

2022 年【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： 溶液中的煉金術士—黃金雨與廷德爾效應之探討

一、摘要：

本研究是在探討黃金雨以及與黃金雨有關的原理和效應，主要涉及廷德爾效應與晶體結晶。廷德爾效應是我們在實驗過程中偶然發現的現象，一開始很陌生，經由師長指導及搜尋資料，讓我們對此現象產生高度興趣，也了解到周遭生活其實也有很多廷德爾效應的自然現象與生活應用，例如在茂密的樹林中，常常可以看到從枝葉間透過的一道道光柱，或者陽光從雲層縫隙透出。

本實驗針對廷德爾效應製作了黃金雨以便觀察，當我們把黃金雨加熱至不同溫度再放置於室溫冷卻，冷卻過程中利用雷射筆照射會明顯看到一條明亮的光路，是因為膠體粒子散射光線的關係。

我們發現將黃金雨溶液加熱到的溫度為 80°C 以上並讓溶液與空氣接觸，會在底部產生藍紫色物質，推論是因為碘離子在酸性環境下容易發生氧化反而生成碘，硝酸鉛屬於酸性溶液加上與空氣接觸，更加速發生氧化還原反應而使溶液生成藍紫色的碘。

為了解黃金雨的結晶形狀，我們嘗試利用複式顯微鏡來觀察晶型，發現生成的碘化鉛結晶為漂亮的六方形結構。

二、探究題目與動機

理化是一門與生活息息相關的自然科學，在理化課我們認識了很多以前沒聽過的物質，讓我們對於這個奧秘的領域產生濃厚的興趣，希望能朝化學科的領域研究。後來我們在學校學到溶解度與晶體結晶的內容，我們知道影響溶解度的因素有溫度和壓力，從天氣瓶的實驗、下雪、人造雨等跟結晶有關的自然現象，一再加深我們對於自然科學的興趣，因此，本研究希望藉由黃金雨的相關實驗來了解溶解度和晶型的關係，並利用雷射筆、複式顯微鏡對生成的結晶做進一步探討，更藉由實驗了解廷德爾效應在生活上的應用。

要發生廷德爾效應除了溶液中的粒子大小要在 1-100 奈米，也稱為膠體溶液，它只能對可見光(波長 400-700 nm)進行散射，所以本實驗採用實驗室方便取得的紅光雷射筆進行測試(波長 635-660 nm)。結晶方面，由於黃金雨溶液會被加熱到不同溫度，因此我們先推測溫度會對結晶造成影響，甚至出現不同的反應或物質，接著設計實驗驗證我們的假設。

三、探究目的與假設

本實驗主要是要了解黃金雨產生的廷德爾效應與結晶形狀，廷德爾效應是當空氣或溶液的粒子大小適中時，若有光照射，射線會產生一條肉眼可見且明亮的通路。比如照射進建築物裡的陽光，有時光線射到的地方和沒射到的地方會有明顯的界線，並且我們也觀察

空氣和溫度對水溶液會產生何種影響。

我們將黃金雨一部分放到試管中，一部分放到瓶子(用蓋子蓋上) 中加熱，來得知空氣對黃金雨結晶的影響，並將溶液加熱到不同溫度觀察溶液的變化。我們設計的實驗目的為：

- 1.探究黃金雨在不同溫度和空氣等變因對溶液的影響。
- 2.探究黃金雨與廷德爾效應的關係。
- 3.探究黃金雨結晶的形狀。

下圖一為我們針對本研究所繪製的實驗設計圖，期望能對黃金雨有更深的認識。



圖一 實驗設計圖

四、探究方法與驗證步驟

1.配製黃金雨溶液

把『黃金雨』加熱或冷卻到適當溫度後，藉由黃金雨溶液觀察結晶與其他效應，並探究我們的主題。我們準備 0.5 克硝酸鉛、0.5 克碘化鉀以及 50 毫升的蒸餾水，同時加到同一個燒杯中，如圖二所示。



圖二 黃金雨溶液

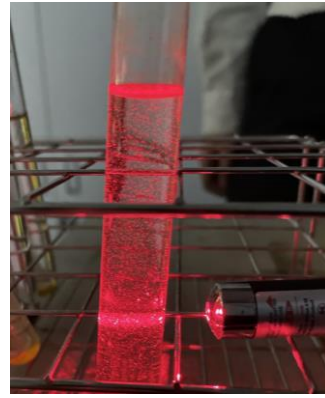
2.實驗一：廷德爾效應

把黃金雨加熱到透明如圖三所示，分別在溶液冷卻的過程中及冷卻完之後，用紅光雷射筆照射黃金雨水溶液。

我們把黃金雨溶液加熱到透明，並且都放在室溫下冷卻，發現用雷射筆照射都有清楚的射線，如圖四所示，可明顯看出四組黃金雨皆發生廷德爾效應。

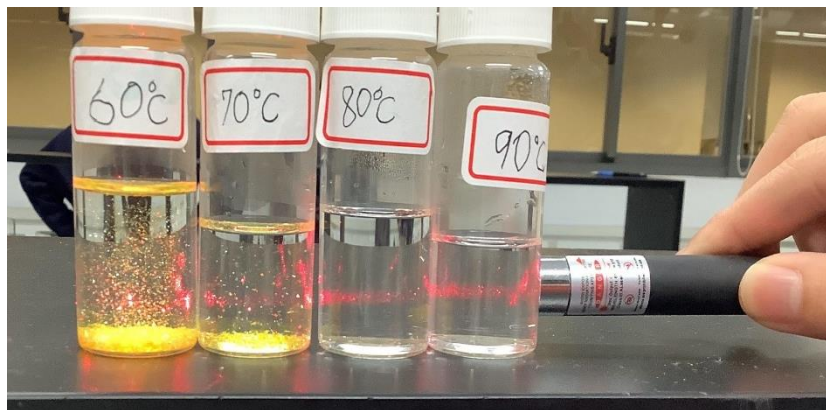


圖三 加熱變透明的溶液



圖四 廷德爾效應

實驗結果顯示，當溶液裡面的粒子變成膠體粒子時，此時溶液粒子的反射和折射光的能力剛好，因此發生廷德爾效應，所以用雷射光照射可產生一條明亮的光路，圖五為我們將黃金雨溶液分別加熱到不同溫度再冷卻，皆能順利觀察到廷德爾效應。



圖五 不同溫度的黃金雨溶液產生的廷德爾效應

在配製黃金雨時，我們也發現加熱到 80°C 和 90°C 的黃金雨溶液底部有產生藍紫色沉澱，甚至可觀察到藍色溶液，我們推論附著在試管內側玻璃上的沉澱應為碘，因為碘離子容易在酸性環境下被氧化而生成碘，因硝酸鉛水溶液為酸性，加上實驗未加蓋，因此和氧氣接觸而生成碘。我們發現一般的黃金雨，加熱到 80°C 以上，底部會有沉澱，因此也預測高溫的環境會加快氧化還原反應，沒有跟氧氣接觸的黃金雨則未發現有沉澱生成，我們推論氧氣、溫度、酸性環境是造成碘生成的原因。

3.實驗二：產生的新雜質

針對黃金雨底部生成的雜質，我們設計了一個實驗。以確認黃金雨溶液底部的藍黑色沉澱為碘，實驗設計如圖五所示。







圖五 檢測藍色生成物實驗設計圖

我們把黃金雨加熱後分成兩組進行實驗，設計如下：

- (1)一組放到瓶子並用蓋子蓋起來，另一組放到試管與空氣接觸。
- (2)觀察此物質在不與空氣接觸下，是否會出現藍紫色雜質。

實驗結果顯示，與空氣接觸的黃金雨，80°C和90°C組底部有藍紫色沉澱，其中90°C的組別最為明顯，如表一所示，我們推測這是因為碘離子在酸性環境下容易發生氧化反應而生成碘，硝酸鉛屬於酸性溶液加上與空氣接觸，因而加速發生氧化還原反應，使溶液生成藍紫色的碘。

表一 不同溫度的黃金雨降溫，底部沉澱情形

溫度	60°C	70°C	80°C	90°C
圖示				

若把黃金雨放到封閉的瓶子裡使其不直接與空氣接觸，每一組黃金雨都沒有此沉澱產生，如圖六所示，可驗證我們的推論，酸性環境且空氣充足的環境會讓碘離子發生氧化反應生成碘，使得溶液也些許呈現藍色的顏色，如圖七所示，我們推論生碘尚未聚集在一起，因此使溶液看起來像藍色一樣，想要驗證此沉澱物是否為碘，我們取出少許藍色溶液和沉澱物滴入澱粉液進行測試，但效果沒特別明顯，推測是因為碘的量過少，因而無法發現清楚的澱粉與碘的深藍色沉澱。



圖六 密閉瓶子裡的黃金雨溶液



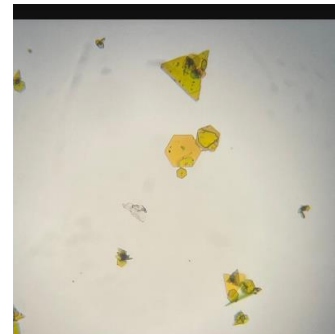
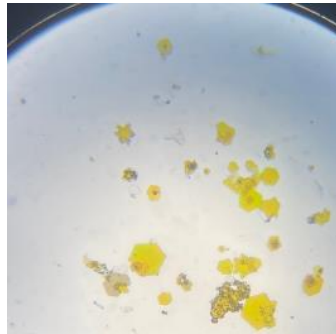
圖七 藍色的黃金雨溶液

4.結晶形狀與觀察

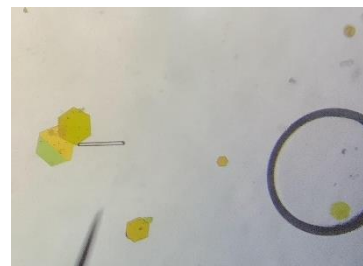
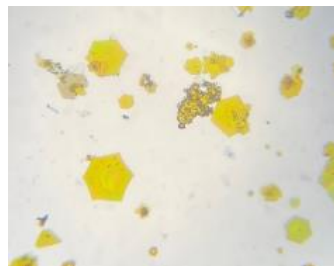
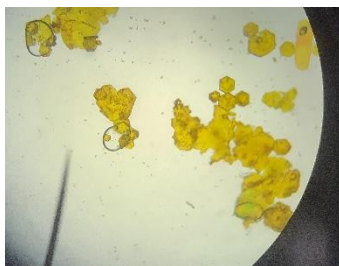
我們認為把黃金雨加熱到不同溫度，會對黃金雨的結晶有所影響；且冷卻速度不同，也可能對結構完整性有影響，因此我們想進一步了解漂亮的黃金雨結晶形狀到底是如何，後續的實驗借助複式顯微鏡來觀察結晶形狀，如圖八所示。實驗結果發現，不論是加熱到 60°C 或是 90°C 的黃金雨，在緩慢冷卻的情形下，所以雖然可觀察到三角形、星形等形狀，如圖九所示，但大多還是以六角形的結晶形狀為主，我們推論因為黃金雨的結晶於水溶液降溫過程中形成，形成的結晶並未因其他外力而遭到破壞，因而呈現漂亮的六方形結構，其不同溫度的黃金雨結晶如圖十所示。若冷卻速度過快，則易生成不完整的結晶碎片。



圖八 觀察黃金雨結晶

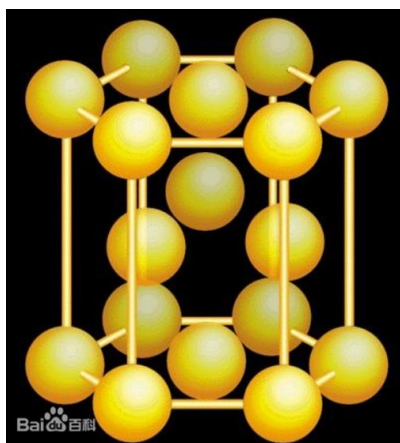


圖九 星形、三角形結晶



圖十 不同溫度的黃金雨結晶(由左而右 60°C 、 70°C 、 80°C 、 90°C)

為了驗證實驗結果是否正確，我們收集文獻資料得知碘化鉛晶體屬於六方最密堆積結構，六方最密堆積是原子的一種排列方式，也是晶體結構中的一種型式。各種最密堆積中，六方最密堆積是有對稱性的一種。這種堆積方式是金屬晶體的最密堆積，配位數是 12。空間利用率較高，約 74%(百度百科)，如圖十一所示。



圖十一 六方最密堆積

五、結論與生活應用

由實驗結果可知廷德爾效應與膠體溶液、空氣和粒子大小有關係。本實驗可得知以下結論：

1. 溶液或空氣的懸浮粒子大小只要界於 1~100nm，會發生廷德爾效應。
2. 黃金雨加熱後於室溫緩慢冷卻可得到對稱的六方最密堆積結構。

而在生活中，其實也有很多廷德爾效應的自然現象與生活應用，例如在茂密的樹林中，常常可以看到從枝葉間透過的一道道光柱，或者陽光從雲層縫隙透出。膠體溶液和廷德爾效應亦可運用於醫美領，打玻尿酸時可能會有廷德爾效應引發的後遺症。具資料記載，打玻尿酸不當會在眼周下方出現團塊及膠狀物體。可以在打入前用雷射筆照射看看有沒有廷德爾效應，避免打入形成團塊的玻尿酸。

參考資料

1. 一日鍊金術師，利用化學的方法製作黃金雨！！| 想科學 (2020 年 9 月 27 日)
2. 生活中的廷得耳效應 | 國中理化教學資料庫 (2017 年 8 月 30 日)
3. 高苡瑄、楊俐玟、莊杰叡 (110). 碳為觀止-回收式生物炭吸附光解膠囊 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會
4. 黃金雨：美到令人窒息的化學實驗，每日頭條(2017 年 2 月 4 日)
5. 百度百科 六方最密堆積