

「電風扇」蛋白質 讓動物有感覺

科學講堂

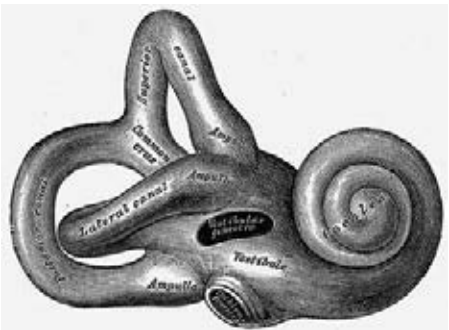
因應外界的改變而作出相關的應對，是生命的其中一個特徵；而生命可以這樣做，自然得依靠各種感官。一些感官的運作原理，我們已經有個大概的概念：從物件反射出來的光線，經由眼睛中的晶體聚焦至視網膜之上，再轉化成神經信號，傳到腦部供大腦分析、解讀；這就是視覺。食物中的化學物質刺激舌頭上的味蕾，再由味蕾將這些刺激轉變為信號，然後也是送到腦部作闡釋；這就是味覺。但是觸覺又是怎樣呢？我們對觸覺的理解，相對來說，好像就是少了一點。

靠戳老鼠細胞 找出觸覺基因

在細胞的層面，觸覺也是十分重要：細胞需要察覺空氣流進肺部，需要感知胃部是否充滿食物；而我們能夠聽到聲音，其實也需倚靠內耳中的感官細胞感應構成聲波的震動，再將其轉換成神經訊息。那細胞是如何完成這些「任務」的呢？

美國斯克里普斯研究所的分子神經生物學家 Ardem Patapoutian 和他的同僚 Bertrand Coste 也考慮了相同的問題。他們運用了一種特別的老鼠細胞：每次被輕輕一戳，這種細胞就會產生出可以被量度到的電流，代表它們對觸感的反應；Patapoutian 與 Coste 再在每一批這樣的細胞之中壓抑一條不同的基因，令這段基因無法發揮它的功能；假如在壓抑某一條基因以後相對的一批細胞不再對觸覺有反應，那麼這段就是我們在尋找的基因了！經過好幾個月的努力，Patapoutian 與 Coste 終於發現了兩條這樣的基因，取名為 Piezo1 及 Piezo2，也就是希臘語「壓力」的意思。

這種能夠識細胞感應壓力的蛋白質，自然迅速成為大家研究的對象。Piezo1 和



■我們能夠聽到聲音，是靠內耳中的感官細胞感應構成聲波的震動，再將其轉換成神經訊息。網上圖片

Piezo2 由大約 2,500 個氨基酸組成，比一般哺乳類動物的蛋白質長五倍；然而過往利用 X 光或磁力共振的技術，對分析這麼複雜的蛋白質構造並不是十分有效。清華大學的蕭百龍副教授曾經是 Patapoutian 研究團隊的成員，自然對這個課題很有興趣：在 2015 年他利用低溫電子顯微技術，成功找出了 Piezo1 的結構，而其他的研究團隊之後也發表了更高解像度的結果。



■科學家們已找到負責觸覺的基因。資料圖片

形狀似螺旋槳 缺基因不會痛

這種蛋白質的形狀，看起來其實有點兒像傳統的電風扇或螺旋槳：從中央的部分伸出三條像扇葉的構造，而每條這樣的「扇葉」也是略呈弧狀。科學家們也已有一些 Piezo 蛋白質是怎樣運作的猜想，但暫時還未能將它們驗證：現在我們只能夠觀察獨立存在於實驗室的 Piezo 蛋白質，但一些研究團隊已經在嘗試察看它們在人造細胞膜上運作的情況了。

如前所述，這些 Piezo 基因在身體中擔當着多種的角色。已有實際病例顯示，Piezo 基因出現問題的病人，對感

受自己身體活動會有困難：假如沒有視覺的輔助，這些病人會感覺不到自己的肢體在哪裏，以至要直線走路也有問題；把震動中的音叉貼近他們的皮膚，他們其實是依賴聽到的聲音去知道音叉是否在震動，因為一旦讓他們戴上隔音的耳罩，他們就不會察覺音叉的震動了。

Piezo 基因與感覺痛楚也有關係，如果把辣椒中令我們感到辛辣的物質（也就是辣椒素 capsaicin）注射入老鼠的身體之中，牠們對痛楚的感覺會變得異常敏感：就好比被太陽曬傷的皮

膚，輕輕地一按也會為我們帶來無比的痛楚。然而，缺乏 Piezo 基因的老鼠，卻不會有這種敏感的反應。對 Piezo 的研究，也許在未來會幫助我們在醫療上處理痛楚呢。



■把辣椒素注射入老鼠的身體之中，牠們對痛楚就會變得異常敏感。網上圖片

■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。

限制條件中求極值

奧數揭秘

這次分享一道在限制條件中求極值的問題，就是未知數在一定的關係之下，限制了大小，然後找與該未知數相關、另一函數的最大值或最小值的問題。當中的技巧用上了一些一元二次函數的技巧，比如配方法和函數圖像之類，基礎上屬於課內的高中課程，奧數則屬初中程度。

問題：已知 $x^2 + 2y^2 = 1$ ，求 $2x + 5y^2$ 的最大值。

答案：留意到兩式都有 y^2 ，於是把 y^2 化成主項，得 $y^2 = \frac{1-x^2}{2}$ ，代入得

$$2x + 5y^2 = 2x + 5 \times \frac{1-x^2}{2} = -\frac{5}{2}x^2 + 2x + \frac{5}{2} = -\frac{5}{2}(x^2 - \frac{4}{5}x) + \frac{5}{2} = -\frac{5}{2}(x - \frac{2}{5})^2 + \frac{29}{10} \leq \frac{29}{10}$$

留意到若 $x = \frac{2}{5}$ ，則可得此式最大值為 $\frac{29}{10}$ 。

考慮 $x = \frac{2}{5}$ ，則 $(\frac{2}{5})^2 + 2y^2 = 1$ ，得 $y = \pm\sqrt{\frac{42}{10}}$ ，可知該最大值為 $\frac{29}{10}$ 。

解題過程中，通過消去 y^2 ，令目標算式裏只留下未知數 x ，再經過配方法，得到最大值。要留意的重點，是配方之後得到的結果，不可以即時說是最大值。因為題目的條件中，有 $x^2 + 2y^2 = 1$ ，使得 x 的範圍並非任意，只能是 $-1 \leq x \leq 1$ 。故此若果 x 超出了這個範圍，則沒有對應的實數 y 符合限制條件。因此最後一步，檢查當目標算式為最大值時，是否有實數 y 與之對應，滿足限制條件，是必要的一步。

若果目標算式換了數字，是不是真的會有別樣的情況呢？這也試舉一個例子說明，比如要找 $P = 2y^2 - 4x - 5$ 的最大值，而限制條件一樣，代入 $y^2 = \frac{1-x^2}{2}$ ，則有 $P = -x^2 - 4x - 4 = -(x+2)^2$ ，這樣看來當 $x = -2$ 的時候， $P = 0$ 為最大值，但留意到這時候，限制條件裏 $-(2)^2 + 2y^2 = 1$ ，得 $y^2 = -\frac{3}{2}$ ，可見 y 不是實數。即 $x = -2$ 所對應的 $P = 0$ 不能是最大值。這時候要求 P 的最大值，要看 x 的範圍 $-1 \leq x \leq 1$ 裏，兩端的 1 和 -1 對應的 P ，由檢算可得知當 $x = -1$ 時， $P = -1$ 為最大值。

這裏就可以看出，只要目標算式裏的數字換一

下，解題時就算都是用上了配方法，但細節上是有分別的，若果想答案時，欠缺了 x 範圍的考慮，數字改變一下時，就會錯了。

在題目裏的限制條件下求目標函數的極值，這種題目很多，比如課程內就有線性規劃，通常中五中六左右才會學，那就是限制條件是幾道線性不等式，然後目標函數是線性函數的情形。

為什麼限制條件下求極值的問題有很多呢？因為在現實的情況裏，目標函數計出來的，有時是生產成本，有時是時間，而這些數字是跟產品各部分的限制有關的，比如生產時間不能太長，或者一些部分不能太多，這些變量的數量有限制，寫成算式時，就有了各樣的限制條件，想要求成本最小，或時間最短的話，那就成了一道限制條件下，求極大極小值的問題。這些限制和目標函數，化成算式時，有時是線性，可以用線性規劃，到了非線性的情況，又需要一些較強的工具。

在題目的情景裏，容易推想到，若果限制條件又多又複雜，目標函數也很複雜時，做起來是極困難的。

■張志基

膠樽改造大行動 展現創意又實用

綠得開心@校園

「嘩！那些作品很有趣，真的可以用嗎？」「那個作品真特別，很有創意啊！」學生熱烈地討論着同學製作的環保展品，有的展品是用膠瓶壓扁成拖鞋的；有的用膠瓶製作動物造型的花盆；有的剪裁膠瓶加上瓶蓋，製成玩具車。為什麼學校會出現這些展品呢？那是因為我校一向重視環保，希望學生透過身體力行，加強環保意識，實踐綠色生活。學校的環保大使和全體學生進行了不少活動，而這些新奇的環保展品就是老師澆灌、同學們努力的成果。

學校安排同學們參與這項改變工程，低年級同學參加「親子設計玩具」活動，以家中棄置的物料製作玩具，賦予新的生命；高年級同學則參加「力樽完美膠樽改造活動」，將廢棄膠樽改造為實用又美觀成品，過程中培養創意及動手能力，並鼓勵他們在日常生活中發掘廢物再用的觸覺，提升其環保意識。完成的作品均作公開展示，讓同學間互相觀摩和欣賞，給製作者送上不少讚譽。

我校為環保大使安排一系列多姿多彩的活動，例如參觀、農耕體驗活動、工作坊等。學校更與不同的環保團體合作，讓大使可以參與內容不同、性質迥異的工作坊，活動理論與實踐並重，過後將所學加以運用。

記得同學們在那次的耕種工作坊，在導師的指導下，學習翻泥、



■環保攤位遊戲很受同學歡迎，從遊戲中學習環保知識。作者供圖

下種、澆灌和收割的技巧。環保大使之後在學校增闢的小園圃，種植香草、種植蔬菜，親身體驗種植的樂趣。

環保大使也參與了廚餘工作坊，認識香港的廚餘問題，培養惜食的習慣，繼而參與學校的回收廚餘行動，協助宣傳及回收廚餘。

為了讓同學明白節約能源，減少浪費的重要，培養出節能減廢的習慣，環保大使協助在校內探討，商議、宣傳和進行回收及重用紙張和膠樽，又在「環保月」推行「小息熄電器計劃」，鼓勵學生離開課室時關掉課室電器，由環保大使檢查，然後表揚表現良好的班別或級別，讓學生在不知不覺間養成節能的習慣。這些活動強化了同學們的環保知識和態度，透過校園推廣，環保的種子悄然在校園內撒下，環保的意識更徐徐地植根於其他同學

的心田。

此外，我校亦推行「惜食之星」選舉和回收廚餘行動提倡「惜食」文化；舉辦環保標語創作活動、海報設計活動；以實踐環保理念進行的專題研習；更刺激的有班制環保常識問答比賽。不過最令學生津津樂道的一定是趣味無窮的環保攤位遊戲，以遊戲的形式檢視學生掌握有關知識的程度。每個學生都可以參與其中，親身嘗試，寓學於樂，自然喜不自勝。

每當提起我校的環保活動時，同學都會說：「環保攤位遊戲真好玩！」「環保常識問答比賽好精彩！」「環保展品好可愛！」可見我校的環保活動多元化，既有重點培育環保大使去為環保活動作先鋒，又為全體同學增進環保知識，強化節能減廢的習慣，共建綠色校園。

■東華三院馬錦燦紀念小學

(港燈綠得開心計劃「綠得開心學校」之一，最傑出「綠得開心學校」大獎2019小學組優異獎) 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/happypgreencampaign。