

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：談火色變

壹、摘要

我們進行一連串的實驗，以便探討還有什麼方式可得知溫度變化，有什麼東西可以知道溫度變了發出訊號，而國中課本中，我們發現加熱會產生顏色變化的兩種物質，是氯化亞鈷與硫酸銅，科學教育月刊中有一篇關於利用不同液體的混合液，可以讓硫酸銅在不同溫度下改變色的實驗。

貳、探究題目與動機

有一次我們發現一個表演魔術的人，手上紙牌的紅心是粉紅色的，但是用手搓一搓紙牌，顏色就變成藍色了，就像大衛魔術一樣，我們知道不是被魔幻效果吸引，這是某種科學原理。變色的原理是熱量對物質的影響。我們探討還有什麼方式可得知溫度變化？我們去問自然老師，老師說：「你們是否有看到粉紅色時的紅心紙牌上，有一點點水氣的凝結，溫度應該比室溫低，但在藍色時水氣就消失不見了，你們只要回想自己學過的自然與生活科技內容，這個表演是利用溫度變化與改變物質狀態，進而影響顏色的變化。」

參、探究目的與假設

- 一、探討固定用量的含水氯化亞鈷（粉紅色）在不同溶劑的不同比例溶液下的顏色變化。
- 二、將氯化亞鈷各種不同溶劑的不同比例混合溶液加熱並觀察溫度與顏色變化關係。
- 三、探討固定用量的含水硫酸銅（藍色）在不同溶劑的不同比例溶液下的顏色變化。
- 四、將硫酸銅各種不同混合溶劑的不同比例混合溶液加熱並觀察與顏色的變化關係。
- 五、觀測顏色變化是否可以有效的將紅外線發射器的訊號阻擋並轉換成光線接受器的訊息。

肆、探究方法與驗證步驟

一、探究工具

含水氯化亞鈷、含水硫酸銅、甲醇、乙醇、丙醇、丙酮、氨水、鹽酸、試管、試管架、溫度計、玻璃棒、燒杯 500mL、滴管、量筒 10mL、加熱裝置、紅外線發射器、紅外線接收器

二、探究方法

（一）配製定量含水氯化亞鈷的各種混合比例不同液體的溶液。

（甲醇·乙醇·丙醇·丁醇·丙酮·氨水·鹽酸水溶液）

1.分別在試管中加入水：10、9、8、7、6、5、4、3、2、1、0（ml）及約 0.6 克的氯化亞鈷並加以攪拌使盡可能其溶解。

2、而後分別在試管中加入甲醇：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10（ml）並加以攪拌。

3、由室溫開始（約攝氏 25 度），放在 500mL 的燒杯中加熱，每隔攝氏 5 度觀察並記錄其顏色的變化。

4、由於丙酮的沸點攝氏 56.5 度，及甲醇的沸點攝氏 64.7 度，所以加熱溫度已不超過丙酮沸點為最高溫，以免丙酮因為沸騰而導致液體噴出，影響實驗的準確性。

5、將甲醇改成、乙醇、丙醇、丁醇、丙酮、氨水、鹽酸等液體重複上述步驟 1、2、3、4。

（二）配製定量含水硫酸銅各種混合比例不同液體的溶液。

（甲醇·乙醇·丙醇·丁醇·丙酮·氨水·鹽酸水溶液）

1、分別在試管中加入水：10、9、8、7、6、5、4、3、2、1、0（ml）及約 0.6 克的硫酸銅並加以攪拌使盡可能其溶解。

2、而後分別在試管中加入甲醇：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10（ml）並加以攪拌。

3、由室溫開始（約攝氏 25 度），放在 500mL 中加熱，每隔攝氏 5 度觀察並記錄其顏色的變化。

4、由於丙酮的沸點攝氏 56.5 度，及甲醇的沸點攝氏 64.7 度，所以加熱溫度已不超過丙酮沸點為最高溫，以免丙酮因為沸騰而導致液體噴出，影響實驗的準確性。

5、將甲醇改成、乙醇、丙醇、丁醇、丙酮、氨水、鹽酸等液體重複上述步驟 1、2、3、4。

（三）紅外線發射器，光線經過氯化亞鈷不同比例液體的溶液的穿透與紅外線接收器測試實驗。

1、取變色效果較佳，且變色與溫度有關聯且較高的 4 組，由於水量多，變色溫度會略為提高，所以最佳 4 組再加上做原本比例提高水 0.5，減少醇類或鹽酸 0.5 的 4 組，共 8 組進行實驗。

2、進行測試的 8 組分別為甲醇與水比例 17：3 與 18：2；乙醇與水比例 17：3、18：2 及丙醇與水比例 15：5、16：4、鹽酸與水比例 10：10 與 11：9

3、將 8 組的氯化亞鈷溶液放入耐熱的封口袋，測試何種溫度顏色的變化結果阻擋的紅外線發射器的紅外線，使紅外線接收器感應，並紀錄能夠使紅外線接收器產生感應的溫度。

三、探究結果

（一）氯化亞鈷甲醇水溶液

1、在 25°C 下（水：甲醇）比例 0：10（也就是純甲醇）其顏色為紫色，其餘比例的溶液皆為粉紅色。

2、甲醇具有脫去氯化亞鈷中的水的能力，也就是說甲醇與水有互溶性使得溶液為紫色，而大多數比例的溶液雖然水中含有甲醇，但與氯化亞鈷競爭水的能力較弱，故無法使用氯化亞鈷脫水而變色，因此我們可以推論當甲醇在水與甲醇混合液中的比例越高，脫水效果越好，這應該與自然與生活科技課程中粒子濃度越高反應碰撞機會越大就越

能產生反應

- 3.溫度在 35~40°C · 比例 1 : 9 (水 : 甲醇) 的顏色開始變化為淡紫 · 隨著溫度升高 · 顏色漸漸加深變為 40°C以上轉換成紫色眼睛無法觀察顏色不再加深。
- 4.由此可知溫度升高 · 使得甲醇對氯化亞鈷搶水能力增加 · 進而搶走氯化亞鈷所含的結晶水 (大於 35°C已經開始部分反應) · 故得知比例 1 : 9 的溶液 · 藉由顏色的變化可知道溫度改變了 (溫度 35 ~ 40°C) · 也就是當甲醇與水比例 1 : 9 呈現紫色時 · 該放置試管的燒杯熱水溫度超過 40°C 。
- 5.結論: 在 25°C下(水 : 甲醇)比例 0 : 10 (也就是純甲醇) 其顏色為紫色 · 其餘比例的溶液皆 為粉紅色 · 也就是說甲醇與水有互溶性使得溶液為紫色 · 而大多數比例的溶液雖然水中含有甲醇 · 但與氯化亞鈷競爭水的能力較弱 · 故無法使用氯化亞鈷脫水而變色 · 因此我們可以推論當甲醇在水與甲醇混合液中的比例越高 · 脫水效果越好。

(二) 氯化亞鈷乙醇水溶液

1. 25°C下 (水 : 乙醇) · 比例 0 : 10 (也就是純乙醇) 的溶液使氯化亞鈷脫水而變成藍色但其餘比例顏色皆呈現粉紅色。
2. 35~40°C · 比例 1 : 9 的溶液 · 由粉紅漸變為淡紫色 · 但變化並不明顯 50°C以上溶液才會轉換成轉換藍色。
3. 溫度升高影響到乙醇對氯化亞鈷脫水的能力 · 但溶液顏色變化時的溫度必須相對甲醇高溫。
4. 結論:氯化亞鈷乙醇水溶液會因為溫度而改變 · 溫度必須相對甲醇高溫。

(三) 氯化亞鈷丙醇水溶液

- 1.室溫下 (水:丙醇) · 比例 0 : 10 (也就是純丙醇) · 1 : 9 的溶液為深藍色 · 其餘比例皆為粉紅色 · 可知丙醇對氯化亞鈷脫水的能力較強 · 使其顏色由粉紅變為藍色 · 且與氯化亞鈷的能力大於甲醇 · 乙醇兩溶液。
- 2.比例 2 : 8 的溶液溫度升至 35°C · 顏色由粉紅變成紫色 · 至 45°C變為深紫 · 70°C變為深藍 · 可知氯化亞鈷已全脫水。
- 3.溫度需要大範圍的變化顏色的改變才能看的出 · 故溫度的變化丙醇對氯化亞鈷脫水的能力並不靈敏 · 使我們易於觀察。
- 4.溫度上升至 60°C比 3 : 7 的溶液由粉紅變為紫色 · 至 70°C變為藍色。
- 5.將各種比例的丙醇水溶液由 70°C降至室溫 · 發現與未加熱前各試管的顏色相同 · 表示溫度的下降 · 降低了對丙醇對氯化亞鈷脫水的能力 · 使得氯化亞鈷又重新獲的水。
- 6.降溫後將各比例的水溶液加水發現全身變為粉紅色 · 可知藍色的溶液確實對氯化亞鈷脫水的能力後的結果。
- 7.結論:溫度需要大範圍的變化 · 故溫度的變化丙醇對氯化亞鈷脫水的能力並不靈敏 · 經過調整 · 將各比例的水溶液加水 · 才變成粉紅色 · 可知藍色的溶液確實對氯化亞鈷脫水的能力後的結果。

(四) 氯化亞鈷丁醇水溶液

- 1.室溫下(水:丁醇),比例 0:10(也就是丁醇)可知氯化亞鈷完全溶於丁醇中,並丁醇脫走氯化亞鈷中的水,故溶液呈現藍色。
- 2.由於丁醇與水的互溶性很低,溶解度幾乎為 0,故溶液分兩層,上層為丁醇,下層為水,因溶解了氯化亞鈷故為粉紅色。
- 3.加熱後溶液的顏色幾無變化,無法將液體與水混合,溶液無論溫度如何改變依舊無法脫走氯化亞鈷所含結晶水。
- 4.結論:可知氯化亞鈷完全溶於丁醇中,並丁醇脫走氯化亞鈷中的水,故溶液呈現藍色,丁醇與水的互溶性很低,所以上層為丁醇,下層為水,氯化亞鈷故為粉紅色。加熱後顏色不做任何變化。

(五) 氯化亞鈷丙酮水溶液

- 1.室溫下(水:丙酮),比例 0:10(也就是純丙酮),1:9,2:8,3:7 的溶液為藍色,可知道丙酮對氯化亞鈷脫水的能力,而搶去了氯化亞鈷中的水,使得溶液為藍色,其中 3:7 的溶液顏色為深藍色,表示在所有比例的水與丙酮混合液中 3:7 可脫去氯化亞鈷中的水最多。其餘試管由於丙酮無法脫去其中的水故為粉紅色。
- 2.加熱後,4:6 的溶液升至 40°C,溶液由粉紅色變為紫色,40~50°C 顏色漸加深,故溫度對丙酮對氯化亞鈷脫水的能力並不大,所以無法搶去氯化亞鈷中的水。
- 3.結論:1:9,2:8,3:7 的溶液為藍,3:7 的溶液顏色為深藍色,3:7 可脫去氯化亞鈷中的水最多。溫度對丙酮對氯化亞鈷脫水的能力並不大。

(六) 氯化亞鈷氨水水溶液

- 1.25°C下(水:氨水),除了純水,其餘皆為黑褐色有沈澱物的溶液。加熱後溶液顏色幾無變化。
- 2.將各比例溶液降至 25°C後再加入等量的水,發現依舊為黑褐色,表氨水並非脫氯化亞鈷中的水而是有其他的物質產生,也就是這個反應並非可逆反應,故加入水後無法回復至粉紅色。
- 3.結論:氨水與水互溶性相當好,可見與水互溶性好不好不是影響顏色的因素。

(七) 氯化亞鈷鹽酸水溶液

- 1.25°C下,比例 0:10,1:9,2:8,3:7,4:6 為藍色,其餘皆為粉紅色。
- 2.加熱至 35°C,比例 5:5 的溶液由粉紅色變為紫色,直到 50°C變為藍色。溫度的升高增加了鹽酸對氯化亞鈷搶水的能力,進而搶去了氯化亞鈷的水,使得溶液變了紫色或藍色。
- 3.比例 6:4 的溶液在溫度 45~50°C溶液由粉紅色變為紫色。
- 4.將各比例的溶液回復至 25°C,發現與未加熱前之溶液顏色相同,即降溫使得水又重新回到氯化亞鈷中,代表溫度的下降使得鹽酸搶去氯化亞鈷中水的能力又變弱了,因此水又回到氯化亞鈷上。
- 5.降至 25°C之比例的溶液加等量的水,溶液皆為粉紅。搶去水的氯化亞鈷因為加入了水

故又變為粉紅色。

6、結論:當不同比例的溶液冷卻後會發現顏色相同，代表溫度的下降使得鹽酸搶去氯化亞鈷中水的能力又變弱了，因此水又回到氯化亞鈷上。

(八) 硫酸銅甲醇水溶液

1、比例 5 : 5 · 4 : 6 · 3 : 7 · 2 : 8 · 1 : 9 的溶液為無色且有白色沈澱物產生，表硫酸銅不僅不溶於甲醇中，還發生甲醇搶走硫酸銅晶體其中的水，故為白色沈澱物。比例 6 : 4 的溶液為淡藍色且有些白色沈澱物。

2、比例 10 : 0 · 9 : 1 · 8 : 2 · 7 : 3 的溶液為藍色，表示硫酸銅溶於水與甲醇的混合液中，與硫酸銅和平共處無法搶走硫酸銅結晶中的水。

3、結論:加熱並不影響溶液的顏色，由此可知甲醇對水的溶解度高，但是純甲醇對硫酸銅的溶解度低。

(九) 硫酸銅乙醇水溶液

1、硫酸銅乙醇水溶液不溶於乙醇中，也不受溫度的影響。

2、結論:由此可知乙醇對水的溶解度高，但是純乙醇對硫酸銅的溶解度低。

(十) 硫酸銅丙醇水溶液

1、硫酸銅丙醇水溶液溫度不受影響。

2、結論:可知硫酸銅丙酮和乙醇皆不會受水溶液溫度而影響。

(十一) 硫酸銅丁醇水溶液

1、硫酸銅丁醇水溶液不溶於丁醇中，溶液上層為丁醇，下層為水，不受溫度影響。

2、結論:本溶液顏色上層皆為無色液體，可見丁醇幾乎不會溶解硫酸銅。

(十二) 硫酸銅丙酮水溶液

1、硫酸銅丙酮水溶液不溶於丙酮中，和乙醇、丙醇、丁醇情形一樣，不受溫度影響。

2、在 8 : 2 · 7 : 3 的淡藍色硫酸銅丙酮水溶液已經出現硫酸銅白色沉澱，代表混合液中含有的硫酸銅減少。

3、結論:丙酮不會被溫度影響。

(十三) 硫酸銅氨水水溶液

1、在有氨水存在的情形下溶液皆為靛色，且加熱後溶液顏色並不變化。

2、結論:氨水的顏色為靛色，且不受溫度改變。

(十四) 硫酸銅鹽酸水溶液

1、升溫後，溶液顏色幾無變化，加入約 7ml 的水發現溶液顏色變淡可知並非搶水反應而是有其他物質產生，反應平均被破壞，不再為可逆反應。

2、結論:升溫對於溶液並沒有影響。

伍、結論與生活應用

一、結論:

(一) 氯化亞鈷，硫酸銅一般是用來測知是否含有水分，而此次實驗則是利用氯化亞鈷，

硫酸銅顏色的改變來測知溫度的變化。

(二) 由實驗結果得知，可用來測量溫度變化的只有氯化亞鈷溶液，硫酸銅溶液並不隨溫度而改變顏色。因此只取氯化亞鈷溶液最佳的三組作往後的實驗。

(三) 其中氯化亞鈷的甲醇、乙醇、丙醇、鹽酸的某些比例的水溶液，可用來測知溫度的變化。

(四) 將以上各比例的溶液加以組合，我們就可以藉由顏色都改變來測知溫度的變化。

(五) 甲醇、乙醇、丙醇、丁醇、丙酮、氨水、鹽酸皆可將氯化亞鈷溶解。

(六) 硫酸銅溶液無法拿來做溫度的測試，但從此實驗得知硫酸銅溶於甲醇、氨水、鹽酸中，溶於其他溶劑中。

(七) 觀察各溶液可知，溶劑脫去氯化亞鈷中的水較脫去硫酸銅的水溶液。

(八) 照相由於採光的問題，使得溶液顏色不易觀察辨識，故無法有效以照相為證明。

(九) 因此我們可以推論當物質可以與硫酸銅或氯化亞鈷搶水時，可反應的物質在水與該物質混合液中的比例越高，脫水效果越好，這應該與自然與生活科技課程中粒子濃度越高反應碰撞機會越大就越能產生反應的現象有關。

(十) 硫酸銅顏色變化不明顯，故所有組都無法做光測實驗。

(十一) 做光測實驗時，甲醇與水的溶液，雖然變色，但無法得到感應，可能是因為紫色溶液，可以穿透的光線為藍光與紅光，因此可讓部分紅光或紅外光穿透，無法完全阻擋，因此無法完全阻斷光線，而使紅外線感應器感應到光線由有變無的現象發生。

(十二) 本實驗推薦使用丙醇與水比例為 5 : 15 或 4 : 16，最好是 5 : 15，因為火災高溫超過 70°C，如果使用其他組別，則可能因為變色溫度太低而產生誤判情況發生。

(十三) 甲、乙、丙、丁醇對氯化亞鈷的脫水能力以甲醇最佳，只要相當低溫就有效果，我們推論應該與甲醇中 OH : C 比值最高的緣故。

(十四) 課本說水是極性物質，而甲、乙、丙、丁醇中甲醇脫水能力最強，應該甲醇也是四種醇中極性最強的。

(十五) 鹽酸水溶液脫走氯化亞鈷中的水，可能是氯離子，因為鈷離子帶正電，應該負離子對其吸引力較強。

二、生活應用

這個探究實驗是有關火災警報器的運用，我們發現一個代替的方法，就是利用溫度轉換成訊息，告訴我們火災發生了。原本警報器必須要用煙與放射性物質，才能讓其發出警訊。但我們的研究是沒有煙的悶燒，也可以更簡便的處理問題。

參考資料

(一) 國中自然與生活科技第三冊 南一出版社

(二) 國中自然與生活科技第三冊 康軒出版社

(三) 科學教育月刊