

# 夜空無星光 氫氣說故事

## 科學講堂

每次談及天文學，我們可能大部分時間只會想起觀察各種星體、黑洞。其實並不盡然如此：在沒有星星的地方和時間，宇宙也是充斥着氫氣的；這些氫氣，其實也蘊藏了不少宇宙的奧秘，同時也是不少天文學家熱心觀察的對象。今天就和大家分享一下利用氫氣去觀察宇宙這個課題。

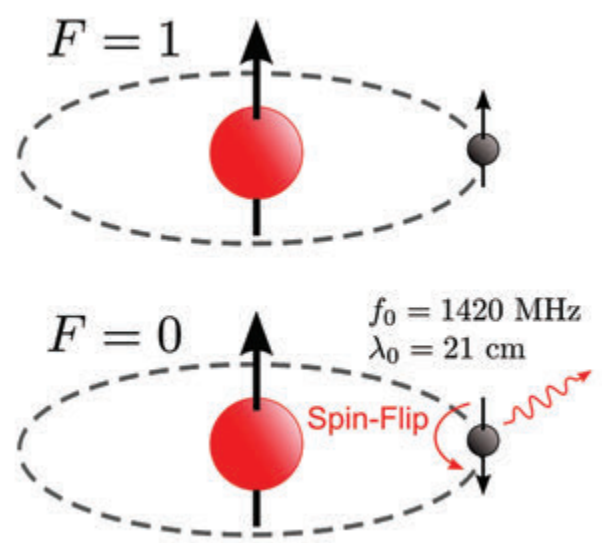
### 觀測輻射 看穿黑暗

現今科學家們相信，宇宙於一個大爆炸中誕生，隨後逐漸膨脹；宇宙之中的物質和能量隨着膨脹而慢慢演化，最終變成今天的模樣。

我們見到宇宙中最早的光芒，大約源於大爆炸發生38萬年之後：當時宇宙中的原子核與電子組合成不帶電荷的氫氣原子；這些不帶電荷的原子對光線影響較少，儼然變成一片透明的材料，宇宙中的光線因此得以不受障礙地向四處傳播，甚至被我們的儀器偵測到。

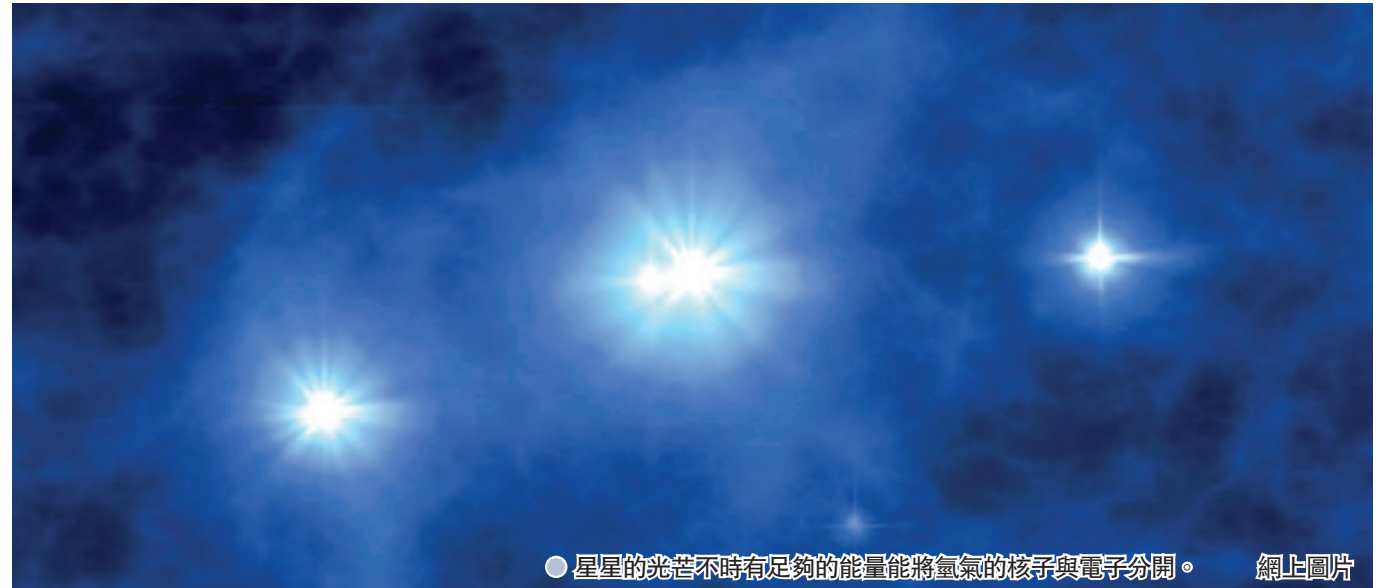
不過，其後宇宙卻進入了一個黑暗時代：這個時候宇宙中的主要成分是氫氣，還未有一顆星星，更談不上任何星光。

幸好氫氣也不是完全不會發出輻射：當氫氣原子中的核子和電子改變它們的排序，氫氣原子可以吸收或釋放一種波長



● 當氫氣原子中的核子和電子改變它們的排序，氫氣原子就可以吸收或釋放一種波長21厘米的電波。網上圖片

21厘米的電波。這些電波向四面八方傳播，自然也可以到達地球給我們觀測。因此過去的宇宙也不是完全黑暗：視乎我們觀察哪一種輻射。



● 星星的光芒不時有足夠的能量將氫氣的核子與電子分開。網上圖片

### 記錄電波 觀測黑洞

藉由這種波長21厘米的電波，我們可以推論出氫氣的密度、移動模式等資料；也由於氫氣長期充斥於宇宙的各角落，這些資料可以讓我們對宇宙各個時期有更多的了解，尤其是剛剛提及的黑暗時代，因為當時可以讓我們觀察的對象本來就不多。這種21厘米的電波，倘若能夠詳盡記錄，可以成為一套有用的「電影」，向我們展示宇宙演化的其中一個面貌。

縱然是星星已經出現了的時代，這種21厘米的電波還是很有價值。星星的光芒不時有足夠的能量將氫氣的核子與電子分開，也就是將氫氣「電離化」了。

電離化了的氫氣不會再發出這種21厘米的電波，因此反過來說，這些21厘米的電波也可以告訴我們星星形成

的過程：假若我們在一個地方見到這種電波逐漸變弱，可能就是一顆星星在慢慢形成了。

另一方面，其實這也是觀測黑洞的一個方法：星星的輻射向四面八方均勻分布，因此會在星星周圍形成一層均勻的電離了的氫氣；反過來說，黑洞的輻射會傾向於某些方向發射，因此被電離了的氫氣就會集中於某些地方。憑着分析電離了的氫氣的分布，我們就可以推斷出黑洞的影響。

其實早在1960年代，著名俄國天體物理學家澤爾多維奇 (Yakov Zel'dovich) 與蘇尼亞耶夫 (Rashid Sunyaev) 就已在討論量度這種21厘米電波的可能性。不過要緊記的是，這些電波在四處傳播的時候，宇宙也在膨脹中，因此這些電波會被慢慢拉長：

當它們到達我們的眼睛或儀器時，波長已被拉長至1.5至20米，相當於15至200兆赫的頻率。以香港的情況作比較，這正好跟我們電台使用的FM頻道相互重疊。不難想像，要從這些人工電波之中搜尋出來自宇宙的訊息，在1960年代並非易事。

量度21厘米電波的技術，其實並不困難：一段常用的天線，可能已經足夠了。我們需要的，反倒是優秀的數據分析能力。幸而在過去的幾十年，運算能力已得到了很大的提升。

時至今日，天文學家們已開始得到一些初步的數據；相關的觀測儀器，也正於世界各地準備中，包括澳洲、南非，甚至南極洲！相信在不久的將來，我們會在這課題聽到不少新發現！

● 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。

## 根式的小數部分

### 奧數揭秘

這次談談一道含根式的算式，如何找小數部分的問題。

問題：求  $\frac{1}{\sqrt{17}-2\sqrt{2}}$  的小數部分。

答案：留意分母可化為  $\sqrt{17}-2\sqrt{2} = \sqrt{9+8}-2\sqrt{2} = \sqrt{(\sqrt{9}-\sqrt{8})^2} = \sqrt{9}-\sqrt{8}$ ，

代入原式可有理化，即  $\frac{1 \times (\sqrt{9} + \sqrt{8})}{(\sqrt{9}-\sqrt{8}) \times (\sqrt{9} + \sqrt{8})} = 3 + \sqrt{8}$ 。

其中  $2 < \sqrt{8} < 3$ ，因此  $5 < 3 + \sqrt{8} < 6$ ，即整數部分為5，小數部分為  $3 + \sqrt{8} - 5 = 2\sqrt{2} - 2$ 。

解題當中，先化簡了分母的部分，這些根號內又有根號的，在簡單情況來說，就是若果可以化成  $\sqrt{a+b-2\sqrt{ab}}$ ，其中  $a > b$  的話，則可簡化為  $\sqrt{a}-\sqrt{b}$ 。在數字運算的過程中，先把內部的根號左邊化為2，就像題解裏把  $12\sqrt{2}$  化成  $2\sqrt{72}$ ，然後再觀察根號內和左邊的數，是否可以分別寫為兩個數的乘和，比如  $72 = 9 \times 8$ ， $17 = 9 + 8$ ，那樣就可以解決外邊的根號。這樣試數的方法，可以解決一些簡單情況，數學裏其他課題也有試數的方法，比如做二次多項式的因式分解就有十字相乘法，這也是試數，雖然未至於可以適用於普遍情況，但算是小巧而實用。當然也可以考慮聯立  $a+b=17$  和  $ab=72$ ，然後解方程組，這種方法比較普遍，但數字簡單時又略嫌煩瑣。

上述解題的過程中，未理化之前，沒  $\sqrt{9}$  把寫成3，那是留意到9和8是連續數，保留根號時，有理化時可以簡潔一點，即是分母  $(\sqrt{9}-\sqrt{8})(\sqrt{9}+\sqrt{8}) = 9-8=1$  那樣計算，可以快一點。另外， $\sqrt{8}$  也沒有很早寫成  $2\sqrt{2}$ ，因為後來化成  $3+\sqrt{8}$  時，要估算大小， $\sqrt{8}$  的形式，比較容易看出整數部分來。

看着剛才的題解，最後的估算是比較容易的，

只需看到  $\sqrt{8}$  是2和3之間就可以了，而  $\sqrt{9}$  本身就是3，令到題目簡單了不少，那麼也可以問，若果根式化簡到最後，還是有兩個根式又怎樣？比如是化簡到變成  $\sqrt{10} + \sqrt{11}$ ，那樣  $\sqrt{10}$  和  $\sqrt{11}$  都在3和4之間，加起來就是6和8之間，找小數部分好像就沒那麼順利。

這時有個想法幫得上忙，就是先取平方，即是  $p = (\sqrt{10} + \sqrt{11})^2 = 21 + \sqrt{440}$ ，由於  $\sqrt{440}$  在20和21之間，因此  $p$  在41和42之間，而  $\sqrt{10} + \sqrt{11}$  則在  $\sqrt{41}$  和  $\sqrt{42}$  之間，也是6和7之間，得出整數部分為6。

這個先考慮平方的想法，比起之前只是剛好有個根號  $\sqrt{9}$  可以簡化，應用範圍又廣了一點，普遍情況也適用。比如  $\sqrt{a} + \sqrt{b}$ ，平方後就是  $a+b + \sqrt{4ab}$ ，而  $\sqrt{4ab}$  是容易知道在哪兩個連續數之間的，於是加上  $a+b$  之後，也容易知道原數在哪兩個數之間。

推想下去，其實也可以問一下，有三個根號相加又怎樣？若是取平方後，還是有幾個根號，好像就沒那麼方便了。那也沒什麼的，就只是剛才的方法用不了，那就想別的方法。 ● 張志基

## 盆栽DIY 飲管製成花

### 綠得開心@校園

疫情持續嚴峻，學校的上課模式改為線上學習，加上一系列的社交距離措施，令到學校在本學年推廣環保工作時面對一定困難，不得再以傳統思維去推廣，而需以創新和大膽的方向去規劃及準備。慶幸學校一直秉承推行全人教育的理念，願意在疫情下配合和支持不同的環保活動，而是以網上進行的「轉廢為樂——盆栽DIY」活動，便為學生提供了不一樣的學習經歷。

在籌辦活動初期，的確會遇到不少的挑戰和困難，像是如何配合防疫指引分發盆栽DIY物資？如何令線上活動可順利進行？如何把環保元素、知識及盆技技巧加入活動？

雖然學校負責環保教育的兩位老師都沒有這方面的經驗，但我們十分感恩是次活動的「外援」（園藝公司和學校的小園丁導師），為我們充當顧問、提供專業意見和指導、解決技術的困難等，讓兩位老師可以專心準備行政和活動的教學工作。

這次的活動分為低小親子（小一至小三）和高小個人（小四至小六）兩組，參與反應比預期熱烈得多，最終接近150位的學生及家庭參加。這數字令人十分鼓舞，在疫症期間，家長和學生都大力支持學校舉辦的環保活動，令我們既高興，又懷着戰戰兢兢



● 疫情下的網上實時教學。作者供圖

的心態去籌辦是次活動。

在領取物資階段，家長和學生都十分守規地配合學校的防疫指引，並分階段領取物資。他們亦十分支持環保，自備環保袋，減少製造垃圾。

在領取物資時，很多家長和學生均表示十分期待是次環保活動，不斷想如何把家居的廢物加入盆栽，讓我們完全感受到他們對是次活動的期待和熱情。看見家長和學生一臉期待的样子，這正是學校的原動力，繼續安排不同類型的活動，推動環保工作。

在教學階段，是次活動為兩天的課程，合共兩小時，期望透過活動可以從知識（盆栽日常打理的知識、盆景DIY技巧、加入環保元素於盆栽等）和情意（培養綠色生活的理念、愛惜植物和環境）兩大方面讓參加活動的家長和學生有所得着。

轉眼間，兩天短期課程順利完成，學生和家長都十分投入，尤其他們很快便透過學校為活動專門開設的通訊群組分享他們的製成品，想不到飲管也可以製成花盆、雞蛋殼也可以壓碎化作鋪面石、牛奶盒也可以變成花盆等。

事實上，小朋友的創意真的無限，在日常生活中加入環保元素並非困難，他們往往只是缺乏一個平台和機會讓他們分享、嘗試，其實綠色生活就是這樣簡單！

最後，真的十分感謝校方、家長和學生支持是次的環保活動。期待往後可以繼續籌辦不同類型的環保工作，為環保教育出一分力，讓我們下一代可以在綠色的環境下成長。

感謝港燈綠得開心計劃，讓我們兩位負責老師有機會向學界分享是次環保活動的心得。

● 林宇輝老師、柯燕詩老師

粉嶺公立學校（港燈綠得開心計劃「綠得開心學校」之一）  
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](http://www.hkelectric.com/happygreencampaign)。

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)。

香港數學奧林匹克學校  
Hong Kong Mathematical Olympiad School