

凍住蛋白質 看清楚一點



科學講堂

上次和大家分享了一個近期的技術進步：如何有效地利用陽光的能量去從水中生產出氫氣，希望這個技術能夠為人類在短期內開發到充足的綠色能源。技術進步的方向，自然五花八門，尤其是在更清楚察看微細粒子的這個方面，近數十年有極大的發展。今天就和大家討論下一個可以用來清楚觀察蛋白質的技術：低溫電子顯微技術（cryogenic electron microscopy，簡稱cryo-EM）。

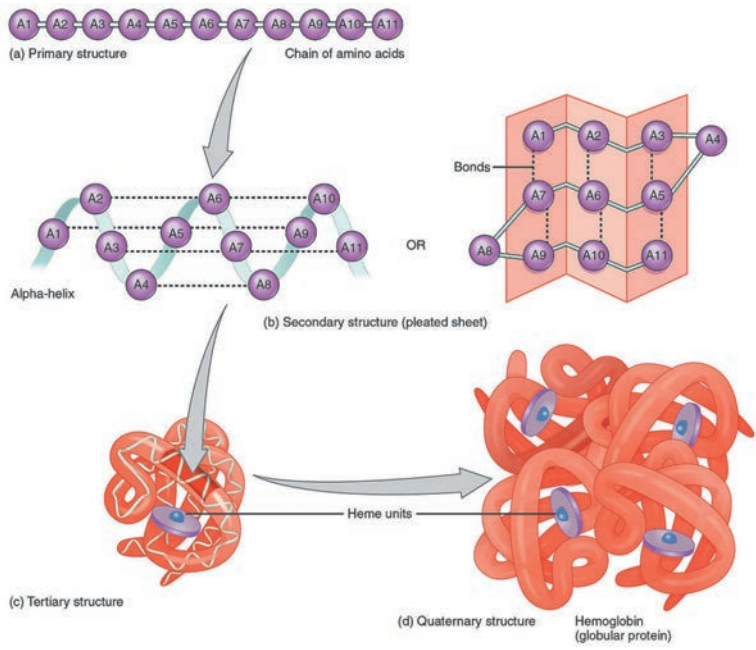
看清各種形狀 結構就是功能

我們常說「眼見為實（seeing is believing）」，起初聽來好像過於依賴我們的視覺，不過就算在看起來不應太受制於視覺的科學裏，能夠把事物看清楚，其實也是十分有用。例如倘若能夠清楚看到化學反應是如何發生、當中不同的粒子是如何參與化學反應，這些知識一定能夠大大提升我們對化學反應的理解。在蛋白質的研究裏，能夠弄清楚各種各樣蛋白質的形狀，其實也是十分重要，行內人甚至有「結構就是功能（structure is function）」的說法。

這是因為蛋白質本身是極長、極巨大的化學物質，但是隨着蛋白質以不同的形式摺疊、扭曲，蛋白質不同的部分就會暴露於最外層，因此會呈現出不同的化學特性。與此同時，我們也要留意蛋白質對人體的重要：控制我們身體內部運作的荷爾蒙、加速各種生化反應的酶，其實都是蛋白質。能夠深入了解蛋白質形狀與功用之間的關係，更容許我們利用形狀去造出不同功能的藥物，為大眾帶來更好的醫療。



除了DNA的雙螺旋結構，X光晶體技術也被用來找出雪花的形狀。



▲ 用低溫電子顯微技術拍攝的巨型病毒。圖中灰色粗線代表200納米。

◀ 隨着蛋白質摺疊、扭曲，蛋白質不同的部分就會暴露於最外層，呈現出不同的化學特性。

蛋白質難結晶 低溫X光拍攝

長久以來，科學家們一直傾向使用X光晶體技術（X-ray crystallography）去分析化學物質的形狀。顧名思義，我們需要使用這種技術，首先要將相關的物料製成晶體，然後再利用X光去觀察它們。憑藉X光經過這些晶體之後展示的「圖案」，科學家們就可以推斷出化學物質的形狀。上世紀五十年代著名女科學家富蘭克林（Rosalind Franklin）就是運用這個技術，找出了DNA雙螺旋結構的重要線索。

可惜的是，要複雜的化學物質結晶，原來並不容易，而一些蛋白質更是出了名極難結成晶體。在上世紀七十年代，英國科學家亨德森（Richard

Henderson）和烏溫（Nigel Unwin）就因此利用電子顯微鏡的技術，嘗試去找出一些蛋白質的結構。到了上世紀八十年代，瑞士科學家杜巴謝（Jacques Dubochet）和他的團隊研究出利用液態乙烷（ethane）將蛋白質迅速冷凍，固定它們的形態，以更容易利用電子去找出它們的結構。這些低溫的液態乙烷，為這個方法帶來「低溫電子顯微技術」的名字。

不過，這些用電子為蛋白質「拍攝的照片」，一般來說都比較模糊。同一時期，德國裔的弗蘭克（Joachim Frank）開發出相關的電腦軟件去處理這些平面的照片，利用它們去建構出

蛋白質原來在立體世界的形狀。這一連串的努力，在1990年為我們帶來了用低溫電子顯微技術得到的高解像度蛋白質照片，在這些照片中，我們甚至可以分辨出蛋白質中不同的原子。這些努力，更為亨德森、杜巴謝和弗蘭克帶來2017年的諾貝爾化學獎。

上月底，英國劍橋大學及德國馬克斯·普朗克生物物理化學研究所分別發表最新的成果，表示用低溫電子顯微技術已經可以達到接近十分之一納米的解像度，甚至可以將蛋白質中的氫原子與附近水中的氫原子分辨出來。希望這樣高的解像度，能夠讓我們更快理解蛋白質的秘密。

■張文彥 香港大學理學院講師

短暫任職見習土木工程師後，決定追隨對科學的興趣，在加拿大多倫多大學取得理學士及哲學博士學位，修讀理論粒子物理。現任香港大學理學院講師，教授基礎科學及通識課程，不時參與科學普及與知識交流活動。

為什麼小學不用計算機？

奧數揭秘

這次分享一道關於對數（logarithm）的問題，之後談談為什麼有了計算機，小學時還要學算術。

談這個問題前，先介紹一下對數的基礎知識。對數的意思，主要就是當問到1000是10的多少次方時，就可以用對數 $\log_{10}1000 = 3$ ，即 $1000 = 10^3$ 的意思。剛才的1000和10可以改為其他正實數，10的位置稱為對數的底，注意不能是1。若果底為10的話，一般可以忽略不寫。對數裏的運算法則挺多，要做過習題才會熟練，這裏就不詳述了。

以下的題目主要用到一個性質，就像剛才1000的這個四位數， $\log_{10}1000 = 3$ ；又好像100這樣的三位數， $\log_{10}100 = 2$ ，而100至1000以下的數，對數值都會是2和3之間。

問題： 7^{100} 和 11^{100} 各為85和105位數，那麼 77^{20} 是幾位數？

答案： 由條件得知，
 $84 \leq 100\log 7 < 85$
 $104 \leq 100\log 11 < 105$
設 $P = \log 77^{20} = 20\log 77 = 20(\log 7 + \log 11) = \frac{1}{5}(100\log 7 + 100\log 11)$
 $\frac{1}{5}(84 + 104) \leq P \leq \frac{1}{5}(85 + 105)$
 $37.6 \leq P < 38$
因此 77^{20} 是38位數。

剛才的題解之中，除了用到之前談對數的性質，還用上了不等式作估計，從而得知P的範圍。這題解的方法，在這些數字來說固然可行，但換一下數字的話，也可能有點麻煩。關鍵在於P的上限，在這題來說是38，而小於38的，只能是37.6再多些，但若果換了數字，上限是38.4之類，下限仍是37.6，那這樣的估計就未可以確定最終答案是38還是39。所以說，這個方法是有它特殊的地方，並不是一個換了數字也可行的普遍做法。

這個題解的方法固然是特殊的，但也算是一道不錯的綜合題，有適當的難度。事實上，問題本身，在數學上又無需要有太普遍的想法，若果沒考慮它是奧數題目的話，大可以用計算機計算，數字再大一點，也可以用電腦解決。

談起用計算機用電腦的問題，中學生有時回顧起小學的日子，會問為什麼有了計算機還要學算術，到了見識過可以處理代數和圖像的計算機，又不明白為什麼中學要算許多方程。

簡單來說，小學時學懂了算術，之後才可以處理代數，然後才可以有處理公式和解方程的問題。算術的運算，是有代數的交換律、結合律和分配律之類的性質在其中。小學時一步一步，由正整數，到分數，到小數，再結合一些簡單的代數，思想過程就漸漸變得抽象了，對數的理解，是由一些確定的數字運算，演變成未知數的代數運算，那樣的思想是抽象了一個層次。

這樣的抽象是有用的，因為數與數的關係往往用公式表達。比如圓柱體積的公式 $V = \pi r^2 h$ ，說明了體積V，底半徑r和高h的關係，這些數與數的關係，是要以代數來說才有普遍的用途，否則一個高度是3厘米，又要討論一番，高度是4厘米，又要討論一番，那就太煩瑣了。

明白了較抽象的代數，就明白為什麼即使有了計算機，還要學生鋪路去學代數規律。事實上，中學的代數之上，還可以有更抽象的層次，只是這些已經是大學數學的內容了，有興趣的讀者可以在網上找找代數的條目看看。

■張志基

環保健身單車 邊運動邊發電

綠得開心@校園

為實踐在生活中的綠色能源理念及智慧城市概念，梁文燕紀念中學（沙田）的學生參加了港燈舉辦的「綠色能源夢成真」比賽，在STEM教育組麥淑芬老師的帶領下，最終憑「健『耆』活出快樂藍天」項目獲得了比賽冠軍及「現場最積極推廣獎」。

「科技以人為本」是我們參賽的口號及信念，我們將廢棄的單車改裝成為一部專為長者而設的環保健身單車及提舉機，並應用編寫Scratch程式收集長者運動的健康數據作為健康狀況評估。裝置讓長者一邊做運動，一邊發電供應隨身小電器使用，達到一舉多得的效果。團隊希望透過項目能轉「廢」為「用」，減低堆填區的壓力之餘，亦鼓勵長者多做運動保持身體健康，同時向長者及社區推廣使用可再生能源的意識。

同學的創作之路絕不是一帆風順的，最初同學以市面一般健身中心的健身單車為藍本，但在聯絡老人院作推廣活動的時候，被部分院舍以健身單車不適合長者使用，特別是行動不便的安老院院友而拒絕；同學遇到挫折，不免有

些迷惘，但很快便抖擻精神，透過互聯網找尋解決問題的方法，並和老師商討改善方案，最後研製出是次參加比賽的發電健身機械及肩部推舉器。同學們的默契、合作性和師生深厚情誼，是成就今天獲獎的主要因素；老師也見證了同學的成長，學會包容及互相信賴，「取他人之長補自己的短」，變得更成熟。

師生們用兩個月製成發電的健身機械及肩部推舉器，並到馬鞍山廣場進行一場推廣表演及攤位展示，以及到訪香港基督教女青年會誌實松柏中心，向長者介紹發電的健身機械，長者不但精靈活潑、精力充沛，也創意十足。同學不單獲得長者們認同及支持，更得到他們的暖心建議，例

如發電健身單車的外觀純白，欠缺了色彩及吸引力。

比賽把同學的鬥志和興趣引發出來，並燃點起他們用科技知識改善人類生活的希望。同學們表示，會繼續透過學校教育及不同的STEAM教育比賽兩方面發展，希望創作出更多有用的東西，使能源科技可以讓人類經濟持續發展的同時，又不損害各種自然環境資源。

梁文燕紀念中學（沙田）參賽團隊在此特別鳴謝置富Malls與置富產業信託借出馬鞍山廣場作本項計劃的推廣及宣傳，也多謝香港基督教女青年會誌實松柏中心安排長者參與試用發電健身單車活動，使這次推廣活動及演示活動能順利推行。



■ 梁文燕紀念中學（沙田）團隊花了兩個月時間製成發電的健身機械及肩部推舉器，希望鼓勵長者多運動及推廣可再生能源。

作者供圖

■梁文燕紀念中學（沙田）

（港燈「綠得開心計劃」「綠得開心學校」之一，2019「綠色能源夢成真」比賽冠軍）港燈綠得開心計劃，致力教導年輕一代及公眾人士培養良好的用電習慣，目前已有四百多間全港中小學校加入「綠得開心」學校網絡。如欲了解詳情，歡迎致電3143 3727或登入www.hkelectric.com/happygreencampaign。