

細胞「能量中心」由食物變共生



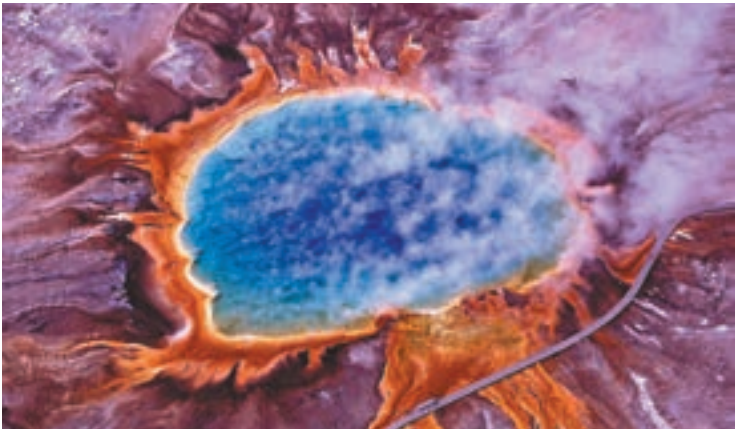
科學講堂 逢星期三見報

之前跟大家談到人造細胞的時候，提到過複雜的細胞中，有一個名為線粒體（mitochondrion）的結構。這樣的結構是細胞中的「能量中心」，負責製造能量供細胞之用。前幾次和各位分享現代人類起源的時候，也提到過線粒體藏有自己的DNA，而藉由研究這些線粒體DNA，我們推斷出現代人種是起源於非洲，再慢慢擴展至全世界。細想之下，線粒體這個結構有點兒特別：它藏身於細胞之中，應該是細胞的一部分；但是它卻含有自己的DNA。這樣的設定究竟是怎樣來的呢？

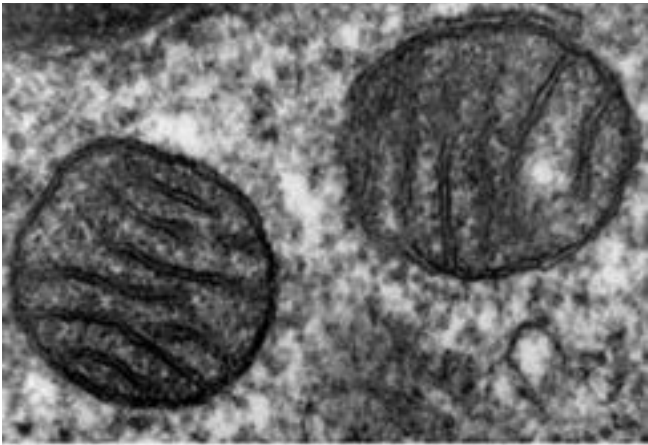
古菌細菌不親密

在生物學中，細胞較為複雜，（大部分）擁有線粒體的生物被稱為「真核生物（eukaryota）」。這些生物的細胞含有細胞核，將細胞的DNA跟細胞的其他部分分割開來。當然另有一些生物的細胞並沒有細胞核；其中一種就是我們熟悉的細菌（bacteria）；另一類沒有細胞核的微生物是古菌（archaea）。古菌在外觀上可能跟細菌有點兒相近，不過美國微生物學家烏斯（Carl Woese）和他的研究夥伴在1970年代分析了不同微生物的基因，發現古菌和細菌並不算親密：古菌與細菌在基因上的分別，跟古菌和真核生物的分別，看來不相伯仲；因此1977年就在烏斯和他的研究夥伴的倡議下，將生物分成真核生物、古菌和細菌三大類。那麼這個分類方法跟今天要討論的線粒體來源又有何關係呢？線粒體含有自己的

DNA，令生物學家們想到，線粒體可能源自古菌和細菌的一種共生關係：在地球生命進化的初期，有一些細菌「選擇」了生活在古菌之中。在剛開始的時候，這些細菌可能是被古菌當食物吞噬的，不過這些細菌能夠產生能量，能為古菌提供更多的能量來源。在這樣的利誘下，一些古菌就和這些細菌「共存」下去，再慢慢演化成今天擁有線粒體的真核細胞。這個猜想大體上來說不錯，而生物學家們甚至已經找到了真核細胞的祖先可能是那些微生物：最初的細菌應該是 α -變形菌（ α -haproteobacteria），而最初的古菌應該是屬於被稱為Lokiarchaeota的一類。不過這個猜想的一些細節還不是很清楚：比如說，在發展線粒體的時候，那些細胞究竟有多原始？在那個時候，那些細胞發展了細胞核沒有？

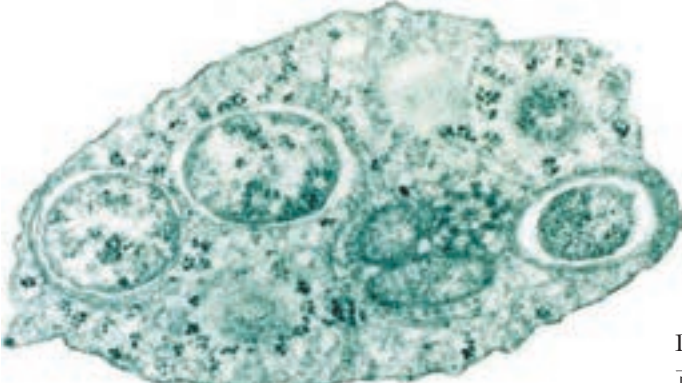


■最初古菌被認為只是在極端環境下存在的，不過後來我們也在較平常的地方找到它們。圖中的是美國黃石國家公園的大棧鏡溫泉。



■線粒體（mitochondrion）是細胞中的「能量中心」，同時也擁有自己的DNA。

早出現蛋白質 多與古菌有關



■ α -變形菌可能是真核細胞的祖先。
Public Library of Science / Scott O'Neill 圖片

為了回答這個問題，西班牙龐培法布拉大學的Alexandros Pittis跟Toni Gabaldón藉由分析基因去找出細胞中的哪些蛋白質較早或較遲出現。他們發現最早出現的蛋白質主要負責細胞的基本工作（例如複製DNA），而且的確大部分跟古菌有關，和真核細胞是來自古菌的猜想一致。最遲出現的蛋白質，毫不出奇地，大多來自

細菌，而且藏於線粒體中和跟生產能量的工作有關。不過，Pittis跟Gabaldón還找到第三種跟細菌有關的蛋白質：這些蛋白質出現的時間在第一種跟第二種之間，一部分可以在細胞內部結構的表膜之中找到。如此看來，當細胞發展線粒體的時候，細胞早已吸納了其他的基因，而且已經發展了一些內部結構。不過這第三種的蛋白質是從何而來的，還得依賴繼續的研究去找出原因了。

■張文彥博士 香港大學理學院講師

短暫任職兒習土木工程師後，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。

學解題思維 簡短未必好

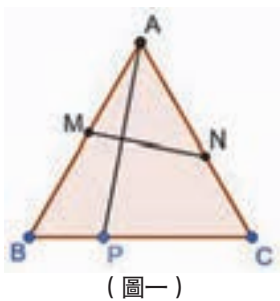
奧數揭秘

逢星期三見報

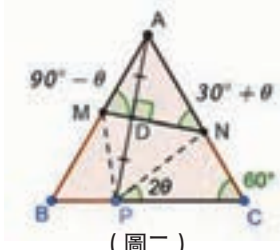
看書時看到一道幾何題，試着做做看，也算做到了，先分享一下，再談談自己怎樣想出來的。

問題 P是等邊 $\triangle ABC$ 邊BC上一點，連AP，作AP的垂直平分線分別交AB及AC於M及N。求證：BP·PC = BM·CN。（圖一）

答案 如圖二，由垂直平分線的條件，已知 $\triangle ADN \cong \triangle PDN$ (SAS)及 $\triangle ADM \cong \triangle PDM$ (SAS)。設 $\angle NPC = 2\theta$ ，則由三角形的外角，得 $\angle AND = \frac{60^\circ + 2\theta}{2} = 30^\circ + \theta$ 。然後由三角形內角和，得知 $\triangle AMD = 180^\circ - 60^\circ - (30^\circ + \theta) = 90^\circ - \theta$ 。再由直線上的鄰角，得 $\angle PMB = 180^\circ - (90^\circ - \theta) \times 2 = 2\theta$ 。由於 $\triangle ABC$ 為等邊三角形， $\angle B = \angle C = 60^\circ$ ，因此 $\triangle BPM \sim \triangle NCP$ (AA)。於是 $\frac{BP}{CN} = \frac{BM}{PC}$ ，即BP·PC = BM·CN。



（圖一）



（圖二）

解題的想法怎樣來的？其實題目結果裡的線段，BM、BP、PC和CN，都是 $\triangle MBP$ 和 $\triangle PCN$ 的邊，而由於 $\angle B$ 和 $\angle C$ 都是 60° ，算式又可以變成 $\frac{BP}{CN} = \frac{BM}{PC}$ ，因此解題就會沿着 $\triangle MBP$ 和 $\triangle PCN$ 的相似性入手。另外，兩個三角形已經各有一隻角相等，因此只需要找到另外一隻角相等就行。P點是兩個三角形的公共點，沿着P點有兩個三角形的內角，因此設未知數時在P點附近的角，大概會比較方便，因此便取了 $\angle NPC$ 為 2θ 。至於為何要 2θ ，而不是 θ ，也是有原因的。圖中 $\triangle ADN$ 和 $\triangle PDN$ 全等是很易看出來的，也會看到 $\angle AND$ 和 $\angle PND$ 一樣，若果將 $\angle AND$ 用 $\angle NPC = 2\theta$ 來表示，那樣就不會出現分數，否則若果設 $\angle NPC = \theta$ 的話， $\angle AND$ 會變成 $30^\circ + \frac{\theta}{2}$ ，計算起來可能要通分母，比較麻煩，因此設 $\angle NPC$ 為 2θ 比較好。設了 $\angle NPC$ 為 2θ 之後，方向已經明顯地要證明 $\angle PMB$ 也是 2θ ，那才可以進一步證明 $\triangle MBP$ 和 $\triangle PCN$ 相似。這個由 $\angle PMB$ 的鄰角考慮，把它們都用上了 θ 來表示，大概也差不遠，而事實上那就成功了。以上是筆者解題時的思考過程。事實上，正式的答案比這個方法還要短，答案裡直接指出 $\triangle AMN \cong \triangle PMN$ ，然後 $\angle MBP =$

$\angle MAN = \angle MPN = 60^\circ$ ，由三角形的外角，就可知 $\angle PMB + 60^\circ = 60^\circ + 2\theta$ ，得 $\angle PMB = 2\theta$ 。這個比筆者的想法更快一點。解題之先，其實很難知道方法好不好，就只是探索着，能夠有條有理找做出合理的假設，方便了之後的計算，也就夠好了，很難要求一下子就想到極短極快的方法。通常很快的方法，是在第一次解題之後，想通想透了，然後把許多分支細節都省去，餘下的留下來，才令人看來覺得很短很精妙。這點精簡當然有它的吸引力，但也令到真正解題的思路隱藏了，讀者看來就是無緣無故轉了許多彎，也不知怎樣想出來的。這篇希望做到的是，如實地表達出真實的解題思路，讓讀者參考一下。未必是最好的，但這點分析比較少見，即使奧數書裡的分析，許多時還是比較簡短，沒這裡詳細。學數學其中一個難點，就是無論別人想出來的主意怎樣好，最難就是明白他們怎樣想出來。有些人想出好主意來，但不代表他能夠自覺自己怎樣想出來的，於是主意多，但未必教得了別人。當然，也有些過程真是解釋不了，有些主意是自己想了出來，也不知怎樣想出來。剛好筆者這次解題的過程，都是能在自覺中完成，那就分享一下。解一道題目，回顧自己解題的策略，也回顧一下自己怎樣思考這點策略，亦是一種反省和學習。

■張志基

簡介：香港首間提供奧數培訓之教育機構，每年舉辦奧數比賽，並積極開辦不同類型的奧數培訓課程。學員有機會獲選拔成為香港代表隊，參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org。



巡測輻射 沒發現就是最好發現

氣象萬千

星期三見報

萬一有核事故發生，當嚴重到可引致輻射外洩，放射性物質就有機會像煙霧般擴散，即是我們所說的輻射煙羽。天文台與飛行服務隊一年一度的緊急演習，就是要模擬事故發生後，量度輻射煙羽擴散的高度，所以要在高空由上而下，旋轉飛下去。探測儀器會同時量度環境輻射水平，測量的數據會實時傳送到天文台。輻射是感覺不到、觸摸不到、看不到、無色無味，怎樣探測出來呢？就是依靠高敏感度的儀器。天然的輻射周圍都存在，其實很正常，天文台主要是探測有沒有人工的核元素。任務完成後，直升機上所有人都要通過偵測輻射的儀器，確保沒有受到輻射污染，萬一有污染就要沖洗。直升機身就會做大清洗，然後在機身不同位置採集樣

本，由儀器檢測輻射污染的程度，再決定是否需要做除污工作。除了一年一度的緊急演習，天文台每月都會做一次空中輻射巡測，利用敏感度相當高的碘化鈉晶體伽馬射線探測器，收集及量度環境輻射。出發前，天文台會先跟飛行服務隊擬訂好飛行路線，例如香港東北面的東平洲、吉澳一帶量度環境輻射。天文台在全港設有12個地面輻射監測站，24小時不停探測香港環境輻射水平，同時亦會利用空中輻射監測系統，有事故時可以進行大範圍巡測，搜尋有沒有一些高輻射水平的地點。因為要在空中搜尋輻射水平較高的地點，所以直升機一般不可以飛得太高，要在較低的高度巡測，大約300呎左右，其實頗低，感覺飛得相當貼近地面，飛行服務隊很專業，操控得很穩定。每一次巡測工作，沒有發現就是最好的發現，天文台多年來的測量結果都顯示，香港的環境輻射水平並無顯著變化。



■天文台與飛行服務隊合作，定期檢測香港的輻射水平。

簡介：本欄以天文台的網上氣象節目《氣象冷知識》向讀者簡介有趣的天氣現象。詳情可瀏覽天文台YouTube專頁：<https://www.youtube.com/user/hkweather>。



為什麼從光譜就可以「看」出原子種類？

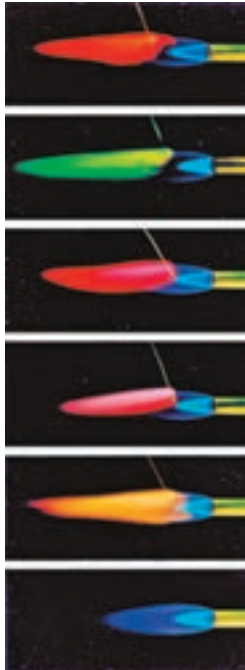
不同原子的定態能量不同，發出的光譜各不相同，具有自己的特徵譜線。

有問有答

隔星期三見報

在陽光照射下，肥皂泡上會出現斑斕的顏色。為什麼光有這麼多不同的顏色呢？為了研究這個問題，1666年牛頓讓太陽光通過三稜鏡，發現陽光被分解為七色光帶。牛頓稱之為光譜。1853年，德國科學家羅伯特·本生和古斯塔夫·基爾霍夫又發現，被火焰灼燒時，金屬及其鹽類能產生明亮火焰，其中包含獨特的譜線。這就像人的指紋，每個人的指紋都不相同，利用這種方法可以鑒別各種金屬。基爾霍夫用這種方法發現太陽表面存在氫、鈉、鐵、鈣、鎳等元素。這是人類第一次從地球上直接測出太陽中的元素種類。1868年，法國和英國天文學家發現太陽光譜中有一種從未見過的明亮的黃線，不同於之前任何熟悉的元素，從而證明太陽上存在着一種新元素——氦，後來人們在地球上也發現了它。那麼，為什麼不同的元素能產生不同的譜線呢？這個問題在很長時間裡沒能解決。

到19世紀末，光譜學的實驗研究已積累了大量實驗數據，人們逐漸找到了一些經驗公式來統一表述眾多複雜的光譜。1855年，瑞士中學教師巴耳末發現了氫原子光譜的一項經驗公式。1885年，瑞典物理學家里德伯對這一公式進行了推廣，寫成了兩個整數的平方倒數之差乘以一個常數，這個形式雖然簡單，卻可以精確地描述氫原子譜線。為什麼原子的光譜有這樣簡單的規律？這些問題又困擾了物理界近30年。1909年，英國科學家盧瑟福發現了原子是由原子核和繞原子核高速轉動的電子組成。不過，按照電磁學理論，電子在轉運過程中會發出電磁輻射，能量很快會降低，在不到1納秒時間內電子就會掉進原子核，原子就崩潰了。但是，看看周圍的世界，億萬年前形成的高山和大地至今還穩定地存在，這表明，原子是穩定存在的。為解決這一尖銳的矛盾，1913年，年輕的丹麥物理學家尼爾斯·玻爾創造性地發展了德國物理學家普朗克在13年前提出的量子觀點。當時，普朗克為解決黑體輻射問題，提出一項革命性的觀點，認為物體發出的光輻射的能量是一份一份的量子，量子的能量大小取決於輻射的波長。這一觀點雖然能較好地解釋實驗數據，但被當時大多數物理學家所質疑。玻爾在了解里德伯光譜公式之後，提出了比普朗克更加激進的主張。在他看來，宏觀世界中的規律未必能毫無保留地推廣到微觀世界。微觀世界裡，可以有全新的物理學。在對大量實驗事實進行深入分析後，他提出氫原子中的電子繞原子核運動時，電子只能處於離原子核特定距離的軌道上，並且電子在這些軌道上繞核轉動時既不吸收能量，也不發生電磁輻射，這樣原子就會穩定存在，原子具有特定的能量，它所處的這種狀態叫作定態（定態假定）；電子可以從一個定態軌道躍遷到另一個定態軌道，同時吸收或者放出光子，光的能量等於電子在不同軌道上的能量差（輻射條件）。



■元素的光譜特徵。
作者供圖

《十萬個為甚麼（新視野版）物理II》

