

# 2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 國中組 成果報告表單

<b>題目名稱：膠體溶液中的奇妙現象：廷德爾理論的應用與探索</b>
<b>一、摘要</b>
<p>在生活中，我們時常會在走進房間時，看到因陽光照射而顯現出來的灰塵粒子。這些粒子原本都不容易看見，然而，當陽光照射出現特定的傾斜角度或強度，便能看見灰塵粒子。</p> <p>而廷德爾效應是指當光線經過一個非均勻介質時，會因為介質中的微粒而產生散射現象。例如在懸浮液中加入微小的顆粒，當光線通過懸浮液時，會因為微粒的存在而導致光的散射，這種散射現象可以用於研究懸浮液中微粒的分佈情況、顆粒大小等物理性質。</p> <p>本實驗旨在說明不同溶液是否能產生廷德爾效應，意即將不同的溶液以雷射光水平入射，若能產生一條明亮的光路，即代表此溶液符合廷德爾效應。本實驗更延伸至以分光光度計來測量膠體溶液的光線變化強度。探討結晶在不同溫度和濃度之下，其吸光率和透光率的變化。</p>
<b>二、探究題目與動機</b>
<p>在看到高中化學課程中講述膠體溶液的主題，其中有一部分是在介紹廷德爾效應，而在學習沉澱實驗的過程中，有一個非常吸引我們的化學方程式：<math>\text{碘化鉀} + \text{硝酸鉛} \rightarrow \text{硝酸鉀} + \text{碘化鉛}</math>，無色透明的兩個溶液混合立刻出現漂亮的黃色沉澱，將沉澱物加熱溶解再析出晶體時，以雷射筆照射會有一條明亮的光路出現，因此，我們也十分好奇，究竟其它溶液是否也能產生如此美麗又神秘的廷德爾效應呢？我們設計了一連串的實驗，希望能藉此理解箇中奧妙。</p>
<b>三、探究目的與假設</b>
<p>為了了解廷德爾效應的原理和應用範圍，我們假設只要兩溶液混合能產生晶體者，即容易出現廷德爾效應，本實驗選定了 4 種不同溶液進行分析，以達下列實驗目的：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(一) 探究各種結晶是否有廷德爾現象。</li><li>(二) 探究在不同質量比例混合的待測液，其吸光率和透光率的變化。</li><li>(三) 探究在不同溫度的待測液，吸光率和透光率的變化。</li></ul>
<b>四、探究方法與驗證步驟</b>
<p>(一) 待測液配製：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1.紅晶雨 成份：本氏液 50 mL、蒸餾水 50 mL、葡萄糖 分別加入葡萄糖 1.0 g、1.5 g、2.0 g、2.5 g、3.0 g</li><li>2.黃晶雨 成份：蒸餾水 100 mL、碘化鉀、硝酸鉛 加入碘化鉀：硝酸鉛質量(g)分別為 1：2、0.6：0.6、2：1</li><li>3.綠晶雨 成份：蒸餾水 50 mL、乙醇 40 mL、硫酸銅 4 g、氯化鈉</li></ol>

分別加入氯化鈉 5.0 g、10.0 g、15.0 g

#### 4.藍晶雨

成份：蒸餾水 50 mL、乙醇 50 mL、碳酸鈉、硫酸銅

加入碳酸鈉：硫酸銅質量(g)分別為 0.5：0.5、1：1、1.5：1.5、2：2、2.5：2.5

#### (二) 廷德爾效應

廷德爾效應(Tyndall effect)又稱為丁達爾現象，當一條光束通過膠體溶液時，由於膠體溶液內的溶質粒子可以散射光線，而出現一條明亮的「通路」。我們將本實驗配製的紅晶雨、黃晶雨、綠晶雨和藍晶雨靜置後分別以雷射筆進行照射，發現所有溶液皆可以用肉眼輕易看出廷德爾效應，推測溶液中的溶質粒子粒徑大小介於 1 nm ~100 nm，選取較具代表性的圖片整理於表一。

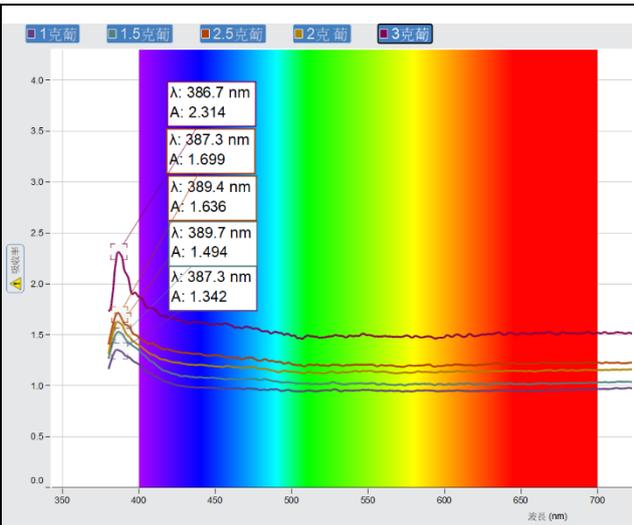
膠體溶液具有以下性質：受溶劑分子碰撞而產生「布朗運動」、膠體粒子散射光線產生「廷德爾效應」、吸附溶液中的極性分子或離子而「帶有電荷」。

表一 紅晶雨、綠晶雨、黃晶雨和藍晶雨之廷德爾效應

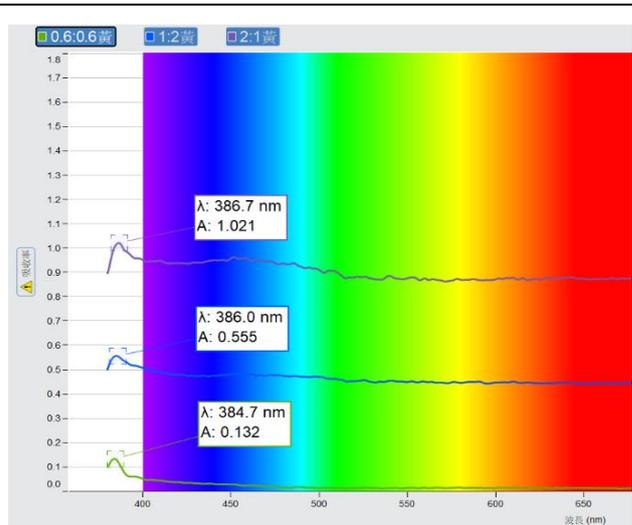
待測液	紅晶雨	黃晶雨	綠晶雨	藍晶雨
廷德爾效應				

#### (三) 分光光度計分析不同濃度的待測液

從上述廷德爾效應的測試實驗，我們可以知道本實驗所使用的待測液具有膠體溶液的性質，為進一步了解靜置後的上層液體，其所含的粒子濃度是否會影響廷德爾效應的表現，因此，我們在常溫下配製各種待測溶液，以分光光度計進行分析，所得的實驗結果如下列圖形所示，紅晶雨如圖一、黃晶雨如圖二、綠晶雨如圖三、藍晶雨如圖四。



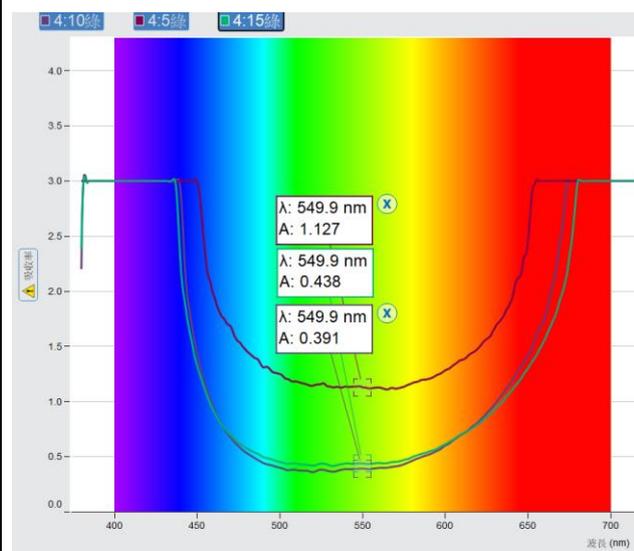
圖一 常溫時，紅晶雨之分光光度計光譜



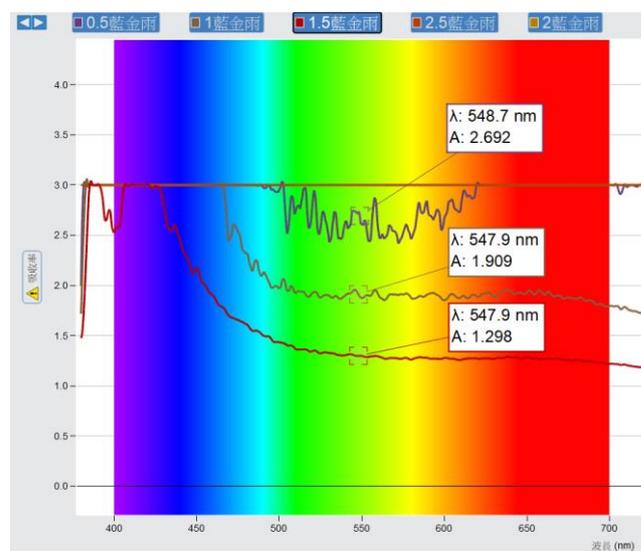
圖二 常溫時，黃晶雨之分光光度計光譜

由圖一的實驗結果可知，紅晶雨在波長約 387 nm 有一最大吸收峰，且溶液的吸收率隨葡萄糖克數增加而升高，顯示葡萄糖為本研究的限量試劑，因此，隨著葡萄糖添加克數增加，使得反應所得的生成物愈多，紅晶雨上層溶液的粒子濃度也隨之增加，我們推測雖然粒子濃度不一定會影響膠體溶液的性質，但粒子濃度可能會改變液體的密度和黏度，進而影響到廷德爾效應的表現。

由圖二的實驗結果可知，黃晶雨在碘化鉀：硝酸鉛質量(g)分別為 0.6：0.6 時，分光光度計有最低的吸收率，推測溶液粒子濃度最低。而在碘化鉀：硝酸鉛質量(g)分別為 1：2 和 2：1 時，吸收率的值為 2：1 > 1：2，依照化學計量的計算，當質量為 1：2 時，限量試劑為碘化鉀；當質量為 2：1 時，限量試劑為硝酸鉛，若完全反應兩者可得相同量的碘化鉛，但在分光光度計的實驗結果卻不相同，推測可能原因為將沉澱物加熱再溶解，而後降溫析出晶體時並非析出相同數量的晶備權，使得上層膠體溶液的粒子濃度並非完全相同，間接影響廷德爾效應的表現。



圖三 常溫時，綠晶雨之分光光度計光譜



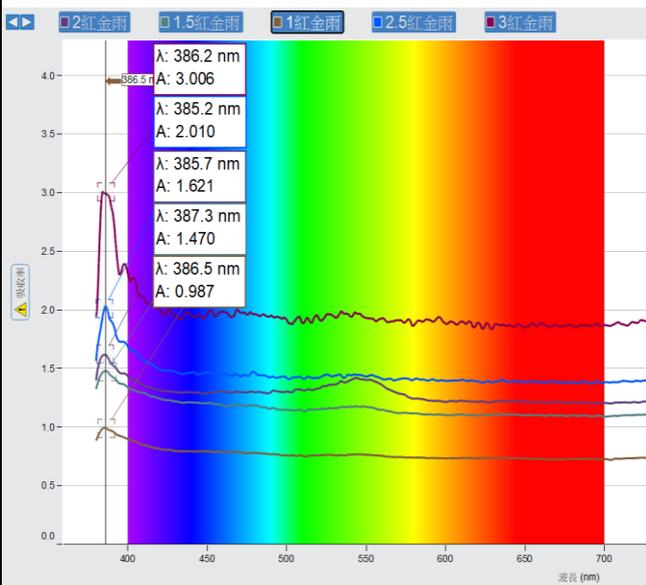
圖四 常溫時，藍晶雨之分光光度計光譜

由圖三的實驗結果可知，綠晶雨的分光光度計光譜圖明顯呈現下凹的形狀，添加 5g 氯化鈉時，下凹程度較小，添加 10g 和 15g 氯化鈉下凹程度較大且有相似的實驗結果，推測可能是溶液中存在許多分子與離子，對不同波長的光有不同的吸收能力，當氯化鈉添加克數較高時，高濃度溶液造成物質粒子間的相互作用力較複雜、對光的散射能力也不同，導致吸收峰發生變化而呈現明顯下凹的圖形。

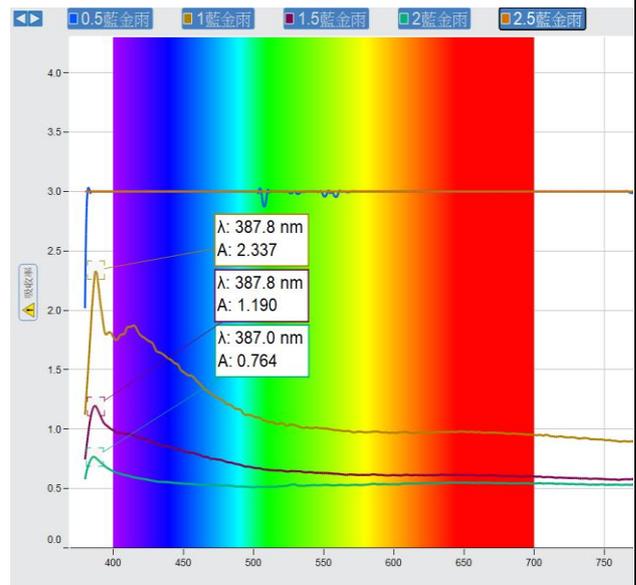
由圖四的實驗結果可知，藍晶雨溶液當碳酸鈉：硫酸銅添加質量(g)分別為 0.5：0.5、1：1、1.5：1.5 時，我們推測大約在波長為 417 nm 有最大的吸收峰，在波長 500 nm ~ 625 nm 的範圍，分光光度計的吸收率隨著藥品添加克數增加而下降。而當添加質量(g)分別為 2：2、2.5：2.5，由於超出儀器的偵測極限而無法判斷出正確的光譜圖形。

#### (四) 分光光度計分析不同溫度的待測液

為了解溫度是否影響廷德爾效應的表現，我們選擇將紅晶雨與藍晶雨反應完全後，使溶液再結晶的溫度控制在 45°C 進行實驗，紅晶雨所得的分光光度計光譜圖如圖五所示，藍晶雨所得的分光光度計光譜圖如圖六所示。



圖五 45°C時，紅晶雨之分光光度計光譜



圖六 45°C時，藍晶雨之分光光度計光譜

將常溫和 45°C時之分光光度計吸收率最大值整理如表二所示，由表二可知，不同濃度的紅晶雨溶液，其分光光度計最大吸收率並不會因為溫度高低而有太大變化，因此，推論溫度高低對液態膠體溶液的廷德爾效應影響較小。

藍晶雨溶液的分光光度計最大吸收率會因溫度高低而有較大的變化，推測是因為配製藍晶雨的溶劑包含 50 mL 蒸餾水和 50 mL 乙醇，不同操作溫度可能造成溶液密度改變，進而改變溶液粒子的濃度，使得吸收率之值和廷德爾效應之表現有所變化。

表二 紅晶雨與藍晶雨在常溫和 45°C時之分光光度計吸收率最大值

葡萄糖 質量(g)	紅晶雨		碳酸鈉：硫酸銅 質量(g)	藍晶雨	
	常溫	45°C		常溫	45°C
1.0	1.342	0.987	0.5 : 0.5	> 3	--
1.5	1.494	1.470	1 : 1	> 3	2.337
2.0	1.636	1.621	1.5 : 1.5	> 3	1.190
2.5	1.699	2.010	2 : 2	--	0.764
3.0	2.314	3.006	2.5 : 2.5	--	--

## 五、結論與生活應用

1. 本實驗配製的紅晶雨、黃晶雨、綠晶雨和藍晶雨靜置後分別以雷射筆進行照射，發現所有溶液皆可以用肉眼輕易看出廷德爾效應，推測溶液中的溶質粒子粒徑大小介於 1 nm ~100 nm。
2. 紅晶雨在波長約 387 nm 有一最大吸收峰，且溶液的吸收率隨葡萄糖克數增加而升高，顯示葡萄糖為本研究的限量試劑，因此，隨著葡萄糖添加克數增加，使得反應所得的生成物愈多，紅晶雨上層溶液的粒子濃度也隨之增加。
3. 黃晶雨在碘化鉀：硝酸鉛質量(g)分別為 0.6 : 0.6 時，分光光度計有最低的吸收率，推測溶液粒子濃度最低。而在碘化鉀：硝酸鉛質量(g)分別為 1 : 2 和 2 : 1 時，吸收率的值為 2 : 1 > 1 : 2。
4. 綠晶雨的分光光度計光譜圖明顯呈現下凹的形狀，添加 5g 氯化鈉時，下凹程度較小，添加 10g 和 15g 氯化鈉下凹程度較大且有相似的實驗結果。
5. 藍晶雨溶液當碳酸鈉：硫酸銅添加質量(g)分別為 0.5 : 0.5、1 : 1、1.5 : 1.5 時，我們推測大約在波長為 417 nm 有最大的吸收峰，在波長 500 nm ~ 625 nm 的範圍，分光光度計的吸收率隨著藥品添加克數增加而下降。而當添加質量(g)分別為 2 : 2、2.5 : 2.5，由於超出儀器的偵測極限而無法判斷出正確的光譜圖形。
6. 不同濃度的紅晶雨溶液，其分光光度計最大吸收率並不會因為溫度高低而有太大變化。
7. 藍晶雨溶液的分光光度計最大吸收率會因溫度高低而有較大的變化，推測是因為配製藍晶雨的溶劑包含 50 mL 蒸餾水和 50 mL 乙醇，不同操作溫度可能造成溶液密度改變，進而改變溶液粒子的濃度。

## 參考資料

1. 管皓。少年廷得耳的煩惱.....真溶液的廷得耳效應。第四十六屆中小學科學展覽會。  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/senior/0402/040217.pdf>
2. 林宇軒。藉由溶液與氣體的路現象探討各種因素對粒子大小的影響。第八屆旺宏科學獎。  
[https://www.mxeduc.org.tw/scienceaward/history/projectDoc/8th/doc/SA8-088\\_final.pdf](https://www.mxeduc.org.tw/scienceaward/history/projectDoc/8th/doc/SA8-088_final.pdf)