

溶液

沈威宇

2025 年 4 月 15 日

目錄

第一節 溶液 (Solution)	1
一、 組成	1
二、 依狀態分類	1
三、 依溶質顆粒大小分類	2
四、 膠體溶液	2
(一) 名稱	2
(二) 廷得耳效應 (Tyndall effect)	2
(三) 布朗運動	3
(四) 膠體粒子間相互作用	3
(五) 凝析 (Condensation)	3
(六) 奈米硫溶液製備實驗	3
五、 濃度	3
六、 溶解度 (Solubility)	3
七、 依數性質	4
(一) 詞彙釋義	4
(二) 拉午耳定律 (Raoult's law)	4
(三) 理想溶液 (Ideal solution)	4
(四) 凝固點下降依數性質	5
(五) 凝固點測量	5
(六) 沸點上升依數性質	5
(七) 滲透壓依數性質	5
八、 氣體溶解度與其分壓關係	5
(一) 通性	5
(二) 亨利定律 (Henry's law)	5
(三) 實例	6
九、 溶解熱	6
(一) 吸熱反應	6
(二) 放熱反應	6
(三) 溶解度曲線 (Solubility curve)	6
十、 體積加成性	6

十一、 滴定 (Titration)	6
第二節 離子、沉澱與顏色表	7
一、 離子表	7
二、 表	8
(一) 詞彙與符號	8
(二) 沉澱表/溶解度表	8
(三) 沉澱再溶解	9
(四) 釋出氣體	9
(五) 離子色	9
(六) 固體色	10

第一節 溶液 (Solution)

一、 組成

- 溶劑：液態者優先作為溶劑，有多種液態者水優先作為溶劑，無水者以含量最多之液態者作為溶劑，無液態者以含量最多者作為溶劑。水溶液記作溶質 (aq)、酒精溶液記作溶質 (alc)。
- 溶質：溶液中除了溶劑以外的組分。

二、 依狀態分類

溶質狀態 溶劑狀態	氣態	液態	固態
氣態	空氣	空氣中的水氣	碘溶於氨
液態	汽水	酒精水溶液	糖水
固態	氫氣溶於 Pd、Pt	鈉汞齊	青銅

三、 依溶質顆粒大小分類

屬性	真溶液	膠體溶液	懸浮液
粒子直徑	$< 10^{-9} \text{ m}$	$10^{-9} \sim 10^{-6} \text{ m}$	$\geq 10^{-6} \text{ m}$
粒子約含原子個數	$< 10^3$	$10^3 \sim 10^9$	$\geq 10^9$
顯微鏡可觀察到粒子	否	是	是
均勻性	一相	二相均勻	二相不均勻
安定性/不沉澱性	是	是	否
可離心分離溶質與溶劑	否	是	是
濾紙穿透性	可	可	不可
羊皮紙穿透性	可	不可	不可
布朗運動	無	有	無
分散光線	否	是，廷得耳效應	是
拉午耳定律	稀薄溶液或相似性質分子混合者	否	否
凝固點下降依數性質	稀薄溶液	否	否
沸點上升依數性質	非揮發性溶質稀薄溶液	否	否
滲透壓依數性值	是	是	否
舉例	NaCl(aq)、 CuSO ₄ (aq)	雲霧、煙、豆漿、牛奶、醬油、紅茶、油漆、墨水、指甲油、奶油泡沫、刮鬍泡沫、發泡保麗龍、有色寶石	霾

四、 膠體溶液

(一) 名稱

溶質又稱膠體粒子、分散相或分散質；溶劑又稱連續相、分散媒或分散介質；溶液又稱分散系。分散系為流體者又稱溶膠；分散系為液體者又稱液膠；分散系為固體者又稱凝膠或膠凝體。分散媒為氣體者又稱氣溶膠；分散媒為水者又稱水溶膠；分散媒為醇者又稱醇溶膠。

(二) 廷得耳效應 (Tyndall effect)

足夠強的光線入射膠體溶液時可觀察到光亮的通路，因膠體粒子足夠大可以散射光線。

(三) 布朗運動

膠體粒子在同一時間受到溶劑分子的合力常不為零，使膠體粒子在溶液中不規則運動，是其可以不沉澱而安定存在的原因之一。

(四) 膠體粒子間相互作用

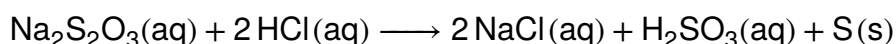
膠體粒子吸附離子或極性分子而帶電或偶極，可能使之間互相排斥，而不沉澱。

(五) 凝析 (Condensation)

在膠體溶液中加入電解質、通電或改變酸鹼值時，易中和帶電的膠體粒子，使聚集與沉澱，稱凝析。溶液中之離子，每個離子帶電荷數絕對值較大者，較易吸附帶異性電的膠體粒子使凝析。實例如：將石膏或食醋加入豆漿，可使其中蛋白質凝析，可用於製作豆花與鹹豆漿；將醋酸加入奶，可使酪素凝析；將稀酸加入橡樹汁，可使生橡膠凝析；凝析法淨化水，以明礬等的鋁離子吸附水中膠體粒子，使凝析沉澱出來；河海交會處形成三角洲。

(六) 奈米硫溶液製備實驗

在稀釋清潔劑與硫代硫酸鈉溶液中加入鹽酸：



奈米硫因界面活性劑而分散，形成膠體溶液，有廷得耳效應。

五、 濃度

- 重量百分濃度 C% 或 P% 或 W%：每 100 克溶液中所含溶質克數。
- 體積百分濃度 V%：每 100 毫升溶液中所含溶質毫升數。
- 百萬分濃度或百萬分點 ppm 或 C_{ppm} ：每 10^6 克（或毫升）溶液中所含溶質克數。
- 十億分濃度或十億分點 ppb 或 C_{ppb} ：每 10^9 克（或毫升）溶液中所含溶質克數。
- 兆分濃度或兆分點 ppt 或 C_{ppt} ：每 10^{12} 克（或毫升）溶液中所含溶質克數。
- 體積莫耳濃度 C_M 或 M：每公升溶液中所含溶質莫耳數。
- 質量莫耳濃度 C_m 或 m 或 b：每公斤溶劑中溶解的溶質莫耳數。
- 莫耳分率 X：混合物中某一組分元素莫耳數占總莫耳數的比例。
- 當量濃度 (Equivalent Concentration) / 規定濃度 (Normality) C_N ：每公升溶液中所含溶質當量，1 當量指欲產生 1M 產物，所需要的特定反應物質量。如酸鹼中和反應中平均解離 k 元的酸或鹼的當量為其質量除以分子量乘以 k ；氧化還原反應中價數平均改變 k 的反應物的當量為其質量除以分子量乘以 k 。

六、 溶解度 (Solubility)

- 溶解度：指定溫壓下，定量溶劑所能溶解溶質而使沉澱速率不大於溶解速率的最大量。一般用每 100 克（或其他度量）水（或其他溶劑）中可溶解且溶液穩定的最大溶質克數表示。

- 飽和溶液：濃度等於溶解度的溶液。處於沉澱（結晶）速率與溶解速率相同的動態平衡。
- 過飽和溶液：濃度大於溶解度的溶液。加入物質、改變溫度、振盪或攪拌等可能使結晶，加入同型晶種使其結晶效果佳。製備方法可以先將溶液調整至溶解度較高之溫度並加入溶質使溶解，而後再調整溫度使濃度大於溶解度，過程應避免搖晃或攪拌。常用於製作過飽和溶液的溶質如醋酸鈉。
- 不飽和溶液：濃度小於溶解度的溶液。加入溶質可再溶解。
- 混溶：可以以任意比例互溶。
- 無反應或其他特殊條件下，氣態物質可混溶。

七、 依數性質

(一) 詞彙釋義

- 莫耳數 n
- 蒸氣壓 P
- 絕對溫度 T
- 氣體常數 R
- 凡特荷夫因子（van 't Hoff factor） i ：每莫耳溶質平均實際溶解出的粒子莫耳數。
- 飽和蒸氣壓 P° ：孤立系統氣相與凝相平衡時的蒸氣壓。
- 滲透壓（Osmotic pressure） π ：兩側分別裝溶劑與溶液，中間以可透溶劑、不透溶質的半透膜相隔的 U 型管中，欲防止溶劑經半透膜流入溶液所需施加到溶液上的最小壓力。血液平均滲透壓約為 7.7 大氣壓。細胞若處於高滲透壓溶液（高張溶液）則水分滲出而細胞皺縮；若處於低滲透壓溶液（低張溶液）則水分滲出而細胞膨脹，有細胞壁者不破裂，無者易破裂。
- 凝固點下降量 ΔT_f ：溶劑凝固點減去溶液凝固點。
- 沸點上升量 ΔT_b ：溶液沸點減去溶劑沸點。

(二) 拉午耳定律（Raoult's law）

k 種物質 A_1, A_2, \dots, A_k 混合之溶液，蒸氣壓為：

$$P = \frac{\sum_{i=1}^k \left(P_{A_i}^\circ \cdot n_{A_i} \cdot i_{A_i} \right)}{\sum_{i=1}^k \left(n_{A_i} \cdot i_{A_i} \right)}.$$

固體溶質多蒸氣壓極小或為零可忽略不計。稀薄溶液或相似性質分子混合者偏差較小。

(三) 理想溶液（Ideal solution）

符合體積加成性且混合時無焓變的溶液，即符合拉午耳定律的溶液。

(四) 凝固點下降依數性質

對於稀薄溶液：

$$\Delta T_f = K_f \cdot C_m \cdot i.$$

其中 K_f 為凝固點下降常數，依溶劑種類而定，不依賴於溶質種類。

可用於測量分子量。

(五) 凝固點測量

液態降溫時，若發生過冷現象，凝固點測量值應計為得失熱量-溫度圖上液相降溫直線部分與固相降溫直線部分的延長線交點。

測量溶液之凝固點時，常以固態升溫之熔點與液態降溫之凝固點之平均為測量值。

(六) 沸點上升依數性質

對於非揮發性溶質稀薄溶液：

$$\Delta T_b = K_b \cdot C_m \cdot i.$$

其中 K_b 為沸點上升常數，依溶劑種類而定，不依賴於溶質種類。

可用於測量分子量。

揮發性溶質則因兩者均貢獻蒸氣壓而不服從此定律，且部分物質可能形成共沸物。

共沸物 (Azeotrope)：指兩組分或多組分的液體混合物以特定比例組成時，在恆定壓力下沸騰，其蒸氣組成比例與溶液相同的現象。如乙醇水溶液。

(七) 滲透壓依數性質

$$\pi = i \cdot C_M \cdot R \cdot T.$$

可用於測量分子量。

八、 氣體溶解度與其分壓關係

(一) 通性

其他狀態函數恆定，氣體在液面上分壓 P 愈大，其體積莫耳溶解度愈大。

(二) 亨利定律 (Henry's law)

一難溶氣體在液面上分壓 P ，其他狀態函數恆定，其溶質莫耳單位溶液/溶劑體積溶解度與 P 成正比，即其溶解體積單位溶液/溶劑體積溶解度不依賴於 P 。令體積莫耳濃度 C_M ，亨利常數 k_H 定義為：

$$C_M = k_H P$$

依賴於溫度、氣體溶質種類、溶劑種類。

低壓、低溶解度下較符合亨利定律；氣體會與液體發生反應者，如氨氣、硫化氫、二氧化硫、二氧化碳、氯氣、鹵化氫溶於水，則偏差較大。

(三) 實例

- 碳酸飲料：在約 0 至 4 攝氏度將水通以 4 大氣壓二氧化碳，再加入糖與香料等，可製備碳酸飲料。
- 潛水用氧氣筒：氮氣於血液的溶解度較小，故今潛水用氧氣筒內為氮氣與氧氣之混合氣體。
- 減壓症(Decompression sickness, DCS)/潛水夫病(divers' disease)/沉箱病(caisson disease)：人體因周遭環境壓力急速降低使氣體在血液中溶解度迅速下降而釋出造成的疾病，主要症狀如皮膚皮疹、虛脫、關節痛、視覺障礙、平衡障礙、呼吸困難等。

九、 溶解熱

(一) 吸熱反應

- 多數固體溶於液體，如 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- 無水硫酸鈉在 32.4°C 以下溶於水
- $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \longrightarrow \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{aq}) + 8\text{H}_2\text{O}$
- 電解

(二) 放熱反應

- 氣體溶於液體
- 部分硫酸鹽溶於水
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 CaSO_4 、 MnSO_4 、 $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶於水
- 無水硫酸鈉在 32.4°C 以上溶於水

(三) 溶解度曲線 (Solubility curve)

溶解度對溫度的曲線中，吸熱溶解的曲線斜率為正（溫度上升時溶解度增加），而放熱溶解的曲線斜率為負（溫度上升時溶解度減少）。測量時常用降溫以便觀察。

十、 體積加成性

溶液的體積加成性指的是在混合不同濃度或不同成分的溶液時，混合後的總體積是否等於各個溶液體積的簡單相加。由於分子間的相互作用（如氫鍵等），混合溶液常不具有體積加成性。例如，將等量的乙醇和水混合時，混合後的體積會少於單獨乙醇和水的體積總和。通常較接近的物質，如甲苯與苯，混合後較接近體積加成。

十一、 滴定 (Titration)

滴定是一種定量化學分析方法，用於確定溶液中已知化學物質的未知濃度。逐滴加入滴定試劑，即已知成分和濃度的標準溶液，到待測溶液中，直到達到化學反應的滴定終點。

- 當量：當量 = 試劑式量 / 單位反應所需該試劑提供的反應物的粒子數。

- 當量數：當量數 = 質量 / 當量
- 當量濃度：當量濃度 = 當量數 / 溶液公升數
- 當量點 (Equivalent point)：滴定試劑與待測試劑當量數相等之時點。
- 半當量點 (Half-equivalence point)：加入之滴定液體積為當量點時之一半之時點。
- 滴定終點 (Titration end point)：指變色或其他可測事件的發生，作為滴定的結束。

實驗流程：

1. 潤洗：以滴定液潤洗滴定管。
2. 標定 (如需)：標定標準溶液之濃度。因許多物質經久置其濃度及品質易改變，如氫氧化鈉會潮解及與二氧化碳反應。
3. 滴定：取精確體積之待測液置於錐形瓶中，並加入指示劑 (如需)，再以標準液為滴定液 (Titrant) 滴定待測液，攪拌均勻直到達到滴定終點，紀錄所耗體積，以得待測液濃度。

第二節 離子、沉澱與顏色表

一、離子表

以下離子表之電荷數含氧化數者。

- +4: Pb^{4+} .
- +3: Al^{3+} , Cr^{3+} , Co^{3+} , Ni^{3+} , Fe^{3+} , Au^{3+} , Sc^{3+} .
- +2: IIA^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , FeSCN^{2+} , O of OF_2 .
- +1: IA^{+} , NH_4^{+} , Ag^{+} , Cu^{+} , Hg_2^{2+} , O of O_2F_2 .
- $+\frac{1}{2}$: O of O_2F .
- $-\frac{1}{2}$: O of 超氧化物如 NaO_2 .
- -1: 7A^{-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} , 硫氰根 SCN^{-} , 異硫氰根 SCN^{-} , CN^{-} , N_3^{-} , $\text{H}_2\text{PO}_2^{-}$, $\text{H}_2\text{PO}_3^{-}$, $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, 過猛酸根 MnO_4^{-} , 過氯酸根 ClO_4^{-} , 氯酸根 ClO_3^{-} , 亞氯酸根 ClO_2^{-} , 次氯酸根 ClO^{-} , HCO_3^{-} , OH^{-} , $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$, 硬脂肪酸/十八烷酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^{-}$, O of 過氧化物如 H_2O_2 , H of 金屬氫化物如 CaH_2 .
- -2: O^{2-} , S^{2-} , HPO_3^{2-} , HPO_4^{2-} , 錳酸根 MnO_4^{2-} , 亞硫酸根 SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , 過一硫酸根 SO_5^{2-} , 硫代硫酸根 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 連二亞硫酸根 $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, 焦亞/偏二亞硫酸根 $\text{O}_3\text{S}_2\text{O}_2^{2-}$, 連二硫酸根 $\text{O}_3\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 焦硫酸根 $\text{O}_3\text{SOSO}_3^{2-}$, 過二硫酸根 $\text{O}_3\text{SOOSO}_3^{2-}$, 連 x 硫酸根 $\text{O}_3\text{SS}_x\text{SO}_3^{2-}$, 鉻酸根 CrO_4^{2-} , 二鉻酸根 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CO_3^{2-} , 草酸根 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$.
- -3: P^{3-} , N^{3-} , BO_3^{3-} , PO_4^{3-} .

二、 表

(一) 詞彙與符號

- S: 可溶 (含易溶)。可溶指 $>10^{-1}\text{M}$ 或 $>1\text{g}/100\text{gH}_2\text{O}$ 。易溶指 $>10^{-1}\text{M}$ 或 $>10\text{g}/100\text{gH}_2\text{O}$ 。
- T: 微溶。指 $10^{-4} \sim 10^{-1}\text{M}$ 或 $0.01\text{g} \sim 1\text{g}/100\text{gH}_2\text{O}$ ，有時亦視為可溶。
- U: 難溶/不溶/沉澱。指 $<10^{-4}\text{M}$ 或 $<0.01\text{g}/100\text{gH}_2\text{O}$ 。
- A: 酸中發生反應。
- B: 兩性物質：在中性、弱酸、弱鹼溶液中生成金屬氫氧化物沉澱並釋出氫氣；在強酸溶液中生成金屬陽離子與氫氣；在強鹼溶液中與氫氧根形成負一價可溶性錯離子與氫氣。
- S, T, U 指中性時。
- All, Others 僅限於金屬、銨根與酸根離子形成的鹽類。
- X: 鹵素。

(二) 沉澱表/溶解度表

- F^- : S: IA^+ , NH_4^+ , Be^{2+} , Ti^+ , Ag^+ . U: Others.
- Cl^- , Br^- , I^- : U: Hg_2^{2+} , Cu^+ , Pb^{2+} , Ag^+ , Ti^+ . S: Others.
- NO_3^- , ClO_4^- : S: All.
- CH_3COO^- : T: Ag^+ . S: Others.
- SO_4^{2-} : U: Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} . T: Hg_2^{2+} , Ca^{2+} . S: Others.
- CrO_4^{2-} : U: Hg_2^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+ . S: Others. A: All ($2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$).
- CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} : S: IA^+ , NH_4^+ . U: Others. A: All ($\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HPO}_4^{2-}$).
- $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$: S: IA^+ , NH_4^+ , Be^{2+} . T: Mg^{2+} . U: Others. A: All ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HC}_2\text{O}_4^-$).
- OH^- : S: IA^+ , NH_4^+ , Sr^{2+} , Ba^{2+} . T: Ca^{2+} . B: Sn^{2+} , Be^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Ga^{3+} . U: Others. A: All ($\text{OH}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$).
- S^{2-} : S: IA^+ , NH_4^+ , IIA^{2+} . U: Others. A: Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Fe^{3+} (not including Cu^{2+}) ($\text{S}^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{S}$).
- 金屬氫氧化物易溶於酸，生成金屬陽離子與水。
- 不溶於水的金屬氧化物： CuO , FeO 。
- 不溶於水的非金屬氧化物： CO , NO 。
- 硫酸鹽類、 AgX 、 Hg_2X_2 不溶於酸中。

(三) 沉澱再溶解

- 少量氨水或其他鹼性溶液中形成氫氧化某沉澱，過量氨水中形成可溶性錯離子，其中電荷數同原離子，氨數為電荷數之二倍，稱數氨某錯離子： Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{3+} , Cr^{3+} , Co^{3+} .
- 水中銀離子在少量氨水或其他鹼性溶液中 $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ 形成 Ag_2O 沉澱，過量氨水中形成可溶性錯離子 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 。氨水中溶解度： AgCl 可溶， AgBr 微溶， AgI 不溶（溶解指 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ，沉澱指 Ag_2O ）。
- 所有銀鹽可溶於 CN^- 中，發生 $\text{Ag}^+ + 2\text{CN}^- \longrightarrow \text{Ag}(\text{CN})_2^-$ 。因此可用 Fe^{3+} 為指示劑、 SCN^- 為滴定試劑滴定 Ag^+ ，生成 AgSCN 沉澱，滴定終點 FeSCN^{2+} 呈血紅色。
- 所有銀鹽可溶於 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ，發生 $\text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \longrightarrow \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ 。
- PbCl_2 溶於熱水、強鹼金屬氫氧化物溶液與強鹽酸。
- 苯胺 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ 分子量大、極性小，難溶於水，加入鹽酸形成氯化苯胺 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$ ，對水溶解度增加。
- 草酸除鏽： $6\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}(\text{aq}) + 6\text{H}^+ + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

(四) 釋出氣體

- $\text{NH}_3(\text{aq})$: NH_3
- $\text{SO}_3^{2-}(\text{aq})$ 遇強酸: SO_2 （無色、臭、有毒）+ H_2O
- 照光或加熱 $\text{H}_2\text{NO}_3(\text{aq})$: NO_2 （紅棕色、臭、有毒）+ H_2O
- $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ 遇強酸: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ，故二氧化碳乃微溶
- $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$: H_2S （無色、臭、有毒）
- 加熱 $\text{KClO}_3(\text{s})$: O_2

(五) 離子色

- Cu^{2+} : 藍.
- Cr^{3+} : 綠.
- CrO_4^{2-} : 黃.
- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$: 橘紅.
- Fe^{2+} : 淺綠.
- Fe^{3+} : 淺黃棕.
- $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$: 淡黃.
- $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$: 紅.
- FeSCN^{2+} : 血紅.
- $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$: 綠.

- Mn^{2+} : 粉紅.
- MnO_4^- : 深紫.
- MnO_4^{2-} : 墨綠.
- Co^{2+} : 粉紅.
- CoCl_4^{2-} : 藍.
- $\text{Co}(\text{SCN})_4^{2-}$: 藍.
- Ni^{2+} : 綠.
- $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$: 深藍.
- Hg^{2+} : 無.
- Zn^{2+} : 無.
- Ag^+ : 無.
- $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$: 無.
- X^- : 無.

(六) 固體色

有特別列出者依之，其餘銅離子高於陰離子高於其他陽離子。

- 白：氯化物、硫酸鹽、碳酸鹽、草酸鹽、氫氧化物、 ZnS , 無水 CuSO_4 、 PbSO_4 .
- 淡黃：溴化物。
- 黃：鉻酸鹽、碘化物、 As_2S_3 、 Bi_2S_3 、含 Pb^{2+} 者、 Mg_3N_2 。
- 黃褐： CdS 。
- 粉紅： MnS 、 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 。
- 磚紅： Ag_2CrO_4 。
- 紅： Sb_2S_3 。
- 紅褐： $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。
- 黑：硫化物、 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 、 PbO_2 、 Ag_2O 。
- 藍：無水 CoCl_2 、含 Cu^{2+} 者。
- 綠： $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 。
- 白綠： $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。
- 棕褐： MnO_2 。
- 紫紅： Li_3N 。