

巴斯德召喚 光之美

文／周炳辰 臺大科學教育發展中心特約撰稿



這是微生物學之父巴斯德（Louis Pasteur，1822-1895）年輕時候的故事。

巴斯德在法國鄉下一個叫作多爾（Dole）的小鎮出生。在他三歲那年，全家遷至阿伯瓦（Arbois）定居。父親是皮匠，收入不多，但盡可能幫助他學習，母親也很努力地鼓勵他追求知識，供予他完善的教育。

起初他在學校表現普通，但很愛問問題，凡事追根究底，甚至因此成

為某些老師的眼中釘。就這樣不斷地發問、學習，對化學、物理和藝術都有深厚興趣的巴斯德漸漸變成優秀的學生。

當他從法國高等師範學校（l'École normale supérieure）畢業，考官發現他有教授化學和物理的能力，甚至還說：「這屆畢業生中只有巴斯德有教育上的才華。」他很快就收到圖爾農中學（le Lycée de Tournon）物理教師的約聘書。這對


巴斯德來說是令人沮喪的消息，他想要在巴黎作科學研究。於是他盡可能拖延赴職時間，計畫在高等師範學校多待一年，並寫信給巴黎中央理工學院（l'École centrale）的創辦人之一杜瑪（Jean-Baptiste Dumas，1800-1884）尋求在巴黎任教職的機會：

「敝校考官會在三年級評估學生的能力，而他們對我的評語，讓我可以自信地告訴您：我能夠清楚、熱情地教導科學。我向您保證：這個請求和金錢無關，僅僅是希望能夠和您一樣被科學界敬仰的人物連繫。我

此生最大的希望就是將生命奉獻給教育……」

杜瑪終究沒有幫助巴斯德。不過這件事被巴萊（Antoine Jérôme Balard，1802-1876）知道了。巴萊年輕時發現溴元素，名氣很大，他決定幫助巴斯德留在巴黎。就這樣，巴斯德在二十六歲那年，進入巴萊的實驗室當博士班研究生，也暫時不用去圖爾農中學擔任物理教師。

巴萊認為自己的研究生涯已告一段落，想把所有的精神放在學生上，也給予他的學生很大的自由，任憑他



機會是留給準備好的人。

們選擇學習的方法和方向。他注重學生的原創力和想像力，不希望他們使用既有的實驗器材，如果他們必須使用器材，只能自行設計。爲了待在巴萊的實驗室，巴斯德欣然接受這個特別的要求。

「酒的味道有如詩」

巴斯德在巴萊的實驗室確認自己想成爲化學家。當時晶體的研究開始蓬勃發展，巴斯德也很有興趣，認爲晶體的研究是「有用的科學」，可以補足拉瓦錫（Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743-1794）等較早期化學家比較缺乏的分子結構、分子組成的理論。

巴斯德喜歡酒，從啤酒到葡萄酒都愛。他曾說：「酒的味道像精緻的詩」、「仔細想想，酒其實是最健康、乾淨的飲品」。他注意到製酒時酒石酸（tartaric acid）的晶體會在醱酵過程中沉積，於是選擇酒石酸鹽類當研究題材。其實在醱酵桶槽沉積的不只有酒石酸，還有在當時被稱爲類酒石酸（paratartaric acid）的沉積

物。碰巧酒石酸和類酒石酸的分子式剛剛被定出來，而且竟然一模一樣！這是令人難以信服的事情——因爲酒石酸溶液和類酒石酸溶液特性大不相同，極化光通過酒石酸溶液會產生右旋光，通過類酒石酸溶液則什麼事也不會發生。

爲什麼分子式一模一樣的化合物會有截然不同的光學特性？

當時有位德國化學家米切利希（Eilhard Mitscherlich, 1794-1863）表示：「真令人困惑，它們的原子數和相對距離完全一樣！」並寫信和光學權威畢歐（Jean-Baptiste Biot, 1774-1862）討論這個問題。畢歐認爲這個問題很有趣，連忙重複自己的酒石酸鹽類實驗，但沒有獲得新的結論。對結晶很有熱忱的巴斯德當然也聽說這個問題，他覺得困擾：酒石酸和類酒石酸在當時被認爲是很熟悉的化合物，已經作過非常多實驗了，幾乎不可能有更深入的理解，然而米切利希指出的問題顛覆他對分子的認識和想像！其中一定有被大家忽略的地方，必須找出來。

左旋與右旋

巴斯德決定仿倣他先前作過的石英結晶實驗，運用他化學和物理的知識，來解決這個問題。他以驚人的直覺，假設這裡的問題和不對稱性有關，然後用鑷子慢慢挑出酒石酸鹽類結晶。細心的觀察結果發現：酒石酸鹽類結晶有一面較長，不是完全對稱的，也因此通過酒石酸溶液的極化光

會產生右旋現象。這個發現符合巴斯德的假設，所以他並不感到意外。

巴斯德接著假設：類酒石酸鹽類晶體應該是對稱的，也因此通過類酒石酸溶液的極化光才不會改變。然而當他將類酒石酸鹽類結晶挑出來觀察，卻嚇一大跳！類酒石酸鹽類結晶和酒石酸鹽類結晶一樣，都有一個較長的、不對稱的晶面。

原以為解開謎底的巴斯德再次



陷入困惑之中。爲什麼酒石酸鹽類結晶和類酒石酸鹽類結晶都有不對稱的晶面，但前者有光學活性，後者卻沒有？他想了想，只能更大膽地假設：某些結晶較長的晶面在左邊，某些結晶較長的晶面在右邊，只有這樣，才可能解釋爲什麼類酒石酸鹽類結晶具有不對稱的晶面，卻沒有光學活性。

想到這裡，巴斯德興奮地重新檢視類酒石酸鹽類結晶。果然！他發現其中有些晶體較長的晶面在左邊，另外一些則在右邊，就像左手和右手，像本體和鏡像。當他把所有較長的晶面在左邊的晶體一一挑出、溶解，然後將溶液通過極化光，即產生左旋現象；而若將所有較長的晶面在右邊的晶體挑出、溶解，然後將溶液通過極化光後，即產生右旋現象。換句話說，類酒石酸溶液不具有光學活性，是因爲它是混合物，同時具有左旋和右旋的光學特性，互相消弭所致。

讓前輩先瞧瞧

巴斯德以他極其細心的觀察力，小心實驗、大膽假設，解決米切利希

提出的問題。他自然欣喜若狂，想立刻發表研究成果，但是他的指導老師巴萊建議他應該先請教年長巴斯德半世紀，研究光偏振多年的畢歐，較符合當時法國科學界的禮俗。

謹慎的畢歐知道巴斯德的實驗後，決定在擁護巴斯德的發現之前，親自重複這個實驗。當他最終獲得相同的結論，畢歐激動地對巴斯德說：「親愛的孩子，我這一生熱愛科學，這個結果撼動我的心。」從此，畢歐屢屢給予巴斯德實驗上的建議，也成爲他重要的良師摯友。

巴斯德的成功確實有運氣的成分，歷年來許多化學家重複巴斯德的實驗，想找出影響實驗的每個細節。巴斯德到底有多好運呢？在酒石酸鹽類中，酒石酸銨鈉是惟一可以形成肉眼即可分離的晶體，而酒石酸鈉、酒石酸鉀、酒石酸銻鉀都只會形成單一種晶體；再者，巴斯德是在寒冷的巴黎進行這項實驗，若環境溫度超過攝氏 26 度，同樣也只會形成單一種晶體。

許多教科書上提及巴斯德利用鑷子配合放大鏡挑選晶體，但巴斯德的

紀錄並未明確記載。晶體的差異真有大到憑肉眼即可分辨嗎？日本中崎教授重複檢驗這個實驗，發現控制良好的晶體成長環境，甚至可長出不用放大鏡也可分辨的晶體。不過中崎教授表示，需要相當多次的嘗試，才能再現巴斯德的成果。這說明巴斯德的實驗縱然有部分來自機運，但他豐富的知識與嚴謹的態度才是引領至成功的關鍵。

參考資料：

1. Vallery-Radot, Rene. "The Life of Pasteur". Montana: Kessinger Publishing, 2003.
2. Debré, Patrice. "Louis Pasteur". Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1998.
3. Keim, Albert, and Lumet, Louis. "Louis Pasteur". New York: Frederick A. Stokes Company, 1914.