

化學情境試題：直髮或捲髮？掉髮嗎？

提供者：[國科會高瞻計畫中學教學資源平台](#)

化學情境試題：直髮或捲髮？掉髮嗎？(Straight or Curly Hair? Hair Loss?) [I]

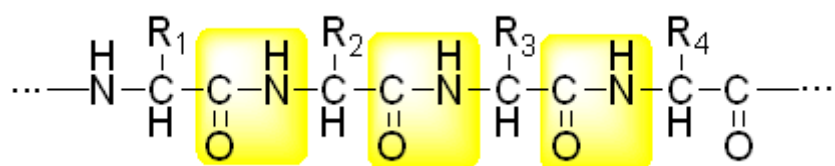
台中縣立大里高級中學化學科謝孟樺老師
國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

在回答問題之前，首先請你閱讀與本試題有關的情境描述，以增加你對本試題背景知識的瞭解；然後思考問題解決的策略，並且寫下你的答案；最後用我們提供的參考答案檢查你的答案是否正確。

情境描述

頭髮只是人體諸多器官組織的一小部份，卻是許多人日常生活中的關注焦點。女人常為燙直髮或捲髮而煩惱不已，男人也為禿頭問題而憂心忡忡。人類的頭髮數目隨種族、年齡、性別和不同人而異，平均值約十萬絲。我們常說「三千煩惱絲」，誤差極大，應更正為「十萬煩惱絲」。

頭髮基本的組成爲蛋白質，其中約 88% 爲一種稱爲角質素 (keratin)，主要含甘胺酸、丙胺酸和半胱胺酸的蛋白質，以胜肽鍵 (peptide bond) 相互連接成爲胜肽鏈 (polypeptide chain)，並且鏈與鏈之間以雙硫鍵交聯 (cross linking) 在一起，使毛髮呈現網狀的結構。圖一爲氨基酸以胜肽鍵連接的蛋白質基本結構，其中 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 爲氨基酸的殘基。



圖一 以胜肽鍵（黃色部份的 C—N 鍵）形成一條胜肽鏈的蛋白質基本結構

半胱胺酸的殘基爲 $-\text{CH}_2\text{SH}$ ，半胱胺酸之間可形成雙硫鍵，有助於蛋白質維持其穩定的結構，頭髮捲曲的程度即與半胱胺酸雙硫鍵排列有關，雙硫鍵排列整齊成爲直髮。反之，雙硫鍵排列混亂則爲捲髮。沙龍燙髮便是利用打斷雙硫鍵再使之重組的原理來形成直髮或捲髮，如圖二所示。



圖二 利用化學反應可以使頭髮變成波浪狀的捲髮

照片來源：kaibara87, <http://www.flickr.com/photos/kaibara/3693921129/>

頭髮可能因遺傳因素、壓力過大、年紀增長、內分泌失調、常染、整燙、造型髮品使用不當等，造成毛囊萎縮，而發生掉髮問題，嚴重會造成禿頭，如圖三所示。最近電視出現廣告詞『落建五人使用四人有效，落建含 Minoxidil 是美國 FDA 食品藥物管理局核准有效的外用生髮液。落建啟動生髮的開關』【註：非廣告，純粹相關情境描述】，Minoxidil（敏諾西代）是落建的主要成分。Minoxidil 是透過擴張局部血管以及打開細胞鉀通道來阻止頭髮變細，進而讓變細的毛髮重新粗壯起來，對於穩定掉髮及再生頭髮有效果。

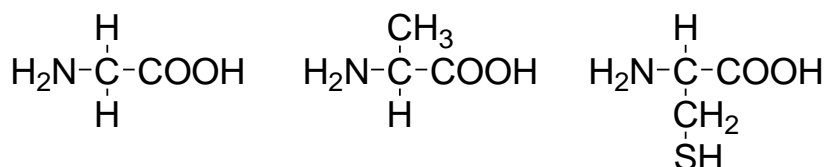


圖二 因掉髮問題而造成禿頭

照片來源：hardran3, <http://www.flickr.com/photos/hardran3/2717755941/>

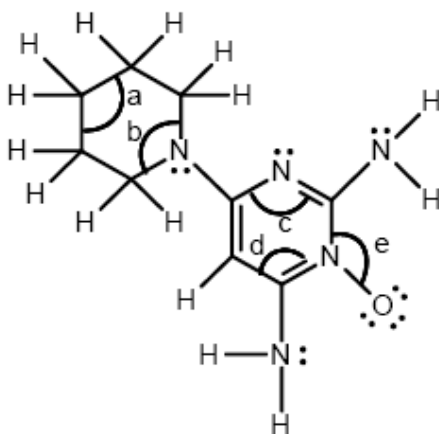
情境試題

1. 頭髮基本的組成是由甘胺酸、丙胺酸和半胱胺酸所構成的蛋白質，此三個氨基酸的結構式分別如圖四所示。頭髮的蛋白質肽鏈之間的作用力主要有雙硫鍵、離子鍵和氫鍵，試描述此三種作用力並且以圖示說明之。



圖四 由左而右分別為甘胺酸、丙胺酸和半胱胺酸的結構式

2. 燙髮的主要過程有三部分：(i) 軟化過程是利用燙髮造型劑 (waving lotion) 破壞頭髮的蛋白質之雙硫鍵，通常其主要成分為巯基乙酸 (thioglycolic acid)，其結構式為 HSCH_2COOH 。(ii) 成型過程是利用工具形成頭髮為期望的直髮或捲髮。(iii) 固定過程是被成型的頭髮利用中和劑 (neutralizer) 重新形成頭髮的蛋白質雙硫鍵，通常其主要成分為溴酸鈉 (sodium bromate)， NaBrO_3 。
- (1) 燙髮時，塗抹燙髮造型劑和中和劑時，頭髮的蛋白質分別發生什麼氧化還原半反應？燙髮造型劑和中和劑，何者作為氧化劑？何者作為還原劑？
- (2) 在燙髮的軟化過程和固定過程時，分別寫出各試劑與頭髮的蛋白質發生的反應式。
3. Minoxidil 為一種外用的生髮成分，其結構如圖五所示。試回答下列問題：



圖五 Minoxidil 的結構式

- (1) Minoxidil 較易溶於酸性或鹼性的水溶液？為什麼？
- (2) 寫出結構中所有氮原子的混成軌域。
- (3) 寫出結構中所有碳原子的混成軌域。
- (4) 標示 a、b、c、d 和 e 處的鍵角約略大小。

參考資料（以下網頁擷取日期：2010 年 3 月）

1. Approximately how many hairs are on a human head? WikiAnswers, http://wiki.answers.com/Q/Approximately_how_many_hairs_are_on_a_human_head.
2. 認識毛髮結構，<http://ecarden.myweb.hinet.net/HTM/english/hair.htm>。
3. 禿頭，維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/禿頭>。
4. 生髮資訊網，http://www.hairhope.com/attention/default_01.asp。
5. Minoxidil, <http://en.wikipedia.org/wiki/Minoxidil>.
6. Permanent Hair Wave, <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/568hairwave.html>.

化學情境試題：直髮或捲髮？掉髮嗎？(Straight or Curly Hair? Hair Loss?) [II]

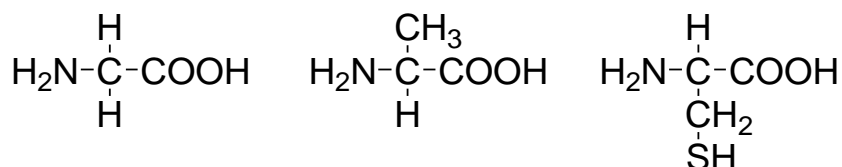
台中縣立大里高級中學化學科謝孟樺老師

國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

在回答問題之前，首先請你閱讀與本試題有關的情境描述，以增加你對本試題背景知識的瞭解；然後思考問題解決的策略，並且寫下你的答案；最後用我們提供的參考答案檢查你的答案是否正確。

解題策略

1. 頭髮基本的組成是由甘胺酸、丙胺酸和半胱胺酸所構成的蛋白質，此三個氨基酸的結構式分別如圖四所示。頭髮的蛋白質肽鏈之間的作用力主要有雙硫鍵、離子鍵和氫鍵，試描述此三種作用力並且以圖示說明之。



圖四 由左而右分別為甘胺酸、丙胺酸和半胱胺酸的結構式

Step 1：瞭解雙硫鍵、離子鍵和氫鍵的定義。

Step 2：以胺基酸描述此三種作用力。

Step 3：以圖示說明之。

2. 燙髮的主要過程有三部分：(i) 軟化過程是利用燙髮造型劑 (waving lotion) 破壞頭髮的蛋白質之雙硫鍵，通常其主要成分為巯基乙酸 (thioglycolic acid)，其結構式為 HSCH_2COOH 。(ii) 成型過程是利用工具形成頭髮為期望的直髮或捲髮。(iii) 固定過程是被成型的頭髮利用中和劑 (neutralizer) 重新形成頭髮的蛋白質雙硫鍵，通常其主要成分為溴酸鈉 (sodium bromate)， NaBrO_3 。

- (1) 燙髮時，塗抹燙髮造型劑和中和劑時，頭髮的蛋白質分別發生什麼氧化還原半反應？燙髮造型劑和中和劑，何者作為氧化劑？何者作為還原劑？

Step 1：瞭解氧化還原反應的概念，以及氧化劑和還原劑的定義。

Step 2：由頭髮雙硫鍵的破壞與形成，寫出合理的半反應式。

Step 3：判斷造型劑和中和劑何者作為氧化劑，何者作為還原劑。

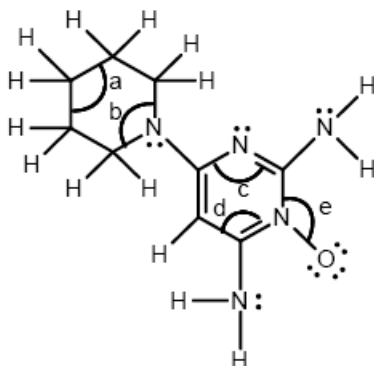
- (2) 在燙髮的軟化過程和固定過程時，分別寫出各試劑與頭髮的蛋白質發生的反應式。

Step 1：由題意知道試劑的化學式，並推知其具氧化性和還原性，以及反應後的產物。

Step 2：利用半反應平衡法，寫出燙髮的軟化過程發生的反應式。

Step 3：利用半反應平衡法，寫出燙髮的固定過程發生的反應式。

3. Minoxidil 為一種外用的生髮成分，其結構如圖五所示。試回答下列問題：



圖五 Minoxidil 的結構式

(1) Minoxidil 較易溶於酸性或鹼性的水溶液？為什麼？

Step 1：檢查化合物結構與官能基，判斷能溶解於酸性或鹼性的水溶液。

(2) 寫出結構中所有氮原子的混成軌域。

Step 1：瞭解價電子組態和混成軌域的概念。

Step 2：推斷此分子結構中 N 原子的混成軌域。

(3) 寫出結構中所有碳原子的混成軌域。

Step 1：瞭解價電子組態和混成軌域的概念。

Step 2：推斷此分子結構中 C 原子的混成軌域。

(4) 標示 a、b、c、d 和 e 處的鍵角約略大小。

Step 1：知道中心原子的混成軌域與鍵角間的關係。

Step 2：判斷此分子結構中的鍵角。

化學情境試題：直髮或捲髮？掉髮嗎？(Straight or Curly Hair? Hair Loss?) [III]

台中縣立大里高級中學化學科謝孟樺老師

國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

在回答問題之前，首先請你閱讀與本試題有關的情境描述，以增加你對本試題背景知識的瞭解；然後思考問題解決的策略，並且寫下你的答案；最後用我們提供的參考答案檢查你的答案是否正確。

參考答案

1. 答案：如 Steps 2-3 所示。

Step 1：硫鍵、離子鍵和氫鍵的定義如下：

雙硫鍵：結合硫醇（ $-\text{SH}$ ）官能基而衍生的共價單鍵，與過氧化物（ $\text{R}-\text{O}-\text{O}-\text{R}$ ）相似，它的整體連結是 $\text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R}$ 。

離子鍵：藉由電子的得失，使帶相反電荷的原子或基團間存在靜電吸引力。

氫鍵：發生在已經以共價鍵與其他原子鍵結的氫原子與另一個原子之間（ $\text{X}-\text{H}\cdots\text{Y}$ ），通常發生氫鍵作用的氫原子兩邊的原子（ X 、 Y ）都是電負性較強的原子（如 F 、 O 、 N ）。

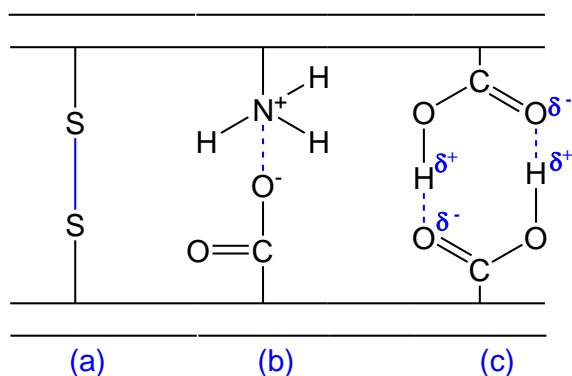
Step 2：以胺基酸描述此三種作用力如下：

雙硫鍵：兩條胜肽鏈間可藉由半胱胺酸結合成 $\text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R}$ 的結構，其中 S 與 S 間的鍵結為雙硫鍵，如 Step 3 的圖(a)所示。

離子鍵：在特定 pH 值環境胺基酸可形成兩性離子（*zwitterion*），酸性基團 $-\text{NH}_3^+$ 與鹼性基團 $-\text{COO}^-$ ，因帶相反電荷而形成離子鍵，如 Step 3 的圖(b)所示。

氫鍵：如 $-\text{COOH}$ 基團上的 H 原子鍵結在電負性較強的 O 原子上，而能與另一個 $-\text{COOH}$ 基團上的 O 原子形成氫鍵，如 Step 3 的圖(c)所示。

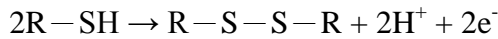
Step 3：以圖示說明之。



2. 答案：(1) 塗抹燙髮造型劑，頭髮的蛋白質半反應：



塗抹中和劑，頭髮的蛋白質半反應：

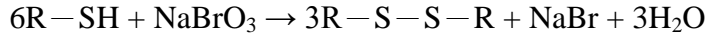


燙髮造型劑作為還原劑，中和劑作為氧化劑。

(2) 燙髮軟化過程發生的反應式：



燙髮固定過程發生的反應式：



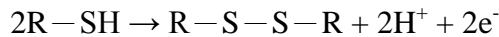
(1) 燙髮時，塗抹燙髮造型劑和中和劑時，頭髮的蛋白質分別發生什麼氧化還原半反應？燙髮造型劑和中和劑，何者作為氧化劑？何者作為還原劑？

Step 1：氧化還原反應涉及電子的得失，得到電子的物質為氧化劑，具有氧化性，將對方氧化、自己還原；失去電子的物質為還原劑，具有還原性，將對方還原、自己氧化。

Step 2：塗抹燙髮造型劑時，其作用為打斷頭髮中蛋白質的雙硫鍵（R-S-S-R），形成硫氫（-SH）基，在頭髮裡發生的還原半反應為：



塗抹中和劑時，中和劑的作用為使硫氫基（-SH）形成雙硫鍵（-S-S-），在頭髮裡發生的氧化半反應為：

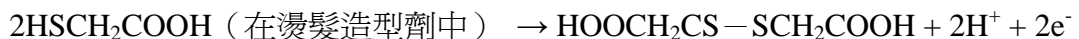


Step 3：燙髮造型劑使頭髮中蛋白質的雙硫鍵（R-S-S-R）得到電子，發生還原，因此燙髮造型劑作為還原劑。

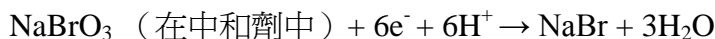
中和劑的作用使頭髮中蛋白質的硫氫基（-SH）失去電子，發生氧化，因此中和劑為氧化劑。

(2) 在燙髮的軟化過程和固定過程時，分別寫出各試劑與頭髮的蛋白質發生的反應式。

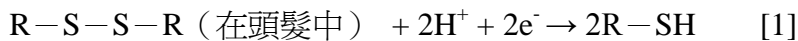
Step 1：燙髮造型劑（巰基乙酸）將頭髮還原、自己氧化：



中和劑溴酸鈉將頭髮氧化、自己還原：



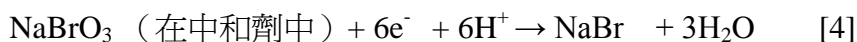
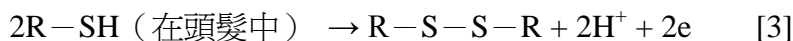
Step 2：燙髮的軟化過程之兩半反應式如下：



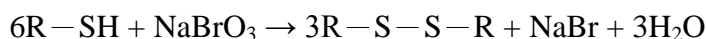
利用半反應平衡法，半反應式[1]與式[2]相加，即為軟化過程發生的反應式：



Step 3：燙髮的固定過程之兩半反應式如下：



利用半反應平衡法，半反應式[3]與式[4]相加，即為固定過程發生的反應式：



3. 答案：(1) 酸性；(2) 如 Step 2 所示；(3) 如 Step 2 所示；(4) 鍵角 a、b 約為 109.5° ，鍵角 c、d、e 約為 120° 。

(1) Minoxidil 較易溶於酸性或鹼性的水溶液？為什麼？

Step 1：由於結構中含許多帶有孤對電子的 N，可被酸性溶液質子化，故 Minoxidil 較易溶於酸性溶液中。

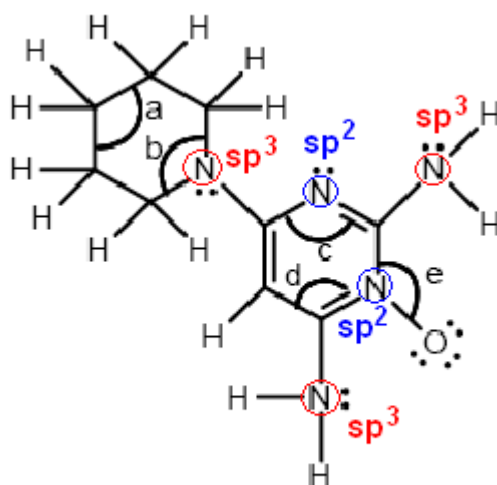
(2) 寫出結構中所有氮原子的混成軌域。

Step 1：N 原子的 5 個價電子組態為 $2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ 。

(1) 若混成為 4 個 sp^3 混成軌域，其中 3 個電子分別占有 1 個 sp^3 混成軌域，可與其它 3 個原子鍵結，其餘的 2 個電子則成對且占用剩下的 1 個 sp^3 混成軌域。

(2) 若混成為 3 個 sp^2 混成軌域（剩下一個 2p 軌域），其中 2 個電子分別占有 1 個 sp^2 混成軌域，可與其它 2 個原子鍵結，其餘的 2 個電子則成對且占用剩下的 1 個 sp^2 混成軌域，另未參與混成的一個 2p 軌域則與其他原子形成 π 鍵。

Step 2：在結構式右下角的嘧啶環上的兩個 N 原子為 sp^2 混成軌域（如下圖的藍色標示），其餘的三個 N 原子為 sp^3 混成軌域（如答案圖的紅色標示）。



(3) 寫出結構中所有碳原子的混成軌域。

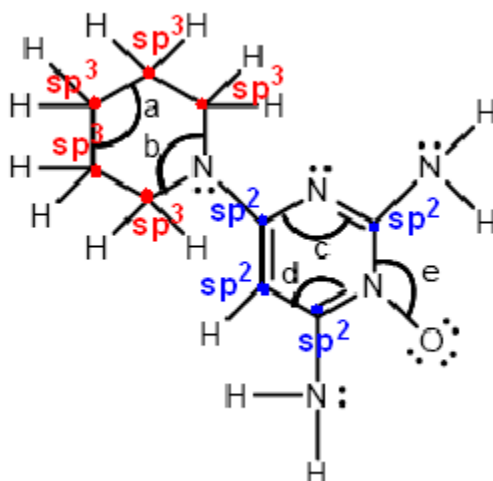
Step 1：在 C 原子的 4 個價電子組態為 $2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ 。

(1) 若將 2s 軌域上的電子提升至 $2p_z$ 再混成為 4 個 sp^3 混成軌域，可與其它 4 個原子鍵結。

(2) 若將 2s 軌域上的電子提升至 $2p_z$ 再混成為 3 個 sp^2 混成軌域（剩下一個 2p 軌域），可與其它 3 個原子鍵結，另未參與混成的一個 2p 軌域則與其他原子形成 π 鍵。

Step 2：在結構式右下角的嘧啶環上的四個 C 原子為 sp^2 混成軌域（如下圖的藍色標示），

其餘的五個 C 原子為 sp^3 混成軌域（如下圖的紅色標示）。



(4) 標示 a、b、c、d 和 e 處的鍵角約略大小。

Step 1：混成軌域可以解釋分子的形狀、鍵角等實驗結果，如中心原子為 sp^3 混成軌域者，分子形狀近四面體形，鍵角為 109.5° ，中心原子為 sp^2 混成軌域者，分子形狀近平面三角形，鍵角為 120° 。

Step 2：在 Minoxidil 結構中，鍵角 a、b 約為 109.5° ，鍵角 c、d、e 約為 120° 。