



# 封神演義

設計者：蕭次融教授

《封神演義》是一部神魔化的歷史小說，以商紂王殘暴無道、周武王弔民伐罪為歷史背景，姜子牙斬將封神為主線，編織出神仙、凡人妖魔之間上天入地、鬥法鬥寶、征戰殺伐的故事，並成功地塑造了楊任、雷震子、哪吒、楊戩等神話人物。本項競賽期望學生要有楊戩的法術智謀，自行設計尋寶的策略，一一破解未知溶液以至於可以封神。

這次「化學尋寶」作為遠哲科學趣味競賽的題目，其主要目的在於激發學生對於學習化學的興趣。許多從事化學教育者認為學習化學的最好方法是「從未知的事物學起」(Learn from Unknown)。在本競賽的化學尋寶，其實就是「未知溶液的分析」或說「未知試樣的分析」。

本競賽說明，在附錄提供兩個化學尋寶的實例：「化學尋寶(A)」與「化學尋寶(B)」(只呈現在全國競賽的附錄)。「化學尋寶(A)」是酸鹼指示劑的顏色與酸鹼中和的概念以及碘離子與碘的氧化還原反應的應用，屬於國中理化課程或高一學生可以理解的範圍。包括：

## 一、預備實驗

(一)認識指示劑的顏色、(二)酸鹼指示劑的混合、(三)小小科玩

## 二、未知溶液的檢驗(試題)

## 三、教師手冊

(一)溶液的配製、(二)實驗器材、(三)化學尋寶(解法)

「化學尋寶(B)」則屬於高中化學範圍，包括各種類型的化學反應，例如(一)產生顏色的改變、(二)產生氣體、(三)產生沉澱、(四)氧化還原反應、以及(五)酸鹼中和反應。如同化學尋寶(A)，化學尋寶(B)也有(一)預備實驗與(二)未知試樣的檢驗(試題)，但在預備實驗中特別介紹簡易電解實驗(高一化學課程中的實驗)的操作及其應用於未知試樣的檢驗。

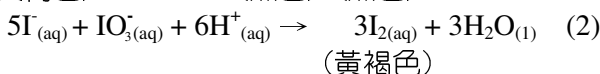
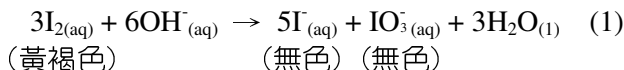
在遠哲科學趣味競賽中的實際競賽試題，在分區競賽時將會與上述「化學尋寶(A)」的試題類似，或沿用相似的尋寶(分析)技巧於混合的新試題(增加了  $KI$ 、 $I_2$ 、 $Na_2S_2O_3$ 、 $H_2O_2$ 、starch 等溶液)，但全國競賽時，將採用類似化學尋寶(B)的方法與試題(將呈現於全國競賽手冊)。希望各位指導教師能給予學生協助，配製試藥與準備實驗器材。

## 目的

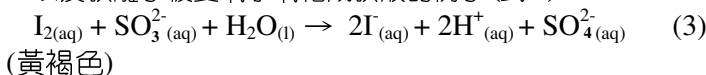
藉由未知溶液的分析，激發學生的思考創造能力，自行設計解題的策略，如同尋寶的方式，尋找解題的線索，增加解題的自信心與成就感，以增進學習化學的興趣。

## 原理

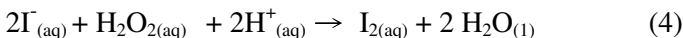
化學反應中的有些反應會伴隨著顏色的變化，例如酸鹼中和時指示劑的顏色改變，之外碘液在氧化還原或自身氧化還原反應時也會有顏色的改變，例如



上記的式(2)是式(1)的逆反應，而式(1)是碘液在鹼性溶液中的自身氧化還原反應。另外，碘液遇到還原劑，例如亞硫酸鈉或硫代硫酸鈉時，均會被還原成無色的碘離子  $\text{I}^{-}(\text{aq})$ ，而碘液遇到澱粉液即呈現藍色。下列兩個反應式分別表示黃褐色碘液被亞硫酸離子還原成無色的碘離子(式3)，以及碘離子被雙氧水氧化成碘液的例子(式4)。



而碘離子遇到氧化劑，例如雙氧水會被氧化成碘液，則黃褐色復現：



## 競賽方式

### 活動一與活動二、化學尋寶

本項競賽將活動一與活動二合併為一個活動，就是「未知溶液的分析」。每隊四人，共用一組器材以檢定 10 至 12 支未知溶液。每支溶液只有 1~1.5mL，溶液的量雖少，但至少可以滴出 18 滴。要特別提醒學生溶液用完不能補充，也不能換，因此要節省用。在動手操作前，要仔細看答案紙上的說明，先在紙上沙盤推演，自行設計檢定未知物的策略，如何利用未知溶液彼此間的反應以判定各個未知溶液。實驗可在畫圖用的調色盤上做，也可在白紙(A4 影印紙)上做。分區競賽的參考試題如封神演義競賽試題(在本項說明的最後一頁)。

### 活動三、創意競賽

1. 用酸鹼指示劑在紙上繪圖。
2. 酸鹼指示劑以及紙質與大小均不限。
3. 創意作品與書面說明，應於報到時繳交。
4. 創意競賽必須於指定時間親自口頭說明，接受評審。
5. 評審時除了整幅畫的美觀之外，將用毛筆沾酸液或鹼液在選擇性的幾個地方，試其是否會變色，以決定合格與否。

### 評分方式

化學尋寶－未知溶液的分析，每一個正確答案得 5 分，答錯倒扣 1 分，滿分 50 至 60 分。每隊所得成績依高低排序後，再按「六等第計分法」計分定名次。

### 器材

全由大會發給，包括	
水彩畫用調色盤	1 個
A4 影印紙	2 張
未知溶液 (3 mL 吸管，內含溶液約 1~1.5mL)	12 支
空白吸管 (3 mL)	2 支
蒸餾水 (20 mL)	1 瓶
咖啡棒	2 支
面紙	1 包

## 附錄：化學尋寶(A)

### 化學尋寶(A) (未知溶液的檢驗)

以探索自然的變化來學習科學，最能契合國中生的好奇心。在許多的趣味化學實驗中，最具有挑戰性的，莫過於「未知物的檢驗」。本篇介紹以「酸與鹼」為主題，讓學生認識酸鹼指示劑以及酸與鹼的中和反應。本篇的特色在於(一)試劑用量少，符合「綠色化學」的理想；(二)在普通的教室內的一般課桌椅上即可操作；(三)學生每人一套器材，可以單獨操作，培養自信心；(四)也可以將兩張課桌椅並排，學生兩人一組，可以互相討論以解決問題。

本篇要學生親自「動手做」的方面分為兩部分：一為預備實驗，目的在於讓學生認識酸鹼指示劑的顏色，並以酸鹼指示劑做小小科玩遊戲，以提高學生學習化學的興趣；另一為未知溶液的檢驗，學生要利用在預備實驗所學的酸鹼性質以及指示劑的顏色變化的概念，自行設計實驗步驟，以檢驗未知溶液，如同「尋寶」，甚具挑戰性。最後為了教師準備實驗器材與配製溶液的方便以及指導學生，寫有教師手冊，敬請教師參酌。

#### 一、預備實驗

桌上有 6 支點滴吸管或點眼藥瓶，分別貼有標籤，其所含的溶液如下：

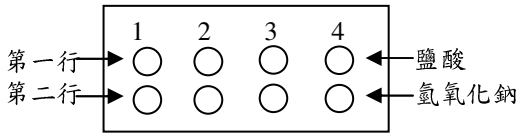
甲基紅 (0.01%)	溴瑞香草酚藍 (0.01%)
酚酞 (0.01%)	鹽酸 (0.1M)
酚紅 (0.01%)	氫氧化鈉 (0.1M)

#### 實驗步驟

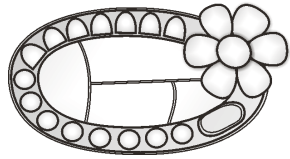
##### (一) 認識指示劑的顏色

1. 在墊板(圖一)或水彩畫用的調色盤(圖二)上，每相隔約 3 公分，各滴下 1 滴鹽酸，總共 4 滴如圖一上的第一行：→ ○ ○ ○ ○
2. 在墊板的第二行，以同樣的方式，各滴下 1 滴氫氧化鈉，總共四滴如圖一的第二行。
3. 取甲基紅指示劑，在 1 位置的鹽酸上，滴下 1 滴指示劑後用咖啡棒混合均勻，觀察顏色有何改變？記錄觀察的結果；同樣在氫氧化鈉上，滴下 1 滴甲基紅指示劑後用咖啡棒混合均勻，觀察有何變化？並記錄於表一。如指示劑甲基紅：在鹽酸溶液呈

現紅色，而在氫氧化鈉溶液呈現黃色。



(圖一)墊板



(圖二)水彩畫用調色盤

(表一)各種酸鹼指示劑的顏色

指示劑 溶液	甲基紅	溴瑞香草酚藍	酚紅	酚酞
鹽酸	紅			
氫氧化鈉	黃			

4. 同步驟 3 的方式，試一試其他的指示劑，將觀察到的現象記錄於表一。

## (二) 酸鹼指示劑的混合

5. 記錄好後，在墊板的第一行的 4 個溶液上，分別各滴下 2 滴的氫氧化鈉溶液，並用咖啡棒攪拌均勻，仔細觀察顏色有何變化？與第二行對應的各滴顏色是否相同？為什麼？

答：\_\_\_\_\_

6. 用咖啡棒將墊板上的各溶液橫向地一一混合，顏色有何變化？為什麼？

答：\_\_\_\_\_

7. 用咖啡棒將墊板上的所有溶液混合，結果如何？

答：\_\_\_\_\_

8. 將墊板上的溶液倒入廢液杯內，然後先用面紙擦乾，之後在墊板上滴下數滴蒸餾水，再用咖啡棒磨一磨墊板並擦乾。如此清洗墊板，若還不乾淨，則再重複清洗至墊板可以繼續使用。

### (三) 小小科玩

9. 在墊板上每隔約 3 公分(或水彩畫用調色盤的 7 個隔間)，各滴下 1 滴蒸餾水，共 7 滴分別在七個位置。
10. 在第一個位置的蒸餾水上，滴下 1 滴氫氧化鈉，第二個位置的蒸餾水上，滴下 2 滴鹽酸，第三個位置的蒸餾水上，滴下 3 滴氫氧化鈉；依此類推，按照表二所列的方式在七個位置的蒸餾水上，滴下各溶液。

(表二)小小科玩的準備與觀察記錄

位置	溶液	滴數	觀察記錄
一	NaOH	1	
二	HCl	2	
三	NaOH	3	
四	HCl	4	
五	BTB*	5	
六	NaOH	6	
七	PP**	7	

\*BTB 是溴瑞香草酚藍      \*\*PP 是酚酞

11. 用一支空白的點滴吸管，將第七位置上的所有溶液吸入於吸管內，然後將吸管內的全部溶液，滴在第一位置的溶液上，再度將所有的溶液吸入於吸管內。觀察吸管內溶液的顏色變化，並將觀察結果寫在表二上的「觀察記錄」欄內。
12. 將吸管內的粉紅色溶液，滴一小滴於原來的第一位置上留作比較。然後將吸管內的所有溶液滴在第二位置的溶液上後，再將其全部吸入於吸管內，看到有何變化，將觀察結果寫在表二上。
13. 同步驟 12 的方式，將吸管內的無色溶液，滴一小滴於原來的第二位置上，留作比較。然後將吸管內的所有溶液滴在第三位置的溶液上後，再將其全部吸入於吸管內，將觀察到的現象寫於表二上。
14. 同上面步驟的操作方式，操作於第四至第六位置上的溶液，將觀察到的現象(顏色變化)，分別寫於表二上。
15. 最後的顏色是藍紫色，為什麼？

答：\_\_\_\_\_

## 二、未知溶液的檢驗

姓名：\_\_\_\_\_

塑膠袋內有 9 支塑膠點滴吸管，管內的溶液均為未知試樣，分別貼有標籤 A、B、C、D、E、F、G、H、K，其中 3 支幾近紅色，3 支幾近黃色，3 支無色。已知管內溶液體積都約 0.6 mL，各溶液可能是 0.1M 的鹽酸或 0.1M 的氫氧化鈉溶液。其中有的加有數滴指示劑，而溶液的顏色均係來自指示劑（但每一支吸管内至多也只有一種指示劑），而指示劑的變色範圍（pH 值）如表三所示：

(表三)各種指示劑的變色範圍以及其在酸性與鹼性溶液中的呈色

指示劑	變色範圍	顏色變化
甲	4.2 ~ 6.3	紅—黃
乙	6.2 ~ 7.6	黃—藍
丙	6.8 ~ 8.4	黃—紅
丁	8.3 ~ 10.0	無—紅

(一) 桌上有白色墊板(或水彩畫用調色盤)與面紙，另外有一瓶蒸餾水與咖啡棒。試利用這些器材分辨各瓶內溶液的酸鹼性，並確定各瓶內分別放有何種指示劑(以甲、乙、丙、丁表示)。檢驗後將答案填寫在表四內：

(表四)未知溶液的酸鹼性與其所含的指示劑

項目	例	A	B	C	D	E	F	G	H	K
酸鹼性	酸									
指示劑	丙									

- 注意：**
1. 廢液或廢紙要全部放入空杯內，按教師的指示方式處理。
  2. 未知試樣完全答對每一試樣得 10 分，答錯倒扣 2 分。
  3. 寫出分辨 A 與 G 的方法，正確者得 10 分。

(二) 簡述分辨 A 與 G 的方法。(最好寫分辨流程與得到答案的理由，答案可以寫在本頁紙的背面)

### 三、教師手冊

教師手冊是為了方便教師準備實驗器材與配製溶液，以及指導學生而寫的。因為可用的器材會有很多種，溶液的配製方法也有多種，甚至化學尋寶(未知溶液的檢驗)的實驗步驟也有多種，因此這裡所寫的方法並不是唯一的，只供作參考。不過由本節(三)化學尋寶的解說可以發現本實驗要學生自行設計實驗步驟，整理數據，加以邏輯判斷以求結果。這些科學過程技能的訓練，很符合九年一貫課程的培養學生創意思考的期望。

#### (一)溶液的配置

##### 1. 酸與鹼的配製

用鹽酸與氫氧化鈉分別製備 0.1M 的  $\text{HCl}(\text{aq})$  與  $\text{NaOH}(\text{aq})$  各一瓶 (1000 mL)。要特別注意：所配的酸與鹼，其濃度必須相當，因此初配的酸與鹼必須互相滴定，以調整濃度。

##### 2. 指示劑的配製

分別配製甲基紅、溴瑞香草酚藍、酚紅與酚酞的 0.01% 濃度的指示劑各 100 毫升。酚紅與酚酞要先溶於酒精後加等量的  $\text{H}_2\text{O}$ 。甲基紅可用 10% 的酒精溶液配製；溴瑞香草酚藍也以 10% 的酒精溶液調配，但必須加些  $\text{NaOH}(\text{aq})$  才會溶解，因此先得藍色溶液後，慢慢滴加  $\text{HCl}(\text{aq})$  至溶液呈現綠色。

##### 3. 未知溶液的配製

用透明的滴瓶分別取 100 mL 的 0.1M  $\text{HCl}(\text{aq})$  與 0.1M  $\text{NaOH}(\text{aq})$  各四瓶，然後在  $\text{HCl}(\text{aq})$  中，分別加各指示劑(在上述 2 所配製的四種指示劑)即得紅、黃、黃、無色的四種未知溶液，但對於  $\text{NaOH}(\text{aq})$ ，只在其中的三瓶分別加溴瑞香草酚藍以外的三種指示劑(亦即分別加甲基紅、酚紅、酚酞)即得黃、紅、紅的三瓶未知溶液，如此配製，即可得三瓶幾近紅色、三瓶幾近黃色與一瓶無色的未知溶液。另外兩瓶無色的未知溶液可以只用  $\text{HCl}(\text{aq})$  與  $\text{NaOH}(\text{aq})$ ，不加指示劑。

#### (二)實驗器材

各種溶液均要裝於點滴吸管(1 mL 或 3 mL)，或點滴瓶(5 mL)。墊板可用紙板加護貝自製的，或水彩畫用的調色盤。攪拌可以使用咖啡棒或牙籤，面紙則最好用小包的，一人一包。

### (三)化學尋寶

最首要研讀試題所給的資訊，例如表三各種指示劑在酸與鹼溶液中的呈色。從表中可看出四種指示劑在酸與鹼溶液中的呈色共有三個紅色、三個黃色、一個藍色與一個無色，而其中最特別的是藍色，其次為無色。因此，最首要著眼於藍色，這是指示劑乙在鹼性溶液中的顏色，而其在酸性溶液中卻呈黃色，因此尋寶的流程與判定如下：

1. 將三種黃色的試樣(未知溶液)，分別在墊板的上、中、下各滴 1 滴如圖三(為了說明方便，假定三種黃色試樣的代號分別為 A、C、F)。

	A	C	F
上	○	○	○
中	○	○	○
下	○	○	○

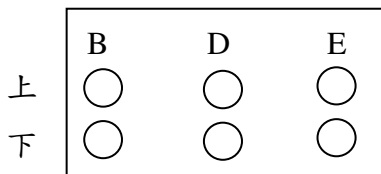
(圖三)三種黃色試樣 A、C、F

	A	C	F	
上	黃→藍	黃→紅	黃	←加 G
中	黃	黃	黃→紅	←加 H
下	黃→藍	黃→紅	黃	←加 K

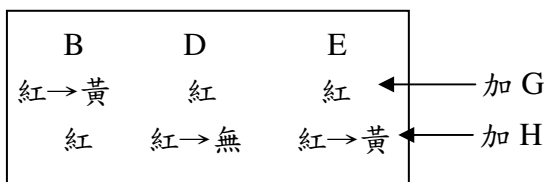
(圖四)在圖三的試樣上分別加 G、H、K 試樣後的顏色改變

2. 在黃色的試樣上，分別各加 2 滴 G 後，用咖啡棒攪拌均勻，其結果如圖四的記錄：A 由黃變為藍，對照表一可知其為唯一的藍色，因此可判定 A 的原試樣為酸性溶液含有指示劑乙，而 G 為鹼性溶液(因其 2 滴，使 A 由黃變為藍，亦即由酸性溶液變為鹼性溶液)，而且不含任何指示劑(由表三知道四種指示劑在鹼性溶液中均呈色，分別為黃、藍、紅、紅)。因此可在表四中的 A 欄，寫酸與乙，而在 G 欄，寫鹼與無。
3. 因圖四中的記錄，第三行與第一行完全相同，可判定 K 與 G 相同，K 也是鹼性溶液，不含任何指示劑。
4. 在圖四的第二行記錄，加 2 滴的 H 於 1 滴的 A，結果黃色不變，可知 H 無法將 A 變為鹼性，因此可判定 H 與 A 同為酸性溶液，或 H 為中性溶液，絕不可能為鹼性溶液。
5. 由圖四中的第二行記錄，F 由黃變為紅。查表三，發現四種指示劑在不同的酸鹼度的溶液中，能呈現黃與紅的只有兩種，甲與丙，而由上述 4 可以判定 H 不可能為鹼，因此由黃變為紅的必定是指示劑甲，因而可判定 F 為鹼性溶液，含有指示劑甲。

6. 次將三種紅色試樣 (假定分別為 B、D、E)，如同步驟 1 處理三種黃色試樣的方式，在墊板上的上下各滴 1 滴 (因已知 K 與 G 同)，如圖五。



(圖五)三種紅色試樣 B、D、E



(圖六)在圖五的試樣上分別加 G 與 H 試樣後的顏色改變

- 如步驟 2 的方式，分別在紅色的 B、D、E 試樣上，各滴 2 滴的 G 與 H 溶液後，用咖啡棒攪動使其混合均勻。觀察顏色的改變並記錄 (如圖六)。
- 已知 G 為鹼性溶液而 H 為酸性溶液，因此對照 P. 16 表三指示劑的顏色，很容易判定 B 為酸性溶液含有指示劑甲；D 為鹼性溶液含有指示劑丁；而 E 為鹼性溶液含有指示劑丙。
- 至此 9 種未知溶液已鑑定完畢，但對於任何未知物的檢定均要經過確認的手續，可用 G 與 H 再次一一確認各未知溶液。

## 四、封神演義競賽試題

### 化學尋寶—未知溶液的分析

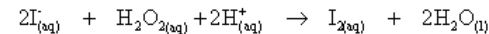
塑膠袋內有 12 支塑膠點滴吸管，管內的溶液均為未知試樣，分別貼有三位數的標籤。已知管內的溶液體積都在 1.0~1.5mL，各溶液可能是 0.1M 鹽酸、0.1M 氫氧化鈉、或水，而其中有的加有數滴指示劑，但有的是 KI、Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的 0.1M 水溶液或碘酒水溶液與澱粉液，未知溶液的種類見答案紙，其中有重複的。

桌上有白色墊板（或水彩畫用調色盤）、白紙、面紙、咖啡棒、空白點滴吸管、與蒸餾水（20mL）。試利用這些器材分辨各管內的溶液，將其編號填寫在答案紙上。

#### 參考資料

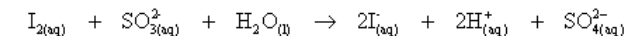
#### 指示劑的顏色

代號	指示劑	酸中的顏色	鹼中的顏色
甲	甲基紅	紅	黃
乙	溴瑞香草酚藍	黃	藍
丙	酚紅	黃	紅
丁	酚酞	無	紅
戊	亞甲藍	藍	藍



(無色)

(黃褐色)



(黃褐色)

(無色)

#### 答案紙 隊名 \_\_\_\_\_

未知溶液	編號	未知溶液	編號
甲+酸		甲+水	
乙+酸		丙+鹼	
丙+水		丁+鹼	
丙+酸		碘化鉀	
酸		硫代硫酸鈉	
鹼			

註：1. 表中的「酸」代表鹽酸；「鹼」代表氫氧化鈉。

2. 未知溶液有重複者，其編號要寫在同一個空格內。