

多國協力研核子鐘 精確量度物理常數

科學講堂

大家應該有聽過原子鐘，不知道有沒有聽說過「核子鐘」？這是近年正在研發的計時器，若成功製作，人類就能更為精準地探索大自然物理常數有否隨時間改變。今次就來看看最近的發展。

用輻射頻率可以測時間？

量度時間一直是人類展現創新能力的領域，早期是「立竿見影」，運用日晷來追蹤太陽的行徑以量度時光的流逝；或是察看月亮的圓缺，以便知道是月中還是月尾。其後機械時代來臨，出現了鐘擺和愈發複雜的鐘錶，隨著我們對物體的認識加深，更發展出石英鐘這類更加精準的計時器。

現今最準確的計時技術為原子鐘，它基於量子力學的原理工作，每顆原子中的電子只可以擁有特定數量的能量，因此當這些電子以輻射的方式釋放能量的時候，被釋放出來的輻射也只會擁有特定的能量和頻率。這個固定的輻射頻率，就適合用來準確地量度時間。銫 (caesium) 原子發出的輻射在微波的範圍，就被運用來製造銫原子鐘。

銫原子鐘是現今全球量度時間的標準，把各大洲的時間同步至起碼16個數位的準確度，確保全球定位系統的誤差被限制在1米之內。

為了讓計時器的精度更進一步，科學家們正在開發更小、能量更高的原子核。原子核比整顆原子小10萬倍，所以受周邊環境的影響會更小。一般來說原子核釋放出來的輻射，其頻率會比原子的高至少1萬倍，也許

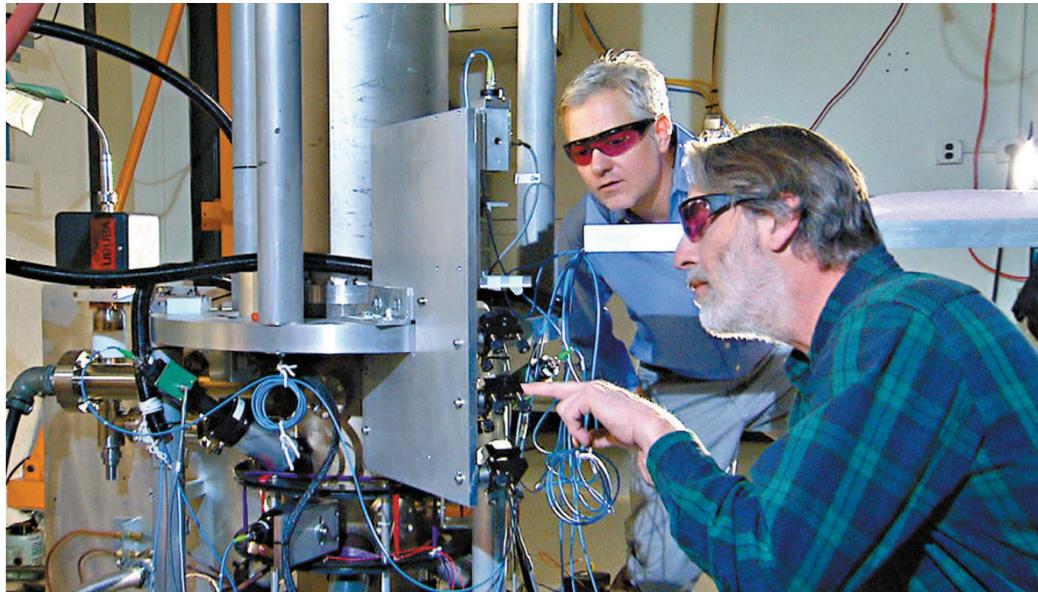
超出了現在我們能夠駕馭的範圍。幸好，鈾 (thorium) -229 這種原子核是個例外，一直是研究人員關注的對象。

利用鈾-229 這種原子核製作核子鐘的研發，集合了多國研究團隊的努力。

首先，科學家們要尋找合適的材料，把多枚鈾-229 原子核穩定地排列起來。這種材料要能夠減少不必要的電子被釋放出來，以免成為干擾；另一方面，這種物料又不能阻隔實驗中會用到的紫外光。一個奧地利科研團隊善用了他們製作品體的專長，成功製成了符合要求的氟化鈣晶體。

這些晶體其後被運到瑞士日內瓦的歐洲核子研究組織 (簡稱 CERN)。當地的科技人員將足夠數量的鈾-229 原子核「移植」進這些晶體中，確保來自它們的輻射能夠清楚地被偵測到，也幫助科學家們更精準地確認，多少能量的紫外光才能激發鈾-229 原子核的活動。

最後，德國和美國的科研團隊製造了足夠強力的紫外激光去激發這些鈾-229 原子核，從而令其放射出幾種穩定的輻射。這些輻射的頻率高達2拍赫茲 (「拍」就是peta，是1以後加上15個零的大數目)，準確至首12個數位。



● 銫原子鐘是現今全球量度時間的標準。

網上圖片



▲ 日晷「立竿見影」量度時間。

資料圖片



▶ 傳統時鐘利用鐘擺量度時間。

網上圖片

小結

這次分享的科研成果，開啟了製造準確計時器的新方法。當中牽涉到的原子核，更可能用到量子電腦之中。如此準確的時鐘，探索宇宙時也會派上用場。原子核釋放輻射，關聯到電子和光線互相影響的強弱，這個影響的強度會不會隨時間改變？如果持續檢測鈾-229 原子核的輻射，應該就能解答這個有關宇宙的根本問題。

● 杜子航 教育工作者

早年學習理工科目，一直致力推動科學教育與科普工作，近年開始關注電腦發展對社會的影響。

從碰運氣到理解分析 先定基礎再拔高

奧數揭秘

問題：已知各不相同的整數 x 、 y 和 z 滿足方程 $2^x + 2^y + 2^z = 4.625$ ，求 xyz 的值。

答案：將 4.625 化成 2 的各次方之和，即以二進制表示，那樣 $4.625 = 4 + \frac{1}{2} + \frac{1}{8} = 2^2 + 2^{-1} + 2^{-3}$ ，由於二進制表示是唯一的，故此 $xyz = 2 \times (-1) \times (-3) = 6$ 。

題解把找未知數的問題變成了二進制表示的問題，由於二進制表示的唯一性，就得到了唯一的一組解，從而找到答案。

初看題目，見着 2 的幾次方，還要拼個小數出來，要想憑空試幾個未知數，碰運氣找出答案，可能不容易。如果系統一點思考，先試最大且最接近 4.625 的數，比如 $2^2 = 4$ ，就可以排除 4，再看看其他 2 的次方會接近 0.625，之後也可以找到 0.5 和 0.125 這兩個小數，是 2 的負次方，就找到了答案。只是難免要思考：這樣找出來的答案是不是唯一？會不會換一種試數字的方式，會找到不同的答案？

用上述二進制表示的唯一性當然是一種解釋的方法，要是對這個結果不滿意，想要多些數理解釋，也是可以的。

比如，開始時不用 4 來試，之後加幾個較大的 2 的次方，能否拼湊出 4.625 呢？其實是不會的，理解起來很容易，若果最大的項是 2，這裏只有 3 個項，一定小於 2 或之後的項加起來，那就是 $2 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots = 4$ 。這裏用上了等比數列無限項的和，因而看得出，2 或更小的項加起來，是不會超過 4 的，普遍來說，就是或更小的幾個項加起來，不會超過 2^{n+1} 。那樣就說明，最大的必不是 2，只能是 4，於是之後每次也只能選取 2 的最大次方，也是同一道理。這裏就說明了選取的方法

是唯一的。做題時，不同水平的學生也會有不同想法。比如初中生，初接觸競賽數學，試幾個數剛好試出了答案，應該會很有成就感。當然，要更深入的理解，又要有一番解釋。這道題的數理解釋講起來也有難度。一方面，初中課堂里二進制未必會講到小數部分，也較少特別提到表示式的唯一性。另一方面，若果用之前提到的無限項的和，在課程內是高中內容，要預先學過才可以用得上這樣的解釋。

實際上，也可以用直觀圖解，比如說一條線段裏，若果塗黑了一半，再不斷在餘下的線段中不斷地取一半塗黑，那樣塗黑的範圍不會超過原本的線段。這在初中階段是比較直觀易懂的解釋。

高小和初中的時間最適合學生學習競賽數學，這段時間多少有些呈分試和升中的考慮，學生動力會大一點，態度會比較認真，不自覺之間已經學了許多中學課題的內容。初中的時候沒有公開試推動，但是由於時間比較多，可以專注於競賽數學的練習上，進步可以很快。

不過，這些年級基礎知識比較少，學生自己需要針對性地鞏固基礎，選擇適合自己水平的拔尖課程，才容易把握住黃金時機，好好發展。

「衣衣不捨」環保時裝展 綠色生活新時尚



● 中學組冠軍得獎作品「親情」。

資料圖片

綠得開心@校園

當舊衣物被二次設計，重新賦予新的創意，新舊之間又會擦出怎樣的火花？早前，一群業餘時裝設計師闖入港燈「衣衣不捨」環保時裝設計總決賽中的「花生騷」，在天橋上展示如何將環保和可持續發展糅合在時裝上。十二套得獎作品更巧妙地透過人棄我取，廢物利用，以循環再生概念設計及製造獨一無二的環保時裝。

是次比賽由港燈「綠得開心計劃」與香港高等教育科技學院 (THEi 高科院) 的時裝設計課程合辦，旨在鼓勵公眾惜物減廢和發揮創意，四個組別共收到超過 220 份參賽作品。

廢棄布料煥新生

當中由古哲設計以「Utopia」為主題的作品，奪得公開組的冠軍。而中學組則由香港扶幼會許仲繩紀念學校的作品「親情」奪冠。「親情」的靈感來自於家庭的溫暖和愛。同學們利用回收的牛仔布料，將廢棄的舊牛仔褲和裙子重新設計，變身為獨特的晚裝系列，通過拼接和重新裁剪技術，將原本被遺棄的布料轉化為時尚的代名詞。每一針每一線，都蘊含着他們

對環保的熱情與堅持。

親子組和 THEi 組的冠軍作品分別是以蝴蝶仙子為造型的「The Recycling Fairy」及「Rewritten Echoes」。「The Recycling Fairy」是由回收的環保紙拼合，而「Rewritten Echoes」則是由舊校服改裝而成，充分展示二次創作的無限可能。

雖然總決賽已經圓滿落幕，但大家仍然可以欣賞是次比賽的入圍設計師如何將本來要棄置的衣物和材料，轉化成獨特、美觀且富創意的時裝。

港燈「衣衣不捨」環保時裝設計展覽，由即日起在香港高等教育科技學院 (THEi 高科院) 舉行，詳情如下：

地點：香港高等教育科技學院 (柴灣校園) 柴灣盛泰道 133 號

日期：由即日起至 11 月底 (星期一至日及公眾假期)

時間：上午 9:00 至下午 5:00

歡迎大家抽空去看看參賽者如何透過 recycling 和 upcycling 將本來要棄置的衣物和材料轉化成獨特、美觀且富創意的時裝，或掃碼欣賞總決賽的精華片段。



掃碼睇片

● 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。

◆ 港燈綠得開心計劃，致力透過多元化活動，協助年輕一代及公眾人士培養良好的用電習慣、多認識再生能源和實踐低碳生活，目前已超過 700 間全港中小學校及幼稚園加入「綠得開心」學校網絡。如欲加入一同學習和推動環保，歡迎致電 3143 3727 或登入 www.hkelectric.com/happygreencampaign。