2 cc. 生暗紅色之殘渣 Ag_3AsO_4 ，即證明 As^{++++} 存在。

12. 【錫 Sb^{+++} 及錫 Sn^{++} 之確認】 將 As_2S_5 分出後之濾液分為 A 及 B。

A. 錫 Sb^{+++}

以等容積之水稀釋之，通 H_2S 飽和之，生橙色沈澱 Sb_2S_3 。濾過，將沈澱物溶解於 5 cc. 之 HCl 中，再加水 10-15 cc. 並投入錫片。生黑色析出物 Sb^0 ，如不溶於 NaOCl , NaOBr ，則為 Sb 無疑。

B. 錫 Sn^{++++}

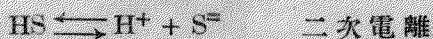
將溶液盛於試管中，加 HCl 2 cc. 及錫粉約 0.5 cc. (Al 片或鐵釘)，煮沸之而後濾過，添加 HgCl_2 試藥 5-6 cc.，如生灰白色沈澱或成白雲狀溶液，則為 Sn 之確認。

第五節 第二屬(硫化氫屬)之總括與化學理論

I. 銅類

【硫化物之生成與溶解積】 欲使第二屬員與第三

屬以下之屬員分離，可通 H_2S 於其酸性溶液中，將第二屬員皆成硫化物沈澱而出。此時溶液之酸度宜在 $0.3N$ HCl 之酸性。若以 HNO_3 代 HCl ，則 H_2S 被氧化而分解；若使用 H_2SO_4 ，則有 Ba , Pd 等生成硫酸鹽沈澱之慮。據社勒氏 (Scheele) 之法則，對於 H_2S 溶液之溶解度，若溫度壓力一定時，常為一定。 H_2S 之電離分以下二步進行。



按質量作用定律， H^+ 濃度與 S^{2-} 濃度之積常為一定。

$$[H^+]^2 + [S^{2-}] = k$$

於 H_2S 溶液中，若添加如 HCl 電離度大的酸類，則 H^+ 之濃度增加。然為保持 S^{2-} 濃度與 H^+ 濃度之積一定起見， S^{2-} 之濃度理應減少。

例如 H^+ 之濃度為 2， S^{2-} 之濃度為 32，其積即等於 $2 \times 32 = 64 = K$ 。然 H^+ 之濃度增至 4 時，若 S^{2-} 之濃度不減為 16，則其積不得一定值 64。同理，若 $[H^+]$ 為 16，則 $[S^{2-}]$ 非為 4 不可。由此言之，於 H_2S 液中加酸， S^{2-} 之濃度即減少。反之，若加入如 NH_4OH 之鹼類，則其 OH^- 與 H_2S 所生之 H^+ 結合而成極難電離之 H_2O ，所以， S^{2-} 之濃度增加。

在中性溶液以 H_2S 飽和之， S^{2-} 之濃度為 1.2×10^{-15} ；但在 $0.3N$ 酸性溶液則為 1.2×10^{-22} ，其差減之數頗為可驚。故於中性溶液，不僅第二屬員，第三屬員亦生沈澱；但成

0.3 N 酸性，則不使第三屬員生澱而僅得第二屬員之沈澱物。此乃 S^{2-} 濃度未達足使第三屬員之硫化物之溶解積常數滿足之濃度。

按第二屬與第三屬分離之理，於第二屬員中亦得選定適當酸度使其互相分離。例如由濃 HCl 之處理，可僅使 As_2S_5 成殘渣而與 Sb_2S_5 及 SnS_2 分離。又同樣使 Sb 與 Sn 分離，即 Sb_2S_5 之溶解積常數遠大於 SnS 。茲將各元素之硫化物，由其溶解積常數大者（即由較難溶解者起），順次排列於下：

As^{++++} , As^{+++} , Hg^{++} , Cu^{++} , Sb^{+++} , Bi^{+++} , Sn^{++++} , Cd^{++} , Pb^{++} , Sn^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} , Ni^{++} , Co^{++} , Mn^{++} 。

SnS 與 ZnS 之溶解積常數間，有最大間隔；故此處為最安全的分離點，易使 H_2S 屬與 $(NH_4)_2S$ 屬分離。

【硫化物之生澱與酸之濃度】 硫化物准可完成生澱之最大酸度。

硫化物	最大酸度
As_2S_3	12 N HCl
HgS }	7.5 N HCl
CuS }	
Sb_2S_5 }	2.5 N HCl
SnS_2 }	
CdS	0.7 N HCl
PbS }	0.31 N HCl
SnS }	

ZnS	.....	0.02 N HCl
CoS	}	0.001 N HCl
NiS		
FeS	}	0.0091 N HCl
MnS		

1. 【關於汞 Hg^{++} 】 亞汞之氯化物難溶於水或弱酸中，但汞之氯化物為可溶性，故歸於第二屬。 HgS 不溶於 $(NH_4)_2S_2$ ，而 As_2S_5 ， Sb_2S_5 ， SnS_2 則可溶。 HgS 與 Pb ， Bi ， Cu ， Cd 皆屬於銅類。

HgS 對於熱稀硝酸為不溶性，而 PbS ， Bi_2S_3 ， CuS ， CdS ，則為可溶性，由此可將 HgS 與其他銅類員分離。以王水溶解之，通以 H_2S ，初生黃色沈澱，但漸次變黑。

2. 【關於鉛 Pb^{++} 】 鉛已於第一屬詳述。 $PbCl_2$ 能溶於水及稀酸，故第一，第二兩屬中皆檢出之。 PbS 與 HgS 同樣不溶於 $(NH_4)_2S_2$ ，則可與錫類分離。又因 PbS 可溶於熱稀 HNO_3 ，故能與 HgS 分離。 $PbSO_4$ 多少溶解於 HNO_3 ，故添加 H_2SO_4 蒸發之，待 SO_3 白煙發生而成乾涸，須將 HNO_3 完全分解逐出。在此處若令 $PbSO_4$ 溶解，則於確認 Cd 時極感困難，蓋因 CdS 之黃色沈澱被共生之 PbS 遮沒而成黑色。

用 H_2S 沈澱硫化物時，如 Ba 混入（吸着），則以後因 H_2SO_4 之添加， $PbSO_4$ 與 $BaSO_4$ 同時生澱，但利用 $BaSO_4$ 之不溶於醋酸銨試藥，可與 $PbSO_4$ 分離。然若生 $(BiO)_2SO_4$ 之白色沈澱，因其對醋酸銨試藥為可溶性，故由 K_2CrO_4 試藥

生成黃色沈澱 $(\text{BiO})_2\text{CrO}_4$ 與 PbCrO_4 之黃色沈澱頗難區別，然而 $(\text{BiO})_2\text{CrO}_4$ 可溶於醋酸而 PbCrO_4 則不溶，故藉醋酸之添加，Pb 之確認亦易。又 PbCrO_4 溶於 NaOH ， KOH 液，而不溶於無機酸中。

3. 【關於鉍 Bi^{+++} 】 鉍在中性或弱酸性溶液中，起加水分解作用而生白色沈澱，前已述及。所以，用 HCl 使第一屬沈澱時，若 HCl 過稀，則亦生 BiOCl 沈澱；是以洗滌時，須用 2N ， HCl 可將 BiOCl 溶解。又當分離第二屬時，因其酸性達 0.3N ，Bi 亦於此處生成 BiOCl 沈澱，但通 H_2S 即變為 Bi_2S_3 ，不礙第二屬之分離。其次，由硝酸處理與 HgS 分離；再藉硫酸之處理與 PbSO_4 分離。該時添加 H_2SO_4 後放置過久，則一部變成白色沈澱之 $(\text{BiO})_2\text{SO}_4$ ，已如前述。如加過剩之 NH_4OH ，則鉍生成 $\text{Bi}(\text{OH})_3$ ， BiOOH 等白色沈澱。Cu 及 Cd 最初亦成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 及 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ；後因與過剩之 NH_4OH 作用而為可溶性的錯離子 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 及 $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{++}$ ，因此 Bi 與 Cu 及 Cd 分離。

將氫氧化鉍溶解於 HCl ，再以水稀釋之，該時所生之 BiCl_3 起加水分解作用而產生白色沈澱 BiOCl 。又於氫氧化鉍或 BiOCl 中加以新調之亞錫酸鈉試藥，則鉍被還元而成金屬鉍（黑色）。此反應非常銳敏，含 $1/100,000$ 之 Bi 亦能檢出。



4. 【關於銅 Cu^{++} 】 自第一屬變成氯化物分離後之銅，在 0.3 N, HCl 酸性溶液中以 H_2S 處理之，得 CuS 而與第三屬分開，再以熱稀硝酸處理 CuS ，與 HgS 分離而成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 。其次，用 H_2SO_4 使與 PbSO_4 分離而得 CuSO_4 ，如加 NH_4OH ，則先生淡藍色沈澱 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，復與過剩之 NH_3 作用而成錯離子 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{++}$ ，因該錯離子呈特別的深藍色，故銅可藉此色確認之。然 Ni 多量存在時，同樣呈藍色，有誤認為銅之慮。

又當銅微量時，極難視察此藍色檢出之，則將此溶液成酸性（因所生之 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 可溶於 NH_4OH ），加黃血鹽溶液，即生紅褐色沈澱 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ ，濾過，於濾紙上即能認得。此反應十分銳敏，水之 1/200,000 之銅亦易檢出。

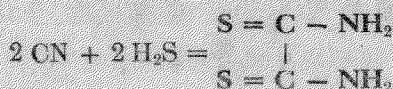
於銅之酸性溶液，加入金屬鐵、鋅、鋁等，銅則易被還元而成金屬銅。其因由已明示於電化列表。即此等金屬比銅之離子化傾向為大。Cu 與 Cd 之分離即利用此點。按電化列表，知 Cu^{++} 能被 Sn^0 ， Pb^0 ， Bi^0 ， Co^0 ， Ni^0 ， Mg^0 ，及 Cd^0 所置換。於 Cu^{++} 若加 KCN 液，則生無色之錯鹽 $\text{K}_3\text{Cu}(\text{CN})_4$ ，雖通之以 H_2S ，亦不生 CuS 沈澱。

5. 【關於鎘 Cd^{++} 】 由弱酸性溶液 Cd^{++} 雖生黃色之沈澱 CdS ，但其色與 As_2S_3 ， As_2S_5 類似，然尚有差別之處， CdS 僅可在較 0.2 N 不太濃之酸性溶液中沈澱， As_2S_3 ， As_2S_5 在濃厚之酸溶液中亦能沈澱。

CdS 不溶於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$, 即可與錫類分離; 因可溶於 HNO_3 , 則可與 HgS 分離。又 CdSO_4 係可溶性, 亦可使之與 PbSO_4 分離。於 CdSO_4 如加 NH_4OH 過量, 則成無色之可溶性錯鹽 $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$ 而與 BiOOH 分離。於其中添加如醋酸之弱酸, 再加 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試藥, 即生白色之沈澱 $\text{Cd}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$, 然對於藉 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 之紅褐色檢出銅之確認並無妨礙。

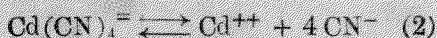
將 Cd^{++} , Cu^{++} 之混合溶液成爲酸性, 投入金屬鐵, 則按照電化列表所示, Cu^{++} 被還元而 Cd^{++} 不還元。故由此將 Cu^{++} 分離後, 可行 Cd 之檢出; 又於 Cd^{++} 溶液如加 KCN 液, 錳即成錯鹽 $\text{K}_2\text{Cd}(\text{CN})_4$, 通之以 H_2S , 則生黃色沈澱 CdS ; 然換之以銅, 則生 $\text{K}_3\text{Cu}(\text{CN})_4$ 而不生 CuS 沈澱。故雖有 Cu 共存, 亦無礙於 Cd 之檢出。然有 Pb , Hg 混入, 則黃色沈澱 CdS 因 PbS , HgS 而呈黑色, Cd 之檢出極感困難。

【 $\text{S}_2\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_4$ 之生成】 若使用 KCN 過多時, 通 H_2S , 則溶液成濃黃色, 遂生橘紅色沈澱 Hydrorubiamic acid $\text{S}_2\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_4$, 可誤視爲 CdS 。



然將此化合物加熱, 則溶解, 故即可與 CdS 識別。

【 $\text{Cu}(\text{CN})_4^{=}$ 與 $\text{Cd}(\text{CN})_4^{=}$ 之錯度】 比較 Cu 及 Cd 之錯離子 $\text{Cu}(\text{CN})_4^{=}$ 與 $\text{Cd}(\text{CN})_4^{=}$ 之電離度:



$\text{Cu}(\text{CN})_4^{2-}$ 之錯度(Complexity)頗大。故(1)式之電離極微， Cu^+ 濃度小，雖如何通以 H_2S ，亦不得 CuS 沈澱。然 $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}$ 之錯度不太大， Cd^{++} 多量存在時通 H_2S ，容易生成 CdS 沈澱。

此即利用兩者錯度之差的分離法。

凡 CN 化合物皆猛毒，須注意！

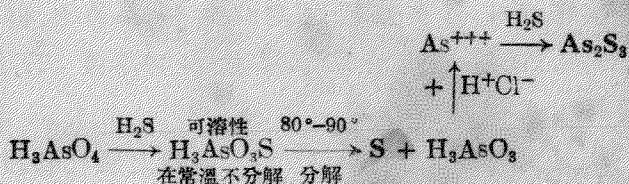
II. 錫類

【 H_2S 對於 As^{+++} ， As^{++++} 之作用】由0.3 N， HCl 酸性溶液，砷、錫、錫成爲硫化物與銅類一同生澱。砷，尤其五價之砷，因極難在冷的0.3 N， HCl 酸性溶液中生澱，故加熱至 $80^\circ\text{--}90^\circ\text{C}$ 時通以 H_2S 。待冷卻稀釋之(0.3 N)，再通以 H_2S ，其目的爲使 SnS ， PbS ， CdS 等生澱完成。

通 H_2S 之前，加 HCl 蒸發乾涸之，應將 HNO_3 完全分解驅盡；否則， H_2S 被 HNO_3 氧化而硫黃遊離，使 As_2S_3 ， As_2S_5 之生澱困難。

於 H_3AsO_4 之稀 HCl 溶液通入 H_2S ，則生可溶性之 $\text{H}_3\text{AsO}_3\text{S}$ ，在生成 As_2S_5 以前大量的吸收 H_2S ，但將此溶液加熱， $\text{H}_3\text{AsO}_3\text{S}$ 立即分解而變 As_2S_5 。此分解遇濃 HCl 更爲

容易。故於濃厚的 HCl 溶液中通 H_2S ，再加以熱，能使砷充分生澱。



中間體 $\text{H}_3\text{AsO}_3\text{S}$ ， H^+ 之濃度愈大及溫度愈高時，其分解愈速；該時所得沈澱物為 As_2S_3 ， As_2S_5 ， S 等混合物。

H_2S 亦可被 HNO_3 以外之氧化劑 FeCl_3 ， CrO_4^{2-} ， MnO_4^- ， ClO_3^- 等氧化而生遊離之膠質狀硫。

HN_3 濃厚時，固起氧化作用，但在本操作之濃度 (0.3 N) 雖在沸騰溶液內亦無斯氧化作用。

【 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 之作用】 添加黃色硫化銨，凡錫類 (As ， Sb ， Sn) 之硫化物皆成可溶性之硫黃酸化合物。此際 As_2S_3 ， Sb_2S_3 ， SnS 各被 S 氧化而成 As_2S_5 ， Sb_2S_5 ， SnS_2 。

使用 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 10 cc.，即能溶解 500 mg. 以上之錫類員，將此試藥反覆注於保持沈澱之濾紙上，最後注加新的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 2-3 cc.，已頗充分矣。欲代此操作，可將保持沈澱之濾紙擴展於錶玻璃上，注入 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ ，使沈澱物在此處充分溶解。

用 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 抽出所得之溶液，於其中添加 HCl 使石蕊試紙呈紅色，則錫類員復成硫化物而沈澱。如加 HCl 過

於多量，則 SnS_2 復被溶解，須注意之！單獨黃色硫化鉍數 cc.，令其成酸性，則生白色或淡黃色之沈澱（遊離 S）。如有汞銅等混入，可使錫類之硫化物附着黑色，但因 HgS ， CuS ， Bi_2S_3 ， PbS 等不溶於 NH_4OH ，故亦能用濃 NH_4OH 抽出錫類員而與銅類員分離。

1. 【關於砷 As^{+++} ， As^{++++} 】 錫類之硫化物以 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 處理之，皆成硫黃酸化合物 $(\text{NH}_4)_3\text{AsS}_4$ ， $(\text{NH}_4)_3\text{SbS}_4$ ， $(\text{NH}_4)_2\text{SnS}_3$ 而溶解，使其成酸性，則復生 As_2S_5 ， Sb_2S_5 ， SnS_2 等沈澱。

As_2S_3 ， Sb_2S_3 ， SnS 等雖完全不溶解於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，但使用 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ ，則此等硫化物被氧化而生成能溶於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 之 As_2S_5 ， Sb_2S_5 ， SnS_2 。故使用 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 之作用，先可代替其他氧化劑氧化之，而後使其溶解於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 。



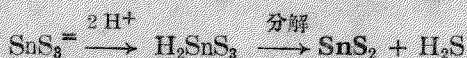
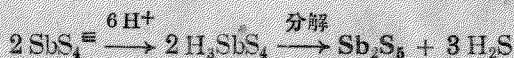
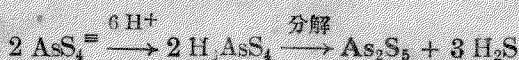
因 As_2S_5 對濃 HCl 為不溶性而 Sb_2S_5 ， SnS_2 為可溶性，故由濃 HCl 之處理，使 As_2S_5 分離而出。

將 Sb_2S_5 ， SnS_2 分去之後，若殘渣 As_2S_5 呈黃色，即以濃 HNO_3 溶解之；若係黑色，則以 NH_4OH 抽出 As_2S_5 ，將此抽出液蒸發，然後用 HNO_3 處理之。又蒸發使過剩之酸分解驅散，於此濃厚之砷液中添加硝酸鎂試藥，則生無色之結晶 $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$ 。此時溶液中若有 Cl^- 存在，以後加 AgNO_3 試

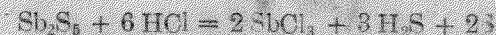
藥舉行砷之確認試驗時，則生 AgCl 沈澱，故鎂試藥不得使用於氯化物。As 少量存在時， $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$ 之生澱非常遲慢，應時時攪拌之。

因沈澱物 $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$ 易與 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 及其他氫氧化物誤視，故欲知其確實，必需將其濾過，添加 AgNO_3 試藥而生紅褐色沈澱 Ag_3AsO_4 才可決定。

2. 【關於銻 Sb^{+++} , Sb^{++++} 】 如銀屬時所述，將銻溶液稀釋（在 0.3 N, HCl 亦然），即生白色沈澱 SbOCl 。此點與鉍類似。然於其中通以 H_2S , SbOCl 與 BiOCl 同樣容易變成硫化物 Sb_2S_3 ，當分離第三屬時，雖生 SbOCl ，亦無所礙。 Sb_2S_5 與 As_2S_5 及 SnS_2 同樣易溶於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ ，即可與銅類分離。次加 HCl 於其溶液，則與 As, Sn 同樣生成硫化銻



五硫化二銻因可溶於稀 HCl，故可由 As_2S_5 （不溶性）分離而出；又於此過程中使 Sb^{++++} 還元為 Sb^{+++} 。



故稀釋之而通 H_2S 則生 Sb_2S_3 沈澱。將酸之濃度約

爲 2N, 加熱, 得以分離 Sb_2S_3 (不溶性) 與 SnS (可溶性)。若知 Sb 之量無必要時, 則雖有 Sn 共存, 亦可行 Sb 之確認試驗。即於 Sb^{+++} , Sn^{++} 之混合液中投入金屬 Sn^0 , 如電化列所示, Sb 被還元成金屬狀銻(黑色)析出, 應不溶於 $NaOCl$ 或 $NaOBr$ 試藥。此時如混入金屬狀 As , 則對 $NaOCl$ 或 $NaOBr$ 成可溶性。

3. 【關於錫 Sn^{++} , Sn^{++++} 】 錫普通有二價與四價, SnS , SnS_2 皆可溶於 $(NH_4)_2S_x$ 而成 $(NH_4)_2SnS_3$, 使其成酸性, 產生黃色之沈澱 SnS_2 , 但酸較爲濃厚時 (2.5 N, HCl 以上), 則重行溶解。因此 SnS_2 對濃厚之 HCl 爲可溶性故可與 As_2S_5 分離。

又 HCl 之濃度約爲 2.5 N, 再加熱則 SnS_2 溶解而 Sb_2S_3 不溶, 故亦能與 Sb_2S_3 分離。將此濾液沖稀, 通 H_2S , 得 SnS , SnS_2 沈澱。

Sb^{+++} , Sn^{++++} 共存時, 加金屬銻, 則 $SnCl_4$ (H_2SnCl_6) 被還元成 $SnCl_2$ 而止。因此, 於其中加 $HgCl_2$ (第一屬已有於 $HgCl_2$ 加以 $SnCl_2$ 之試驗), 則 $HgCl_2$ 被還元而成灰白色之沈澱 Hg_2Cl_2 。此沈澱物雖無 Sn 之化合物, 但可示明 $SnCl_2$ 有強的還元性而證明 Sn 之存在。

錫亦可用 Al^0 , Fe^0 , Zn^0 還元之, 但因所得物係金屬錫, 故在加 $HgCl_2$ 以前, 應加 HCl 溶解之。然使用 Sb^0 爲還元劑, $SnCl_4$ 被還元而成 $SnCl_2$, 則無須用 HCl 溶解。

Sb與Sn共存於草酸中，通以 H_2S ，僅生 Sb_2S_3 沈澱，故由此可將Sb, Sn分開。

以熱稀硝酸處理金屬錫，最初生成硝酸錫，但立即加水分解而成白色之化合物偏錫酸 $Sn_5O_5(OH)_{10}$ 〔或 $5(H_2SnO_3)$ 〕與 HNO_3 。此係氫氧化錫 H_2SnO_3 之重合體。再加以HCl，此化合物成爲 $Sn_5O_5Cl_{10}$ ；雖不溶於鹽酸，但遇水而成 $Sn_5O_5Cl_2(OH)_8$ ，且可溶於水。然 $5(H_2SnO_3)$ 遇有如 Al^+ 還元劑存在時，容易溶解於HCl。

$SnCl_4$ 在 $114^\circ C$ 揮發。故切勿將 $SnCl_4$ 蒸發乾涸。 Sn^{++++} 之化合物稀釋煮沸，則成偏錫酸。偏錫酸與KOH或HCl之濃溶液煮沸，則復變成 Sn^{++++} 之化合物。

【Sb與Sn之另一分離法】將As分出後之HCl酸性溶液，以 NH_4OH 中和之沖淡至100 cc.左右，加入草酸2g.煮沸，於其熱溶液中約通 H_2S 半小時，放冷濾過。此時如添加少量之 H_2O_2 ，則Sn之溶解分離更加迅速。

沈澱 Sb_2S_3 濾液 $(NH_4)_4Sn(C_2O_4)_4$

與KCN對於Cu及Cd之作用相同，Sn及Sb因 $H_2C_2O_4$ 之作用而生成錯鹽，其錯度Sn鹽大，Sb鹽小。故其結果，因 Sn^{++++} 濃度微小，雖通以 H_2S 亦不生 SnS_2 沈澱，反之， Sb^{+++} 濃度大通 H_2S 易生 Sb_2S_3 沈澱。

註 1. Na_2SnO_2 試藥之調製

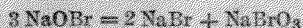
取 $SnCl_2$ 液1 cc.，以10 cc.水稀釋之，然後於其中徐徐加入NaOH溶液。

起初生成之 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 透明，漸漸而至混濁液。每當使用此試藥，隨時新鮮配製最宜；因其自然的終起如下之加水分解作用。



註 2. NaOBr 試藥之調製

因 NaOBr 溶液分解比較速，故當使用時，須新鮮配製。



取 Br 之飽和溶液 2 cc.，漸漸滴入 NaOH 溶液，待其液呈無色或淡黃色為度，再加同滴數之 NaOH 溶液即成。

第三章 第三屬

(硫化銨屬)

鐵類	鐵	Iron	Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺
	錳	Manganese	Mn ⁺⁺
	鈷	Cobalt	Co ⁺⁺
	鎳	Nickel	Ni ⁺⁺
鋁類	鋁	Aluminium	Al ⁺⁺⁺
	鉻	Chromium	Cr ⁺⁺⁺
	鋅	Zinc	Zn ⁺⁺

此屬員皆可由鹼性溶液通以 H_2S 生成硫化物而沈澱；然 Al_2S_3 , Cr_2S_3 易起加水分解作用，即變為 $Al(OH)_3$ 及 $Cr(OH)_3$ 。

第一節 預備試驗

1. 障害物質

有機物、草酸鹽、酒石酸鹽、磷酸鹽等之共存，足以障害第三屬之分離及檢出。前三者之害處如第三編所述，調

製分析試料時容易分解。磷酸鹽不能如前者，可以分解驅散，應另述其他方法除去之。若有磷酸鹽共存時，於其中添加 NH_4OH ，則第四屬員與第三屬一同生澱。



【磷酸離子(Phosphate)不存在時之情形】 取小玻璃杯 2 個，A 杯盛鐵試液 5 cc.，B 杯盛鈣試液 5 cc.，以水稀淡之，各成 50 cc. 各加稀 HCl 5 cc. 後，再加 NH_4OH 使石蕊試紙變藍色為止。結果，僅 A 杯生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈澱，且知此時溶液中並無多量 NH_4Cl 存在。

Fe 為第三屬之代表， Ca 為第四屬之代表。



【磷酸離子之影響】 同上，A 杯盛鐵試液，B 杯盛鈣試液，量各為 5 cc.，次各加 HCl 5 cc.，另各加磷酸鹽 1 cc.，而後添加 NH_4OH 使其成鹼性。則兩杯中各生 Fe 及 Ca 之磷酸鹽沈澱，試與以上之結果比較，並特別注意其色！



【磷酸離子 $\text{PO}_4^{=}$ 之除去】 將以上所得之二種磷酸鹽混合，漸漸滴入醋酸使 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 全部溶解，次加 NH_4OH 待 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈澱微微出現。若此時不生紅褐色之沈澱 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，則加 FeCl_3 試藥待溶液稍呈褐色為止。再加醋

酸數滴將此沈澱溶解，次加 5% 醋酸鉍液約 5 cc.，以水稀釋至 100 cc. 左右，煮沸之。將所生沈澱 FePO_4 濾去，就濾液按以下方法檢出 Ca^{++} 及 $\text{PO}_4^{=}$ 。

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 可溶於醋酸及醋酸鉍中，而 FePO_4 則不溶。故由上述之操作，知 $\text{PO}_4^{=}$ 可成爲 FePO_4 而除去之。

【鈣 Ca^{++} 類之試驗】 將所得濾液分成二份，於其一添加草酸鉍試藥，即生白色沈澱 CaC_2O_4 ，係 Ca^{++} 之證，故知 Ca 不與 FePO_4 一同生澱。



【磷酸離子 $\text{PO}_4^{=}$ 之試驗】 於其二，加稀 HNO_3 使石蕊試紙呈紅色，微微加熱，再添加鉬酸鉍試藥約 20 cc.，如有黃色沈澱生成，即爲磷酸離子存在之證。然此時如不見黃色沈澱產生，可將所得之鐵沈澱物溶解於數 cc. 稀 HNO_3 中，再加入鉬酸鉍試藥約 20 cc.，即生黃色沈澱。



則磷酸離子僅存於沈澱物中不存於濾液中，亦可利用此反應除去磷酸離子。

在碳酸鉍屬與硫化鉍之分離，爲何非將磷酸離子除去不可，試再推測其理由。

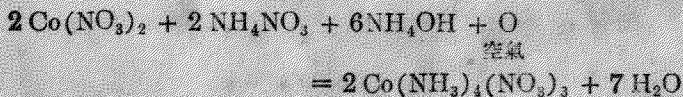
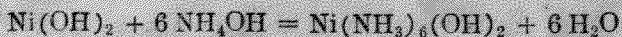
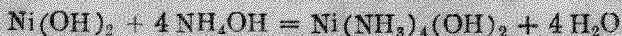
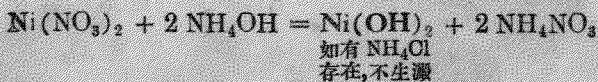
II. 鐵類與鋁類之分離

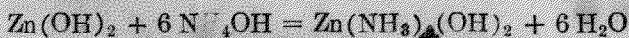
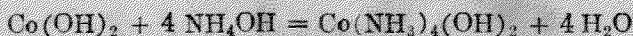
【NH₄OH之作用】 取小玻杯 7 個，分別標貼 Fe, Mn, Ni, Co, Al, Cr, Zn 等紙條，在 Fe 杯盛 Fe(NO₃)₃ 試液 5 cc.，在 Mn 杯盛 Mn(NO₃)₂ 試液 5 cc.，同樣，在 Ni, Co, Al, Cr, Zn 杯各盛 5 cc. 之 Ni(NO₃)₂, Co(NO₃)₂, Al(NO₃)₃, Cr(NO₃)₃, Zn(NO₃)₂ 試液一種；其次，於 7 個玻杯中各添加 HCl (d. 1.2) 2 cc.，復一一加入 NH₄OH 使各呈鹼性即止，注意各杯中沈澱之生成及溶解。

Fe(OH)₃, Cr(OH)₃, Al(OH)₃ 之色如何？

註 Zn, Ni, Co, Mn 當無 NH₄Cl 存在時，藉 NH₄OH 之添加而生澱；但在上述之情況中，由 HCl 與 NH₄OH 生成多量之 NH₄Cl。於 Zn, Ni, Co, Mn 之中性試液添加 NH₄OH 所起之變化與上述用 HCl 酸性後再添加 NH₄OH 所得之結果，試對照比較之。

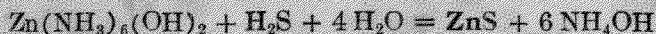
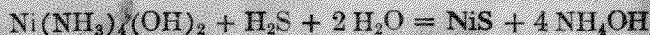
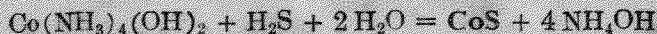
徐徐添加 NH₄OH，其量少及其量過多，對於生澱極有影響，須注意！



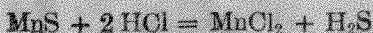


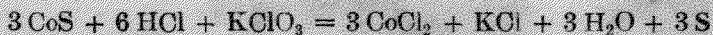
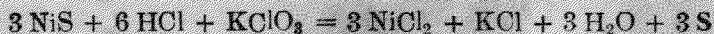
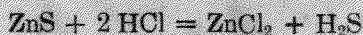
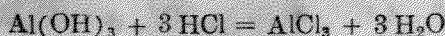
【 H_2S 之作用】 通 H_2S 於各杯之溶液中 (或含有洗澱物), 使其飽和, 注意所生洗澱物之顏色。

FeS 黑色, MnS 淡紅色, CoS 黑色, NiS 黑色, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 無色, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 綠色, ZnS 白色

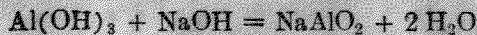
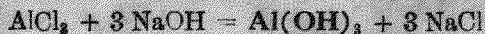
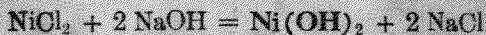
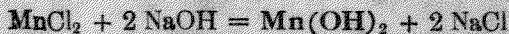
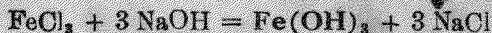


【洗澱物之溶解】 令此等洗澱物完全洗降, 棄其上層澄液, 於各洗澱物加稀 HCl (濃 HCl 1 : 水 10) 10-15 cc., 漸漸加熱。除 CoS , NiS 以外之洗澱物皆溶解。泌去 CoS 及 NiS 之上層澄液, 將洗澱溶解於濃 HCl 中。此時若加少量 KClO_3 粉末再加熱, 則溶解甚速。諸洗澱物均已溶解, 就其溶液續作以下實驗。

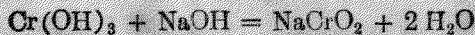




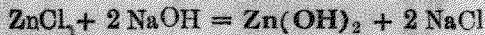
【NaOH之作用】 使用石蕊試紙，於各溶液中加NaOH試藥中和之，然後添加過剩之NaOH，使其成強鹼性。Fe, Mn, Co, Ni, 皆生沈澱；Al, Cr, Zn 在初亦生沈澱，但因NaOH之過剩而溶解。生澱之化合物為 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ；溶解之化合物為 NaAlO_2 , NaCrO_2 , Na_2ZnO_2 。

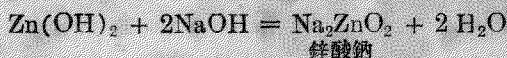


鋁酸鈉

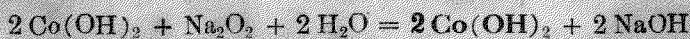
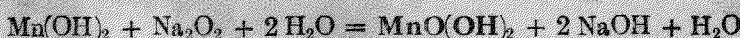


偏鉻酸鈉





【 Na_2O_2 之作用】 以玻璃匙取 Na_2O_2 粉末少許，添加於各溶液中（使用 H_2O_2 溶液數 cc. 亦可），則錳之沈澱變成黑色 MnO(OH)_2 ，鉻之溶液變成黃色 Na_2CrO_4 ， Co(OH)_2 被氧化而成 Co(OH)_3 。

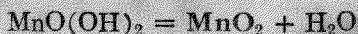
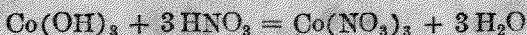


故鐵類皆成 Fe(OH)_3 ， MnO(OH)_2 ， Co(OH)_3 ， Ni(OH)_2 等沈澱物，鋁類皆成 NaAlO_2 ， Na_2ZnO_2 ， Na_2CrO_4 等溶液，由此得以分離。

A. 分離

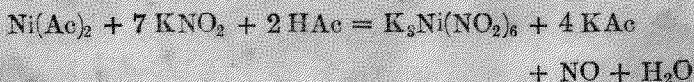
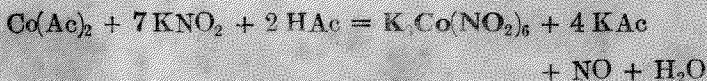
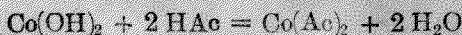
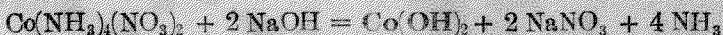
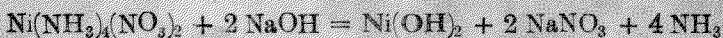
III. 鐵類

1. 【錳 Mn^{++} 之分離】 將沈澱物 Fe(OH)_3 ， MnO(OH)_2 ， Co(OH)_3 ， Ni(OH)_2 之上層澄液一一泌去，再加水復泌棄澄液，而後各添加濃硝酸 (d. 1.4) 10 cc. 及 KClO_3 之結晶粉末約 0.5 cc.，微微加熱，使沈澱物溶解。僅 MnO(OH)_2 生成不溶性之 MnO_2 （然 HCl 存在時， MnO_2 即溶解），其他沈澱物皆成可溶性之硝酸鹽。由此 Mn 與 Fe ， Ni ， Co 等分離而出。



2. 【鐵 Fe^{+++} 之分離】 $\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co}$ 之各溶液添加 NH_4OH 使其成鹼性, 則僅見鐵生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈澱, Ni 及 Co 皆成錯離子 $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 及 $\text{Co}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 而溶解於過剩之 NH_4OH 中。故 Fe 即可由 Ni 及 Co 分離而出。(反應式已詳述於 II.)

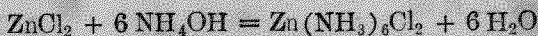
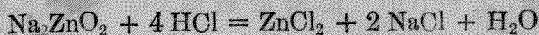
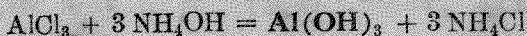
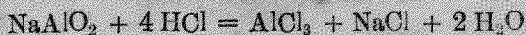
3. 【鈷 Co^{++} 與鎳 Ni^{++} 之分離】 滴加 NaOH 試藥於 Ni 及 Co 溶液內稍有沈澱產生, 則用稀醋酸溶解之, 於各溶液添加 KNO_2 試藥。 Co 生黃色沈澱之 $\text{K}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$, 而 Ni 則不生澱。



鈷亞硝酸鉀(六亞硝基鈷化三鉀)之結晶可寫
 $2 \text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot 6 \text{KNO}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$

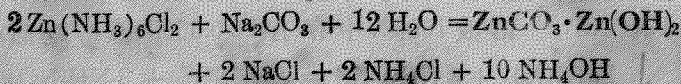
IV. 鋁類

1. 【鋁 Al^{+++} 之分離】 於 NaAlO_2 , Na_2CrO_4 , Na_2ZnO_2 各溶液中, 滴加 HCl 使石蕊試紙呈紅色, 次加 NH_4OH 使其成鹼性。僅見 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沈澱, 而 Cr , Zn 皆成 $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$, $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 藏留於溶液中, 故 Al 可與 Cr 及 Zn 分離而出。



註 Cr^{VI} 被還元而成 Cr^{III} , 此時即生綠色沈澱之 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 。

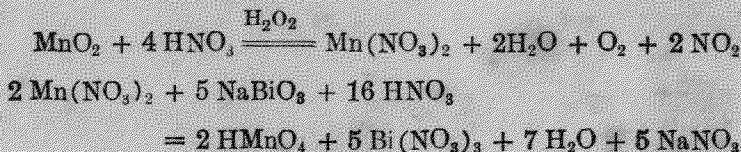
2. 【鋅 Zn^{++} 與鉻 Cr^{+++} 之分離】 於 Zn 及 Cr 溶液, 各加 Na_2CO_3 之飽和溶液 10-15cc., 蒸發之, 將 NH_3 完全逐出, 如已無 NH_3 之氣味, 則濾過之。沈澱物係 $\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$, 由此 Zn 與 Cr 分離。



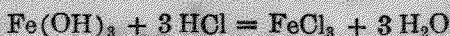
B. 確認試驗

1. 【錳 Mn^{++} 之確認】 在 III. 1. 由 HNO_3 及 KClO_3 處理, 已得 (分離) 沈澱 MnO_2 之 HNO_3 酸性溶液中, 添加 H_2O_2

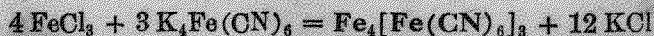
而熱之，則 MnO_2 溶解。再加鉍酸鈉粉末 NaBiO_3 而熱之，則呈 MnO_4^- 之紫色。50cc. 溶液中含有 0.000005 g. 之 Mn 即能檢出。此時不准有氯化物存在。



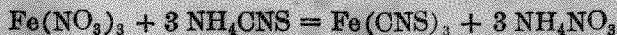
2. 【鐵 Fe^{++} , Fe^{+++} 之確認】 將 III. 2. 由 NH_4OH 處理所得(分離)之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶解於數滴 HCl 中，以水稀釋之，分成二份，作次之實驗。



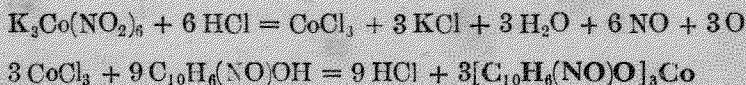
(a) 於其一加黃血鹽溶液 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ，則生藍色之化合物 $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ (普魯士藍)。溶液 100 cc. 中存有 Fe 0.0000002 g, 即能檢出。



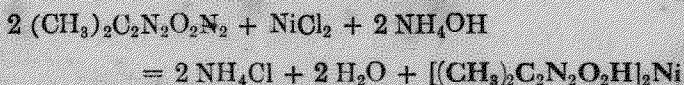
(b) 於其二加 KCNS 或 NH_4CNS 溶液，則生紅色之化合物 $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ 。溶液 100 cc. 中存有 Fe 0.0000007 g, 即能檢出。



3. 【鈷 Co^{++} , Co^{+++} 之確認】 將 III. 3. 由 KNO_2 處理所得(分離)之沈澱物 $\text{K}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$ 溶解於 HCl ，若加入 1 亞硝基萘酚 (2) (Nitross-beta-naphthol) 之 50% 醋酸溶液，則生紅褐色之沈澱。

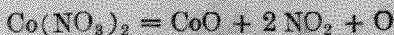
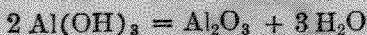
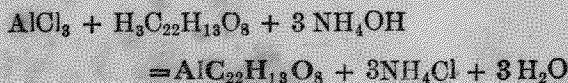


4. 【鎳 Ni^{++} 之確認】 於含鎳之溶液中，添加〔二甲(烷)〕二乙醛肟 (Dimethyl glyoxime) 之酒精溶液，則生紅色之沈澱。100 cc. 溶液中存有 Ni 0.0000003 g, 即能檢出。



5. 【鋁 Al^{+++} 之確認】 將 IV. 1. 由 NH_4OH 處理所得(分離)之沈澱物溶解於稀 HCl (1 : 3), 約加 20 % 之醋酸鉍液 3 cc., 再加試鋁劑 (Aluminion) $\text{H}_3\text{C}_{22}\text{H}_{13}\text{O}_8$ 約 5 cc., 用 NH_4OH 使其成弱鹼性後，復添加 10 % 之碳酸鉍液約 1 cc. 產生美麗的紅色沈澱 $\text{AlC}_{22}\text{H}_{13}\text{O}_8$.

或按照分離表將 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 以稀 HNO_3 數滴溶解之，添加 6 % $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 試藥數滴，用 NH_4OH 使其成鹼性後，濾過，將沈澱物盛於磁坩堝中，灼熱之，即成藍色塊狀。



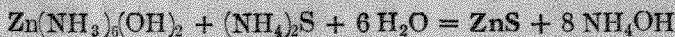
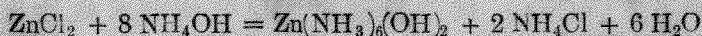
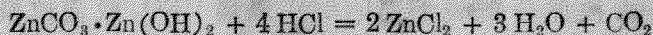
6. 【鉻 Cr^{+++} , Cr^{++++} 之確認】 在 IV. 2. 由 Na_2CO_3 液處

理所得(分離)之濾液如係黃色,即顯示 CrO_4^{2-} 之存在,再將此溶液加熱而加入醋酸鉛液數cc.,則生黃色沈澱 PbCrO_4 。此時若有 SO_4^{2-} 存在,則產生 PbSO_4 沈澱物,茲為防止其生澱起見,必需添加醋酸鉍液及醋酸數滴。



【醚(Ether), 過氧化氫試驗】 將 PbCrO_4 溶於稀 HNO_3 (1:10)後,盛入試管中,添加醚4-5cc.及3% H_2O_2 2-3cc.,極力振盪之,則醚層呈藍色。

7. 【鋅 Zn^{++} 之確認】 將IV.2.由 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 處理所得(分離)之沈澱物 $\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$ 以稀 HCl 數cc.溶解之,加 NH_4OH 使之成鹼性,添加 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 試藥,則生白色沈澱 ZnS 。因 ZnS 易與遊離 S 之白色渣物相混同,故須注意。



第二節 正式試驗

【已知試料之分析】 若時間許可,自己混和第三屬員之試液,按照次表練習其分離及確認試驗。

【未知試料之分析】 向指導者領取該屬員之混合溶液,依次表分析之。

第三表 A.

第三屬(硫化鉍屬)鐵類與鋁類之分離

【溶液之調製】 若有草酸鹽，酒石酸及其他有機化合物存在，對於第三屬之分析操作發生障害，故應將此等有機化合物用氧化或灼熱使其分解除去之（其實，此等障害物在第一屬分析之前已應除盡）。

若有磷酸存在，則將溶液成鹼性時，Ca, Sr, Ba, Mg 亦與第三屬一同生澱。故如預備試驗時所練習，應加三氯化鐵溶液將其除去。因此，取溶液少許，試加鉍酸鉍確定磷酸鹽之存在，若有 PO_4^{3-} 存在（生黃色沈澱），再為確定鐵之存在，又取溶液少許，加 HCl 而蒸發乾涸之，於渣物上加少量之水再添加 HCl 數滴溶解之，加 KONS 或 $K_4Fe(ON)_6$ 試藥。如有鐵存在，則於前者呈紅色，後者呈藍色。

鐵及磷酸鹽，待鋁類員分離後，尚可用鹼性醋酸鹽法（第三表D）分離之。

第三屬員(硫化鉍屬員)之生澱

1. 【 NH_4OH 之處理】 第一屬員已由第一表分出，第二屬員已由第二表分出。

將 H_2S 處理分離第二屬後之濾液加熱，驅逐 H_2S （持 PbAc 液溼潤之紙條於溶液面上試之，煮沸至紙條不變黑為止）；又為防止 $Mg(OH)_2$ 之生澱，約加 20% 之 NH_4Cl 液 5 cc.；最後加 NH_4OH 至石蕊試紙呈藍色。注意沈澱物之顏色！ $Fe(OH)_2-3$ 綠——紅褐色， $Al(OH)_3$ 無色， $Cr(OH)_3$ 係暗綠色，若不生沈澱，無 Fe, Al, Cr 存在。如有磷酸離子存在，則 Ca, Sr, Ba, Mg 皆成白色沈澱物。

2. 【 H_2S 之處理】 持醋酸鉛紙於溶液面上，通 H_2S 待其變黑，將溶液加熱攪拌，使沈澱物完全凝集，濾過，用含有 $(NH_4)_2S$ 約 1% 之水洗滌之，保存濾液，棄去洗液。沈澱物在洗滌中有氧化之慮，為防阻起見，應手續敏速。用鍍玻璃蓋之。濾液通以 H_2S 而煮沸之，如生沈澱，以新濾紙濾過之，如併於以前之沈澱物。

沈澱： $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, FeS 黑色, NiS 黑色, COS 黑色, MnS 淡紅色, ZnS 白色, (若有 PO_4^{3-} 存在, 則含有 Ca, Sr, Ba, Mg)。

濾液：含有次屬員。必要時保存之。

3. 【鐵類與鋁類之分離】 將沈澱物盛於 100-250 cc. 玻璃杯中，加濃 HCl(d. 1.2)

10-15 cc., 攪拌之。若沈澱物不易溶解 (因有 NiS 及 CoS 存在), 稍加熱。倘有黑色沈澱殘留, 冷卻之, 投入 $KClO_3$ 粉末少許, 再煮沸。黑色物遂消滅, 僅殘存遊離之硫。而後加水 10-15 cc., 將 S 濾別棄去, 由此濾液中檢出第三屬員。又為驅逐過剩之酸, 將濾液蒸發, 濃縮而成數 cc., 再以水沖淡至 20-25 cc., 加 NaOH 試藥使石蕊試紙呈藍色, 然後尚多加 4-5 cc.。若得大量沈澱, 則以水稀釋之, 用小磁匙取 Na_2O_2 粉末 2-5 cc., 一面慢慢少量投落, 一面冷卻。(若有 IO_3^- 存在, 加 Na_2CO_3 飽和溶液 2-3 cc.)。次將溶液沖淡至 50 cc., 煮沸之, 使過氧化物分解, 濾過, 保存濾液及沈澱物。沈澱物用熱水洗滌, 洗液棄去。

沈澱: $Fe(OH)_3$, $MnO(OH)_2$, $Co(OH)_2$, $Ni(OH)_2$, (Zn) 皆為鐵類員。若有 PO_4^{3-} 存在, 則混入 Ca, Ba, Sr, Mg。

濾液: $NaAlO_2$, Na_2CrO_4 , Na_2ZnO_2 皆為鋁類員。供 9 之分析。

第三表 B.

鐵類員之分離檢出

4. 【錳 Mn^{++} 之分離】將沈澱物盛於小玻璃杯內, 加濃 HNO_3 10-15 cc., 煮沸之, 漸漸加入 $KClO_3$ 粉末約 1 cc. 溶液如呈黑色, 證明為 MnO_2 ; 既有 MnO_2 產生, 則再加 $KClO_3$ 結晶 1-2 cc., 加熱, 於漏斗內敷置約 1/8 吋厚之石棉, 以此將沈澱物過濾。

沈澱: MnO_2

【錳 Mn^{++} 之確認】將沈澱物盛於試管內, (如 MnO_2 量少, 可連同石棉一併放入) 約加熱稀 HNO_3 10 cc. 及 3% 之 H_2O_2 液 1-2 cc.

溶解之, 冷卻後, 用匙添加 B_2O_3 粉末直至褐色沈澱殘存為止。(以 PbO_2 代替 BiO_2 時, 溶液必須煮沸) 若有錳存在, 則溶液呈紫色。

濾液: $Fe(NO_3)_3$, $Co(NO_3)_2$, $Ni(NO_3)_2$, (Zn^{++}), 若有 PO_4^{3-} 存在, 則混入 Ca, Sr, Ba, Mg. 供 5. 之試驗。

5. 【鐵 Fe^{+++} 自鈷 Co^{++} , 鎳 Ni^{++} (及 Zn^{++}) 分出] PO_4^{3-} 存在時, 作 5(a) 之試驗 (詳載於 11 及 12)。如無 PO_4^{3-} 存在, 則按次試驗之。

【鐵 Fe^{+++} 之分離】 以等容積之水將 HNO_3 處理後之溶液稀釋，滴加 NH_4OH (d. 0.9) 至沈澱生成，再加至所生沈澱物重行開始溶解，然後添加過剩之稀 NH_4OH (1:1) 約 20 cc. 濾過，保存濾液及沈澱，以溫水洗滌沈澱，洗液棄去。

沈澱: $Fe(OH)_3$ 紅色

【鐵 Fe^{+++} 之確認】 以稀 HCl 數 cc. 溶解沈澱物，分作二部份：

濾液: $Co(NH_3)_4^{++}$,
 $Ni(NH_3)_4^{++}$, $Zn(NH_3)_4^{++}$,
供 6 之試驗。

(a) 於其一加入 $K_4Fe(ON)_6$ 試藥數滴，如呈藍色 $Fe_4[Fe(ON)_6]_3$ ，則為鐵存在之證。

(b) 於其二加入 $KONS$ 或 NH_4ONS 試藥，如呈紅色 $Fe(ONS)_3$ ，則為鐵存在之證。

6. 【鎳 Ni^{++} ，鈷 Co^{++} 之分離與確認】 於 $Fe(OH)_3$ 已分出之鹼性濾液中，充分 (2-3 分鐘) 通以 H_2S ，生有沈澱，濾過之，以供 Ni , Co , Zn 之檢出試驗。若此操作自 5 (a) (因原來溶液中有 $PO_4^{=}$ 存在) 繼續時，此濾液可供第四屬之分析。無 $PO_4^{=}$ 存在時，濾液無用。以水數 cc. 洗滌此沈澱物，洗液棄去。

沈澱: CoS , NiS , (ZnS).

將沈澱物盛於小玻杯，加冷稀 HCl (1:10) 15-20 cc. ZnS 溶解， NiS , CoS 幾不溶解。攪拌之，放置數分鐘而後過濾。保存濾液，殘渣。以水洗滌殘渣，洗液棄去。

濾液: 無 $PO_4^{=}$ 存在時，棄去之；有 $PO_4^{=}$ 存在而繼續 5 (a) 試驗時，則保存之。

A. 殘渣: CoS , NiS 將殘渣 A 及沈澱 B 併和於小杯中，加濃 HCl 5-15 cc. 及少量之結晶粉末 $KClO_3$ 煮沸溶解之。以數 cc. 之水稀釋之，濾去硫黃，濾液蒸發將 HCl 充分逐去。殘渣溶解於 4-5 cc. 之稀醋酸中。加 50% 之 KNO_3 試藥 2-3 cc.，於 10-15 分鐘間如有黃色沈澱產生，則為 Co 存在之證。又因尚須作 7 之確認試驗，濾過之，保存濾液及沈澱。

B. 濾液: $ZnCl_2$, ($NiCl_2$, $CoCl_2$) 於其中加 $NaOH$ 試藥使石蕊試紙呈藍色，再加 Na_2O_2 粉末 1-2 cc. 或 3% H_2O_2 液 5-10 cc.，如生沈澱，則濾過之，沈澱物併入殘渣 A；濾液 (Na_2ZnO_2) 加於試驗 11，以供 Zn 之檢出試驗。

7. 沈澱: $K_3Co(NO_2)_6$

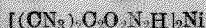
【細砂球試驗】 輪捲白金絲之一端，

8. 濾液: Ni^{++}

將濾液稀釋，加二甲 (烷) 二乙醚肪

洗潔之，作礫砂球，次將沈澱粉貼付於球上，置於火焰上熔融，如成藍色之球，則證明 Co 存在。

試藥數 cc. 稍加熱，如生成紅色沈澱或溶液呈紅色，則證明 Ni 存在。



第三表 C.

鋁類員之分離檢出

9. 【鋁 Al^{+++} 之分離】由 3. 以 NaOH 處理鐵類分出後之濾液中舉行鋁類員的檢出。於此冷鹼性濾液一面加以稀 HCl，一面令其冷卻(熱則有 Cr^{VI} 還元為 Cr^{III} 之處)，直至石蕊試紙呈紅色為止，復加稀 NH_4OH 使其成鹼性，煮沸之，如生沈澱物，濾過，保存沈澱及濾液。沈澱以溫水洗滌，洗液棄去。

沈澱：有 $Al(OH)_3$, SiO_2 , $Cr(OH)_3$ 存在。

濾液： Na_2CrO_4 , (Zn^{++}) 供 10. 之試驗。

【鋁 Al^{+++} 之確認】(a) 以 HNO_3 數滴將沈澱物溶解，添加 6% 之硝酸鉍試藥 1-10 滴，加 NH_4OH 使其成鹼性，濾過洗滌，將沈澱物連同濾紙置於磁坩堝中灼熱之。得藍色殘渣，即為鋁存在之證。

(b) 使用以前確認試驗 5. 之 Aluminon 試驗法亦可。

10. 【鋅 Zn^{++} 與鉻 Cr^{+++} 之分離】分出 $Al(OH)_3$ 後之濾液，如呈黃色，知其中含有鉻酸鹽。

加入 Na_2CO_3 之飽和溶液 10-15 cc., 蒸發濃縮至不發生 NH_3 臭氣，過濾之，保存沈澱及濾液，沈澱物以水少許洗滌之。

沈澱： $ZnCO_3$, $Zn(OH)_2$

濾液： Na_2CrO_4

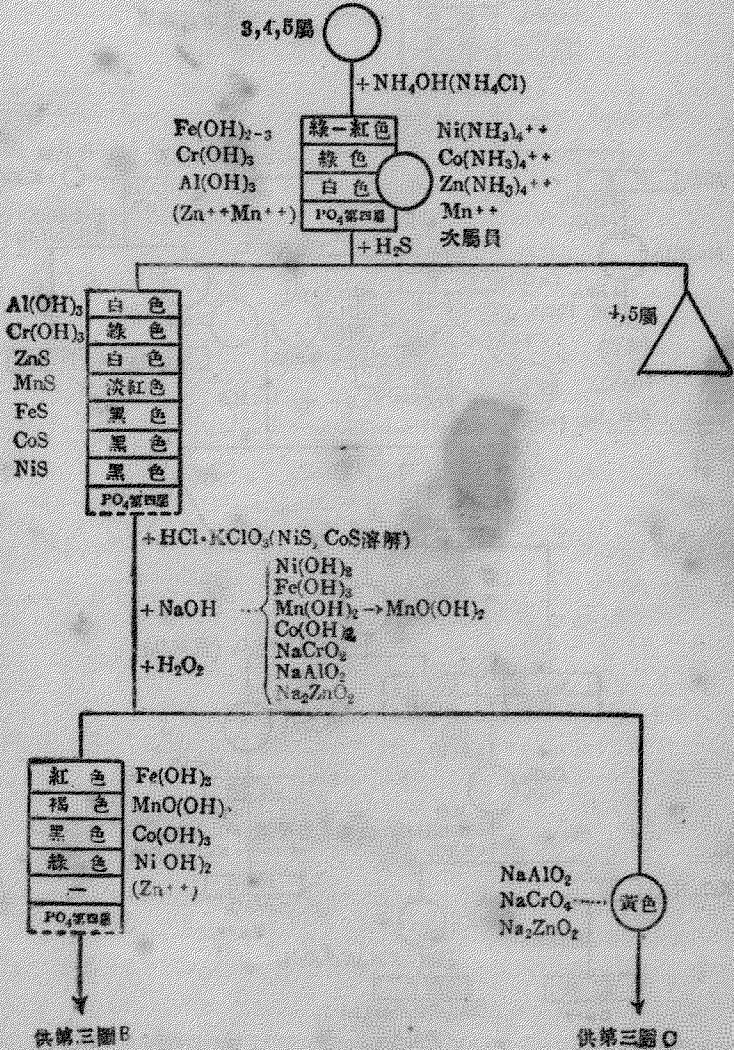
11. 【鋅 Zn^{++} 之確認】以稀 HCl 數 cc. 將沈澱物溶解，加 NH_4OH 使其成鹼性，煮沸，如生殘渣則過濾之。於濾液加入 $(NH_4)_2S$ 試藥數滴，即生白色沈澱 ZnS ，證明有 Zn 存在。若沈澱物呈黑色或雜係白色亦覺可疑時，濾過之，溶解於數滴稀 HNO_3 中，與 6. B. 之溶液混合，添加

12 【鉻 Cr^{+++} 之確認】以稀醋酸使溶液成酸性，以水沖淡至 20-25cc., 煮沸，加醋酸鉍試藥。如生黃色沈澱，則為 $PbCrO_4$ 之證。

再將此沈澱物溶解於稀 HNO_3

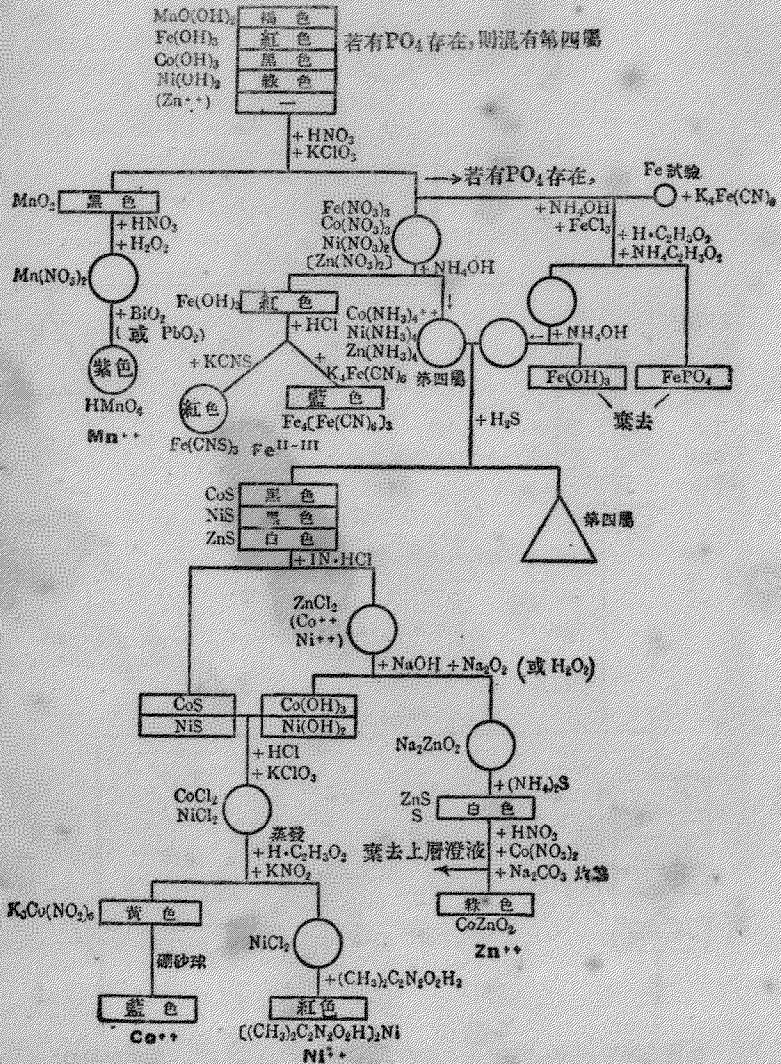
第三圖 A.

第三圖 (硫化銨屬) 鐵類與鉛類之分離



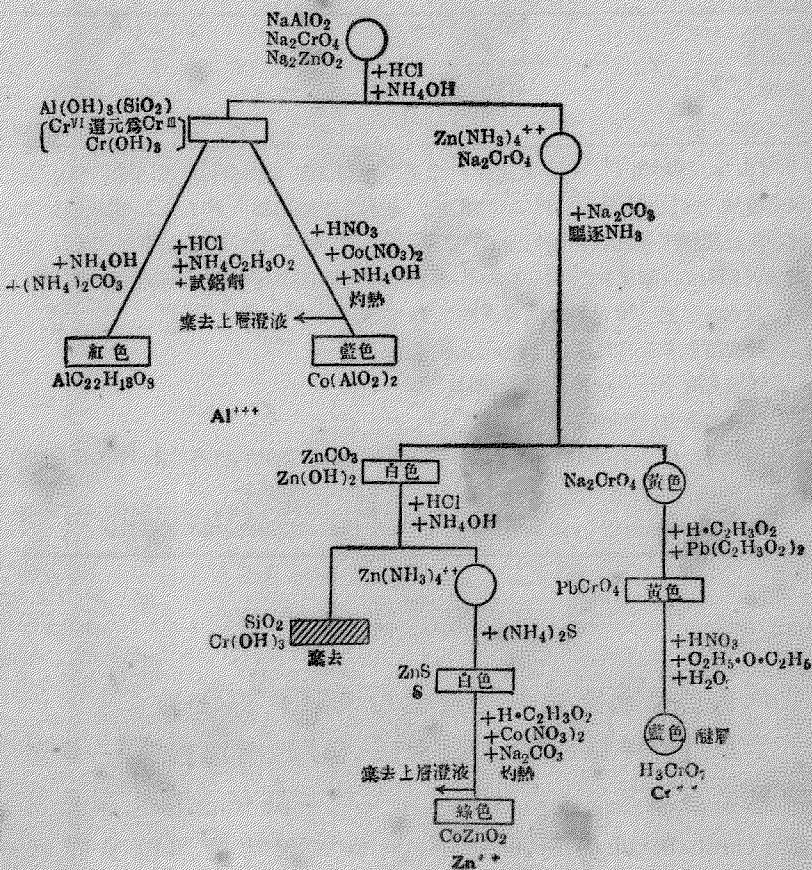
第三圖 B.

第三圖 (硫化銨屬) 鐵類之分離檢出



第三圖 C.

第三屬 (硫化銻屬) 鋁類之分離檢出



6% 之 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 試藥 1-5 滴，蒸發乾涸，加 Na_2CO_3 試藥 2-3 cc.，濾去上層澄液再行蒸發，灼熱之，則生綠色殘渣。即為 CoZnO_2 之證。	數 cc.，於冷溶液加入醚 1-5 cc. 振盪之，醚層呈藍色，係 H_3CoO_7 之證。
---	--

第三表 D.

【5. (a) 磷酸離子 PO_4^{3-} 之除去】若有磷酸鹽存在，前由硝酸處理已將 MnO_2 分出之濾液，先取少量，按試驗 5. 檢出鐵。所餘之濾液則加以 NH_4OH ，直至已生之沈澱重行開始溶解為止。若沈澱不呈紅色（表示 Fe^{+++} 之不足），則滴加 FeCl_3 液至 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈澱發生。次加醋酸數滴將所生之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶解，加醋酸鉍試藥 5-6 cc.，以水沖稀至 100 cc. 左右，煮沸數分鐘，濾過。

沈澱物含有全部之 PO_4 與少量之鹼性醋酸鐵。

濾液含有 Ni, Co, Zn 及第四屬員。

沈澱物棄去，濾液保留。

鐵尚有少量遺留於濾液中之慮，則以 NH_4OH 使其成鹼性，將所得之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈澱濾別棄去。由濾液中檢出 Co, Ni, Zn, 故可供 6. 之試驗。

通 H_2S 於此溶液中，則生 NiS , CoS , ZnS 沈澱，濾液中殘餘第四屬員。

第三節 特殊試驗

對於最初之試料，先應試驗其氧化程度。

1. 【 Fe^{++} 與 Fe^{+++} 之識別】(a) 亞鐵鹽 Fe^{++} ——亞鐵鹽與赤血鹽 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 作用，如 Fe^{++} 多量存在，則生藍色沈澱 (Turnbull's blue) $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ； Fe^{++} 量少時，溶液呈藍色，然鐵鹽與赤血鹽作用，則僅呈褐色或綠色現象。

(b) 鐵鹽 Fe^{+++} ——鐵鹽與硫代氰酸鉀或硫化氰酸鉍

作用如 Fe^{+++} 多量存在則生紅色沈澱 $\text{Fe}(\text{CNS})_3$; Fe^{+++} 量少時, 溶液呈紅色。然亞鐵鹽與 KCNS , NH_4CNS 作用, 雖有生成物亦係無色。

亞鐵鹽與 NH_4OH 作用, 雖生綠色沈澱物 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 但在空氣中漸次氧化而變成紅色之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

鐵鹽與 NH_4OH 作用, 即生紅色之沈澱 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

2. 【 Cr^{+++} 與 Cr^{+++} 之識別】 鉻鹽 Cr^{+++} —— 三價鉻 Cr^{+++} 與 NH_4OH 作用生綠色沈澱 $\text{Cr}(\text{OH})_3$; 六價鉻 Cr^{+++} 與可溶性鉛鹽或可溶性鉍鹽作用, 生黃色沈澱之 PbCrO_4 , BaCrO_4 。

鉻酸鹽 $\text{CrO}_4^{=}$ —— $\text{CrO}_4^{=}$ 與 a, b 二苯胺基脲 (Diphenyl carbazide) $\text{CO}(\text{NH}\cdot\text{NH}\cdot\text{C}_6\text{H}_5)_2$ 作用, 呈紫紅色。

0.0001mg. 以下之 $\text{CrO}_4^{=}$ 亦能檢出。於鉻酸溶液 5cc. 中, 加醋酸二滴及此試藥 (於冰醋酸 5cc. 中溶解 0.2g. 之 $\text{CO}(\text{NH}\cdot\text{NH}\cdot\text{C}_6\text{H}_5)_2$, 用乙醇稀釋成 20cc.) 一滴。

3. 【 Mn^{++} 與 Mn^{+++} 之識別】 錳鹽 Mn^{++} —— 二價錳 Mn^{++} 係淡紅色, 七價錳 MnO_4^- 係紫色。又二價錳鹽為還元劑而七價錳鹽為氧化劑。

4. 【 Co^{++} 與 Co^{+++} 之識別】 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 係藍色, 在水中呈淡紅色。由 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 氧化而成之 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 係黑色。

第四節 另一分離法

第三表 a.

第三屬(硫化鉍屬)

【試料之調製】 仿照第三表 A.

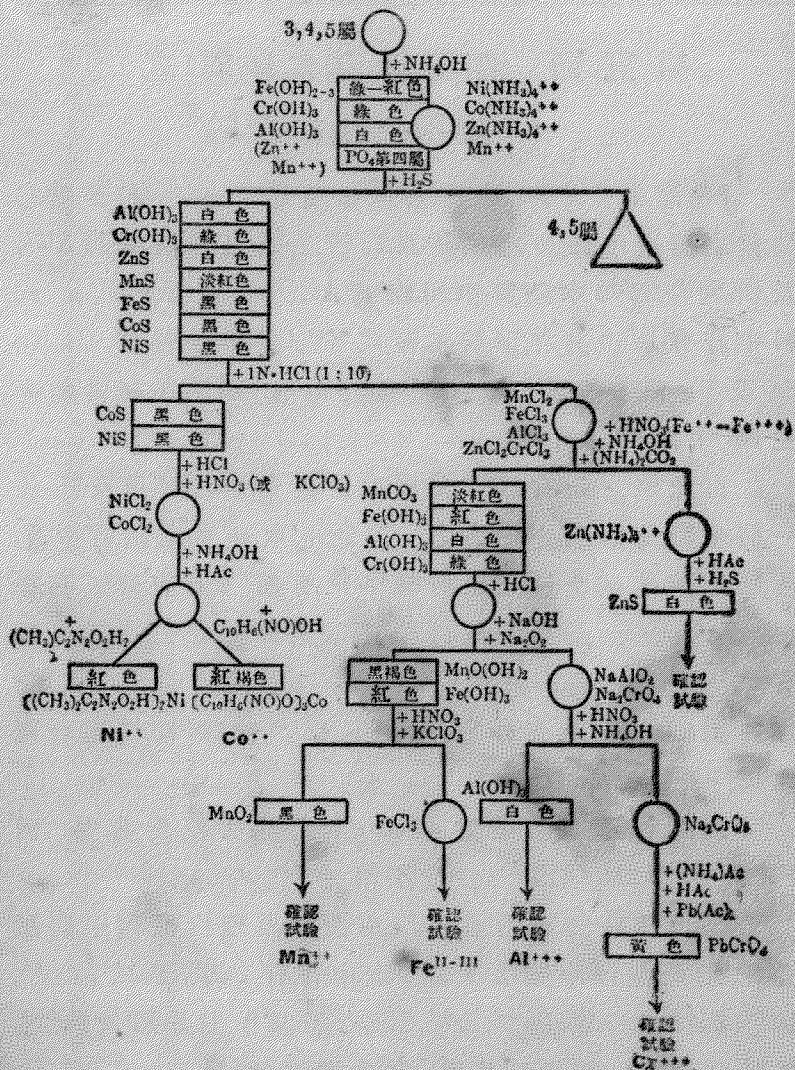
【第三屬員之生澱】 通 H_2S 於鹼性之鹼溶液，濾過。

【沈澱物】 NiS , CoS , MnS , FeS , $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, ZnS .

盛於杯中，加冷稀 $HCl(1:10)20-25$ cc., 卽速濾過之。

殘渣: NiS, CoS . 加濃 HCl (d. 1.19) 5 cc. 稍熱之，次加濃 HNO_3 數滴，煮沸，將 Cl_2 及 NO_2 驅出，加 NH_4OH 使石蕊試紙呈藍色，次加醋酸數滴，成酸性後分溶液爲二部份。 於其一加二甲烷二乙醚醇溶液，如生紅色沈澱，則證明有 Ni 存在。 於其二，加 1 亞硝基苯酚 (2)，如生紅褐色沈澱，則證明有 Co 存在。	濾液: $MnCl_2, FeCl_3, AlCl_3, CrCl_3, ZnCl_2$. 煮沸之，驅盡 H_2S . 加 HNO_3 數滴，使 Fe^{++} 氧化，加 NH_4OH 令石蕊試紙呈藍色，再加 1 N, $(NH_4)_2CO_3$ 15 cc., 煮沸濾過。		
	沈澱: $MnCO_3, Fe(OH)_3, Al(OH)_3, Cr(OH)_3$. 以數滴之 HCl 溶解之，加 $NaOH$ 液使其成鹼性，冷卻，以磁匙約取 Na_2O_2 粉末 1 cc., 漸漸少量投入，煮沸，過剩之過氧化物分解，再濾過之。	濾液: $Zn(NH_3)_4^{++}$ 加醋酸使石蕊試紙呈紅色，而後通以 H_2S 生有白色沈澱，則爲 ZnS 之證。再做確認試驗。	
	沈澱: $MnO(OH)_2, Fe(OH)_3$. 加濃 HNO_3 10 cc., 熱之，再少少投入 $KClO_3$ 粉末，煮沸濾過。	濾液: $NaAlO_2, Na_2CrO_4$. 使用石蕊試紙，初加 HNO_3 使其成酸性，再加 NH_4OH 使其成鹼性，濾過。	
	沈澱: MnO_2 . 按照前表做確認試驗。或加 Na_2CO_3 一併熔融，則呈綠色。	濾液: $Fe(NO_3)_2$ 按前表確認之。	沈澱: $Al(OH)_3$. 按前表確認之。	濾液: $Na_2CrO_4$, 加固體 $(NH_4)Ac$ 0.5-1cc., 次以 $HAc$ 使其成酸性，加 $PbAc_2$ 液 1 cc., 如生黃色沈澱，則爲 $PbCrO_4$ 之證。

第三圖 A.
第三屬 (硫化銨屬) 之另一分離法



磷酸離子應在最先添加過剩的 Fe⁺⁺⁺ 除去之。

第五節 第三屬(硫化鉍屬)之 總括與化學理論

【生澱與分屬】 PO_4^{3-} 之影響及其除去——若於第三屬員之溶液中添加硫化鉍液,則皆生硫化物沈澱;然 Al_2S_3 及 Cr_2S_3 即起加水分解作用,成爲 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 。試料中若有 PO_4^{3-} 共存,則將溶液成 NH_4OH 性鹼性時, Ca , Ba , Sr 及 Mg 成磷酸鹽而沈澱。此時如有 Fe^{+++} 存在,當然亦生 FePO_4 之白色沈澱。

由此觀之,如有 PO_4^{3-} 存在,第三屬員,第四屬員及 Mg 皆一同生澱,故應預先除去之。因此,先取最初之試料少許,添加鉬酸鉍試藥,檢定磷酸離子之有無。若有 PO_4^{3-} 存在(生黃色沈澱),則再取試料少許,確定鐵之存在,然後可以着手 PO_4^{3-} 之除去。磷酸鐵之溶解度顯然比 Ca , Ba , Sr , Mg 等磷酸鹽爲小,故充分加以 FeCl_3 , PO_4^{3-} 皆與 Fe^{+++} 結合而沈澱。

此時若添加醋酸鉍,則 PO_4^{3-} 之除去更爲容易,(因 FePO_4 對於 NH_4Ac 或 NaAc 呈不溶性)。

又可使鐵類與鉛類分離,用硝酸處理由鐵類中將錳分出,就此濾液中除去 PO_4^{3-} 。液中含有 PO_4^{3-} , Fe^{+++} , Co^{++} , Ni^{++} , Zn^{++} 及 Ca^{++} , Ba^{++} , Sr^{++} , Mg^{++} 。於其中充分加入 Fe^{+++} , 並使之成 HAc 酸性,則 FePO_4 之生澱完結。

對於第三屬分析上，尚有草酸、酒石酸等之障礙物，故在分析之前，亦應將此等有機化合物分解除去。

如第二屬之總括及化學理論一節內所述，由 H_2S 電離所生 $\text{S}^{=}$ 之濃度若將 H_2S 溶液成爲鹼性時則增加，而 $\text{S}^{=}$ 之濃度終能達到足使第三屬員生澱。換言之， OH^- 之濃度漸次增大， $\text{S}^{=}$ 之濃度亦增加，終於使第三屬員之硫化物之溶解積常數滿足爲止。於是第三屬員在 NH_4OH 性鹼性液中通以 H_2S 氣體，則皆成硫化物而沈澱。但 Al_2S_3 及 Cr_2S_3 立即起加水分解作用，前已述及。

• H_2S 之逐去與 NH_4Cl 之存在——將第二屬員之沈澱物濾出後，濾液若成 NH_4OH 性時，則其中存在之 H_2S 立即形成 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，與其後添加之 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 一致，故可視爲不及驅逐。然實際上如此進行，一則可爲新的出發二則可爲檢查僅加 NH_4OH 時之變化。即此時若無沈澱發生，顯示原來並無 Al 、 Cr 、 Fe 、 Mn 等存在。有沈澱物生成時，可作以下之推斷：

白色膠狀沈澱係 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 或 $\text{Fe}(\text{OH})_2$

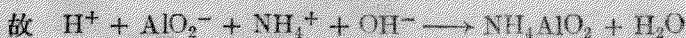
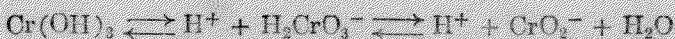
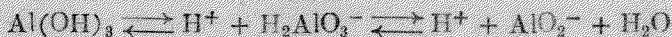
綠色膠狀沈澱係 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 或 $[\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Fe}(\text{OH})_3]$

棕色膠狀沈澱係 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 或 $\text{MnO}(\text{OH})_2$

NH_4Cl 爲促進此等沈澱之生成，具有二種機能，(1) 使此等沈澱之膠狀質變成結晶質，易於濾過及洗滌，(2) 能防止 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沈澱物之溶解。又若遇有 H_3PO_4 共

存時，則因 NH_4Cl 之存在寧可完全生澱第四層等之磷酸鹽。例如 Mg^{++} 若無 NH_4Cl 存在則生 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沈澱。存有 NH_4Cl 則生澱 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，後者更呈難溶性。故氯化銨之存在實為必要。

NH_4OH 之過剩度—— $\text{PO}_4^{=}$ 不存在時，即將溶液成為 NH_4OH 性，通以 H_2S 或加 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 試藥，則生澱 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ， $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ， ZnS 白色， MnS 淡紅色， FeS 黑色， CoS 黑色， NiS 黑色。若此時所加 NH_4OH 量過於過剩，則 Al ， Cr 有被少量溶解之虞。此 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ， $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 成為兩性化合物 (Amphoteric compound)，遇見如 NH_4OH 鹼類時，即呈酸之作用。



故知 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 溶解於過剩之 NH_4OH ，而對於生成多量 OH^- 之 NaOH 則更甚。

若有與其反對之化合物能產生共同離子 (NH_4^+) 如 NH_4Cl 共存時，則 NH_4OH 之電離被抑制而 OH^- 之濃度下降， $\text{Al}(\text{OH})_3$ ， $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 之溶解自可防止。然當 NH_4Cl 存在而所加 NH_4OH 之過剩量仍屬過大時，則 Cr 雖溶解 20-30%，而 Al 更較多量溶解，須留意！

NiS, CoS之溶解——NiS少量溶解往濾液中逃逸,即使濾液着色(褐色)。當時將濾液煮沸,令NiS沈澱,用新濾紙濾過之,加併於前得之沈澱物中。

硫化物在空氣中尙起氧化,能形成可溶性的硫酸鹽。故爲防止其氧化起見,濾過及洗滌須必迅速。又NiS有溶解之虞,亦須用1%左右之 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 溶液洗滌之。

此等沈澱物雖可溶解於HCl,但CoS, NiS不易溶解,須添加少量之 KClO_3 粉末,將其氧化而使之漸次溶解。

兩性作用之利用——既如前述, Al, Cr, Zn皆可形成兩性作用(對酸對鹼均呈可溶性)強大之化合物,而今利用之,於上記溶液加NaOH液,鋁類成爲可溶性酸鹽,鐵類成爲氫氧化物,將此兩者分離。若Zn多量時,則由NaOH生成少量之 $\text{Zn}(\text{OH})_2$,有混入鐵類中之虞。此時尙添加氧化劑 H_2O_2 或 Na_2O_2 ,使 CrO_2^- 成爲 $\text{CrO}_4^{=}$ 。

I. 鐵類 (Iron division)

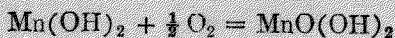
1. 【關於錳 Mn^{++} 】 Mn係非常有興味之元素,在其中性或鹼性溶液通入 H_2S ,生澱 MnS ,此 MnS 爲普通元素中唯一的淡紅色硫化物。欲使 MnS 完全生澱,往往保持溶液之酸度相當於0.0001 N. HCl以下。(PH值4以上:所謂PH值者,即氫離子濃度(摩爾)之逆數的對數是也,參照第六編第五章。)

MnS 添加 HNO_3 及 KClO_3 粉末熱之，則被氧化 ($\text{Mn}^{++} \rightarrow \text{Mn}^{++++}$) 而成 MnO_2 。故 Mn 可成 MnO_2 而與 Fe, Ni, Co 分離。 MnO_2 當存有硝酸時又可藉 H_2O_2 之還元作用 ($\text{Mn}^{++++} \rightarrow \text{Mn}^{++}$) 變成 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 。 H_2O_2 通常雖屬強氧化劑，但在酸性溶液中其構造可認為 $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{O}^-$ ，此 O^- 與 Mn^{++++} 起作用而自身成爲氧，於是 Mn^{++++} 被還元而爲 Mn^{++} 。又 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 在硝酸酸性溶液中用 BiO_2 (冷溶液中即起作用) 粉末或 PbO_2 (加熱使之作用) 粉末氧化之，產生紫色化合物 HMnO_4 (Mn^{++++})。

生成 MnO_2 時添加 KClO_3 粉末，但 MnO_2 並不立即生成，須加熱使之徐徐形成。當濾過 MnO_2 時使用石棉，具有二種用意，(1) 強硝酸酸性有侵蝕濾紙之虞，(2) 濾紙亦有將 MnO_2 還元之虞。

若將 MnO_2 附於硼砂珠上灼熱，在氧化焰中呈赤色，在還元焰中爲無色；如與 Na_2CO_3 及 NaNO_3 共熔，則成綠色塊狀，係 Na_2MnO_4 之證。

又 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 在空氣中漸漸氧化而成 $\text{MnO}(\text{OH})_2$ 。



Mn^{++} Manganous 亞錳

Mn^{+++} Manganic 錳

Mn^{++++} Manganite 亞錳酸 MnO_3^-

Mn^{+++} Manganate 錳酸 MnO_4^-

Mn^{+++} Permanganate 高錳酸 MnO_4^-

Mn 多量存在時，有 Fe 被吸着 (Adsorption) 混存於 MnO_2 中之現象。

註【鉍酸鈉之調製】用 BiO_2 時亦可以鉍酸鈉代之，其調製方法如下。盛苛性鈉 20 克於鐵坩堝或鎳坩堝內，赤熱之，漸漸少量加入乾燥之鹼性硝酸鉍 10 克。再徐徐添加 Na_2O_2 2 克，將所成之黃色熔融體注於鐵板上，放冷，以水抽出之，用傾泌法，石棉或玻璃濾過器濾過之。用水抽出，洗滌，祇少如此操作五次，然後置入乾燥箱內加熱至 $110^\circ C$ 烘乾即成。

2. 【關於鐵 Fe^{++} , Fe^{+++} 】鐵有二價與三價之別，當行第二屬之分離時，在酸性溶液中通以 H_2S ，因 H_2S 之還元作用 Fe^{+++} 皆成爲 Fe^{++} 。當分離第三屬時，在空氣中煮沸以逐 H_2S ， Fe^{++} 一部氧化再成 Fe^{+++} 。於其中加 NH_4OH ，雖生澱 $Fe(OH)_2$ 及 $Fe(OH)_3$ ，但 $Fe(OH)_2$ 如遇 NH_4Cl 多量存在即可溶解。 $Fe(OH)_2$ 之溶解積較 $Fe(OH)_3$ 之溶解積爲大，在 NH_4Cl 多量存在，則 NH_4OH 之電離抑制， OH^- 之濃度低下，欲使 $Fe(OH)_2$ 生澱， OH^- 之濃度實爲不足。不論那一種若通以 H_2S ，則 Fe^{++} , Fe^{+++} 皆成硫化物。若將其溶解於 HCl ，則 Fe^{++} 及 Fe^{+++} 儘成氯化物，次因 $KClO_3$ 之添加，凡鐵皆氧化而成 Fe^{+++} ，於其中如加 $NaOH$ ，則成 $Fe(OH)_3$ 。其次，因 HNO_3 而成 $Fe(NO_3)_3$ ，於其中若加 NH_4OH ，則成獨特之紅色氫氧化物，故由此可以約略斷定鐵之存在，然再將其溶解於 HCl ，添加 $KCNS$ 或 $K_4Fe(CN)_6$ 溶液而呈紅色或藍色，則鐵之存在更爲明確。

若試料中有 $\text{PO}_4^{=}$ 存在，則令其成 NH_4OH 鹼性時即生白色沈澱之 FePO_4 。故舉行第三屬分析必先取溶液少許，加鉬酸鉍液檢出 $\text{PO}_4^{=}$ 。如有 $\text{PO}_4^{=}$ 存在，則用第三表 D 之操作除去之，欲使 $\text{PO}_4^{=}$ 完全生澱，以供給 Fe^{+++} 為目的，則加足 FeCl_3 。此際如 Fe^{+++} 存在量少，同時產生 Ca, Sr, Ba, Mg 等之磷酸鹽，但因 FePO_4 之溶解度比較的甚小，故如加 Fe^{+++} 充分時， $\text{PO}_4^{=}$ 皆與 Fe^{+++} 結合而被除盡。

溶液中殘留 Co, Ni, Zn 及第四屬員，Mg 等。此時若加 FeCl_3 過於過剩，則有使 FePO_4 溶解之虞。

3 【關於鈷 Co^{++} , Co^{+++} 】 Co^{++} 及 Ni^{++} 中若加 NH_4OH 量過剩，則與 NH_3 結合而成錯離子 $\text{Co}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 及 $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{++}$ ；通之以 H_2S ，生澱 CoS 及 NiS 。欲使 CoS 完全沈澱，酸度須必相當於 0.001 N. HCl 以下 (PH 值 3 以上)。然而一次生成之 CoS 與 NiS 同樣，不易溶解於 HCl 時則有添加氧化劑 (KClO_3) 之必要。如斯 CoS 及 NiS 雖然在較弱酸性溶液中不生成，但若一旦在適當條件下沈澱，則對 HAc 勿論是稀 HCl, 稀 H_2SO_4 等相當強酸類亦呈難溶性，此點值得留意。此 CoS , NiS 生成後，當時之溶解度多半為大，但放置之或加熱，則溶解度可轉移為小。於溶解之 CoCl_2 中加入 NaOH 試藥，即生薔薇色之沈澱物 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 。於其中若加氧化劑 (Na_2O_2 或 H_2O_2)，則成黑色之殘渣 $\text{Co}(\text{OH})_3$ ，故移行於鐵類員中。次以 HNO_3 處理將 MnO_2 分離，再加過剩之

NH_4OH 而由 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 分出。於此濾液 $\text{Co}(\text{NH}_3)_4^{++}$, $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{++}$, $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 中若通以 H_2S , 則生成 CoS , NiS 及 ZnS , 以 N.HCl 抽出之, 僅有 ZnS 溶解。再以 HCl 及 KClO_3 處理此殘渣, 則 CoS , NiS 溶解而殘留 S 。濾去此 S , 濾液蒸發濃縮, 加 HAc , 滴下 KNO_2 試藥則 Co 成黃色沈澱之 $\text{K}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$, 而 Ni 雖成 $\text{K}_4\text{Ni}(\text{NO}_2)_6$, 但因其為可溶性終於殘存於溶液中。

此際若有 Ba^{++} , Sr^{++} , Co^{++} 共存, 則生黃色結晶性沈澱 [例如 $\text{BaK}_2\text{Ni}(\text{NO}_2)_6$]。

在此處 Co^{++} 氧化而成 Co^{+++} 。

在鈷之酸性溶液中加入 1 亞硝基萘酚 (2) 試藥, 則生煉瓦赤紅色之沈澱。

於 Co^{++} 加 KCNS 試藥即呈紅色。於其中性或酸性溶液中加其容積 2 倍之酒精及 4 倍之醚振盪之, 則醚層呈藍色。此時若有 Fe^{+++} 存在着, 同樣呈現紅色, 則應加 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液令其還元為 Fe^{++} 。在 Co^{++} 之濃厚溶液中加 NH_4CNS , 則呈藍色, 稀釋之即成淡紅色。

鈷又可用硼砂珠試驗。

4. 【關於鎳 Ni^{++} 】 於含 Ni^{++} 之溶液中如加過剩的 NH_4OH , 則生錯離子 $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{++}$, 雖如 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 之呈藍色, 但比之於銅, 其色較淡。通之以 H_2S , 則生 NiS 。欲使 NiS 完全生澱, 宜在 0.001 N.HCl 相當以下 (PH 值 3 以上) 之酸性溶液。溶液中若有 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ 存在, 則 NiS 多少溶解,

以致濾液呈褐色，但將此濾液煮沸數分鐘，NiS 再可生澱。

NiS 與 CoS 同樣不易溶解於 HCl，但添加 $KClO_3$ 粉末，即速溶解。於此溶液中若加 NaOH，則生澱 $Ni(OH)_2$ 。次以 HNO_3 處理將 MnO_2 分離，再用 NH_4OH 之處理使 $Fe(OH)_3$ 分出。濾液中通以 H_2S ，則復成 NiS 及 CoS, ZnS，用 N.HCl 將 Zn 分出，殘渣 NiS, CoS 藉 $KClO_3$ 及 HCl 之處理而溶解，蒸發濃縮，加 HAc 及 KNO_3 將 Co 分離，濾液中加入二甲(烷)二乙醛脞 (Dimethyl glyoxime) 溶液，則產生紅色沈澱。若 Co 多量存在時，此檢出法即被障害。用硼砂珠反應，Ni 呈褐色。

弱鹼性 Ni^{++} 溶液中加 KCN，則生綠色沈澱之 $Ni(CN)_2$ ，若 KCN 加之過剩，則 $Ni(CN)_2$ 溶解而成 $K_2Ni(CN)_6$ ，將其與溴水一同加熱，生成黑色沈澱 $Ni(OH)_3$ 。

5. 【關於鋅 Zn^{++} 】 鋅雖屬於鋁類員，但有被鐵類員之氫氧化物吸着而少量混入於鐵類員中。

II. 鋁類 (Aluminium division)

既如前述，Al, Cr, Zn 為兩性物質，故其氫氧化物可溶於酸，同樣亦溶解於如 NaOH 之強鹼，形成 $NaAlO_2$, $NaCrO_2$ 及 Na_2ZnO 。於其中若加氧化劑 Na_2O_2 或 H_2O_2 ，則 Cr^{+++} 氧化而成 Cr^{++++} ，產生黃色化合物 Na_2CrO_4 。 Na_2O_2 若一次多量添加，則起爆發的化學反應，故須漸漸些微投入。又因

其溶液呈非常的強鹼性，有侵蝕普通濾紙之虞，故須用硬質濾紙或沖薄溶液後用普通濾紙濾過之。

1. 【關於鋁 Al^{+++} 】 經 $NaOH$ 及 Na_2O_2 處理將鐵類分離後之溶液中添加 HCl 使之成酸性，則 $NaAlO_2$ 分解而成 $AlCl_3$ ，次加 NH_4OH ，即生澱 $Al(OH)_3$ ，由 $Zn(NH_3)_4^{++}$ 及 Na_2CrO_4 雖能分出鋁素，但若加 NH_4OH 過於過剩，則有形成可溶性的化合物 NH_4AlO_2 之虞。

若溶液中含有 Pb , Sb , Sn , Si 等，則與 $Al(OH)_3$ 一同生澱。其中尤其是 H_2SiO_3 最易混入，往往誤視爲 $Al(OH)_3$ 。（ $NaOH$ 及 Na_2O_2 中多少可以混入 Na_2SiO_3 ）故舉行鋁之確認試驗，實爲必要。

鋁之確認試驗有二法，即硝酸鈷試驗及鋁試劑（Aluminon）試驗是也。硝酸鈷試驗對於 0.2 mg. 之 Al 亦能認定。若此時加硝酸鈷太過量時，則有氧化鈷之黑色將所生藍色掩覆以致認定不清之現象。故使用 6% 之硝酸鈷試藥數滴即可。即有 $10-100\text{ mg.}$ 之 Al 使用硝酸鈷液 $1-10$ 滴亦見充分矣。單獨 Co^{++} 不被 NH_4OH 所沈澱，但若 $Al(OH)_3$ 多量沈澱時，則 Co 一部份一同沈澱。此現象在化學分析不算珍奇。名之爲感應沈澱（Induced precipitation）。

註 在 0.3 N. HCl 中之 Zn^{++} , Fe^{++} 通以 H_2S 並不生澱，但遇有 Co^{++} 多量存在時，則一部與 CuS 共同沈澱。此亦其一例也。

將此沈澱濾過洗滌，燃燒之，則先生 CoO 及 Al_2O_3 ，然後

兩者再互相反應成爲藍色之不熔融性塊狀，特稱爲載乃士藍 (Thenards blue)。



Aluminon 試驗法已於豫備實驗 B. 5 詳述。

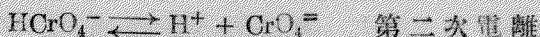
約以 5 cc. 之 N.HCl 將 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶解，約加 5 cc. 之 3 N. $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ 及 5 cc. 之 $\text{H}_3\text{O}_2 \cdot \text{H}_{13}\text{O}_8$ (Aluminon) 的 1.5% 溶液，再以 NH_4OH 使之成鹼性，然後約加 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 之 10% 溶液 1 cc.，則生紅色沈澱之 $\text{AlC}_{22}\text{H}_{13}\text{O}_8$ 。 Ca^{++} , Sr^{++} , Ba^{++} 亦同樣產生紅色沈澱，故添加 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 令此三者變成碳酸鹽不至有所妨害。尚有 Cr^{+++} , Fe^{+++} 亦可生紅色沈澱，須注意之！

2. 【關於鉻 Cr^{+++} , Cr^{+++} 】 鉻，普通有 Cr^{++} , Cr^{+++} , Cr^{+++} 等三種，亞鉻 Cr^{++} 係不安定，在分析上不見重要。

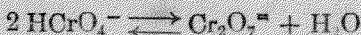
三氫氧化鉻 $\text{Cr}^{+++}(\text{OH})_3$ 爲污綠色，亞鉻酸鉀 $\text{K}_3\text{Cr}^{+++}\text{O}_8$ 及偏鉻酸鉀 KCrO_2 皆爲綠色，鉻酸鉀 $\text{K}_2\text{Cr}^{+++}\text{O}_4$ 爲黃色，重鉻酸鉀 $\text{K}_2\text{Cr}_2^{+++}\text{O}_7$ 爲橙色。

Cr^{+++} 在鹼性溶液中易被過氧化物 (Na_2O_2) 氧化而成 $\text{CrO}_4^{=}$, $\text{CrO}_4^{=}$ 在酸性溶液中可用 H_2O_2 使之還元而爲 Cr^{+++} 。以 NaOH 及 Na_2O_2 處理分離鐵類後之溶液，用 HCl 使之成酸性，際此因中和熱以致溶液過熱之時， Cr^{+++} 有一部份還元爲 Cr^{+++} ，當再用 NH_4OH 分離 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 時，則有生澱 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 之虞。

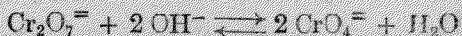
Cr^{+++} 在鹼性溶液為黃色 $\text{Cr}^{+++}\text{O}_4^-$ ，在酸性溶液為橙色 $\text{Cr}_2^{+++}\text{O}_7^-$ 。不論何方 H_2CrO_4 之電離分為以下二段，第一次電離強，第二次電離弱。



即因 HCrO_4^- 所起第二次電離弱而且不安定，故易由二分子失去一分子水變成 Cr_2O_7^- 。



此反應在酸性溶液中更為容易，若加鹼於其中，則有如下之反應而復可成為 $\text{CrO}_4^{=}$ 。



故過剩的 H^+ 增加 Cr_2O_7^- 之濃度，過剩的 OH^- 增加 $\text{CrO}_4^{=}$ 之濃度。

欲使 $\text{CrO}_4^{=}$ 沈澱，若用醋酸鉛代醋酸鋇，則遇硫酸離子存在時有不生白色沈澱 BaSO_4 之利點。使用醋酸鉛雖若有 PbSO_4 生成，但因溶液中共存多量之醋酸鉍，亦無生澱 PbSO_4 之虞。

藉醚與 H_2O_2 以作 Cr 之確認試驗，雖屬多此一舉之事，然亦另有興味。該時醚層染着藍色，大概係過鉻酸等之生成所致，可視其為 HCrO_4 ， HCrO_5 ， H_5CrO_7 等。

加 a, b 二苯胺基脲 (Diphenyl carbazide) 於弱酸性 (UO

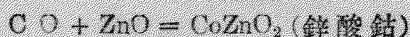
或 $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) 溶液即呈紫紅色。甚至 0.0000001g. 之 Cr 亦能檢出。

註 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 試藥之調製 於 5cc. 之醋酸中溶解 0.2g. 以酒精稀釋成 20cc.

3. 【關於鋅 Zn^{++} 】 講鐵類時業經述及。 Zn^{++} 多量存在時，由感應沈澱少量混入於鐵類員中，但因 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 與 Al 同樣為兩性物質與過剩之 NaOH 作用而成可溶性鹽 Na_2ZnO_2 ，故大部份成為鋁類員而與鐵類分離。

於此濾液若加 HCl ，則 Na_2ZnO_2 變成 ZnCl_2 ，次加 NH_4OH ，則成 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ，倘 NH_4OH 加之過量時， Zn^{++} 與 Cr 同樣殘留於溶液中。此時 Zn 成為 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 。由此與 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 分離。再於濾液中加入多量之 Na_2CO_3 ，蒸發濃縮，將 NH_3 充分驅逐，則 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{++}$ 分解而成 $\text{ZnCO}_3 \cdot \text{XZn}(\text{OH})_2$ 沈澱。於此沈澱若加 HCl ，則溶解而成 ZnCl_2 ，使之成氨性鹼液，通入 H_2S ，即生白色沈澱 ZnS 。然此時往往產生白色之游離硫黃，可誤視為 ZnS ，故必須再行硝酸鉍試驗。

將 ZnS 溶於 HNO_3 ，添加 6% $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 試藥數滴，加 Na_2CO_3 試藥 $2-3\text{cc.}$ ，泌棄上層澄液蒸發乾涸，再灼熱之，則成綠色不熔融性塊狀。稱為林漫綠 (Rinmann's green)。



鋅 Zn^{++} 之確認試驗別法——於分出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 後之濾液中加醋酸使之成酸性，分作二份，由其一檢出 Cr^{+++} ，由

其二加入二苯胺之醋酸溶液(將 Diphenylamine 1 g. 溶解於 1 cc. 之冰醋酸中)約 5 滴及 0.5% 赤血鹽溶液 $K_3Fe(CN)_6$ 約 5 cc., 則生暗褐色, 綠色以至紫黑色之溷濁。但一般重金屬離子之共存則起障礙。

欲檢出存於鐵類員中之 Zn, 將 N.HCl 處理濾出 NiS, CoS 後之濾液煮沸, 驅逐 H_2S , 再加 NaOH 使之成鹼性, 約加 Na_2O_2 粉末 1 g., 攪拌之, 過剩之過氧化物煮沸分解, 冷卻後濾過, 加醋酸使濾液成酸性為止, 再加二苯胺及赤血鹽試藥。

【關於第三屬之另一分離法】 對於 1N. HCl 僅 CoS 及 NiS 呈不溶性, 其他硫化物及氫氧化物皆為可溶性, 可利用之皆變成氯化物, 以 NH_4OH 使含有第三屬員以下之屬員之溶液呈鹼性, 通之以 H_2S , 將第三屬員分離, 以 N.HCl 處理此沈澱物, 將 CoS, NiS 做成殘渣濾去之, 由此用前述之方法檢出 Co 及 Ni。於分出 CoS, NiS 之濾液中加 $(NH_4)_2CO_3$, 則僅 $Zn(NH_3)_4^{++}$ 殘存於溶液中, $MnCO_3$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$ 等生澱。用醋酸將此濾液成為酸性, 次通 H_2S , 則得白色沈澱 ZnS。此時雖可混入微量之 Co 及 Ni, 但因 CoS 及 NiS 之生澱極其遲緩對於 ZnS 之檢出不生障害。將 $Zn(NH_3)_4^{++}$ 已分出之沈澱物用 NaOH 及 Na_2O_2 處理之, 如既述方法 Mn, Fe 可由 Al, Cr 分離而出。此時 Mn, Fe 成殘渣 $MnO(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, 而 Al, Cr 成 $NaAlO_2$, Na_2CrO_4 殘

留於溶液中。

以 HNO_3 及 KClO_3 處理所得殘渣，則 Mn 成爲渣滓 MnO_2 而 Fe 溶解。此渣滓及溶液按既述之操作舉行 Mn 及 Fe 之確認試驗。

由 NaOH , Na_2O_2 處理將 Fe 及 Mn 分出後之濾液中加 HNO_3 使之成酸性，再加 NH_4OH 使之成鹼性，則生澱 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可與 Na_2CrO_4 分離。由此沈澱及濾液按既述之操作舉行 Al 及 Cr 之確認試驗。

此方法爲 Sneed, Heisig and Trovalten 所提出 (Jan. 1928 Number of the Journal of Chemical Education)。

第四章 第四屬

(碳酸銨屬, 鹼土類)

鎊	Barium	Ba ⁺⁺
鈣	Calcium	Ca ⁺⁺
銣	Strontium	Sr ⁺⁺

此屬員在含有氯化銨之鹼性溶液中, 由碳酸銨之添加, 生成碳酸鹽而沈澱。此時有 NH_4Cl 共存, 則 Mg 不生沈澱。

第一節 預備試驗

A. 分離

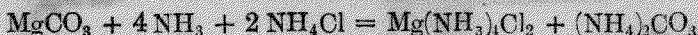
【碳酸鹽之生成及其溶解度】 取小杯四隻, 分別盛入 Ba , Sr , Ca , Mg 試液 5 cc., 各加 NH_4OH 使石蕊試紙呈藍色, 注意有何沈澱發生! 僅得 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 之不完全沈澱。其次, 於各溶液中添加 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 試藥數滴, 則生白色之 BaCO_3 , SrCO_3 , CaCO_3 , 及 MgCO_3 沈澱。

註 水 100 cc. (18°C) 中之溶解量:

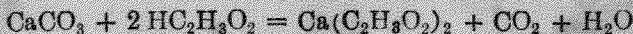
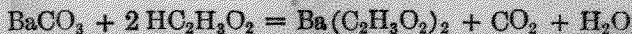
BaCO_3	SrCO_3	CaCO_3	MgCO_3
2 mg.	1 mg.	1 mg.	95 mg.



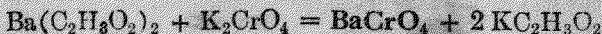
【 MgCO_3 之分離】 於每杯含有碳酸鹽之溶液中各加 NH_4Cl 試藥 5 cc., 則僅 MgCO_3 溶解。棄去此溶液。



【 $\text{H}\cdot\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ 之作用】 將含有各沈澱物之溶液加熱，則沈澱物皆凝集而易於沈降。因此用傾泌法瀉去上層澄液，於殘留之沈澱物中加稀醋酸，速即溶解。



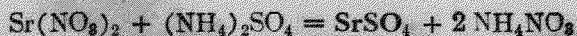
1. 【鉍 Ba^{++} 之分離】 於各醋酸溶液中加 K_2CrO_4 試藥 5 cc., 僅 Ba 有黃色沈澱發生，Sr 及 Ca 均不生澱。



因此 Ba 成 BaCrO_4 可由 Sr 及 Ca 分離而出。

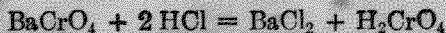
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 之作用——將 Sr 及 Ca 之鉻酸鹽溶液，各以其容積 4 倍之酒精稀釋之，則僅得 SrCrO_4 沈澱。因此可使 Ca 與 Sr 分離。

2. 【鋇 Sr^{++} 與鈣 Ca^{++} 之分離】 另取小杯二隻，新盛 Sr 及 Ca 試液，各加 NH_4OH 使之成鹼性，約以等容積之水稀釋之，再添加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 試藥約 5 cc.，微熱之，僅 Sr 成 SrSO_4 之白色沈澱。由此 Sr 與 Ca 分離。



B. 確認試驗

1. 【鋇 Ba^{++} 之確認】 如 A. 1. 在 HAc 酸性溶液中添加 $\text{CrO}_4^{=}$ 而生黃色沈澱 BaCrO_4 ，Ba 之存在幾無可疑，然將 BaCrO_4 溶解於 HCl，再添加稀硫酸數滴即得白色沈澱，則 Ba 之存在更為確實。



焰色試驗——取已插入於玻棒端上之白金絲一條，將其彎成小環形，浸入濃 HCl 中洗滌之，再置火焰中灼熱，如是繼續數次，迨白金絲在焰中不呈顏色為止，則浸取 Ba

溶液(可成氯化物),置於焰中燒之。如有Ba存在,則焰呈黃綠色。

2. 【鋇 Sr^{++} 之確認】 於 A. 1. 及 A. 2. 所示鋇之特性,已足以作為Sr之檢出。又於可溶性之鋇鹽飽和溶液中,如加以 CaSO_4 之飽和溶液,即生 SrSO_4 沈澱。



焰色試驗——Sr 呈輝耀赤色。(以 HCl 溶液試驗之)。

3. 【鈣 Ca^{++} 之確認】 於可溶性之鈣鹽溶液中加入如草酸銨之可溶性草酸鹽則生白色沈澱 CaC_2O_4 。



參看次表,即知 CaC_2O_4 之溶解度。

焰色試驗——Ca 呈橙紅色。(以 HCl 溶液試驗之)。

鹼土類鹽之溶解度

	Cl	NO_3	SO_4	CrO_4	C_2O_2	CO_3	OH
Ca	72.5	121.0	0.202	2.34	0.0005	0.001	0.167
Sr	52.8	67.6	0.11	0.12	0.004	0.001	0.78
Ba	35.2	8.8	0.0002	0.0003	0.008	0.002	3.58
Mg	54.1	7.2	34.6	72.3	0.03	0.015	0.0008

水 100 cc.

溫度 18°C

單位 克

第二節 正式試驗

【已知試料之分析】 取 Ba, Sr 及 Ca 之試液各 5 cc., 混和之, 作第四屬之分離及確認試驗。

【未知試料之分析】 向指導者領取第四屬之未知試料, 按照次表分析之。

第四表

第四屬(碳酸鈣屬)之分離檢出

1. 【 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 之處理】 自分出礮化鈣屬(第三屬)之濾液中繼續分析, 若溶液中無氯化鈣存在, 則加 25% 之 NH_4Cl 液約 5 cc., 煮沸之, 將溶液濃縮成 10-15 cc., 此時如有礮化物或礮黃生成, 則濾過之, 並以 1-5 cc. 之水洗滌, 棄去沈澱物。

於濾液加 NH_4OH 使石蕊試紙呈藍色, 煮沸片刻, 即漸將少量加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 試藥直至沈澱完全生成。約用 10-15 cc. 已足。煮沸之再微熱數分鐘。濾過, 以含有少量 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 之水洗滌數次, 保存沈澱及濾液, 洗液棄去。

沈澱: $\text{BaCO}_3, \text{SrCO}_3, \text{CaCO}_3$ 白色。

2. 【銀 Ba^{++} 之分離】 於尚存沈澱之濾紙上, 注入熱稀醋酸 5-15 cc., 將所得濾液微熱再注入濾紙上, 如此往返操作,

濾液: 含 $\text{Mg}^{++}, \text{Na}^+, \text{K}^+$ 等。以供第五屬之分析。

使沈澱物全部溶解, 次以 5-15 cc. 之水洗滌, 將濾液及洗液混合, 於其中加 NH_4OH 使石蕊試紙呈藍色, 復以醋酸使之成酸性, 尚多加稀醋酸約 2 cc. 取出此溶液少許, 添加 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 試藥數滴, 作 Ba 之檢出。若無 Ba 存在, 則其餘之溶液無須添加 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 試藥, 故試驗 4 可以從略, 即作試驗 5. 可也。此時將用以檢出 Ba 之少量溶液棄去。

若有 Ba 存在, 則此少量之液併入其餘之溶液中, 煮沸片刻, 即滴加 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 試藥至生澱 (BaCrO_4) 完結。試藥勿加過多, 約 5-6 cc. 已足使用矣。將沈澱物 BaCrO_4 濾過, 保存濾液及沈澱, 沈澱以數 cc. 之水洗滌之, 棄去洗液。

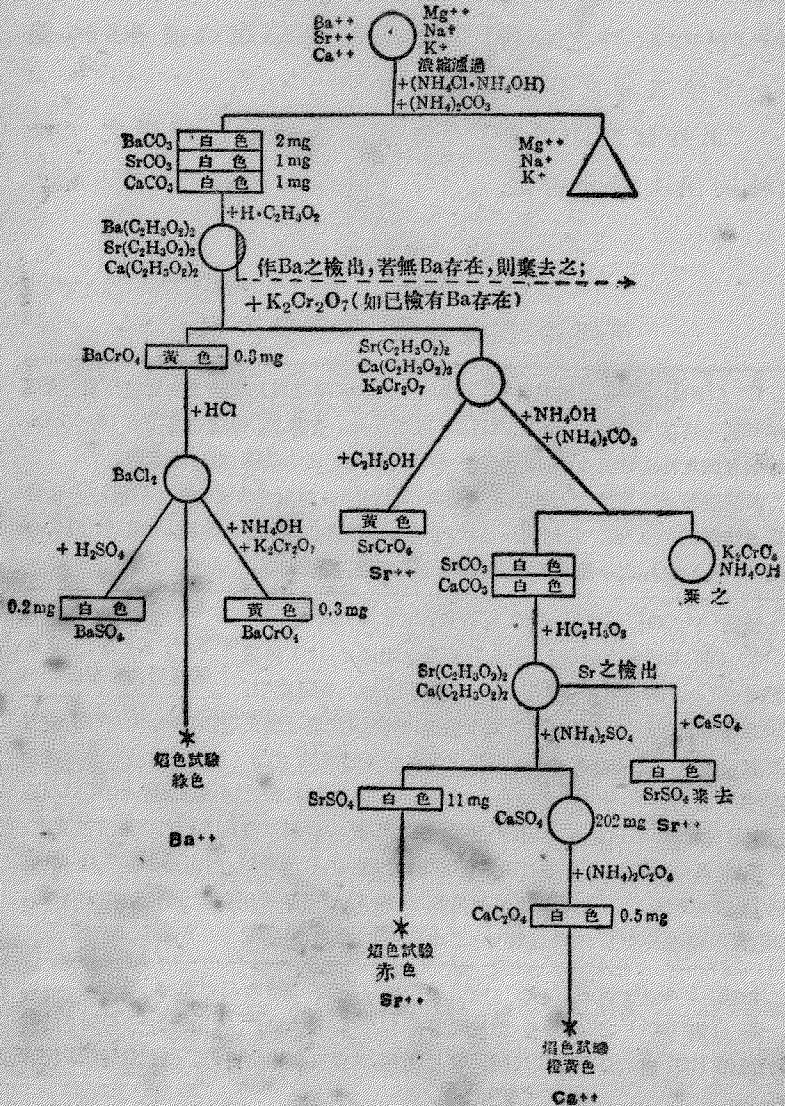
沈澱: BaCrO_4 黃色

濾液 $\text{Sr}^{++}, \text{Ca}^{++}$.

3. 【銀 Ba^{++} 之確認】 將沈澱溶解於溫稀 HCl 中, 任擇以下三種試驗之

4. 【 $\text{CrO}_4^{=}$ 之除去】 若加有絡鹽, 則應以次法除去之。加 NH_4OH 使石

第四圖
第四屬(碳酸銨屬)之分離檢出



一檢出 Ba^{++} 。

(a) 加稀 H_2SO_4 數滴，即生白色沈澱 $BaSO_4$ 。

(b) 加 NH_4OH 使之成鹼性，添加 $K_2Cr_2O_7$ 試藥數滴，則生黃色沈澱 $BaCrO_4$ 。

(c) 焰色試驗

Ba 在火焰中呈綠色。

蕊試紙呈藍色，煮沸片刻，即加 $(NH_4)_2CO_3$ 試藥 2-10 cc.，放置數分鐘後濾過之，以水數 c. 洗滌至濾紙之黃色消失，濾液及洗液均棄之。

在濾紙中之沈澱物，往返注以溫稀 $H_2O_2H_3O_2$ 5-6 cc.，使之溶解，以供 5. 之試驗。

(或不除去鉻酸離子，而如預備試驗所述，於溶液加以多量酒精，則 $SrSO_4$ 生澱而出。)

5 【銣 Sr^{++} ，鈣 Ca^{++} 之分離及檢出】 加 NH_4OH 於 Sr 及 Ca 之醋酸溶液使蕊試紙呈藍色為止，而後添加硫酸銨試藥約 5 cc.，靜置數分鐘，再濾過之。

沈澱： $SrSO_4$ ，($CaSO_4$)，白色

濾液： $CaSO_4$

6. 【銣 Sr^{++} 之確認】 以稀 HCl 溶解之，附於白金絲上作焰色試驗。如有 Sr 存在，則焰呈赤色。

7. 【鈣 Ca^{++} 之確認】 於鹼性溶液加 $(NH_4)_2C_2O_4$ 試藥 5-10 cc.，微熱之，則生白色沈澱 CaC_2O_4 。不溶於稀醋酸。如行焰色試驗，焰呈橙黃色。

註 以 $K_2Cr_2O_7$ 試藥分離 Ba 時，或有微量之 Ba 遺留於濾液，由 $(NH_4)_2SO_4$ 之添加，有混入 $SrSO_4$ 中之慮。故 Sr 必須作焰色試驗。

註 加草酸銨而得白色沈澱，雖足為 Ca 之確認試驗，但為絕對信任起見，可將沈澱成 HCl 性溶液，再行焰色試驗。

第三節 第四屬(碳酸銨屬)之 總括與化學理論

【關於 $(NH_4)_2CO_3$ 之處理】 試液如係分離第三屬之濾液，則無須特地添加 NH_4Cl ；否則，在加 $(NH_4)_2CO_3$ 於試液之前，若不加 NH_4OH 及 NH_4Cl ，即有生成 $MgCO_3$ 沈澱之

慮。沈澱係第四屬之磷酸鹽而鎂及鹼金屬遺留於濾液中。

倘使試液係由分離第三屬而得者，當在加分屬試藥 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 之前，蒸發濃縮之，應將自硫化銨屬逃來之硫化物及硫黃濾去。

註 分析至此，多少有 SO_4^{2-} 生成，此硫酸離子即有與 Ba 起作用而生澱 BaSO_4 之慮。

倘有微量之 Ba, Sr, Ca 遺落於次之第五屬中之慮，則於分析第五屬檢出鎂之前應將此等除去。

1. 【關於鉍 Ba^{++} 】 鉍係第四屬員中原子量最大者， BaCO_3 及 BaC_2O_4 之溶解度雖較其他 (Sr, Ca) 之碳酸鹽及草酸鹽為大，但 BaCrO_4 及 BaSO_4 之溶解度則顯然較其他之鉻酸鹽及硫酸鹽為小。因此 Ba 成 BaCrO_4 自 Sr, Ca 分離而出。在 18°C 時 SrCrO_4 之溶解度較 BaCrO_4 大 400 倍； CaCrO_4 較 BaCrO_4 大 8000 倍。

Ba 之確認試驗普通有下列三種方法：

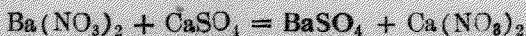
(a) 將 BaCrO_4 溶解於 HCl，以 NH_4OH 中和之，添加 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 試藥，使黃色沈澱 BaCrO_4 重行發現。

(b) 將 BaCrO_4 溶解於 HCl，添加 H_2SO_4 ，使其產生白色沈澱之 BaSO_4 。

(c) 將 BaCrO_4 溶解於 HCl，作焰色試驗。有 Ba 存在，則焰呈綠色。

如前所述， BaSO_4 極難溶解，故於 Ba^{++} 之溶液加入

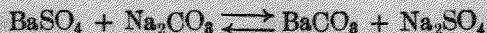
SrSO_4 及 CaSO_4 之飽和溶液,即得 BaSO_4 沈澱。



BaSO_4 以濃熱 H_2SO_4 溶解之,而成酸性硫酸鉬。然加之水,則復生 BaSO_4 沈澱。



將 BaSO_4 與濃 Na_2CO_3 液一同煮沸,則僅小部份起複分解而變成 BaCO_3 。



然將 BaSO_4 與無水 Na_2CO_3 或 K_2CO_3 裝入白金坩堝內熔融之,則幾完全變成 BaCO_3 及 Na_2SO_4 。

2. 【關於鈶 Sr^{++} 】 Sr 之原子量位於 Ba 與 Ca 之間, SrCO_3 與 CaCO_3 之溶解度略同。又 SrSO_4 之溶解度約為 CaSO_4 之半數。故於 Sr^{++} 之濃溶液中加入 CaSO_4 之飽和溶液,則生澱 SrSO_4 。由此能將 Sr 與 Ca 分離。

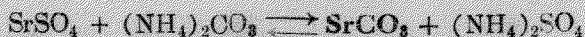
SrCrO_4 難溶於 50% 之酒精而 CaCrO_4 則呈易溶性;故利用此事實作 Sr 與 Ca 之分離。

若僅利用硫酸鹽或鉻酸鹽溶解度之差而使 Sr 與 Ca 分離,則多少有相互混入之慮。故做 Sr 及 Ca 之焰色試驗頗為必要。

又 CaCrO_4 之溶解度約為 SrCrO_4 之 20 倍,可按下列方法分離之。

用酒精分離 SrCrO_4 , CaCrO_4 的方法——於濾去 BaCrO_4

後之濾液中，加其等容積之酒精，因其中存着過剩之 $K_2Cr_2O_7$ ，則生 $SrCrO_4$ 沈澱。因此 Sr 由 Ca 分離而出。但此時多少難免有 Ca 混入，將 $SrCrO_4$ （及少量之 $CaCrO_4$ ）溶於溫水，次加 $(NH_4)_2CO_3$ 及 $(NH_4)_2C_2O_4$ 試藥。得 $SrCO_3$ 及 CaC_2O_4 沈澱。濾過，加稀醋酸，則碳酸銨溶解，而草酸鈣成爲殘渣。濾過，於濾液加 $(NH_4)_2SO_4$ 試藥，則生澱 $SrSO_4$ 。先作焰色試驗，而後將 $SrSO_4$ 與 $(NH_4)_2CO_3$ 試藥一同靜靜加熱，得 $SrCO_3$ 。



將其溶於 HCl，變成 $SrCl_2$ ，附於白金絲作焰色試驗。焰輝呈赤色。

3. 【關於鈣 Ca^{++} 】 Ca 係第四屬中原子量最小者。 $CaCO_3$ 所示之溶解度幾與 $SrCO_3$ 相等， $CaSO_4$ 之溶解度約爲 $SrSO_4$ 之 2 倍， $CaCrO_4$ 爲 $SrCrO_4$ 之 20 倍。然 CaC_2O_4 之溶解度則約爲 SrC_2O_4 之 10 分之 1，且爲 BaC_2O_4 之 20 分之 1。故成 CaC_2O_4 能與 Ba 及 Sr 分離而出。將其溶解於 HCl 中，得 $CaCl_2$ 而行焰色試驗，呈橙黃色。

第五章 第五屬

(可溶性屬)

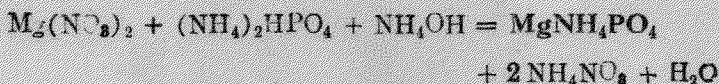
鎂	Magnesium	Mg^{++}
鉀	Potassium	K^+
鈉	Sodium	Na^+
銨	Ammonium	NH_4^+

對於此屬員，無使其生澱之分屬試藥。因能合於使屬員生澱分離之條件者第五屬員無之，凡其氯化物，硫化物，氫氧化物，碳酸鹽等皆不生澱而極易溶解。

第一節 預備試驗

分離及確認試驗

1. 【鎂 Mg^{++} 之分離與確認】 取小杯三個，分盛 Mg^{++} ， K^+ ， Na^+ 試液 5 cc.，一一加入 NH_4Cl 試藥 2 cc.，再各加 NH_4OH (d. 0.90) 約 2 cc. 及 $(NH_4)_2HPO_4$ 試藥約 2 cc. 攪拌之，僅於 Mg^{++} 溶液產生白色沈澱之 $MgNH_4PO_4$ 。因此 Mg 可由 K 及 Na 分離而出。



註 如加 NH_4Cl 過多而又不存 Mg^{++} 時，則竟有發生 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 沈澱之事，故必須以水稀釋之，使其溶解；如所生沈澱物係 MgNH_4PO_4 則不溶解。

2. 【鉀 K^+ 之分離與確認】 鉍亞硝酸鈉試驗法——新取含 K^+ 之試液 5 cc.，加入醋酸 2-3 滴及 $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$ 試藥約 5 cc. 得黃色沈澱之 $\text{K}_2\text{NaCo}(\text{NO}_2)_6$ 。



註 此試驗如有 NH_4^+ 存在時，亦得同樣之黃色沈澱，故須將鉍離子完全除去而後進行。

過氯酸試驗——再取含 K^+ 之試液 5 cc.，盛入小杯中，加 HClO_4 試藥 4-5 cc.，蒸發至白烟發生為止，冷卻後，靜靜加入 95% 酒精 15-20 cc.（如在溶液正熱時加入酒精，則與 HClO_4 起作用而爆發。須注意！）得白色沈澱之 KClO_4 。

用 Na^+ 試液，雖作同樣試驗，亦不生澱。然通 HCl 氣體於其中，則見 NaCl 生澱。

因此， K^+ 與 Na^+ 能得分離。



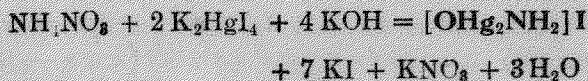
3. 【鈉 Na^+ 之分離與確認】 焦銻酸二氫二鉀試驗法——以小玻璃杯盛取 Na^+ 試液 5 cc.，使其成中性或弱鹼性（加 KOH ），添加 $\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ 試藥，攪拌之，則徐徐產生結晶性之白色沈澱 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。



焰色試驗——將 K^+ 及 Na^+ 之溶液成爲 HCl 酸性，附於白金絲上作焰色試驗，理應 K 呈紫色， Na 呈黃色，但因 K 色掩覆 Na 色，以致識別極難，若將焰色隔一層或數層藍色鈷玻片窺視之，則 Na 之黃色被吸收而消失， K 之紫色即分外顯明。

4 【銨 NH_4^+ 之確認】 取最初之試料少許，加濃 NaOH 熱之，由該時所發生之 NH_3 特臭或用浸溼之石蕊試紙檢定之。

涅塞爾試驗——加少量之涅塞爾 (Nessler) 試藥於含有微量 NH_4^+ 試料之水溶液中，則溶液呈黃色；如此時 NH_4^+ 多量存在，則生紅褐色之沈澱 $\text{NH}_2\text{Hg}_2\text{I} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。



此反應極爲銳敏，痕跡之 NH_4^+ 亦能檢出。在中性或酸性溶液中則不分明。

第二節 正式試驗

【未知試料之分析】 向指導者領得未知試料，作第五屬分析之練習。

第五表

第五屬(可溶性屬)之分離檢出

【溶液之調製】 將分離第四屬後之濾液分作二份，A 液為全部之 $\frac{1}{2}$ ，B 液得其 $\frac{1}{2}$ 。由 A 液檢出 Mg，由 B 液蒸發乾涸之殘渣檢出 K 及 Na。（若有 NH_4 存在，則乾涸後繼熱之暗紅，將 NH_3 驅盡。）

【鹼土類金屬之除去】 A. 檢驗 Mg 之前，應將混入之微量鹼土類金屬除去。欲試驗有否鹼土類金屬混入，可另取濃 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 液數 cc.，於其中滴入 A 液數滴，如呈白濁色，則證明 Sr^{++} 或 Ba^{++} 或兩者存在。次取 A 液 1-2 cc.，加 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 試藥數 cc.，呈白濁色，則為 CaC_2O_4 之證。既知有 Sr, Ba 或 Ca 存在，則於所餘之 A 液中加入以上各種沈澱劑，將鹼土類金屬濾出棄去。

【鎂 Mg^{++} 之分離】 濾液：其中含有 Mg^{++} 及 K^+ , Na 蒸發之，濃縮約至 5 cc.（若生沈澱，即濾別棄之），加 NH_4OH 於濾液使石蕊試紙呈藍色，而後添加 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 試藥 1-5 cc.，以玻璃棒攪拌之。少頃，以玻璃棒磨擦玻璃杯，即由該處開始產生白色結晶沈澱。為 MgNH_4PO_4 之證。

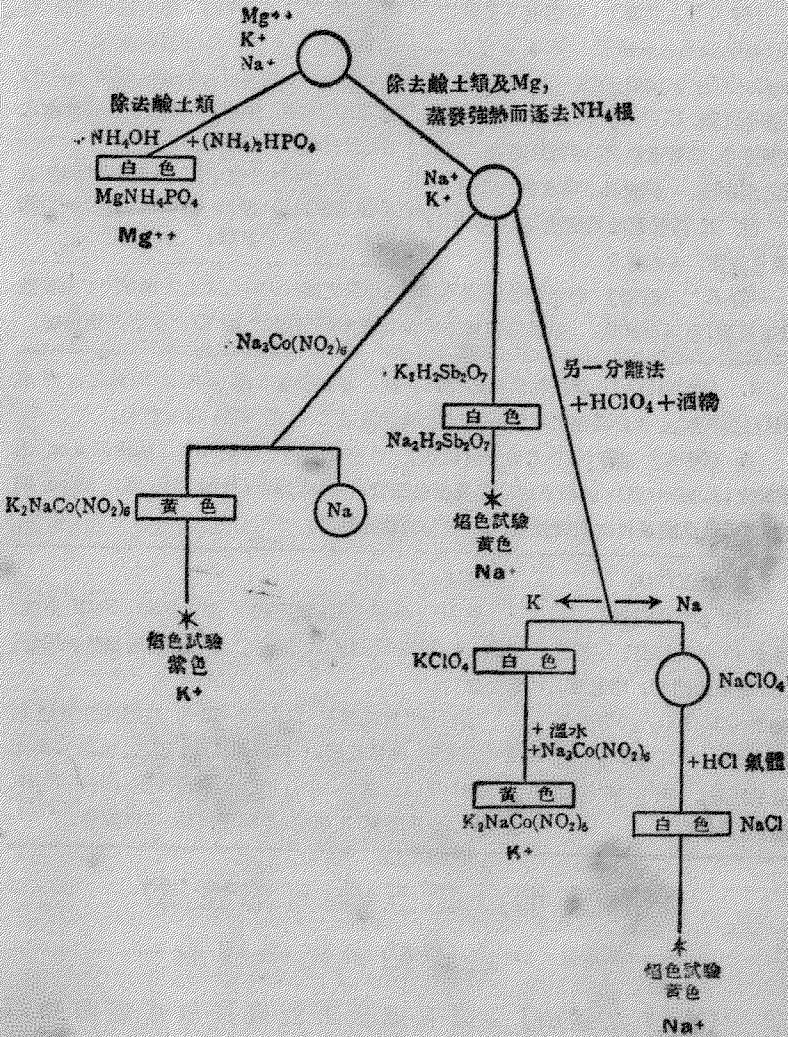
【鑄 Mg^{++} 之確認】 將沈澱物濾過，溶解於稀醋酸中，加 NH_4OH 使之成鹼性，激烈攪拌之。少頃，與前同樣由杯壁再先生澱 MgNH_4PO_4 ，即證明 Mg^{++} 存在。

【鹼金屬之分離】 B. (a) Mg^{++} 及 Ba^{++} , Sr^{++} , Ca^{++} 之除去——為除去 B 液中之 Mg^{++} ，應先將鉍鹽驅逐完盡。因之，將 B 液蒸發乾涸，加熱使蒸發皿之底面及邊側皆呈暗紅色，直至不再發生白煙為止（ 360°C ）。冷卻後之殘渣約以 5 cc. 水溶解之，滴下 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 試藥至 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 之生澱完結，將 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 濾出棄之。其次，若濾液中存有 Ba^{++} 及 Sr^{++} （於 A 試驗時已知），則加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 試藥數滴除去之；再加 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 試藥數滴可將 Ca 除去，濾別沈澱物（ BaSO_4 , SrSO_4 , CaC_2O_4 ）而棄之。

(b) 鉍 NH_4^+ 之除去——欲由濾液中將鉍離子完全除去，則蒸發乾涸待無白煙發生為止。並加熱使蒸發皿各部份變成暗紅色。冷卻後，約以 10 cc. 水溶解殘渣，添加 HCl (d. 1.12) 數滴，加熱，濾過，復將濾液蒸發乾涸，所得殘渣以 5-10 cc. 水溶解之，如呈混濁狀，則濾過之，分濾液為二部份。

第五圖

第五屬(可溶性屬)之分離檢出



【鉀 K^+ 之分離】 如溶液不呈酸性，則以稀醋酸使之成酸性，加其等容積之 $Na_3Co(NO_2)_6$ 試藥，攪置 10—20 分鐘，則生黃色沈澱 $K_2NaCo(NO_2)_6 \cdot H_2O$ 。若沈澱量少，則稍溫熱之，冷卻後濾過，用少量之水洗滌。於濾紙上顯露黃色沈澱。

註 K 遇氫氟鉍酸溶液，得 K_2PtCl_6 (黃色沈澱)，亦能檢出之。

【鉀 K^+ 之確認】 將沈澱物濾過洗滌，以少量之溫 $HCl(d. 1.12)$ 溶解之，蒸發濃縮至數滴，作焰色試驗。如通過鈷玻璃片將黃色遮斷而窺視之，則 K 之紫色非常顯現。

【鈉 Na^+ 之分離】 如溶液呈酸性，則滴加稀 KOH 中和之，蒸發濃縮至 1cc. 左右，冷卻後，加 $K_2H_2Sb_2O_7$ 試藥 1—2 cc. 攪置 30—40 分鐘。得白色結晶沈澱之 $Na_2H_2Sb_2O_7 \cdot 6H_2O$ 。

【鈉 Na^+ 之確認】 泌塞土層溶液，以少量之水洗滌，再以 $HCl(d. 1.12)$ 1—2 滴溶解之，作焰色試驗。呈輝黃色。

I. 【鉍 NH_4^+ 】 取最初所得之試料少許，添加少量之濃 $NaOH$ 而熱之。發生 NH_3 之特臭。或以浸溼之紅色石蕊試紙懸於溶液之上，遇 NH_3 氣呈藍色。

II 【鉀 K^+ 與鈉 Na^+ 之另一分離法】 將蒸發乾涸已顯盡鉍根之殘渣以 5 cc. 水溶解之，約加 $HClO_4$ 試藥 5 cc.，蒸發至白煙發生，待冷卻後，約加 95% 酒精 20 cc. 攪拌之，用乾燥濾紙將沈澱物濾過，以 65% 酒精洗滌之。

殘渣: $KClO_4$

【鉀 K^+ 之確認】 以溫水 10 cc. 往返注入濾紙上，使殘渣溶解，冷卻後，加 $Na_3Co(NO_2)_6$ 試藥，生 $K_2NaCo(NO_2)_6 \cdot H_2O$ 之黃色沈澱。次作焰色試驗，呈黃紅色。

濾液: $NaClO_4$

通 HCl 氣體於酒精溶液中，使之飽和， $NaCl$ 生澱。濾過，以 95% C_2H_5OH 洗滌之。(此濾液加熱即爆發，棄去之！)

【鈉 Na^+ 之確認】 以水 10—15 cc. 往返注於濾紙上，使沈澱溶解，蒸發乾涸。再以水 1 cc. 溶之，加以 1—2 cc. 之 $K_2H_2Sb_2O_7$ 試藥，生白色結晶 $Na_2H_2Sb_2O_7 \cdot 6H_2O$ 。濾過之，溶於稀 HCl 數滴，作焰色試驗，呈輝黃色。

第三節 第五屬(可溶性屬)

之總括與化學理論

【 NH_4^+ 之逐去】 第五屬員若能直接檢出，無需如以

前屬員作完全分離操作。惟因 Ba, Ca, Sr 之碳酸鹽多少溶解而有混入第五屬員中之慮,所以,添加 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 於其中,則鹼土類金屬與 Mg 同時生澱。故在檢出 Mg 以前,非將鹼土類金屬除去不可。爲此,取溶液之三分之一,加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 及 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 液煮沸之,使 Ba, Sr 成 $\text{BaSO}_4, \text{SrSO}_4$, Ca 成 CaC_2O_4 而生澱,濾去之,濃縮濾液,作 Mg 之檢出。將其餘三分之二之溶液蒸發乾涸,勢必充分逐盡鉍根。若有鉍根留存,則當添加 $\text{Na}_2\text{Co}(\text{NO}_2)_6$ 試藥時, NH_4 亦似 $\text{K}_2\text{NaCo}(\text{NO}_2)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 生成同樣之黃色沈澱。在高溫度,鉍鹽比鹼鹽容易分解將蒸發所得之殘渣強熱至暗紅色,鉍鹽即成白烟而分解逐出,只鹼鹽殘留。故能由所得之殘渣檢出 K 及 Na。

分解溫度表

NH_4Cl	NH_4NO_3	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
350°C	200°C	58°C

在分析操作上,試液中常常添加鉍根,故應分取最初試料少許,加濃 NaOH 液熱沸而檢出之。

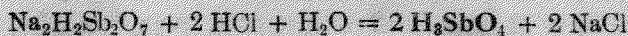
1. 【關於鎂 Mg^{++} 】 如前所述, Ca, Ba, 及 Sr 之磷酸鹽不溶於鹼性溶液,如液中含有此等離子時加入 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 試藥,則與 Mg 一同生澱。故在檢出 Mg 之前,應將此等鹼土類金屬完全除去。而欲完全除去第四屬員,以 NH_4OH 使濾液成弱鹼性,加 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 試藥,善爲攪拌之,以玻棒

搔擦杯壁，則有自該處生澱白色結晶 $MgNH_4PO_4$ 之特徵。

2. 【關於鉀 K^+ 】 用 $Na_2Co(NO_2)_6$ 試藥，用 NH_4^+ 與 K^+ 遇之皆生黃色沈澱，故在檢驗 K^+ 之前，應將鉍根完全逐去。此時殘渣過於強熱（赤熱以上），則 KCl , $NaCl$ 多少亦得揮發。在加 $Na_2Co(NO_2)_6$ 試藥之前，如溶液係鹼性，則有生澱 $Co(OH)_3$ 之慮，故須先以醋酸使之成酸性。於此試驗法雖有 Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Sr^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} 等共存，亦無所礙，但遇 Li^+ , Tl^+ 則與 NH_4^+ 同樣產生黃色沈澱，須注意！ K 與 Na 固可同時舉行焰色試驗，但該時使用二重或二重以上之鈷玻片，仍不見充分遮斷 Na 之黃色，以致 K 呈黃紅色，識別頗感困難。又 Na 多少可從試藥或所用玻璃器具帶來，對於焰色試驗，常現淡黃色。焰色試驗如使用分光器，則極為明確。

3. 【關於鈉 Na^+ 】 於中性溶液添加焦銻酸二氫二鉀 ($K_2H_2Sb_2O_7$) 液，即得白色之重結晶 $Na_2H_2Sb_2O_7 \cdot 6H_2O$ ，但有鋰 Li^+ 存在時，則生同樣沈澱，故必行焰色試驗。 Na 呈輝黃色， Li 呈紅色。

$Na_2H_2Sb_2O_7$ 可溶於 HCl ，即以 HCl 溶解之，作焰色試驗。



Na^+ 之溶液最初呈酸性，則因 $K_2H_2Sb_2O_7$ 分解而析出白色無定形之銻酸，以致 Na^+ 之檢出發生錯誤。



又假令其為中性溶液，雖有 NH_4^+ 鹽多量存在，即惹起銻酸 H_3SbO_4 之析出。故宜預先除去。

$\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 與 MgNH_4PO_4 同樣可用玻棒搔磨器壁促進其結晶析出。

過氯酸鉀 KClO_4 試驗——過氯酸 HClO_4 無論加入於 K^+ 之中性、酸性或鹼性溶液中，即得白色結晶之 KClO_4 。 KClO_4 稍難溶於冷水（ 0° 之水 100 份中溶解 0.7 份）。可溶於熱水，而極難溶於酒精。 Mg^{++} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 之共存雖無障害，但酒精併用時， Na^+ 與 SO_4^{--} 同時共存，則有生澱 Na_2SO_4 之慮，須注意！

(1) 鈷亞硝酸鈉 $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$ 溶液之調製——水 200 cc. 溶解 NaNO_2 100 g.，加 30% 之醋酸溶液 60 cc.，再混和 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10 g.，放置 2-3 日，濾過，以水沖淡成 400 cc.

(2) 焦銻酸二氫二鉀 $\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ 溶液之調製——取焦銻酸二氫二鉀 3 g.，溶於 100 cc. 之開水中，煮沸數分鐘；速即冷卻之，約加 10% 之 KOH 3 cc. 濾過即得。

4. 【關於銨 NH_4^+ 】 在分析過程中，常有銨根添入，如 NH_4OH 、 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 、 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等，故應取最初之溶液或固體少許，使其與濃 KOH 液起作用發生 NH_3 ，由其特臭或用潤溼之石蕊試紙檢出之。

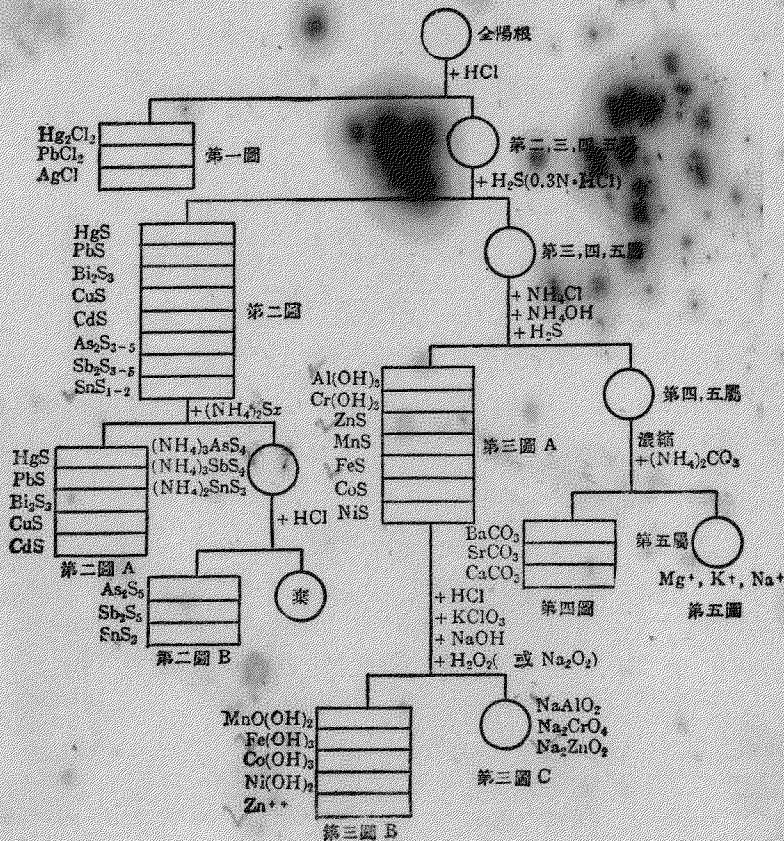
陽離子分屬法概觀表

加稀 HCl (或 NH₄Cl) 於試料溶液。

沈澱: Pb, Ag, Hg 之氯化物, Hg 僅屬亞汞時。又 Pb 多量存在時, 一部份於此處生澱。供第一屬之分析。	濾液: 於 0.3 N, HCl 中通 H ₂ S 飽和之。				
	沈澱: 第二屬之硫化物 以 (NH ₄) ₂ S _x 處理之。		濾液: 加 NH ₄ OH 及 (NH ₄) ₂ S ₆ 。		
	殘渣: Hg, Pb, Bi, Cu, Cd 之硫化物, 供 Cu 類之分析。	濾液: Sb, As, Sn 之硫黃酸鹽, 供 Sn 類之分析。	沈澱: 第三屬之 氫氧化物及硫化物, 以酸溶解之, 再加 NaOH 及 Na ₂ O ₂ 。		濾液: 加 (NH ₄) ₂ CO ₃ 。
			沈澱: Mn, Fe, Co, Ni 之氫氧化物, 供 Fe 類之分析。	濾液: Al, Zn, Cr 之酸性 Na 鹽, 供 Al 類之分析。	
		沈澱: Ba, Sr, Ca 之碳酸鹽, 供第四屬之分析。		濾液: Mg, K, Na, NH ₄ 之硝酸鹽及氯化物, 供第五屬之分析。	

首先取試料少許, 加濃 KOH 液作 NH₄⁺ 之檢出。

第六圖
陽離子分屬法概觀圖



原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

出之。故所謂分離法只限極少數離子之分離，須幾次少量取出試料，試驗各特性反應。

第一章 第一屬

(硫酸鹽屬)

預備試驗

試液皆按照第五編第二章所載之表調製。通常各取其2-5 cc. 試驗之。

第一屬員試驗概觀表

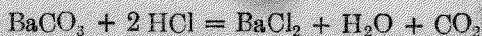
酸 根	BaCl ₂ (CaCl ₂)	特 性 試 驗
1. 碳酸離子	(a) BaCO ₃	(b) CO ₂ (c) CaCO ₃
2. 酸性碳酸離子		(b) 對酚酞試藥呈中性。
3. 硫酸離子	(a) BaSO ₄	
4. 鉻酸離子	(a) BaCrO ₄	(b) PbCrO ₄ (c) Ag ₂ CrO ₄ (d) CrCl ₃
5. 磷酸離子	(a) BaHPO ₄	(b) (NH ₄) ₃ PO ₄ ·12MoO ₃ (c) Ag ₃ PO ₄
6. 氟離子	(a) BaF ₂	(b) H ₂ SiF ₆
7. 亞硫酸離子	(a) BaSO ₃	(b) SO ₂ (c) 還元 MnO ₂
8. 硼酸離子	(a) Ba(BO ₂) ₂	(b) (C ₂ H ₅) ₃ EO ₃ (c) 薑黃試驗
9. 草酸離子	(a) BaC ₂ O ₄ ·H ₂ O CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O	
10. 酒石酸離子	(a) BaC ₄ H ₄ O ₆ ·H ₂ O	(b) 發生氣體而炭化。
11. 矽酸離子	(a) BaSiO ₃	(b) HF (c) 水球試驗
12. 硫代硫酸離子	(a) BaS ₂ O ₃	(b) 酸試驗 (c) 碘試驗

特性試驗

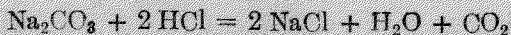
1. 【碳酸鹽 (Carbonate) CO_3^{2-} 之試驗】 (a) 氯化鋇試驗——以試管盛取 Na_2CO_3 試液 2 cc, 加 BaCl_2 試藥得白色沈澱 BaCO_3 .



可溶解於稀 HCl (1 : 1)。



(b) 酸對於碳酸鹽之作用——盛 Na_2CO_3 粉末於試管中, 加稀 HCl (1 : 1), 即發生 CO_2 。



(c) 石灰水試驗——如圖 5. 裝置, 將碳酸鹽與酸作用所生之氣體通入石灰水中, 則生白色沈澱之 CaCO_3 。



2. 【酸性碳酸鹽 (Bicarbonate) HCO_3^- 之試驗】 (a) 雖加入硫酸鎂液, 亦不生沈澱; 但碳酸鹽遇之, 則生白色沈澱。

(b) 雖加入 HgCl_2 液, 亦無沈澱發生; 但換以碳酸鹽, 則得紅褐色之鹼性氧化物。

(c) NaHCO_3 , KHCO_3 對於酚酞 (phenolphthalein) 試藥呈

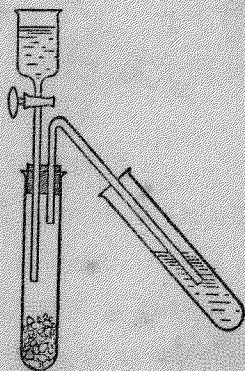


圖 5. 石灰水試驗

中性，而鉀或鈉之碳酸鹽遇之，則起鹼性反應。

3. 【硫酸鹽 (Sulfate) SO_4^{2-} 之試驗】 (a) 氯化鉬試驗——以試管盛取試液 Na_2SO_4 2 cc., 加 5 cc. 之水，而後添入 BaCl_2 試藥。



得白色沈澱 BaSO_4 。不溶於稀 HCl 。

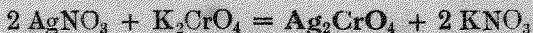
4. 【鉻酸鹽 (Chromate) CrO_4^{2-} 之試驗】 (a) 氯化鉬試驗——取 K_2CrO_4 試液 2 cc., 加 BaCl_2 試藥。得黃色之沈澱 BaCrO_4 。溶解於稀 HCl (1 : 1)。



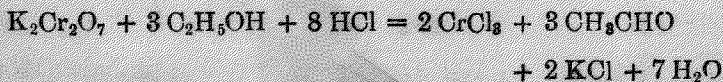
(b) 醋酸鉛試驗——取 K_2CrO_4 試液 2 cc., 加醋酸鉛試藥少許。生黃色沈澱 PbCrO_4 。難溶於稀醋酸而不十分難溶於稀 HCl 中。



(c) 硝酸銀試驗——加少量之 AgNO_3 試藥於 2 cc. 之 K_2CrO_4 試液中，得黃色之沈澱 Ag_2CrO_4 。可溶於稀 HNO_3 。



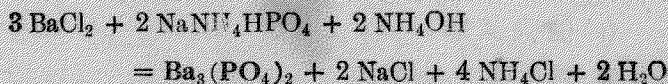
(d) 還元試驗——以稀 HCl 使 K_2CrO_4 試液成酸性，加酒精少許，煮沸之，當初呈黃色而變為綠色。



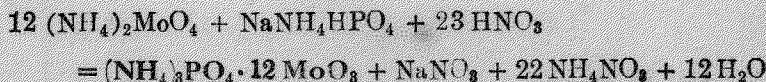
5. 【磷酸鹽 (Phosphate) $\text{PO}_4^{=}$ 之試驗】 (a) 氯化鉍試驗——取 $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ 試液 2 cc., 加少量之 BaCl_2 試藥。得白色之沈澱 BaHPO_4 。



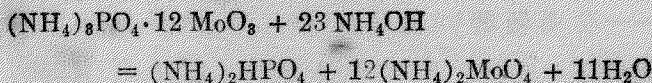
可溶於稀 HCl (1 : 1)。如再加以 NH_4OH , 則復生澱。



(b) 鉬酸鉍試驗——於水 5 cc. 中加入 $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ 試液 5-6 滴, 以稀 HNO_3 (1 : 1) 使之成酸性後, 添加 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 試藥 10 cc., 微溫之。少頃, 生黃色沈澱之 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{MoO}_3$ 。



可溶於 NH_4OH 。



(c) 硝酸銀試驗——於含磷酸離子之試液 2 cc. 中, 加水 2 cc., 再加 AgNO_3 試藥數滴。得黃色沈澱 Ag_3PO_4 ; 可溶於稀 HNO_3 (1 : 1)。



6. 【氟化物 (Fluoride) F^- 之試驗】 (a) 氯化鉍試驗——以試管盛取 NaF 或 KF 試液 2 cc., 加 BaCl_2 試藥數滴。

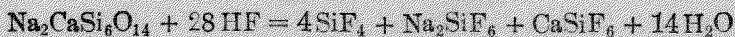
得白色沈澱 BaF_2 ，可溶於稀 HCl 。



(b) 氟化鈣試驗——取 NaF 試液 2 cc.，加 CaCl_2 試藥。生白色沈澱 CaF_2 ，稍難溶於稀 HCl 。



(c) 侵蝕試驗——取少量之 CaF_2 粉末，放入蒸發皿內，再加適量之濃硫酸調和之，蒸發皿上覆蓋錶玻璃一塊，凸面向下，可使其保持水滴，移置湯孟上靜靜加熱。錶玻璃被侵蝕而殘留斑點。假定玻璃之組成爲 $\text{Na}_2\text{CaSi}_6\text{O}_{14}$ ，則起以下之反應：



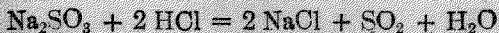
7. 【亞硫酸鹽 (Sulfite) SO_3^- 之試驗】 (a) 氯化鋇試驗——取亞硫酸鹽之試液 2 cc.，加 BaCl_2 試藥。得白色沈澱 BaSO_3 。



可溶於稀 HCl ，發生 SO_2 氣體。



(b) 酸之作用——加稀 HCl 於亞硫酸鹽，則常發生 SO_2 氣體而溶解。



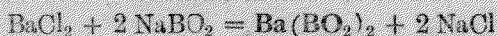
註 亞硫酸鹽爲強還元劑，於其溶液中添加 KMnO_4 液，則 KMnO_4 被還元而其紫色消失。



8. 【硼酸鹽 (Borate) $\text{BO}_3^=$ 之試驗】 (a) 氯化鋇試驗
取硼砂之試液 2cc., 加 BaCl_2 試藥。得白色沈澱 $\text{Ba}(\text{BO}_2)_2$ ，
硼砂先起加水分解作用。

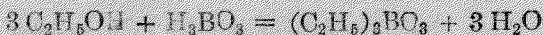


其次與 BaCl_2 起反應。



可溶於稀 HCl 。

(b) 酒精焰試驗——於蒸發皿中放置硼砂粉少許，以濃 H_2SO_4 溼潤之，加 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 5 cc., 微溫之，點火，則生成揮發性之 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{BO}_3$ 故焰呈綠色。



如有 F^- , $\text{S}_2\text{O}_3^=$, $\text{SO}_3^=$, BrO_3^- , IO_3^- 等多量共存時，此反應即發生障礙。

(c) 薑黃試驗——取硼砂試液 2cc., 以 HCl 使之成酸性，再以此酸性溶液浸溼薑黃試紙，放置於沸水上之錶玻璃內乾燥之，黃色變爲紅褐色。然用 NaOH 液時則呈綠褐色或黑色。

ClO_3^- , BrO_3^- , IO_3^- , NO_2^- , $\text{CrO}_4^=$, H_2O_2 等氧化劑多少能

將黃色色素破壞，故有礙於本反應。

9. 【草酸鹽 (Oxalate) $C_2O_4^{2-}$ 之試驗】 (a) 氯化鈣試驗——此試驗即與 Ca 之檢出相反，已於第四屬中舉行。取 $(NH_4)_2C_2O_4$ 試液 5 cc., 加 $CaCl_2$ 試藥 2-3 cc., 即生白色沈澱 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ 。可溶於稀 HCl (1:1)。



10. 【酒石酸 (Tartarate) $C_4H_4O_6^{2-}$ 之試驗】 於試管內放入少量之酒石酸結晶，添加濃硫酸少許，微微加熱。發生 CO_2 , CO , SO_2 等氣體而碳化。



11. 【矽酸鹽 (Silicate) SiO_3^{2-} 之試驗】 (a) 氯化鉍試驗——取矽酸鹽試液 2 cc., 加 $BaCl_2$ 試藥，即生白色沈澱 $BaSiO_3$ 。可溶於酸。



(b) 氟酸試驗——將固體試料混和濃硫酸，加少量之氟酸，靜靜加熱，則發生 SiF_4 氣體。

(c) 水球試驗——於白金絲附着水球，懸支於 (b) 所發生之氣體上，則水球發白濁色。

12. 【硫代硫酸鹽 (Thiosulfate) $S_2O_3^{2-}$ 之試驗】 (a) 氯化鉍試驗—— $BaCl_2$ 在此試液之中性溶液或鹼性溶液中，生成白色結晶性之硫代硫酸鉍沈澱。但因其容易形成

過飽和溶液，故須以玻棒刺戟器壁而促進沈澱析出。

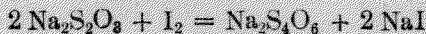


在常溫下 BaS_2O_3 1份溶解於約 500份之水，熱水則更易溶解。

(d) 稀 H_2SO_4 試驗——加稀 H_2SO_4 或稀 HCl ，則 S 析出，分解而 H_2SO_3 游離。故加熱，則發生 SO_2 氣體。



(c) 碘試驗—— I_2 在中性溶液中遇 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 液之添加即脫色；因 I_2 被還元而生成碘化物及四硫磺酸鹽。



第二章 第二屬

(氯化物屬)

預備試驗

第二屬員試驗概觀表

酸 根	AgNO ₃	特 性 試 驗
1. 氯離子	(a) AgCl	(b) Ag(NH ₃) ₂ Cl
2. 溴離子	(a) AgBr	(b) Br ₂ •CCl ₄
3. 碘離子	(a) AgI	(b) I ₂ •CCl ₄
4. 硫離子	(a) Ag ₂ S	
5. 黃血離子	(a) Ag ₄ Fe(CN) ₆ •H ₂ O	(b) Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ 普魯士藍
6. 赤血離子	(a) Ag ₃ Fe(CN) ₆	(b) ... (c) Fe ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ 滕氏藍
7. 硫代氰酸離子	(a) AgCNS	(b) Fe(CNS) ₃
8. 氰離子	(a) AgCN	(b) KAg(ON) ₂ (c) O ₆ S 試驗

註 亞硝酸鹽本可歸於第二屬,但 AgNO₂ 之溶解度有相當大,則歸之第三屬為宜。

特性試驗

1. 【氯化物 (Chloride) Cl⁻ 之試驗】 硝酸銀試驗——取 NaCl 試液 2 cc., 沖淡至 5 cc., 加 AgNO₃ 試藥數滴, 即得白色沈澱 AgCl。



見日光起白色 → 藍色 → 褐色 → 黑色之變化。可溶於 NH_4OH 而不溶於稀 HNO_3 。

2. 【溴化物 (Bromide) Br^- 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 KBr 試液 2 cc.; 加 AgNO_3 試藥數滴。得淡黃色之沈澱 AgBr 。

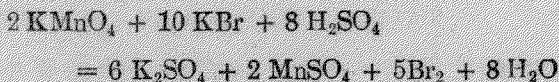


比之 AgCl , 則見其難溶於 NH_4OH ; 不溶於稀 HNO_3 。

(b) 藉氯素之氧化試驗——以試管盛取 KBr 試液 2 cc., 加水 5 cc. 及 CCl_4 約 2 cc., 再添加氯水數滴, 振盪之。在 CCl_4 層因含游離之 Br_2 而呈紅色。



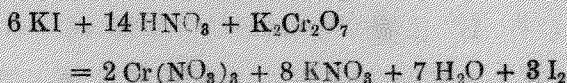
(c) 高錳酸鉀試驗——以試管盛取 KBr 試液 2 cc., 加水 5 cc., 以稀 H_2SO_4 使之成酸性, 加 KMnO_4 試藥待溶液略呈淡紅色為度, 次加 CCl_4 約 2 cc., 則因此時游離之 Br_2 而 CCl_4 層呈紅色。



3. 【碘化物 (Iodide) I^- 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 KI 試液 2 cc., 加 AgNO_3 試藥。得黃色沈澱 AgI 。不溶於稀 HNO_3 , 亦幾不溶於 NH_4OH (與 AgCl 及 AgBr 相異)。

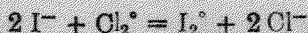


(b) 藉重鉻酸之氧化試驗——取 KI 試液 2 cc., 以 H_2SO_4 (或 HNO_3) 使之成酸性, 加 $K_2Cr_2O_7$ 試藥少許, 次加 CCl_4 2 cc. 振盪之。 CCl_4 層因此時游離之 I_2 呈紫色。



因此 $K_2Cr_2O_7$ 之黃色變為 $Cr(NO_3)_3$ 之綠色。

(c) 藉氯素之氧化試驗——取 KI 試液 2 cc., 約加 CCl_4 2 cc., 次加氯水少許, 振盪之。 CCl_4 層因此時游離之 I_2 而呈紫色。



(d) 硝酸鐵試驗——取 KI 試液 2 cc., 以稀 HNO_3 使之成酸性加少量之 $Fe(NO_3)_3$ 液, 再添加 CCl_4 2 cc., 振盪之。



同樣呈紫色。

4. 【硫化物 (Sulfide) $S^{=}$ 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 Na_2S 試液 2 cc., 加 $AgNO_3$ 液, 得黑色沈澱 Ag_2S 。



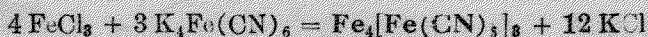
(b) 酸之作用——投小塊之 Na_2S 於試管中, 注入稀 HCl , 以醋酸鉛液溼潤之紙條對正試管口外來回移動, 則紙條遇發生之 H_2S 而變黑。



5. 【黃血鹽 (Ferrocyanat) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{=}$ 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試液 2 cc., 以水稀釋成 10 cc., 加 AgNO_3 液。生淡黃色之沈澱 $\text{Ag}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 。不溶於稀 HNO_3 或 NH_4OH 。



(b) 鐵鹽試驗——取 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試液數滴, 以水 5 cc. 稀釋之加 FeCl_3 試藥數滴。濃厚則呈藍色, 稀薄則呈藍綠色。



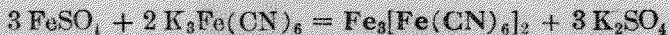
6. 【赤血鹽 (Ferricyanate) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{=}$ 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試液 2 cc., 以 3-4 cc. 水稀釋之, 加 AgNO_3 液。生橙色沈澱之 $\text{Ag}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 。不溶於 HNO_3 而溶於 NH_4OH 。



(b) 鐵鹽試驗——取 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試液 2 cc., 沖稀成 10 cc., 加 FeCl_3 液。不生沈澱。(與 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 相異)。



(c) 亞鐵鹽試驗——取 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試液 2 cc., 沖稀至 10 cc., 加 FeSO_4 液。即得深藍色之沈澱 $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ 。



7. 【硫代硫酸鹽 (Thiocyanate) SCN^- 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 KCNS 或 NH_4CNS 試液 2 cc., 加 AgNO_3 液。生白色沈澱 AgCNS 。



可溶於 NH_4OH ，不溶於稀 HNO_3 ，遇濃 HNO_3 則分解而溶解。

(b) 鐵鹽試驗——取 KCNS 試液少許，以 HCl 使之成酸性，加 FeCl_3 液，呈血紅色。



3. 【氰化物 (Cyanide) CN^- 之試驗】 (a) 硝酸銀試驗——取 KCN 試液少許，加過量之 AgNO_3 液則生白色沈澱 AgCN 。



不溶於 HNO_3 ，易溶於 NH_4OH 及 KCN 。



注意！氰化物猛毒。

(b) 硫化銅試驗——於少量之 CuSO_4 試藥加以過剩之 NH_4OH ，使其發生 CuS 沈澱，於其中加 KCN 試液，則 CuS 溶解。

第三章 第三屬

(硝酸鹽屬)

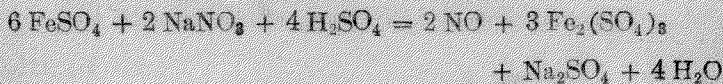
預備試驗

第三屬員試驗概觀表

酸 根	特 性 試 驗
1. 硝酸離子	(a) $[\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4]$ (b) 二苯胺試驗
2. 亞硝酸離子	(a) HSCN , $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ (b) I_2 之游離
3. 醋酸離子	(a) $\text{C}_2\text{H}_5\cdot\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ (b) $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$
4. 氯酸離子	(a) ClO_2 (b) ClO_2 及 Cl_2
5. 高錳酸離子	(a) KMnO_4 , MnO_2 , MnCl_2

特性試驗

1. 【硝酸鹽 (Nitrate) NO_3^- 之試驗】 (a) 硫酸亞鐵試驗——盛 NaNO_3 試液 1 cc. 於試管中, 加濃 H_2SO_4 5 cc., 冷卻後, 傾斜試管, 由管壁添加 FeSO_4 液令其徐徐流入, 成爲兩層。其境界面 (即較重之硫酸與較輕之混液間) 產生暗褐色之環。如 NO_3^- 量微少時, 僅得淡赤色之環。

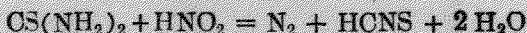




(b) 二苯胺 (Diphenylamine) 試驗——盛 NaNO_3 試液 2 cc. 於錶玻璃內，加 $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ 試藥 5 cc. 徐徐溫熱之，則呈藍色。此反應雖極銳敏，但非 NO_3^- 之特殊反應， NO_2^- ， ClO_3^- ， IO_3^- ， BrO_3^- ， SeO_4^{2-} ， Fe^{+++} ， CrO_4^{2-} ， MnO_4^- ， MoO_4^{2-} ， VO_4^{3-} 等亦呈同樣之反應。即一般氧化劑之反應也。

註 二苯胺試藥之調製——將 $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ 0.5 g. 溶解於濃 H_2SO_4 10 cc. 中，加水 20 cc. 即成。

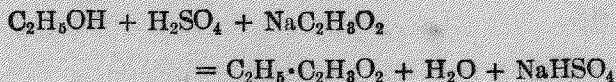
2. 【亞硝酸鹽 (Nitrite) NO_2^- 之試驗】 (a) 硫代尿素試驗——取亞硝酸鈉試液 1 cc.，加醋酸 1 cc.，次加 CSN_2H_4 之 10% 溶液 1 cc.，放置數分鐘，冷時即徐徐發生 N_2 氣體而各分解。其次加 HCl 1 cc. 及 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 液少許，則呈赤血色，但於硝酸鹽即不着色。



(b) 碘澱粉試驗——以稀 HCl 將 KI 液成爲酸性，添加澱粉液少許；另以 HAc 將 NaNO_2 試液成爲酸性然後往先已製成之溶液中滴下，則因 NO_2^- 已被游離之 I_2 遇澱粉而呈藍色。又於此液中加 CS_2 2 cc.，振盪，則在 CS_2 層呈紫色。



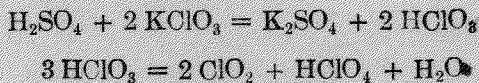
3. 【醋酸鹽 (Acetate) $C_2H_3O_2^-$ 之試驗】 (a) 酒精試驗——盛 $NaC_2H_3O_2$ 試液 1 cc. 於試管中, 加 C_2H_5OH 2-3 cc., 添加濃 H_2SO_4 5 cc. 微溫之, 則嗅得所生醋酸乙烷 $C_2H_5 \cdot C_2H_3O_2$ 之芳香。



(b) 硫酸試驗——投少量之 $NaC_2H_3O_2$ 結晶於試管中, 加濃 H_2SO_4 少許, 熱之, 則發生醋臭。

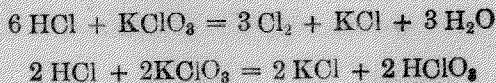


4. 【氯酸鹽 (Chlorate) ClO_3^- 之試驗】 (a) 硫酸試驗——以試管盛取濃 H_2SO_4 2-3 cc., 添加 $KClO_3$ 結晶少許, 靜靜加熱, 則發生綠黃色之氣體 ClO_2 。



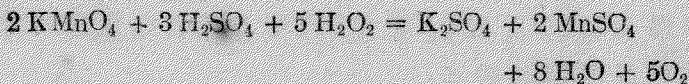
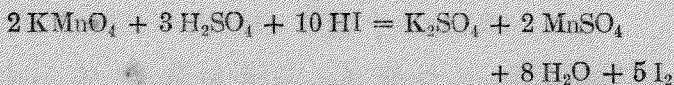
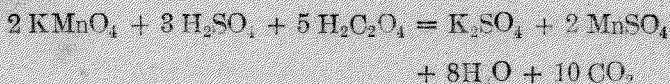
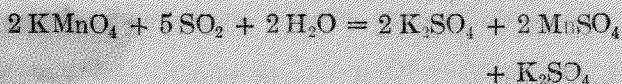
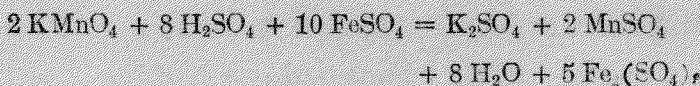
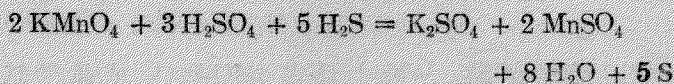
二氧化氯 ClO_2 呈特有之臭氣, 如熱至 $60^\circ C$ 以上, 則激烈爆發而成 Cl_2 及 O_2 。故濃 H_2SO_4 之反應頗危險, 可取極少量之氯酸鹽試驗之。

(b) 濃鹽酸試驗——於試管中盛入濃 HCl 數 cc., 添加 $KClO_3$ 結晶少許, 徐徐加熱。在 $70^\circ C$ 以上激烈發生 Cl_2 而起副反應, 由 $HClO_3$ 發生 ClO_2 。





5. 【高錳酸鹽 (Permanganate) MnO_4^- 之試驗】 高錳酸試液雖呈紫色,但於其 H_2SO_4 酸性溶液使與 H_2S , FeSO_4 , SO_2 , $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, HI , H_2O_2 等還元劑作用,則 MnO_4^- 被還元而變成無色。



第四章 陰離子之分離及檢出表

第六表 分離表

【溶液之調製】 酸根分析受金屬根之影響頗大，時有使酸根分析不能進行之事，應先將共存之金屬根除去。

A. 【可溶於水或稀酸而不存重金屬者】 將試料溶解於水或稀酸，即可供酸根分析。

註 重金屬，其比重約在 4 以上，例如 Cu, Hg, Bi, Ag, Pb, Cd, Sb, As, Sn, Fe, Al, Cr, Zn, Mn, Co, Ni 等。

B. 【可溶於水而共存重金屬者】 將試料溶解於水，加 Na_2CO_3 之飽和溶液 10-15 cc.，煮沸 15-20 分鐘，再加水約 10 cc. 濾過之。

沈澱：重金屬之碳酸鹽，棄去。

濾液：檢試之酸根皆成鈉鹽，以醋酸使之成酸性，供酸根分析。

註 如存有 As 及 Sb 此兩離不成爲不溶性之碳酸鹽，故遺存於濾液內，則需以醋酸使之成酸性後，通 H_2S 令其生澱。

沈澱：As, Sb 之硫化物。

濾液：煮沸，將 H_2S 完全驅出，供酸根分析。

C. 【不溶於水者】 取 Na_2CO_3 飽和溶液 15 cc.，加 1g. 左右之試料於其中（或取試料 3-4 倍容積之 Na_2CO_3 混和之，加水，足使 Na_2CO_3 溶解），約煮沸 10 分鐘，濾過洗滌。

殘渣：重金屬之碳酸鹽。（必需與 Na_2CO_3 共融。）

濾液：欲檢試酸根之鈉鹽。使過剩之碳酸鹽分解，以醋酸令其成酸性。其次，以 NH_4OH 中和之，再加少許，煮沸，過剩之 NH_4OH 分解，此溶液可供酸根分析。●

● 若有重金屬共存，則通 H_2S 約 20 分鐘，使其沈澱，濾過，煮沸濾液逐盡 H_2S 。

若溶液因 MnO_4^- 着色，則加草酸使其褪色。此時如呈混濁，濾過之。

爲溶解試料或爲除去重金屬而添加於試料中之試藥之陰離子，凡有與此相同之酸根及揮發性酸根，皆應就最初之試料預先檢出之。

第七表 陰離子之預備檢出法

試料溶液調製終了，即開始以下試驗。

【第一屬（氯化銀屬）】取少量之中性試液，以稀 HCl 使之成酸性。如溶液呈白濁色，證明其中有 $S_2O_8^{2-}$ 、 S^{2-} 或氧化劑存在。次加 $BaCl_2$ 試藥，生澱則濾過之。

沈澱： 白色者則爲 $BaSO_4$ R_2SiF_6 以供確認 試驗。	濾液：加 $CaCl_2$ 及 $NaAc$ 試藥，濾過。	
	沈澱： 白色 $CaCO_3, CaSiO_3$ 黃色 $CaCrO_4$ 加水，煮沸之。	濾液：加 $Ba(OH)_2$ 液使其稍微顯示鹼性。
	殘渣： $CaSiO_3$ ， CaC_2O_4 不溶性。	濾液： 黃色 $CaClO_4$
		沈澱： 白色 $-PO_4, -BO_3,$ $-C_4H_1O_6, -SO_3.$ 加 Br_2 水，如生白色沈澱，係 SO_3 之證。

【第二屬（硝酸銀屬）】取少量試料，以稀 HNO_3 使之成酸性，滴入 $AgNO_3$ 液。生澱，濾過。

沈澱：第二屬之銀鹽。 白色 Cl^-, CN^-, ClO^-, SCN^- 淡黃色 $Br^-, Fe(OH)_6^{2-}, I^-$ 橙黃色 $Fe(CN)_6^{3-}$ 黑色 $S^{2-}, S_2O_3^{2-}$ 加 NH_4OH ，如有殘渣，溫熱振盪	濾液：含有第一屬及第三屬。用玻棒取溶液一滴，垂落於白磁試色板上，於其中加 NH_4OH 一滴，注意其色！ 黃色 H_3AsO_3, H_3PO_4 等 褐色 H_3AsO_4 紅色 H_2CrO_4
---	--

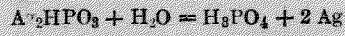
之濾過。

白色 H_2SO_3, H_3PO_3 等。

殘渣： Br^- , $Fe(CN)_6^{3-}$, $Fe(CN)_6^{4-}$, ClO^- , SON^- , 1-等銀 鹽以供確認試 驗。	濾液： Cl^- , CN^- 。 加稀 HNO_3 煮 沸之，則 CN 發 散。 殘渣： $AgCl$
---	---

註 (1) 不溶於強 NH_4OH 之有色鹵化銀為 $AgI, AgCl$ 係白色而易溶於 NH_4OH , $AgBr$ 稍難溶。

(2) 亞磷酸離子 HPO_3^- 係還元性，故白色沈澱之 Ag_3HPO_3 加熱，則析出黑色金屬 Ag 。



【第三屬 (可溶性酸根屬) 及有機酸】 參照預備試驗。

第八表

第一屬 (硫酸鹽屬) 之分離檢出, 分屬試藥 $BaCl_2$

【第一屬之分離】 由第七表之試驗，知有第一屬存在時，則另取試料溶液數 cc., 以水稀釋成 10 cc., 漸漸添加稀 HAc , 待石蕊試紙呈紅色，再多加 2 cc., 若生澱，濾過之。於此透明溶液中滴加 $BaCl_2$ 試藥，使生澱完成，(見沈澱即知存有硫酸鹽屬)，放置片刻，在澄液上再加 $CaCl_2$ 試藥數 cc., 如呈白濁色，證明有 F^- 或 $O_2O_4^{2-}$ 存在。

註 CaF_2 及 CaC_2O_4 各較 BaF_2 及 BaC_2O_4 難溶於水。

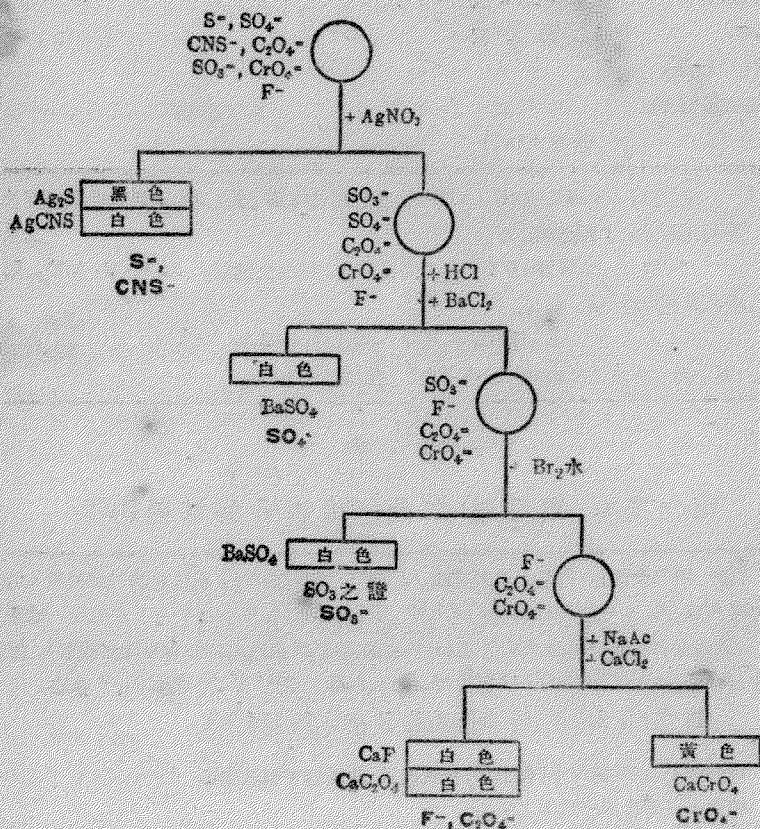
硫酸離子，亞硫酸離子，氟離子，草酸離子，鉻酸離子等之檢出
 硫離子及硫代氰酸離子之除去

(a) 硫化物

取試料之碳酸鹽溶液 2 cc., 以水稀釋成 5 cc., 加 $Pb(NO_3)_2$ 試藥數滴。如生

第八圖

第一屬(硫酸鹽類)之分離檢出



黑色沈澱，則證明 S^{2-} 之存在。

● 在第六表所述，試料經碳酸鈉之處理而後為中性溶液。（非必要時，即可將試料溶解於水製成試液）。

(b) 硫代氰酸鹽

再取少量之試液，以稀 HCl 使之成酸性，加 $FeCl_3$ 試藥，呈紅色，則為 SCN^- 存在之證，且此色遇 $HgCl_2$ 之添加，即消失。因此，已知有 S^{2-} ， SCN^- 存在時，應先除去之。為此，取所餘之試料溶液 5-10 cc，加 $AgNO_3$ 試藥直至生澱完結，振盪之，將沈澱物濾過。檢出濾液內殘留之 S^{2-} ， SCN^- 。其次，加稀 HCl 使濾液成酸性，若生澱，則濾過，將殘渣棄去，於濾液加 $BaCl_2$ 試藥數 cc，濾出沈澱物。

沈澱： $BaSO_4$
如係白色，即為
 SO_4^{2-} 存在之證。

濾液：含有 SO_3^{2-} ， CrO_4^{2-} ， F^- ， $C_2O_4^{2-}$ 等。加溴水至 Br_2 之臭氣發生，靜靜加熱，若有 SO_3^{2-} 存在，則氧化而成 SO_4^{2-} ，所以得 $BaSO_4$ 沈澱。

沈澱： $BaSO_4$
係 SO_3^{2-} 存在之證。

濾液：含有 F^- ， $C_2O_4^{2-}$ ， CrO_4^{2-} 等。加 NaAc 試藥數 cc，次加 $CaCl_2$ 試藥 5-10 cc，生有白色沈澱，即係 CaF_2 或 CaC_2O_4 。濾過，以水洗滌，棄去洗液，將沈澱物分成二份，作氟化物及草酸鹽之特性試驗。濾液（及沈澱）若呈黃色，則為 CrO_4^{2-} 存在之證。尚作其確認試驗。

第九表

第二屬（氯化物屬）之分離檢出，分屬試藥 $AgNO_3$

【氯化物之分離】由第七表之試驗，證實有第二屬員存在時，則取試料溶液 2-3 cc。用其容積 4-5 倍之水稀釋之，添加 $NaNO_3$ 液數滴而 ClO_3^- ， ClO^- 還元，次加稀 HNO_3 使石蕊試紙呈紅色，添加 $AgNO_3$ 試藥數滴，生澱，即證明 Cl^- ， Br^- ， I^- ， ON^- ， SCN^- ， $Fe(CN)_6^{3-}$ ， $Fe(CN)_6^{4-}$ 等存在。

【亞鐵氰離子，鐵氰離子，硫代氰酸離子之分離】再取少量之試液，加稀 HCl 使石蕊試紙呈紅色（如存有 ON^- ，應在通風室內舉行），次加 $FeCl_3$ 液數滴，生澱，則濾過之。

沈澱： $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ 普魯士藍	濾液：若顯紅色即為 $\text{Fe}(\text{ONS})_3$ 之證。但存有 CN^- 時因 FeCl_3 之過剩而呈褐色，此紅色即被掩覆。將 $\text{Fe}(\text{ONS})_3$ 盛入分液漏斗內，加鹽少量，極力振盪之，則運入醚層中。
---	--

醚層： $\text{Fe}(\text{ONS})_3$ 紅色	水溶液：於由漏斗分下之溶液，加 SnCl_2 試藥數滴，過剩之 FeCl_3 還元，生滕氏藍 $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{ON})_6]_2$ 。證明 $\text{Fe}(\text{ON})_6^{3-}$ 存在。
-------------------------------------	--

【亞鐵氰離子，鐵氰離子，硫代氰酸離子之除去】取試液約 10cc., CN^- , $\text{Fe}(\text{ON})_6^{3-}$, $\text{Fe}(\text{ON})_6^{4-}$ 與 Ag^+ 起作用，與銀之鹵化物生同樣之白色沈澱，故在舉行鹵素檢出以前，應將其除去。為此，將溶液以 HNO_3 成酸性後，煮沸，則 CN^- 分解，(或加 Ni , Co 之鹽類，則生澱)，鹵化物殘存於溶液中。次加 AgNO_3 液使生澱完結，則 $\text{Fe}(\text{ON})_6^{3-}$, $\text{Fe}(\text{ON})_6^{4-}$ 遇 Ag^+ 與鹵素一同生澱，將其盛入磁坩堝中，熱至暗赤色，即分解驅出。冷卻後，加鉍一片及稀 H_2SO_4 數滴，待反應終了，稀釋，濾過，棄去沈澱物 (Ag , Fe)，濾液保留。

【鹵素之生澱】將有害於鹵素檢出之離子全部除盡後，加 HNO_3 2-3cc. 及 AgNO_3 試藥，一面攪拌一面少少加入直至生澱完結為止 (用 AgNO_3 1-10 cc.)。白色係 AgCl , AgONS ; 黃色係 AgBr , AgI ; 黑色則因殘餘之 S^{2-} 而生成 Ag_2S 。若沈澱係黑色，加稀 HNO_3 2-3 cc. 煮沸之。 Ag_2S 分解，沈澱變為白色。

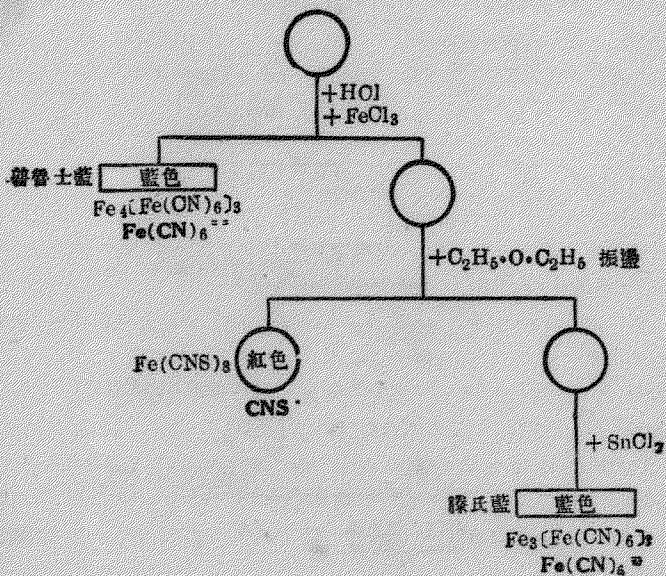
● 若尚有 S^{2-} 共存，(加 HNO_3 煮沸時雖分解) 則生黑色之沈澱以致鹵素鹽之識別極感困難，故 S^{2-} 應當充分除去之。為此，於溶液中加 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 試藥，少量添加，同時攪拌，待 S^{2-} 之沈澱完結為止，(切勿加之過量)，濾過，棄沈澱而蓄存濾液。次加醋酸使石蕊試紙呈紅色，又多加數滴。沈澱 (由 S_2O_3 分解而生之 S ，由矽酸所生之 H_2SiO_3 , $\text{Ni}(\text{CN})_3$, $\text{Ag}_2(\text{CN})_2$, Sn , Sb 之氫氧化物等，有此生澱即濾過之)，棄沈澱而蓄存濾液。若尚有 CN^- , $\text{Fe}(\text{ON})_6^{3-}$, $\text{Fe}(\text{ON})_6^{4-}$ 存在時，漸漸添加 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 液，同時攪拌，直至生澱完成，濾過，棄去沈澱物，由濾液檢出鹵素。

【過剩 AgNO_3 之除去】將沈澱物移置蒸發皿內，加 NH_4OH 數 cc., 次滴加 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 數滴，使 Ag_2S 之生澱完結，熱之， Ag_2S 凝集，濾過，棄之，貯留濾液。

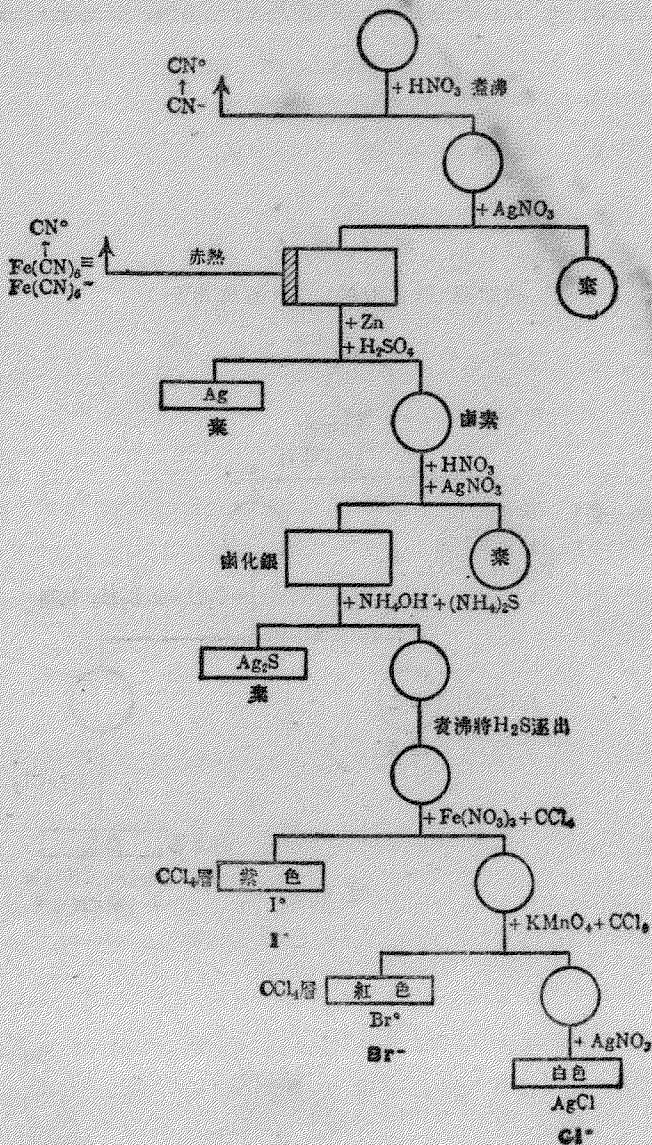
【鹵素之分離】濾液煮沸而 H_2S 驅散，如發濁，則濾過，加 HNO_3 數滴， $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 試藥 5-10 cc., 裝入於小的分液漏斗內，加 CCl_4 2-3 cc., 振盪之。 CCl_4 層顯紫色，為 I^- 存在之證。

第九圖 A.

驗二屬(氯化物屬)之分離檢出(一)



第九圖 B. 第二屬(氯化物屬)之分離檢出(二)



若 CNS^- 共存時，溶液呈紅色。有碘化物存在，則將 CCl_4 換取數次，而 I_2 充分除去，再將水溶液盛入杯內，煮沸，殘留之 I_2 完全逐出。

蒸發：紫色 I°
 CCl_4 層：紫色

溶液：含有 $\text{Fe}(\text{CNS})_3$, HBr , HCl 及
過剩之 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 。

冷卻後，加稀 HNO_3 2-3 cc., 再滴加 KMnO_4 試藥待溶液稍呈紫色為度。(2-3 滴以上之過剩亦應避免)，裝入分液漏斗，加 CCl_4 1-2 cc., 振盪之。 CCl_4 層呈黃色或橙色，即為 Br° 之證。換取 CCl_4 數次，將 Br_2 充分除去。

CCl_4 層：
黃色或橙色即
為 Br° 之證。

水溶液：含有 Cl^- , $\text{Fe}(\text{CNS})_3$ 等。若加 KMnO_4 煮沸，褪色，即表示尚有 Br^- 殘留。遇此情形時，加 KMnO_4 使其微呈紫色，將溶液煮沸，則 Br_2 完全逐盡。

蒸氣：
紅棕色 Br°

水溶液：含有 Cl^- 。冷卻，滴入 NaNO_2 試藥使 KMnO_4 之紫色消失，又將此時生成之褐色 MnO_2 加熱溶解。其次，加 AgNO_3 試藥，生有白色沈澱，即為 AgCl 之證。

【第三屬(硝酸鹽屬)之檢出】若試料溶液顯現紅色，則存有 MnO_4^- 。加 H_2O_2 即褪色。在湯鍋上蒸發乾涸，取殘渣少許，作 ClO_3^- 之檢出。

若有 ClO_3^- 存在，再取試液，為使 ClO_3^- 還元而添加 Na_2SO_3 試藥煮沸之，冷卻後，作 NO_3^- 之檢出。

其餘各按其特性試驗檢出之。

陰離子分析上之注意

【溶液之調製】必要時，常加 Na_2CO_3 共沸或共融。如此操作則起復分解而欲分析之酸根成為 Na 鹽(可溶於水)，金屬根成為碳酸鹽(不溶於水)。因此，共存之重金屬根成碳酸鹽而被分離。某種金屬有與酸根一同着色者，或在分析操作中產生有害之沈澱物。例如有 Hg_2^{++} ，

Ag⁺, Pb⁺⁺ 共存,則於酸根第一屬分析時,產生沈澱妨礙此分析;若有 Cu⁺⁺, Ni⁺⁺, Cr⁺⁺⁺, Co⁺⁺, Fe⁺⁺⁺ 共存,則使溶液着色而亦妨礙酸根分析。由 Na₂CO₃ 處理之複分解往往不能一定完結。例如鐵類之硫化物,用碳酸鹽處理,其複分解即不完結。故為格外注意,將舉行碳酸鈉熔融後之殘渣,需以 Zn 與 HCl 處理之,確定有無 H₂S 發生? PO₄⁼ 可由分析硫化鉍屬時所述之步驟檢出之,磷酸鹽僅稍由 Na₂CO₃ 作用。Ag 之鹵素鹽及 BaSO₄ 等雖亦與 Na₂CO₃ 液共沸,但僅稍起作用。然若與 Na₂CO₃ 在高温熔融則其複分解幾可完結。

一種元素有亦可為酸根亦可為金屬根者。例如 Cr(Cr⁺⁺⁺, CrO₄⁼), Al(Al⁺⁺⁺, AlO₂⁻), As(As⁺⁺⁺, AsO₄⁼, AsO₃⁼) Sn(Sn⁺⁺, SnO₂⁼) 等是也。但此等根無須再在酸根上重行試驗。

若與 Na₂CO₃ 一同煮沸,酸根之組成有起變化者。例如 ClO⁻ 與 Na₂CO₃ 共沸,則分解而可變成 ClO₃⁻ 及 Cl⁻。

若有還元劑共存,則 CrO₄⁼, Fe(CN)₆⁼, ClO₃⁻ 等各起化學反應而分解;反之,若有氧化劑共存,則 SO₃⁼, S₂O₃⁼, S⁼ 等亦起化學反應而分解。

【生澱】 在硫酸鹽屬之分析,除 BaCl₂ 試藥之外,並使用 CaCl₂ 試藥,欲作 F⁻ 及 C₂O₄ 之檢出,用 CaCl₂ 試藥所得成績較 BaCl₂ 試藥優良。參照卷末所揭之溶解度表,比較 BaF₂,

CaF_2 , BaC_2O_4 , CaC_2O_4 等之溶解度即明矣。即加 BaCl_2 而生澱完結後。若加 CaCl_2 呈白濁色,則為 F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 存在之證。

在氯化物屬之檢出,若得白色沈澱,則為 AgCl , $\text{Ag}_2(\text{CN})_2$, AgCNS , $\text{Ag}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 之證,淡黃色即 AgBr , 黃色即 AgI , 黑色則證明為 Ag_2S 。

此等化合物之溶解度,尚可參照卷末之溶解度表。

第四編 統系分析

(Systematic analysis)

第一章 溶液之調製

液體 (Liquid) 試料

所與之液體試料，酸性抑鹼性，可用石蕊試紙確定之。若係鹼性，取之少量，靜靜加熱，確證有否 NH_3 發生。其次，小心添加稀 HNO_3 中和之，而後使其成酸性。此時若有氣泡發生，則顯示有 CO_2 , H_2S , SO_2 , HCN 等存在。另以硬試管盛取溶液少許，蒸發乾涸，繼之灼熱，檢驗有機物。此時如殘渣發出類似糖焦之臭氣，即為有機物存在之證。若有有機物存在，則將溶液蒸發乾涸，按次節所述，用濃 H_2SO_4 及 HNO_3 處理，將有機物分解除去。

若不存有有機物，取溶液 10-20 cc., 加酸或氫氧化鉍中和之，次加濃 HCl 2 cc., 先按照陽離子分析表作金屬根之分析。

固體 (Solid) 試料

將已認定之所與固體物質，先以水或酸溶解之，按所得結果，調查此物質之離子特性。

實際上, Na, K, Li, NH_4 之鹽及硝酸鹽, 亞硝酸鹽, 氯酸鹽, 氯化物, 溴化物, 碘化物, 硫酸鹽, 醋酸鹽等多能溶解於水; 而銀, 鉛, 亞汞, 亞銅之鹼性硝酸鹽, 氯化物, 溴化物, 碘化物, 及鋇, 鈣, 鋇, 鉛, 亞汞之硫酸鹽, 及二三種之鹼性醋酸鹽皆呈不溶性; 除鹼鹽以外之碳酸鹽, 磷酸鹽, 硼酸鹽, 草酸鹽, 酒石酸鹽, 砷酸鹽, 亞砷酸鹽等亦多呈不溶性。天然產出之物質, 尚有二三種例外, 但一般皆為不溶性。故欲溶解礦物, 岩石等, 必需採用特別的操作。例如大理石, 白雲石, 毒重石等以 HCl 溶解之矽酸鹽用 HF 處理, Ba, Ca, Sr 之硫酸鹽應加 Na_2CO_3 粉末共融等等。

所與之物質既為固體時, 即應將其弄成粉末, 故用研鉢碎粉之; 如係合金, 則用鐵槌打成薄片, 或用錐子錐成屑末。

欲將其溶解, 使用蒸發皿或錐瓶 (250-350 cc.)。

第二章 固體試料之預備試驗

所與物質之成分，往往可由其固體之外形及顏色推知之。例如銅，鎳，鈷鹽，鉻酸鹽，高錳酸鹽，亞鐵鹽，鐵鹽等皆可根據其形狀色澤判定之。當認定無機物時，用吹管試驗，焰色試驗，硼砂球試驗，磷酸鈉熔融試驗，燃燒管試驗等頗為見效。又礦色之火氣試驗為系統分析上必須之操作。特於第六編附述之。但因時間之關係，主行溼式試驗，此等乾式試驗，不過可作為實驗上之補助操作。

1. 氨 (Ammonia) NH_3 之檢出

以試管盛取所與之物質少許，加濃 NaOH 液熱之。若有銨鹽存在，則發生 NH_3 之臭。

2. 揮發酸 (Volatile acids) 之檢出

盛少量之試料於試管中，使之成酸性。若有氣泡發生，則為 CO_2 , H_2S , SO_2 , HCN 等存在之證。此等確認試驗，參照酸根之特性反應舉行之。

3. 有機物 (Organic matter) 之檢出

取少量試料，盛入硬試管中強熱之，若伴生糖焦似的

臭味,而殘渣呈黑色則為有機物存在之證。然將 Cu, Ni, Co 等之鹽類強熱,亦同樣變成黑色氧化物故試料強熱而殘渣呈黑色,尚不足斷定其為有機物存在。

4. 磷酸離子之檢出

取試料溶液少許,以 HNO_3 使之成酸性,加鉬酸鉍試藥 10-15 cc., 如生黃色沈澱,則為磷酸鹽存在之證。

第三章 固體試料之溶解與分解

A. 非金屬 (Non-metallic) 試料

1. 【含存有機物者】 取碎粉之試料 2-3 cc., 盛入錐瓶中, 加濃 H_2SO_4 (d. 1.84) 10 cc., 靜靜加熱, 則起炭化。次加與殘渣等容積之濃 HNO_3 , 蒸發待 SO_3 之白煙發生 (在煙櫥內舉行), 若殘渣尚呈黑色, 則冷卻之, 再加 HNO_3 數 cc. 熱之。若溶液為淡黃色, 則蒸發至糊狀之殘渣, 將過剩之 H_2SO_4 逐出。冷卻後, 加稀 H_2SO_4 (1:1) 2 cc., 以水稀釋成 25-30 cc., 煮沸, 如有殘渣, 濾過之殘渣加 Na_2CO_3 粉末共融, (參照 2.(c)) 由濾液中按表舉行金屬根之檢出。

2. 【不存有機物者】 (a) 可溶於硝酸者——盛粉末試料 1-2 cc. 於錐瓶內, 約加水 25 cc. 煮沸之。若試料溶解, 則令其成酸性, 即按照陽離子分析表開始金屬根分析。若不能溶解於水或僅一部份溶解時, 添加濃 HNO_3 使石蕊試紙呈紅色, 尚加 5 cc. 之過剩。煮沸, 再蒸發至殘渣成糊狀, 而後加水數 cc. 溶解之, 若有殘渣即濾過之, 濾液供金屬根分析。

(b) 不溶於硝酸者——以 HNO_3 處理不溶之殘渣如次: 金屬之硫化物, 游離之硫, H_2SnO_2 , Sb_2O_5 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO_2 , PbO_2 , PbCrO_4 , BaCrO_4 , Cr_2O_3 , PbSO_4 , BaSO_4 , CaSO_4 , CaF_2 , SiO_2 及

矽酸鹽等。

加濃 HCl (d. 1.19) 5 cc., 蒸發至成糊狀為止, 再加 HCl 5 cc., 微微加熱, 次加水 5 cc. 左右煮沸濾過。

液, 供重金屬之分析。

註 第一次加 HCl, 因 HNO_3 之共存而成王水, 對於硫化物等呈氧化溶解作用; 第二次加 HCl, 對於 SiO_2 , Fe_2O_3 等呈還元作用。

(c) 殘渣不溶解於王水者——熔融法——將存有殘渣之濾紙自漏斗取出, 以白金絲捲摺之, 懸置鎳坩堝 (容積 25-30 cc.) 上, 燒着, 使灰落入坩堝中, 約加灰 2 倍之熔融劑 (無水 Na_2CO_3 及無水 K_2CO_3 等量混合), 直接用火焰強熱熔融之, 若有黑色粒子殘留, 則加 NaNO_3 粉末 0.2-0.3 cc., 再加熱 10-15 分鐘。冷卻後, 將坩堝連同熔融物一併投入盛有 50 cc. 水之玻璃杯中, 將熔融物分碎煮沸之。

冷卻之, 若生重金屬之碳酸鹽, 則濾過。濾液中即存有 SO_4 , PO_4 , F, SiO_2 , Cl, As, Sb, Sn, Al, Cr, Mn 等之 K 或 Na 鹽。按分析表作各根之檢出。

(d) 重金屬之碳酸鹽——將殘渣盛入玻璃杯中, 加水少許, 滴加稀 HNO_3 待石蕊試紙呈紅色, 而溶解之。凡重金屬根皆由此溶液中檢出。

註 (i) 若 (d) 生雲狀沈澱, 則為 SiO_2 存在之證, 為除去 SiO_2 起見, 將 (d) 蒸發乾涸, 加濃 HCl (d. 1.19) 2-3 cc. 再蒸發乾涸。以稀 HCl 溼潤之, 次加水 20-25 cc., 濾過。

(ii) 取 (c) 之濾液及 (d) 之溶液少許，以 HNO_3 使之成酸性，作金屬根之檢出。

B. 金屬試料

取已成錐屑或薄片之合金試料 0.5 g., 盛於蒸發皿中，約加稀 HNO_3 (1 : 1) 10 cc., 徐徐加熱溶解之。若生殘渣，則加濃 HCl 10 cc. 再熱之，蒸發至近乎乾涸。次加 HCl (d. 1.19) 2 cc. 及水 10 cc., 煮沸，濾過。殘渣為銀屬及 SiO_2 。濾液含有第二、三屬而幾不含第四、五屬。

註 鐵合金中如 FeW 齊， FeCr 齊， FeSi 齊等，須用特別處理法，以溶融法溶解之。

C. 陰離子分析試料之調製

1. 【鹽】 於錐瓶內盛粉末之試料 2-3 cc., 約加試料 2 倍之 Na_2CO_3 粉末，再以 20-30 cc. 水溶解之，煮沸 15-20 分鐘，冷卻後，加水數 cc., 濾過洗滌。殘渣，主含重金屬之碳酸鹽，濾液即為酸根之 Na 鹽。

註 硫化物在上述之處理並不溶解。例如黃鐵礦是也。故取最初之試料少許，加 Zn 粒約 0.2 g. 及少量之 HCl ，以有無 H_2S 之發生而檢出 S^{2-} 。碳酸亦應取最初之試料檢出之。

2. 【礦石】 碎粉礦石，混合 Na_2CO_3 共融分解之。此手續已於 A. 2. (c) 述及。由 Na_2CO_3 熔融物之侵出液檢出酸根。

第四章 陽離子分析總括

1. 第一屬(銀屬,氯化氫屬)

濾出不溶於稀 HCl 之殘渣,按照第一表銀屬分析法舉行銀,亞汞及鉛 (AgCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2) 之檢出。

2. 第二屬(硫化氫屬)

將已分出銀屬之濾液稀釋至 100 cc. 左右,使其成 0.3 N. HCl 酸性,以 H_2S 飽和之。此時如將溶液加熱,則 As 生澱較爲迅速。飽和 H_2S 之後,如硫化氫屬分析所述稀釋之,再通 H_2S , 使 As 以外之第二屬員完全生澱。將沈澱物濾過,按照第二表硫化氫屬分析法先用黃色硫化鉍處理之,銅類與錫類分離。再於已分出第二屬員之濾液中通入 H_2S , 檢定第二屬員之生澱是否完結,而後此濾液可供次屬員之分析。此時若有沈澱產生,則濾過而加併於已得之沈澱中。

五價之 As 生澱極慢,常殘留之濾液中,須注意!

3. 第三屬(硫化鉍屬)

將已分出 H_2S 屬之濾液煮沸,驅逐 H_2S 。此時若得沈澱,則濾過棄之,於透明濾液中加 NH_4OH 使石蕊試紙呈藍色爲止,細細觀察此時所生之沈澱,即能預知鐵,鋁,鉻等之

存在。其次，通以 H_2S [或加 $(NH_4)_2S$]，將所得沈澱物(第三屬員)濾過，其濾液供第四屬之分析。按照第三表硫化銨分析法，將沈澱物先以 $NaOH$, Na_2O_2 處理之，舉行鐵類與鋁類之分離。當行鐵類之分析，如有磷酸鹽共存則於溶液加 NH_4OH 使其成鹼性時，第四屬員及 Mg 形成磷酸鹽而與鐵類一同生澱，故應添加鐵鹽除去 PO_4^{3-} 。因此，於添加鐵鹽之前，必須舉行鐵離子之檢出。

4. 第四屬(碳酸銨屬)

將已分出硫化銨屬之濾液盛入蒸發皿中，加熱濃縮之。容積約成 15-25 cc. 時，往往因游離之 S 及第二第三屬之硫化物之殘遺，以致溶液呈混濁狀。又有因 SO_4^{2-} 之多少生成而得 $BaSO_4$ 沈澱者。

將此濃縮液濾過，濾液如呈透明，則加氨水使石蕊試紙呈藍色，其次漸漸少量添加 $(NH_4)_2CO_3$ 試藥，待生澱完結為止。放置片刻，再於上層澄液加 $(NH_4)_2CO_3$ 試藥數滴，確定其生澱之完結。而後靜靜加熱使沈澱凝集，濾過。按照第四表碳酸銨屬分析法，此沈澱物可供鹼土類金屬之分析，濾液可供第五屬員之分析。

5. 第五屬(可溶性鹽屬)

Mg , Na , K , 依照第五表可溶性鹽屬分析法可由此濾

液中檢出之。

先將 Mg 形成氫氧化物提出然後將濾液蒸發乾涸，復強熱蒸發皿底呈暗赤色，使 NH_4 鹽完全分解逐出，冷卻後，以水溶解殘渣，舉行 Na 及 K 之檢出。據焰色試驗，雖可檢驗 K 之存在，但若有 Na 微量夾雜時，因焰呈輝黃色，易將 K 之紫色錯視。故此黃色必須用藍色鈷玻片遮斷之。

就最初試料，可行焰色試驗。如使用分光器，則鉍，鈾，鈣，鈉等亦易檢出。

分屬概觀表

加 HCl 於含有金屬元素之溶液中，濾過之。

沈澱： 第一屬 (銀屬)	濾液：第二，三，四，五屬 成 0.3N HCl 酸性，以 H_2S 飽和之。			
	沈澱： 第二屬 (銅類，錫類)	濾液：第三，四，五屬 加 NH_4OH ，添加 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 或 H_2S 。		
		沈澱： 第三屬 (鐵類，鋁類)	濾液：第四，五屬 添加 NH_4OH 及 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。	
			沈澱： 第四屬 (鹼土類金屬)	濾液： 第五屬 (鹼金屬等)

將各沈澱物按照各種分析法而定性之。

第五章 陰離子分析總括

互相障害

次氯酸離子與 Na_2CO_3 一同煮沸, 形成酸性, 則分解為氯離子及氯酸離子。若有還元劑如亞砷酸鹽, 硫化物, 亞硫酸鹽, 亞錫鹽, 亞鐵鹽等共存, 則赤色鹽被還元而為黃血鹽, 高錳酸鹽為 MnO_2 , 鉻酸鹽 Cr^{VI} 為鉻鹽 Cr^{III} , 氯酸鹽為氯化物。酸性溶液中若有次氯酸鹽, 高錳酸鹽, 鉻酸鹽, 赤血鹽等存在時, 則硫化物, 亞硫酸鹽, 亞硝酸鹽, 碘化物等皆被氧化而不能存在。由此事實, 每當調製試料或分析試料時, 此點極應注意。

由 CO_2 , H_2S 檢出 CO_3^{2-} , S^{2-}

取最初試料少許, 當行預備試驗時, 加酸如見氣泡 (CO_2 , H_2S) 發生, 則如圖 6 之裝置, 於小蒸餾瓶內裝入粉末試料 1 cc. 左右, 錐瓶內盛有 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 由帶有活塞之漏斗內放注稀 HCl , 將蒸餾瓶靜靜加熱, 所生之氣體即通入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 液中若生白色沈澱則為 CO_2 之證。

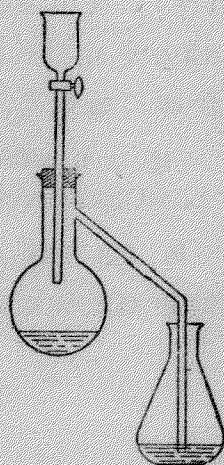


圖 6.

發生 H_2S 氣體時，用 PbAc_2 溶液代換 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 液，即生黑色沈澱。

試料調製終了，按以下舉行酸根分析。

1. 【第一屬(硫酸鹽屬)之檢出】 以 Na_2CO_3 處理已將重金屬分出之試料溶液，取得 2-5 cc.，用水沖稀加醋酸使石蕊試紙呈紅色爲止，再多添數滴，而後靜靜加熱，驅盡 CO_2 。若生沈澱，濾過於濾液加 BaCl_2 試藥，次加 CaCl_2 試藥。如得白色沈澱，按照第六表硫酸鹽屬分析法舉行第一屬員之檢出。

2. 【第二屬(氯化物屬)之檢出】 取 Na_2CO_3 處理後之試料溶液 2-5 cc.，約其容積三倍之水稀釋之，加稀 HCl (1:1) 使其呈酸性，再加過剩少許。將揮發性酸 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 等煮沸驅逐，冷卻後，加 AgNO_3 試藥，如得沈澱，濾過，以作第二屬員之分析。

註 AgCl 、 AgSCN 、 $\text{Ag}_2(\text{ON})_2$ 、 $\text{Ag}_4\text{Fe}(\text{ON})_6$ 皆爲白色， $\text{Ag}_3\text{Fe}(\text{ON})_6$ 係橙色， AgI 係黃色， AgBr 係淡黃色。

3. 【第三屬(可溶性酸屬)之檢出】 每取試料少許，以供各根之特性試驗。

第六章 陰離子分析概要

酸根分析，雖不如金屬根分析之有滿足的系統的分析法，但有與某種金屬根生成共同之沈澱者，有呈氧化作用者，有呈還元作用者，亦可由此分成三屬。

1. 氧化性陰離子 (Oxidizing acid) 之檢出

取 Na_2CO_3 處理後之試料溶液 2 cc., 加 MnCl_2 飽和溶液少許，再漸漸少量添加濃 HCl 使其呈酸性為止。若生黑褐色或黑色之沈澱，則證明高錳酸鹽，鉻酸鹽，赤血鹽，氯酸鹽，硝酸鹽，亞硝酸鹽及次氯酸鹽等之存在。若溶液不呈黑色，即無此等酸根存在。

註 若硫化物，亞硫酸鹽等存在於鹼性溶液中，使其成為酸性，因此時共存之氧化性鹽皆被還元，故雖加 MnCl_2 而溶液不呈黑色。

2. 還元性陰離子 (Reducing acid) 之檢出

於水 5 cc., 稀 HCl (1 : 1) 2 cc., $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 試藥 4-5 滴及 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 試藥 4-5 滴之混合液中，約加 Na_2CO_3 處理後之酸根試料溶液 2 cc.，若溶液不呈酸性，則加稀 HCl 使之為酸性，放置片刻，若生藍色沈澱或溶液呈綠藍色，即證明碘化物，硫化物，亞硫酸鹽，亞硝酸鹽，黃血鹽等之存在。否則，即不存在。

3. 由混合物中檢出 SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SO_3^{2-} , F^-

若在預備試驗時已知氯化鋇屬之存在，則此屬員之檢出如次：先取 Na_2CO_3 處理後之酸根試料溶液數 cc，少少添加 HCl 使石蕊試紙呈紅色，如有沈澱發生，濾棄之，於濾液中加 BaCl_2 溶液 5 cc，若得白色沈澱，即為 BaSO_4 ，證明 SO_4^{2-} 存在（棄之）。於濾液加 Br_2 水使 Br_2 飽和為止，靜靜加熱，若生白色沈澱，即為 BaSO_4 ，證明 SO_3^{2-} 存在（棄之）。次硫酸亦於此處生澱。於濾液加 NaAc 試藥數 cc，次加 CaCl_2 液數 cc，放置數分鐘，若生白色沈澱，即為 CaF_2 , CaC_2O_4 ，若生黃色沈澱則為 CaCrO_4 。棄去濾液，將白色沈澱分成二份，以供各種特性試驗，先行 F^- 之檢出；次將其餘一份以溫 HNO_3 溶解之，加 KMnO_4 試藥，將發生之氣體通入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 液中，如成白濁狀，即為 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 存在之證。

4. 由混合物中檢出 CNS^- , Cl^- , Br^- , I^-

行預備試驗時，如已知硝酸銀屬存在，則取 Na_2CO_3 處理後之酸根試料溶液 2-5 cc，用 HNO_3 調成酸性，加 AgNO_3 ，將所得沈澱物濾出，以過剩之 NH_4OH 處理之，其次，滴加 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 試藥使 Ag_2S 完全沈澱，加熱，使 Ag_2S 沈降，再少加過剩之 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，濾棄 Ag_2S ，煮沸濾液，驅盡 NH_3 。

(a) $[\text{I}^-$, CNS^- 之檢出與 I^- 之除去] 將濾液盛入分

液漏斗內，加5-10 cc. 之 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液，以 HNO_3 使之成酸性，次加 CCl_4 ，善為振盪，如 CCl_4 層呈紫色，即為 I^- 存在之證。既有 I^- 存在，則換取 CCl_4 數次，將碘除去。若水溶液層呈紅色，即為 SCN^- 存在之證。將水溶液盛置玻杯中，為充分驅逐遺留之 I^- 起見，煮沸之。冷卻後，復盛入分液漏斗內。

(b) 【 Br^- 之檢出與 Br^- 之除去】 於其中加稀 HNO_3 2-3 cc. 及 KMnO_4 數滴，溶液則呈紫色，再加 CCl_4 2 cc. 振盪之，若 CCl_4 變成黃色或橙色，即為 Br^- 存在之證。次將 CCl_4 換取數次，除去 Br_2 ，再煮沸除去殘留之 Br_2 。此時若溶液之淡紅色消失，則為使殘留之 Br^- 完全氧化起見，滴加 KMnO_4 溶液待溶液呈淡紅色為止，再煮沸之。溶液供 Cl^- 之檢出。

(c) 【 Cl^- 之檢出】 使 KMnO_4 之淡紅色消失，加 NaNO_2 至 MnO_2 溶解，次加 AgNO_3 試藥，若生白色沈澱，即證明有 Cl^- 存在。

5. 由混合物中檢出 NO_3^- , NO_2^-

當行預備試驗時，若知氧化性離子存在，則採用 FeSO_4 及濃 H_2SO_4 之褐色輪試驗檢出 NO_3^- ，並加稀酸使發 N_2O_3 而檢出 NO_2^- 。

6. BO_3^{3-} 之檢出

添加酒精及濃 H_2SO_4 ，加熱使之發火，藉綠色焰之生

成而檢出之。

7. $\text{AsO}_4^{=}$, $\text{AsO}_3^{=}$ 之檢出

成強 NH_4OH 性溶液,再加苦土混液,若生白色沈澱之 $\text{MgNH}_4\text{As}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 則為 $\text{AsO}_4^{=}$ 存在之證;而於弱 HCl 性溶液,通入 H_2S ,若得黃色沈澱之 As_2S_3 ,則為 $\text{AsO}_3^{=}$ 存在之證。

8. $\text{CO}_3^{=}$, $\text{S}^{=}$ 之檢出

將加稀酸所發生之氣體導入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, 或 PbAc_2 之溶液中,即見黑白分曉。

陰離子分析概觀表

酸 根	檢 出 試 藥	結 果
$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$	濃 H_2SO_4	醋臭
$\text{AsO}_4^{=}$	(a) $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$ (b) 苦土混液	生黃色沈澱 生白色粒狀結晶
$\text{AsO}_3^{=}$	(c) 與 Na_2CO_3 在木炭上共融 還元 (a) 苦土混液 (b) $\text{H}_2\text{S} + \text{HCl}$	葫臭,神鏡 無反應 生黃色沈澱
Br^-	濃 H_2SO_4	發生紅棕色之 Br_2 蒸氣
$\text{BO}_3^{=}$	濃 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	生綠色火焰
$\text{CO}_3^{=}$	稀酸	發生 CO_2 通入石灰水中呈混濁
ClO_3^-	(a) 濃 H_2SO_4	爆發 (發生 $\text{Cl} + \text{ClO}_2$)

	(b) 強熱	發生 O_2
Cl^-	$AgNO_3 + HNO_3$	白色沈澱, 易溶於 NH_4OH
$CrO_4^{=}$	(a) 濃 H_2SO_4	發生 O_2 , 溶液由黃色 \rightarrow 綠色
	(b) HCl	由 HCl 發生 Cl_2
	(c) 酒精 + $NaOH$	還元而生澱 $Cr(OH)_3$
CN^-	濃 H_2SO_4	HCN (劇毒) 巴且香臭
$Fe(CN)_6^{=}$	$FeSO_4 + HCl$	生 Turnbull's blue 沈澱
$Fe(CN)_6^{==}$	$FeCl_3 + HCl$	生 Prussian blue 沈澱
F^-	濃 H_2SO_4	發生 HF , 侵蝕玻璃
ClO^-	稀酸	發生 Cl_2 , 黃綠色氣體
I^-	(a) 濃 H_2SO_4	發生 I_2 之紫色蒸氣
	(b) 氫水 + CS_2	CS_2 呈紫色
NO_3^-	$FeSO_4 +$ 濃 H_2SO_4	生褐色輪
NO_2^-	(a) 稀酸	發生 N_2O_3 褐色氣體
	(b) $KI + CS_2$	由 KI 中 I_2 游離, CS_2 紫色
$C_2O_4^{=}$	濃 H_2SO_4	發生 $CO + CO_2$
MnO_4^-	還元劑	褪色
$PO_4^{=}$	$HNO_3 + (NH_4)_2MoO_4, 40^\circ C.$	生黃色沈澱
$SiO_3^{=}$	(a) 與 $NaCO_3$ 共融 + HCl	生澱 SiO_2
	(b) HF	發生 SiF_4 氣體
$SO_4^{=}$	$BaCl_2 + HCl$	白色沈澱 $BaSO_4$
S^-	稀酸	H_2S 氣體通於 $PbAc_2$ 液, 生黑澱
SO_3	稀酸	發生 SO_2 氣體
SCN^-	$FeCl_3$	呈紅色

$S_2O_3^{2-}$	稀酸	SO_2 氣體 + 游離 S
$C_4H_4O_6^{2-}$	灼熱	炭化, 精焦臭
有機酸	強熱	一般炭化

第五編 試藥及試液之調製

第一章 試藥之調製

1. 酸及鹼之溶液

	比重	濃度 %	濃度 規定度	水對於酸 1 容積之容積
無機酸				
鹽酸, 濃 HCl	1.20	38.00	12 N	0
鹽酸, 稀 HCl	1.09	19.00	6 N	1
硝酸, 濃 HNO ₃	1.42	70.00	16 N	0
硝酸, 稀 HNO ₃	1.15	24.00	6 N	2
硫酸, 濃 H ₂ SO ₄	1.84	95.00	36 N	0
硫酸, 稀 H ₂ SO ₄	1.11	16.00	6 N	5
亞硫酸, 將 SO ₂ 飽和於水	.....	.....	3 N	0
有機酸				
醋酸, 冰醋酸 HAc	1.058	99.00	17 N	0
醋酸, 稀醋酸 HAc	1.04	33.00	6 N	2
酒石酸, 150 g / l H ₂ Ta	.....	.....	2 N	0
鹼				
氨水				
氨水, 濃 NH ₄ OH	0.90	28.33 NH ₃	15 N	0
氨水, 稀 NH ₄ OH	0.97	7.05 NH ₃	4 N	(1 : 3)

氫氧化鉀, KOH				
281 g/l			4 N	0
氫氧化鈉, NaOH				0
178 g/l			4 N	0

g/l 即一升水中所溶解試藥之克數。

2. 鹽之溶液

鹽	g/l	規定度
醋酸銨 $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^*$	308	4 N
碳酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3^*$	305	6 N
	加 NH_4OH 40 CC.	
氯化銨 NH_4Cl	160	3 N
鉬酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4^*$	98	N
草酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	飽和	N
硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132	2 N
硫化銨 $(\text{NH}_4)_2\text{S}^*$	.....	4 N
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_x^*$	.....	.....
酒石酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	
氯化鋇 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	122	N
氫氧化鋇 $\text{Ba}(\text{OH})_2$	飽和	1/3 N
氯化鈣 CaCl_2	76	N
氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$	飽和	1/22 N
硫酸鈣 CaSO_4	飽和	1/33 N

硝酸鈷	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	62.3	1/2 N
三氯化鐵	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	91.0	N
	加 HCl 5 cc,		
硝酸鐵	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$	135	
硫酸亞鐵	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}^*$	139	
	H_2SO_4 20 cc.		
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 50 g.		
硝酸鉛	$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	186	N
	加 HAc 使之成酸性		
苦土混液*	.....		N
二氯化汞	HgCl_2	飽和	1/2 N
硝酸鎳	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	(參看試液)	
氫氯鉑酸	H_2PtCl_6	10.66	1/10 N Pt
溴化鉀	KBr	59.6	1/2 N
鉻酸鉀	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	29.2	3 N
氰化鉀	KCN	65.2	N
重鉻酸鉀	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	73.8	N
鐵氰酸鉀	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	11.0	1/10 N
亞鐵氰酸鉀	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	10.6	1/10 N
碘化鉀	KI	83.1	1/2 N
亞硝酸鉀	KNO_2	飽和	24 N
高錳酸鉀	KMnO_4	32.0	N
硫酸鉀	K_2SO_4	174.0	N

硫代氰酸鉀	KONS	100.0	N
硝酸銀	AgNO ₃	42.5	1/4 N
硫酸銀	Ag ₂ SO ₄	飽和	1/25 N
醋酸钠	NaC ₂ H ₃ O ₂ ·3H ₂ O	410.0	4 N
碳酸鈉	NaCO ₃	160.0	
氯化鈉	NaCl	29.3	1/2 N
鈷亞硝酸鈉	Co(NO ₂) ₃ ·NaNO ₂*	.....
亞硝酸鈉	NaNO ₂	200.0	
磷酸氫二鈉	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	119.0	N
硫酸鈉	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	160.0	
亞硫酸鈉	Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	125.0	
二氯化錫	SnCl ₂*	.....
硫酸鋅	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	140.0	

* 參照特殊試藥調製。

3. 其他溶液

戊醇	C ₅ H ₁₁ OH		
溴水	Br ₂	飽和	
氯水	Cl ₂	飽和	
二硫化碳	CS ₂	.....
四氯化碳	CCl ₄	.....
乙醇	C ₂ H ₅ OH	.....
藍鹼	2(C ₃ H ₅ ON)	.....

過氧化氫	H_2O_2	3%
甲 醇	CH_3OH	.....

4. 固體試藥

名 稱	符 號	名 稱	符 號
鋁箔或鋁粉	Al	碳酸鉀	K_2CO_3
硝酸銨	NH_4NO_3	氯化鉀	KCl
亞硫酸銨	$(NH_4)_2SO_3 \cdot H_2O$	氯酸鉀	$KClO_3$
銻粉	Sb	氰化鉀	KCN
氫氧化鋇	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	二氧化矽	SiO_2
二氧化鉍(或鉍酸鈉)	BiO_2	硝酸銀	$AgNO_3$
硼砂	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	小天地鹽	$NaNH_4HPO_4 \cdot 4H_2O$
碳酸鈣	$CaCO_3$	碳酸鈉	Na_2CO_3
銅片	Cu	氫氧化鈉	NaOH
石棉		硝酸鈉	$NaNO_3$
硫酸亞鐵	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	過氧化鈉	Na_2O_2
毛玻璃		亞硫酸鈉	$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$
鐵屑, 鐵粉, 鐵釘	Fe	酒石酸	$H_2C_4H_4O_6$
醋酸鉛	$Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$	錫箔, 錫粒	Sn
二氧化鉛	PbO_2	薑黃粉末	
草酸	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	鋅粒	Zn

5. 特殊試藥

名稱	調製方法
醋酸鉍	取醋酸 10) cc., 以 NH_4OH (約 96 cc.) 中和之。
碳酸鉍	溶 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 250 g. 於 NH_4OH (0.90) 80 cc. 與水 500 cc. 之混和液中, 再用水稀釋成一升。
鉬酸鉍	取 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 98 g. 溶於 4 N, NH_4OH 125 cc. + 水 100 cc. 混液中, 再加 NH_4NO_3 250 g. 溶解之, 以水稀成 1 l.
硫化鉍	通 H_2S 於濃 NH_4OH 200 cc. 中, 使之飽和, 然後再加濃 NH_4OH 200 cc., 以水配成一升。
黃色硫化鉍 (多硫化鉍)	加 S 15 g. 於 200 cc. 之濃 NH_4OH 中, 通 H_2S 飽和之, 再加濃 NH_4OH 200 cc., 密封, 擱置 2 日, 以水稀成 1 l.
試鉍劑	$\text{H}_3\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_3$ 之 0.5% 水溶液。
溴水	溶 50 g. 之 KBr 於 500 cc. 水中, 加 Br_2 15 cc., 振盪之。
氯水	水中通 Cl_2 氣體飽和之, 畜存於黑色瓶內。
清淨混液	將 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 粉末溶於 200 cc. 溫水中, 冷卻後, 漸漸添加濃 H_2SO_4 於其中, 同時攪拌之。
二甲(烷)二乙醛脲	溶解 $(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{N}_2\text{O}_2\text{H}_2$ 10 g. 於 1000 cc. 之 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (95%) 中。
硫酸亞鐵	於水 500 cc., H_2SO_4 20 cc. 及 $(\text{NH}_4)_2\text{O}_4$ 50 g. 之溶液中加入 139 g. 之 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 完全溶解後, 以水稀成 1 l., 再投入鐵釘數枚, 以防氧化。
過氧化氫水	3% 水溶液。

藍錠溶液	溶 1 g. 之 $2(C_9H_5ON)$ 於發煙硫酸 5 g. 中, 放置數日, 加水 20 cc.
硝酸鈹鎂	將 130 g. 之 $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, 240 g. 之 NH_4NO_3 溶解於水, 加濃 NH_4OH 17 cc., 再以水配成 1000 cc.
氯化錳	飽和溶液。
苦土混液	將 $MgSO_4$ 50 g., NH_4Cl 75 g. 分別各溶於水後, 混合之, 再加濃 NH_4OH 300 cc., 以水配成 1 l.
涅塞爾試藥 (Nessler's reagent)	以水 50 cc. 溶解 KI 20 g., 加入 HgI 32 g., 稀釋成 200 cc., 於其中添加 260 cc. 水中溶有 KOH 134 g. 之鹼液。
酚酞硫酸	取石碳酸 24 g., 溶於濃 H_2SO_4 150 cc. 中, 次加水 15 cc., 保存於黑色瓶內。
錫酸鉀	將 H_2SiO_4 20 g. 投入 1000 cc. 水中, 煮沸之, 待其幾乎全溶, 冷卻後加 5N, KOH 50 cc., 約放置 10 小時, 濾過。
鈷硝酸鈉 (六亞硝基鈷化三鈉)	將 $NaNO_2$ 200 g. 溶解於 400 cc. 水中, 加稀醋酸 (1:1) 150 cc., 次加 $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 26 g., 放置數小時, 濾過, 加水配成一研。若放置久長, 則起分解。
二氯化錫	溶解 $SnCl_2$ 225 g. 於 NH_4Cl 500 cc. 中, 以水配成 1 l., 投入錫粒數塊。
澱粉糊	混和三氯甲烷 $CHCl_3$ 數滴, 則糊可保存久長。
薑黃溶液	$C_2H_5OH(95\%)$ 之 0.5% 溶液。
錫酸鈉溶液	取二氯化錫液 2 cc., 滴加 NaOH 液至溶液呈透明爲止。

第二章 試液之調製

1. 陽離子試液

成 分	分 子 式	g/l
銀 Ag ⁺	AgNO ₃	16.0
亞汞 Hg ₂ ⁺⁺	H ₂ (NO ₃) ₂ •2H ₂ O	14.0 ^a
汞 Hg ⁺⁺	HgCl ₂	13.5
鉛 Pb ⁺⁺	Pb(NO ₃) ₂	16.0
鉍 Bi ⁺⁺⁺	Ni(NO ₃) ₃ •5H ₂ O	23.0 ^b
銅 Cu ⁺⁺	Cu(NO ₃) ₂ •3H ₂ O	38.0
鎘 Cd ⁺⁺	Cd(NO ₃) ₂ •4H ₂ O	27.5
亞砷 As ⁺⁺⁺	As ₂ O ₃	13.0 ^c
砷 As ⁺⁺⁺⁺	As ₂ O ₅	15.0
亞銻 Sb ⁺⁺⁺	SbCl ₃	19.0 ^d
銻 Sb ⁺⁺⁺⁺	SbCl ₅	24.7
亞錫 Sn ⁺⁺	SnCl ₂ •2H ₂ O	19.0 ^c
錫 Sn ⁺⁺⁺⁺	SnCl ₄ •3H ₂ O	27.0 ^f
亞鐵 Fe ⁺	FeCl ₂	23.0 ^e
鐵 Fe ⁺⁺	Fe(NO ₃) ₃ •9H ₂ O	71.5
錳 Mn ⁺	Mn(NO ₃) ₂ •6H ₂ O	53.0
鈷 Co ⁺⁺	Co(NO ₃) ₂ •6H ₂ O	50.0
鎳 Ni ⁺⁺	Ni(NO ₃) ₂ •6H ₂ O	50.0

鋁	Al ⁺⁺⁺	Al(NO ₃) ₃ ·9 H ₂ O	140.0
鉻	Cr ⁺⁺⁺	Cr(NO ₃) ₃	46.0
鋅	Zn ⁺⁺	Zn(NO ₃) ₂	29.0
鋇	Ba ⁺⁺	BaCl ₂ ·2 H ₂ O	18.0
鈣	Ca ⁺⁺	Ca(NO ₃) ₂ ·4 H ₂ O	59.0
銣	Sr ⁺⁺	Sr(NO ₃) ₂	24.0
鎂	Mg ⁺⁺	Mg(NO ₃) ₂ ·6 H ₂ O	106.0
鉀	K ⁺	KNO ₃	26.0
鈉	Na ⁺	NaNO ₃	37.0

- 註 a 溶解於 0.5 N, HNO₃.
 b. 溶解於 2 N, HNO₃.
 c. 以 13 N, HCl 50-60 c. 抽出, 加水配成 1 l.
 d. 溶解於 8 N, HCl, 以 2 N, HCl 配成 1 l.
 e. 溶解於 0.5 N, HCl, 投入無銹發光之鐵釘。
 f. 溶解於 5 N, HCl.

2. 陰離子試液

成 分	分 子 式	g l	
碳酸鹽	CO ₃ ⁼	Na ₂ CO ₃ ·10 H ₂ O	47.7
硫酸鹽	SO ₄ ⁼	Na ₂ SO ₄ ·10 H ₂ O	34.0
鉻酸鹽	CrO ₄ ⁼	K ₂ CrO ₄	17.0
磷酸鹽	PO ₄ ⁼	Na ₂ HPO ₄ ·12 H ₂ O	38.0
氟化物	F ⁻	KF	30.5
亞硫酸鹽	SO ₃ ⁼	Na ₂ SO ₃ ·7 H ₂ O	31.5

硼酸鹽	EO_3^-	$\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	9.0
草酸鹽	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	21.0
酒石酸鹽	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$	$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	11.5
氯化物	Cl^-	NaCl	16.5
溴化物	Br^-	KBr	15.0
碘化物	I^-	KI	13.0
硫化物	S^{2-}	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	7.0
黃血鹽	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	21.0
赤血鹽	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	15.5
硫代氰酸鹽	SCN^-	KSCN	1.0
氰化物	CN^-	NaCN	19.0
硝酸鹽	NO_3^-	NaNO_3	14.0
亞硝酸鹽	NO_2^-	NaNO_2	15.0
醋酸鹽	$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	22.4
氯酸鹽	ClO_3^-	NaClO_3	13.0
高錳酸鹽	MnO_4^-	KMnO_4	13.0

註 貯藏溶液

As_2O_3 , As_2O_5 , HgNO_3 , Na_2S , KClO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, Na_2HPO_4 之溶液, 取上表 5 倍之鹽溶解之, 應用時按 1:4 之比例稀釋之 (例如將 200 cc. 配成 1000 cc.); 其他之鹽, 取上表所載 10 倍之鹽溶解之, 應用時按 1:9 之比例稀釋之 (例如將 100 cc. 配成 1000 cc.)。

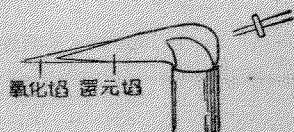
第六編 附錄

第一章 固體試料之乾式試驗

I. 木炭上的吹管試驗

將試料置於木炭之上,用吹管以還元焰熱之。作此試驗,須先在木炭上掘圓形之空,於其中裝入少量試料,然後做成30度左右之角對向吹管,以內焰直接熱之。

圖 7.

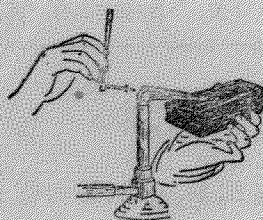


還元焰之吹成方式



氧化焰之吹成方式

圖 8.



吹管試驗模樣

試 驗 結 果

所 含 成 分

熔融而沾染於木炭者.....

鹼, K, Na 等

在木炭上停生鹼性殘渣者.....

Ca, Sr, Ba, Mg

以 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 液一滴濕潤殘渣，	
用氧化焰熱之，若呈藍色者·····	Al, Si
若呈綠色者·····	Zn, Sb, Sn
若呈紅色者·····	Ba
若呈淡紅色，薔薇色者·····	Mn
使木炭圓空崩潰者·····	硝酸鹽，氯酸鹽
在焰之附近生白色鑲衣者·····	Sb
生白色鑲衣且發蒜臭者·····	As
生暗紅色鑲衣者·····	Ag
生紅——橙色鑲衣者·····	Gd
檸檬黃色(熱時)，淡黃色(冷時)·····	Pb
黃 橙 色(熱時)，淡黃色(冷時)·····	Bi
黃 色(熱時)，白 色(冷時)·····	Zn, Sn (Sn 不揮發性)

II. 吹管試驗 A (在木炭上將試料與 Na_2CO_3 共熔)

取試料少許，混和等量之 Na_2CO_3 ，以還元焰熔融之。

試 驗 結 果	所 含 成 分
生金屬粒，不伴鑲衣。	
黃色粒·····	Au
紅色粒·····	Cu
白色粒，柔·····	Ag
生金屬粒，伴有鑲衣。	

白色粒, 柔.....	Pb, Sn, Pb 成 PtO_2 而揮發。
白色粒, 脆.....	Bi, Sb (鑲衣黃色)
在氧化焰, 黃色.....	Cr
綠色.....	Mn
以水溼潤之, 置於銀貨上以還元焰加熱, 若生褐色或黑色斑點者	硫黃化合物
成暗灰色之磁性粉末, 置於濾紙上滴加 HCl 及 HNO_3 溼潤之, 再在焰上靜靜乾燥。若初成淡紅色漸次變為藍色者.....	Co
若初呈綠色而變黃者.....	Ni
在最初所生之斑點上加 $K_4Fe(CN)_6$, 若呈藍色者...	Fe

吹管試驗 B

以硝酸鈷溶液溼潤試料, 灼熱之。

殘渣或鑲衣之色	所含成分
棟瓦赤色.....	B ₂ O ₃
淡紅色.....	M ₂ O
灰色.....	SiO_2, CaO
黃綠色.....	ZnO
暗泥色.....	Sb_2O_3

藍綠色.....	SnO
藍色.....	Al ₂ O ₃ , SiO ₂

III. 焰色試驗 (Flame reaction)

以純濃 HCl 浸潤白金絲，蘸取粉末試料，置入本生焰中試之。若有 Na 存在，則通過藍色玻片遮斷 Na 之輝黃色而視之。

焰色	通過藍色玻片後之色	成分
眞紅色	紫色	Li
暗紅色	橄黃色	Ca
赤色	紫色	Sr
輝黃色	(吸收)	Na
絲黃色	藍綠色	Ba, Mo
綠色	.....	Cu, -PO, -B O ₃
藍色	.....	Cu, Bi, Pb, Cd, Zn, Sb, As
紫色	紫紅色	K

在舉行此試驗之前，應將白金絲充分洗淨。因此，用濃 HCl 浸洗白金絲，再置本生焰中強熱之，如是繼續數次，迨白金絲在火焰中不呈顏色爲止。焰色試驗若用分光器，則更爲明確。

IV. 熔球試驗 (Bead reaction)

在純淨之白金絲 (浸入濃 HCl 加熱) 端上, 附置硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 或磷鹽 $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Microcosmic salt) 一片, 插入氧化焰中加熱熔融之, (若在還元焰中熱之, 則混入碳素之微粒以致呈帶黑色) 蘸取少量之試料加熱, 檢驗所生熔球之色。同一物質所呈之色因溫度, 試料量, 還元焰及氧化焰等亦生差異。茲約略示之如下:

(a) 硼砂球試驗

熔球之色	氧 化 焰	還 元 焰
無 色	SiO_2 , 鹼土類, Hg, Pb, Bi, Sb, Cd, Zn, Sn, Fe (c少)(Ti, W, Mo)	SiO_2 , 鹼土類, Mn, Cu, Fe (少) (Di, Ce)
灰 色	... ..	Ag, Pb, Bi, Sb, Cd, Zn, Ni.
黃 色	Fe (h少), Ag (h), Cu (h), Ni (c或褐色), V (h多), U (h).	(Ti, W, V, Mo) (h)
綠 色	Cr (c), Cu (h)	Fe, Cr, U, V (h)
藍 色	Co, Cu (c)	Co
紫 色	Mn, Ni (Co 共存), Di.	
紅 色	Fe (h多), Ce (h)	Cu (c多), 不透明, 有少量之 Sn 則爲紅寶石色。

(b) 磷礫球試驗

熔球之色	氧化焰	還元焰
無色	SiO ₂ (白色矽酸鹼), 鹼土類 (多量則混濁), (W, Ti)	SiO ₂ (白色矽酸鹼), 鹼土類, Mn, Cu (少), (Li, Ce)
灰色	... ..	Ag, Pb, Bi, Sb, Cd, Zn, Ni.
黃色	Fe (h 少) 或 (c 多), Ni (c 或褐色), (Ce, V, U) (h)	Fe (h) Ti (h)
綠色	Cr(c), Cu(h), Mo(h), U(c多)	Cr(c), (U, W, Mo) (c)
藍色	Co, Cu (c)	Co, W (c)
紫色	Mn, Bi.	Ti (c)
紅色	Fe (h 多) Ce (h)	Cu (c 多), 不透明若遇 Sn 少量存在則為紅寶石色, (Ti, W) 因 Fe 之共存呈赤血色。

h.....熱時 c...冷時 少.....少量 多...多量

V. 玻璃封管試驗

封閉 10 cm. 長, 徑約 0.5 cm. 之玻管之一端, 將試料裝入, 務使不附着壁之上方, 然後保持水平面靜靜加熱。

觀察此時所起之變色, 可溶性, 昇華, 分解及其生成物。

(1) 不生變化者.....	無揮發性，有機物，可溶性物質存在。
(2) 熔融者.....	係鹼及鹼土類，鹵化銀， $PbCl_2$ ，硝酸鉀，硝酸鈉等。
(3) 膨脹者.....	明礬，硼酸鹽，磷酸鹽， $Hg(CNS)_2$ 。
(4) 熔融而生水滴者.....	以石蕊試紙試之。
酸性.....	含有揮發性（亞硫酸，鹵化氫，醋酸）之物質，易分解之強鹼鹽，酸性鹽。
中性.....	含水鹽，金屬氫氧化物，吸溼性物質。
鹼性.....	鉍鹽。
(5) 爆發飛散者.....	多在含水鹽物時。
(6) 變色者.....	HgO ， ZnO ， PbO 等氧化物。

VI. 焰之溫度及溫度之標準

(a) 本生燈焰之溫度

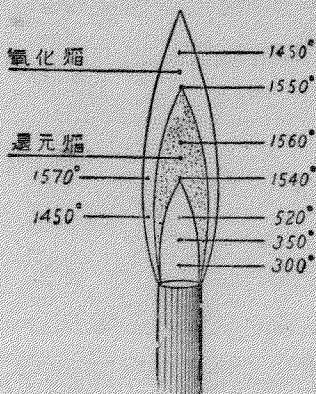


圖 9. 本生燈焰

(b) 溫度之標準(焰之溫度)

本生燈(閉鎖空氣孔)	1710°C (正確度 100°C 以內)
同 (半開空氣孔)	1810°C (同)
同 (全開空氣孔)	1870°C (同)
氧氣+煤氣	2200°C (同)
氧氣+氫氣	2420°C (同)
氧氣+乙炔 (C ₂ H ₂)	2550°C (同)
電 弧	5500°C (正確度 160° 以內)

(c) 溫度之標準(由比色所得之近似溫度)

能認見之赤色(低暗赤色)	525°C
暗赤色(低紅色)	700°C
櫻紅色	900°C
暗橙黃色	1100°C
白 色	1300°C
閃白色	1500°C

第二章 結晶系

I. 等軸晶系 (Regular system)

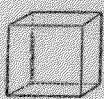
結晶軸三根等長,互相垂直同交於一點。

屬於該系之普通物質,有碘化鉀 KI , 硝酸鋇 $Ba(NO_3)_2$, 硝酸鉛 $Pb(NO_3)_2$ 等。

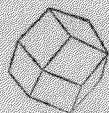
圖 10.



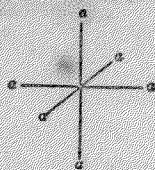
Octahedron
(正八面體)



Cube
(正六面體)



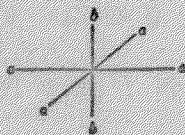
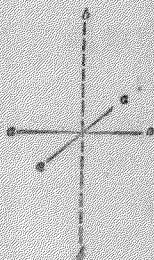
Dodecahedron
(斜方十二面體)

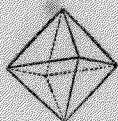


結晶形模型

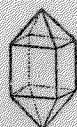
II. 正方晶系 (Tetragonal system)

三軸互相直交於一點,其中有二軸 (Lateral axis) 長度相等,其他一軸 (Vertical axis) 長短不一。硫酸亞鎳 $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, 尿素 $CO(NH_2)_2$ 等屬之。





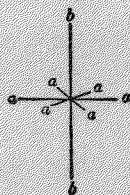
Tetragonal pyramid
(正 方 錐)



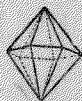
Tetra onal prism with pyramid
(正 方 柱 正 方 錐 聚 形)

III. 六方晶系 (Hexagonal system)

三根長度相等之軸 (Lateral axis) 在同一平面內互成六十度相交, 第四根長度相異之軸 (Vertical axis) 直交於此平面。



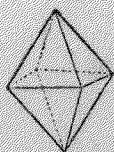
Hexagonal pyramid with prism Hexagonal pyramid
(六 方 錐 六 方 柱 聚 形) (六 方 錐)



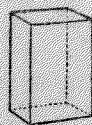
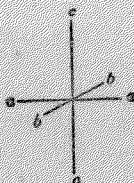
碘化鉛 PbI_2 , 碘化鎘 CdI_2 , 硝酸鈉 $NaNO_3$, 氯化鈣 $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ 等屬之。

IV. 斜方晶系 (Rhombic system)

三軸互相直交於一點, 但皆不等長。



Rhombic pyramid
(斜方錐)

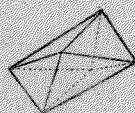
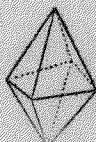
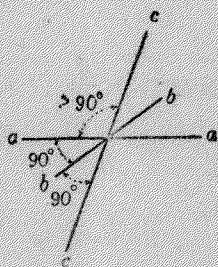


Rhombic prism
(斜方柱)

硫酸鋅 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 硫酸鎂 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 硫酸鉀 K_2SO_4 , 硝酸鉀 KNO_3 等屬之。

V. 單斜晶系 (Monoclinic system)

長度相異之三根結晶軸中有二軸直交, 第三軸與他一軸直交而與所餘之軸斜交。

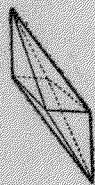
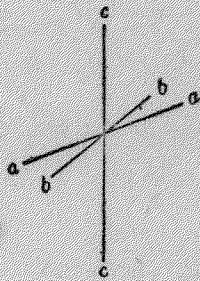


Monoclinic pyramid
(單斜錐體)

硫酸銨鎂 $(NH_4)_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$, 氯酸鉀 $KClO_3$, 草酸 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 等屬之。

VI. 三斜晶系 (Triclinic system)

長短相異之三軸皆互成斜交。



Triclinic pyramid
(三斜錐體)

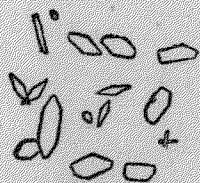
硫酸錳 MnSO_4 , 硫酸銅 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 硼酸 H_3BO_3 等屬之。

VII. 同形 (Isomorphism)

凡化學的組成類似之化合物,其結晶相等,或為同形。例如鋅,鎂,鎳之硫酸鹽皆含 7 分子之結晶水且同屬斜方晶系。

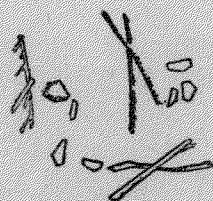
若硫酸鋅溶液中懸濁 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 結晶徐徐蒸發之,則 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 在 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 之結晶上晶出而形成 Mg 之結晶形。此二元素混合所成之結晶稱為同形溶體 (Isomorphous mixture)。

圖 11. 檢 鏡 圖

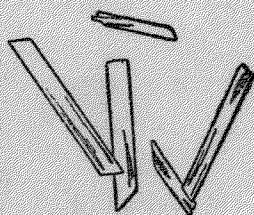


1. $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

(由 HNO_3 酸性溶液)

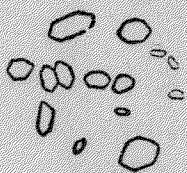


2. PbCl_2



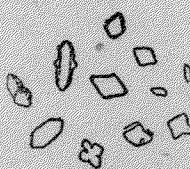
3. PbCl_2

(由水再結晶)



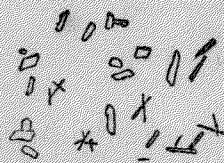
4. PbSO_4

(由鹼性溶液)

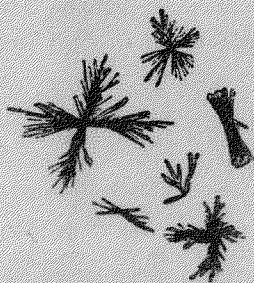


5. PbSO_4

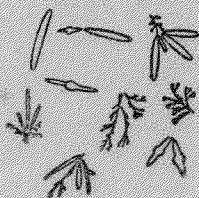
(熱時析出)



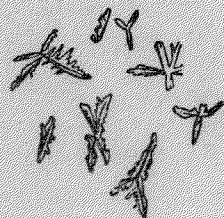
6. PbCrO_4



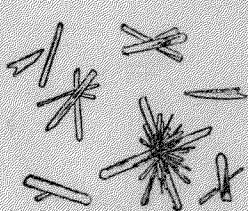
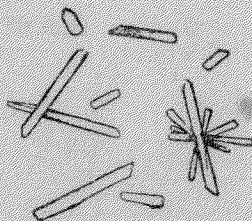
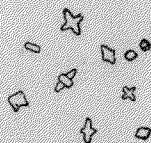
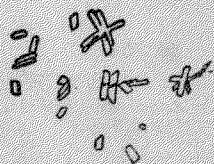
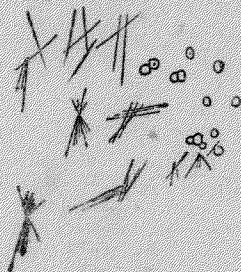
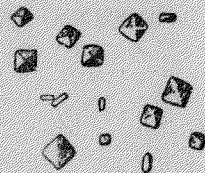
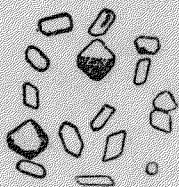
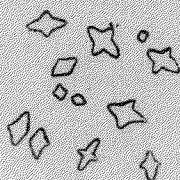
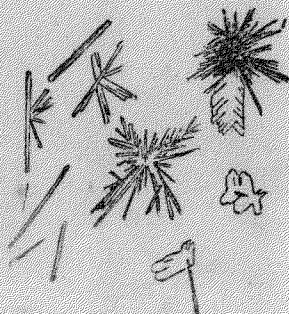
7. $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{Pb(OH)}_2$

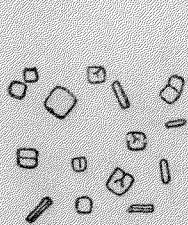


8. $\text{CuHg(CNS)}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

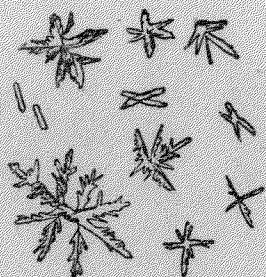


9. ZnHg(CNS)_4

10. CoHg(CNS)_4 11. CdHg(CNS)_4 12. BaSO_4 (由濃 H_2SO_4 再結晶)13. BaCrO_4 14. SrCrO_4 15. SrC_2O_4 16. SrSO_4
(由酸性溶液)17. SrSO_4
(由濃 H_2SO_4 再結晶)18. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

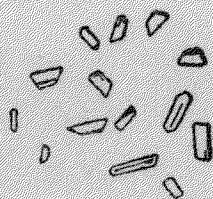


19. $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



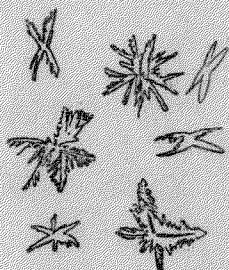
20. $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

(由 NH_4OH 鹼性溶液)



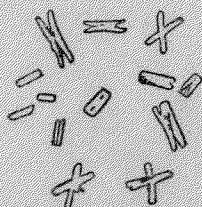
21. $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

(由弱酸性溶液)



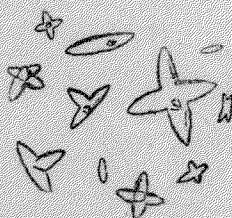
22. $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

(由 NH_4OH 鹼性溶液)



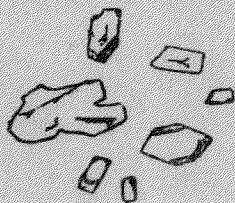
23. $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

(由弱酸性溶液)



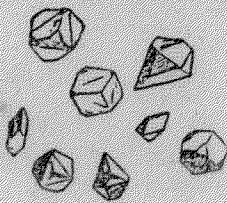
24. $\text{Na}_2\text{H}_7\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

(迅速析出)



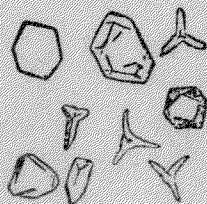
25. $\text{Na}_2\text{H}_7\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

(徐徐析出)



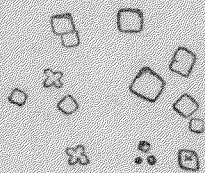
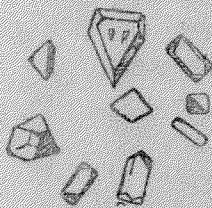
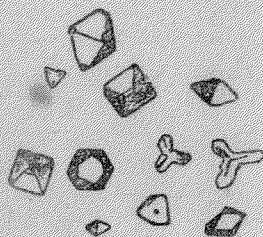
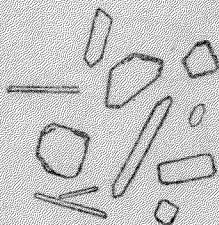
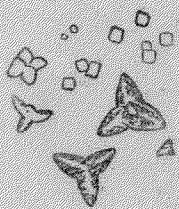
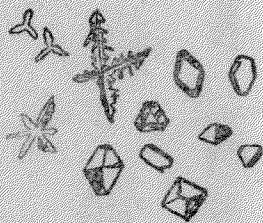
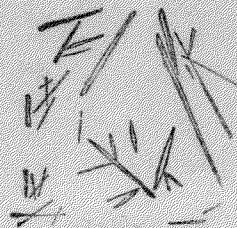
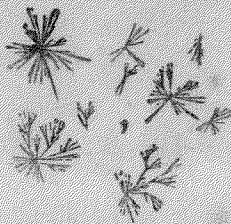
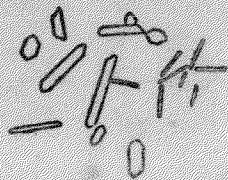
26. $\text{NaZnAc}_3 \cdot$

$2\text{UO}_2\text{Ac}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$



27. $\text{NaMgAc}_3 \cdot$

$3\text{UO}_2\text{Ac}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

28. $K_2NaCo(NO_2)_6$ 29. $KClO_4$ 30. K_2PtCl_6 31. $KHC_2H_4O_6$ 32. $(NH_4)_2NaCo(NO_2)_6$ 33. $(NH_4)_2PtCl_6$ 34. $AgNO_3$ 35. $C_{20}H_{16}O_4 \cdot HNO_3$ 36. $AgAc$

固體試料色澤一覽表

註 固體試料之色澤與其結晶系一樣緊要，應仔細觀察之，並加以比較的正確之推斷。

色	分 子 式
紅 色	Ag_3AsO_4 , $Ag_2Cr_2O_7$, AsI_3 , $CoCO_3$, $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, CrO_3 , Cu , CuF , Cu_2O , $FeBr_3$, HgI_2 , HgO , HgS , $K_3Fe(CN)_6$, $K_2Cr_2O_7$, $MnCl_2$, $Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$, $Na_2Cr_2O_7$, PbO , Pb_3O_4 , $Pb(PbO)CrO_4$, $PdCl_2$, Se .
淡紅色	$BaPtCl_6$, BaS_4 , $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $CrCl_3$, $K_2SO_4 \cdot CoSO_4 \cdot 6H_2O$, $MnCO_3$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, MnS .
橙黃色	As_2S_5 , As_2S_3 , $Cd_3[Fe(CN)_6]_2$, $FeCl_3$, $(NH_4)_2Cr_2O_7$, Sb_2S_5 , Sb_2S_3 , SeS_2 , $ZnCr_2O_7 \cdot 3H_2O$, $Zn_3[Fe(CN)_6]_2$.
黃 色	A_3AsO_3 , $AgBr$, Ag_2CrO_4 , AgI , $AgNO_3$, $AlCl_3$, $BaCrO_4$, $CaCO_3$, C_2S , F_2CO_3 , $FePO_4$, FeS_2 , Fe_2S_3 , HgO , K_2CrO_4 , $K_2[Co(NO_2)_6]$, $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$, K_2PtCl_6 , K_2S_5 , $(NH_4)_2CrO_4$, $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MgO$, $(NH_4)_2PtCl_6$, $NiSO_7$, $PbCrO_4$, PbI_2 , PbO , S , SiO_2 , SnS_2 , $ZnCrO_4$.
黃綠色	$Cu_3[Fe(CN)_6]_2$, $Ni_3[Fe(CN)_6]_2$.

綠色	$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$, $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $2\text{CrO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Cr_2O_3 , CuCl_2 , CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
淡綠色	$\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, MoO_3 .
暗綠色	$\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$.
青色	CoCl_2 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.
紫色	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
暗紫色	I_2 , KMnO_4 , $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
褐色	$\text{BiFe}(\text{ON})_6$, Bi_2O_3 , CdO , MoS_3 , SnS , $\text{UFe}(\text{ON})_6$
黃褐色	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Mn}_3[\text{Fe}(\text{ON})_6]_2$.
紅褐色	$\text{Ag}_3\text{Fe}(\text{ON})_6$, Ca_3P_2 , $\text{Co}_3[\text{Fe}(\text{ON})_6]_3$, $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{ON})_6$, $\text{Fe}(\text{ONS})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, Fe_2O_3 , $\text{UO}_2\text{Fe}(\text{ON})_6$.
暗褐色	Bi_2S_3 , $\text{Mn}(\text{OH})_3$, PbO_2 .
灰色	CaO_2 , MnO_2 , Si .
黑色	Ag_2S , Au_2S , AuS_3 , C , $\text{Co}(\text{OH})_2$, CoS , CuO , CuS , FeS , Fe_3O_4 , FeO , HgS , $\text{Ni}(\text{OH})_2$, NiS , PbS , PtS_2 , MnO_2 .

第三章 元素之所在

普通元素之產出所在

(a) 金屬元素

- K** Sylvite (Sylvine) KCl ; Carnallite $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} + 6 \text{H}_2\text{O}$; Saltpeter Nitre KNO_3 ; Kainite $\text{KCl} \cdot \text{Mg} \cdot \text{O}_1 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$; Feldspar KAlSi_3O_8 ; Muscovite $\text{KH}_2\text{Al}_3\text{SiCl}_3\text{O}_{12}$; 其他 Silicates 及植物灰中化合物如 K_2CO_3 .
- Na** NaCl (海水, 礦水, 岩鹽……中); Soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ 及在其他之化合物; Trona $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; Chili Saltpeter NaNO_3 ; Cryolite Na_3AlF_6 ; Tinkal, Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$; Albite $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Soda Feldspar) 及其他之 Silicates.
- HN₁** 含氮有機化合物 (主要的為氣體工業副產物, 空中氮之固定體)
- Li** Amblygonit: $\text{Li}(\text{AlF})\text{PO}_4$; Castorite, Petalif $\text{LiKHAlSi}_3\text{O}_9$; Lepidolite (Limica) $(\text{LiKNa})_2\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot \text{AlSi}_3\text{O}_9$ 及其他礦石; 礦水, 植物, 海草等中亦見其痕跡.
- Mg** Magnesite MgCO_3 ; Hydromagnesite $4 \text{MgCO}_3 \cdot \text{M}(\text{OH})_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$; Dolomite CaMgCO_3 ; Brucite $\text{Mg}(\text{OH})_2$; Carnallite, Kieserite $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; Epsomite "Bittersalt" $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; Tachhydrite $2 \text{MgCl}_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$; Spinel MgAl_2O_4 ; Forsterite MgSiO_4 ; Meerscham $\text{H}_4\text{MgS}_2\text{O}_8$; Talc, Asbestos $\text{CaMg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ 及與 Ca, Al, Fe 等共存之其他諸 Silicates 中含有之。
- Ca** Lime Stone, Marble, Chalk, Calxspar, Calcite, Coral, Arragonite CaCO_3 ; Dolomite CaMgCO_3 ; Gypsum, Selenite $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; Anhydrite CaSO_4 ; Fluorite, Fluorspar CaF_2 ; Apatite, Octolite $3 \text{Ca}_3\text{F}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaClF}$; Wollastonite CaSiO_3 ; Anothite $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 及其他 Silicates.
- Sr** Strontianite SrCO_3 ; Celestite, Celestine SrSO_4 及概與 Ca 共存之他礦石中產有之。

- Ba** Witherite BaCO_3 ; Barytocalcite $\text{Ba}\cdot\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$; Barite, Heavy Spar BaSO_4 ; Harmotome $\text{BaAl}_2\text{H}_2\text{Si}_5\text{O}_{15}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$; Psilomelane $(\text{MnBa})_2\text{O}\cdot\text{MnO}_2$ 及在許多 Ca 礦中產出之。
- Al** Kaoline, Clay $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$; Mica $\text{KH}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$; Orthoclase, Feldspar $\text{K}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{24}$; Corundum, Ruby, Sapphire, Crystalline, Emery Al_2O_3 ; Cryolite AlNa_2F_6 ; Spinell, Alunite $\text{Al}_3\text{K}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$; Diaspor $\text{Al}_2\text{O}_2(\text{OH})_2$; Bauxite $\text{Al}_2\text{O}(\text{OH})_2\cdot(\text{Fe}_2\text{O}_3)$; Gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及其他諸礦石中。
- Cr** Chromite, Chrom Iron ore $\text{Cr}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}$; Crocoite, Crocoisite PbCrO_4 ; Chrom Ochre Cr_2O_3 ; Laxmannite $(\text{PbCu})_3(\text{PbO}_4)\cdot\text{Pb}_2\text{O}\cdot\text{CrO}_4\cdot 2$ 。
- Fe** Meteorite Fe (Ni, Co, S, C, P 共存); Hematite 或 Specular Iron Ore Fe_2O_3 ; Magnetite, Load Stone Fe_3O_4 ; Limonite, Brown Hematite, Bog-Ore $\text{Fe}(\text{OH})_3$; Pyrite, Marcasite FeS_2 ; Vivianite FePO_4 ; Arsenopyrite $\text{Fe}(\text{AsS})_2$; Sulfarsenite $\text{Fe}(\text{AsS})$; Wolfram FeWO_3 ; Arsenical Iron FeAs 及 Fe_4As_3 。
- Ce** Cerite $(\text{CeAl})_6\text{Ca}_2(\text{OH})_6(\text{SO}_3)_6$; Orthite, Allanite $\text{Ce}_6\text{Ca}_4(\text{OH})_2\cdot(\text{SiO}_4)_6$ 及在 Gadolinite Earths 共存之他礦石中產出之。
- U** 主要的係 Uranite, Pitch Blende U_3O_8
- Mn** Pyrolisite, Polianite MnO ; Braunite Mn_2O_3 ; Manganite $\text{MnO}\cdot\text{OH}$; Hausmannite Mn_3O_4 ; Rhodochrosite, Manganese Spar MnCO_3 ; Manganese Blende MnS 及許多 Fe 礦中。
- Zn** Zinc Blende, Blackjack, Sphalerite ZnS ; Smithsonite ZnCO_3 ; Calamine $\text{ZnSiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; Zincite ZnO ; Franklinite $(\text{Fe Mn Zn})\cdot(\text{FeO}_2)_2$; Gahnite $\text{ZnO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$
- Ni** Bunsenite NiO , Garnierite, Genthite, Noumeite $\text{NiM}_2\text{H}_2\text{SiO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$; Annabergite $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$; Millerite Ni_2S_2 ; Niccolite Ni_2As_2 ; Chloanite NiAs_2 ; Nickel Glance $\text{Ni}(\text{AsS})\cdot\text{S}$ 及 As_2S_3 礦中。
- Co** Co (Meteorite 中); Linnerite CoS ; Cobaltite CoFeAsS ; Skutterudite CoAsS_3 ; Smaltite CoNiFeAs_3 ; Erythrite, Cobalt Bloom $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 及其他 Ni 礦中。

- Hg** Cinnabar HgS ; Hg (一部游離) 及 Tetrahydrite 中。
- Cu** 自然 Cu ; Cuprite, Red Ore Cu_2O ; Chalcocite, Cupric Oxide CuO ; Copper Glance Cu_2S ; Chalcopyrite, Bornite CuFeS_2 ; Malachite $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$; Atacamite $\text{Cu}_2\text{OOH} \cdot \text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$; Azurite $\text{C}_{13}(\text{OHCO}_3)_2$
- Cd** 主存於 Zn 礦, ZnS 中; Greenochite CdS ; Oxide CdO .
- Bi** 自然 Bi (Co , Ni 礦中); Bismite, Bismuth Ochre Bi_2O_3 ; Bismutheinite, Bismuthe Glance Bi_2S_3 ; Empectite $\text{Bi}_2\text{Cu}_2\text{S}_4$; Bismutite $5\text{Bi}(\text{OH})_2 \cdot \text{Bi}(\text{OH})(\text{CO}_3)_2$.
- Pb** Galena PbS ; Cerussite PbCO_3 ; Anglesite PbSO_4 ; Lanarkite $\text{PbSO}_4 \cdot \text{PbO}$; Pyromorphite $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$; Minetite $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$; Vanadite $\text{Pb}(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$; Wulfenite PbWO_4 ; Stolzite PbWO_4 ; Crocoite PbCrO_4 ; 又 Ag 礦中常存有之。
- Ag** 自然 Ag ; Argentite, Silver Glance Ag_2S ; Horn Silver; Proustite $(\text{AgS})_3\text{As}$, Parargyrite $(\text{AsS})_3\text{Sb}$; Stephanite Ag_5SbS_4 ; Tetrahydrite 及 Galena 中之 Stromeayerite $(\text{Ag}_4\text{S} \cdot \text{Cu}_2\text{S})$.
- Au** 主要的爲自然 Au ; Sylvanite $(\text{AuAg})_2\text{Te}_3$; Pelzite $(\text{AgAu})_2\text{Te}$; Nagyagite $(\text{PbAu})_2(\text{TeS} \cdot \text{Sb})_3$.
- Pt** 自然 Pt .
- Sn** Cassiterite; Tin Stone SnO_2 .
- Sb** 自然 Sb 稀少; Stibnite, Antimony Glance Sb_2S_3 ; Kermesite, Red Antimony Sb_2OS_2 ; Senarmonite, Antimony Bloom Sb_2O_3 ; Antimony Ochre Sb_2O_4 ; Parargyrite $(\text{AsS})_3\text{Sb}$; Ullmannite NiSbS ; Reithauptite Ni_2SbS_2 及常與 As 而成 Sulfo-Salt.
- As** 自然 As_4 ; Arsenolite, White Arsenic As_2O_3 ; Orpiment As_2S_3 ; Realgar As_2S_5 ; Arsenical Iron FeAs_2 及 Fe_4As_3 ; Arsenopyrite, mispickel $\text{Fe}(\text{AsS})_2$; Nickel Glance $\text{Ni}(\text{AsS})$; Smaltite CoNiFeAs_2 ; Proustite $(\text{AsS})_3\text{As}$; Cobalt Glance, Nicollite, Chloantite, Copper-Nickel NiAs ; Tin White Cobalt CoAs_2 ; Mimetite $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)\text{Cl}$.
- H** 極微量游離 H_2 ; 水及有機體之成分。

(b) 非金屬元素

- Cl** Chloride (主要的為 NaCl)
- Br** Bromide (海水, 海草等中主含 $MgBr_2$)
- I** Iodide (智利硝石, 海水, 海草等存有之)
- F** Fluorides 主為 CaF_2 及 $AlNa_3F_6$ (Cryolite)
- O** 大氣中及水, 礦石, 有機體之成分中。
- S** 自然 S; Metallic Sulfides (Blendes, Glances), Sulfates, SO_2 , H.S, 及動植物組織中。
- C** 自然 C (3 同素體); 碳酸鹽及一切有機體中存有之。
- Si** Silica, Quartz, Rock Crystal (Chalcedony), SiO_2 ; 一切 Silicates 及動植物組織中。
- B** Boric acid H_3BO_3 ; Borax ($Na_2B_4O_7 + H_2O$); Boracite ($Cu_2B_6O_{11}$); Tincal 及其他 Borates。
- N** 大氣中 N_2 ; Nitrates $NaNO_3$, KNO_3 及動植物組織中。
- P** 所有 Phosphates (天然產及骨中)。

I		II	
H		1	
		1.0078	
Li	Lepidolite $\text{Si}_3\text{O}_9\text{Al}_2(\text{Li}, \text{K})_2(\text{F}, \text{OH})_2$ Spodumene $(\text{SiO}_3)_2\text{AlLi}$ Zinnwaldite $\text{Si}_5\text{O}_{16}\text{Al}_3\text{Fe}(\text{Li}, \text{K})_3(\text{F}, \text{OH})_2$	3	4 Beryl $(\text{SiO}_3)_6\text{Al}_2\text{Be}_3$ Gadolinite $(\text{SiO}_4\text{Be}\cdot\text{YO})_2\text{Fe}$ Phenacite SiO_4Be_2
		6.940	9.02
Na	Albite $\text{Si}_3\text{O}_9\text{AlNa}$ Nephelite SiO_4AlNa Rocksalt NaCl	11	12 Dolomite $(\text{CO}_3)_2\text{MgCa}$ Magnesite CO_3Mg Talc $\text{Si}_4\text{O}_{12}\text{Mg}_3\text{H}_2$
		22.997	24.32
K	Leucite $(\text{SiO}_3)_2\text{Al}(\text{K}, \text{Na})$ Muscovite $(\text{SiO}_4)_3\text{Al}_3\text{KH}_2$ Orthoclase $\text{Si}_3\text{O}_9\text{AlK}$	19	Ca Anorthite $\text{Si}_2\text{O}_8\text{Al}_2\text{Ca}$ Apatite $(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})\text{Ca}_5$ Calcite CO_3Ca
		39.104	40.07
29	Cu Chalcopyrite CuFeS_2 Enargite $\text{As}_2\text{S}_4\text{Cu}_8$ Native copper		30 Smithsonite CO_3Zn Willemite SiO_4Zn_2 Zincblende ZnS
		63.57	65.38
Rb	Carnallite $\text{MgCl}_2\cdot\text{KCl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Lepidolite $\text{Si}_3\text{O}_9\text{Al}_2(\text{Li}, \text{K})_2(\text{F}, \text{OH})_2$ Spodumene $(\text{SiO}_3)_2\text{AlLi}$	37	Sr Celestite SO_4Sr Strontianite CO_3Sr
		85.46	87.63
47	Ag Argentite Ag_2S Native silver Pyrargyrite SbS_4Ag_3		48 Greenockite CdS
		107.880	112.41
Cs	Carnallite $\text{MgCl}_2\cdot\text{KCl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Lepidolite $\text{Si}_3\text{O}_9\text{Al}_2(\text{Li}, \text{K})_2(\text{F}, \text{OH})_2$ Pollucite $(\text{SiO}_3)_9\text{Al}_4\text{O}_8\text{H}_3$	55	Ba Barite SO_4Ba Witherite CO_3Ba
		132.81	137.36
79	Au Native gold Petzite $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}$ Sylvanite $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$		80 Cinnabar HgS Native mercury
		197.2	200.61
87			Ra Aeschynite $(\text{Ti}, \text{Th})_6\text{Nb}_6\text{O}_{29}\cdot\text{Ce}_4(\text{Ca}, \text{Fe})_2$ Pitchblende $(\text{UO}_2)_2\text{U}$ Carnotite $\text{VO}_4(\text{UO}_2)_2\text{K}\cdot\frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}$
			226.97
58-71 Rare Earths			
Gd	Gadolinite $(\text{SiO}_4\text{Be}\cdot\text{YO})_2\text{Fe}$ Fergusonite $(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4\text{Y}$	64	Tb Gadolinite $(\text{SiO}_4\text{Be}\cdot\text{YO})_2\text{Fe}$ Xenotime PO_4Y
		157.3	158.9

III		IV	
B Axinite $(\text{SiO}_4)_3\text{B}_2\text{Al}_4(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg}, \text{H}_2)_7$ 5 Borax $\text{B}_4\text{O}_7\text{Na}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Tourmaline Borosilicate of Fe, Al, Mg etc. 10.82		C Coal Diamond C Graphite C 12,000	
Al Corundum Al_2O_3 13 Diaspore $\text{AlO} \cdot \text{OH}$ Orthoclase SiO_2AlK 26.97		Si 14 Olivine $\text{SiO}_4(\text{Mg}, \text{Fe})_2$ Orthoclase $\text{Si}_2\text{O}_4\text{AlK}$ Rock crystal SiO_2 28.06	
Sc Beryl $(\text{SiO}_4)_3\text{Al}_2\text{Be}_3$ 21 Orthite $(\text{SiO}_4)_3(\text{Al}, \text{Ce}, \text{Fe})_2(\text{Al} \cdot \text{OH})\text{Ca}_2$ Wolframite $\text{WO}_4(\text{Fe}, \text{Mn})$ 45.70		Ti Rutile TiO_2 22 Titanite SiTiO_5Ca Ilmenite TiO_2Fe 47.90	
31 Orthite $(\text{SiO}_4)_3(\text{Al}, \text{Ce}, \text{Fe})_2(\text{Al} \cdot \text{OH})\text{Ca}_2$ 69.72 Zincblende ZnS	Ga 32	Argyrodite GeS_3Ag_6 72.60 Canfieldite $(\text{Ge}, \text{Sn})\text{S}_8\text{Ag}_3$	Ge
Y Fergusonite $(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4\text{Y}$ 39 Xenotime PO_4Y Gadolinite $(\text{SiO}_4\text{Be} \cdot \text{YO})_2\text{Fe}$ 88.93		Zr Zircon SiO_4Zr 40	
49 Pyrrhotite FeS 114.8 Siderite CO_3Fe Zincblend ZnS	In 50	Cassiterite SnO_2 118.70 Stannite $\text{SnS}_2\text{Cu}_3\text{Fe}$	Sn
La Lanthanite $(\text{CO}_3)_3(\text{La}, \text{Dy}, \text{Ce})_2\text{SH}_4\text{O}$ 57 Monazite PO_4Ce Orthite $(\text{SiO}_4)_3(\text{Al}, \text{Ce}, \text{Fe})_2(\text{Al} \cdot \text{OH})\text{Ca}_2$ 138.90		Hf Alvite cont. O, Si, Zr, Y, Ce, Be, Fe, H 72 Naegite cont. O, Si, U, Th, Ta, Nb, Ce, Fe, Ca, H 178.6	
81 Crookesite $(\text{Cu}, \text{Tl}, \text{Ag})_7\text{Se}$ 204.30 Hutchinsonite $(\text{AsS}_2)_4(\text{Tl}, \text{Ag})_2\text{Pb}$ Lorandite AsS_2Tl	Tl 82	Anglesite SO_4Pb 207.21 Cerussite CO_3Pb Galena PbS	Pb
Ac Pitchblende $(\text{UO}_4)_2\text{U}$ 89		Th Monazite PO_4Ce 232.12 Thorianite Th & U oxides Thorite SiO_4Th	90
58 Cerite $(\text{SiO}_4)_3\text{Ce}(\text{OH})_3(\text{CeO})(\text{Ca}, \text{Fe})$ 140.92 Monazite PO_4Ce Orthite $(\text{SiO}_4)_3(\text{Al}, \text{Ce}, \text{Fe})_2(\text{Al} \cdot \text{OH})\text{Ca}_2$	Ce 59	Monazite PO_4Ce 140.92 Orthite $(\text{SiO}_4)_3(\text{Al}, \text{Ce}, \text{Fe})_2(\text{Al} \cdot \text{OH})\text{Ca}_2$ Samaraskite $(\text{Nb}_2\text{O}_7)_3\text{Y}_4$	Pr
66 Euxenite $m\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot n\text{TiO}_2 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 162.46 Samaraskite $(\text{Nb}_2\text{O}_7)_3\text{Y}_4$ Xenotime PO_4Y	Dy 67	Gadolinite $(\text{SiO}_4\text{Be} \cdot \text{YO})_2\text{Fe}$ 163.5 Xenotime PO_4Y	Ho

V		VI	
7	N	8	O
Kalialpeter NO_3K Natrionalpeter NO_3Na Sal ammoniac NH_4Cl	14,008		16,0000
15	P	16	S
Apatite $(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl})\text{Ca}_5$ Libethenite $\text{PO}_4\text{Cu}(\text{Cu}\cdot\text{OH})$ Monazite PO_4Ce	31,02	Gypsum SO_4Ca Native sulphur Pyrite FeS_2	32,06
V	23	Cr	24
Carnotite $\text{VO}_4(\text{UO}_2)_2\text{K}\cdot\frac{2}{3}\text{H}_2\text{O}$ Descloizite $\text{VO}_4(\text{Pb, Zn})(\text{Pb}\cdot\text{OH})$ Vanadinite $(\text{VO}_3)_3\text{ClPb}_5$	50,95	Chrome ochter Cr_2O_3 Chromite $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ Crocoite $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Pb}$	52,01
33	As	34	Se
Arsenopyrite FeAsS Orpiment As_2S_3 Realgar AsS	74,93	Chalcocite $\text{SeO}_2\text{Cu}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Ciansthalite PbSe Selen sulphur Se_2S	78,8
Nb	41	Mo	42
Columbite $(\text{Nb, Ta})\text{O}_5(\text{Fe, Mn})$ Fergusonite $(\text{Nb, Ta})\text{O}_4\text{Y}$ Samaraskite $(\text{Nb}_2\text{O}_7)_2\text{Y}_4$	95,8	Molybdenite MoS_2 Powellite MoO_4Ca Wulfenite MoO_4Pb	96,0
51	Sb	52	Te
Stibnite Sb_2S_3 Tetrahedrite $(\text{SbS}_2)_2(\text{Cu}_2, \text{As}_2, \text{Fe}, \text{Zn})_3$	121,76	Altaite PbTe Hessite Ag_2Te Sylvanite $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$	127,5
Ta	73	W	74
Manganantalite Fe Mn Tantalate Tantalite $(\text{Ta, Nb})\text{O}_5(\text{Fe, Mn})$ Yurotantalite $(\text{Nb, Ta})\text{O}_4\text{Y}$	181,86	Scheelite WO_4Ca Tungstite WO_3 Wolframite $(\text{WO}_4)_2(\text{Fe, Mn})$	184,0
83	Bi	84	Po
Bismite Bi_2O_3 Bismuthinite Bi_2S_3 Native bismuth	209,00	Pitchblende $(\text{UO}_2)_2\text{U}$	
Pa	91	U	92
		Pitchblende $(\text{UO}_2)_2\text{U}$ Torbernite $(\text{PO}_4)_2(\text{UO}_2)_2\text{Cu}\cdot\text{SH}_2\text{O}$ Carnotite $\text{VO}_4(\text{UO}_2)_2\text{K}\cdot\frac{2}{3}\text{H}_2\text{O}$	238,11
60	Nd	61	II
Fluocerite $(\text{Ce, La, Dy})\text{F}_3$ Monazite PO_4Ce Orthite $(\text{SiO}_4)_2(\text{Al, Ce, Fe})_2(\text{Al}\cdot\text{OH})\text{Ca}_2$	144,27		
68	Er	69	Tm
Fergusonite $(\text{Nb, Ta})\text{O}_4\text{Y}$ Gadolinite $(\text{SiO}_4)_2\text{Be}\cdot\text{YO}_2\text{Fe}$ Xenotime PO_4Y	187,84	Gadolinite $(\text{SiO}_4)_2\text{Be}\cdot\text{YO}_2\text{Fe}$	189,5

VII		0	
		2	He
		Pitchblende $(\text{UO}_2)_2\text{U}$	
		Thorianite $\text{ThO}_2 + \text{UO}_2$	4.009
9	F	10	Ne
Cryolite AlF_6Na_3			
Fluorite CaF_2			
Topaz $\text{SiO}_4\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2$	19.00		20.18
17	Cl	18	A
Atacamite $\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$			
Rock salt NaCl			
Sodalite $(\text{SiO}_4)_3\text{Al}_2[\text{AlCl}]\text{Na}_4$	35.457		39.94
Mn		25	
Pyrolusite MnO_2			
Rhodochrosite CO_3Mn			
Rhodonite SiO_3Mn	54.93		
35	Br	36	Kr
Bromyrite Ag_2Br			
Carnallite $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$			
Iodobromite $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$	79.916		82.9
Ma		43	
Platinum ores			
Columbite $(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_5(\text{F}, \text{Mn})$			
Fergusonite $(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4\text{Y}$			
53	I	54	Xe
Coal			
Natronsalspeter Na_2Na			
Sea water	126.98		130.8
Re		75	
Platinum ores			
Tantalite $[(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_5]_2(\text{Fe}, \text{Mn})$			
Wolframite $(\text{WO}_4)_2(\text{Fe}, \text{Mn})$	186.31		
85		86	Rn
		Pitchblende $(\text{UO}_2)_2\text{U}$	222.
Sm		62	Eu
Samarskite $(\text{Nb}_2\text{O}_7)_3\text{Y}_4$		Monazite PO_4Ce	63
Gadolinite $(\text{SiO}_4\text{Be} \cdot \text{YO})_2\text{Fe}$	150.43	Samarskite $(\text{Nb}_2\text{O}_7)_3\text{Y}_4$	152.0
70	Yb	Lu	71
Xenotime PO_4Y		Thortveitite $\text{Si}_2\text{O}_7(\text{Se}, \text{Y})_2$	
Thortveitite $\text{Si}_2\text{O}_7(\text{Se}, \text{Y})_2$	173.5	Xenotime PO_4Y	175.0

VIII					
VIII					
25 Magnetite Fe_2O_4 Native iron Pyrite FeS_2	Fe 55.84	27 Cobaltite $(Co, Fe)AsS$ Linnaeite $(Co, Ni)_3S_4$ Sphaerocobaltite CO_3Co	Co 58.94	28 Millerite NiS Nicolite $NiAs$ Ullmanite $NiSbS$	Ni 68.69
44 Laurite RuS_2 Platinum ores	Ru 101.7	45 Platinum ores	Rh 102.9	46 Platinum ores Native palladium	Pd 106.7
76 Iridosmine $Ir \cdot Os_3$ Platinum ores	Os 190.9	77 Iridosmine $Ir \cdot Os_3$ Platinum ores	Ir 195.1	78 Native platinum Sperryllite $PtAs_2$	Pt 195.23

關於用硫化氫分析方式的分離

以 H_2S 爲分屬試藥之分析方式,在 HCl 酸性溶液中導入 H_2S 氣體,使 $As, Hg, Cu, Sb, Bi, Cd, Pb, Sn$ 生澱爲硫化物,稱之爲第二屬;將其濾液變成 NH_4OH 鹼性,導入 H_2S 或加 $(NH_4)_2S$ 使之作用,將 Zn, Ni, Co, Fe, Mn 形成硫化物而沈澱,稱之爲第三屬, Al 及 Cr 因起加水分解作用而生澱氫氧化物。

溶液酸性之強度對於此第二屬與第三屬之分離實爲重大要件,如不注意此點時,則使 Cd, Pb, Sn 生澱硫化物必遭失敗。

欲僅使第二屬員成爲硫化物而有定量的分離,非將該酸度嚴密的保持 $0.25 N, HCl$ (約 1%) 不可。

欲得此酸度,可用簡略的方法成之,先將溶液中和,次加濃鹽酸 (約 $12 N$) 約 $2.5 cc.$, 然後稀釋成 $100 cc.$ 即得, $0.25-0.3 N, HCl$ 。然遇溶液多於 $100 cc.$ 時或中和後超過 $100 cc.$ 等虞之時,則使用甲烷紫色試紙可將酸性之強度變成適當。

甲烷紫色試紙的色調變化

HCl 之濃度	PH	甲烷紫色試紙所呈之色
3.6 % (1 N)	0.1	黃 色
1.8 % (0.5 N)	0.53	綠 色

1.2 % (0.33 N)	0.63	藍 綠 色
1 0 % (0.25)	0.79	藍 色
0.42 % (0.1N)	1.1	藍 紫 色
0.04 % (0.01 N)	2.0	紫 色
0.004% (1.001 N)	3.0	紫 色

故用甲烷紫色試紙,若調節其呈現藍色或帶藍的綠色時,即已達到所求之強度約 1% (0.25 N) HCl, 此法簡便又正確。

註 甲烷紫色試紙 (Methylvioletpapier)

取市販之 Methylviolet 0.1 g, 溶解於 250 cc. 水中, 用以浸溼濾紙, 在常溫下乾燥即成。

第四章 溶解度

一般難溶解性鹽之溶解積常數 (約18°C)

名 稱	分子式 (結晶水省略)	溶 度 積 常 數
	Ag	
醋 酸 銀	$\text{AgC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	4.4×10^{-3}
偏 硼 酸 銀	AgBO_2	3.6×10^{-3}
安 息 酸 銀	$\text{AgC}_6\text{H}_5\text{CO}_2$	9.3×10^{-5}
硫 酸 銀	Ag_2SO_4	7×10^{-5}
溴 酸 銀	AgBrO_3	5×10^{-5}
水 楊 酸 銀	$\text{AgC}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{CO}_2$	1.4×10^{-5}
重 鉻 酸 銀	$\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	2×10^{-7}
碘 酸 銀	AgIO_3	2×10^{-8}
氫 氧 化 銀	AgOH	2×10^{-8}
氯 化 銀	AgCl	1.1×10^{-10}
碳 酸 銀	Ag_2CO_3	5×10^{-12}
草 酸 銀	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$	5×10^{-12}
鉻 酸 銀	Ag_2CrO_4	2×10^{-12}
氰 化 銀	AgCN	2×10^{-12}
硫 代 氰 酸 銀	AgCNS	1×10^{-12}
溴 化 銀	AgBr	4×10^{-13}
碘 化 銀	AgI	1×10^{-16}
磷 酸 銀	Ag_3PO_4	1.8×10^{-18}
亞 砷 酸 銀	Ag_3AsO_3	4.5×10^{-19}
砷 酸 銀	Ag_3AsO_4	1.0×10^{-19}
鐵 氰 化 銀	$\text{Ag}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	1.0×10^{-24}

硫化銀	Ag_2S	1.6×10^{-49}
	Hg	
二氫氧化汞	$\text{Hg}(\text{OH})_2$	4.3×10^{-16}
二氯化二汞	Hg_2Cl_2	3.1×10^{-16}
二溴化二汞	Hg_2Br_2	1.3×10^{-21}
二氫氧化二汞	$\text{Hg}_2(\text{OH})_2$	1.4×10^{-26}
二碘化二汞	Hg_2I_2	1.2×10^{-28}
一硫化汞	HgS	4.0×10^{-53}
	Pb	
氫氧化鉛	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	8.5×10^{-3}
氯化鉛	PbCl_2	2.4×10^{-4}
溴化鉛	PbBr_2	7.9×10^{-6}
碘化鉛	PbI_2	1.3×10^{-8}
硫酸鉛	PbSO_4	1×10^{-8}
氟化鉛	PbF_2	7×10^{-9}
草酸鉛	PbC_2O_4	3×10^{-11}
碘酸鉛	$\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$	1.2×10^{-13}
鉻酸鉛	PbCrO_4	1.8×10^{-14}
硫化鉛	PbS	1×10^{-29}
	Bi	
氫氧化銻	$\text{Bi}(\text{OH})_3$	4.3×10^{-31}
三氧化二銻	Bi_2O_3	5×10^{-33}
	Cu	
碘酸銅	$\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$	1.4×10^{-7}
一氯化銅	CuCl	1×10^{-6}
一溴化銅	CuBr	4.1×10^{-6}
草酸銅	CuC_2O_4	2.9×10^{-8}
硫代靛酸銅	CuONS	1.6×10^{-11}
一碘化銅	CuI	5×10^{-12}

硫化銅	CuS	8.5×10^{-45}
一硫化二銅	Cu ₂ S	2.0×10^{-47}
	Cd	
氫氧化銅	Cd(OH) ₂	1.3×10^{-3}
草酸銅	CdC ₂ O ₄	1.1×10^{-8}
硫化銅	CdS	4×10^{-29}
	As	
三硫化二砷	As ₂ S ₃	4×10^{-29}
	Sb	
三硫化二銻	Sb ₂ S ₃	3×10^{-27}
	Zn	
草酸鋅	ZnC ₂ O ₄	1.4×10^{-9}
氫氧化鋅	Zn(OH) ₂	1.8×10^{-14}
硫化鋅	ZnS	1.2×10^{-23}
	Ni	
二氫氧化鎳	Ni(OH) ₂	2.7×10^{-12}
硫化鎳	NiS	1.4×10^{-24}
	Co	
硫化鈷	CoS	3×10^{-26}
	Mn	
二氫氧化錳	Mn(OH) ₂	4×10^{-14}
硫化錳	MnS	1.1×10^{-15}
	Fe	
草酸亞鐵	FeC ₂ O ₄	2.1×10^{-7}
碳酸亞鐵	FeCO ₃	2.5×10^{-11}
二氫氧化鐵	Fe(OH) ₂	1.6×10^{-14}
一硫化鐵	FeS	3.7×10^{-19}
三氫氧化鐵	Fe(OH) ₃	1.1×10^{-36}
	Al	

氫氧化鋁	$\text{Al}(\text{OH})_3$	1.1×10^{-15}
	Ba	
氟化鋇	BaF_2	1.7×10^{-6}
草酸鋇	BaC_2O_4	1.7×10^{-7}
碳酸鋇	BaCO_3	7×10^{-9}
碘酸鋇	$\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$	6×10^{-10}
鉻酸鋇	BaCrO_4	2.4×10^{-10}
硫酸鋇	BaSO_4	1×10^{-16}
	Sr	
硫酸銣	SrSO_4	2.8×10^{-7}
草酸銣	SrC_2O_4	5×10^{-8}
氟化銣	SrF_2	2.9×10^{-9}
碳酸銣	SrCO_3	1.6×10^{-9}
	Ca	
鉻酸鈣	CaCrO_4	2.3×10^{-2}
硫酸鈣	CaSO_4	6.1×10^{-5}
酒石酸鈣	$\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	7.7×10^{-7}
碘酸鈣	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	6.5×10^{-7}
碳酸鈣	CaCO_3	1.2×10^{-8}
草酸鈣	CaC_2O_4	2×10^{-9}
氟化鈣	CaF_2	3.5×10^{-11}
	Mg	
碳酸鎂	MgCO_3	2×10^{-4}
草酸鎂	MgC_2O_4	8.6×10^{-5}
氟化鎂	MgF_2	7×10^{-9}
氫氧化鎂	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	1.2×10^{-11}
磷酸鎂	MgNH_4PO_4	2.5×10^{-13}
	K	
酸性酒石酸鉀	$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	3×10^{-4}

氯鉍化鉀

 K_2PtCl_6 4.9×10^{-5}

註 計算溶解積之例：試求 $AgAc$ 之溶解積？

16° 之水 1 L 溶解 $AgAc$ 10.07 g. 就此溶液測定電導度，知其電離度為 70.8%。由此等之值算出 Ag^+ 及 Ac^- 之濃度 $[Ag^+]$, $[Ac^-]$ ，求其乘積則得溶解積常數 S_p 。先將 $AgAc$ 之總濃度以摩爾濃度表之，可用其分子量除溶解之克數。

$$10.07 \div 167 = 0.0603 \text{ 摩爾 (mol)}$$

又以 $AgAc$ 1 分子產生 Ag^+ 及 Ac^- 各一，



故 $[Ag^+] = [Ac^-]$ 。已知 $AgAc$ 0.0603 摩爾中僅 70.8% 電離，則各離子之濃度如次。

$$0.0603 \div \frac{70.8}{100} = 0.0427 \text{ g. 離子}$$

$$\therefore S_p. AgAc = [Ag^+][Ac^-] = (0.0427)^2 = 0.00182$$

金屬硫化物准可完全生澱之最大酸性度

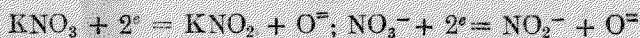
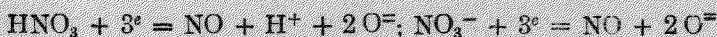
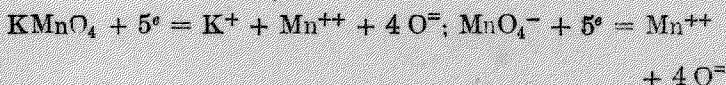
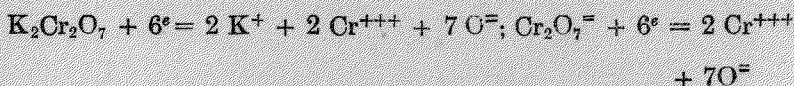
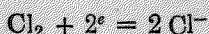
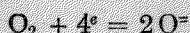
名 稱	HCl 之濃度		pH
As_2S_3	12 N	約 37%	.....
HgS	7.5 N	24%	.....
CuS	7.5 N	24%	.....
Sb_2S_3	3.5 N	12.5%	.....
Bi_2S_3	2.5 N	8.5%	.....
SnS_2	2.5 N	8.5%	.....
CdS	0.7 N	2.5%	0.40
PbS	0.31 N	1%	0.68
SnS	0.31 N	1%	0.68
ZnS	0.02 N	0.08%	1.78

CoS	$10^{-3} N$	.....	3
NiS	$10^{-3} N$	.....	3
FeS	$10^{-4} N$	.....	4
MnS	$10^{-4} N$	.....	4

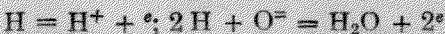
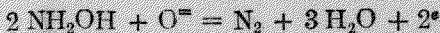
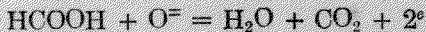
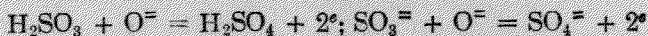
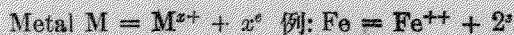
第五章 氧化及還元機能

氧化性物質與其氧化機能

註 * 表示電子 (Electron) 一個之意。



還元性物質與其還元機能



原 子 價 表

元素符號	原子價	化 合 之 型 式	示 例
Ag	+ I	鹽	AgCl
Al	+ III	鹽, 一縮鋁酸鈉	AlCl ₃ , NaAlO ₂
As	+ III	第一鹽, 亞砷酸鹽	AsCl ₃ , Na ₃ AsO ₃
	+ V	第二鹽, 砷酸鹽	AsCl ₅ , Na ₃ AsO ₄
	+ III	砷化物 尙有 - I, - II 者。	Zn ₃ As ₂ , Ca ₃ As ₂
Au	+ I	第一鹽	AuCl
	+ III	第二鹽, 金酸鹽	AuCl ₃ , KAuCl ₂
B	+ III	鹽, 硼酸鹽	BCl ₃ , Na ₂ B ₄ O ₇
	+ V	過硼酸鹽	NaBO ₃
Ba	+ II	鹽	BaCl ₂
	+ IV	過氧化物	BaO ₂
Bi	+ III	鹽	BiCl ₃
	+ V	鉍酸鹽 尙有 + II, + III, + IV, + V, + VI 等氧化物	NaBiO ₃
Br	- I	溴化物	KBr
	+ I	次溴酸鹽	KBrO
	+ III	亞溴酸鹽	KBrO ₂
	+ V	溴酸鹽	KBrO ₃
	+ VII	過溴酸鹽	KBrO ₄

C	+ IV	鹽	$\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{CS}_2, \text{CO}_2$
	+ II	一氧化碳	CO
	+ I 至 + IV	} 碳化氫	} $\text{C}_2\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_6$ } CH_4
Ca	+ II	鹽	CaCl_2
Cd	+ II	鹽	CdCl_2
Ce	+ III	第一鹽	$\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$
	+ IV	第二鹽	$\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$
Cl	- I	氯化物	KCl
	+ I	次氯酸鹽	KClO
	+ III	亞氯酸鹽	KClO_2
	+ V	氯酸鹽	KClO_3
	+ VII	過氯酸鹽	KClO_4
			尚有與氧之化合物成 +I, + III, + IV, + V, + VII 之變化者。
Co	+ II	第一鹽	CoCl_2
	+ III	第二鹽	Co_2O_3
Cr	+ II	第一鹽	Cr_2C_2
	+ III	第二鹽, 亞鉻酸鹽	$\text{Cr}_2\text{Cl}_3, \text{KCr}_2\text{O}_7$
	+ VI	鉻酸鹽, 重鉻酸鹽, 三氧化 物	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7,$ Cr_2O_3
Cs	+ I	鹽	CsCl
Cu	+ I	第一鹽	CuCl

	+ II	第二鹽	CuC_2
F	- I	氟化物, 其他一切化合物	KF
Fe	+ II	第一鹽	FeCl_2
	+ III	第二鹽, 亞鐵酸鹽	$\text{FeCl}_3, \text{Fe}(\text{FeO}_2)_2$
	+ VI	鐵酸鹽	K_2FeO_4
H	+ I	幾爲一切之化合物	H_2O
	+ II	過氧化物	H_2O_2
Hg	+ I	第一鹽	Hg_2C_2
	+ II	第二鹽	HgCl_2
Ho	+ III	鹽	HoCl_3
In	+ I	鹽	InCl
	+ II	鹽	InCl ₂
	+ III	鹽	InCl ₃
Ir	+ II	鹽	IrCl ₂
	+ III	第一鹽	IrCl ₃
	+ IV	第二鹽	IrCl ₄
I	- I	碘化物	KI
	+ I	次碘酸鹽	KIO
	+ III	亞碘酸鹽, 三氧化物	$\text{KIO}_2, \text{I}_2\text{O}_3$
	+ IV	二氧化物	IO_2
	+ V	碘酸鹽, 五氧化物	$\text{KIO}_3, \text{I}_2\text{O}_5$
	+ VII	過碘酸鹽, 七氧化物	$\text{KIO}_4, \text{I}_2\text{O}_7$
K	+ I	鹽	KCl
La	+ III	鹽	LaCl_3

Li	+ I	鹽	LiCl	
Mg	+ II	鹽	MgCl ₂	
Mn	+ II	第一鹽	MnSO ₄	
	+ III	第二鹽	Mn ₂ (SO ₄) ₃	
	+ IV	二氧化物	Mn ₂ O ₃	
	+ VI	錳酸鹽, 三氧化物	K ₂ MnO ₄ , Mn ₂ O ₃	
	+ VII	高錳酸鹽, 七氧化物	KMnO ₄ , Mn ₂ O ₇	
	Mo	+ II	第一鹽	MoCl ₂
		+ III	第二鹽	MoCl ₃
+ IV		鹽	MoCl ₄	
+ V		鹽	MoCl ₅	
+ VI		鉬酸鹽, 三氧化物	Na ₂ MoO ₄ , MoO ₃	
N		- III	氮, 銨鹽及有機化合物	NH ₃ , NH ₄ Cl
	+ I	一氧化二氮	N ₂ O	
	+ II	一氧化氮	NO	
	+ III	亞硝酸, 亞硝酸鹽	N ₂ O ₃ , KNO ₂	
	+ IV	二氧化氮	NO ₂	
	+ V	硝酸, 硝酸鹽	N ₂ O ₅ , KNO ₃	
Na	+ I	鹽	NaCl	
Ni	+ II	第一鹽	NiO	
	+ III	第二鹽	Ni ₂ O ₃	
O	- II	鹽等	H ₂ O	
O ₃	+ II	第一鹽	O ₃ Cl ₂	
	+ IV	第二鹽	O ₃ Cl ₄	

P	+III	鹽	O_2Cl_3
	+VI	鉞酸鹽, 三氧化物	$K_2O \cdot O_4, O_5O_3$
	+VIII	高鉞酸鹽, 四氧化物	$K_2O \cdot O_5, O_5O_4$
	+I	次磷酸鹽	KH_2PO_2
	-III	磷化物	Ca_3P_2
	+III	第一鹽, 亞磷酸鹽	PCl_3, Na_2HPO_3
	+V	第二鹽, 磷酸鹽	PCl_5, Na_2HPO_4
Pb	+IV	低磷酸鹽	$KHIO_3$
	+II	第一鹽	$PbCl_2$
	+IV	第二鹽, 鉛酸鹽	$PbCl_4, Ca_2PbO_4$
		氧化物亦有 +I, +III 之變化。	
Pd	+I	第一鹽	PdO
	+IV	第二鹽	PdO_2
Pt	+II	第一鹽	$PtCl_2$
	+IV	第二鹽, 鉑酸鹽	$PtCl_4, Na_2Pt_3O_7$
Ra	+II	鹽	$RaBr_2$
Rb	+I	鹽	$RbCl$
Rh	+II	第一鹽	$RbCl_2$
	+III	第二鹽	$RbCl_3$
	+IV	鹽	$RbCl_4$
S	-I	硫化物	Na_2S_2
	-II	硫化物	Na_2S
	+II	硫代硫酸鹽	$Na_2S_2O_3$

	+ III	三氧化二硫	S_2O_3
	+ IV	二氧化硫, 亞硫酸鹽	SO_2, Na_2SO_3
	+ VI	三氧化硫, 硫酸鹽	SO_3, Na_2SO_4
	+ VII	七氧化二硫, 高硫酸	$S_2O_7, Na_2S_2O_8$
Sb	- III	銻化物	SbH_3
	+ III	第一鹽, 亞銻酸鹽	$SbCl_3, Na_3SbO_3$
	+ V	第二鹽, 銻酸鹽	$SbCl_5, KSbO_3$
		亦有 - I, - II 者。	
Sc	+ III	鹽	$ScCl_3$
Se	- II	硒化物	$FeSe$
	+ IV	亞硒酸鹽	$BaSeO_3$
	+ VI	硒酸鹽	$BaSeO_4$
Si	+ IV	矽化物	$M_{x-2}Si$
	+ VI	鹽, 矽酸鹽	$SiCl_4, Na_2SiO_3$
Sn	+ II	第一鹽, 亞錫酸鹽	$SnCl_2, K_2SnO_2$
	+ IV	第二鹽, 錫酸鹽	$SnCl_4, K_2SnO_3$
Sr	+ II	鹽	$SrCl_2$
Ta	+ V	鹽, 鉬酸鹽	$TaCl_5, NaTaO_3$
Te	- II	碲化物	$MgTe$
	+ II	第一鹽	$TeCl_2$
	+ IV	第二鹽, 亞碲酸鹽	$TeCl_4, BaTeO_3$
	+ VI	三氧化物, 碲酸鹽	$TeO_3, BaTeO_4$
Th	+ IV	鹽	$ThCl_4$
Ti	+ II	鹽	$TiCl_2$

	+ III	鹽, 亞鈦酸鹽	$TiCl_3, KTiO_2$
	+ IV	鹽, 鈦酸鹽	$TiCl_4, KT_2O_3$
		氧化物尚有 + VI 者。	
Ti	+ I	第一鹽	$TiCl$
	+ II	第二鹽	$TiCl_2$
	+ III	鹽	$TiCl_3$
U	+ III	鹽	UCl_3, U_2O_3
	+ IV	第一鹽	UCl_4
	+ V	鹽	UCl_5
	+ VI	第二鹽, 鈾酸鹽	UF_6, Na_2UO_4
	+ VIII	四氧化物	UO_4
V	+ II	第一鹽	$VOCl_2$
	+ III	第二鹽	$VOCl_3$
	+ V	鉬酸鹽	$(NH_4)_3VO_4$
		尚有變成 + I, + IV 之氧化物	
W	+ II	鹽	$WOCl_2, WO$
	+ IV	鹽	WCl_4, WO_2
	+ V	鹽	WCl_5
	+ VI	三氧化物, 鎢酸鹽	WO_3, Na_2WO_4
Zn	+ II	鹽	$ZnCl_2$
Zr	+ IV	鹽, 鋯酸鹽	$ZrCl_4, Na_2ZrO_3$

電 化 列 表

電 化 列 (Electromotive series)

1	Cs	15	Zr	29	Pb	43	Rh	57	V
2	Rb	16	Th	30	H	44	Pt	58	P
3	K	17	Ce	31	Ge	45	Ir	59	Se
4	Na	18	Di	32	In	46	Os	60	I
5	Li	19	La	33	Ga	47	Au	61	Br
6	Ba	20	Cr	34	Sb	48	Si	62	Cl
7	Sr	21	Mn	35	Bi	49	Ti	63	F
8	Ca	22	Zn	36	U	50	Cb	64	N
9	Mg	23	Cd	37	As	51	Ta	65	S
10	Be	24	Tl	38	Cu	52	Te	66	O
11	Yf	25	Fe	39	H ₂	53	C		
12	Er	26	Co	40	Ag	54	B		
13	Sc	27	Ni	41	Pd	55	W		
14	Al	28	Sn	42	Ru	56	Mo		

電 離 度 表

電 離 度 (Degree of Ionisation)

(a) 酸

物 質	濃 度	電 離 度 %	物 質	濃 度	電 離 度 %
H ₃ A·O ₄	$\frac{N}{10}$	Ca 40.0	H ₂ C ₂ O ₄	$\frac{N}{10}$	50.0

H_3BO_3	$\frac{N}{10}$	0.01	$\text{H}_2\text{H}_4\text{C}_4\text{O}_6$	$\frac{N}{10}$	8.2
HBr	$\frac{N}{2}$	90.0	H_2CO_3	$\frac{N}{10}$	0.17
HF	$\frac{N}{10}$	15.0	H_2CO_3	$\frac{N}{25}$	0.21
$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	N	0.4	HCl	$\frac{N}{10}$	11.0
$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	$\frac{N}{10}$	1.3	HCl	35%	12.6
HClO_3	$\frac{N}{2}$	88.0	HNO_3	$\frac{N}{10}$	92.0
HClO_4	$\frac{N}{2}$	88.0	HNO_3	62%	9.6
HCN	$\frac{N}{10}$	0.01	H_3PO_4	$\frac{N}{10}$	26.0
HONS	$\frac{N}{10}$	Ca 90.0	H_2S	$\frac{N}{10}$	0.07
HI	$\frac{N}{2}$	9.00	H_2SO_4	$\frac{N}{10}$	58.0
HMnO_4	$\frac{N}{2}$	93.0	H_2SO_4	95%	1.0

(b) 鹼

KOH	$\frac{N}{10}$	89.0	NH_4OH	$(\text{NH}_3) \frac{N}{10}$	1.3
NaOH	$\frac{N}{10}$	84.0	$\text{Sr}(\text{OH})_2$	$\frac{N}{64}$	93.0
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$\frac{N}{10}$	8.0	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\frac{N}{64}$	90.0
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$\frac{N}{64}$	92.0	LiOH	$\frac{N}{10}$	63.0

(c) 鹽

AgNO_3	$\frac{N}{10}$	81.0	NaCl	N	67.0
-----------------	----------------	------	------	---	------

BaCl ₂	$\frac{N}{10}$	76.0	NaCl	$\frac{N}{2}$	73.0
CaSO ₄	$\frac{N}{100}$	63.0	NaC	$\frac{N}{10}$	84.0
CuSO ₄	$\frac{N}{10}$	38.0	NaHCO ₃	N	52.0
K ₂ CO ₃	$\frac{N}{10}$	70.0	NaC ₂ H ₃ O ₂	$\frac{N}{10}$	78.0
KC ₂ H ₃ O ₂	$\frac{N}{10}$	85.0	NaNO ₃	$\frac{N}{10}$	83.0
KCl	$\frac{N}{10}$	86.0	Na ₂ H ₄ C ₄ O ₆	$\frac{N}{32}$	78.0
KClO ₃	$\frac{N}{10}$	82.0	Na ₂ HPO ₄	$\frac{N}{32}$	83.0
KNO ₃	$\frac{N}{10}$	83.0	Na ₂ SO ₄	$\frac{N}{32}$	69.0
K ₂ SO ₄	$\frac{N}{10}$	71.0	ZnCl ₂	$\frac{N}{10}$	73.0
NH ₄ Cl	$\frac{N}{10}$	85.0	ZnSO ₄	$\frac{N}{10}$	39.0

氫離子濃度

Sørensen 提倡氫離子濃度以摩爾濃度 [H⁺] 之逆數之對數表之，並採用 pH, Ph 等符號，稱為氫離子指數 (hydrogen ion exponent)。故由數學上之規約，可得次式：

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

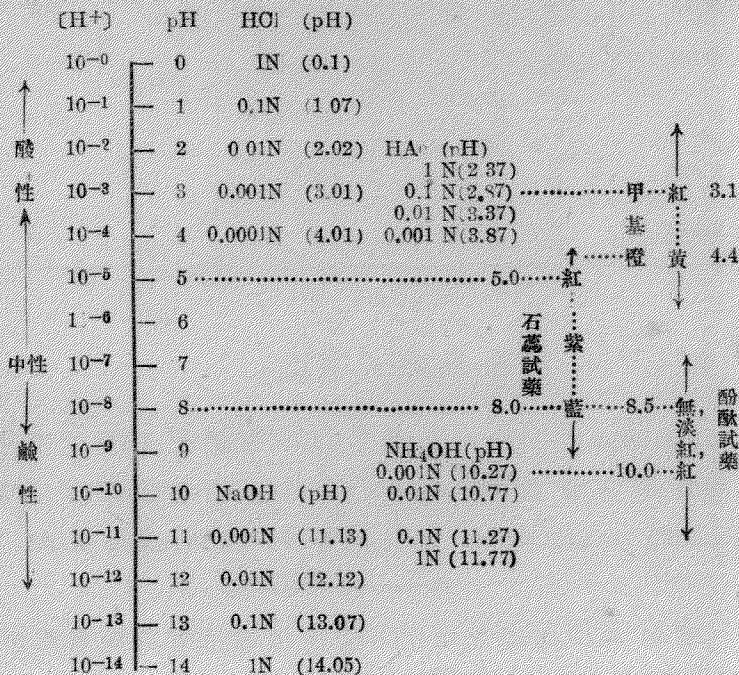
意即以 10 為底表示 [H⁺] 時之指數去其負號者為 pH。

例如， 設 [H⁺] = 10⁻¹ 則 pH 為 1

設 [H⁺] = 10⁻⁷ 則 pH 為 7

採用此表現法時在常溫下之液性。
 爲酸性時，即 $[H^+] > 10^{-7}$ 時 $pH < 7$
 爲中性時，即 $[H^+] = 10^{-7}$ 時 $pH = 7$
 爲鹼性時，即 $[H^+] < 10^{-7}$ 時 $pH > 7$

pH 比例尺



據此表現法從酸性弱者起其 pH 值增大。

液 性 之 強 弱

pH	(H^+)	(OH^-)	HCl	液 性
3 以下	10^{-3} 以上	.....	0.001 N 以上	極強之酸性
4	10^{-4}	.....	0.0001 N	強酸性
5	10^{-5}	.....	.....	中庸之酸性
6	10^{-6}	.....	.....	弱酸性
7	10^{-7}	10^{-7}	.....	中性
8	.....	10^{-6}	.....	弱鹼性
9	.....	10^{-5}	NaOH	中庸之鹼性
10	.....	10^{-4}	0.0001 N	強鹼性
11 以上	.....	10^{-3}	0.001 N 以上	極強之鹼性

第六章 主要酸鹼液之比重濃度對照表

1. 甲醇(酒精) C_2H_5OH (在 $15.56^\circ C$ $H_2O = 0.9991$)

容 量 %	比 重	容 量 %	比 重	容 量 %	比 重
1	0.9971	35	0.9583	69	0.8917
2	.9961	36	.9570	70	.8892
3	.9947	37	.9559	71	.8867
4	.9933	38	.9541	72	.8842
5	.9919	39	.9526	73	.8817
6	.9906	40	.9510	74	.8791
7	.9893	41	.9494	75	.8765
8	.9881	42	.9478	76	.8739
9	.9869	43	.9461	77	.8712
10	.9857	44	.9444	78	.8685
11	.9845	45	.9427	79	.8658
12	.9834	46	.9409	80	.8631
13	.9823	47	.9391	81	.8603
14	.98 2	48	.9373	82	.8575
15	.9802	49	.9354	83	.8547
16	.9791	50	.9335	84	.8519
17	.9781	51	.9315	85	.8488
18	.9771	52	.9295	86	.8458

19	.9761	53	.9275	87	.8428
20	.9751	54	.9254	88	.8397
21	.9741	55	.9234	89	.8365
22	.9731	56	.9213	90	.8332
23	.9720	57	.9192	91	.8299
24	.9710	58	.9170	92	.8265
25	.9700	59	.9148	93	.8230
26	.9689	60	.9126	94	.8194
27	.9679	61	.9104	95	.8157
28	.9669	62	.9082	96	.8118
29	.9655	63	.9059	97	.8077
30	.9646	64	.9036	98	.8034
31	.9634	65	.9013	99	.7988
32	.9622	66	.8989	100	.7939
33	.9609	67	.8965		
34	.9596	68	.8941		

2. 鹽酸 (HCl = 36.47) (在 15°C, 4°C 之水 = 1)

比重 15° 4° 真空	重量 %	1L 中 之克數	比重 15° 4° 真空	重量 %	1L 中 之克數	比重 15° 4° 真空	重量 %	1L 中 之克數
1.000	0.16	1.6	1.075	15.16	163	1.145	28.61	328
.005	1.15	12	.080	16.15	174	.150	29.57	340
.010	2.14	22	.085	17.13	186	.152	29.95	345

.015	3.12	32	.090	18.11	197	.155	30.55	353
.020	4.13	42	.095	19.06	209	.160	31.52	366
.025	5.15	53	1.100	20.01	220	.163	32.10	373
.030	6.15	64	.105	20.97	232	.165	32.49	379
.035	7.15	74	.110	21.92	243	.170	33.46	392
.040	8.16	85	.115	22.86	255	.171	33.65	394
.045	9.16	96	.120	23.82	267	.175	34.42	404
.050	10.17	107	.125	24.78	278	.180	35.39	418
.055	11.18	118	.130	25.75	291	.185	36.31	430
.060	12.19	129	.135	26.70	303	.190	37.23	443
.065	13.19	141	.140	27.66	315	.195	38.16	456
.070	14.17	152	.145	28.14	322	1.200	39.11	469

3. 硝酸 ($\text{HNO}_3 = 63.02$)

比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$ 真空	重量 %	1L 中 之克數	比重 $\frac{5^\circ}{4^\circ}$ 真空	重量 %	1L 中 之克數	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$ 真空	重量 %	1L 中 之克數
1.000	0.10	1	1.205	33.09	359	1.400	65.30	914
.005	1.00	10	.210	33.82	409	.405	66.40	933
.010	1.90	19	.215	34.55	420	.410	67.0	952
.015	2.80	28	.220	35.28	430	.415	68.63	971
.020	3.70	38	.225	36.03	441	.420	69.80	991
.025	4.60	47	.230	36.78	452	.425	70.93	1001
.030	5.50	57	.235	37.53	463	.430	72.17	1032

.035	6.38	66	.240	38.29	475	.435	73.89	1052
.040	7.26	75	.245	39.05	486	.440	74.68	1075
.045	8.13	85	.250	39.82	498	.445	75.98	1098
.050	8.99	94	.255	40.58	509	.450	77.28	1121
.055	9.84	104	.260	41.34	521	.455	78.60	1141
.060	10.68	113	.265	42.10	533	.460	79.93	1168
.065	11.51	123	.270	42.87	544	.465	81.42	1193
.070	12.33	132	.275	43.64	556	.470	82.90	1219
.075	13.15	141	.280	44.41	568	.475	84.45	1246
.080	13.95	151	.285	45.18	581	.480	86.05	1274
.085	14.74	160	.290	45.95	593	.485	87.70	1302
.090	15.53	169	.295	46.72	605	.490	89.60	1335
.095	16.32	179	1.300	47.49	617	.495	91.60	1369
1.100	17.11	188	.305	48.26	630	1.500	94.09	1411
.105	17.89	198	.310	49.07	643	.501	94.60	1420
.110	18.67	207	.315	49.89	656	.502	95.08	1428
.115	19.45	217	.320	50.71	669	.503	95.55	1436
.120	20.23	227	.325	51.53	683	.504	96.00	1444
.125	21.00	236	.330	52.37	697	.505	96.39	1451
.130	22.77	246	.333	52.80	704	.506	96.79	1457
.135	22.54	256	.335	53.22	710	.507	97.13	1464
.140	23.31	266	.340	54.07	725	.508	97.50	1474
.145	24.08	276	.345	54.93	739	.509	97.85	1476
.150	24.84	286	.350	55.79	753	.510	98.10	1481

.155	25.60	296	.355	56.66	768	.511	93.32	1486
.160	26.33	08	.363	57.57	783	.512	93.53	1490
.165	27.12	316	.365	58.48	798	.513	93.73	1494
.170	27.88	326	.370	59.39	814	.514	93.90	1497
.175	28.63	336	.375	60.30	829	.515	94.07	1501
.180	29.38	347	.380	61.27	846	.516	94.21	1504
.185	30.13	357	.383	61.92	857	.517	94.34	1507
.190	30.88	367	.385	62.24	862	.518	94.46	1510
.195	31.62	378	.390	63.23	879	.519	94.57	1512
1.200	32.36	388	.395	64.25	896	.520	94.67	1515

4. 硫酸 ($H_2SO_4 = 98.08$)

Be°	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 %	1L 中之 克數	Be°	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 %	1L 中之 克數
0	1.000	0.9	9	34	1.308	40.2	526
1	.007	1.9	19	35	.320	41.6	549
2	.014	2.8	28	36	.332	43.0	573
3	.022	3.8	39	37	.345	44.4	597
4	.029	4.8	49	38	.357	45.5	617
5	.037	5.8	60	39	.370	46.9	642
6	.045	6.8	71	40	.383	48.3	668
7	.052	7.8	82	41	.397	49.8	696
8	.060	8.8	93	42	1.410	51.2	722
9	.067	9.8	105	43	.424	52.8	749

10	.075	10.8	116	44	.438	54.0	777
11	.083	11.9	129	45	.453	55.4	805
12	.091	13.0	142	46	.468	56.9	835
13	1.100	14.1	155	47	.483	58.3	864
14	.108	15.2	168	48	.498	59.6	893
15	.116	16.2	181	49	1.514	61.0	923
16	.125	17.3	195	50	.530	62.5	956
17	.134	18.5	210	51	.540	64.0	990
18	.142	19.6	224	52	.563	65.5	1024
19	.152	20.8	238	53	.580	67.0	1059
20	.162	22.2	258	54	.597	68.6	1095
21	.171	23.3	273	55	1.615	70.0	1131
22	.180	24.5	289	56	.634	71.6	1170
23	.190	25.8	307	57	.652	73.2	1210
24	1.200	27.1	325	58	.672	74.7	1248
25	.210	28.4	344	59	.691	76.4	1292
26	.220	29.6	361	60	1.711	78.1	1336
27	.231	31.0	382	61	.732	79.0	1384
28	.241	32.2	400	62	.753	81.7	1432
29	.252	33.4	418	63	.774	84.1	1492
30	.263	34.7	438	64	.796	86.5	1554
31	.274	36.0	459	65	1.819	89.7	1632
32	.285	37.4	481	66	.842	100.0	842
33	.297	38.8	503				

5. 濃硫酸

Be'	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 %	Be'	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 %	Be'	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 %
65.1	.8185	90.00		1.8372	94.00		1.8412	98.00
.....	.8195	90.20	66.0	.8387	94.84		.8406	98.59
65.4	.8241	91.00	66.0	.8390	95.00		.8409	98.66
.....	.8271	91.48		.8406	95.97		.8403	99.00
65.6	.8294	92.00		.8406	96.00		.8395	99.47
.....	.8334	92.83		.8410	97.00		.8384	100.00
65.8	.8336	93.00		.8413	97.70			

6. 磷酸 ($H_3PO_4 = 98.06$)

比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%
1.0054	1	1.1262	21	1.2731	41
.0109	2	.1329	22	.2813	42
.0164	3	.1397	23	.2894	43
.0220	4	.1465	24	.2976	44
.0276	5	.1534	25	1.3059	45
.0333	6	.1604	26	.3143	46
.0390	7	.1674	27	.3227	47
.0449	8	.1745	28	.3313	48
.0508	9	.1817	29	.3399	49

.0567	10	.1889	30	.3186	50
.0627	11	.1962	31	.3573	51
.0688	12	1.2036	32	.3661	52
.0749	13	.2111	33	.3750	53
.0811	14	.2186	34	.3840	54
.0874	15	.2262	35	.3931	55
.0937	16	.2338	36	1.4022	56
1.1001	17	.2415	37	.4114	57
.1065	18	.2493	38	.4207	58
.1130	19	.2572	39	.4301	59
.1196	20	.2651	40	.4395	60

7. 醋酸 ($\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2 = 60.03$)

比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%	比重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量%
1.0007	1	1.0363	26	1.0623	51	1.0747	76
.0022	2	.0375	27	.0631	52	.0748	77
.0037	3	.0388	28	.06 8	53	.0748	78
.0052	4	.0400	29	.0646	54	.0748	79
.0067	5	.0412	30	.0653	55	.0748	80
.0083	6	.0424	31	.0660	56	.0747	81
.0098	7	.0436	32	.0666	57	.0746	82
.0113	8	.0447	33	.0673	58	.0744	83

.0127	9	.0459	34	.0679	59	.0742	81
.0142	10	.0470	35	.0685	60	.0739	85
.0157	11	.0481	36	.0691	61	.0736	86
.0171	12	.0492	37	.0697	62	.0731	87
.0185	13	.0502	38	.0702	63	.0726	88
.0200	14	.0513	39	.0707	64	.0720	89
.0214	15	.0523	40	.0712	65	.0713	90
.0228	16	.0533	41	.0717	66	.0705	91
.0242	17	.0543	42	.0721	67	.0696	92
.0256	18	.0552	43	.0725	68	.0686	93
.0270	19	.0562	44	.0729	69	.0674	94
.0284	20	.0571	45	.0733	70	.0660	95
.0298	21	.0580	46	.0737	71	.0644	96
.0311	22	.0589	47	0.40	72	.0642	97
.0324	23	.0598	48	.0742	73	.0604	98
.0337	24	.0607	49	.0744	74	.0580	99
.0350	25	.0615	50	.0746	75	.0553	100

8. 氨水 ($\text{NH}_3 = 17.02$)

比 重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 % (NH_3)	1L 中之 克數 (15°)	比 重 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$	重量 % (NH_3)	1L 中之 克數 (15°)
1.000	0.00	0.0	.940	15.63	146.8
.998	0.45	4.5	.938	16.22	152.0
.996	0.91	9.1	.936	16.82	157.3

.994	1.37	13.6	.934	17.42	162.6
.992	1.84	18.2	.932	18.03	167.9
.990	2.31	22.8	.930	18.64	173.2
.986	3.30	32.5	.926	19.87	183.8
.982	4.30	42.2	.922	21.12	194.6
.980	4.80	47.0	.920	21.75	199.9
.974	6.30	61.3	.914	23.68	216.2
.970	7.31	70.8	.910	24.99	227.2
.968	7.82	75.6	.908	25.65	232.7
.966	8.33	80.4	.906	26.31	238.2
.964	8.84	85.1	.904	26.98	243.7
.962	9.37	90.1	.902	27.65	249.2
.960	9.91	95.1	.900	28.33	254.7
.958	10.47	100.2	.898	29.01	260.3
.954	11.60	110.6	.894	30.37	271.3
.952	12.17	110.8	.892	31.05	276.7
.950	12.74	120.9	.890	31.75	282.3
.948	13.31	126.1	.888	32.50	288.3
.946	13.88	131.2	.886	33.25	294.3
.944	14.46	136.4	.884	34.10	301.2
.942	15.04	141.4	.882	34.95	308.0

9 氫氧化鈉 ($\text{NaOH} = 40.01$)

比重 15°	重量 %	1L 中 之克數	比重 15°	重量 %	1L 中 之克數	比重 15°	重量 %	1L 中 之克數
1.007	0.59	6.0	1.142	12.69	145.0	1.320	28.83	380.6

1.014	1.20	12.0	1.152	13.50	155.5	1.332	30.00	399.6
1.022	1.85	18.9	1.162	14.35	166.6	1.345	31.20	419.6
1.029	2.50	25.7	1.171	15.15	177.4	1.357	32.50	441.0
1.036	3.15	32.6	1.180	16.00	188.8	1.370	33.73	462.1
1.045	3.79	39.6	1.190	16.91	201.2	1.383	35.00	484.1
1.052	4.50	47.3	1.200	17.81	213.7	1.397	36.36	507.9
1.060	5.20	55.0	1.210	18.71	236.4	1.410	37.65	530.9
1.067	5.85	62.5	1.220	19.65	239.7	1.424	39.06	556.2
1.075	6.58	70.7	1.231	20.60	253.6	1.438	40.47	582.0
1.083	7.30	79.1	1.241	21.55	267.4	1.453	42.02	610.6
1.091	8.07	88.0	1.252	22.50	281.7	1.468	43.58	639.8
1.100	8.78	96.6	1.263	23.50	296.8	1.483	45.16	669.7
1.108	9.50	105.3	1.274	24.48	211.9	1.498	46.3	700.0
1.116	10.30	114.9	1.285	25.50	327.7	1.514	48.81	732.9
1.125	11.06	124.4	1.297	26.58	344.7	1.500	50.10	766.5
1.134	11.90	134.9	1.308	27.68	361.7			

10. 氫氧化鉀 (KOH = 56.11)

比重 15°	重量%	1L 中 之克數	比重 15°	重量%	1L 中 之克數	比重 15°	重量%	1L 中 之克數
1.007	0.9	9	1.171	19.5	228	1.397	38.9	513
1.014	1.7	17	1.180	20.5	242	1.410	39.9	563
1.022	2.6	26	1.190	21.4	225	1.44	40.9	582
1.029	3.5	36	1.200	22.4	262	1.438	42.1	605

1.037	4.5	46	1.210	23.3	232	1.453	43.4	631
1.015	5.6	58	1.220	24.2	295	1.468	44.6	655
1.052	6.4	67	1.231	25.1	309	1.483	45.8	679
1.060	7.4	78	1.24	26.1	324	1.498	47.1	706
1.067	8.2	88	1.252	27.0	338	1.514	48.3	731
1.075	9.2	99	1.263	28.0	353	1.530	49.4	756
1.083	10.1	109	1.274	28.9	368	1.546	50.6	779
1.091	10.9	119	1.285	29.8	385	1.563	51.9	811
1.100	11.0	132	1.297	30.7	398	1.580	53.2	840
1.108	12.9	143	1.308	31.8	416	1.597	54.5	870
1.116	13.8	153	1.320	32.7	432	1.615	55.9	902
1.125	14.8	167	1.332	33.7	449	1.634	57.5	940
1.134	15.7	178	1.345	34.9	469			
1.142	16.5	183	1.357	35.9	487			
1.152	17.6	203	1.370	36.9	506			
1.162	18.6	216	1.383	37.8	522			

11. 濃酸 (Concentrated Acide) 及 氫氧化鈉

分子式	比 重	重量 %	濃 度	不 純 物
HCl	1.189	37.9	12 N	H ₂ SO ₄ , SO ₂ , Cl ₂ , Ca, Al, FeCl ₃ , Sn, As.
HNO ₃	1.420	69.8	16 N	H ₂ SO ₄ , HCl, NO ₂ , 鹼土 族, 重金屬。

H_2SO_4	1.840	96.0	36 N	HNO_3 , NO_2 , 鹵素, NH_4 , As, S ₂ , Pb.
H_3PO_4	1.70	85.0	15 N	HNO_3 , 鹵素之氯化物, H_2SO_4 , $HClO_3$, NH_4 , 有機物
HF		40.0	21 N	H_2SO_4 , 鹼土族, As, 重金 屬
$HC_2H_3O_2$	1.074	98	18 N	HCl, H_2SO_4 , Ca, F, Cu, Pb.
NH_4OH	0.90	28.0 (NH_3)	15 N	Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , 吡啶 (pyridine) 鹼。

12. 婆美換算比重表

B	比重	Be'	比重	Be'	比重	B'	比重
0	1.00000	20	1.15497	40	1.36680	60	1.67378
1	1.00675	21	1.16399	41	1.37945	61	1.69279
2	1.01360	22	1.17316	42	1.39234	62	1.71223
3	1.02054	23	1.18246	43	1.40547	63	1.73213
4	1.02757	24	1.19192	44	1.41885	64	1.75250
5	1.03471	25	1.20153	45	1.43248	65	1.77335
6	1.04194	26	1.21129	46	1.44638	66	1.79470
7	1.04927	27	1.22122	47	1.46056	67	1.81657
8	1.0567	28	1.23131	48	1.47501	68	1.83899
9	1.06426	29	1.24156	49	1.48971	69	1.86196

10	1.07191	30	1.25199	50	1.50479	70	1.88551
11	1.07968	31	1.26260	51	1.52014	71	1.90967
12	1.08755	32	1.27333	52	1.53580	72	1.93446
13	1.09555	33	1.28436	53	1.55179	73	1.95989
14	1.10366	34	1.29522	54	1.56812	74	1.98601
15	1.11189	35	1.30638	55	1.58471	75	2.01283
16	1.12025	36	1.31844	56	1.60182	76	2.04038
17	1.12873	37	1.33621	57	1.61923		
18	1.13735	38	1.34218	58	1.63701		
19	1.14609	39	1.35438	59	1.65519		

註 婆美 = Baume' = B₃'

第七章 陽離子反應表

第一屬(氯化氫屬或銀屬)

試藥 \ 離子	Ag ⁺ AgNO ₃	Hg ₂ ⁺⁺ Hg ₂ (NO ₃) ₂	Pb ⁺⁺ Pb(NO ₃) ₂
HCl	生白色 AgCl 沈澱 可溶於 NH ₄ OH, KCN, N ₂ S ₂ O ₃ 難溶於鹼 見日光漸漸變黑	生白色 Hg ₂ Cl ₂ 沈澱 可溶於 HNO ₃ 王水 難溶於 HCl 遇 NH ₄ OH 變黑	生白色 PbCl ₂ 沈澱 可溶於溫水 在冷水中溶解量甚微 難溶於 NH ₄ OH.
H ₂ S	生黑色 Ag ₂ S 沈澱 可溶於溫 HNO ₃	生黑色 Hg ₂ S + H ₂ 沈澱 可溶於王水	生黑色 PbS 沈澱 可溶於 HNO ₃
NH ₄ OH	生褐色 Ag ₂ O 沈澱 可溶於 HNO ₃ , NH ₄ OH (過剩)	生黑色 HgNH ₂ Cl·Hg 沈澱 難溶於過剩之 NH ₄ OH	生白色鹼性鹽沈澱 難溶於過剩之 NH ₄ OH
NaOH	生褐色 Ag ₂ O 沈澱 可溶於 HNO ₃ , NH ₄ OH	生黑色 Hg ₂ O 沈澱 可溶於 HNO ₃ 難溶於 NH ₄ OH	生白色 Pb(OH) ₂ 沈澱 可溶於過剩之 NaOH 及 HNO ₃ , 難溶於 NH ₄ OH
Na ₂ CO ₃	生白色 Ag ₂ CO ₃ 沈澱 可溶於 NH ₄ OH.	生黃色之鹼性碳酸鹽 即變為黑色之 Hg ₂ O	生澱鉛白, 即 2 PbCO ₃ + Pb(OH) ₂

H_2SO_4	僅在濃溶液時生白色 Ag_2SO_4 沈澱	生白色 H_2SO_4 沈澱 稍可溶於水	生白色 $PbSO_4$ 沈澱 可溶於 $NH_4Ac, NaOH$.
K_2CrO_4	生暗紅色 As_2CrO_4 沈澱 可溶於 HNO_3, NH_4OH .	生暗紅色鹼性鹽之沈 澱	生黃色 $PbCrO_4$ 沈澱 稍溶於 HNO_3
KI	生淡黃色 AsI 沈澱	生黃綠色 Hg_2I_2 沈澱 因過剩而成灰色	生橙黃色 PbI_2 沈澱 可溶於過剩及溫水
$SnCl_2$	生白色 $AgCl$ 沈澱	生暗灰色 Hg_2Cl_2Hg 沈澱	生白色 PbO_2 沈澱

第二屬(硫化氫屬)銅類

離子 試藥	Hg^{++} H_2Cl_2	Cu^{++} $Cu(NO_3)_2$	Bi^{+++} $Bi(NO_3)_3$	Cd^{++} $Cd(NO_3)_2$
H_2S	生黑色 HgS 沈澱 可溶於王水 難溶於 HNO_3 , $(NH_4)_2S$	生黑色 CuS 沈澱 可溶於 KCN , HNO_3 對 $(NH_4)_2S$ 之溶 解程度極微	生黑色 Bi_2S_3 沈 澱 可溶於 HNO_3 難溶於 $(NH_4)_2S$	生黃色 CdS 沈澱 可溶於 HNO_3 , H_2SO_4 難溶於 KCN , $(NH_4)_2S$
NH_4OH	生白色沈澱, 即 $HgNH_2Cl \cdot NH_4Cl$	生帶有綠藍色之 鹼性鹽沈澱 可溶於過剩之 NH_4OH .	生白色 $BiO(OH)$ 沈澱 難溶於過剩之 NH_4OH .	生白色 $Cd(OH)_2$ 沈澱 可溶於過剩之 NH_4OH .
N OH	生黃色 HgO 沈澱 可溶於 HNO_3 ,	生帶藍色之 $Cu(OH)_2$ 沈澱	生白色 $BiO(OH)$ 沈澱	生白色 $Cd(OH)_2$ 沈澱

	因 NH_4Cl 共存 成爲白色	加熱而成爲 CuO , 可溶於 HNO_3 , NH_4OH .	可溶於 HNO_3 , 難溶於 NH_4OH	可溶於 HNO_3 , NH_4OH
N_2CO_3	生紅褐色之 $x\text{HgCl}_2 \cdot y\text{HgO}$ 沈澱 因加熱變成 HgO	生淡藍色之 $x\text{CuCO}_3 \cdot$ $y\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沈澱 因加熱而成 CuO	生 $\text{Bi}_4(\text{OH})_2\text{O}_3$ - (CO_3) 之白色鹼 性碳酸鹽沈澱	生白色 CdCO_3 沈澱
$\text{K}_1\text{Fe}(\text{CN})_6$	生白色沈澱, 但放 置之, 則成淡藍色	生紅褐色之 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 沈澱 在 NH_4OH 微量 溶解	生淡黃色之沈澱 可溶於 HCl	生白色之 $\text{Cd}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 沈 澱 可溶於 HCl
SnO_2	生白色 Hg_2Cl_2 沈澱 後成灰色之 $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Hg}$	僅在濃厚時生白 色之 Cu_2Cl_2 沈 澱	若加 N OH , 則生黑色 Bi}	... ..
H_2O}	... ..	... ..	生白色之 BiOCl 沈澱	... ..

第二屬(硫化氫屬)錫類

離子 試藥	A^{+++} $\text{Na}_3\text{A} \cdot \text{O}_3$	Sb^{+++} SbCl_2	Sn^{++} SnCl_2
H_2S	生黃色 As_2S_3 沈澱 可溶於 $(\text{NH}_3)_2\text{S}_x$, Na_2S , 難溶於 HCl	生橙紅色 Sb_2S_3 沈澱 可溶於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$, Na_2S , HCl	生暗褐色 SnS 沈澱 可溶於 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x, \text{HCl}$, 難溶於 N_2S
NH_4OH}	... ..	生白色 $\text{Sb}(\text{OH})_3$ 沈澱 過剩亦難溶	生白色 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沈澱 過剩則成黑色

NaOH	... ..	生白色 $Sb(OH)_3$ 沈澱 過剩則可溶	生白色 $Sn(OH)_2$ 沈澱 過剩則可溶
Na_2CO_3	... ..	生白色 $Sb(OH)_3$ 沈澱 過剩會可溶解	生白色 $Sn(OH)_2$ 沈澱 過剩亦難溶
$AgNO_3$	生黃色 $As_3As_2O_3$ 沈澱 可溶於 HNO_3, NH_4OH	生 $AgCl$ 沈澱	生 $AgCl$ 沈澱
$HgCl_2$	生黃色 $Hg_3As_2O_6$ 沈澱. 可溶於酸	... ..	生白色 Hg_2Cl_2 或 $Hg_2Cl_2 + Hg$ 之灰色 沈澱
苦土混液	... ..	生白色 $Sb(OH)_3$ 沈澱 過剩則可溶	生白色 $Sn(OH)_2$ 沈澱 過剩亦難溶
初生態氫氣	發生 AsH_3 , 生神鏡 可溶於 $NaOCl$.	發生 SbH_3 , 生錫鏡 難溶於 $NaOCl$.	生澱灰色之 Sn .
H_2O	... ..	生白色 $SbOCl$ 沈澱	... ..

第三屬(硫化銨屬)鐵類 A.

離子 \ 試藥	H ₂ S	(NH ₄) ₂ S	NH ₄ OH
Fe ⁺⁺ FeSO ₄	在酸性溶液不生澱， 在中性液稍生澱， 在稀 HAc 溶液生 澱。	生黑色 FeS 沈澱， 可溶於醋酸，HCl。	生白色 Fe(OH) ₂ 沈澱，即變成綠色， 若有 NH ₄ Cl 共存， 則不生澱。
Co ⁺⁺ Co(NO ₃) ₂	同 Fe	生黑色 CoS 沈澱， 可溶於王水，難溶 於稀 HAc。	生鹼性鹽沈澱，過 剩則可溶，若遇 NH ₄ Cl 共存，則不 生澱。
Ni ⁺⁺ Ni(NO ₃) ₂	同 Fe	生黑色 NiS 沈澱， 其他與 Co 同。	生淡綠色 Ni(OH) ₂ 沈澱，可溶於 NH ₄ OH, NH ₄ Cl。
Mn ⁺⁺ MnCl ₂	同 Fe	生肉色 MnS 沈澱， 可溶於 HCl, HAc。	生白色 Mn(OH) ₂ 沈澱，氧化則難溶 於 NH ₄ Cl。
Zn ⁺⁺ Zn(NO ₃) ₂	同 Fe	生白色 ZnS 沈澱， 可溶於 HCl，難溶 於 HAc。	生白色 Zn(OH) ₂ 沈澱，可溶於 NH ₄ Cl, NH ₄ OH

第三屬(硫化鉍屬)鐵類B.

離子	試藥	NaOH	(NH ₄) ₂ CO ₃	Na ₂ CO ₃
Fe ⁺⁺	FeSO ₄	生白色 Fe(OH) ₂ 沈澱, 氧化而為 Fe(OH) ₃ , 可溶於 NH ₄ Cl, 酸。	生白色 FeCO ₃ 沈 澱, 過剩則可溶。	生白色 FeCO ₃ 沈 澱, 可溶於 NH ₄ Cl。
Co ⁺⁺	Co(NO ₃) ₂	生藍色 Co(OH) ₂ 沈澱, 氧化而為 Co(OH) ₃ , 可溶於 NH ₄ OH, NH ₄ Cl, 酸。	生桃色 CoCO ₃ 沈 澱, 與 Fe 同	生桃色 CoCO ₃ 沈 澱, 可溶於 NH ₄ OH, NH ₄ Cl。
Ni ⁺⁺	Ni(NO ₃) ₂	生淡綠色 Ni(OH) ₂ 沈澱, 可溶於 NH ₄ Cl, NH ₄ OH, 酸。	生綠色 NiCO ₃ 沈 澱, 與 Fe 同。	生綠色 NiCO ₃ 沈 澱, 可溶於 NH ₄ OH, NH ₄ Cl。
Mn ⁺⁺	MnCl ₂	生白色 Mn(OH) ₂ 沈澱, 可溶於 NH ₄ Cl, 酸, 如以 PbO ₂ 與 HNO ₃ 煮沸之, 則成 HMnO ₄ 。	生白色 MnCO ₃ 沈 澱, 過剩亦不溶。	生白色 MnCO ₃ 沈 澱, 稍溶於 NH ₄ Cl。
Zn ⁺⁺	Zn(NO ₃) ₂	生白色 Zn(OH) ₂ 沈澱, 可溶於 NaOH, NH ₄ Cl, NH ₄ OH, 酸。	生白色 ZnCO ₃ 沈 澱, 與 Fe 同。	生白色 ZnCO ₃ 沈 澱, 可溶於 NH ₄ OH, NH ₄ Cl。

第三屬(硫化銨屬)鐵類C.

離子 \ 試藥	$K_4Fe(CN)_6$	$K_3Fe(CN)_6$	硼砂球
Fe^{++} $FeSO_4$	生淡藍色 $Fe_2Fe(CN)_6$ 沈澱, 即成藍色, 難溶於 HCl.	生深藍色 $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ 沈 澱, 難溶於 HCl.	氧化焰 { 溫...紅 冷...黃 還元焰 { 溫...綠 冷...綠
Co^{++} $Co(NO_3)_2$	生綠色 $Co_2Fe(ON)_6$ 沈澱, 即成藍色, 難 溶於 HCl.	生暗褐色 $Co_3[Fe(ON)_6]_2$ 沈 澱, 難溶於 HCl, NH_4OH .	{ 藍 藍 藍 藍
Ni^{++} $Ni(NO_3)_2$	生淡綠色之 $Ni_2Fe(ON)_6$ 沈澱, 難溶於 HCl.	生黃綠色 $Ni_3[Fe(ON)_6]_2$ 沈 澱, 難溶於 HCl.	{ 紫 紅褐 灰濁 灰濁
Mn^{++} $MnCl_2$	生白色 $Mn_2Fe(ON)_6$ 沈澱, 可溶於 HCl.	生褐色 $Mn_3[Fe(ON)_6]_2$ 沈 澱, 難溶於 HCl.	{ 紫紅色 紅色 無色 無色
Zn^{++} $Zn(NO_3)_2$	生白色 $Zn_2Fe(CN)_6$ 沈澱, 可溶於 HCl.	生黃褐色之 $Zn_3[Fe(CN)_6]_2$ 沈 澱, 可溶於 HCl.	{ 無色 無色 無色 無色

第三屬(硫化鉍屬)鋁類

試藥 \ 離子	Al ⁺⁺⁺ Al(NO ₃) ₃	Cr ⁺⁺⁺ Cr(NO ₃) ₃	Fe ⁺⁺⁺ FeCl ₃
H ₂ S	... ..	... ..	生黑色 FeS 沈澱。
(NH ₄) ₂ S	生白色 Al(OH) ₃ 沈澱。	生綠色 Cr(OH) ₃ 沈澱。	生黑色 FeS 沈澱。
NH ₄ OH	生白色 Al(OH) ₃ 沈澱，過剩則稍溶，遇 NH ₄ 鹽存在時，則不溶性增加。	生綠色 Cr(OH) ₃ 沈澱，過剩則稍溶，成紫色。若煮沸之，則再生澱。	生紅褐色 Fe(OH) ₃ 沈澱，過剩亦不溶。
NaOH	生白色 Al(OH) ₃ 沈澱，過剩則溶解。	生綠色 Cr(OH) ₃ 沈澱，過剩則溶解。	生紅褐色 Fe(OH) ₃ 沈澱，過剩亦難溶。
Na ₂ CO ₃ 或 (NH ₄) ₂ CO ₃	生澱白色鹼性鹽 Al(OH) ₃ 。	生澱綠色鹼性鹽 Cr(OH) ₃ 。	生澱紅褐色鹼性鹽 Fe(OH) ₃ 。
NH ₄ Ac +C ₂ H ₄ O ₂	生澱白色鹼性醋酸鹽 Al(OH)(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ 。	綠色鹼性醋酸鹽 (同 Al)	紅褐色鹼性醋酸鹽 (同 Al)
Na ₂ HPO ₄	生白色 AlPO ₄ 或 H ₆ Al(PO ₄) ₃ 沈澱， 可溶於 HCl, NaOH.	生綠色 CrPO ₄ 或 H ₆ Cr(PO ₄) ₃ 沈澱， (與 Al 同)	生黃白色 FePO ₄ 或 H ₆ Fe(PO ₄) ₃ 沈澱， (與 Al 同)
K ₃ Fe(CN) ₆	... ..	... ..	褐色或暗綠色。

$K_4Fe(CN)_6$	... ..	... ..	生深藍色 $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ 沈澱，不溶於 HCl，遇 NaOH 則分解。
KSCN	... ..	... ..	呈血赤色 $Fe(SCN)_3$ ，共存 HCl，銳敏度更增。
Na_2O_2 或 $KClO_3$ + HNO_3	... ..	生鉻酸鹽 K_2CrO_4 或鉻酸 H_2CrO_4 ，成 黃色液。	... ..

第四屬(碳酸銨屬, 鹼土類)

試藥 \ 離子	Ba ⁺⁺ $Ba(NO_3)_2$	Sr ⁺⁺ $Sr(NO_3)_2$	Ca ⁺⁺ $Ca(NO_3)_2$
NaOH	僅於濃厚溶液時生白色 $Ba(OH)_2$ 沈澱，可溶於酸。	(同 Ba)	生白色 $Ca(OH)_2$ 沈澱，稍溶於水，難溶於酸。
Na_2CO_3 或 $(NH_4)_2CO_3$	生白色 $BaCO_3$ 沈澱，可溶於酸。	(同 Ba)	(同 Ba)
$(NH_4)_2C_2O_4$	生白色 BaC_2O_4 沈澱，可溶於 HCl，稍	生白色 SrC_2O_4 沈澱，	生白色 CaC_2O_4 沈澱，可溶於 HCl，難

	溶於 HAc.	(同 Ba)	溶於 HAc.
H ₂ SO ₄	生白色 BaSO ₄ 沈澱， 不溶於酸。	生白色 SrSO ₄ 沈澱， 稍可溶於稀酸。	在濃厚溶液產生 CaSO ₄ 沈澱，稍溶於水。
K ₂ CrO ₄	生黃色 BaCrO ₄ 沈 澱，難溶於稀 HAc.	生黃色 SrCrO ₄ ，立 即溶解。	... ..
Na ₂ HPO ₄	生白色 Ba ₃ HPO ₄ 沈 澱，係不溶性。	(同 Ba)	(同 Ba)
Na ₂ HPO ₄ NH ₄ OH	生白色 Ba ₃ (PO ₄) ₂ 沈澱，可溶於酸，稍溶 於 NH ₄ Cl.	(同 Ba)	(同 Ba)
焰色試驗	黃 綠 色	紅 色	橙 赤 色

第五屬(可溶性屬)

試藥	離子 Mg ⁺⁺ Mg(NO ₃) ₂	Na ⁺ NaNO ₃	K ⁺ KNO ₃	NH ₄ ⁺ NH ₄ NO ₃
NH ₄ OH	生白色 Mg(OH) ₂ 沈澱。	... ..	... ..	... ..
KOH 或	生白色 Mg(OH) ₂ 沈澱， 可溶於酸，	... ..	... ..	由加熱發生NH ₃ 。

NaOH	NH ₄ Cl			
Na ₂ CO ₃	生白色沈澱之 α MgCO ₃ - γ Mg(OH) ₂	... ..	... ..	... ..
MgHPO ₄	生白色 MgHPO ₄ 沈澱, 若有 NH ₄ OH 共 存,則生白色沈澱 之 MgNH ₄ PO ₄.	... ..	... ..	... ..
KH ₂ AsO ₄ +NH ₄ OH	生白色結晶性 之 MgNH ₄ AsO ₄ 沈澱。	... ..	... ..	... ..
Na ₃ Co(NO ₂) ₆	... ..	... ..	生黃色沈澱之 K ₂ NaCo(NO ₂) ₆ .	生黃色沈澱之 (NH ₄) ₃ Co(NO ₂) ₆ .
焰色試驗	... ..	黃	紫	... ..

第八章 陰離子反應表

第一屬(硫酸鹽屬) A.

試藥 \ 離子	SO_4^{--} Na_2SO_4	CO_3^{--} Na_2CO_3	$\text{CrO}_4^{=}$ K_2CrO_4	PO_4^{\equiv} Na_2HPO_4
BaCl_2	生白色 BaSO_4 沈澱, 難溶於 HCl .	生白色 BaCO_3 沈澱, 可溶於酸。	生黃色 BaCrO_4 沈澱, 可溶於 HNO_3 .	生白色 $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ 沈 澱, 可溶於酸。
CaCl_2	生白色 CaSO_4 沈澱, 稍可溶解 於水。	生白色 CaCO_3 沈澱, 可溶於酸。	... ..	生白色 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 沈 澱, 可溶於酸。
AgNO_3	僅在濃溶液生 白色 Ag_2SO_4 沈 澱。	生灰白 Ag_2CO_3 沈澱, 可溶於酸。	生紫紅色 Ag_2CrO_4 沈澱, 可溶於 HNO_3 .	生黃色 Ag_3PO_4 沈澱, 可溶於 $\text{HNO}_3, \text{NH}_4\text{OH}$.
$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	生白色 PbSO_4 沈澱, 可溶於 $\text{N}_2\text{OH}, \text{NH}_4\text{Ac}$.	生白色 PbCO_3 沈澱, 可溶於酸。	生黃色 PbCrO_4 沈澱, 可溶於 NaOH .	生白色 PbHPO_4 沈澱, 可溶於 NaOH .
特性反應	在木炭上與 Na_2CO_3 灼熱, 生 Na_2S , 遇溼 的輝亮銀質面 則變黑。	加酸則發生 CO_2 , 使石灰水 變白濁色。	加 HCl 及酒精 煮沸之, 則被還 元而為綠色 CrCl_3 .	遇苦土混液生 白色之 NH_4 - MgPO_4 沈澱, 遇 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 生 黃色之 $(\text{NH}_4)_3$ - $\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_4$ 沈 澱。

第一屬(硫酸鹽屬)B.

試藥	離子	F^-	SO_3^{2-}	B_4O_7
		NaF	Na_2SO_3	$Na_2B_4O_7$
$BaCl_2$		生白色 BaF_2 沈澱，可溶於 HCl。	生白色 $BaSO_3$ 沈澱，可溶於 HCl。	生白色沈澱，可溶於酸。
$CaCl_2$		生白色 CaF_2 沈澱，可溶於 HCl。	生白色 $CaSO_3$ 沈澱，可溶於 HCl。	生白色沈澱，可溶於酸。
$AgNO_3$		生白色 Ag_2SO_3 沈澱，可溶於 HNO_3 。	生白色沈澱，可溶於 NH_4OH ，酸。
$Pb(C_2H_3O_2)_2$		生白色沈澱，可溶於 HNO_3 。	生白色 $PbSO_4$ 沈澱，可溶於 HNO_3 。	生白色沈澱，在鉛鹽過剩則可溶。
特性反應		加 H_2SO_4 熱之，發生 HF，腐蝕玻璃；若加 H_2SO_4 與矽酸鹽，則 SiF_4 游離。	使 $KMnO_4$ 還元脫色，加酸則發生 SO_2 ，使碘脫色。	加 H_2SO_4 及酒精，點之以火，則生綠色火焰；加 HCl，以薑黃紙侵入其中，乾則成桃色，然潤之以 NaOH 則呈綠色或黑色。

第一屬(硫酸鹽屬) C.

試藥	離子	$C_2O_4^{2-}$ $Na_2C_2O_4$	$C_4H_4O_6^{2-}$ $KNaC_4H_4O_6$	$S.O_4^{2-}$ Na_4SiO_4
$BaCl_2$		生白色 BaC_2O_4 沈澱, 可溶於 HNO_3 .	生白色沈澱, 可溶於 NH_4Cl .	生白色沈澱。
$CaCl_2$		生白色 CaC_2O_4 沈澱, 可溶於酸。	生白色沈澱, 可溶於 NH_4Cl .	生白色沈澱。
$AgNO_3$		生白色 $Ag_2C_2O_4$ 沈澱, 可溶於 HNO_3 .	生白色沈澱, 溶於 NH_4OH , 加熱則生鏡。	僅於濃溶液生黃色沈澱。
$Pb(C_2H_3O_2)_2$		生白色 PbC_2O_4 沈澱, 可溶於 HNO_3 .	生白色沈澱, 可溶於 $NaOH$.	生白色沈澱。
特性反應		加 $KMnO_4$ 微熱之, 則脫色, 用濃 H_2SO_4 分解為 CO_2 與 CO .	脫色 $KMnO_4$, 加 $AgNO_3$ 與 NH_4OH 熱之, 則生銀鏡。	用 Na_3PO_3 球將 SiO_2 分離, 如見骸骨。

第一屬(硫酸鹽屬) D.

試藥	離子 $S_2O_3^{2-}$		AsO_4^{3-}		AsO_3^{3-}	
	$S_2O_3^{2-}$	$Na_2S_2O_3$	AsO_4^{3-}	Na_3AsO_4	AsO_3^{3-}	Na_3AsO_3
$BaCl_2$	祇在濃厚溶液時生白色 BaS_2O_3 沈澱。		在中性溶液生白色沈澱，可溶於酸。		在中性溶液生白色沈澱，可溶於酸。	
$CaCl_2$	... ..		在中性溶液生白色沈澱，可溶於酸。		在中性溶液生白色沈澱，可溶於酸。	
$AgNO_3$	生白色 $Ag_2S_2O_3$ 沈澱，可溶於 HNO_3 。		生紅褐色沈澱 Ag_3AsO_4 ，可溶於 HNO_3 , NH_4OH 。		生黃色 Ag_3AsO_3 沈澱，可溶於 HNO_3 , NH_4OH 。	
$Pb(C_2H_3O_2)_2$	生白色 PbS_2O_3 沈澱，由加熱變黑。		生白色沈澱，可溶於 HNO_3 。		生白色沈澱，可溶於 HNO_3 。	
特性反應	遇 HCl 生 SO_2 與 S ；在木炭上生 Na_2S ；使碘脫色，亦能使溴脫色。		加苦土混液生白色沈澱 NH_4MgAsO_4 。		通 H_2S ，則生黃色沈澱之 As_2S_3 。	

第二屬(氯化物屬)

試藥 離子	AgNO ₃	Pb(C ₂ H ₃ O ₂) ₂	BaCl ₂ CaCl ₂	特 性 反 應
Cl ⁻ NaCl	生白色 AgCl 沈澱， 可溶於 KON， NH ₄ OH.	生白色 PbCl ₂ 沈 澱，溶於溫水。	... ..	加 H ₂ SO ₄ 及 MnO ₂ 熱之，則發生 Cl ₂ ， 用 K ₂ Cr ₂ O ₇ 則發 O ₂ Cl ₂ .
Br ⁻ KBr	生淡黃色沈澱 AgBr， 稍溶於 NH ₄ OH.	生白色 PbBr ₂ 沈 澱，溶於溫水。	... ..	氯水能使 Br ₂ 游 離，於其中加 CHCl ₃ 則呈紅色。
I ⁻ KI	生黃色 AgI 沈澱， 幾不溶於 NH ₄ OH.	生黃色 PbI ₂ 沈澱， 溶於溫水。	... ..	氯水能令 I ₂ 游離， 使 CHCl ₃ ，CS ₂ 染着紫色。
S ⁼ Na ₂ S	生黑色 Ag ₂ S 沈澱， 可溶於溫 HNO ₃ .	生黑色 PbS 沈澱， 可溶於溫 HNO ₃	... ..	在木炭上與 Na ₂ CO ₃ 灼熱，則生 Na ₂ S，可使溼的輝 銀貨變黑。
Fe(CN) ₆ ⁼ K ₃ Fe(CN) ₆	生紅褐色之沈澱， 可溶於 NH ₄ OH， KCN.	... ..	... ..	遇 FeSO ₄ 卽生 <u>滕</u> <u>氏</u> 藍 Fe ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ .

$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	生白色沈澱，溶於 KCN ，不溶於 HNO_3 ， NH_4OH 。	白色沈澱。	... ..	遇 FeCl_3 即生 <u>普魯士藍</u> ；遇 CuSO_4 則生紅色沈澱 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 。
SCN^- KSCN	生白色沈澱，難溶於 NH_4OH 。	生白色沈澱。	... ..	遇 FeCl_3 生血赤色 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ ，可被 HgCl_2 脫色。
ON^- KCN	生白色 AgCN 沈澱，可溶於過剩及 NH_4OH 。	生白色沈澱，可溶於 HNO_3。	... ..	於鹼性溶液加 FeSO_4 及 FeCl_3 ，若使之成酸性則生 <u>普魯士藍</u> 。

第三屬(硝酸鹽屬)

離子 \ 試藥	AgNO_3	$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ BaCl_2 , CaCl_2	特 性 反 應
NO_3^- NaNO_3	... ..	... ..	溶解於稀 H_2SO_4 ，混加 FeSO_4 ，而後徐徐添加濃 H_2SO_4 於其中，則生褐色 $2\text{FeSO}_4 \cdot \text{NO}$ 。加 MnCl_2 之濃 HCl 飽和溶液，微熱之，則成黑色。遇 NaOH 及 Zn 生 NH_3 。
NO_2	在濃溶液生		加碘化物及硫酸，則 I_2 游離。使 KMnO_4

NaNO ₂	白色沈澱， 可溶於溫水。	... ..	脫色。遇 Mefa-phenylene-diamine 呈 橙黃色。
C ₂ H ₃ O ₂ ⁻ NaC ₂ H ₃ O ₂	生白色沈澱， 可溶於溫水。	... ..	在中性溶液加 FeCl ₃ 煮沸之，則生鹼性醋 酸鹽。加 H ₂ SO ₄ 及酒精熱之，則發醋酸 乙烷 (CH ₃ •COO•C ₂ H ₅) 之芳香。
ClO ₃ ⁻ KClO ₃		... ..	在木炭上加熱則乒乓濺散。加濃 H ₂ SO ₄ 共熱，則爆發的產生綠色氣體。
MnO ₄ ⁻ KMnO ₄		... ..	溶液呈紫色，但在 H ₂ SO ₄ 鹼性溶液中因 添加 FeSO ₄ , SO ₂ HI, H ₂ C ₂ O ₄ , H ₂ O ₂ 等 還元劑則脫色。

第九章 重要分子式之中英名稱對照表

- 說明：
1. 本表係彙集重要分子式，按其字母先後之序排列。
 2. 譯名悉遵教育部公布之化學命名原則。
 3. 凡屬陰陽離子者，其右角上皆附有正負號；元素，則用黑體字表明。

Ac ⁻	醋酸離子	Acetate ion
Ag	銀	Silver
Ag ⁺	銀離子	-ion
AgAc	醋酸銀	-acetate
Ag ₃ AsO ₃	亞砷酸銀	-arsenite
Ag ₃ AsO ₄	砷酸銀	-arsenate
AgBO ₂	偏硼酸銀	-metaborate
AgBr	溴化銀	-bromide
AgC ₂ H ₃ O ₂	醋酸銀	-acetate
AgCl	氯化銀	-chloride
AgClO ₃	氯酸銀	-chlorate
AgCN	氰化銀	-cyanide
Ag ₂ (CN) ₂	二氰化二銀	-cyanide
AgCNS	硫代氰酸銀	-thiocyanate
Ag ₂ CO ₃	碳酸銀	-carbonate
Ag ₂ C ₂ O ₄	草酸銀	-oxalate
Ag ₂ CrO ₄	鉻酸銀	-chromate
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	重鉻酸銀	-dichromate
Ag ₃ Fe(CN) ₆	鐵氰化銀	-ferricyanide

$\text{Ag}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰酸銀	-ferrocyanide
AgI	碘化銀	-iodide
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$	二氨(合)氯化銀	-di-ammonium chloride
A NO_2	亞硝酸銀	-nitrite
AgNO_3	硝酸銀	-nitrate
Ag_2O	氧化銀	-oxide
AgOH	氫氧化銀	-hydroxide
Ag_3PO_4	磷酸銀	-phosphate
Ag_2S	硫化銀	-sulfide
Ag_2SiO_3	偏矽酸銀	-metasilicate
Ag_2SO_3	亞硫酸銀	-sulfite
Ag_2O_4	硫酸銀	-sulfate
$\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$	硫代硫酸銀	-thiosulfate
Al	鋁	Aluminium
Al^{+++}	鋁離子	-ion
AlO_3^{\equiv}	鋁酸離子	Aluminate ion
AlO_2^-	偏鋁酸離子	Metaluminate ion
AlBr_3	溴化鋁	Aluminium bromide
$\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$	醋酸鋁	-acetate
AlCl_3	氯化鋁	-chloride
AlF_3	氟化鋁	-fluoride
$\text{A K}(\text{SO}_4)_2$	硫酸鋁鉀	-potassium sulfate
$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$	礬	alum
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	硝酸鋁	Aluminium nitrate
Al_2O_3	氧化鋁	-oxide
$\text{Al}(\text{OH})_3$	氫氧化鋁	-hydroxide
AlPO_4	磷酸鋁	-phosphate
Al_2S_3	硫化鋁	-sulfide
$\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$	偏矽酸鋁	-metasilicate
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	硫酸鋁	-sulfate

As	砷	Arsenic
As ⁺⁺⁺	亞砷離子	Arsenious ion
As ⁺⁺⁺⁺	砷離子	Arsenic ion
AsBr ₃	三溴化砷	-tribromide
AsCl ₃	三氯化砷	-trichloride
AsCl ₅	五氯化砷	-pentachloride
A H ₃	砷氫	Arsine
AsI ₃	三碘化砷	Arsenic triiodide
As ₂ O ₃	三氧化二砷	-trioxide
As ₂ O ₅	五氧化二砷	-pentoxide
As ₂ S ₃	三硫化二砷	-trisulfide
As ₂ S ₅	五硫化二砷	-pentasulfide
B	硼	Boron
BF ₃	三氟化硼	-trifluoride
BO ₂ ⁻	偏硼酸離子	Metaborate ion
BO ₃ ⁼	硼酸離子	Borate ion
B ₂ O ₃	硼酐	Boric acid anhydride
Ba	鋇	Barium
Ba ⁺⁺	鋇離子	-ion
BaAc ₂	醋酸鋇	-acetate
Ba(AsO ₂) ₂	偏亞砷酸鋇	-metarsenite
Ba ₃ (AsO ₃) ₂	亞砷酸鋇	-arsenite
Ba(BO ₂) ₂	偏硼酸鋇	-metaborate
Ba(BrO ₃) ₂	溴酸鋇	-bromate
BaBr ₂	溴化鋇	-bromide
Ba(C ₂ H ₃ O ₂) ₂	醋酸鋇	-acetate
BaCl ₂	氯化鋇	-chloride
BaF ₂	氟化鋇	-fluoride
BaI ₂	碘化鋇	-iodide
Ba(IO ₃) ₂	碘酸鋇	-iodate

$BaCO_3$	碳酸鋇	-carbonate
BaC_2O_4	草酸鋇	-oxalate
$BaCrO_4$	鉻酸鋇	-chromate
$Ba(NO_3)_2$	硝酸鋇	-nitrate
BaO	氧化鋇	-oxide
BaO_2	過氧化鋇	-peroxide
$Ba(OH)_2$	氫氧化鋇	-hydroxide
$Ba_3(PO_4)_2$	磷酸鋇	-phosphate
BaS	硫化鋇	-sulfide
$BaSiF_6$	氟矽化鋇	-fluosilicate
$BaSiO_3$	偏矽酸鋇	-metasilicate
B_2SO_3	亞硫酸鋇	-sulfite
$BaSO_4$	硫酸鋇	-sulfate
BaS_2O_3	硫代硫酸鋇	-thiosulfate
Bi	鉍	Bismuth
Bi^{+++}	鉍離子	-ion
$BiBr_3$	三溴化鉍	-tribromide
$BiCl_3$	三氯化鉍	-trichloride
BiI_3	三碘化鉍	-triiodide
$Bi(NO_3)_3$	硝酸鉍	-nitrate
Bi_2O_2	二氧化鉍	-dioxide
Bi_2O_3	三氧化二鉍	-trioxide
Bi_2O_5	五氧化二鉍	-pentoxide
$Bi(OH)_3$	氫氧化鉍	-hydroxide
$Bi(OH)_2NO_3$	鹼性硝酸鉍	Basic bismuth nitrate
$BiOCl$	氯化鉍鹽	Bismuthyl chloride
$BiO(OH)$	氫氧化鉍鹽	-hydroxide
$BiONO_3$	硝酸鉍鹽	-nitrate
$BiPO_4$	磷酸鉍	Bismuth phosphate
Bi_2S_3	硫化鉍	-sulfide

$\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$	硫酸鉍	-sulfate
Br	溴	Bromine
BrO^-	次溴酸離子	Hypobromite ion
BrO_3^-	溴酸離子	Bromate ion
C	碳	Carbon
CCl_4	四氯化碳	-tetrachloride
CHCl_3	三氯甲烷(迷蒙精)	Chloroform
CH_3COOH	醋酸	Acetic acid
$\text{CH}_3\text{COO}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$	醋酸乙烷	Ethyl acetate
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	醋酸	Acetic acid
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$	酒石酸	Tartaric acid
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	檸檬酸, 枸橼酸	Citric acid
CO	一氧化碳	Carbon monoxide
CO_2	二氧化碳	-dioxide
$\text{CO}_3^{=}$	碳酸離子	Carbonate ion
Ca	鈣	Calcium
Ca^{++}	鈣離子	-ion
CaAc_2	醋酸鈣	-acetate
$\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2$	偏亞砷酸鈣	-metarsenite
$\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$	亞砷酸鈣	-arsenite
$\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$	砷酸鈣	-arsenate
$\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$	偏硼酸鈣	-metaborate
CaBr_2	溴化鈣	-bromide
CaCl_2	氯化鈣	-chloride
CaCO_3	碳酸鈣	-carbonate
CaC_2O_4	草酸鈣	-oxalate
CaCrO_4	鉻酸鈣	-chromate
CaF_2	氟化鈣	-fluoride
$\text{Ca}_2\text{Fe}(\text{ON})_6$	亞鐵氰化鈣	-ferrocyanide
$\text{Ca}_3[\text{Fe}(\text{ON})_6]_2$	鐵氰化鈣	-ferricyanide

CaI_2	碘化鈣	-iodide
$\text{CaK}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化鈣鉀	-potassium ferrocyanide
$\text{Ca}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化鈣銨	-ammonium ferrocyanide
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	硝酸鈣	-nitrate
CaO	氧化鈣, 石灰	-oxide, lime
$\text{CaOCl}_2 \cdot \text{Cl}$	漂白粉	Chloride of lime
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	氫氧化鈣	Calcium hydroxide
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	磷酸鈣	-phosphate
CaS	硫化鈣	-sulfide
CaSiO_3	偏矽酸鈣	-metasilicate
CaSO_3	亞硫酸鈣	-sulfite
CaSO_4	硫酸鈣	-sulfate
CaS_2O_3	硫代硫酸鈣	-thiosulfate
Cd	鎘	Cadmium
Cd^{++}	鎘離子	-ion
CdAc_2	醋酸鎘	-acetate
CdBr_2	溴化鎘	-bromide
CdCl_2	氯化鎘	-chloride
$\text{Cd}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	醋酸鎘	-acetate
$\text{Cd}(\text{CN})_2$	氰化鎘	-cyanide
CdCO_3	碳酸鎘	-carbonate
CdC_2O_4	草酸鎘	-oxalate
$\text{Cd}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化鎘	-ferrocyanide
CdI_2	碘化鎘	-iodide
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$	硝酸鎘	-nitrate
CdO	氧化鎘	-oxide
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	氫氧化鎘	-hydroxide
CdS	硫化鎘	-sulfide
CdSO_4	硫酸鎘	-sulfate
Cl	氯	Chlorine

ClO^-	次氯酸離子	Hypochlorite ion
ClO_2	二氧化氯	Chlorine dioxide
ClO_3^-	氯酸離子	Chlorate ion
Cl_2O	一氧化二氯	Chlorine monoxide
Co	鈷	Cobalt
Co^{++}	亞鈷離子	Cobaltous ion
Co^{+++}	鈷離子	Cobaltic ion
CoAc_2	醋酸亞鈷	Cobaltous acetate
CoBr_2	二溴化鈷	-bromide
$\text{Co}(\text{O}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	醋酸亞鈷	-acetate
CoCl_2	二氯化鈷	chloride
$\text{Co}(\text{ONS})_2$	硫代氰酸亞鈷	-thiocyanate
CoCO_3	碳酸亞鈷	-carbonate
$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化亞鈷	-ferrocyanide
$\text{Co}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$	鐵氰化亞鈷	-ferricyanide
CoI_2	二碘化鈷	-iodide
$\text{Co}(\text{NO}_2)_2$	亞硝酸亞鈷	-nitrite
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	硝酸亞鈷	-nitrate
CoO	一氧化鈷	-oxide
Co_2O_3	三氧化二鈷	Cobaltic oxide
Co_3O_4	四氧化三鈷	Cobalto-cobaltic oxide
$\text{Co}(\text{OH})_2$	二氫氧化鈷	Cobaltous hydroxide
$\text{Co}(\text{OH})_3$	三氫氧化鈷	Cobaltic hydroxide
CoS	硫化亞鈷	Cobaltous sulfide
CoSO_4	硫酸亞鈷	-sulfate
Cr	鉻	Chromium
Cr^{+++}	鉻離子	Chromic ion
CrAc_3	醋酸鉻	-acetate
CrBr_3	三溴化鉻	-bromide
$\text{Cr}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$	醋酸鉻	-acetate

CrCl_2	二氯化鉻	Chromous chloride
CrCl_3	三氯化鉻	Chromic chloride
$\text{CrK}(\text{SO}_4)_2$	硫酸鉻鉀, 鉻礬	-potassium sulfate
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	硝酸鉻	-nitrate
CrO	一氧化鉻	Chromous oxide
CrO_2	二氧化鉻	Chromium dioxide
CrO_2^-	亞鉻酸離子	Chromite ion
CrO_3	三氧化鉻	Chromic trioxide
$\text{CrO}_4^{=}$	鉻酸離子	Chromate ion
Cr_2O_3	三氧化二鉻	Chromic oxide
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$	重鉻酸離子	Dichromate ion
$\text{Cr}(\text{OH})_2$	二氫氧化鉻	Chromium hydroxide
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	三氫氧化鉻	Chromic hydroxide
CrPO_4	磷酸鉻	-phosphate
$\text{Cr}_3(\text{PO}_4)_2$	磷酸亞鉻	Chromous phosphate
Cr_2S_3	硫化鉻	Chromic sulfide
CrSO_4	硫酸亞鉻	Chromous sulfate
$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	硫酸鉻	Chromic sulfate
Cu	銅	Copper
$\text{Cu}^+, \text{Cu}_2^{++}$	亞銅離子	Cuprous ion
Cu^{++}	銅離子	Cupric ion
CuAcO_2	醋酸銅	-acetate
$\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$	偏亞砷酸銅	-metarsenite
$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$	砷酸銅	-arsenate
CuBr	一溴化銅	Cuprous bromide
CuBr_2	二溴化銅	Cupric bromide
$\text{Cu}(\text{O}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	醋酸銅	-acetate
CuCl	一氯化銅	Cuprous chloride
CuCl_2	二氯化銅	Cupric chloride
CuCN	氰化亞銅	Cuprous cyanide

$\text{Cu}(\text{CN})_2$	氰化銅	Cupric cyanide
Cu_2CO_3	碳酸亞銅	Cuprous carbonate
$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	鹼性碳酸銅	Basic cupric carbonate
CuI	一碘化銅	Cuprous iodide
CuI_2	二碘化銅	Cupric iodide
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	硝酸銅	-nitrate
CuO	一氧化銅	-oxide
Cu_2O	一氧化二銅	Cuprous oxide
CuOH	一氫氧化銅	-hydroxide
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	二氫氧化銅	Cupric hydroxide
CuS	硫化銅	-sulfide
Cu_2S	一硫化二銅	Cuprous sulfide
CuSO_4	硫酸銅	Copper sulfate
F	氟	Fluorine
F^-	氟離子	-ion
Fe	鐵	Iron
Fe^{++}	亞鐵離子	Ferrous ion
Fe^{+++}	鐵離子	Ferric ion
FeBr_2	二溴化鐵	Ferrous bromide
FeBr_3	三溴化鐵	Ferric bromide
FeAc_2	醋酸亞鐵	Ferrous acetate
$\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	醋酸亞鐵	Ferrous acetate
FeAc_3	醋酸鐵	Ferric acetate
$\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$	醋酸鐵	Ferric acetate
FeCl_2	二氯化鐵	Ferrous chloride
FeCl_3	三氯化鐵	Ferric chloride
$\text{Fe}(\text{CNS})_2$	硫代氰酸亞鐵	Ferrous thiocyanate
$\text{Fe}(\text{CNS})_3$	硫代氰酸鐵	Ferric thiocyanate
FeCO_3	碳酸亞鐵	Ferrous carbonate
FeC_2O_4	草酸亞鐵	-oxalate

$\text{Fe}_2(\text{O}_2\text{O}_4)_3$	草酸鐵	Ferric oxalate
FeF_2	二氟化鐵	Ferrous fluoride
FeF_3	三氟化鐵	Ferric fluoride
$\text{FeFe}(\text{CN})_6$	鐵氰化鐵	Ferric ferricyanide
$\text{Fe}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化亞鐵	Ferrous ferrocyanide
$\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$	鐵氰化亞鐵	Ferrous ferricyanide
$\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_1$	滕氏藍	Turnbull's blue
$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	亞鐵氰化鐵	Ferric ferrocyanide
$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	普魯士藍	Prussian blue
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$	硝酸亞鐵	Ferrous nitrate
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	硝酸鐵	Ferric nitrate
FeO	一氧化鐵	Ferrous oxide
Fe_2O_3	三氧化二鐵	Ferric oxide
Fe_3O_4	四氧化三鐵	Ferrous ferric oxide
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	二氫氧化鐵	Ferrous hydroxide
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	三氫氧化鐵	Ferric hydroxide
$\text{Fe}(\text{OH})\text{Ac}_2$	鹼性醋酸鐵	Basic ferric acetate
$\text{Fe}(\text{OH})(\text{O}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	鹼性醋酸鐵	Basic ferric acetate
FePO_4	磷酸鐵	Ferric phosphate
$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	磷酸亞鐵	Ferrous phosphate
FeS	一硫化鐵	Ferrous sulfide
Fe_2S_3	三硫化二鐵	Ferric sulfide
FeSO_4	硫酸亞鐵	Ferrous sulfate
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	硫酸鐵	Ferric sulfate
H	氫	Hydrogen
H^+	氫離子	-ion
HAc	醋酸	Acetic acid
HAsO_2	偏亞砷酸	Metarsenious acid
H_3AsO_3	亞砷酸	Arsenious acid
H_3AsO_4	砷酸	Arsenic acid

HAuCl_4	氯金酸	Hydrochloroauric acid
HBO_2	偏硼酸, 一縮硼酸	Metaboric acid
H_3BO_3	(正)硼酸	Orthoboric acid
HBr	溴化氫	Hydrogen bromide
HBrO_3	溴酸	Bromic acid
HCl	鹽酸	Hydrochloric acid
HCl	氯化氫	Hydrogen chloride
HClO	次氯酸	Hypochlorous acid
HClO_3	氯酸	Chloric acid
HClO_4	過氯酸	Perchloric acid
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	草酸, 羧酸	Oxalic acid
$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	酒石酸	Tartaric acid
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$	檸檬酸, 枸橼酸	Citric acid
HCN	氰化氫	Hydrogen cyanide
HCN	氫氰酸	Hydrocyanic acid
HCNO	氰酸	Cyanic acid
HCNS	硫代氰酸	Thiocyanic acid
H_2CO_3	碳酸	Carbonic acid
HCOOH	蟻酸	Formic acid
H_2CrO_4	鉻酸	Chromic acid
HF	氟化氫	Hydrogen fluoride
HF	氫氟酸	Hydrofluoric acid
HI	碘化氫	Hydrogen iodide
HI	氫碘酸	Hydroiodic acid
HIO_3	碘酸	Iodic acid
HNO_2	亞硝酸	Nitrous acid
HNO_3	硝酸	Nitric acid
H_2O_2	過氧化氫	Hydrogen peroxide
H_3PO_2	次磷酸	Hypophosphorous acid
H_3PO_3	亞磷酸	Phosphorous acid

H_3PO_4	磷酸	Phosphoric acid
H_2PtCl_6	氯鉑酸	Hydrochloroplatinic acid
H_2S	硫化氫	Hydrogen sulfide
H_2SeO_3	亞硒酸	Selenious acid
H_2SeO_4	硒酸	Selenic acid
H_2SiO_3	偏矽酸	Metasilicic acid
H_4SiO_4	正矽酸	Orthosilicic acid
$(H_2SnO_3)_x$	偏錫酸	Metastannic acid
H_2SO_3	亞硫酸	Sulfurous acid
H_2SO_4	硫酸	Sulfuric acid
$H_2S_2O_3$	硫代硫酸	Thiosulfuric acid
Hg	汞	Mercury
Hg^+, Hg_2^{++}	亞汞離子	Mercurous ion
Hg^{++}	汞離子	Mercuric ion
Hg_2Ac_2	醋酸亞汞	Mercurous acetate
$HgAc_2$	醋酸汞	Mercuric acetate
Hg_2Br	一溴化汞	Mercurous bromide
Hg_2Br_2	二溴化汞	Mercuric bromide
Hg_2Cl_2	二氯化二汞	Mercurous chloride
Hg_2Cl_2	甘汞	Calomel
$HgCl_2$	二氯化汞	Mercuric chloride
$HgCl_2$	昇汞	Subimate
$Hg_2(C_2H_3O_2)_2$	醋酸亞汞	Mercurous acetate
$Hg(C_2H_3O_2)_2$	醋酸汞	Mercuric acetate
$Hg(CN)_2$	氰化汞	-cyanide
$HgCrO_4$	鉻酸汞	-chromate
Hg_2CrO_4	鉻酸亞汞	Mercurous chromate
$Hg(CNS)_2$	硫代氰酸汞	Mercuric thiocyanate
$Hg_2(CNS)_2$	硫代氰酸亞汞	Mercurous thiocyanate
HgI_2	二碘化汞	Mercuric iodide

Hg_2I_2	二碘化二汞	Mercurous iodide
$HgNH_2Cl$	氯化氨基汞	Mercuric amido chloride
$Hg(NO_3)_2$	硝酸汞	Mercuric nitrate
$Hg_2(NO_3)_2$	硝酸亞汞	Mercurous nitrate
HgO	一氧化汞	Mercuric oxide
Hg_2O	一氧化二汞	Mercurous oxide
$2HgO \cdot HgCO_3$	2:1 氧化汞含碳酸汞	Mercuric oxycarbonate
HgS	一硫化汞	Mercuric sulfide
Hg_2S	一硫化二汞	Mercurous sulfide
H_2SO_4	硫酸汞	Mercuric sulfate
Hg_2SO_4	硫酸亞汞	Mercurous sulfate
I	碘	Iodine
I^-	碘離子	-ion
IO^-	次碘酸離子	Hypoiodite ion
IO_3^-	碘酸離子	Iodate ion
K	鉀	Potassium
K^+	鉀離子	-ion
KAc	醋酸鉀	-acetate
$KAsO_2$	偏亞砷酸鉀	-metarsenite
K_3AsO_3	亞砷酸鉀	-arsenite
K_3AsO_4	砷酸鉀	-arsenate
KBr	溴化鉀	-bromide
$KBrO_3$	溴酸鉀	-bromate
$KO_2H_3O_2$	醋酸鉀	-acetate
KCl	氯化鉀	-chloride
$KClO$	次氯酸鉀	-hypochlorite
$KClO_3$	氯酸鉀	-chlorate
$KClO_4$	過氯酸鉀	-perchlorate
KCN	氰化鉀	-cyanide
$KONC$	氰酸鉀	-cyanate

KONS	硫代氰酸鉀	-thiocyanate
K_2CO_3	碳酸鉀	-carbonate
$K_2C_2O_4$	草酸鉀	-oxalate
$K_3Co(NO_2)_6$	鈷亞硝酸鉀 (六亞硝基鈷化三鉀)	-cobaltinitrite
K_2CrO_4	鉻酸鉀	-chromate
$K_2Cr_2O_7$	重鉻酸鉀	-dichromate
KF	氟化鉀	-fluoride
$K_3Fe(CN)_6$	鐵氰化鉀	-ferricyanide
$K_3Fe(CN)_6$	赤血鹽	Red prussiate of potash
$K_4Fe(CN)_6$	亞鐵氰化鉀	Potassium ferrocyanide
$K_4Fe(CN)_6$	黃血鹽	Yellow prussiate of potash
K_2HAsO_3	亞砷酸氫二鉀	Dipotassium hydrogen arsenite
K_2HASO_4	砷酸氫二鉀	-arsenate
$KHC_4H_4O_6$	酸性酒石酸鉀	Potassium bitartrate
K_2HgI_4	碘化汞鉀	Mercuric potassium iodide
KH_2PO_4	磷酸二氫鉀	Potassium dihydrogen phosphate
K_2HPO_4	磷酸氫二鉀	Dipotassium hydrogen phosphate
$KHSO_3$	酸性亞硫酸鉀	Potassium bisulfite
$KHSO_4$	酸性硫酸鉀	-bisulfate
KI	碘化鉀	-iodide
KIO_3	碘酸鉀	-iodate
$KMnO_4$	高錳酸鉀	-permanganate
KNO_2	亞硝酸鉀	-nitrite
KNO_3	硝酸鉀	-nitrate
K_2O	氧化鉀	-oxide
KOH	氫氧化鉀	-hydroxide
K_3PO_4	磷酸鉀	-phosphate
K_2PtCl_6	氯鉑化鉀	-chloroplatinate
K_2SiF_6	矽氟化鉀	-silicofluoride
K_2SO_3	亞硫酸鉀	-sulfite

K_2SO_4	硫酸鉀	-sulfate
$K_4S_2O_7$	重硫酸鉀	-bisulfate
Mg	鎂	Magnesium
Mg^{++}	鎂離子	-ion
$MgAc_2$	醋酸鎂	-acetate
$Mg_2As_2O_7$	焦砷酸鎂	-pyroarsenate
$MgBr_2$	溴化鎂	-bromide
$Mg(C_2H_3O_2)_2$	醋酸鎂	-acetate
$MgCO_3$	碳酸鎂	-carbonate
$M_2C_2O_4$	草酸鎂	-oxalate
$MgCrO_4$	鉻酸鎂	-chromate
MgI_2	碘化鎂	-iodide
$MgHPO_4$	磷酸氫鎂	-hydrogen phosphate
$MgNH_4AsO_4$	砷酸鎂銨	-ammonium arsenate
$MgNH_4PO_4$	磷酸鎂銨	-- phosphate
$Mg(NO_3)_2$	硝酸鎂	-nitrate
MgO	氧化鎂	-oxide
$Mg(OH)_2$	氫氧化鎂	-hydroxide
$Mg_2P_2O_7$	焦磷酸鎂	-pyrophosphate
$Mg_3(PO_4)_2$	磷酸鎂	-phosphate
$MgSiO_3$	偏矽酸鎂	-metasilicate
$MgSO_4$	硫酸鎂	-sulfate
Mn	錳	Manganese
Mn^{++}	亞錳離子	Manganous ion
Mn^{+++}	錳離子	Manganic ion
$MnAc_2$	醋酸(亞)錳	Manganese acetate
$MnBr_2$	二溴化錳	-bromide
$Mn(C_2H_3O_2)_2$	醋酸(亞)錳	-acetate
$MnCl_2$	二氯化錳	Manganous chloride
$MnCl_3$	三氯化錳	Manganic chloride

$MnCl_4$	四氯化錳	Manganese tetrachloride
$MnCO_3$	碳酸(亞)錳	-carbonate
MnC_2O_4	草酸亞錳	Manganous oxalate
$Mn_2(O_2O_4)_3$	草酸錳	Manganic oxalate
$Mn(NO_3)_2$	硝酸(亞)錳	Manganese nitrate
MnO	一氧化錳	Manganous oxide
MnO_2	二氧化錳	Manganese dioxide
Mn_2O_3	三氧化二錳	Manganic oxide
MnO_4^-	高錳酸離子	Permanganate ion
$MnO_4^=$	錳酸離子	Manganate ion
$MnO_2 \cdot H_2O$	一水(合)二氧化錳	Manganese dioxide monohydrate
$Mn_2O(OH)_2$	一水(合)亞錳酸	Manganous acid
$Mn(OH)_2$	二氫氧化錳	-hydroxide
$Mn(OH)_3$	三氫氧化錳	Manganic hydroxide
$Mn_3(I O_4)_2$	磷酸亞錳	Manganese phosphate
MnS	硫化錳	-sulfide
$MnSO_4$	硫酸亞錳	Manganous sulfate
N	氮	Nitrogen
NH_2NH_2	聯氨(胛)	Hydrazine
NH_2OH	氫氧化氨	Hydroxylamine
NH_3	氨	Ammonia
NH_4^+	銨離子	Ammonium ion
NH_4Ac	醋酸銨	-acetate
NH_4Br	溴化銨	-bromide
$NH_4C_2H_3O_2$	醋酸銨	-acetate
NH_4Cl	氯化銨	-chloride
NH_4CN	氰化銨	-cyanide
NH_4ONS	硫代氰化銨	-thiocyanate
$(NH_4)_2CO_3$	碳酸銨	-carbonate
$(NH_4)_2C_2O_4$	草酸銨	-oxalate

$(\text{NH}_4)_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$	鈷亞硝酸銨 (六亞硝基鈷化三銨)	-cobaltinitrite
$(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$	鉻酸銨	-chromate
NH_4F	氟化銨	-fluoride
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	磷酸氫二銨	Di-ammonium hydrogen phosphate
$(\text{NH}_4)_2\text{Hg}(\text{ONS})_4$	硫代氰酸二銨汞	-mercuric thiocyanate
NH_4I	碘化銨	Ammonium iodide
$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	鉬酸銨	-molybdate
NH_4NO_3	硝酸銨	-nitrate
NH_4OH	氫氧化銨	-hydroxide
$(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$	氯鉑化銨	-chloroplatinate
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	硫化銨(無色)	-sulfide (colorless)
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$	多硫化銨(黃色)	-polysulfide (yellow)
$(\text{NH}_4)_3\text{SbS}_4$	硫代銻酸銨	-thioantimonate
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	亞硫酸銨	-sulfite
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	硫酸銨	-sulfate
NO	一氧化氮	Nitric oxide
N_2O_2	二氧化二氮	Nitrogen dioxide
NO_2	過氧化氮	-peroxide
NO_2^-	亞硝酸離子	Nitrite ion
NO_3^-	硝酸離子	Nitrate ion
N_2O	一氧化二氮	Nitrogen monoxide
N_2O_3	三氧化二氮	-trioxide
N_2O_5	五氧化二氮	-pentoxide
Na	鈉	Sodium
Na^+	鈉離子	-ion
NaAc	醋酸鈉	-acetate
NaAsO_2	偏亞砷酸鈉	-metarsenite
NaAsO_3	亞砷酸鈉	-arsenite
NaAsO_4	砷酸鈉	-arsenate
NaBO_2	偏硼酸鈉	-metaborate

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	五縮四硼酸鈉	-tetraborate
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	硼砂	Borax
NaBr	溴化鈉	Sodium bromide
NaBrO	次溴酸鈉	-hypobromite
NaBrO_3	溴酸鈉	-bromate
$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	醋酸鈉	-acetate
NaCl	氯化鈉	-chloride
NaClO	次氯酸鈉	-hypochlorite
NaClO_3	氯酸鈉	-chlorate
NaCN	氰化鈉	-cyanide
NaCO_3	碳酸鈉	-carbonate
$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	草酸鈉	-oxalate
$\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$	六亞硝基鈷化三鉀	-cobaltinitrite
Na_2CrO_4	鉻酸鈉	-chromate
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	重鉻酸鈉	-dichromate
NaF	氟化鈉	-fluoride
$\text{Na}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	鐵氰化鈉	-ferricyanide
$\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化鈉	-ferrocyanide
Na_2HASO_3	亞砷酸氫二鈉	Disodium hydrogen arsenite
Na_2HASO_2	砷酸氫二鈉	--arsenate
NaHCO_3	酸性碳酸鈉	Sodium bicarbonate
NaH_2PO_4	磷酸二氫鈉	-dihydrogen phosphate
Na_2HPO_4	磷酸氫二鈉	Disodium hydrogen phosphate
$\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	小天地鹽	Sal microcosmicum
NaHSO_3	酸性亞硫酸鈉	Sodium bisulfite
NaHSO_4	酸性硫酸鈉	-bisulfate
NaI	碘化鈉	-iodide
NaIO_3	碘酸鈉	-iodate
NaNO_2	亞硝酸鈉	-nitrate
NaNO_3	硝酸鈉	-nitrate

Na_2O	氧化鈉	-oxide
Na_2O_2	過氧化鈉	-peroxide
NaOH	氫氧化鈉	-hydroxide
Na_3PO_4	磷酸鈉	-phosphate
Na_2S	硫化鈉	-sulfide
Na_2SiF_6	氟矽酸鈉	-fluosilicate
Na_2SiO_3	偏矽酸鈉	-metasilicate
Na_2SnO_2	亞錫酸鈉	-stannite
Na_2SnO_3	錫酸鈉	-stannate
Na_2SO_3	亞硫酸鈉	-sulfite
Na_2SO_4	硫酸鈉(芒硝)	-sulfate
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	硫代硫酸鈉	-thiosulfate
Ni	鎳	Nickel
Ni^{++}	亞鎳離子	Nickelous ion
Ni^{+++}	鎳離子	Nickelic ion
NiAc_2	醋酸(亞)鎳	Nickel acetate
NiBr_2	二溴化鎳	-bromide
NiCl_2	二氯化鎳	-chloride
$\text{Ni}(\text{CN})_2$	氰化(亞)鎳	-cyanide
NiCO_3	碳酸(亞)鎳	-carbonate
$\text{Ni}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	亞鐵氰化(亞)鎳	-ferrocyanide
$\text{Ni}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$	鐵氰化(亞)鎳	-ferricyanide
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	硝酸(亞)鎳	-nitrate
NiO	一氧化鎳	Nickelous oxide
Ni_2O_3	三氧化二鎳	Nickelic oxide
Ni_3O_4	四氧化三鎳	Nickelonicke'ic oxide
$\text{Ni}(\text{OH})_2$	二氫氧化鎳	Nickelous hydroxide
$\text{Ni}(\text{OH})_3$	三氫氧化鎳	Nickelic hydroxide
NiS	硫化鎳	Nickelous sulfide
NiSO_4	硫酸亞鎳	-sulfate

O	氧	Oxygen
O ₃	臭氧	Ozone
OH ⁻	氫氧(基)離子	Hydroxyl ion
P	磷	Phosphorus
PCl ₃	三氯化磷	-trichloride
PCl ₅	五氯化磷	-pentachloride
PH ₃	磷化氫	Hydrogen phosphide
P ₂ O ₃	三氧化二磷	Phosphorus oxide
P ₂ O ₅	五氧化二磷	-pentoxide
Pb	鉛	Lead
Pb ⁺⁺	鉛離子	-ion
PbAc ₂	醋酸鉛	-acetate
Pb(AsO ₂) ₂	偏亞砷酸鉛	-metaarsenite
Pb ₃ (AsO ₄) ₂	砷酸鉛	-arsenate
PbBr ₂	溴化鉛	-bromide
PbCl ₂	氯化鉛	-chloride
Pb(C ₂ H ₃ O ₂) ₂	醋酸鉛	-acetate
PbC ₂ H ₄ O ₆	酒石酸鉛	-tartarate
PbCO ₃	碳酸鉛	-carbonate
2PbCO ₃ ·Pb(OH) ₂	鹼性二碳酸鉛	Basic lead dicarbonate
PbC ₂ O ₄	草酸鉛	Lead oxalate
PbCrO ₄	鉻酸鉛	-chromate
PbHAsO ₄	砷酸氫鉛	-hydrogen arsenate
PbI ₂	碘化鉛	-iodide
Pb(NO ₂) ₂	亞硝酸鉛	-nitrite
Pb(NO ₃) ₂	硝酸鉛	-nitrate
PbO	一氧化鉛	-oxide
PbO ₂	二氧化鉛	-dioxide
PbO ₂ ⁼	亞鉛酸離子	Plumbite ion
Pb ₃ O ₄	四氧化三鉛	Lead tetroxide

Pb_2OAc_2	鹼性醋酸鉛	Basic lead acetate
$Pb_2O \cdot C_2H_3O_2$	鹼性醋酸鉛	Basic lead acetate
$Pb(OH)_2$	氫氧化鉛	Lead hydroxide
$Pb_3(PO_4)_2$	磷酸鉛	-phosphate
PbS	硫化鉛	-sulfide
$PbSO_3$	亞硫酸鉛	-sulfite
$PbSO_4$	硫酸鉛	-sulfate
PbS_2O_3	硫代硫酸鉛	-thiosulfate
S	硫	Sulfur
SH^-	氫硫(基)離子	Hydrosulfyl ion
SO_2	二氧化硫	Sulfur dioxide
$SO_2 \cdot H_2O$	二氧化硫水溶液	-- water
SO_3	三氧化硫	Sulfur trioxide
SO_3^-	亞硫酸離子	Sulfite ion
SO_4^-	硫酸離子	Sulfate ion
$S_2O_3^-$	硫代硫酸離子	Thiosulfate ion
Sb	銻	Antimony
Sb^{+++}	亞銻離子	Antimonious ion
Sb^{++++}	銻離子	Antimonic ion
$SbBr_3$	三溴化銻	Antimony trifluoride
$SbCl_3$	三氯化銻	-trichloride
$SbCl_5$	五氯化銻	-pentachloride
SbH_3	銻化氫	Hydrogen antimonide
SbH_3	銻氫	Stibine
SbI_3	三碘化銻	Antimony triiodide
SbO_3^-	亞銻酸離子	Antimonite ion
SbO_4^-	銻酸離子	Antimonate ion
Sb_2O_3	三氧化二銻	Antimony trioxide
Sb_2O_4	四氧化二銻	-tetroxide
Sb_2O_5	五氧化二銻	-pentoxide

SbOCl	氧氯化銻	-oxychloride
Sb_2OCl	氯化銻鹽	Antimonyl chloride
$\text{SbO}(\text{K})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	吐酒石	tartar emetic
SbS_3^{\equiv}	硫代亞銻酸離子	Thioantimonite ion
SbS_4^{\equiv}	硫代銻酸離子	Thioantimonate ion
Sb_2S_3	三硫化二銻	Antimony trisulfide
Sb_2S_5	五硫化二銻	-pentasulfide
$\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$	硫酸銻	-sulfate
Se	硒	Selenium
SeO_2	二氧化硒	-dioxide
SeO_3^{\equiv}	亞硒酸離子	Selenite ion
SeO_4^{\equiv}	硒酸離子	Selenate ion
Si	矽	Silicon
SiF_4	四氟化矽	-tetrafluoride
SiO_2	二氧化矽	-dioxide
SiO_3^{\equiv}	偏矽酸離子	metasilicate ion
$\text{SiO}_4^{\equiv\equiv}$	矽酸離子	Silicate ion
Sn	錫	Tin
Sn^{++}	亞錫離子	Stannous ion
Sn^{+++}	錫離子	Stannic ion
SnBr_2	二溴化錫	Stannous bromide
SnBr_4	四溴化錫	Stannic bromide
SnCl_2	二氯化錫	Stannous chloride
SnCl_4	四氯化錫	Stannic chloride
SnC_2O_4	草酸亞錫	Stannous oxalate
SnO	一氧化錫	-oxide
SnO_2	二氧化錫	Stannic oxide
SnO_2^{\equiv}	亞錫酸離子	Stannite ion
SnO_3^{\equiv}	錫酸離子	Stannate ion
$\text{Sn}(\text{OH})_2$	二氫氧化錫	Stannous hydroxide

Sn(OH)_4	四氫氧化錫	Stannic hydroxide
SnS	一硫化錫	Stannous sulfid
SnS_2	二硫化錫	Stannic sulfide
SnSO_4	硫酸亞錫	Stannous sulfate
Sr	銻	Strontium
Sr^{++}	銻離子	-ion
SrAc_2	醋酸銻	-acetate
Sr(OH)_2	氫氧化銻	-hydroxide
Sr(OH)_2	銻離子	-ion
Sr(OH)_2	銻離子	-ion
$\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$	磷酸銻	-phosphate
SrSO_3	亞硫酸銻	-sulfite
SrSO_4	硫酸銻	-sulfate
Ti	鈦	Titanium
TiCl_3	三氯化鈦	-trichloride
TiO_2	二氧化鈦	-dioxide
TiO_3H_2	鈦酸	Titanic acid
U	鈾	Uranium
UO_2^{++}	鈾離子	U anyl ion
UO_2Ac_2	醋酸鈾鹽	Uranyl acetate
$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$	硝酸鈾鹽	-nitrate
Zn	鋅	Zinc
Zn^{++}	鋅離子	-ion
ZnAc_2	醋酸鋅	-acetate
$\text{Zn(C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	醋酸鋅	-acetate
ZnCl_2	氯化鋅	-chloride

$Zn(CN)_2$	氰化鋅	-cyanide
$ZnCO_3$	碳酸鋅	-carbonate
$Zn_2Fe(CN)_6$	亞鐵氰化鋅	-ferrocyanide
$Zn_3[Fe(CN)_6]_2$	鐵氰化鋅	-ferricyanide
ZnI_2	碘化鋅	-iodide
$Zn(NO_3)_2$	硝酸鋅	-nitrate
ZnO	氧化鋅	-oxide
ZnO_2	過氧化鋅	-peroxide
ZnO_2^{2-}	鋅酸離子	Zincate ion
$Zn(OH)_2$	氫氧化鋅	Zinc hydroxide
$Zn_3(PO_4)_2$	磷酸鋅	-phosphate
ZnS	硫化鋅	-sulfide
$ZnSO_4$	硫酸鋅	-sulfate

第十章 定性分析應備器物表

附註 試驗宜一人一組俾得養成獨立自新之精神，故本表所載器物數量，皆以一組爲單位但不常用者以及公用物品如烘燥箱，比重計，研鉢等均未列入。

物 名	英 名	數 量
玻(璃)杯燒杯	Beaker, 200 cc. 400 cc.	各 2
燒瓶(平底)	Flask, flat-bottom, 250 cc.	1
(圓底)	Flask, round-bottom, 250 cc.	1
試管	Test-tube	12
硬試管	hard glass Test-tube	2
試管架	Test-tube rack	1
錐瓶	Conical flask, 150 cc. 400 cc.	各 2
洗(滌)瓶	Washing bottle, 500 cc.	1
量筒	Measuring cylinder, 10 cc. 50 cc.	各 1
蒸發皿	Evaporating dish, 60 cc. 150 cc.	各 1
漏斗	Funnel 50 mm. 65 mm.	各 1
分液漏斗	Separating funnel, 50-100 cc.	1
漏斗架	Support funnel	1
錶(面)玻璃	Watch glass, dia. 9 cm.	2
坩埚	Crucible	1
坩埚鉗	Crucible tong	1

湯鍋	Waterbath	1
泥三角	Triangle	1
三腳架	Tripods	1
鈷玻(璃)片	Cobaltglass	2
石棉布	Asbestos cloth	1
鐵絲網	Wire gauze	1
試管刷	Test-tube brush	1
試管夾	Test-tube tong	1
玻璃棒	Glass rod	2
安全漏斗	Safe Funnel	1
濾紙	Filter paper, 7 cm. 9 cm.	各 100
石蕊試紙	Litmus paper, blue and red	各 100
火柴	Match	1 盒
白金絲	Platinum wire	10 cm.
玻璃管	Glass tubing	200 cm.
橡皮管	Rubber tubing	200 cm.
牛角匙	Spoon, horn	1
木塞	Cork	數個
記錄簿	Note-book	1

