

量度「能量階梯」 製精確原子鐘

科學講堂

上次跟大家談到低溫電子顯微技術這個近年發展迅速的科技，容許我們準確地察看更多種類的蛋白質，繼而幫助我們了解蛋白質的結構與功用之間的關係。今天再和大家分享另一個方向的科技發展：製造更準確的時鐘。

固定頻率輻射 原子鐘少誤時

前陣子也和大家討論過時鐘的簡略發展：從依賴大自然的固定周期（比如說太陽的移動、沙漏中沙粒的流動），到後來人類發明了機械來計時（例如利用鐘擺的各種機械鐘）。這個時鐘的「演化史」，其實也反映出人類科技逐漸進步。

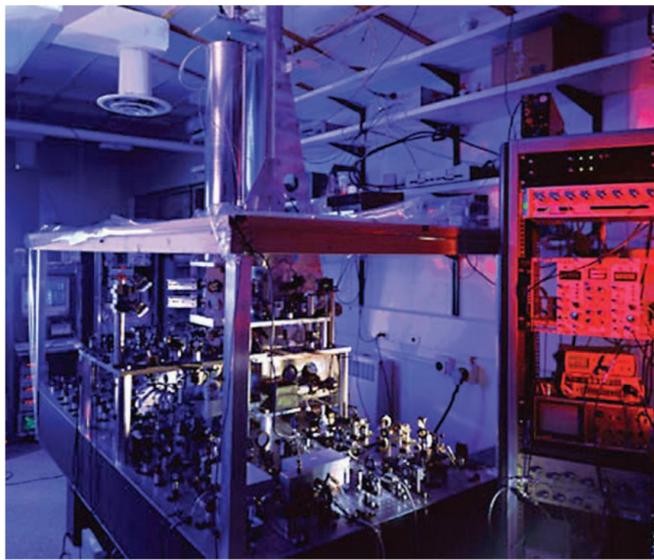


■ 利用鐘擺的機械鐘。 網上圖片

現在我們最精確的時鐘，是所謂的「原子鐘」，利用我們對原子的深入了解：原子及其他微小的粒子，原來能夠擁有某些數量的能量（不同的粒子能夠擁有的能量卻可以不同）。這就好比每一顆微小的粒子都有一道隱形的階梯，當它吸收了適當數量的能量，就會攀上這道隱形階梯上更高的梯級；不過這些梯級之間的距離是固定的，因此這些粒子只能夠吸收剛好是兩個梯級相差的能量。

同樣道理，當這些粒子從較高的梯級下降到更低的梯級，就會釋放出兩個梯級相差的能量。假如這些固定的能量以光和輻射的形式被釋放出來，這些輻射的頻率也會是固定，因為輻射的能量愈大，其相對應的頻率也會愈高。固定頻率的輻射，就好像一個十分精準的鐘擺，為我們帶來極

其準確的原子鐘：倘若在宇宙開始之時我們就有原子鐘，到了今天它們應該還不會誤差超過一秒鐘。



▲ 輝鉬礦主要由二硫化鉬組成，是銻的主要商業開採來源。 網上圖片

◀ 銻原子鐘，是現時美國時間和頻率的標準。 網上圖片

應用愛因斯坦理論 量度離子頻率質量

不過我們並不滿足於此，還希望能造出更精準的時鐘。一直以來，我們的原子鐘都利用不帶電的原子或略為帶電的離子，然而科學家已在研究，帶大量電荷的離子應該能用來製作更準確的計時器。

不過，要達成這個目標，我們先需要解決一個問題：我們要清楚量度這些離子的「能量階梯」，好讓我們能夠知道它們釋放的輻射是什麼頻率。然而，這些離子一般很少釋放這些輻

射，以致要直接量度它們的頻率並不容易。

馬克斯·普朗克核物理研究所的Schussler和她的研究夥伴想到了另一個方法：根據愛因斯坦的著名公式， $E=mc^2$ ，擁有愈多能量的東西，其實代表它們有愈高的質量，因此除了直接量度這些「能量階梯」，我們可以找出在不同「能量階梯」上的離子，再量度它們的質量。Schussler的團隊用電磁場將這些離子固定起來，不讓「四處走動」，而只會在原

地繞圈。不過它們繞圈的頻率與這些粒子的質量有關：質量高的粒子也就較重，動起來自然較慢、頻率較低。因此量度它們繞圈的頻率，我們就可以知道它們的質量，再找出它們的能量。

Schussler的團隊將這個方法用於銻(Rhenium)這種金屬的離子之上，量度了它的「能量階梯」。可惜的是看來這種離子並不適合用於計時器。不過，這已證明了這個量度方法真的有用，下一步就是尋找適當的離子了。

■ 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。

代數式的比較

奧數揭秘

這次分享一道關於整數部分的題目，然後談談當中技巧的變化。先談談整數部分是什麼意思。對於正數來說，比如3.5，整數部分就是3；若是整數4，整數部分就是4。說得精準一點，就是不大于該數的最大整數的意思。聽起來好像很艱澀，直觀一點看，對於正數來說，若是整數，該數的整數部分就是自己，若果是小數，整數部分就是小數點左方的那堆數字。至於負數的情況，這次暫不討論。

問一個較簡單的問題， $\sqrt{440}$ 的整數部分是什麼？若是按計算機，當然很快計得到，但就算不用計算機也有方法，就是看看440剛好在兩個連續平方數之間。因為 $20^2 < 440 < 21^2$ ，所以取平方根後，得知 $20 < \sqrt{440} < 21$ ，也就是說， $\sqrt{440}$ 的整數部分為20。以下的問題是代數的形式，也是類似想法。

問題：求 $\sqrt{m(m+1)}$ 的整數部分，其中m為正整數。

答案： $m^2 < m(m+1) < (m+1)^2$
 $m < \sqrt{m(m+1)} < m+1$
因此該整數部分為m。

題目比起之前討論的 $\sqrt{440}$ ，根號內變成了代數式，在比較大小上，也就多了一點陌生感。根號內的 $m(m+1)$ ，是因式分解了的形式，比較大小時還算明顯，若果展開成 m^2+m ，就沒那麼明顯了。要是再進一步，問 $\sqrt{m^2+m+1}$ 的整數部分，看起來就更陌生了。按着之前比較大小的方式，要知道 $\sqrt{m^2+m+1}$ 比m大很容易，要留意的是右方的情況，注意到 $m^2+m+1 < m^2+2m+1 = (m+1)^2$ ，即根號內的代數式，仍然小於 $(m+1)^2$ ，跟之前討論的情況一樣。要是開始時就問的 $\sqrt{m^2+m+1}$ 問題，那就難一點了。

小學時，把小數、分數和百分數作大小比較，是常見的問題。到了中學，中三左右會教不等式，但較直接去比較代數式的大小。其實在一定範圍內，代數式也可以比較大小，比如剛才就是當m是正整數時，比較 m^2 、 m^2+m+1 和 $(m+1)^2$ 的大小。

普遍來說，把一些較複雜的代數式與一些形式較簡單的代數式互相比較大小，對於這個複雜的代數式的數值大小，就多了一點較具體清晰的了解，也

容易想像出該代數式的圖像，留意到當中的大小變化與趨勢之類。

代數式的大小比較，技巧變化挺多，平常的課程很難講得多，因為比較困難。通常都是奧數題裏，久不久要用些不等式技巧，才會多點時間鍛煉。這些不等式的技巧，除了要有數學知識，也需要很多創意，因為估計代數式的時候，上限和下限的形式都是自己定，範圍太大，資訊就少了，範圍要窄得來又簡潔，資訊又夠用在要解決的問題上，當中的難處，都要自己解過一些較難的奧數題，才明白當中艱深的地方。

奧數說得太難會令人有點害怕，但輕鬆一點看，就是難的題目並不一定要做到。事實上，就算是學得相當好的同學，也有四五成題目做不來。以較難的比賽題目來說，能做對七分左右，就已經是金獎水平，銅獎也只是做對三四分左右。這些數據在不同比賽中會有分別，不過簡單來說，就是奧數本身沒有需要做到大部分題目才算好，重要的是找到一些課程深度以上的題目，在鍛煉中提升能力和興趣，那就是適合自己的難度。 ■張志基

離岸四合一浮台 升發電能源效益

綠得開心@校園

為豐富同學的學習經歷，並將課堂所得的STEAM知識學以致用，本校早前參加了由港燈舉辦的「綠色能源夢成真」比賽，終不負眾望奪得冠軍。

在聯合國大會全球氣候行動峰會上，從瑞典環保少女通貝里(Greta Thunberg)的演講，以及一項由跨國科學家做的氣候研究報告中，我們得知提升再生能源效益是其中一項解決氣候危機的建議。我們構思出「離岸四合一發電浮台」，考慮到多種可再生能源的優點及限制，決定採用太陽能、風能、海流能及波浪能。

在製作的過程中，我們進行了多種不同的模擬實驗，以測試各種可再生能源的發電可行性。當中有喜亦有悲，喜的是由構思到完成，在老師的幫助成功完成；而悲的就是實驗少不免會有失敗，例如風力發電的測試中，由於條件限制，在現行的風洞設施下，只能令膠樽輕微抖動，以致幅度太少未能獲得明顯讀數。

此外，每位同學的課業繁忙程度不一，我們都比較難約齊四個人一

起製作，幸好有老師的協助以及做好分工，才令製作順利完成。一些比較複雜耗時的工序就交給空餘時間較多的同學做，而一些文書的工作就會交給未能經常回工場的同學去完成。

在比賽前報會當天，各間學校的匯報都十分精彩，雖然大家的設計方案都不一樣，但共同目標都是為了實踐「綠色能源夢成真」。盼望此比賽可以延續下去，讓社會各持份者都能凝聚共識，解決氣候緊急帶來的種種困難，化危為機。

次的比賽我們都獲益良多。我們期望借助「離岸四合一發電浮台」，融合多元化的可再生能源，能提升至最佳的能源效益；積極推廣以可再生能源取代化石能源，減緩氣候危機，並喚醒公眾意識，切實解決目前全球暖化的問題。



■ 宣道會陳素華紀念中學透過研究和製作模型，展示夢想中的離岸四合一發電浮台。 作者供圖

■ 宣道會陳素華紀念中學

(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。