

# 2007 白沙化學驚奇秀

## The 2007 NCUE Wonder of Chemistry Show

【策劃者：楊水平】【示範者：鄧潔梨 92240008】【[更多化學驚奇秀](#)】

### 鼻涕蟲和彈性球

#### 器材和溶液

- 滴管兩支、攪拌棒數根、空杯數個。
- PVA 膠水（600 mL）一瓶、硼砂一包、食用色素適量、水少量。

#### 安全須知

- 玩過黏膠之後，要洗乾淨雙手才能進食。

#### 示範步驟

1. 在一個杯子中配製飽和的硼砂水溶液。
2. 在另一個杯子中倒入 1/4 滿（約 100 mL）的膠水。
3. 加約 50 mL 的水到 PVA 膠水中，攪拌混合均勻。（此步驟可任意地改變加入水的量來控制黏膠的軟硬程度。）此混合溶液亦可滴入食用色素來變化凝膠的顏色。
4. 用滴管加約 15 mL 飽和硼砂溶液到上述的膠水溶液中，攪拌直到形成黏膠。如果黏膠太黏了，可再加入少許的硼砂溶液來降低黏膠的黏度。（此步驟可任意地改變加入硼砂溶液之量來控制黏膠的軟硬程度。）

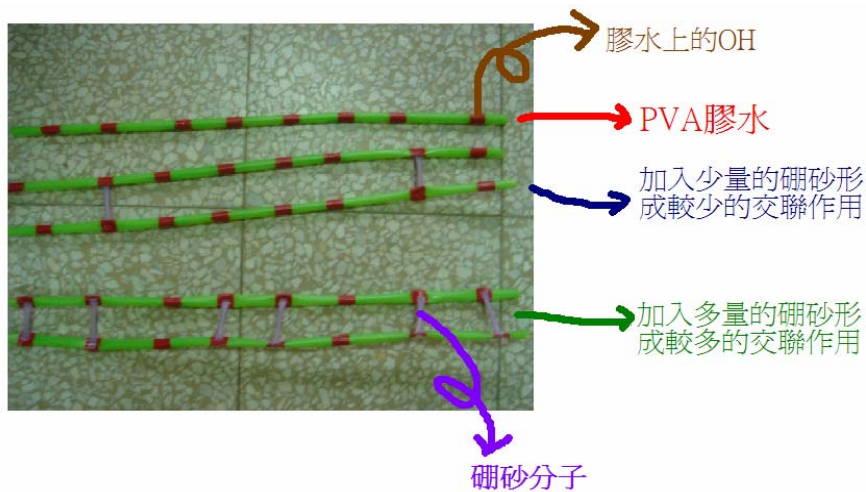
#### 廢棄物處理

- 未使用的硼砂水溶液可用大量的水沖掉。
- 黏膠可直接丟入垃圾桶。

#### 原理和概念（簡易）

- 交聯作用 (Cross linking)：硼砂透過氫鍵的作用與膠水(PVA)鍵結在一起。因為膠水與水也會形成氫鍵，干擾硼砂與膠水的結合。因此，若加入的水量越多，則形成的黏膠較容易滑動，看起來就像鼻涕的樣子；若加入的硼砂越多，則膠水與硼砂結合力變大，會形成具有彈性的物體。

✧ 交聯作用的示意圖，如下圖所示：

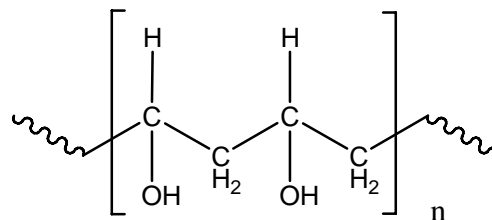


- ◇ 以學生牽手方式來類比交聯作用，如下圖所示。『白色』學生代表 PVA 的長鏈，『黑色』學生代表硼酸離子。『黑色』學生拉住『白色』學生，以類比『交聯作用』的形成。

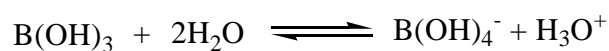


## 原理和概念（進階）

- PVA 膠水是一種聚合物，具有黏性，緩慢的流動性。聚乙烯醇含有許多醇基，具有極性，可與水形成氫鍵，故能溶於極性的水。PVA 的結構如下所示：



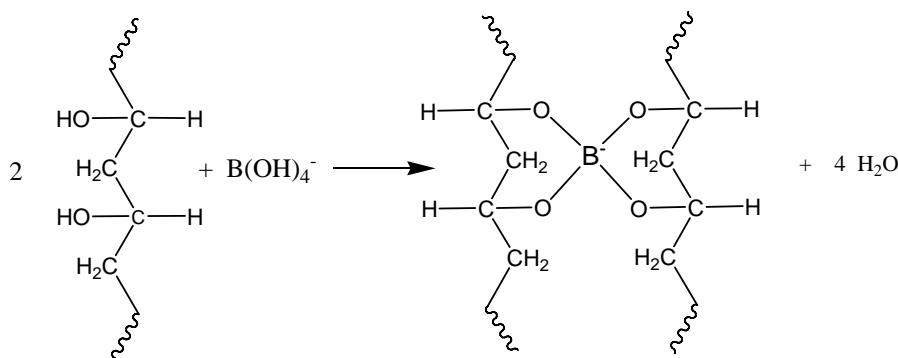
- 交聯劑：硼砂， $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，強鹼與弱酸所生成的鹽。溶於水生成 pH ~9 之硼酸／硼酸鹽之緩衝溶液。



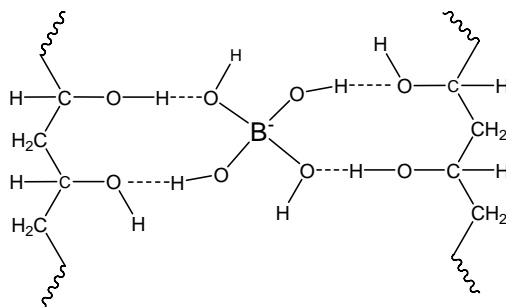
- 交聯作用 (Cross linking) 是指具有一定聚合度的線性高分子，如聚乙烯。在交聯劑的作用下形成新的鍵結，使得可溶性的高分子相互連接形成具有一定交聯密度的網狀結構。硼砂當作交聯作用的媒介，將 PVA 膠水（聚乙烯醇）的醇基反應脫去水分子或形成氫鍵，由液體狀變成固體狀，而具有彈性。改變硼砂水溶液的量或水的量，可改變膠水球的軟硬程度：水加的越多，膠水球會越軟、彈性也較差。

- 本示範實驗的交聯作用有兩種情況，如下圖所示：

◇ 直接鍵結的交聯作用



◇ 氫鍵的交聯作用



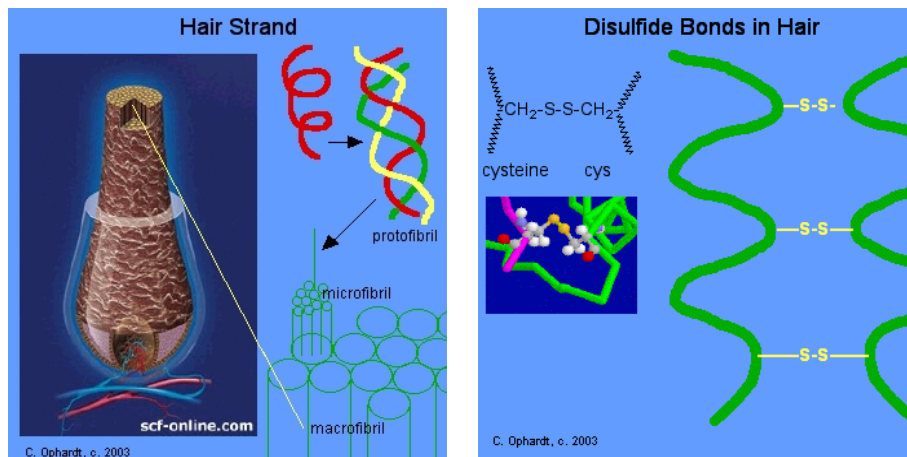
## 問題和討論

1. 為什麼膠水具有黏性？  
→ PVA 是聚合物，且鏈與鏈之間有水分子形成氫鍵鍵結，故有黏性。
2. 為什麼硼砂水溶液加入膠水之中，就結成一團？  
→ (1) 硼砂的 B 與 PVA 的 O 形成鍵結；(2) B(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup> 的 OH<sup>-</sup> 與 PVA 的 -OH 鍵結，形成氫鍵。綜上原因，膠水與硼砂水溶液膠結成一團。
3. 鏈狀聚合物和網狀聚合物，何者較易變形？  
→ 鏈狀聚合物。

## 生活相關和應用

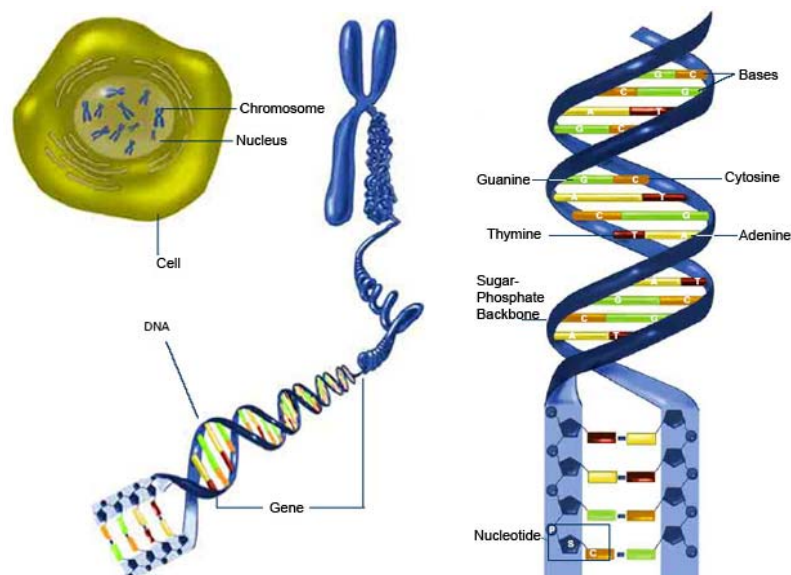
- 交聯作用的實例之一：毛髮是一種生物聚合體，超過 90% 是由角質素的蛋白質造

成。毛髮蛋白質是由**雙硫鍵**經半胱氨酸連在一起。這個連結非常堅韌。毛髮的不同部位亦有不同的半胱氨酸的量，造成較硬或較軟的髮質。建立或破壞雙硫鍵可以用來控制髮型的捲曲或直順。燙髮的基礎原理就是破壞及重造雙硫鍵。



照片來源：<http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/568hairwave.html> (擷取日期：96年6月)

- 交聯作用的實例之二：DNA (Deoxyribonucleic acid)，又稱去氧核糖核酸，是染色體的主要化學成分，同時也是組成基因的材料。這種核酸聚合物是由核苷酸連結成的序列，每一個核苷酸都由一分子去氧核糖，一分子磷酸以及一分子鹼基組成。DNA有四種不同的核苷酸結構，它們是腺嘌呤 (adenine, A)，胸腺嘧啶 (thymine, T)，胞嘧啶 (cytosine, C) 和鳥嘌呤 (guanine, G)。在雙螺旋的DNA中，分子鏈是由互補的核苷酸配對組成的，兩條鏈依靠**氫鍵**結合在一起。由於氫鍵鍵數的限制，DNA的鹼基排列配對方式只能是A對T或C對G。



照片來源：<http://publications.nigms.nih.gov/thenewgenetics/chapter1.html> (擷取日期：96年6月)

- 硼砂：主要是在食品品質改良的應用。它增加食品的韌性、彈性、保水性以及保存性。防止蝦的黑變，使蝦有好的賣相。魚丸、年糕、油條、鹼粽...等等。以前

許多食物都加有硼砂，增加食物的彈性，但硼砂經由食品攝取後，可與胃酸作用產生硼酸，硼酸不易被排出具有積存性，連續攝取後，會在體內蓄積，妨礙消化酵素作用，引起食物減退、消化不良、抑制營養素之吸收、促進脂肪分解因而體重減輕。故現多使用偏磷酸鈉做為替代。



## 表演照片



加硼砂後，黏膠拿起來而不斷掉。



加較少的硼砂，黏膠具延展性。



加入較多的硼砂，凝膠具彈性。



透過互動讓學生感受不同的變化。



講解交聯作用與生活小運用。

利用吸管模型講解交聯作用。



透過牽手方式親自體驗交聯作用。



台下觀眾都躍躍欲試鼻涕蟲的魔力。

照片拍攝者：謝湘華 94242009