**合成銀納米顆粒**

**教師版本**

**關於此實驗的補充背景資料**

等離激元金屬納米顆粒，例如金、銀和鉑，會展現出高效的光吸收及散射的性質，原因是因為等離子共振。光的波長能夠與在等離激元金屬納米顆粒中的導電電子產生相互作用，因而令這些電子統一地振盪，這現象稱為表面等離子共振（Surface Plasmon Resonance, SPR）。相比起非等離激元金屬材料，這種激發共振能夠增加40倍的吸收和散射強度。相反，等離子共振並不會出現在尺寸大的純金屬的電子和光的相互作用，因為此相互作用有較多的限制。

因為光吸收及散射會影響人所能看到的顏色，以銀納米顆粒為例，由於等離子共振的關係，它呈現為黃色。

當一種微觀不可溶的粒子均勻分散在另一種物質形成一混合物時，該均勻混合物稱為膠體。在這個實驗中，當不可溶的銀納米顆粒均勻分散在溶液中便形成膠體。

硼氫離子（BH4-）在這個實驗中會被銀納米顆粒吸附以穩定銀納米顆粒。每一個銀納米顆粒會被很多硼氫負離子包圍著，因此銀納米顆粒之間會產生靜電排斥力，結果這些銀納米顆粒不能聚合在一起，保持著納米顆粒的形態。



過量 NaBH4

其他被硼氫離子包圍的銀納米顆粒並沒有顯示於圖中

**預備實驗所需溶液**

1. 1000 cm3的0.0020 M硼氫化鈉溶液：稱量0.076 g 硼氫化鈉粉末，然後將其加入1000 cm3的容量瓶中，加入去離子水到容量瓶刻度以製備溶液。
2. 1000 cm3的0.0010 M硝酸銀溶液：稱量0.17 g 硝酸銀粉末，然後將其加入1000 cm3的容量瓶中，加入去離子水到容量瓶刻度以製備溶液。
3. 200 cm3的飽和氯化鈉溶液：加入過量的氯化鈉溶液到200 cm3的去離子水中。

**化學廢物處理**

1. 在實驗結束後，銀納米顆粒溶液必須倒在一個指定的化學廢物處理筒。
2. 使用過的玻璃用具以水清洗。

**結果**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 觀察結果 |
| 0.0010M 硝酸銀溶液的外觀 | 無色溶液 |
| 0.0020M 硼氫化鈉溶液的外觀 | 無色溶液 |
| 加入硝酸銀溶液到硼氫化鈉溶液時 | 亮黃色膠體（納米顆粒）開始生成 |
| 當所有硝酸銀溶液加入後 | 觀察到亮黃色膠體（納米顆粒） |
| 當激光束透過盛有水的燒杯 | 激光束透過溶液，但難以觀察激光束的路線﹝沒有散射﹞ |
| 當激光束透過盛有銀納米顆粒溶液 | 激光束透過溶液，能觀察到激光束的路線﹝有散射﹞  激光束因納米顆粒而發生散射現象  （能觀察到在膠體中激光束的路線） |
| 當氯化鈉溶液加入銀納米顆粒溶液後 | 生成灰銀色沉澱物 |

**問題**

1. 銀在以下兩種情況的氧化數分別是？

(a)硝酸銀 (b) 銀納米顆粒

(a) +1; (b) 0

1. 寫出在此實驗中銀的半反應式。



1. 在這個實驗中，硼氫化鈉的作用是甚麼？

還原劑以及穩定劑。

1. 列出有關使用硼氫化鈉的一項重要預防措施，並加以解釋。

硼氫化鈉具有強大的吸濕性。應把它置於緊閉的乾燥器當中，以及遠離水汽的地方。

硼氫化鈉會與酸劇烈反應並生成易燃的氫氣，因此硼氫化鈉不應置於儲存酸的地方。

1. 當激光束穿透盛有銀納米顆粒溶液的燒杯和盛有水的燒杯時，觀察結果有沒有不同？如有不同，試加以解釋為何出現這種差異。

純水中只有水分子，但水分子不能令散射，所以肉眼不能看到純水中的光線；而銀納米顆粒在溶液中的銀納米顆粒令光散射，使人觀察到光的路線。

1. 解釋為何銀納米顆粒是有顏色的。

因為納米顆粒能吸收部份可見光譜，沒有被吸收的可見光譜因而能被肉眼觀察。

1. 解釋為何加入氯化鈉溶液後，亮黃色銀納米顆粒會變為灰色的沉澱物。

因為氯化鈉會促使銀納米顆粒聚合以生成更大的粒子，當這些粒子的大小增加，納米顆粒的性質亦因而開始消失（即吸收可見光譜的性質）。最後，形成普通的銀粒子。

**教師實驗步驟備註：**

1. 硼氫化鈉具有強大的吸濕性。應把它置於緊閉的乾燥器當中，以及遠離有水汽的地方。
2. 硼氫化鈉會與水十分緩慢地反應，所以硼氫化鈉溶液應在實驗開始前才預備。
3. 在加入硝酸銀溶液到硼氫化鈉時，應保持燒杯在冰浴中，避免銀納米顆粒聚合，從而得到更好的效果。
4. 硝酸銀溶液應慢慢地加入到硼氫化鈉溶液，因為如果太快地加入，銀納米顆粒會很快地聚合，變成普通的銀粒子。
5. 除了使用滴定管慢慢地加入硝酸銀溶液之外，亦可以利用滴管來慢慢地加入硝酸銀溶液。
6. 當銀納米顆粒在溶液的時候，膠體會生成。當一光束通過這膠體時，光會因而散射令光的路線能夠被觀察得到。
7. 當光束通過一清澈的液體或溶液時，例如水或氯化鈉溶液，不會有散射現象出現，因此光的路線不能夠被觀察。
8. 當氯化鈉溶液加入銀納米顆粒的溶液，銀納米顆粒的聚合會加快，因為氯化鈉遮蔽了互相排斥的電荷，令小粒子能聚合在一起形成更大的粒子。