

2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱:從透明到湛藍:「氨氮」現形記-探討常用氮肥的氮含量

一、摘要

本研究旨在探討水楊酸靛酚藍法於氨氮(NH₃-N)檢測之可行性與最佳化操作條件,特別聚焦於不同氧化劑比例(次氯酸鈉與亞氯酸鈉)對於反應顯色效率與靈敏度的影響。氨氮是常見的水污染指標,過量存在於農業廢水、工業排放及都市污水中,會導致水體優養化與生態失衡,因此快速、環保、準確的檢測方法對於環境監測與資源管理至關重要。本實驗以不同濃度的氨氮水樣(2ppm、20ppm、200ppm)作為測試對象,固定使用1%水楊酸與6%氧化劑混合液進行反應,觀察其吸收光譜與顏色變化。實驗設計涵蓋四組氧化劑比例:次氯酸鈉/亞氯酸鈉=0.75/0.25、0.5/0.5、0.25/0.75、0.1/0.9。光度測量以分光光度計進行,波長選定650 nm。實驗結果顯示,水楊酸與氨氮反應後產生的顏色變化顯著,且吸光度與氨氮濃度呈線性正相關,具有良好的檢量線建立潛力。其中,當氧化劑比例為0.1次氯酸與0.9亞氯酸時,整體顯色最明顯、吸收度最高,顯示亞氯酸鈉在適當比例下能有效提升顯色靈敏度。然而,純亞氯酸或純次氯酸單獨使用時,反應效果較差,顯示需兩者協同作用方可達到最佳檢測結果。進一步嘗試將該檢測法應用於肥料樣品及土壤萃取液中氨氮的實際測定,但結果顯示受限於濃度過低或基質干擾,未能成功量測出明顯差異。雖然如此,本研究仍證實水楊酸靛酚藍法在簡易實驗條件下即可達成定量分析,且操作相對安全、環保,未使用奈氏試劑中常見的汞等有毒成分,對教育實驗與實地監測具有實用價值。綜上所述,此方法在檢測靈敏度與實用性方面皆具潛力,未來可進一步優化應用於農業、環保、教育等多元領域,成為替代傳統氨氮測定法的有效方案。

二、探究題目與動機

水楊酸在醫學領域中可當作藥物的中間劑,而水楊酸靛藍法是一項準確的測定方法;也不需要過多先進設備來操作並且其所含化學藥劑是符合環保,所以我們選擇使用它。水楊酸靛藍法可以測定並分析微量氨氮,並且由於其明顯的顏色變化可方便我們觀察,我們也可以根據他的吸收光譜來計算給定樣品中的濃度。

三、探究目的與假設

實驗目的:

- 1.建立更環保且快速的方法
- 2.探討雙氧化劑(亞氯酸+次氯酸)影響
- 3.進行土壤、肥料中的氮檢測

實驗假設:

- 假設一:氨氮的吸收光度在波長與文獻同為在650 nm為最大
假設二:製作出的氨氮檢量線為”線性”關係
假設三:亞氯酸可以完全取代文獻中提的次氯酸做測量
假設四:此法可測量氮肥中的氨氮含量
假設五:此法能取代奈氏試劑法進行環保、快速的測量。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 實驗設備

- 1.光譜器1台 2.振動器1台 3.電子秤1台 4.漏斗1個 5.刮勺多隻 6.燒杯多個 7.移液器多支 8.pH計1台 9.容量瓶多個 10.濾紙多個 11.磁石攪拌器1台 12.樣品瓶多個 13.分光槽多個 14.水瓶1個 15.滴管1支

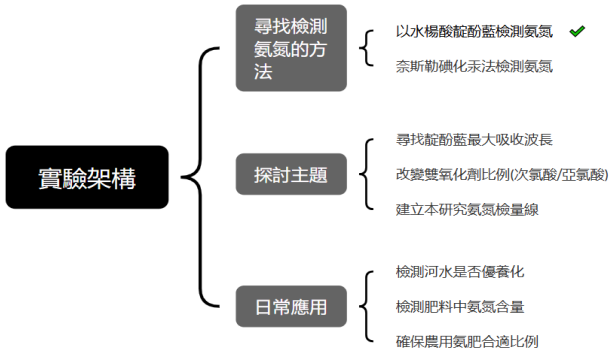


(二) 藥品

- 1.水楊酸 2.漂白水(次氯酸鈉) 3.亞氯酸鈉 4.亞硝基鐵氰化鈉 5.氫氧化鉀 6.氯化銨 7.磷酸一銨 8.尿素



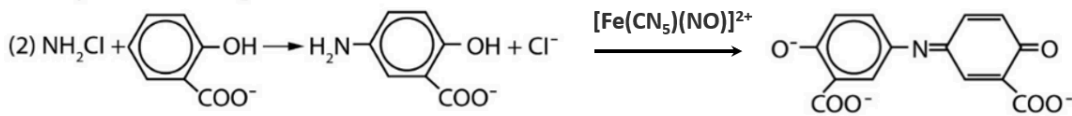
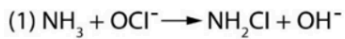
(三) 實驗架構



▲【圖】實驗架構圖

(四) 實驗原理

使用水楊酸醯酚藍法，水中的氨 (NH₃) 與檢測試劑中的次氯酸根 (OCl⁻) 會反應形成氯氨 (NH₂Cl, monochloramine)，如式 (1)，氯氨再與水楊酸鹽反應，形成5-aminosalicylate，如式 (2)。



催化劑(硝普鈉sodium nitroprusside, SNP) 會釋放亞硝基鐵氰根催化反應，產生最終產物 indosalicylate (藍色)，

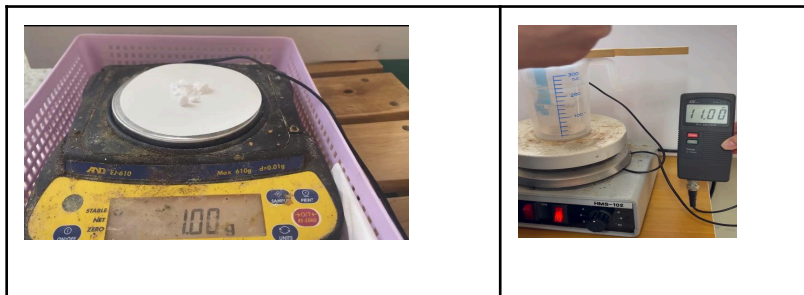
文獻說可以650 nm 進行水中氨氮含量的測定。

- 1.由於高濃度次氯酸水溶液味道過重, 因此我們使用市售漂白水取代次氯酸水溶液
- 2.為了使顯現顏色加深, 我們混和兩種不同氧化劑(次氯酸鈉/亞氯酸鈉)讓顯色更加明顯

(五)實驗步驟

1.配製水楊酸

- (1)秤1.0 g水楊酸粉末^[1]
- (2)配製1 M和0.01 M KOH溶液
- (3)將水楊酸加入30 mL蒸餾水中
- (4)先用1 M KOH溶液將水楊酸溶液調整至pH 7, 並使用磁石攪拌器加速水楊酸溶解, 再用0.1M NaOH溶液條配至pH11^[2]。只是用1M的氫氧化鉀溶液會使水楊酸溶解後, pH值快速飆升, 導致pH值超過pH 11
- (5)將水楊酸溶液倒入100 mL的容量瓶並加蒸餾水至100 mL



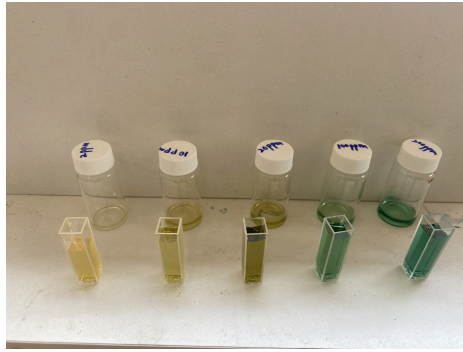
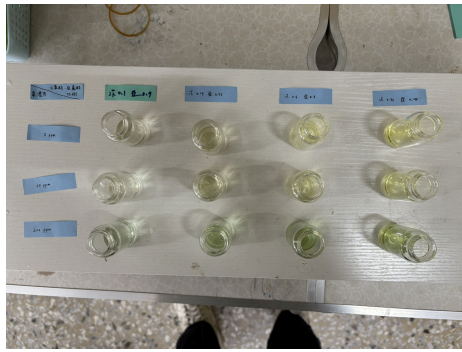
2.尋找反應後變色的吸收光譜

- (1)用氯化銨調配200 ppm、100 ppm、20 ppm、10 ppm、2 ppm氨氮溶液
- (2)加入1 g的亞硝基鐵氫化鈉並加入50 mL的蒸餾水並用超音波振盪器加速亞硝基鐵氫化鈉溶解
- (3)在樣品瓶中加入加入3 c.c.水楊酸溶液和1 c.c.漂白水
- (4)依序加入不同濃度的氨氮溶液並加入0.1 c.c.催化劑等待反應變色
- (5)將調配並變色後液體裝入分光槽中並用光譜機觀察從400-750 nm的吸收率(每次增加10 nm)
- (6)畫出橫軸為吸收度、縱軸為波長的折線圖, 顯現不同濃度的吸收光譜
- (7)找出吸收光譜最高的數值(650 nm)並畫出不同濃度的回歸線



3.找出混合不同比例的氧化劑找尋讓顏色更深的方法

- (1)調配100 mL飽和亞氯酸鈉
- (2)以200 ppm的氨氮溶液當作控制變因並以次氯酸鈉:亞氯酸鈉為(100%:0%)、(75%:25%)、(50%:50%)、(25%:75%)、(0%:100%)
- (3)在樣品瓶中加入3 c.c.水楊酸溶液並依序加入不同比例的氧化劑, 並加入200 ppm的氨氮溶液1 c.c.和0.1 c.c.催化劑等待反應變色
- (4)反應變色後以650 nm吸收光譜比較顏色深淺
- (5)尋找比例(25%:75%)到(0%:100%)之間哪個比例最深

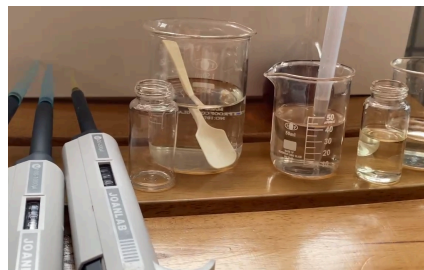


▲ 配置飽和亞氯酸鈉

▲ 發現次氯酸鈉:亞氯酸鈉比例為0.25:0.75的顏色在反映5分鐘時最深

4. 常用氮肥的氮含量

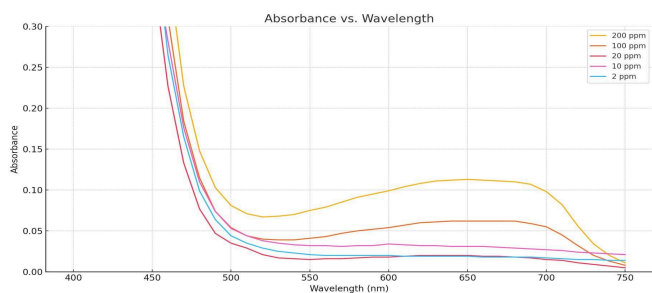
- (1) 配置磷酸一氮和尿素 100 mL、200 ppm 的溶液
- (2) 在樣品瓶中加入 3 c.c. 水楊酸、0.25 c.c. 次氯酸鈉、0.75 c.c. 亞氯酸鈉
- (3) 分別加入 1 c.c. 的磷酸一氮和尿素並加入 0.1 c.c. 催化劑等待反應變色
- (4) 反應變色後以 650 nm 吸收光譜比較顏色深淺
- (5) 放入次氯酸鈉:亞氯酸鈉比例(25%:75%)的檢量線比較氮肥溶入水後氮氮的比例



▲ 配置磷酸一氮所需尿素克數

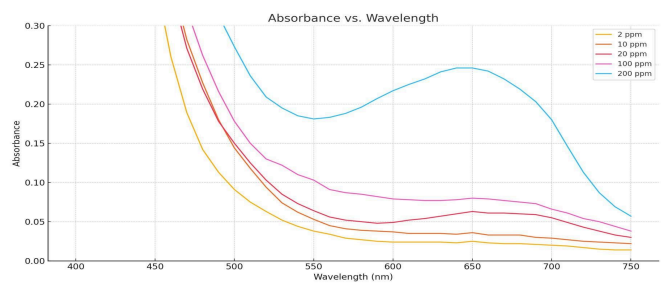
▲ 尿素中混和藥品

(六) 實驗結果



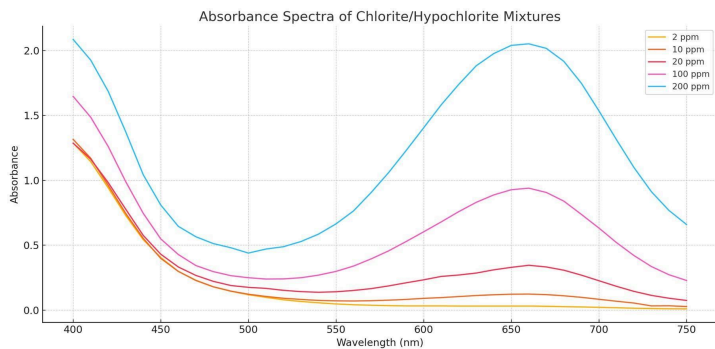
【圖一】: 不同濃度的氨氮溶液所形成水楊酸靛酚藍的吸收光譜度(氧化劑比例 次氯酸:亞氯酸=100%:0%)

從圖中可知本研究所討論的氨濃度對吸光度的影響呈現明顯的正相關。當氨濃度由 2 ppm 增加至 200 ppm 時, 整體吸光度隨之上升。在 650 nm 的波長下, 吸收光度最大

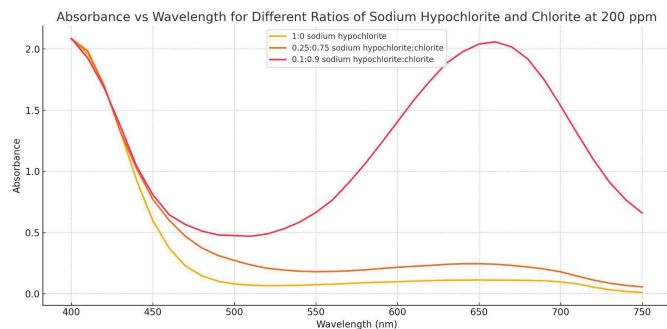


【圖二】: 不同濃度的氨氮溶液所形成水楊酸靛酚藍的吸收光譜度(氧化劑比例 次氯酸:亞氯酸=25%:75%)

從圖中可知本研究所討論的使用氧化劑比例 次氯酸:亞氯酸=25%:75%所顯現出的吸收光度遠大於氧化劑只有次氯酸的吸收光度

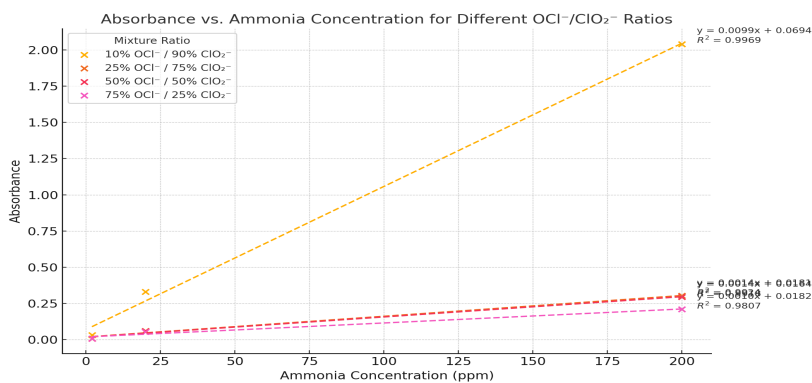


【圖三】:不同濃度的氨氮溶液所形成水楊酸靛酚藍的吸收光譜度(氧化劑比例 次氯酸:亞氯酸=10%:90%)
從圖中可知本研究所討論的使用氧化劑比例 次氯酸:亞氯酸=10%:90%所顯現出的吸收光度達到2.040, 但是反應時間過久

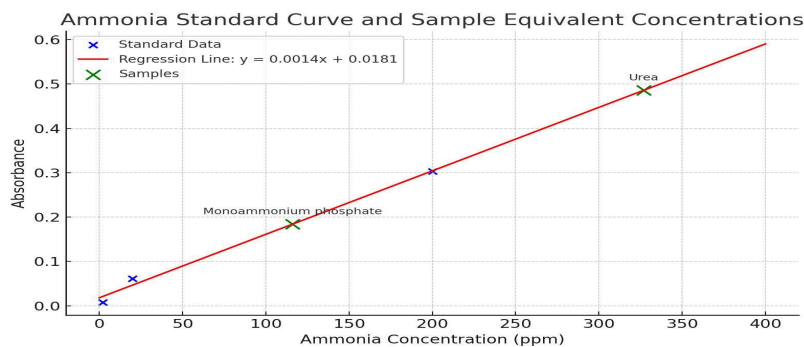


【圖四】:200 ppm氨氮溶液以不同比例的氧化劑(次氯酸:亞氯酸)所形成水楊酸靛酚藍的吸收光譜度
從圖中則探討在固定總濃度為200 ppm的條件下, 改變次氯酸鈉與亞氯酸鹽的比例對吸收光譜的影響。圖中可見, 當亞氯酸鹽比例增加(如0.1:0.9組合), 在600至700 nm波長範圍出現顯著的吸光度上升, 形成一個明顯的吸收峰, 顯示此波段可能與亞氯酸鹽的存在密切相關;相對地, 純次氯酸鈉溶液(1:0)則無此現象。因此, 從吸光度變化可推論出不同化學成分對光吸收行為的貢獻特性, 有助於未來進行混合物組成判斷與光學偵測應用的發展。

【圖五】:不同比例的氧化劑(次氯酸:亞氯酸)在不同濃度氨氮溶液所形成的水楊酸靛酚藍在650 nm的吸收度
從圖中可知本研究所討論的不同氧化劑比例中以10%次氯酸:90%亞氯酸為最佳, 所以檢量線的斜率與其他三條相比很大, 由此圖也可知90%的次氯酸及10%的亞氯酸反應時所產生的靛酚藍量為四者最多, 在相同為650 nm的情況下的吸收度也為四者最高。



【圖六】:在次氯酸:亞氯酸=1:3所形成的水楊酸靛酚藍在650 nm的吸收度的回歸線
磷酸一銨(吸收度 0.184) \approx 115.9 ppm 的等效氨濃度, 尿素(吸收度 0.486) \approx 327.0 ppm 的等效氨濃度。
磷酸一銨雖然實際濃度為 200 ppm, 但只釋放出約 116 ppm 等效的氨。尿素則可能釋放出遠超過 200 ppm 等效的氨, 或其反應副產物造成更高吸收度。



(七)實驗討論

假設一: 氨的吸收光度在波長與文獻同為在**650 nm**為最大

假設成立。這表示我們有成功將氨氮轉成靛酚藍, 與文獻相符。

假設二: 製作出的氨氮檢量線為”線性”關係

假設成立。無論使用何種氧化劑比例都能夠做出吸收度隨氨氮濃度呈線性的檢量線。

假設三: 亞氯酸可以完全取代文獻中提的次氯酸做測量

假設不成立。實驗發現只使用亞氯酸或只使用次氯酸做為反應條件所得到的檢量效果都很差, 唯有混和兩者才能使偵測的靈敏度大為提升。

假設四: 此法也可測量氮肥中的氨氮含量

假設尚未能得知。實驗發現本研究建立之檢量線技術配方, 無法測出土壤中含有氨氮, 可能是數值很低測不到(超出偵測極限), 也可能是受到土壤中其他物質的干擾導致水楊酸靛酚法失效(基質效應)。

假設五: 此法能取代奈氏試劑(Nessler)法進行環保、快速的測量

假設成立。目前還沒有時間去比較兩者優勢與限制, 至少本研究所使用的反應物對環境的汙染比奈氏低。

五、結論與生活應用

結論

1. 吸收光波長驗證成功: 本實驗成功證實使用水楊酸靛酚藍法測定氨氮時, 其吸收光譜最大值落在**650 nm**, 與文獻資料一致。
2. 檢量線呈線性關係: 實驗中不同氧化劑比例下的吸收度皆隨氨氮濃度呈現線性變化, 證明可建立有效的檢量線。
3. 最佳氧化劑比例為次氯酸: 亞氯酸 = **0.1:0.9**: 此比例對氨氮的偵測最為靈敏, 吸收度最高。
4. 亞氯酸無法完全取代次氯酸: 單一氧化劑效果不佳, 需混合使用才能有效顯色與準確測定。但所需反應時間最長。
5. 無法有效測出氮肥在土壤中的氨氮含量: 可能因為濃度過低或受到土壤基質干擾。
6. 替代奈氏試劑法具潛力: 雖尚未全面比較, 但本法使用的化學品較環保, 快速又準確。

生活應用

1. 農業用水與肥料監控: 農民可利用此法檢測灌溉用水與肥料中氨氮含量, 避免過量施肥導致水體優養化。
2. 水質環保監控: 此法快速、環保, 適合用於河川、湖泊與魚塭中氨污染的日常監測。
3. 教育實驗教材: 因方法操作簡單且具明顯色變, 適合用於高中化學實驗課程作為環境科學教案。
4. 取代有毒奈氏試劑法: 因本研究所使用藥品毒性較低, 可提供實驗室更安全的替代方法。

參考資料

1. 水中氨氮檢測方法

<https://www.rocker.com.tw/application/cod%E6%B0%B4%E8%B3%AA%E6%AA%A2%E6%B8%AC/>

2. 靛酚藍分光光度法測定鹽水中氨的pH值和緩衝能力問題[https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)00851-0](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)00851-0)