

化學科

科別：化學科

組別：高中組

作品名稱：離子燙讓髮絲飄逸？

關鍵詞：胱胺酸（頭髮）、溫度、時間

編號：040205

學校名稱：

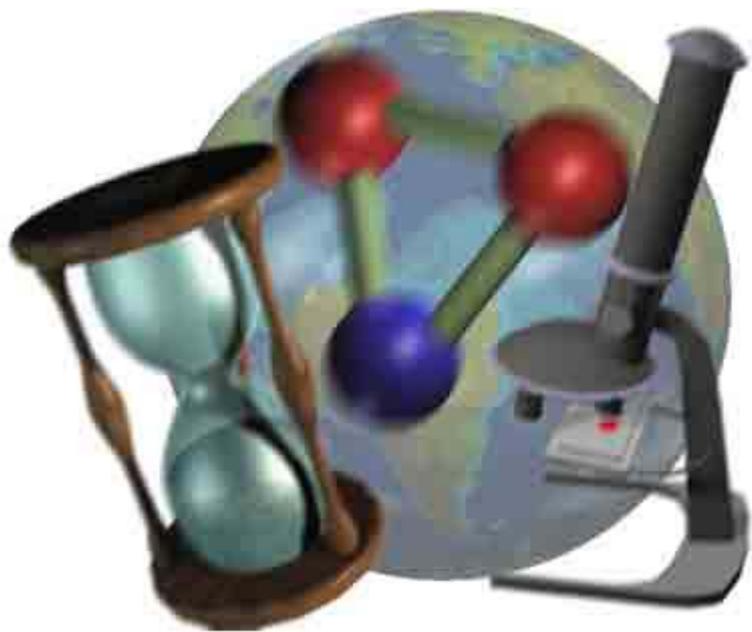
國立台南女子高級中學

作者姓名：

王維敏、姜玫坊、陳育亭、陳奕璇

指導老師：

郭博昭



## 壹、研究動機

在我們四位做科展的同學中，就有三位曾經燙過離子燙。這套由日本傳來的技術，在短短的時間內似乎在台灣已蔚為風潮，吹起一股離子燙旋風；燙髮後柔順光亮易整理的頭髮特性，對於許多自然捲或是夢想擁有飄逸秀髮的民眾，的確是一大福音。不禁引起我們的好奇，到底是什麼原因使本來一頭蓬鬆的亂髮變得如此服貼呢？

正當大家陶醉於這美麗的魔法時，不幸地，本班竟然有一位跑去燙離子燙的同學嚐到了失敗的痛苦，頂著一頭焦焦硬硬的頭髮。想不到這偉大的魔法竟然也有失靈的一天？疑惑的我們，決定著手蒐集資料、進行實驗來探討，到底在什麼情況下頑固的卷髮才會乖乖臣服於美髮師的手下呢？

### 註（一）：離子燙過程

1. 洗髮後吹半乾，將第一劑均勻抹於頭髮上，包起來用蒸汽機加熱 15~25 分鐘（視髮質而定）。
2. 沖掉第一劑，洗淨後吹半乾，噴上防護乳液，再以熱夾（約 180°C）將頭髮夾直。
3. 均勻塗抹第二劑，靜待 15~20 分鐘後沖水，洗淨後吹乾，即可進行造型的工作。

藥品成分：第一劑：Thioglycolic Acid 第二劑：Sodium Bromate 。

註（二）：離子燙之反應方程式：<cystine 之氧化還原反應>。

文字敘述參見（註三）。



3. 氫鍵：產生於胺基酸中之 NH,OH 之氫與另一胺基酸之氮、氧間。

氫鍵雖較共價鍵及離子鍵弱，但其形成之數量較多，因此是乾髮時決定外形之主要力量，在濕髮狀態下，水分子破壞氫鍵之形成，使其喪失原來形狀，當乾了之後，氫鍵重新組合，使頭髮得到新的外形，直到下次頭髮弄濕時。

燙髮可得到較長期固定之髮型。此時，先將角質素中之雙硫鍵打斷，重新造型之後，再使雙硫鍵重新生成，此一新髮型由較氫鍵強之硫-硫共價鍵維持，故不論頭髮乾、濕都不會變形。

燙髮過程中，通常會使用到燙髮造型劑(waving lotion)及中和劑(neutralizer)二種試劑，造型劑為含氫硫基醋酸(Thioglycolic Acid)之鹼性溶液，可將其氫原子轉移至胱胺酸之硫上，使雙硫鍵斷裂，而形成半胱胺酸(cysteine)。此時，維持髮型之力量已不存在，可隨意造型，完成後再以中和劑(通常為 Sodium Bromate 溶液)使雙硫鍵再度形成而將新造型固定。

## 貳、研究目的

探討離子燙之化學反應原理及可能失敗的原因。

## 參、研究設備及器材

器材：玻璃棒、燒杯、天秤、真空乾燥箱、加熱攪拌器、紅外線光譜儀(Nicolet Mana-IR spectrometer 550)、離心機、刮勺、秤量紙、Micro Pipet、洗瓶、量筒、滴管、Microtubes、溫度計、油浴鍋、鐵架。

藥品：氧化劑 Sodium Bromate (溴化鈉)、cystine (胱胺酸)、cysteine (半胱胺酸)、KBr (溴化鉀)、矽光油。

## 肆、研究過程與方法

### 實驗（一）時間與產物的關係

控制變因：Sodium Bromate 與 cysteine 的莫耳濃度、反應物系的溫度。

操作變因：Sodium Bromate 與 cysteine 的反應時間。

應變變因：產物（cystine）的結構。

步驟：

1. 溶解 1.21g 的 cysteine 於蒸餾水中並加水到 50ml，約 0.02M。
2. 溶解 1.13g 的 Sodium Bromate 於蒸餾水中並加水到 50ml，約 0.03M。
3. 將燒杯內之 cysteine 與 Sodium Bromate 混合溶液視為樣本。
4. 各在 5 分、15 分及 1 小時將樣本取到 Microtubes 中，其取樣方法如下：
  - （1）將樣本離心（cystine 沉澱）。
  - （2）將 Sodium Bromate 水溶液吸出，再加入水到含有 cystine 沉澱物的 Microtubes 中。
  - （3）再度離心。
  - （4）將離心後的水溶液吸出，以確保不會有殘留的 Sodium Bromate，取得更純的 cystine。
  - （5）放進真空箱乾燥。
  - （6）測紅外線光譜圖，結果如（圖 1-1）、（圖 1-2）。

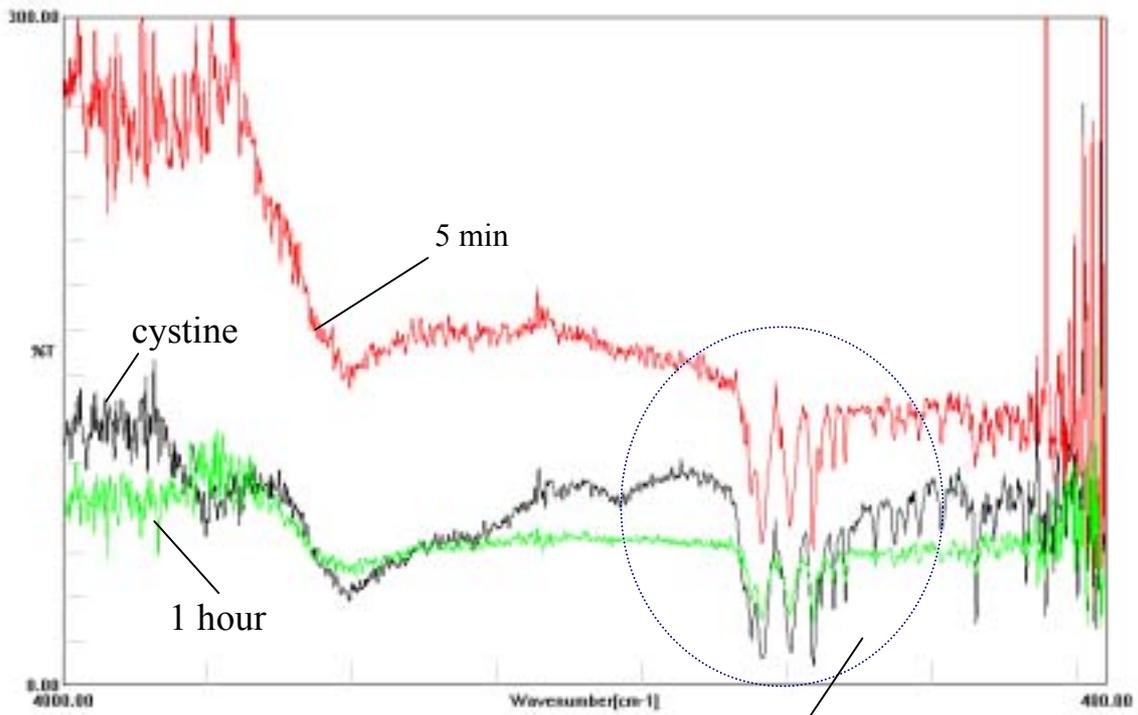
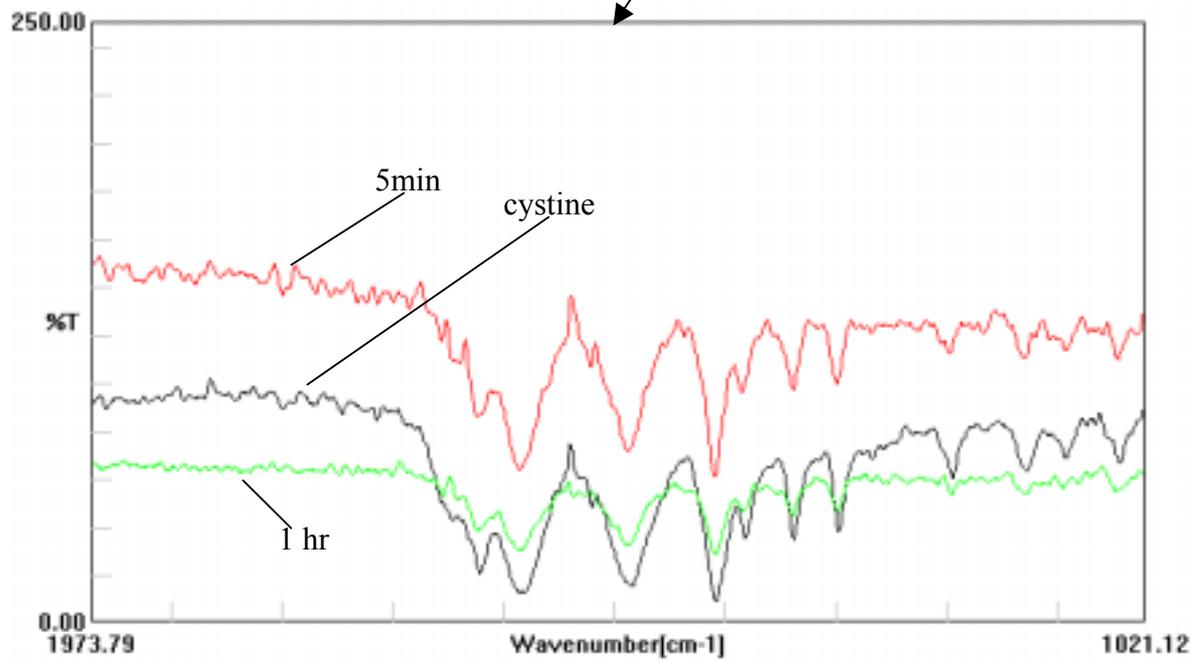


圖 1-1 反應時間與產物結構關係圖（紅外線圖譜）。

放大



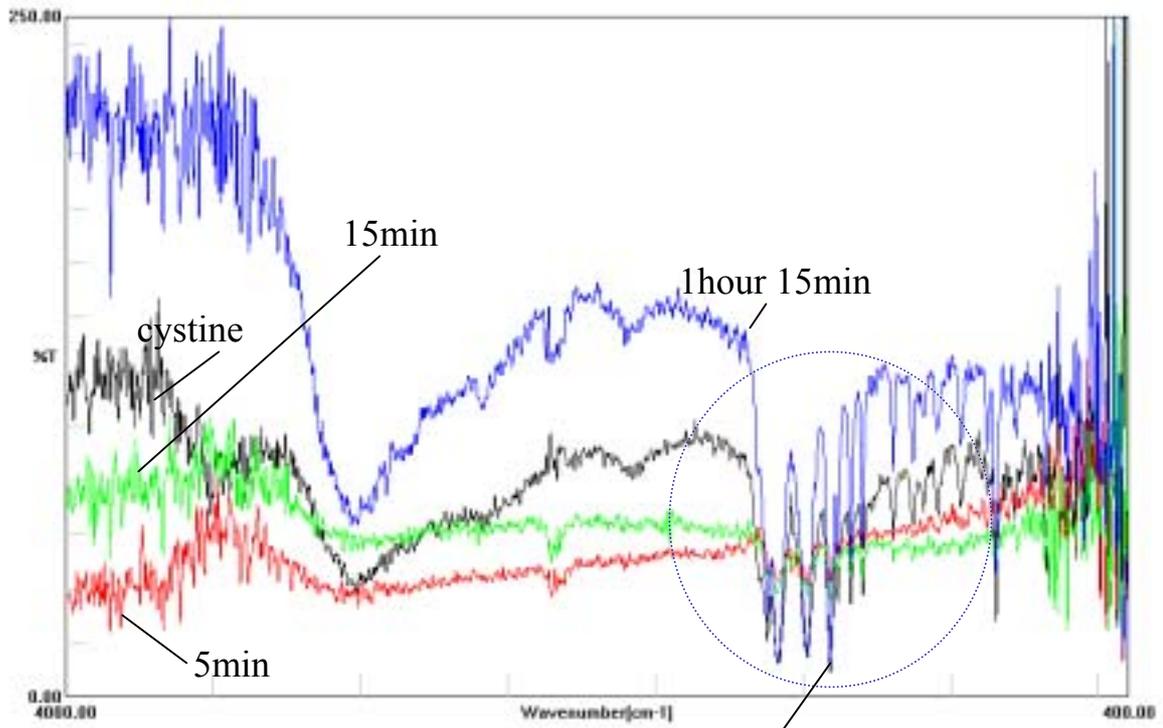
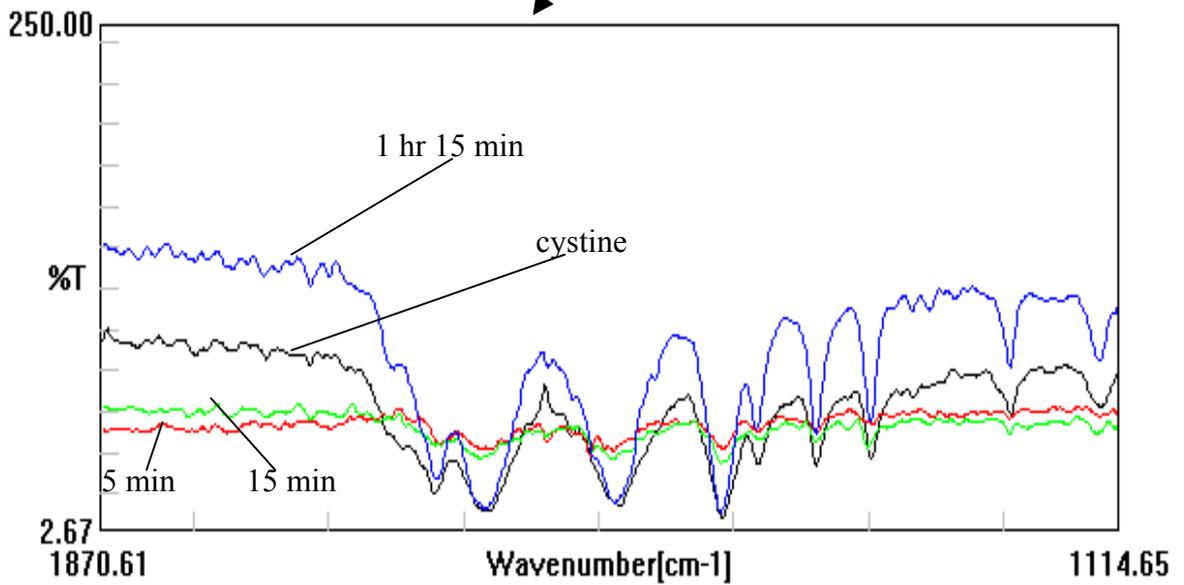


圖 1-2 反應時間與產物結構關係圖（紅外線圖譜）。

放大



## 實驗（二）時間與產量的關係

控制變因：Sodium Bromate 和 cysteine 的莫耳濃度、反應物系的溫度。

操縱變因：Sodium Bromate 和 cysteine 反應的時間。

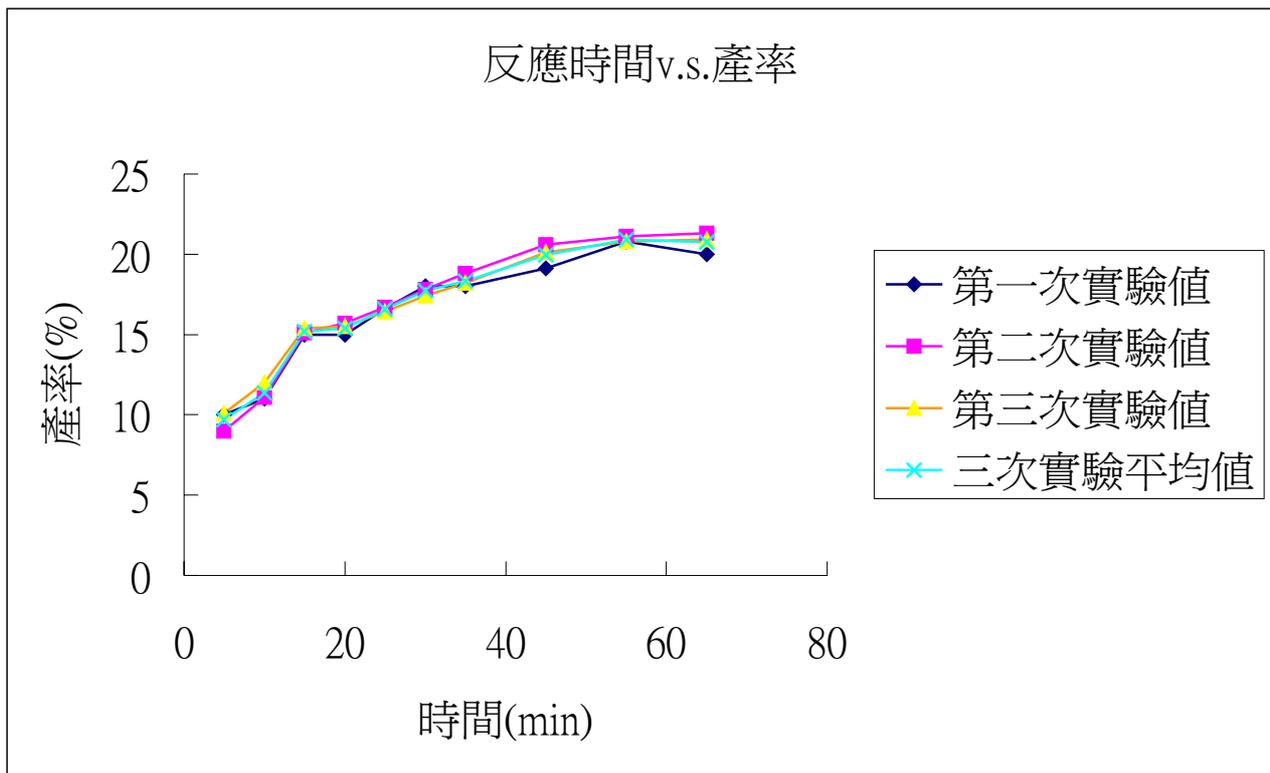
應變變因：cystine 產量。

步驟：

1. 取 0.02M 50ml 的 cysteine 和 0.03M 50ml 的 Sodium Bromate 混合。
2. 同實驗（一）步驟 3。
3. 每隔五分鐘取樣本（1ml）6 管，直到一小時（共 12 次 72 管）。其取樣方法同實驗（一）。
4. 放進真空箱乾燥。
5. 秤產物 cystine 的重量。
6. 計算產率，結果如（表一）、（圖 2）。

（表一） 胱胺酸的產率。

反應時間 min	產率（第一次） %	產率（第二次） %	產率（第三次） %	產率（平均） %
5	10	9	10.1	9.7
10	11	11.1	12	11.37
15	15	15.1	15.4	15.17
20	15	15.7	15.5	15.4
25	16.6	16.7	16.4	16.57
30	18	17.8	17.4	17.73
35	18	18.8	18.2	18.33
45	19.1	20.6	20.1	19.93
55	20.8	21.1	20.8	20.9
65	20	21.3	20.9	20.73



(圖 2) 時間與產率的關係。

### 實驗 (三) 溫度與產物的關係之一

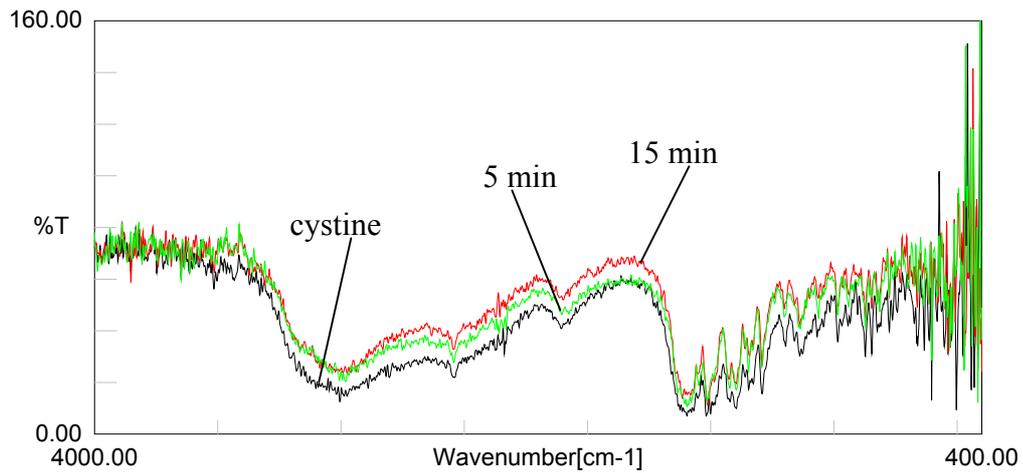
控制變因：cysteine 的莫耳濃度、反應物系溫度控制為 100°C。

操縱變因：加熱時間。

應變變因：cysteine 的結構。

步驟：

1. 溶解 1.21g 的 cysteine 於蒸餾水並加水到 100ml，約 0.01M。
2. 加熱至 100°C。
3. 分別於 5 分、15 分、1 小時取樣(1ml)到 Microtubes 中，有 3 管。
4. 真空乾燥。
5. 測紅外線光譜圖，結果如 (圖 3)



(圖 3) 溫度與產物結構關係圖 (紅外線圖譜)。

#### 實驗 (四) 溫度與產物的關係之二

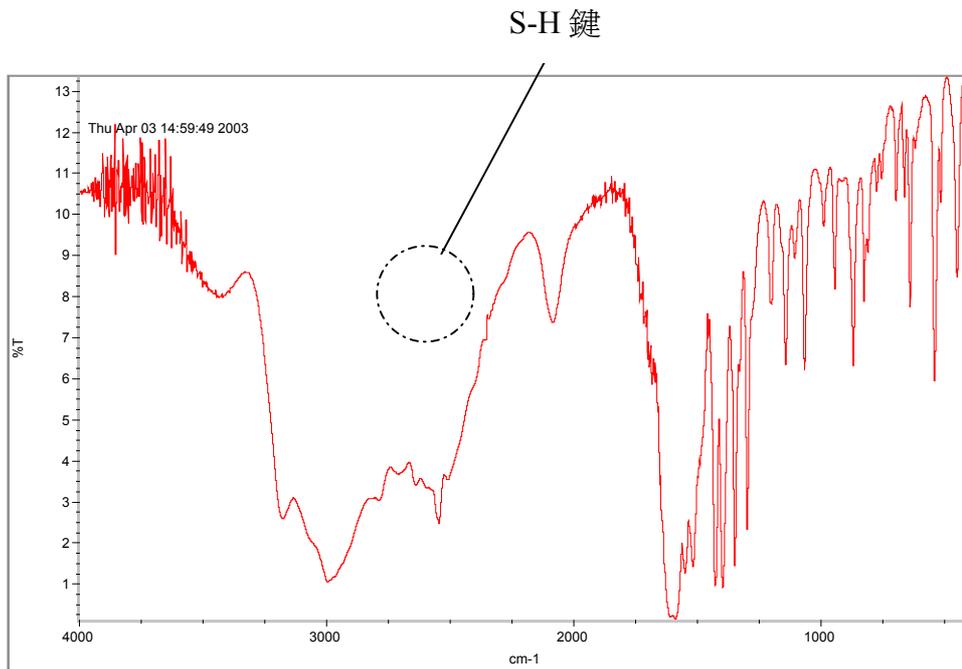
控制變因：1 大氣壓、cysteine 粉末狀。

操縱變因：溫度。

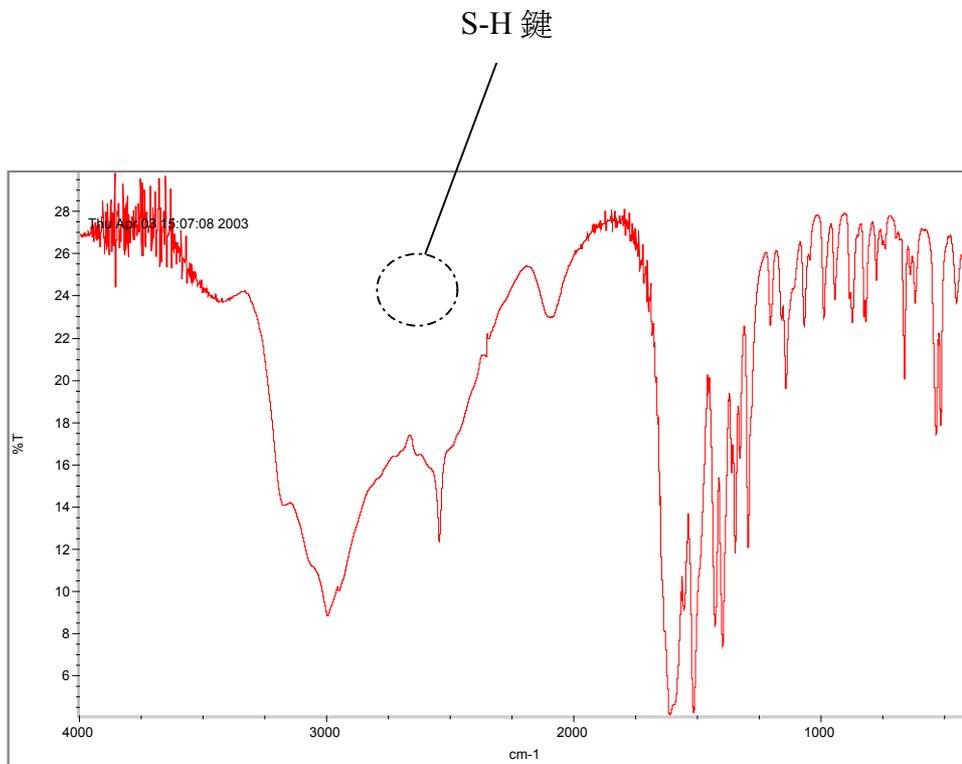
應變變因：cysteine 的結構。

步驟：

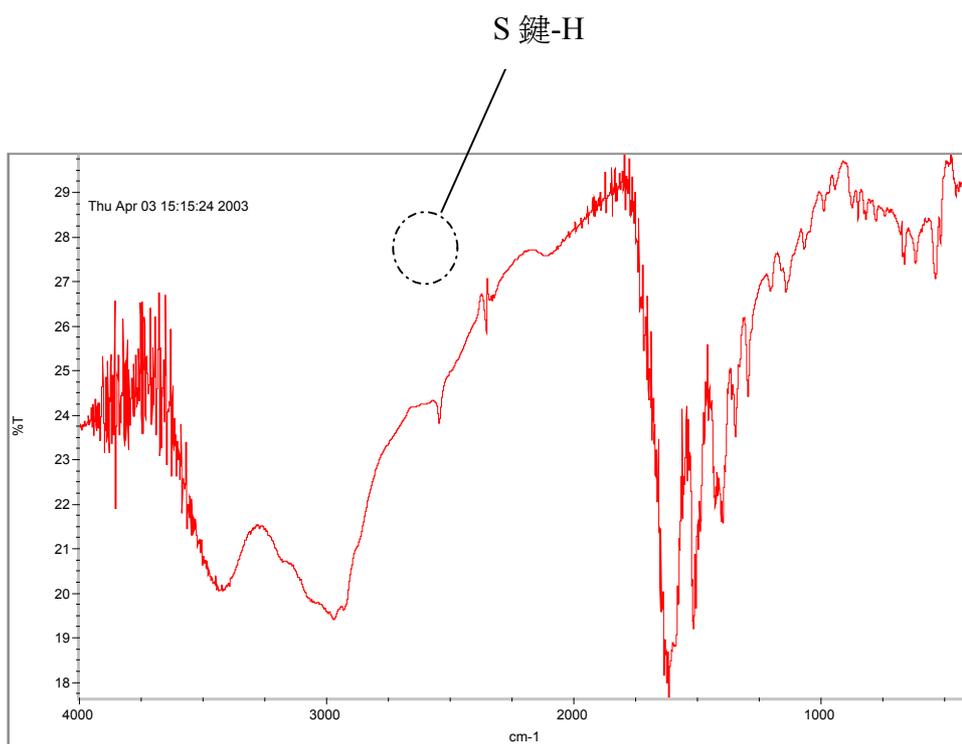
1. 先將矽光油放入油浴鍋，在加熱攪拌器上加熱。
2. 把 cysteine 磨成細粉，倒入燒瓶中(瓶口用鋁箔紙覆蓋)。
3. 把燒瓶和溫度計固定在鐵架上，浸入加熱的矽光油中。
4. 分別在 180°C、200°C、230°C、250°C 取樣。
5. 測紅外線光譜圖，結果如 (圖 4)、(圖 5)、(圖 6)、(圖 7)。



(圖 4) cysteine 在 180°C 下的紅外線光譜圖。

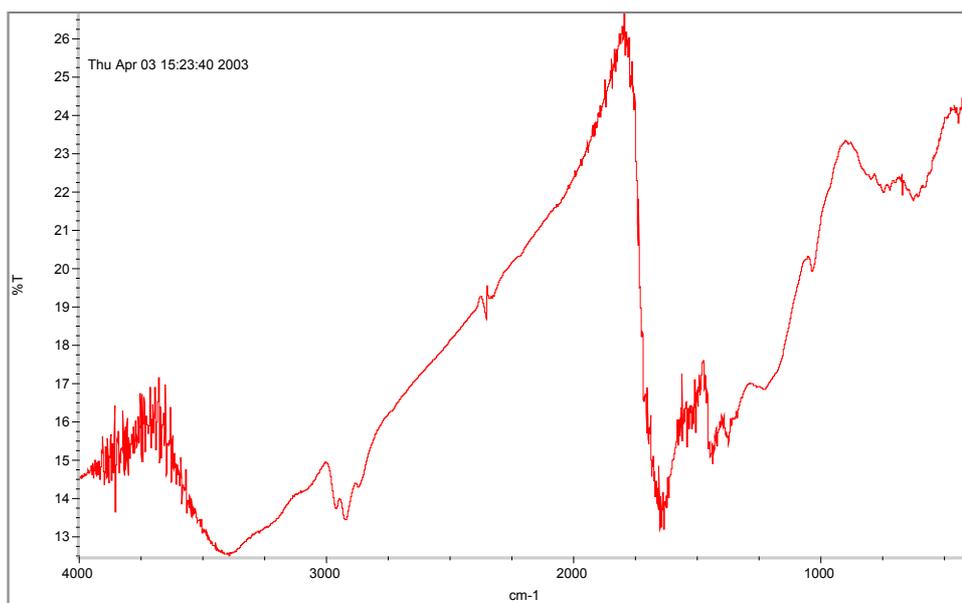


(圖 5) cysteine 在 200°C 下的紅外線光譜圖。



(圖 6) cysteine 在 230°C 下的紅外線光譜圖。

S-H 鍵消失



(圖 7) cysteine 在 250°C 下的紅外線光譜圖。

## 伍、研究結果

(一) 由以上的紅外線光譜圖得知 cystine 的 peak 位置：

$\nu$  OH : 3242~2380 ( $\text{cm}^{-1}$ ) (b)

$\nu$   $\text{NH}_3^+$  : ~2700 ( $\text{cm}^{-1}$ ) (b)

$\nu$   $\text{NH}_3^+$  : 1491 ( $\text{cm}^{-1}$ ) (s)

$\nu$   $\text{NH}_3^+$  : 1524 ( $\text{cm}^{-1}$ ) (w)

$\nu$  CO : 1629、1589、1413 ( $\text{cm}^{-1}$ ) (s)

我們把 5 分、15 分、1 小時的紅外線光譜圖疊合來比較，發現它出現 peak 的位置都相同，也就是其官能基相同，所以判斷三者皆為同樣產物。

(二) 由 (圖 2) 得知，cystine 的產率在 10~15 分鐘明顯高於其他時間，15 分鐘以後則無顯著增長。

(三) 由 (圖 3) 可看出 cysteine 結構並沒有改變，說明它在 100 °C 時不會隨著加熱時間長短而發生結構的改變。

(四) 由圖 4、5、6、7 得知，cysteine 的結構會受溫度影響：在 180 °C 時沒有明顯改變；但隨著溫度的升高，S-H 鍵的相對強度逐漸變小，一直到 250 °C 時已經沒有 S-H 鍵的 peak 了，顯示 S-H 鍵已被破壞。吻合我們查資料的結果，即 cysteine 在 240 °C 時結構會被破壞。

## 陸、討論

- (一) 我們原本假設氧化劑(Sodium Bromate)和 cysteine 反應過久後，會導致 cystine 的雙硫鍵被破壞，進而氧化成  $\text{SO}_2$  甚至是  $\text{SO}_3$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ，使頭髮成焦狀。但從(圖 1)的結果，我們可得知無論是 5 分、15 分、或是 1 小時的樣本，打 IR 的結果都顯示為同樣的產物結構，推翻了我們的假設。所以我們了解到頭髮產生焦狀與否和上完第一劑的頭髮與氧化劑 Sodium Bromate 反應的時間長短無關。
- (二) 既然 15 分鐘以後產率已無明顯改變，所以我們認為不用再耗費多餘的寶貴時間，就能得到最佳的燙髮效果。所以，上第二劑的最佳時間約為 15 分鐘，這也符合現在一般美髮院所花的時間。
- (三) 既然由實驗(一)知，頭髮成焦狀和 Sodium Bromate 與上第二劑頭髮的反應時間無關，因此，我們推論引起焦狀髮質的因素是在上完第一劑以高溫夾頭髮時，而那時的頭髮已被還原成 cysteine (胺基酸的一種)，又胺基酸遇高溫結構會改變，所以我們設計了實驗(三)。但是由實驗結果卻發現它結構並沒有改變；後來我們查資料得知 cysteine 必須在  $240^\circ\text{C}$  的環境下才會完全分解，所以我們在  $100^\circ\text{C}$  下所做的實驗並不能證明夾頭髮時間長短會決定燙壞與否。
- (四) 一開始我們無法將 cysteine 水溶液加熱到  $180^\circ\text{C}$ ，因為水會蒸發。後來我們查資料發現隔著矽光油加熱 cysteine 可超過  $180^\circ\text{C}$ ，解決了溫度的問題。比較(圖 4)、(圖 5)打 IR 的結果，證明了 cysteine 的 S-H 鍵在  $180^\circ\text{C}$  結構沒有遭到破壞，而實驗結果顯示  $180^\circ\text{C}$  正是 cysteine 結構不會遭破壞時的最高溫度，加上溫度越高越容易塑形，這也就是

一般店家使用  $180^{\circ}\text{C}$  熱夾夾頭髮的原因。

(五) 既然店家都使用  $180^{\circ}\text{C}$  燙頭髮，為何還會有燙壞的情形發生呢？大致可分為以下兩個原因：1. 頭髮除了半胱胺酸之外，還有其他化學成分，這些都可能導致頭髮燙壞。2. 據我們向店家調查的結果，夾一小段頭髮的時間不能超過三秒鐘，而有些美髮師可能因為技術上的問題，夾頭髮時間過久，導致頭髮燙壞。3. 實驗結果發現，熱夾溫度過高（約超過  $180^{\circ}\text{C}$ ）時，頭髮結構會造成變化，導致頭髮傷害。由以上結論，我們大致可推斷頭髮燙壞的原因。

## 柒、結論

從本次科展實驗中，學會了很多東西，像是學會了使用紅外線光譜儀、分析簡略的 IR 圖片（真的很難）、使用離心機等等。藉由各種管道搜尋各種寶貴的資料以及詢問相關的師長，雖然所做的實驗不一定都完全符合我們所假設的結果，但畢竟實驗本來就不是每次都會盡如人意，不管成功或失敗，這都是我們這一整年的辛苦結晶，雖然一路上與到了很多挫折，從單純的想法漸漸進入微觀的世界，隨著實驗的成敗與否，我們的心情就像坐雲霄飛車般隨之起伏，了解做科學研究原來是這麼的不容易！從想題目到實驗一次又一次的修改，一步一步地做下來，現在終於完成了，我們的感受就像懷胎十月的媽媽般終於把孩子生出來了不管是好是壞，我們永遠珍惜它，同時我們更感謝一路上陪伴我們、教導我們的師長。

## 捌、參考資料及其他

1. P. L. Kriz, Spectroscopy, 2<sup>nd</sup> Saunders College Publishing, 1996
2. <http://216.239.53.100>, 2003
3. 行政院衛生署網站, 2003
4. <http://ceiba.cc.ntu.edu.tw/203-34120-G3/chap12-3.htm>, 2003
5. [http://fswww.npust.edu.tw/chi/students/d87/d8736011/My\\_Page1.htm](http://fswww.npust.edu.tw/chi/students/d87/d8736011/My_Page1.htm), 2003

## 其他：紅外線光譜儀 (IR)

儀器設備：瑪瑙研鉢、打片器、樣品槽、紅外線光譜儀。

1. 將 KBr 刮入適量於研磨鉢中，將 KBr 粉末磨至越細越好。
2. 將 sample 與 KBr 混合均勻。
3. 將 sample 與 KBr 的混合粉末置於打片器中打片。
4. 將打好的薄片置於紅外線光譜儀中偵測。

### 紅外線光譜儀之原理

紅外線光譜儀主要可用來辨別化合物的官能基，若是化合物的官能基不同(結構不同)則原子間鍵結的振動頻率也會不同，因此紅外光譜吸收的位置就會不同，藉紅外光光譜所顯現的 peak 來判斷化合物結構上的

官能基。



紅外線光譜儀

## 評語

從生活素材中的離子燙髮切入科學的探討，合作查資料到實驗的執行，是一段成功的學習經驗，燙髮劑中的氧化劑選擇及模擬還原劑的使用，均具有研究創意，紅外光譜的工作對高中生也是新的學習，動力學數據中應考量雙段反應的可能性。