

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040207

一觸即發——熱敷包的秘密

國立屏東女子高級中學

作者姓名：

高二 王玟淑 高二 林昱君 高二 陳瑞瑤

高二 鄒佳諭

指導老師：

劉嘉欽

第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：化學

組別：高中組

作品名稱：一觸即發—熱敷包的秘密

關鍵詞：過飽和溶液、醋酸鈉、熱敷包

編號：

目錄

壹、摘要	1
貳、研究動機	1
參、研究目的	1
肆、研究設備及器材	1
伍、研究過程及方法	2
陸、研究結果與討論	5
柒、結論	16
捌、參考資料	16

一觸即發－熱敷包的秘密

壹、摘要

在本研究中，我們首先找到了簡便快速配製過飽和溶液的方法，使用夾鏈袋或保鮮膜成功配製出醋酸鈉過飽和溶液。我們進一步發現醋酸鈉過飽和溶液穩定性相當好，文獻上提到的攪拌，經我們實驗證明並不會使醋酸鈉過飽和溶液結晶；而且使醋酸鈉過飽和溶液結晶的晶種具有很高的選擇性。

接著我們嘗試找出其他使醋酸鈉過飽和溶液析出結晶的方法，包括：冷卻速度的快慢、濃度的高低、靜電、磁力、聲音、震動、加入不同金屬片當晶種等等，但最後證實這些都不會使醋酸鈉過飽和溶液析出結晶。

在研究中，我們證明市售熱敷包成份的確為醋酸鈉過飽和溶液，其中所含的金屬片主要成份為鐵片。我們也找到熱敷包藉由小小的金屬片來控制放熱時機的秘密，原來其中的關鍵在於金屬片上具有許多小夾縫，這些夾縫可將細小晶體封夾在裡面，在彎折金屬片時，封夾住的細小晶體與使過飽和水溶液接觸，使結晶析出。

貳、研究動機

在天冷的時候，身邊如果有個熱敷包，那是多麼溫暖的一件事呀！

從課本中，我們知道過飽和溶液析出多餘結晶時，會放出熱量。而市售熱敷包是一實際例子，它的成分是什麼呢？為何可經由一個小小的鐵片去控制何時放熱，我們非常好奇，而我們也想親身驗證課本上所描述如何使過飽和溶液析出結晶的方法，或找出課本上所沒有的方法。

參、研究目的

- 一. 醋酸鈉過飽和溶液的配製方法探討。
- 二. 影響醋酸鈉過飽和溶液結晶因素探討。
- 三. 市售熱敷包成份及結晶原因探討。

肆、研究設備及器材

- 一. 藥品：醋酸鈉 CH_3COONa 、氯化鹽類（ FeCl_3 、 MgCl_2 、 ZnCl_2 、 PbCl_2 、 CaCl_2 、 SrCl_2 、 BaCl_2 、 KCl 、 CuCl_2 、 CrCl_3 、 CoCl_2 、 NiCl_2 、 NH_4Cl 、 NaCl 、 SnCl_2 、 FeCl_2 、 MnCl_2 ）、氫氧化物（ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 NaOH ）、硝酸鹽類（ $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 NaNO_3 、 KNO_3 、 NH_4NO_3 、 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Hg}_3(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ）、赤血鹽 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、黃血鹽 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、硝酸銀 AgNO_3 。
- 二. 器材：酒精燈、三腳架、石棉心網、燒杯、電子天秤、紗布、絲絹、毛皮、玻璃棒、試管、吸管、火柴、衛生紙、熱敷包、強力磁鐵、鐵片、加熱器、磁石攪拌器、溫度計、碼表、收音器、喇叭、滴管、保鮮膜、鋁箔紙、集電瓶、夾鏈袋、冰塊、厚紙板、顯微鏡、數位相機、烘箱。

伍、研究過程及方法

一. 醋酸鈉過飽和溶液的配製：

文獻探討：許多教科書中只提到多數固體在高溫時溶解度較大，因此在高溫時配好飽和溶液，並移去其中未溶解的物質，不加以攪拌或搖盪，使其慢慢冷卻，即可形成過飽和溶液。過飽和溶液是否真如課本所寫的，可以輕易配製出來呢？有無其他方便配製方法呢？以下是我們嘗試的過程與實驗的方法：

(一).在燒杯中高溫溶解後，室溫下冷卻：

將 10ml 蒸餾水、16g 醋酸鈉晶體置於燒杯中，加熱至完全溶解，將其放置室溫下自然冷卻。

(二).在過飽和溶液表面加入一層沙拉油，室溫下冷卻：

將 10ml 蒸餾水、16g 醋酸鈉結晶置於燒杯中，但加熱溶解後，在溶液體表面加入一層沙拉油，再將其放置室溫下自然冷卻。

(三).冷卻前利用保鮮膜覆蓋：

將 10ml 蒸餾水、16g 醋酸鈉結晶置於燒杯中，加熱至完全溶解後，在燒杯口上覆蓋一層保鮮膜，再將其放置在室溫下自然冷卻。

(四).裝入塑膠夾鏈袋內密封後，隔水加熱：

將 10ml 蒸餾水 + 16g 醋酸鈉結晶放入塑膠夾鏈袋中密封後，隔水加熱至結晶完全溶解，再將其放置在室溫下自然冷卻。

二. 醋酸鈉過飽和溶液結晶原因探討：

文獻探討：許多文獻中及課本中，均提到過飽和溶液會因攪拌、震動、加入晶種或不純物均會使過飽和溶液析出結晶，哪項是其結晶真正原因？有無其他控制結晶的因素呢？以下是我們嘗試的過程與實驗的方法：

(一).攪拌的影響：

將配製好的醋酸鈉過飽和溶液，置於燒杯中，放入磁石，用磁石攪拌器以不同的轉速來攪拌，觀察其是否產生結晶。

(二).濃度的影響：

每份 8ml 蒸餾水 + 各加入 15g、20g、25g、30g 醋酸鈉晶體，於燒杯中配成 4 種不同濃度的醋酸鈉過飽和溶液，放入磁石，在以磁石攪拌器攪拌，觀察其是否產生結晶。

(三).冷卻速度的影響：

以塑膠夾鏈袋配製 5 份醋酸鈉過飽和溶液〈8ml 蒸餾水 + 25g 醋酸鈉結晶〉並趁熱將其置於放入不同溫度的冷水及冰水中快速冷卻，觀察其是否產生結晶。

(四).加入各種不同晶種的影響：

將配製好的醋酸鈉過飽和溶液，置於燒杯中，加入各種不同化合物當晶種，觀察其是否會產生結晶。

(五).過飽和溶液中所含雜質的多寡對結晶速率的影響：

將配製好的醋酸鈉過飽和溶液（8ml蒸餾水+25g醋酸鈉），加入不同質量的硫代硫酸鈉〈 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 〉溶解完全後，加入醋酸鈉晶種，測量其完全結晶所需時間。

三. 市售熱敷包成份及結晶因素探討：

文獻探討：市售熱敷包為何可藉由一個小小的金屬片控制其結晶，我們找了許多文獻中及課本，均無任何詳細的說明或描述，雖然在一些網站中，有人提出一些看法，但都無法說服我們，所以我們決定親自探討金屬片控制結晶的關鍵和秘密。以下是我們嘗試的過程與實驗的方法：

(一).市售熱敷包分析：

1.外觀分析：不論何種廠牌的熱敷包，標示成分均為醋酸鈉、水，為透明澄清的溶液且皆含有一個金屬片。

2.內容物成份分析：

(1). 將溶液置於試管中，以酒精燈加熱，以氯化亞鈷試紙檢驗蒸出液體是否為水。

(2). 將溶液取出後置於試管中，以石蕊試紙測其酸鹼性，再加入硝酸銀溶液觀察是否產生沉澱，並將其結果與醋酸鈉標準溶液比較之。

(3). 加入鹽酸將其酸化觀察是否具有醋酸的性質。

3.金屬片分析：

(1). 以磁鐵檢驗是否可被其吸引，畫出金屬片紋路。

(2). 以濃鹽酸將金屬片溶解後，以黃血鹽及赤血鹽檢驗金屬片是否為鐵片。

(二).熱敷包結晶原因的探討：

1. 金屬片彎曲時，產生的聲音對結晶的影響：

我們將熱敷袋中的金屬片取出，將其置於過飽和溶液旁邊，彎折金屬片使其產生聲音，觀察其影響。此外我們也利用收音器將金屬片彎曲時的聲音錄下，然後再將聲音放出，觀察過飽和溶液是否會產生結晶。

2. 金屬片彎曲時，產生不同頻率的震動對結晶的影響：

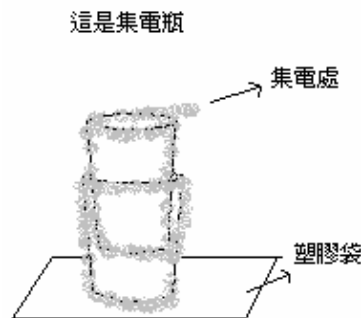
在熱敷包袋外敲擊各種不同頻率的音叉使袋內的溶液震動，觀察過飽和溶液是否會產生結晶。

3. 磁力對結晶的影響：

以強力磁鐵，在不同距離下，靠近含金屬片的熱敷包，觀察過飽和溶液是否會產生結晶。

4. 靜電對結晶的影響：

用布摩擦吸管，使其產生靜電，再將吸管上的靜電轉移至「自製集電瓶」(如下圖)，再將熱敷包靠近集電瓶，觀察過飽和溶液是否會產生結晶。



5. 不同的金屬材質對結晶的影響：

將各種不同金屬片或金屬絲放入過飽和溶液中，加熱至完全澄清。冷卻後，在溶液中彎折各種不同材質的金屬片或金屬絲，觀察其是否會產生結晶。

6. 金屬片的紋路對結晶的影響：

將含有不同的紋路凹槽的金屬片放入過飽和溶液中，加熱至完全澄清。冷卻後，在溶液中彎折各種不同的金屬片或金屬絲，觀察其是否會產生結晶。

7. 觀測金屬片使溶液結晶的過程，並拍攝：

將金屬片放入袋內，用夾子夾著彎折它，並放在解剖顯微鏡下觀察及拍攝，觀察其產生結晶的過程。

8. 金屬片中凹縫的分析：

在金屬片上滴水，置於一乾燥的衛生紙上，觀察水是否能穿透金屬片流到另一端的衛生紙上；此外我們也利用鋼剪，將金屬片剪開，觀察紋路中狹縫是否相連著。

9. 金屬片摩擦對結晶的影響：

將 2 片金屬片（鐵片），放入過飽和溶液中，加熱至完全澄清。冷卻後，在溶液中用各種方式摩擦，觀察其是否會產生結晶。

10. 金屬片上的狹縫對結晶的影響：

將金屬片洗淨烘乾後，延著狹縫剪開，並將其放入過飽和溶液中，觀察其是否會產生結晶。同時我們剪開另一組未含狹縫的部分的金屬片當對照組，同樣將其放入過飽和溶液中，觀察其是否會產生結晶。

陸、研究結果與討論

一. 醋酸鈉過飽和溶液的配製：

(一).結果：

方 法	結 果
1. 燒杯中高溫溶解後，室溫下冷卻	(1).過飽和溶液均在冷卻過程中析出結晶。 (2).在失敗的過程中，我們觀察到液體表面都會先產生一層白色薄膜，而後析出結晶。
2. 表面加沙拉油，室溫下冷卻	(1).冷卻過程中，白色薄膜不再產生，過飽和溶液成功製出。 (2).過飽和溶液製出後，進一步將沙拉油分離過程中，常導致結晶析出。
3. 冷卻前在燒杯上覆蓋一層保鮮膜	(1).冷卻過程中，白色薄膜不再產生，過飽和溶液成功製出。 (2).過飽和溶液，無需進一步分離，可穩定保存。
4. 以夾鏈袋內密封後，隔水加熱	(1).只需加熱至結晶完全溶解，過飽和溶液即可成功製出。 (2).過飽和溶液，可穩定保存。

(二).討論：

- 1.在方法 1 中，我們發現在配製過程中出現的薄膜，是過飽和溶液配製未能成功的關鍵。此薄膜的成分我們認為應該是醋酸鈉固體，因高溫時表面水分蒸發速率太快，導致冷卻過程中醋酸鈉薄膜的產生。
- 2.在方法 2~3 中，我們利用沙拉油或保鮮膜覆蓋在過飽和溶液上，避免表面的水分急速蒸發，白色薄膜即不再產生，過飽和溶液成功製出。
- 3.在方法 2 中，雖可製得的過飽和溶液，在進一步使用的過程中，需將沙拉油分離，此步驟常導致結晶析出，且分離步驟繁雜，故捨棄不用。
- 4.方法 3（覆蓋一層保鮮膜）或方法 4（以夾鏈袋配製）方法較簡易，且配製之過飽和溶液可穩定保存，故為下面實驗配製過飽和溶液的主要方法。

二. 醋酸鈉過飽和溶液結晶原因探討：

(一). 攪拌的影響：

1.結果：

攪拌轉速大小	結 果	
	燒杯覆蓋保鮮膜	燒杯未覆蓋保鮮膜
1	未結晶	未結晶
2	未結晶	未結晶
3	未結晶	未結晶
4	未結晶	未結晶
5	未結晶	未結晶
6	未結晶	未結晶
7	未結晶	未結晶

※附註：轉速 1~7 是磁石攪拌器上的刻度，數字越大，轉速越快。

2.討論：

- (1). 不論流速〈轉速〉大小為何，都不會造成過飽和溶液結晶析出，過飽和溶液其實非常穩定。
- (2). 無論有覆蓋或未覆蓋保鮮膜，用磁石攪拌也都不會產生結晶，因此我們認為課本上提到的攪拌，會使過飽和溶液結晶析出的觀念需要進一步修正。

(二). 濃度的影響：

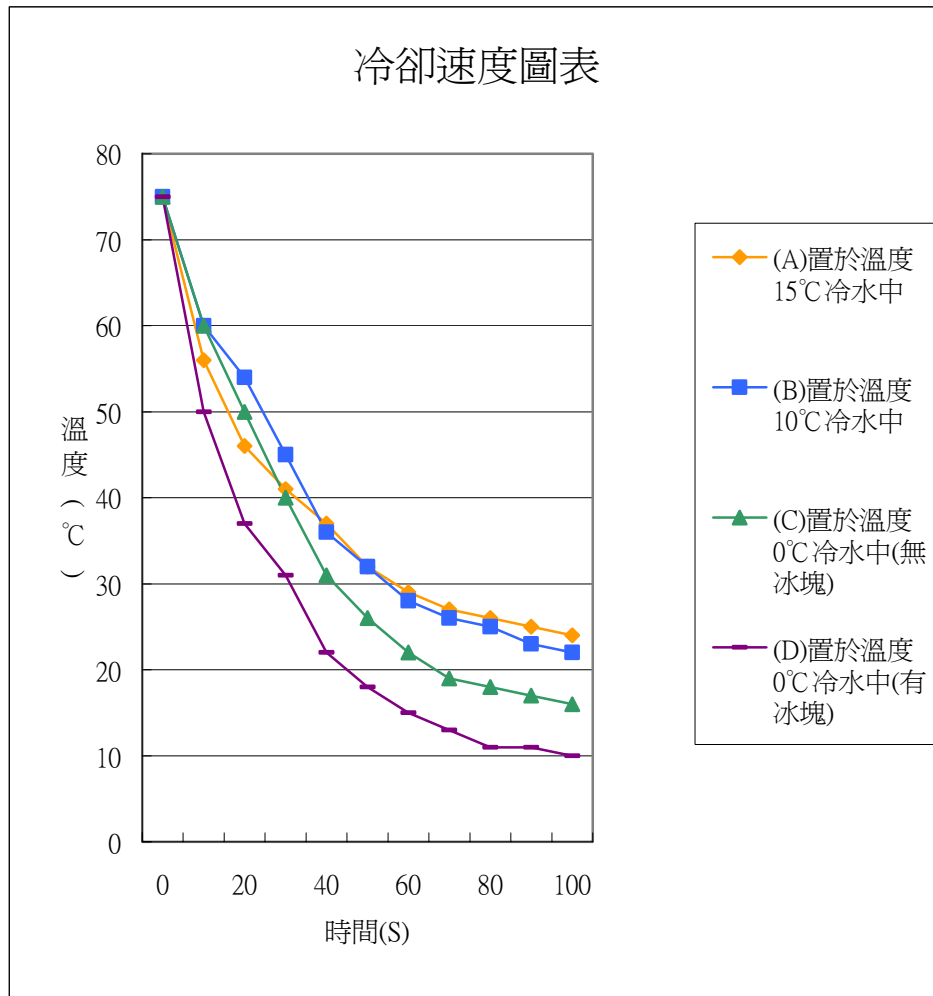
1.結果：

醋酸鈉過飽和溶液		結 果
水量	醋酸鈉重量	
8ml	15g	未結晶
8ml	20g	未結晶
8ml	25g	未結晶
8ml	30g	未結晶

2.結論：無論濃度的高低為何，在攪拌時並不會使醋酸鈉過飽和溶液結晶。

(三). 冷卻速度的影響：

1. 結果：



冷卻速度	結 果
(A)	未結晶
(B)	未結晶
(C)	未結晶
(D)	未結晶

2. 結論：配製好的醋酸鈉過飽和溶液（高溫），以各種不同的速率急速冷卻，均不會產生結晶，顯示溫度的變化對飽和溶液的穩定性沒有影響。

(四). 加入各種不同晶種的影響：

1.結果：

加 入 晶 種	結 果	〈 對 照 實 驗 〉 在前述未結晶溶液， 再加入醋酸鈉晶體
氯化鹽類 (註 1)	未結晶	結晶
氫氧化物 (註 2)	未結晶	結晶
硝酸鹽類 (註 3)	未結晶	結晶
硫(S ₈)	未結晶	結晶
鉀鹽 (註 4)	未結晶	結晶
鈉鹽 (註 5)	未結晶	結晶
溴化鈉(NaBr)	結晶	—
碳酸鈣(CaCO ₃)	未結晶	結晶
硫酸鉛(PbSO ₄)	未結晶	結晶
硫酸鋇(BaSO ₄)	未結晶	結晶
二氧化錳(MnO ₂)	未結晶	結晶
金屬粉末 (註 6)	未結晶	結晶

註 1.氯化鹽類包括： $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 ZnCl_2 、 PbCl_2 、 CaCl_2 、 $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{BaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 KCl 、 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 Co_2Cl_6 、 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4Cl 、 NaCl 、 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 FeCl_2 、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。

註 2.氫氧化物包括： $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 NaOH 。

註 3.硝酸鹽類包括： $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 NaNO_3 、 KNO_3 、 NH_4NO_3 、 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 。

註 4 鉀鹽包括： KClO_3 、 KIO_3 、 KI 、 KBr 。

註 5.鈉鹽包括： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 NaI 、 NaBr 、 NaNO_3 。

註 6.金屬粉末包括：鐵粉、鋁粉、鎂粉、鋅粉。

2.討論：

(1).在一些文獻中提到加入不純物當晶種，可使過飽和溶液析出結晶。但我們嘗試了許多化合物當晶種，卻發現大部分物質均無法使醋酸鈉過飽和溶液產生結晶，可見使過飽和溶液產生結晶的晶種具有很高的選擇性。

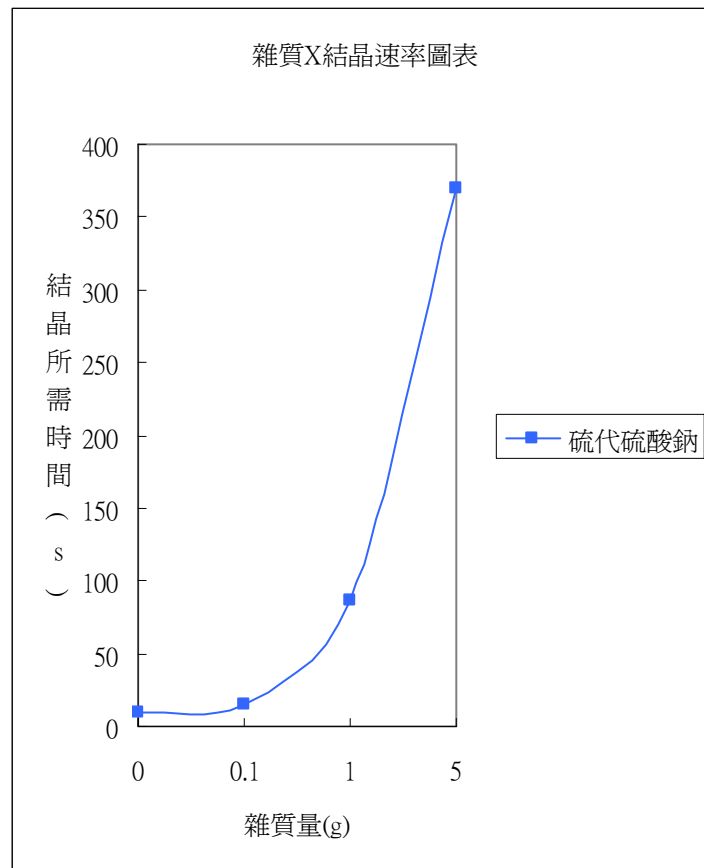
(2).我們嘗試的晶種中，只有 NaBr 晶體可使醋酸鈉過飽和溶液產生結晶，可能是其晶型與醋酸鈉晶型相似。

(五). 過飽和溶液中所含雜質的多寡對結晶速率的影響：

1.結果：

加入之雜質〈 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 〉重量	所需時間
0.0 g	10 s
0.1 g	15 s
1.0 g	86 s
5.0 g	370 s

註：所測量到的時間，是以加入晶種開始，至完全結晶所需時間。



2.討論：

- (1).在過飽和溶液加入可溶性雜質後，再加入醋酸鈉晶種依然可使過飽和溶液的晶體析出。
- (2).由上表之結果可知，加入之雜質愈多，形成結晶的阻礙愈大，完全結晶所需時間愈長。

三. 市售熱敷包成份及結晶因素探討

(一).市售熱敷包分析：

1.結果：

(1) 內容物成份分析：

分 析 項 目	結 果
1.蒸餾出之液體遇氯化亞鈷試紙	由藍色變粉紅色
2.溶液的酸鹼性	石蕊試紙呈藍色
3.溶液加入醋酸鈉晶體	結晶析出放熱
4.溶液中加入硝酸銀	產生沉澱
5.以鹽酸酸化後	產生醋的酸味

(2). 金屬片分析：

分 析 項 目	結 果
1.以磁鐵檢驗	可被磁鐵吸引
2.以濃鹽酸溶解後加入黃血鹽	產生深藍色沉澱
3.金屬片的外觀紋路	

2.結論：

(1).由內容物成份分析結果，我們證實熱敷包的確為醋酸鈉過飽和溶液。

(2).金屬片分析結果可知其主要成份為鐵片。

(二).熱敷包結晶原因的探討：

1. 金屬片彎曲時，產生的聲音對結晶的影響：

(1)結果：

實驗次數(註)	結 果	
	錄音後，將聲音放出	直接彎折金屬片產生聲音
1	無結晶	無結晶
2	無結晶	無結晶
3	無結晶	無結晶
4	無結晶	無結晶
5	無結晶	無結晶

註：在上述不同實驗次數中，我們同時改變不同的距離與位置做測試。

(2)結論：不論是將金屬片置於袋外彎曲發出聲音，或以所錄製的聲音靠近過飽和溶液，皆不會產生結晶，所以聲音並不會影響結晶與否。

2.不同頻率的震動對結晶的影響：

(1)結果：我們嘗試了震動頻率(次/秒)：256、325、326、339、357、369、384、386、397、400、405、512、516、520、560、711、713 的各種音叉，使其靠近或與熱敷袋接觸近，但均無結晶生成。

(2)結論：震動並不會醋酸鈉過飽和溶液產生結晶。

3. 磁力對結晶的影響：

(1)結果：

磁鐵顆數 距離	1	5	10	15	20
45 cm	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
35 cm	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
25 cm	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
15 cm	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
5 cm	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
1 cm	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶

附註：磁鐵顆數越多，磁力越強

(2)結論：磁力強弱及距離對於含金屬片的熱敷包溶液的結晶並無任何影響。

4. 靜電對結晶的影響：

(1)結果：均無結晶生成。

(2)結論：靜電對於含金屬片的熱敷包溶液的結晶並無任何影響。

5. 不同材質的金屬表面當晶種對結晶的影響：

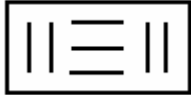
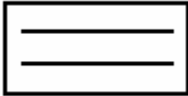
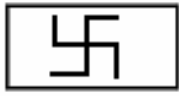
(1)結果：

金屬材質	結果
鐵絲	無結晶
鐵片	無結晶
鋅片	無結晶
銅片	無結晶
銅絲	無結晶
鋁片	無結晶
錫片	無結晶
保險絲	無結晶
鐵片(熱敷包)	無結晶
對照組(醋酸鈉)	結晶

(2)結論：不論何種材質的金屬片或金屬絲，彎折後都不會使過飽和溶液產生結晶。

6. 金屬片的紋路對結晶的影響：

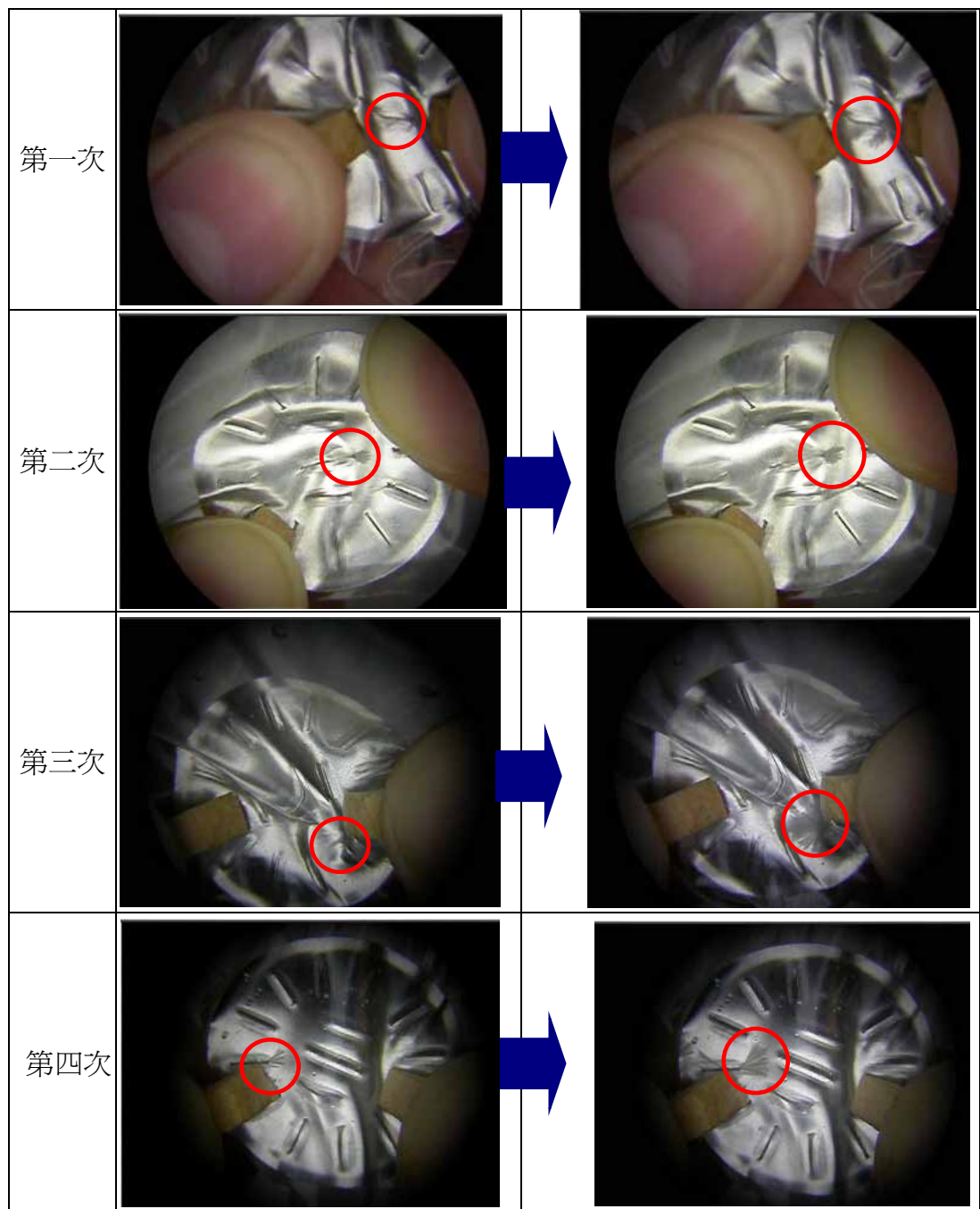
(1)結果：

金屬片的紋路	結果
	未結晶
	未結晶
	未結晶
	未結晶

(2)結論：金屬片的紋路，不會影響溶液結晶與否。

7. 觀測金屬片使溶液結晶的過程，並拍攝：

(1)結果：



(2)討論：

- (a).結晶都是從凹縫中開始產生，金屬片中的凹縫中必定隱藏著使熱敷袋產生結晶的秘密。
- (b).我們將焦點放在金屬片中的凹縫時，產生了一個新的疑問，金屬片上的凹縫，是單純凹下去的紋路，還是一道道穿透的狹縫呢？因此我們做了凹縫的進一步分析。

8. 金屬片中凹縫的分析：

(1)結果：

分 析 方 法	結 果
1.以顯微鏡觀測	爲一細小的狹縫，但無法看透至另一面
2.水是否穿透金屬片凹縫的分析	滴在凹縫上的水珠可流到另一面使衛生紙潤濕
3.將金屬片剪開	遇到凹縫處即自然分開

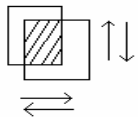
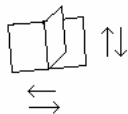
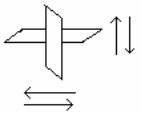
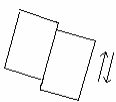
(2)討論：

(a).由上述分析結果可確定，金屬片中凹縫，爲一液體可穿透的細小狹縫。

(b).金屬片細小狹縫發現後，我們認爲熱敷袋產生結晶的原因有 2 種可能：一是彎折金屬片時，兩側鐵片互相摩擦使結晶產生；另一種可能爲夾縫中可能有微小的醋酸鈉晶體被封在裡面，在彎折的過程中，與過飽和溶液接觸，產生結晶。因此我們做了下面兩個實驗。

9. 金屬片摩擦對結晶的影響：

(1)結果：

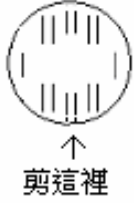
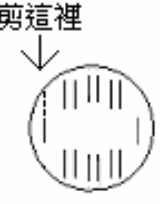
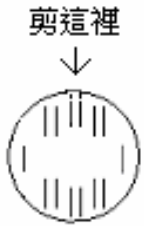
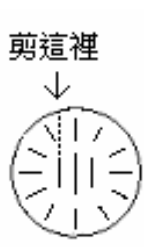
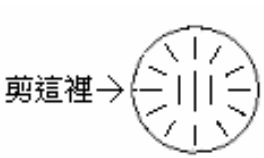
摩擦鐵片方式	結果
	無結晶出現
	無結晶出現
	無結晶出現
	無結晶出現

(2)結論：不論是光滑鐵片或粗糙鐵片，使用各種方式摩擦，都不會使溶液產生結晶，所以金屬彎折時產生的摩擦，不是使熱敷袋結晶析出的原因。

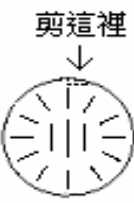
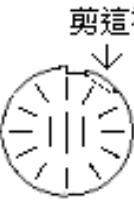
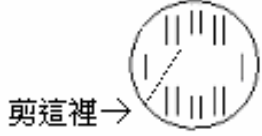
10. 金屬的狹縫對結晶的影響：

(1)結果：

(a).沿著狹縫剪開：

裁剪的方式	結果
	無結晶
	結晶
	結晶
	無結晶
	結晶

(b).未剪開狹縫：

裁剪的方式	結果
	無結晶
	無結晶
	無結晶
	無結晶
	無結晶

(2)討論：

- 由上面分析結果可知，只要順著狹縫剪開，便可在未彎折金屬片的情況下，使封在狹縫的晶體與過飽和溶液接觸，使其產生結晶。
- 由此實驗我們間接證實夾縫中含有微小的醋酸鈉晶體，在彎折的過程中，可與過飽和溶液接觸當作品種使結晶析出，這就是熱敷袋在產生結晶時須彎折金屬片的原因。

柒、結論

- 一. 我們找到了簡便快速配製過飽和溶液的方法，以夾鏈袋或以覆蓋保鮮膜的方式，成功配製出醋酸鈉過飽和溶液。
- 二. 課本或文獻上所描述能使過飽和溶液析出結晶的方法〈例如：攪拌、加入晶種〉，經我們實驗後卻發現，攪拌完全不會使溶液析出結晶，課本上提到的攪拌，會使過飽和溶液結晶析出的觀念，我們認為需要進一步修正。而使醋酸鈉過飽和溶液產生結晶的晶種則具有很高的選擇性，我們嘗試的晶種中，只有醋酸鈉及 NaBr 晶體可使醋酸鈉過飽和溶液產生結晶。
- 三. 在過飽和溶液中若含有其他可溶性雜質，加入晶種依然可使過飽和溶液的晶體析出，但所含的雜質愈多，形成結晶的阻礙愈大，完全結晶所需時間愈長。
- 四. 我們嘗試找出其他使過飽和溶液析出結晶的原因或方法，如：冷卻速度的快慢、濃度的高低、靜電、磁力、聲音、震動、加入不同金屬片當晶種等等，但最後證實這些都不會使過飽和溶液析出結晶。
- 五. 在研究中我們也證實市售熱敷包成分的確為醋酸鈉過飽和溶液，而其中所含的金屬片主要成份為鐵片。
- 六. 在探討熱敷包結晶的過程中，我們發現了關鍵的金屬片狹縫，並證實狹縫內含有結晶，在彎折鐵片的過程中，可使過飽和溶液接觸到結晶，而使過飽和溶液析出結晶。

捌、參考資料

- | | | |
|---------------|----------------|--------|
| 一. 物質科學化學篇〈上〉 | 楊寶旺主編 | 龍騰文化出版 |
| 二. 高三化學〈上〉 | 楊寶旺主編 | 龍騰文化出版 |
| 三. 普通化學 | 王澄霞、魏明通著 | 三民書局 |
| 四. 化學與生活 | 余岳川著 | 眾光出版 |
| 五. 大一化學 | 劉東昇譯 | 國立編譯館 |
| 六. 普通化學 | 吳振成、田憲如、陳義雄等編著 | 歐亞書局 |

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 化學科

040207

一觸即發——熱敷包的秘密

國立屏東女子高級中學

評語：

1. 本作品取材生活化並發現誘發過飽和醋酸鈉溶液結晶之奧秘。
2. 在不同過飽和溶液濃度之結晶過程可多加研究。