

# 超大顯微鏡 微觀尋粒子

## 科學講堂

不知大家有否聽說過，在地球地下175米的深處，有一條圓周長達27公里的圓形隧道？這條隧道裡的磁鐵磁場強大，是地球本身磁場強度的10萬倍。為了維持如此強大的磁場，這些磁鐵更需要在攝氏零下271度之下運作。如此驚人的建築與設施，其實就是位於瑞士跟法國交界，歐洲核子研究組織（CERN）的大型強子對撞機（Large Hadron Collider），堪稱世上最大的顯微鏡。

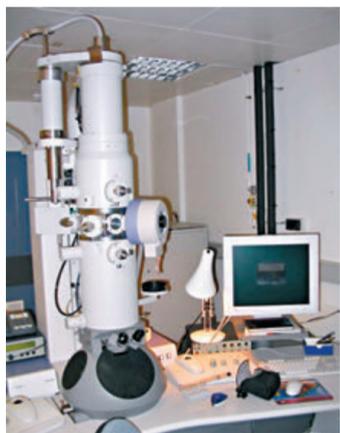
### 探究物質結構 發現全新粒子

這個深藏地下、圓周長達27公里的建築，自然實至名歸地與「大」扯得上關係；不過為什麼它是一部顯微鏡呢？因為這個大型強子對撞機，其實是用來深入探究物質結構的：平日的生物顯微鏡可以用來察看各種細胞；電子顯微鏡可以看到金屬、結晶體的表面結構；但是這個大型強子對撞機，卻是希望超越組成原子核的質子與中子，發現新的粒子，並深入研究組成質子中子的夸克（quark）。用來察看如此微細結構的工具，難道還不是顯微鏡嗎？

然而這個「顯微鏡」為什麼要建得那麼大？有什麼好處或需要？最歸根究柢的原因，在於我們需要把大量的能量「灌注」於一些粒子之上。愛因斯坦著名的狹義相對論告訴了我們， $E = mc^2$ ，也就是說能量（E）和質量（m）可以互換：質量可以「化為烏有」，變成無形的能量；但反之無形的能量，也可以轉換成實質的質量。粒子物理學家一直很好奇，在微觀的世界裡，是否還有更多、更重的粒子未被發現？這些新的粒子自然在世界的各處造成或多或少的影響，或許可以幫助我們解答其他未解的問題。

在大型強子對撞機中，普通物質中的質子被加速到極高的速度與能量；這些高速

度、高能量的質子其後會互相對撞；在對撞的那一刻，有些時候就可以將這些質子的能量轉化成較重的未知粒子。2012年大型強子對撞機發現的希格斯玻色子（Higgs Boson），就是一個好例子。自然能量、質量互換並不同於能量虧欠：要產生愈重的粒子，我們要投放進去的能量就愈多。



電子顯微鏡可以看到金屬、結晶體的表面結構。



位於瑞士跟法國交界，歐洲核子研究組織（CERN）的大型強子對撞機，在地下175米的深處，有一條圓周長達27公里的圓形隧道。

### 質子速度愈高 相對波長愈短

量子物理學的基本原理，也可以解釋為什麼大型強子對撞機需要高能量。量子物理學告訴我們，任何物質，包括在對撞機裡被加速的質子，都可以被看成一束光：這道光束的波長，與物質的質量跟速度成反比，也就是說質子的速度愈高，其相對的波長就愈短。

要觀察細微的物件，需要波長短的光；長波長的光，就好像刻度粗疏的間尺，無

法用來量度微細的事物。大型強子對撞機將質子加速到極高的速度，可以想像成是將這些質子變成刻度精密的間尺，再用來「剖析」其他的質子。

大型強子對撞機需要高能量的粒子，看來是可以理解了，但是為什麼它需要如此巨大的面積呢？這種圓形設計的對撞機，其實需要被加速的粒子不停的繞圈轉：每一次粒子經過某一個特定的位置，就會得

到更多的能量。大家應該可以想像，當質子的速度愈來愈高，要它們拐彎將會愈來愈困難。

現在的做法，就是運用強力的磁鐵。不過雖然用到如前所述的強力磁鐵，現在的大型強子對撞機也已高達圓周27公里了。在未來的日子裡要如何進一步探索微觀的世界呢？大家可能要再多用一點心思了。

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。

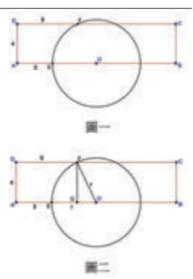
## 矩形與圓形

### 奧數揭秘

圓形和矩形，在中小學裡都是常見的圖形，在這些圖形重重疊疊之間，就可以作許多幾何題出來。以下是其中一條，用上了一些簡單的圓形特性，與矩形性質的題目。

問題：矩形ABCD的邊AB經過圓O的圓心，E和F分別為邊AB、DC與圓O的交點。若AE = 3，AD = 4，FD = 5，求圓O的直徑。（圖一）

答案：如圖二，設半徑OF = OE = r。  
作FG ⊥ OA，並考慮△OFG，  
 $(r + 3 - 5)^2 + 4^2 = r^2$   
 $r^2 - 4r + 4 + 16 = r^2$   
 $r = 5$   
因此直徑是  $5 \times 2 = 10$ 。



題解中用到的只是畢氏定理，不過之前也要添加輔助線，才能夠把兩條半徑的關係串連起來，算是較為簡單。有些課內的題目，若教科書本身普通題目是較難的，說不定題目也有這個程度。這題算是有點解難的趣味，若是學生喜歡較難的，改改數字或形狀，也可以看到更多的變化，能感到趣味就夠。

有時學生喜歡具挑戰性的題目，遇着能夠提出難題的老師，就格外地喜歡，覺得老師特別好。這當然是一種好，只是老師也有很多種，有些在數學應用上比較擅長，有些在表達上比較擅長，有些性格比較親切，各有各的好。

在中小學階段，其實許多學生學奧數時，未必真的早已立定志向要做數學家，或者根本連之後會否在大學選數學系，也沒那麼早決定，所以未必真是愈早學大學數學就會覺得愈吸引。

有時學生可能只是模模糊糊地覺得特別喜歡數學，至於具體來說，究竟是喜歡那些邏輯嚴格而形式抽象的純數，還是喜歡應用在各情景裡的應用數學，還是喜歡一邊計數一邊動手做一件機械出來，就未必想到那麼仔細的。

學奧數就是會遇着各種老師，有些背景上比較接近純數，有些興趣上會懂得其他科學，有些有工程師的背景，於是談起數學來，若果學生懂得發問的話，可以得到許多數學相關的其他知識。

學生看數學，未必一定看到純數學的角度，可能看到的是老師的教法也不錯，若果將來自己做教師，這樣教人也挺好。可能有次老師談起用數學來砌機械人，覺得能弄一件產品出來，比起用紙和筆計數更吸引，從而想做工程師。有時一些學生也沒思考得那麼遙遠，就只是想多看一點數學，對自己要求也不怎樣高，可能只需要一個夠親切平和的老師，談些略為有挑戰性的題目，已經足夠提升興趣了。

學生在成長中遇多些各樣背景的數學老師是好事，那樣會比較明白在讀數學的路上，還可以向哪個方向發展。同一樣的數學知識，在不同的老師講出來，因着各自的背景不同，看的重點也是有分別的，能說出來的道理也可以有分別，能虛心地學習各種形式的數學，從中找到適合自己的方向，也是一個喜歡數學的人，在成長中必經的階段。

張志基

簡介：奧校於1995年成立，為香港首間提供奧數培訓之註冊慈善機構(編號：91/4924)，每年均舉辦「香港小學數學奧林匹克比賽」，旨在發掘在數學方面有潛質的學生。學員有機會選拔成為香港代表隊，獲免費培訓並參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：[www.hkmos.org](http://www.hkmos.org)。



## 尋找幸福的極光

### 科技暢想

筆者剛剛從加拿大黃刀鎮回來，有緣觀賞到北極光。極光（北極光 Northern Lights / Aurora 或南極光 Aurora Australis）是一種電漿體現象，主要發生在具有磁場的行星上的高緯度區域，而在地球上的極光帶即是經度上距離地磁極  $10^\circ$  至  $20^\circ$ ，緯度寬約  $3^\circ$  至  $6^\circ$  的區域。當磁暴發生時，在較低的緯度也會出現極光。地球上的極光是由於來自磁層和太陽風的帶電高能粒子被地磁場導引帶進地球大氣層，並與高層大氣（熱層）中的原子碰撞造成的發光現象。

很多人以為極光只有綠色，這是非常錯誤的觀念。其實極光有綠、紅、黃、藍、紫和粉紅等顏色。地球的極光主要有紅、綠二色，這是在熱層頂部發生的。極光也是在熱層頂部發生的。極光大約在400公里至1,000公里的高空發生。

綠色光是來自氧原子被外來電子撞擊後，本身電子被激發至高能階態，再放出光子躍遷至低能階。當原子離開激態所放出的光子為單一頻率的綠光，我們就看到了綠色的極光。在較低高

度，氮會放出暗藍與粉紅色的光，電離的氮分子成為發出可見光的主體，它發出的波長是紅色和藍色，並以428毫微米（藍色）為主要的譜線。

氮從激態回到基態是紅色。黃色和粉紅色是紅色和綠色混合的結果。紅色通常出現在最高處，是激發的氧原子輻射出630奈米的電磁波，原子的低濃度和眼睛對此波長的低靈敏度，使這種顏色只有在太陽活動強烈的情況下才能被看見。

綠色通常出現在較低的高度，較頻繁的碰撞支撐了氧在557.7奈米的輻射；相當高的氧原子濃度和眼睛對綠色的光較敏感，使綠色的極光最為常見。



極光其實有多種顏色。

洪文正

簡介：本會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年人提供更多機會參與國際性及大中華地區的科技創意活動，詳情可瀏覽 [www.hknetea.org](http://www.hknetea.org)。

