

# 2009 年第六屆全國高級中學化學科能力競賽

## 實驗決賽

共 3 題，4 頁

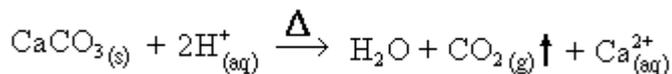
### 題目一、水中 $Mg^{2+}$ 和 $Ca^{2+}$ 濃度的測定

有一貼有鈣鎂分析標籤的 500 mL 水樣品，請利用重量分析或滴定方法分別定量出  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  濃度，並在答案卷上寫下實驗步驟。

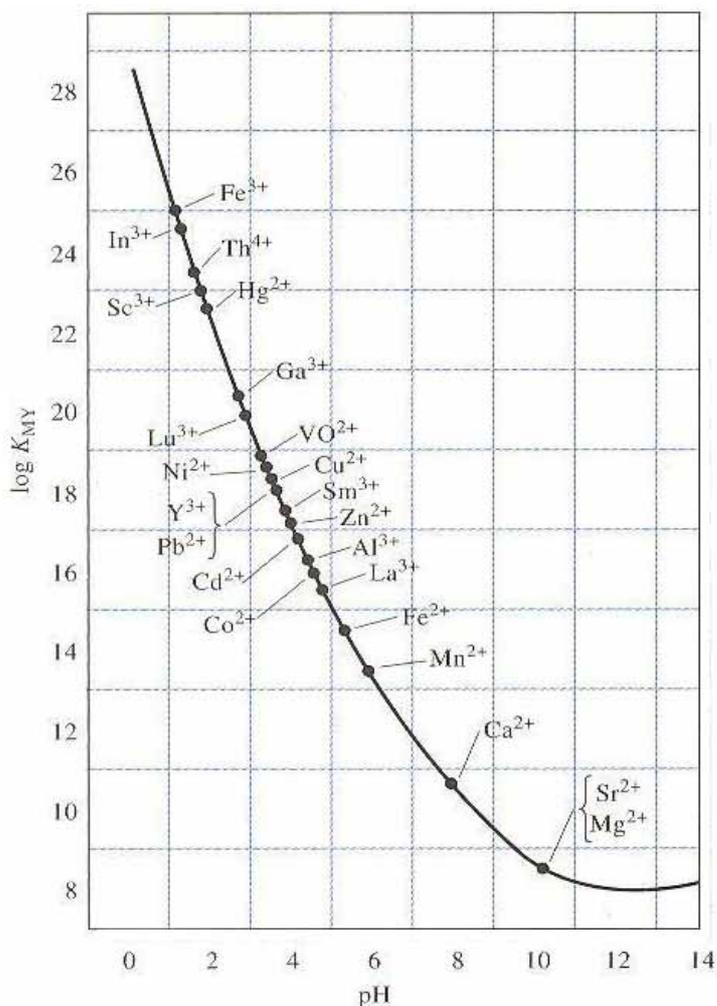
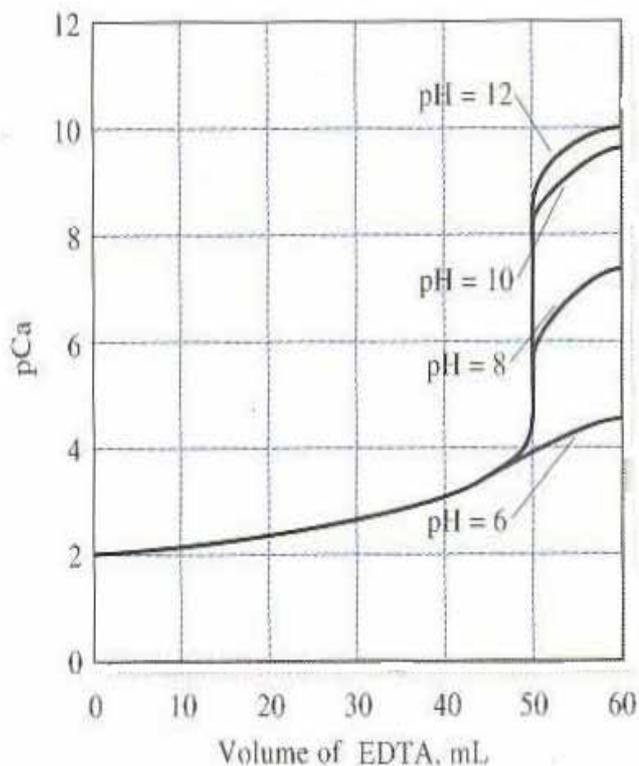
**【提示 1】** 在水中  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  的濃度通常遠超過其他金屬離子，且當水中鈣離子均與 EDTA 形成錯合物後， $Mg$ -EDTA 的錯合物才會形成。

**【提示 2】** 草酸鈣的  $K_{sp}$  為  $2.3 \times 10^{-9}$

草酸鎂的  $K_{sp}$  為  $8.6 \times 10^{-5}$



**【提示 3】**



## 題目二、測定水溶液中銅離子的含量

有 2 個貼有銅分析標籤的水溶液樣品，請利用電解重量法分別使用白金片與銅板測銅離子的含量。

註：請利用白金片測出未知液 1 的銅離子的含量。

請利用銅板測出未知液 2 的銅離子的含量。

### 【提示】



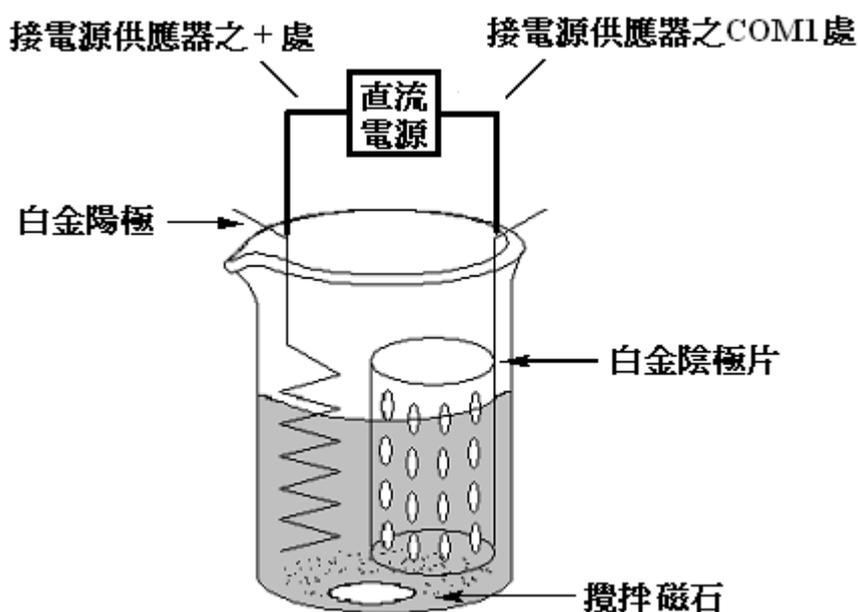
### 【實驗步驟】

1. 取 30 mL 待測水溶液樣品，放入燒杯中。
2. 於上述燒杯中加入 3 mL 之 9 M 硫酸及 2 mL 之 6 M 硝酸。  
註：6 M 硝酸應於排煙櫃內新鮮煮沸 30 秒後放冷，以趕出氮氣化合物（強酸！危險！請注意操作安全）。
3. 將白金陰極片浸於 6 M 硝酸 5 分鐘，以除去表面所附著之雜質。取出之白金片以蒸餾水洗滌，再用少量乙醇沖洗數次，然後將白金片置於 100 °C 烘箱內乾燥 5 分鐘，再將白金片置於表玻璃中冷卻至室溫（約需 5 分鐘）後稱重，紀錄重量。  
註 1：白金絲易折損，修理不易，請小心使用。  
註 2：切勿以手觸摸到白金陰極片的表面。  
註 3：白金片置於表玻璃上再放進烘箱；表玻璃需貼上填有組別的標籤紙，避免與別組混淆。
4. 請依圖一組裝電解裝置。組裝時須注意：(1) 陰、陽二極不得碰觸，以避免短路；(2) 鱷魚連接夾不可接觸到液面；(3) 勿以手接觸白金絲、片，請全程使用鑷子。(4) 最後請加適量蒸餾水於燒杯中，並調整陰極白金片高於液面約 1~1.5 cm。
5. 組裝完成後，即可啟動電磁加熱攪拌器，溫和攪拌溶液；然後打開直流電源供應器，電解至溶液的藍色完全消失。此時，可酌加蒸餾水使液面上升約 0.5 cm，再行電解 15 分鐘；若有新的銅析出，則可繼續重覆該步驟直到無新的銅析出，方告電解完成。

註：1. 電解條件，可由同學自行測試，使用說明請看附錄三。

2. 電源供應器操作上有任何問題可詢問監試人員。

6. 電解完成後，在繼續通電情形下慢慢提起電極（或放下燒杯），並立刻以裝有蒸餾水之洗滌瓶沖洗陰極白金片表面。沖洗完畢後，才可切斷電流。  
註：持續通電可避免附著的銅脫落。
7. 將陰極白金片浸泡於蒸餾水中，取出後以乙醇沖洗數次，置於 100°C 烘箱內，乾燥 5 分鐘，再冷卻至室溫（約需 5 分鐘），秤量重量。
8. 最後請將白金絲與白金片浸於 6 M 硝酸中，待銅完全溶解後取出。再以蒸餾水沖洗乾淨後放回器材箱內。



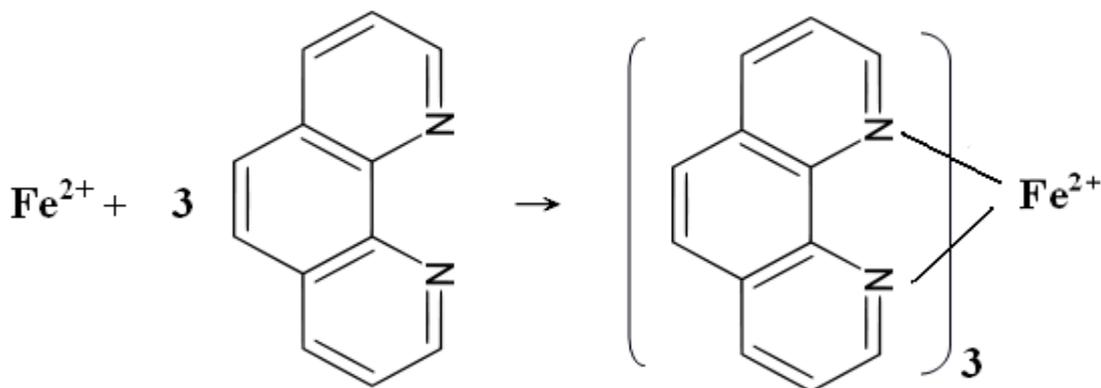
圖一 電解裝置圖

### 題目三、鐵的測定

請利用鄰二氮菲測定一貼有鐵分析標籤的未知樣品，其濃度小於 1000ppm。

#### 【提示】

鄰二氮菲是測定鐵的高靈敏性、高選擇性的試劑。在 pH 2~9 的溶液中，鄰二氮菲和  $\text{Fe}^{2+}$  生成穩定的橘紅色錯合物，在反應生成  $\text{Fe}^{2+}$ -鄰二氮菲前，通常需用  $\text{NH}_2\text{OH}$  將全部的  $\text{Fe}^{3+}$  還原為  $\text{Fe}^{2+}$ 。 $\text{Fe}^{2+}$  與鄰二氮菲之反應如下：



#### 【藥品配置】

**標準鐵溶液：**稱取 0.345g 硫酸鐵銨放入乾淨的燒杯，加入 1 mL 2 M HCl 及 1 mL 去離子水，溶解後轉移至 100 mL 定量瓶中，再加入 10 mL 2 M HCl，並加水至刻線。請各組視情況做適當稀釋。

#### 【實驗步驟】

1. 分別配置 5 個濃度遞增的標準鐵溶液於 25 mL 定量瓶，各加入 0.5 mL  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  (10%) 溶液，混勻後靜置 2 分鐘。
2. 再各別加入 1 mL 鄰二氮菲(0.2 %) 溶液與 2 mL 醋酸鈉(1 M) 溶液，加水稀釋至刻線，混合均勻。
3. 以空白試劑溶液為參考，選在 500 nm 的波長下測定各標準溶液的吸光度(A)，並以濃度對吸光度作圖於方格紙上，即完成標準曲線的製作。
4. 利用標準曲線定量出未知液的濃度。

註：吸光度測量統一由監考人員操作儀器，參賽者在旁自行抄寫數據；有需要使用儀器測量吸光度時，請備好樣品、空白試劑溶液與石英液槽並通知監試人員。

## 附錄一 指示劑變色範圍

酸鹼指示劑		顏色		
中文	英文	酸型	變色 pH 範圍	鹼型
甲基橙	Methyl orange	紅	3.1~4.4	黃
甲基紅	Methyl red	紅	4.2~6.3	黃
酚酞	Phenolphthalein	無	8.3~10.0	紅
溴甲酚綠	Bromocresol green	黃	3.8~5.4	藍
其他		顏色變化		
卡美其	Calmagite indicator	紅-藍		
鉻黑 T	Eriochrome Black T	藍-紅		

## 附錄二 LPS305 直流電源供應器相關簡易操作

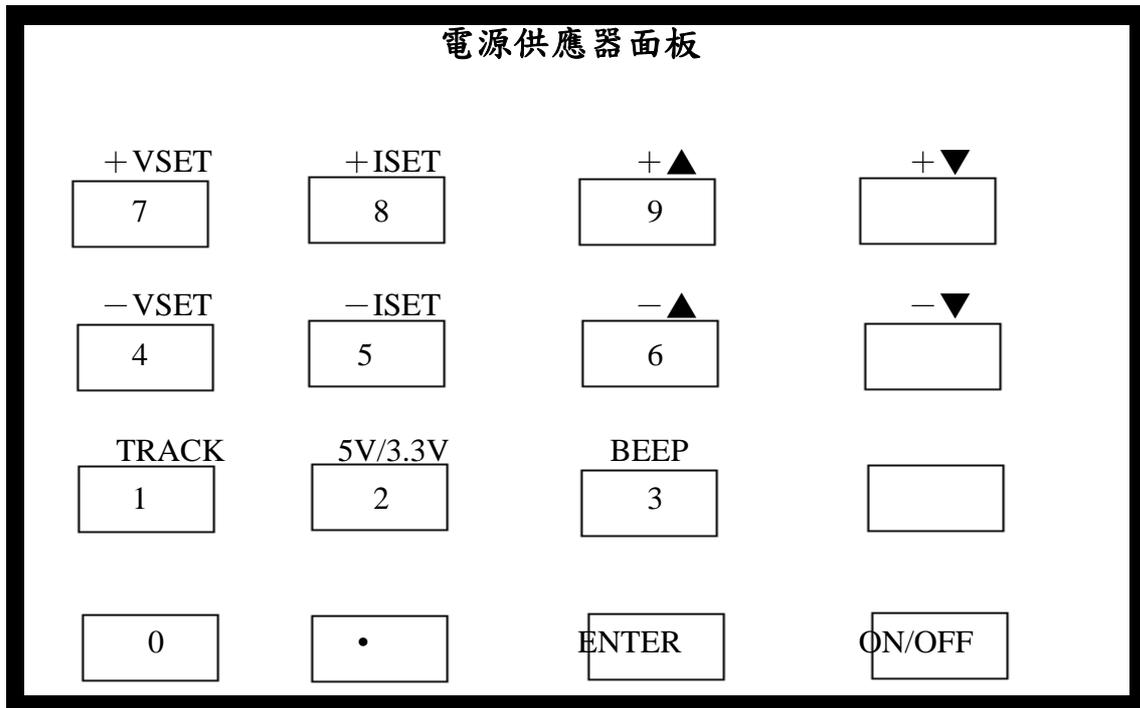
1. 正負電源開關: ON/OFF

2. +Vset      +Iset      +▲      +▼  
[ 7 ]      [ 8 ]      [ 9 ]      [   ] 為正電源改變鍵:

例: +25.5V 輸入 → 按 [ 7 ] → [ 2 ] → [ 5 ] → [ • ] → [ 5 ] → [ enter ]

+2.8A 輸入 → 按 [ 8 ] → [ 2 ] → [ • ] → [ 8 ] → [ enter ]

當 +25.05V 電壓欲上升到 +25.08V 時只要按 [ 9 ] 三下即可



## 附錄三 LPS305 直流電源供應器規格

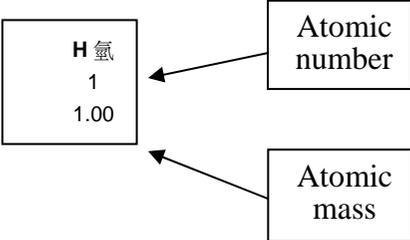
1.0~30V/0~3A ，165W

2.電壓電流解析度:10mV/1mA

3.具短路警示系統

# 附錄四 週期表

<b>H</b> 氫 1 1.007 9																	<b>He</b> 氦 2 4.003
<b>Li</b> 鋰 3 6.941	<b>Be</b> 鈹 4 9.012											<b>B</b> 硼 5 10.81 1	<b>C</b> 碳 6 12.01 1	<b>N</b> 氮 7 14.00 7	<b>O</b> 氧 8 15.99 9	<b>F</b> 氟 9 18.99 8	<b>Ne</b> 氖 10 20.18 0
<b>Na</b> 鈉 11 22.99 0	<b>Mg</b> 鎂 12 24.30 5											<b>Al</b> 鋁 13 26.98 2	<b>Si</b> 矽 14 28.08 6	<b>P</b> 磷 15 30.97 4	<b>S</b> 硫 16 32.06 6	<b>Cl</b> 氯 17 35.45 3	<b>Ar</b> 氬 18 39.94 8
<b>K</b> 鉀 19 39.09 8	<b>Ca</b> 鈣 20 40.07 8	<b>Sc</b> 釷 21 44.95	<b>Ti</b> 鈦 22 47.88	<b>V</b> 釩 23 50.94 2	<b>Cr</b> 鉻 24 51.99 6	<b>Mn</b> 錳 25 54.93 8	<b>Fe</b> 鐵 26 55.84 7	<b>Co</b> 鈷 27 58.93 3	<b>Ni</b> 鎳 28 58.69 3	<b>Cu</b> 銅 29 63.54 6	<b>Zn</b> 鋅 30 65.39	<b>Ga</b> 鎵 31 69.72 3	<b>Ge</b> 鍺 32 72.61	<b>As</b> 砷 33 74.99 2	<b>Se</b> 硒 34 78.96	<b>Br</b> 溴 35 79.90 4	<b>Kr</b> 氪 36 83.80
<b>Rb</b> 鉀 37 85.46 8	<b>Sr</b> 銣 38 87.62	<b>Y</b> 釷 39 88.90 6	<b>Zr</b> 鈦 40 91.22 4	<b>Nb</b> 鈮 41 92.90 6	<b>Mo</b> 鉬 42 95.94	<b>Tc</b> 錳 43 98.90 6	<b>Ru</b> 鈷 44 101.0 7	<b>Rh</b> 銠 45 102.9 1	<b>Pd</b> 鈀 46 106.4 2	<b>Ag</b> 銀 47 107.8 7	<b>Cd</b> 鎘 48 112.4 1	<b>In</b> 銦 49 114.8 2	<b>Sn</b> 錫 50 118.7 1	<b>Sb</b> 銻 51 121.7 6	<b>Te</b> 碲 52 127.6 0	<b>I</b> 碘 53 126.9 0	<b>Xe</b> 氙 54 131.2 9
<b>Cs</b> 銣 55 132.9 1	<b>Ba</b> 鋇 56 137.3 3	<b>Lu</b> 鑷 71 174.9 7	<b>Hf</b> 鈷 72 178.4 9	<b>Ta</b> 鉭 73 180.9 5	<b>W</b> 鎢 74 183.8 5	<b>Re</b> 銻 75 186.2 1	<b>Os</b> 銱 76 190.2	<b>Ir</b> 銥 77 192.2 2	<b>Pt</b> 鉑 78 195.0 8	<b>Au</b> 金 79 196.9 7	<b>Hg</b> 汞 80 200.5 9	<b>Tl</b> 鉍 81 204.3 8	<b>Pb</b> 鉛 82 207.2	<b>Bi</b> 鉍 83 208.9 8	<b>Po</b> 釷 84 209	<b>At</b> 砒 85 210	<b>Rn</b> 氡 86 222
<b>Fr</b> 銣 87 223	<b>Ra</b> 鐳 88 226	Lw	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
		<b>La</b> 釷 57 140.1	<b>Ce</b> 鈰 58 140.9	<b>Pr</b> 釷 59 140.9	<b>Nd</b> 釷 60 140.9	<b>Pm</b> 釷 61 140.9	<b>Sm</b> 釷 62 150.3	<b>Eu</b> 釷 63 151.9	<b>Gd</b> 釷 64 151.9	<b>Tb</b> 釷 65 158.9	<b>Dy</b> 釷 66 162.5	<b>Ho</b> 釷 67 162.5	<b>Er</b> 釷 68 167.2	<b>Tm</b> 釷 69 167.2	<b>Yb</b> 釷 70 173.0		



	138.9 1	2	1	144.2 4	146.9 2	6	7	157.2 5	3	0	164.9 3	6	168.9 3	4	
	<b>Ac</b> 錒 89 227	<b>Th</b> 釷 90 232.0 4	<b>Pa</b> 鐳 91 231.0 4	<b>U</b> 鈾 92 238.0 3	<b>Np</b> 釷 93 237.0 5	<b>Pu</b> 鈾 94 244	<b>Am</b> 錒 95 243	<b>Cm</b> 錒 96 247	<b>Bk</b> 釷 97 247	<b>Cf</b> 鈾 98 251	<b>Es</b> 鐳 99 252	<b>Fm</b> 鐳 100 257	<b>Md</b> 鐳 101 258	<b>No</b> 鐳 102 259	

## 附錄五、各項藥品性質及危險性列表（係依英文字母排列）

	英文名稱	中文名稱	化學式	藥品性質及危險性
1	Acetic acid	醋酸	CH <sub>3</sub> COOH	藥品性質：無色液體，有刺激性氣味，熔點 16.63 °C，沸點 118 °C，比重 1.049。與水、酒精、甘油、乙醚互溶。 <u>可燃</u> 。
2	Ammonia hydroxide	氨水	NH <sub>4</sub> OH	藥品性質：具強烈刺激氣味之無色液體，比重0.895-0.910。 <u>食入及吸入均具毒性，液體及蒸氣極具刺激性，特別是眼睛。</u>
3	Ammonium chloride	氯化銨	NH <sub>4</sub> Cl	藥品性質：白色晶體。溶於水及甘油，微溶於酒精。於350 °C昇華，比重1.54。
4	Ammonium oxalate	草酸銨	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	藥品性質：無色晶體。溶於水。比重1.502，遇熱分解。
5	Calcium carbonate	碳酸鈣	CaCO <sub>3</sub>	藥品性質：白色粉末或無色晶體，無臭無味，無毒性。比重2.7-2.95，在825 °C分解。極微溶於水，可溶於酸而放出二氧化碳。
6	Calmagite indicator	卡美其	(OH)(CH <sub>3</sub> )C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> N=NC <sub>10</sub> H <sub>5</sub> (OH)(SO <sub>3</sub> H)	藥品性質：黑紫色粉末，能溶於水、醇和稀鹼溶液。水溶液pH值小於7時為亮紅色，pH值7.1~9.1為紅色，pH值9.1~11.4時為藍色，pH值12以上時為紅橙色。常被用來作為 pH10 條件下以EDTA滴定Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 的指示劑，終點由紅變藍。
7	Copper sulfate	硫酸銅	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	藥品性質：藍色粉末或晶體。脫水時為白色。溶於水、甲醇，略溶於酒精與甘油，比重2.284。 <u>危險性：食入有毒；強刺激性。</u>
8	Ethanol	乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	藥品性質：沸點 78.4 °C，自燃溫度 343 °C，為透明無色揮發性液體，有酒精味，與水互溶，易潮解，蒸氣及液體易燃。 <u>危險性：誤食或吸入高濃度蒸氣後，可能造成輕微的中樞神經系統抑制作用，引起頭痛、噁心、暈眩等症狀；會刺激眼睛，吞食或嘔吐液體可能吸入肺部，造成吸入性傷害。</u>

9	Ethylenediaminetetraacetic acid	乙二胺四乙酸	EDTA	<p><b>藥品性質：</b>無色晶體。稍溶於水，不溶於一般有機溶劑。240 °C 分解。與鹼金屬氫氧化物中和形成水溶性鹽類，含有一個到四個鹼金屬陽離子。</p> <p><b>危險性：</b>低毒性。</p>
10	Eriochrome Black T	鉻黑 T	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> N <sub>3</sub> NaO <sub>7</sub> S	<p><b>藥品性質：</b>黑褐色粉狀。可溶於水，稍溶於醇，微溶於丙酮。水中溶解度 (90°C) 為 25 g/L。鉻黑 T 本身是酸鹼指示劑，在 pH 小於 6 時呈酒紅色，pH 在 8~10 時呈藍色，pH 大於 12 時呈橙黃色。</p>
11	Ferrous ammonium sulfate	硫酸銨鐵	Fe(NH <sub>4</sub> )(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	<p><b>藥品性質：</b>微綠色晶體，可溶於水，不溶於乙醇。比重 1.865。100~110°C 分解。易潮解，會受光影響。</p>
12	Hydrochloric Acid	鹽酸	HCl	<p><b>藥品性質：</b>熔點 -35 °C，沸點 108.6 °C，無色或淡黃色發煙液體，有刺激性嗆鼻氣味，全溶於水，<u>為具強烈酸性的高腐蝕性酸。與金屬接觸會產生氫氣，可能引起火災或爆炸。</u></p> <p><b>危險性：</b><u>吞食有害，吸入有毒，可能造成嚴重皮膚灼傷及眼睛損傷。</u></p>
13	Hydroxylamine hydrochloride	鹽酸脛胺	NH <sub>2</sub> OH•HCl	<p><b>藥品性質：</b>無色吸濕性結晶。比重 1.67，熔點 152 °C。溶於水、甘油、酒精。</p> <p><b>危險性：</b><u>吸食會中毒，對組織有強烈刺激性。</u></p>
14	Magnesium Sulfate	硫酸鎂	MgSO <sub>4</sub>	<p><b>藥品性質：</b>無色或白色易風化的晶體或白色粉末。無臭，有苦鹹味。密度 1.68，在 150 °C 失去六分子結晶水，200 °C 失去全部結晶水。無水物密度 2.66，熔點 1124 °C，同時分解。溶於水、甘油和乙醇。</p>
15	Nitric acid	硝酸	HNO <sub>3</sub>	<p><b>藥品性質：</b>無色透明或是微黃色液體，能腐蝕大部分金屬，其黃色是由於曝光所產生之二氧化氮，為強氧化劑，能與水混合，酒精中會分解。沸點 78 °C，凝固點 -42 °C，比重 1.504。</p> <p><b>危險性：</b><u>吸入有劇毒，對皮膚有腐蝕性，為強氧化劑，與有機物接觸有起火危險，空氣中容許量 2ppm。</u></p> <p><b>警告：</b><u>強氧化物質勿與強酸、強鹼混合。</u></p>

16	O-phenanthroline	鄰二氮菲	$C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$	藥品性質：白色晶形粉末。熔點 93-94 °C，略溶於水，溶於乙醇、苯、丙酮。
17	potassium hydrogen phthalate (KHP)	鄰苯二甲酸氫鉀	$HOOC C_6H_4 COOK$	藥品性質：無色晶體。溶於水，比重 1.636。
18	Sulfuric Acid	硫酸	$H_2SO_4$	<p>藥品性質：沸點 274 °C，分解溫度 340 °C，分解時會產生毒氣，為無色至暗褐色吸濕性油狀液體，溶於水。為氧化劑，與金屬接觸會產生氫氣，可能引起火災或爆炸，與水會產生劇烈反應。</p> <p><u>危險性：吞食、吸入可能致死，會腐蝕眼睛、皮膚、呼吸道，其無機酸霧滴具致癌性。</u></p> <p><u>警告：強氧化物質勿與強酸、強鹼混合。</u></p>
19	Sodium Acetate	乙酸鈉	$CH_3COONa$	藥品性質：熔點 58 °C，在 120 °C 失去水，324 °C 分解，比重 1.528，為白色潮解性粉末，無味。溶於水及乙醚，略溶於酒精。
20	Sodium chloride	氯化鈉	$NaCl$	藥品性質：無色，透明晶體或是白色晶形粉末。可溶於水、甘油，微溶於乙醇。比重 2.165，熔點 801 °C。不可燃。
21	Sodium hydroxide	氫氧化鈉	$NaOH$	<p>藥品性質：熔點 318 °C，沸點 1390 °C，為粒狀白色固體，無味，在空氣中會吸水及二氧化碳，可溶於水，其水溶液為透明無色液體。</p> <p><u>危險性：在水氣存在下對組織有腐蝕性，會引起失明，永久性傷害和死亡，煙霧可能引起肺部傷害。</u></p>
22	Sodium phosphate, dibasic	磷酸氫二鈉	$Na_2HPO_4$	藥品性質：無色半透明晶體或白色粉末，可溶於水，易溶於乙醇。在 240°C 變為焦磷酸鈉。
23	Sodium thiosulfate	硫代硫酸鈉	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	藥品性質：白色半透明晶體粉末，溶於水及松節油，不溶於乙醇；可於霧氣中潮解。在乾空氣 33 °C 以上風化；比重 1.729；熔點 48°C；於沸點分解。

24	Urea	尿素	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	藥品性質：白色結晶或粉末。比重 1.335，熔點 132.7°C，在煮沸前即分解。可溶於水、酒精、苯，稍溶於乙醚。低毒性，不可燃。
----	------	----	-----------------------------------	---

2009 年第六屆清華盃全國高級中學化學科能力  
競賽

實驗決賽 答案

題目一. 鈣,鎂離子	濃度(M)	
CaCO <sub>3</sub>	0.009819	1-4 組
MgSO <sub>4</sub>	0.022558	
CaCO <sub>3</sub>	0.009822	5-8 組
MgSO <sub>4</sub>	0.022712	
CaCO <sub>3</sub>	0.009844	9-12 組
MgSO <sub>4</sub>	0.022668	
題目二. 硫酸銅		
(1) 未知物-1	濃度(M)	
CuSO <sub>4</sub>	0.024577	1-10 組
	0.024701	11-12 組
(2) 未知物-2	濃度(M)	
CuSO <sub>4</sub>	0.036086	1-10 組
	0.037079	11-12 組
題目三. 鐵未知物	濃度(ppm)	
Fe(NH <sub>4</sub> )(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 12H <sub>2</sub> O	358	1-10 組
	345	11-12 組

