

化學 搜查線

Chemistry Search

第16期



本期刊物電子檔

55401N A

COVER STORY

專案特搜1 p.2

六弄巷外的咖啡館 咖啡的化學秘技

專案特搜2 p.8

內酯中的羰基

專案特搜 ①



六弄巷外的咖啡館 咖啡的化學秘技

劉曉倩老師
國立彰化高級中學
教育部高中化學學科中心
torrina01092002@yahoo.com.tw

🔍 六弄人生

藤井樹的小說「六弄咖啡館」，其男女主角因為咖啡的濃烈香氣，弄丟了瞌睡蟲，打開了話匣子，藍山微酸香醇，曼特寧苦中帶澀，不眠的夜貓子，道盡男女主角失魂慘烈的愛情故事，其實心思細膩的不只是人心，咖啡這看似一灘黑水，淺嘗之後舌尖苦中帶澀，入喉之後微焦的甘甜，反覆地在腦海裡翻覆，轉眼間最後一杯咖啡已經見底。其實咖啡沒有入門款，找到自己喜歡的味道就是最棒的選擇，這是一條必經的道路，至於要走多久，完全由自己決定。

小說中提到的虹吸式咖啡壺（如圖1），也稱賽風壺（Syphon），最早起源於德國，但卻是從英國的化學實驗室開始流行起來的煮咖啡方式，採用浸漬方式將咖啡溶入熱水後萃取出濃郁的咖啡液，並利用法蘭絨過濾咖啡渣，保留咖啡

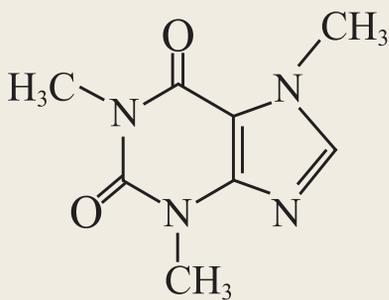


圖1：虹吸式咖啡壺於英國化學實驗室開始流行

中特有的油脂，展現果香及奢華的獨特口感，在日本是很流行的咖啡沖調方法，十幾年前臺灣也漸漸興起使用虹吸壺的方式。



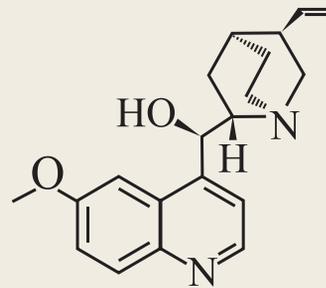
談到沖煮咖啡的技術，就不得不再提一下咖啡豆的成分，咖啡豆的主要成分之一是咖啡因（如圖2），咖啡因的系統名稱是1,3,7-三甲基-2,6-二氧嘌呤（1,3,7-trimethyl-2,6-dioxopurine），是一種中樞神經的興奮劑，其在水中的溶解度相當高，因而可以用熱水從茶葉中萃取咖啡因。咖啡中的咖啡因含量取決於咖啡豆的品種和咖啡的製作方法，一般來說深焙咖啡比淺焙咖啡的咖啡因含量少，因為烘焙溫度高，會減少咖啡豆裡的咖啡因含量。



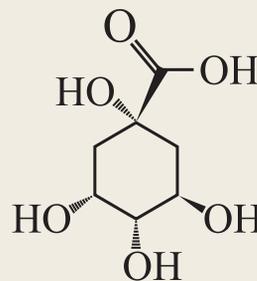
▲圖2：咖啡因的結構

咖啡因其實是白色粉末，最早由德國科學家福來列伯倫格（Friedlieb Ferdinand Runge）在1820年分離出來，但直到1897年它的分子結構才被研究出來。常聽說咖啡因會造成失眠、消化不良、血壓升高，甚至心臟病，其實都是錯誤的說法，喝慣了咖啡後，身體就不會有心跳加快及血壓升高的反應。

此外，咖啡豆中含有蔗糖，烘培過程中部分會分解為甲酸、醋酸、乳酸、甘醇酸，含糖量愈高的生豆，在烘焙時會愈酸，也因此增加香氣的複雜度。而萃取好的咖啡放涼後會變酸，是因為咖啡豆中的奎寧（quinine，(2-ethenyl-4-azabicyclo[2.2.2]oct-5-yl)-(6-methoxyquinolin-4-yl)-methanol，如圖3）水解為奎寧酸（Quinic acid，(1S,3R,4S,5R)-1,3,4,5-tetrahydroxycyclohexanecarboxylic acid，如圖4）的關係。咖啡中所含的脂肪，大部分是酸性脂肪及揮發性脂肪，其中揮發性脂肪是咖啡香氣的主要來源，會散發出約四十種芳香物質。



▲圖3：奎寧的結構



▲圖4：奎寧酸的結構

虹吸式咖啡萃取原理及步驟

器材及原理

- 熱源**：酒精燈及瓦斯燈均可，但是酒精燈較容易產生局部加熱且火苗微弱的狀況，所以採用瓦斯燈較佳，火力控制是虹吸法很重要的技巧。
- 突沸鍊**：安裝在彈簧端部，將過濾裝置鉤在上壺下方開口處的一小串珠鍊就是突沸鍊。突沸鍊很重要，使水在沸騰時更易產生泡泡，比較容易目測水沸騰情形，一般而言在突沸鍊出現三條水泡時就是已經沸騰。筆者在大學時曾用超純水煮過咖啡，因為超純水沒有任何雜質，所以沸騰時很難辨別，十分危險，此時更顯得突沸鍊的重要。
- 過濾裝置**：過濾器套上薄法蘭絨材質，法蘭絨具有連咖啡油脂都能充分萃取的優點，沖出來的咖啡濃郁深厚，口感十分柔順，當然也有人為了方便使用金屬材質或濾紙，濾紙因為材質的關係會將咖啡的油脂全過濾掉，煮出來的咖啡味道偏淡，此時就必須對咖啡豆的量進行調整。對了，法蘭絨濾布一經使用就必須保持溼

潤，不用時要放在乾淨的水中浸泡著，使用約 50 次會因阻塞而變黑，必須更換。

4. 竹製攪拌棒及上下壺裝置

以兩人份虹吸裝置為例，下壺容量為 320 毫升，咖啡粉與水比例是 15 克：160 毫升，竹製棒最常被使用，很多專職咖啡師會依自己的需求削切加工，一般會將柄部尾端加上方形小木片以平衡重心。

沖煮咖啡的化學原理

沖煮咖啡跟進行化學萃取及分離技術幾乎是相同的，可以分成幾個方面來探討：

1. 咖啡豆評析「杯測」：

將各種咖啡豆約 12 克研磨至砂礫狀後倒回耐熱磁杯，靠近聞一聞，記錄所釋放出來的香氣，並倒入 93~96°C 的清水使咖啡粉完全浸泡 4 分鐘，此時咖啡粉會產生泡泡且不應有塌陷，否則不是水溫太低就是烘焙不足。等待 4 分鐘後用湯匙輕輕攪拌咖啡表面三次，使咖啡粉破渣，漂浮的咖啡粉即沉澱，勺一匙咖啡伴著些許空氣啜吸進入口中，使香氣布滿嗅覺，感受其口感及風味，比較各種咖啡的酸質、口感及餘韻。新鮮且烘焙良好的咖啡所含的二氧化碳與水起反應時會在表層產生泡沫持續 1~2 分鐘才停歇，味道濃郁甘甜而不浮誇。

2. 水質檢測：

水質過硬（含 Ca^{2+} 及 Mg^{2+} ）會影響咖啡萃取出精華，導致風味淡薄，反之水質軟化後，若蒸煮時間過長會導致咖啡過度萃取，口感過苦或過酸。一杯咖啡有 98~99% 的成分是水，所以水質對咖啡有絕對影響，為了更精準測試出自己喜歡的風味，可以使用相同咖啡豆、研磨度及沖煮法，分別使用自來水及過濾後的水檢測，較容易找出自己喜歡的咖啡風味，當然也有人將兩種水依不同比例混合調配出屬於自己的獨特口感。

3. 咖啡豆顆粒大小：

虹吸咖啡最適合單一口味咖啡，當然也可以將甘甜的巴西豆與微酸的哥倫比亞咖啡混合，屬

於中深焙煎，磨豆機建議使用 5 號粗細度，若是磨太細，虹吸沖煮會萃取出大量苦澀味。

引人入勝的虹吸咖啡沖煮步驟

1. 虹吸壺形狀類似葫蘆狀的玻璃壺，上半部和下半部可以拆解，而中間以導管連通，使用時下半部會注入開水，再以瓦斯燈加熱下壺。上虹吸壺的會先放入濾紙或濾布，再把咖啡粉放在上半部。以大火煮下壺的水，滾沸後便可以把上壺插在下壺上，此時記得將火關成中火強度。
2. 當下壺的水受熱後轉化為水蒸氣，水面上壓力增大。於是滾水從導管進入到上面，此時使用攪拌棒輕輕攪拌咖啡粉使其潤溼，稱為「悶蒸」（如圖 5），等待咖啡粉破渣（如圖 6）面積達整個表面的一半時，開始進行第二次攪拌，使咖啡粉與水充分混合，約 1~2 分鐘後咖啡粉會大量沉降，待沉降量達三分之二時，快速攪拌直到所有咖啡粉沉降。

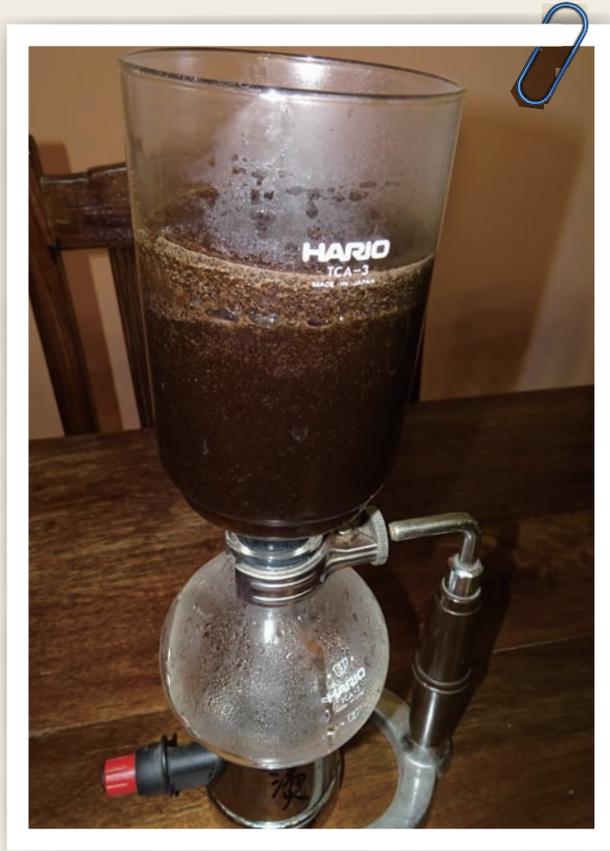


圖 5：咖啡悶蒸過程



圖6：咖啡粉開始破渣

3.移開火源，此時煮好的咖啡會經由濾布重新進入下方，之後把下半部的咖啡倒出，即可飲用。

虹吸式咖啡的烹煮大多用於中淺程度的烘焙，因其較長浸泡的方法能夠體現較細膩的咖啡層次與水果甜度，相較於重烘焙咖啡的濃香及溫醇的油脂香氛有所不同。但也因為虹吸式技巧須經驗，所以常常造成初學者的心理障礙，也因此造就了另一種較容易入門的咖啡沖泡方式——手沖咖啡。

☞ 喝咖啡最好什麼都不加，才叫喝咖啡

什麼都不加的咖啡喝法，就是喝比較淡的咖啡，一般而言正常量的虹吸式沖煮方式咖啡味道偏濃厚，心臟不夠強或平常沒有喝咖啡習慣的人

容易心悸，如果想要煮可以正常睡眠的咖啡，就用手沖咖啡吧！

適合全家在家使用的手沖咖啡，只需咖啡粉、濾杯、手沖壺及下壺，因為悶煮時間較短，所以在咖啡豆的選擇上可以多元，將數種咖啡豆混合特調風味，控制好水溫、水柱大小及悶煮時間，就可以沖出喜歡的咖啡。

☞ 漫談手沖咖啡

1.咖啡豆顆粒大小及用量：

咖啡豆研磨刻度建議使用細研磨（小富士牌刻度3.5~4.5，數字愈小研磨顆粒愈細），咖啡粉與水比例是12克（1人份）：100毫升~120毫升，建議咖啡豆是充滿花香、草木乳脂及巧克力味的最古老品種——水洗鐵比卡，前味帶著微弱的果酸味，後味的單寧酸帶著些微的花香，令人驚豔。筆者喜歡衣索比亞耶加雪菲咖啡（YIRGACHEFFE），其與眾不同的優雅花香及柑橘香，被稱為衣國最頂級的品種，甜度適中，口感輕盈。

2.濾杯、濾紙及手沖壺：

濾杯材質有陶瓷、金屬、玻璃、樹脂及木頭（如圖7）。一般而言金屬的材質溫度較高，煮



圖7：各種不同材質濾杯：左起為金屬、木質、陶瓷、壓克力圓錐濾杯、不鏽鋼線框架及最常用的三個過濾口壓克力濾杯

出來的咖啡帶有油脂及野性風味；陶瓷保溫效果較佳，且較能穩定萃取，也很受歡迎。至於過濾用的濾紙雖然使用上方便，但會使咖啡油脂流失，口感上不如法蘭絨醇厚，但只要豆子夠新鮮，採取中深焙豆，就可以降低味道上的偏差。手沖壺材質以不鏽鋼壺及銅壺居多，為了使熱水落下位置穩定，壺口可選擇較寬，且增加水量時不會亂流的。

3.水溫及萃取時間的關係：

日本手沖咖啡達人山本康一的作法是：豆量10克，中研磨，水溫82~83°C，萃取水量150毫升，萃取時間2分45秒；另一位咖啡達人山本光弘的作法則是：豆量20克，中研磨，水溫96°C，萃取量200毫升，萃取時間1分40秒。筆者比較23位達人的作法與實際操作結果，歸納出以下結論：豆量與水量比約為1克：10~12毫升（12克：120毫升）最常見，水溫90°C以上者萃取時間控制在2分鐘以內；水溫在90°C以下者萃取時間就必須在2~3分鐘以內，萃取時間過長時，咖啡豆內的雜味也會跟著出來，所以最好是一邊沖提，一邊嗅聞咖啡，經過幾次測試後即可以找出平衡感。

達人開課，家庭手沖咖啡步驟

- 1.確定濾紙與濾杯密合，必要時可以將濾紙側邊及底邊的角折一下，手指伸入濾紙中間，將它用成貼合濾杯形狀。
- 2.放入咖啡粉20克（兩匙）至濾紙中，並將其整平，注意咖啡粉空隙，若是太密，注水時會堵住水流。有些專家還會在咖啡粉中間用小指戳個空隙讓水流更順利。
- 3.首次注水時小心地不讓空氣混入（手沖壺距粉面約5公分），由濾紙中心向外畫同心圓方式細緩注水（如圖8），等到咖啡粉溼潤處距離外緣約0.8公分時就停止注水（此時下壺只會滴下數滴咖啡液），亦即濾紙外緣未全溼，濾紙全溼會使咖啡過濾速度加快，悶煮時間縮短，咖啡風味流失。



圖8：手沖壺距粉面約5公分，手要穩住，入水量才會一致，無論由內而外亦或由外而內，都是畫同心圓

- 4.此時咖啡粉的表面會如饅頭般膨脹起來，此狀態稱為「悶煮」，此階段需花20~30秒。
- 5.第二次注水如同第一次也是由內而外畫同心圓（稱為畫の字型注水法），趁濾杯內熱水還沒滴落之前，進行第三次注水（由外而內畫同心圓），小心不要使水注到粉緣上，否則易產生悶煮不均的情況，此時下方咖啡液約有120毫升。
- 6.當咖啡壺中的咖啡液已經快到達需要的萃取量（此時注水量約150毫升，理想萃取量為175毫升）時，注水使整張濾紙潤溼完成最後萃取量，即使最後注水後上方濾杯中仍有熱水殘留也要移開，維持原有萃取量175毫升。
- 7.將萃取完的咖啡倒入預先溫好的咖啡杯中，享受空氣中溫醇的咖啡香，以平靜的心情才能品嚐出好咖啡。

以咖啡香傳情，拉近人與人之間的距離

筆者從大學時一直對咖啡這神奇的黑豆子深深著迷，咖啡花帶有茉莉香，咖啡果成熟前是綠色且堅硬的，成熟的咖啡果則會轉成紅色，每



個果實都富含果膠、內果皮及種子，日照、降雨量、風勢及土壤種種因素的能量都會影響這黑色種子內的成分，而大自然遺傳密碼就在其中。

十年前親訪法國巴黎左岸咖啡館，體驗花都中人與咖啡的浪漫風情，大文豪海明威（Ernest Hemingway）當年最常去的菁英咖啡館（Le Select）永遠擠滿人。咖啡帶給我們身心靈不同的感受，也開啓了各種話題。喝咖啡雖是件小事，但是對無數的人而言仍是新鮮而刺激的體驗，很多人對給夏（Geisha）咖啡特別有感情，是因為在悶煮時，給夏總帶著果香及類似烤番薯的熟悉感，這份濃烈的情感讓人想起很多孩時的歡樂回憶；有些人則對夏威夷的可那豆（Kona）情有獨鍾，肥沃的火山群島黑土孕育著阿拉比卡咖啡樹，澄淨、細緻、溫和中帶著濃濃的牛奶巧克力風味，即使一磅高達3600元，很多咖啡迷還是趨之若鶩。

咖啡對於學化學的人而言，如何蘊釀出咖啡豆內的天然香氣更是一門學問，從咖啡果採收，成熟果實揀選脫皮，將咖啡豆進入水槽發酵12~72小時，果肉移除清洗曬乾，都必須在採收後的幾小時內完成才能保存風味。然而咖啡豆的沖煮技術如同化學中物質分離技術，沖提器材、水溫及沖提液量都是需要考慮的變因，一杯順口的咖啡還需要我們靜心用舌頭去翻動、用嗅覺去感受，才能發現味道的層次感，先甘後澀或先苦後甘，取決的不只是咖啡豆的烘焙程度，還有自己對生命的感受力，美妙、神聖抑或酸澀苦甘，在這以氣味建構的世界裡，總會漸漸湧現。

參考資料

1. 虹吸式咖啡壺，維基百科，自由的百科全書
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%99%B9%E5%90%B8%E5%BC%8F%E5%92%96%E5%95%A1%E5%A3%BA2>
2. 六弄咖啡館，藤井樹著，商周出版社出版，2016年6月7日
3. 咖啡聖經，安妮特·穆德維爾著，楓書坊出版，2015年9月
4. 達人開課，教你手沖好咖啡，邱婉婷著，楓書坊出版，2013年3月
5. 冠軍咖啡調理師，虹吸式咖啡全示範，巖康孝及吉良剛著，林麗秀譯，瑞昇文化事業股份有限公司出版，2014年12月

圖片來源：

圖1：shutterstock圖庫提供

圖2~8：劉曉倩老師提供

專案特搜 ②



內酯中的羰基

王瓊蘭老師

🔍 好難的化學

今年6月，即將參加大學指考的學生，畢業後特別跑回學校，問我化學試題。雖然對方表明要選讀經濟等商業科系，但仍加考了物理、化學兩科，取得成績作為備用，求個心安。我說：「好吧！那麼有關反應速率、平衡常數、酸鹼滴定等，較難的計算，就別再鑽研了。還是把有機化學讀好，熟記各類分子的官能基，以及相關的反應式，必可奪得數十分。」

話雖如此，在高中階段，有些學生就是拿化學試題沒轍。同樣是理科的試題，化學不像物理與數學一般，只要理解、思考好定理與公式，就可以解答；而化學在解完題後，還需要變通，才

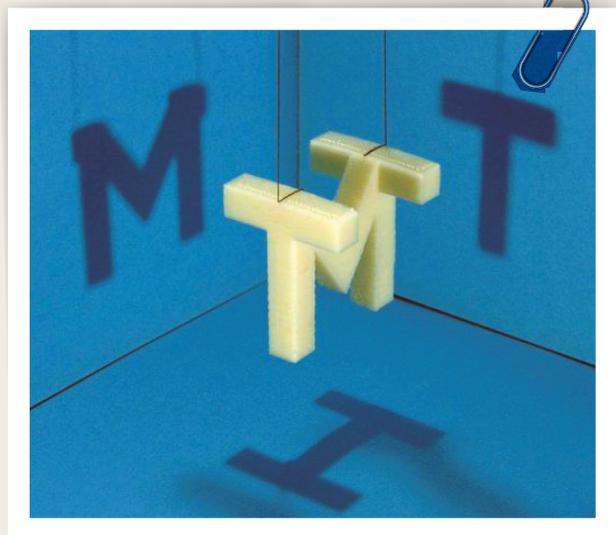
能寫出符合事實的正確答案。例如：一枚十元硬幣拋向天空，掉下來時其拾圓面朝上的機率為二分之一，若連續拋九十九次，結果全是拾圓面朝上，那麼拋向天空第一百次時，拾圓面朝上的機率是多少？正確的數學答案仍然是二分之一；化學則請求實驗根據，物質不能悖離自然界法則，所以仔細推敲，這個十元硬幣必有蹊蹺！導致無論拋幾次，掉下來時得到都是拾圓面朝上的結果；也許它不是公正的硬幣，可能兩面都是拾圓圖案，或是其他因素，所以化學科作答時必須符合該狀況下的條件才行。



模型的意涵

以Trevor Shannon所作的TVT字雕為例，作為解讀建模的比擬。

他用光照產生的字影（如圖1），拼湊成麻省理工學院的縮寫MIT（Massachusetts Institute of Technology），或可引用為臺灣製造（Made in Taiwan）的商品標章，而非直觀看到的白色物件。意即從多角度觀察和投影，通過自我的詮釋，可以靈活、多樣化的解讀圖像，重新思考模型的本質。



▲ 圖1 Trevor Shannon 所作TVT字雕投影圖

青蒿素結構的探究教學

以下利用105年指考化學考科第7頁、非選擇題第三題之第2小題來進行說明：寫出由青蒿素A製備二氫青蒿素B，青蒿素A中被還原的官能基名稱。

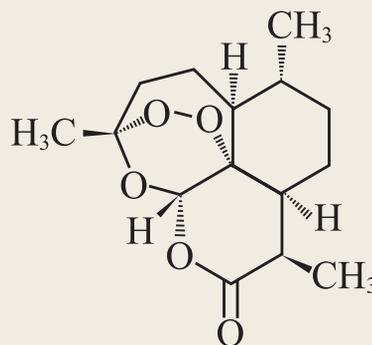
青蒿素（Artemisinin）為強效抗瘧藥，其分子中含有特異的過氧基，是新型的倍半萜內酯，能作用於瘧原蟲含鐵輔基而發揮作用。但目前在臨床用藥中，存在著各式各樣的問題，如口服吸

收不完全、在人體內藥效分布不理想、產生非期望的毒性副作用，且水溶性小，不便製成注射劑使用，或是在注射部位析出，而導致疼痛等。青蒿素類的藥物還可能因首過效應，使療效降低。

故將青蒿素內酯的羰基，經硼氫化鈉還原，生成半縮醛還原青蒿素，即二氫青蒿素（雙青蒿素，Dihydroartemisinin），其抗瘧作用增強；進而再對該羥基進行酯化反應製成青蒿琥酯（Artesunate），其鈉鹽可溶於水製成注射液，用於搶救危急的瘧疾病人。

由青蒿素製備二氫青蒿素，可用「鎖-鑰（Lock and key）」模式，或「誘導契合（Induced fit）」模式來詮釋。

「鎖-鑰」模式是基於鎖和鑰都有一定的外形，若且唯若兩者之間的外形能夠精確互補時，反應才可以發生。若鎖代表青蒿素（如圖2）結



▲ 圖2：青蒿素 化學式 $C_{15}H_{22}O_5$

首過效應（first-pass effect）

首過效應，也稱第一關卡效應，指口服藥物在消化道吸收、進入肝門靜脈系統，部分藥物在通過腸黏膜和肝臟時被代謝、失去活性，從而使進入循環系統的藥量減少、藥效降低；或在轉運過程中，受到酶的作用發生降解，使半衰期縮短等，因此影響血藥濃度。

構中的內酯，鎖孔就是內酯裡的羰基，鑰匙則是還原劑硼氫化鈉（如圖3）。

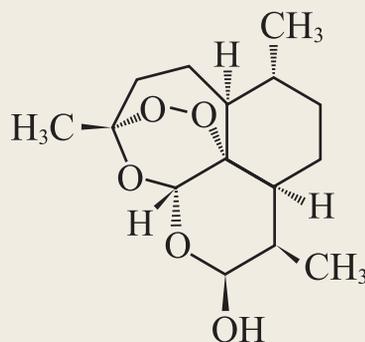
「誘導契合」模式是微調「鎖-鑰」模式，其反應物結構具有一定柔性，可不斷發生微小形變。如同一隻手伸進手套（如圖4）之後，誘導手套的形狀發生變化一樣。好比手套代表青蒿素結構中的內酯，中指套在金屬環裡，代表羰基還原成具羥基的二氫青蒿素（如圖5）。



▲ 圖3：鎖——青蒿素結構中的內酯
鎖孔——內酯裡的羰基
鑰匙——還原劑硼氫化鈉



▲ 圖4：手套——青蒿素結構中的內酯
金屬環——內酯裡的羰基
套上中指的金属環——還原成的羥基



▲ 圖5：二氫青蒿素
化學式 $C_{15}H_{24}O_5$

🔍 有機化學的分子建模教學

師生可運用實體的球棍分子模型，動手組裝有機化合物。或是在乾式實驗（dry lab）裡，採用電腦虛擬分子的計算，以圖形化的工具，描述分子中原子鍵結在不同條件下的斷裂與重建。它不涉及實際的藥品、化合物與試劑等，可作為一種分析工具，用來探究與解決問題。相對於溼式實驗（wet lab），必須使用試劑、藥品等研究問題，推測驗證出所獲得的實驗資料。簡單地說，可以乾式實驗試作，再以溼式實驗驗證，降低化學、化工對環境的汙染或衝擊等不利影響，符合綠色化學（Green chemistry），又被稱為永續化學（sustainable chemistry）的發展。

🔍 分子的建模能取代化學實驗嗎？

這當然不行！

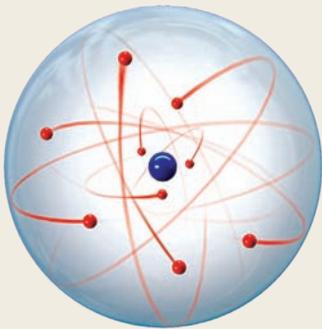
目前可用電腦軟體模擬分子模型，描繪電子密度、計算分子軌域，廣泛使用較定量更多的定性參數，容易鑒定出個別分子。困難點在於模型要能正確解釋問題，一個好的模型，最後必須歸納出定量數據，並具有和NMR、IR、UV等光譜相同的值，所以還是需要實際做實驗，進行物質分離、分析與鑒定才可。



沒有一個模型是完全正確的，但模型是有用的

引用統計學家George Box的一句話：「本質上，所有的模型都是錯誤的，但其中有些，卻終歸是有用的。」沒有模型能夠完美描述理論，但有很多模型能讓你學習。這句話絕對適用於大多數的化學理論模型，比如原子行星模型（如圖6）。雖早已證明它是錯的，但我們仍用來表示

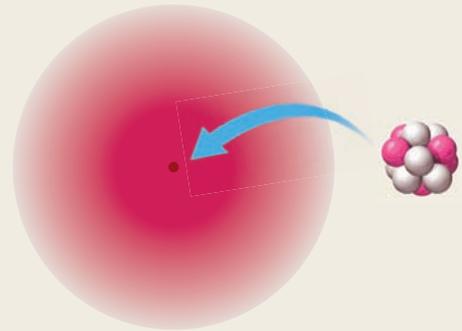
原子能的圖騰（如圖7），解釋電子繞原子核運動，所形成美麗的線條。但有誰會用電子雲模型（如圖8）來作為飾品呢？實際上我們並不需要完美的模型或者理論，每個模型都建立在一定的假設之上，所有的模型均不能適用於所有的情況之下。只有在假設被滿足時，也就是特定的情況下，模型可以對該特定情況的前因後果及其路徑進行大致有用的描述。只要在我們關心的方向，足夠精確，能實際指導前進的方向，那就行啦！



▲ 圖6：行星模型



▲ 圖7：美國原子能委員會的標誌（1946~1974）



▲ 圖8：電子雲模型

參考資料：

1. <http://blog.ponoko.com/2010/06/06/makerbot-shadow-sculpture/>
2. “Essentially, all models are wrong, but some are useful.” Box & Draper, 1987, p. 424

圖片來源：

- 圖1：<http://blog.ponoko.com/2010/06/06/makerbot-shadow-sculpture/>
- 圖3、4：shutterstock圖庫提供
- 圖6、8：龍騰編輯部所有
- 圖7：美國原子能委員會，維基百科，自由的百科全書
- <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BE%8E%E5%9B%BD%E5%8E%9F%E5%AD%90%E8%83%BD%E5%A7%94%E5%91%98%E4%BC%9A>



2016 升級大改版 lungteng 5.0 龍騰官網

http://www.lungteng.com.tw/



產品總覽

三步驟 / 輕鬆選書

1. 點選產品總覽
2. 選擇科目
3. 瀏覽書籍介紹

教學資源

選擇科目 / 檔案下載

1. 點選教學資源
2. 選擇科目
3. 檔案下載

