

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：凝霜寶珠

一、摘要：

重金屬汗水的處理與濃縮大多需要考量成本問題，因此，本實驗計畫以成本較低廉的冷凍濃縮法，輔以簡易的操作，測試能否達到汗水處理的前置處理。我們以溫度、重力、濃度梯度、密度等原理設計出冷凍濃縮方法，再測量冷凍濃縮後的重金屬溶液，比較運用各種不同溶液的各項數值變化。本次實驗中，將金屬廢液透過我們設計的冷凍濃縮法，不斷提升金屬廢液的濃縮，找尋此冷凍方法可能濃縮的極限濃度。期望此實驗在污水處理前，先提高重金屬廢液濃度減少水分，以降低污水處理費用。

二、探究題目與動機

八年級理化課談論到水的性質時有提到：由於水密度的特別性，造成水結冰時，會由其表面開始結冰，當時覺得非常神奇。而在炎炎夏日下，將養樂多飲品放置冰箱製成養樂多冰後，吃著吃著，有種倒吃甘蔗，越吃越甜的感覺。驚覺是否這與水表面結冰有關，進而思考到：既然養樂多會越來越甜，那麼其他溶液是否會有與其相同的狀況，在冰凍過程中會造成濃度越來越濃的可能性。上網查證，我們發現重金屬汗水處理有許多方法，大致分成化學與物理兩大類，化學處理方法有鹼沉法、重金屬捕捉法、電解法；物理方法為離子交換樹脂。無論是化學方法需經過混凝、凝膠、沉澱等的繁雜步驟或物理方法離子交換樹脂都會因為污染物濃度過低而造成藥劑或回收成本的浪費，因此，我們想是否是能用在濃縮技術上。

三、探究目的與假設

一、實驗目的

- 探討冷凍濃縮下硫酸銅溶液之極限濃度
- 探討冷凍濃縮下氯化鈉溶液之極限濃度
- 探討冷凍濃縮下過錳酸鉀溶液之極限濃度
- 探討冷凍濃縮下硝酸鐵溶液之極限濃度

四、探究方法與驗證步驟

一、實驗原理:

利用溫度下降時水分子會先凝固成冰晶，又因為固態冰的密度比液態水來得小而使先結冰的水分子向上漂浮聚集在水表面，進而向下排擠其他溶質粒子，達到濃縮效果。

二、實驗過程:

各溶液之極限濃度實驗

(一)實驗準備

1. 調配四種不同溶液 0.1M 各 250ml，秤量四種藥品

a. 含水硫酸銅 6.25g

b. 氯化鈉 1.46g

c. 過錳酸鉀 3.95g

d. 含水硝酸鐵 10.1g

使各溶質莫耳數皆為 0.025mole

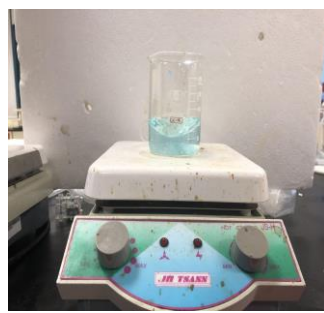
2. 加入少許純水並攪拌直至無沉澱

3. 將溶液倒入容量瓶中，並加水至 250ml 處，使各溶液濃度達 0.1M

4. 將四種溶液置入 -24°C 之冷凍庫中冷凍濃縮



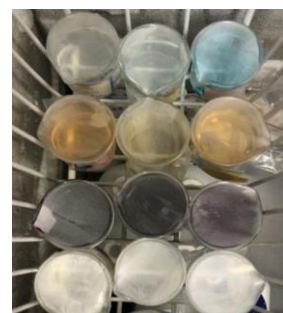
準備溶質(含水硫酸銅)



加入少許純水並攪拌



倒入容量瓶



放入冷凍庫

(二)數據測量

1. 一小時後將溶液取出

2. 用湯匙將浮冰撈出

3. 取剩餘液體 10ml 放置於蒸發皿中

4. 將蒸發皿放入烘箱中加熱，當水份完全蒸散後取出

5. 測量值溶質淨重

6. 將剩餘液體放入冷凍庫進行下一階段冷凍濃縮



撈出浮冰(過錳酸鉀)



倒入蒸發皿(硫酸銅)



放入烘乾機中烘乾



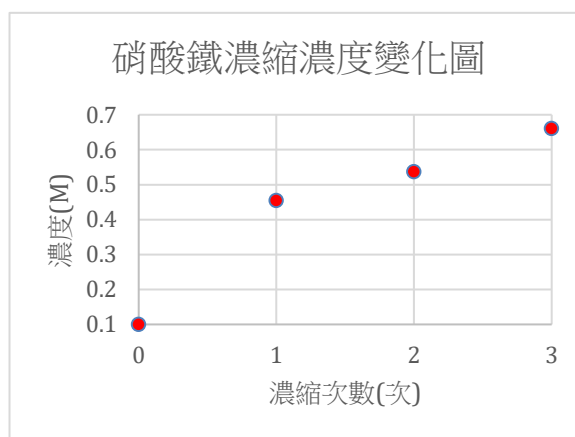
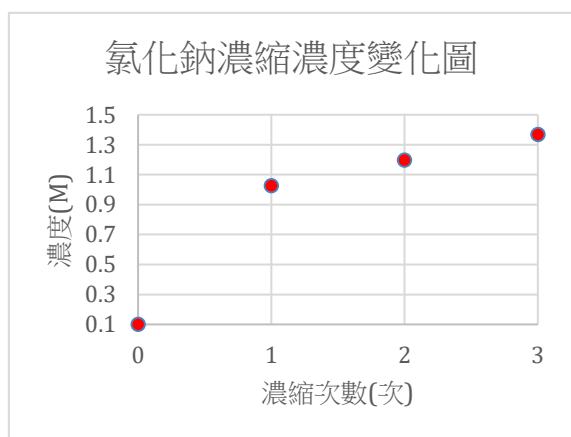
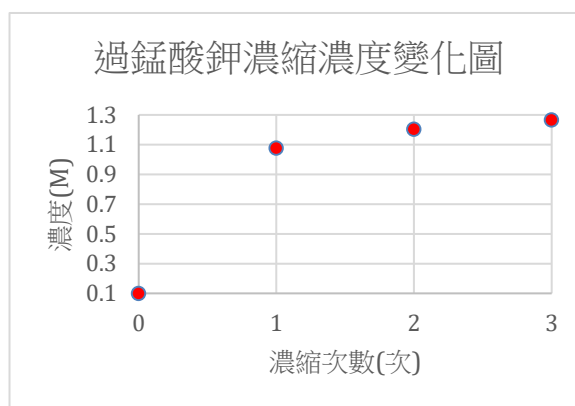
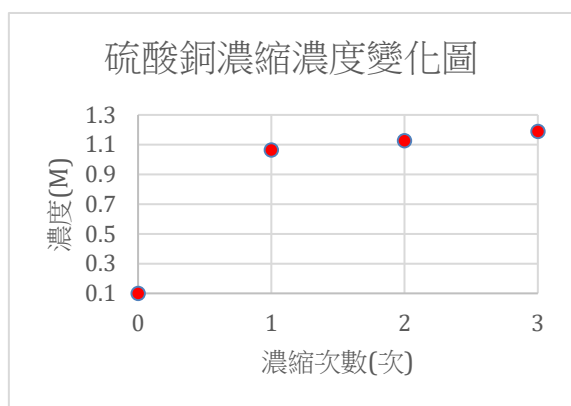
測量溶質重量

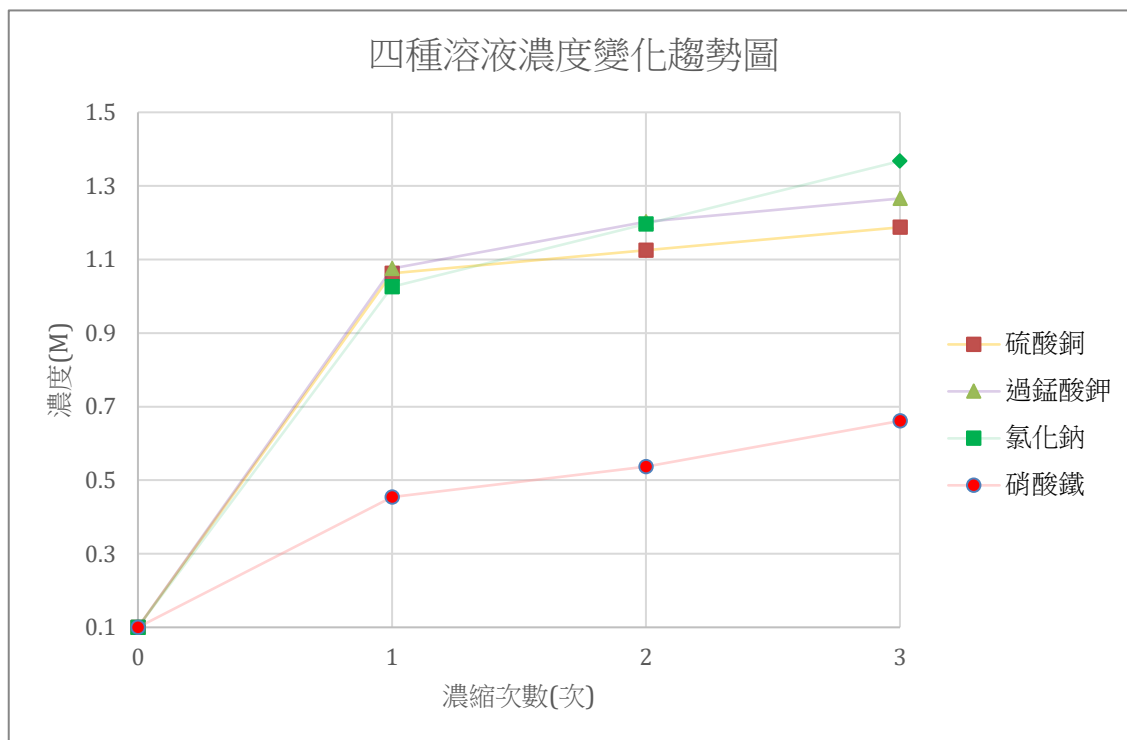
五、結論與生活應用

實驗結果:

冷凍濃縮極限重量百分濃度濃度數據(單位:M)

	CuSO ₄	KMnO ₄	NaCl	Fe(NO ₃) ₃
初始	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
第一次	1.0625	1.0759	1.0256	0.4545
第二次	1.1250	1.2025	1.1965	0.5371
第三次	1.1875	1.2658	1.3675	0.6611





結論:

冷凍濃縮實驗中，明顯可以看出第一次的濃縮效果最好，因第一次起始濃度最低，水分比例也最高，能夠提取的水量也最多，往後每次濃縮時，因水分大量被提取出來，導致能濃縮的比例被限縮，但還是能觀察到濃度有明顯上升。

生活應用:

1. 從海水淡化的角度思考，可以利用冷凍濃縮的原理，將提取出的水分作為民生或農業用水。
2. 果汁的運送都需要先做濃縮的動作，藉此提高濃度以減少體積，進而降低運送成本。
3. 透過冷凍濃縮實驗能將廢液濃度提升，有效達到減少水分的效果，應用在實驗室中可以減少廢液體積，連帶減少廢液回收的費用。

參考資料

1. 洪翌洋、劉宣妤、劉奐均、鄭士鴻 (2019)。『冰清欲結』-探討不同條件溶液結冰時溶質匯聚現象的差異。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。