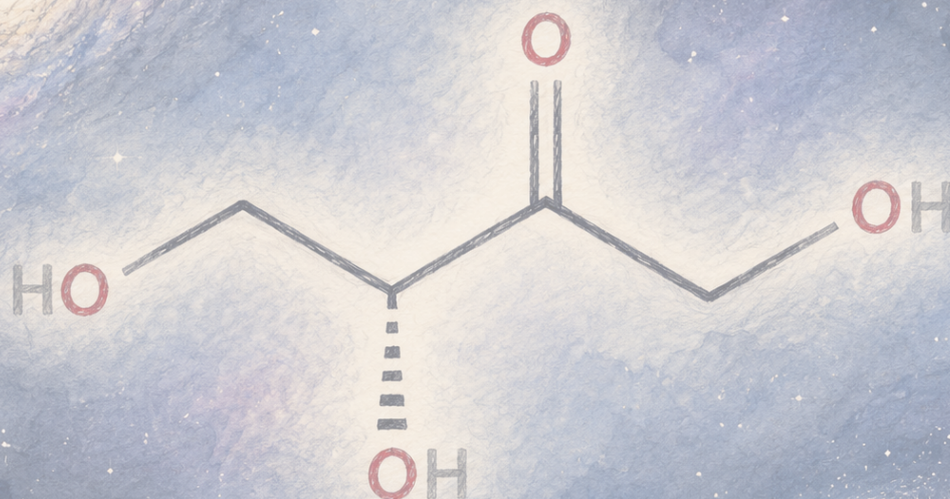




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

星際空間首次發現真正的糖——這是化學，不是生命

天文學家報告首次在星際介質中偵測到真正的糖分子：赤藻酮糖（*erythrulose*），一種具手性的四碳酮糖，出現在銀河中心分子雲 $G+0.693-0.027$ 的電波光譜中。這項偵測在技術上相當扎實：有多條光譜線、豐度擬合，以及由較小分子在冰粒上形成的合理路徑。它的重要性在於，把一類前生物化學從地球推進到星際空間。但它不是核糖、不是 RNA、不是生命，也不是早期地球被「播種」了足夠糖分而啟動生命的證明。

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Detection of a four-carbon sugar in interstellar space*, Izaskun Jimenez-Serra, Juan Garcia de la Concepcion, Herma M. Cuppen, Marta Rey-Montejo, Miguel Sanz-Novo and colleagues, *Nature Astronomy* (2026) · DOI: 10.1038/s41550-026-02905-7

電波光譜裡的一個糖分子

這個故事很容易自己寫成一個漂亮標題：科學家在太空中找到糖，所以生命的材料到處都是。這很誘人，也太快了。

真正的結果更明確，也更有意思。在一篇新的《Nature Astronomy》論文中，Izaskun Jimenez-Serra、Juan Garcia de la Concepcion、Herma Cuppen 等人報告在星際介質中偵測到赤藻酮糖（**erythrose**）。它是一種四碳酮糖：真正的糖，具有手性，與前生物化學路徑相關，而且分子夠小，可以透過旋轉光譜搜尋。

訊號來自 G+0.693–0.027，一個靠近銀河中心、距離約 8.2 千秒差距的分子雲。團隊使用 Yebes 40 公尺與 IRAM 30 公尺望遠鏡的寬頻高靈敏電波巡天，跨越 7 mm、3 mm 與 2 mm 大氣視窗，總頻寬超過 91 GHz。他們把觀測到的一組電波譜線，與實驗室量到的赤藻酮糖旋轉光譜資料配對，擬合發射訊號，再進一步問：星際冰化學能不能真的製造足夠多的赤藻酮糖？

G+0.693–0.027 是什麼？

G+0.693–0.027 不是銀河中心本身，也不是黑洞 Sagittarius A*。它是中央分子區中的一個分子雲；中央分子區是環繞銀河系中心、湍動而富含氣體的環境，距離地球約 27,000 光年。名稱本身是一組座標：G 表示銀河座標，+0.693 與 –0.027 是銀經與銀緯。這個雲位在人馬座 B2 周邊，化學成分非常豐富；天文學家主要不是靠普通可見光影像研究它，而是靠旋轉分子留下的電波與毫米波光譜線。

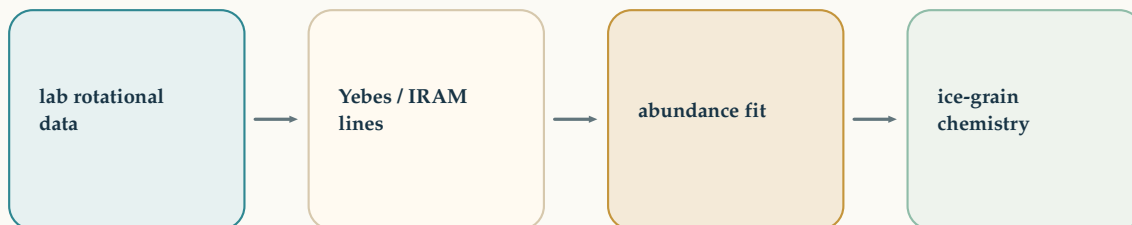


Webb 的 MIRI 所見人馬座 B2，是銀河中心附近的一個巨大分子雲複合體。這張影像提供 G+0.693–0.027 周遭塵埃多、分子豐富環境的背景；它不是赤藻酮糖偵測的直接影像，也不是糖顆粒或生命的證據。

Image: NASA, ESA, CSA, STScI, Adam Ginsburg (University of Florida), Nazar Budaiev (University of Florida), Taehwa Yoo (University of Florida); Image Processing: Alyssa Pagan (STScI) fair-use

A radio fingerprint, not life

The evidence chain runs through spectra, fits and chemistry - not through biology.



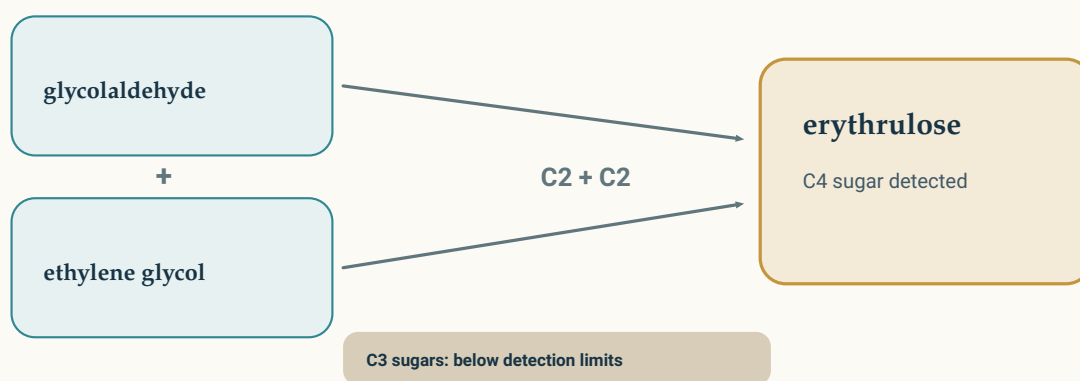
Boundary: a sugar molecule, not life; not ribose, RNA, DNA or biology.

從電波「指紋」到赤藻酮糖分子，再畫出清楚邊界：這是一個糖分子，不是生命。這條證據鏈辨認的是分子，不是生物學。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

Small C2 pieces can build a C4 sugar

The model route is chemistry on icy dust grains, while the C3 sugars stay below detection.



Boundary: chemistry can grow complexity before planets form; it does not show life.

兩個常見的二碳構件——乙醇醛與乙二醇——可以在冰粒上結合，形成四碳的赤藻酮糖；相對的三碳糖仍低於偵測上限。化學可以在行星形成之前就增加複雜度。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

這才是重要主張：真正的糖分子可以在寒冷星際環境中形成、存活，而且豐度高到能從地球被偵測。主張並不是天文學家找到了生命、RNA，或在星際空間飄著一匙糖。

作者做了什麼

- 使用 Yebes 40 公尺與 IRAM 30 公尺望遠鏡取得銀河中心分子雲 G+0.693–0.027 的寬頻電波光譜。
- 依靠近期實驗室旋轉光譜資料搜尋赤藻酮糖；沒有這些實驗室資料，就無法可靠辨認天文譜線。
- 以 MADCUBA-SLIM 在局部熱力學平衡假設下建模，並把同一個譜線非常擁擠的分子雲中，超過 180 種已知分子納入考量。
- 把擬合重點放在最亮、最少譜線混疊的赤藻酮糖特徵。
- 把赤藻酮糖與相關分子比較：乙醇醛、乙二醇、甘油醛、二羥基丙酮與甘油。
- 建立量子化學與動力學 Monte Carlo 模型，測試赤藻酮糖如何在星際塵埃的冰層上形成。

他們發現了什麼

- **多譜線偵測。**論文辨認出 12 組赤藻酮糖譜線，共涵蓋 17 個獨立躍遷。其中六組、對應九個躍遷，被分類為大致沒有混疊，殘餘污染不超過 25%。
- **一個寒冷而微弱的分子。**LTE 擬合得到激發溫度 $11.3 \pm 1.8 \text{ K}$ 、柱密度 $(8.7 \pm 0.8) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ ，中心速度採 69 km/s，譜線寬度 22 km/s。
- **很小但可量測的豐度。**推得赤藻酮糖相對 H_2 的豐度為 $(6.4 \pm 0.6) \times 10^{-10}$ 。
- **較短的糖反而沒有看到。**類似的三碳糖甘油醛與二羥基丙酮都沒有偵測到，其上限分別為 $\leq 4 \times 10^{-11}$ 與 $\leq 7 \times 10^{-11}$ 。因此在這個來源中，赤藻酮糖看起來至少比這些 C3 糖高 8–17 倍。
- **作者明確計算了隨機對齊機率。**對六個最少混疊的特徵，他們估計譜線隨機對齊的機率為 0.2%。即使只使用三或四條較少受混疊影響的譜線，也分別得到 95.2% 與 98.3% 的信心水準。
- **化學上有合理形成路徑。**模型可在非晶質水冰上，利用這個分子雲中本來就很多的兩種 C2 分子——乙醇醛與乙二醇——形成赤藻酮糖。最接近觀測的模擬，對甲醇、乙醇醛、乙二醇與赤藻酮糖的預測都落在觀測值五倍以內；但同時會把尚未偵測到的 C3 糖高估約 25–70 倍。

為什麼不能只說「太空裡有糖」

過去天文學新聞有時把乙醇醛叫作「最簡單的糖」。它在化學上確實與糖類相關，對前生物化學也很重要，但論文特別強調分類差異：乙醇醛是羥基醛，不是真正的醣類。赤藻酮糖不同。它是單醣、醣糖，而且作者稱它是第一個在星際介質中報告的真正糖類。

這件事重要，是因為生命起源化學常常必須把糖當成起始原料。隕石以及小行星 Bennu 樣本中已經找到核糖與葡萄糖，暗示部分糖的來源可能是地外。但在隕石裡找到與糖相關的分子，和直接在恆星之間的氣體與塵埃中偵測到糖，不是同一件事。這篇論文把鏈條再往前推一步：在母體小天體之前、

在隕石之前、在行星之前。

這個結果還有一個有用的化學反常。通常星際分子家族每增加碳原子，較大的成員就會變得少很多。但在這裡，四碳糖被偵測到，相似的三碳糖卻沒有。作者認為，在冰粒上的形成與破壞路徑，可能讓赤藻酮糖在這個環境中反而較有利。

這並沒有證明什麼

- 它**沒有**顯示太空中有生命。糖分子屬於前生物化學，不等於生物學。
- 它**沒有**顯示核糖、RNA 或 DNA。赤藻酮糖在水溶液條件下可以異構化成相關醛糖，也可參與某些前生物路徑，但它不是 RNA 骨架所使用的那個糖。
- 它**沒有**顯示生物性的手性偏好。赤藻酮糖是手性分子，但這次電波偵測只辨認分子種類，沒有量到對映體過量，也沒有顯示某一種「手性」占優勢。
- 它**沒有**證明這個分子曾抵達早期地球。論文討論小天體輸送的可能性，但那是從豐度、隕石化學與太陽系歷史向外推論。
- 它**沒有**解決「生命起源」問題。提供一類分子，和組裝出代謝、複製或細胞完全不是同一回事。
- 它**沒有**消除分子偵測本身的不確定性。證據很強，但來源的譜線極度擁擠；論文之所以花很多力氣分析譜線混疊，正因為錯誤辨認最可能發生在這裡。
- 它**沒有**把輸送量估計變成實測值。論文估算，在晚期重轟炸期間，可能有約 $(0.5-50) \times 10^9$ kg 赤藻酮糖被帶到早期地球；但這個數字依賴多項假設，而且作者也指出「晚期重轟炸」情境本身近年受到質疑。

證據有多強？

這不是「一條譜線配上一個故事」。偵測建立在實驗室光譜、寬頻電波巡天、出現在正確頻率與速度的多個躍遷、定量譜線模型，以及明確的混疊分析上。六個相對少受混疊影響的特徵是證據核心；其他譜線與整體擬合提供一致性。對一個複雜、譜線極多的分子雲而言，這是一套認真的偵測策略。

較弱的部分不是分子辨認本身，而是更大的生命起源詮釋。化學模型顯示，赤藻酮糖可以合理地由較小分子在冰粒上形成，而且觀測豐度大致落在合理範圍。但模型仍會大幅高估一些未偵測到的 C3 糖，也沒有建立從星際冰一路到早期地球反應網路的完整路徑。

因此，從「這個分子存在於太空」跨到「它幫助生命開始」，目前仍是合理但未證明的橋樑。

最穩妥的結論是：天體化學偵測很強；形成化學合理；生物學意義則帶有推測性。

為什麼重要

前生物化學有一個「供應」問題。有些生命起源情境需要的分子，在簡單的早期地球條件下不容易大量製造。一種可能的緩和方式，是外源輸送：彗星、小行星與隕石帶來更早在更冷、更陌生環境中形

成的分子。

這篇論文讓這個構想多了一個更上游的來源。它顯示至少有一種真正的糖，可以在星際介質本身形成，也就是在物質被包進小天體之前就已經存在。這不會讓生命變成必然，但會讓生命起始化學的「原料庫」不再那麼地球中心：部分相關化學可能在行星還沒形成前就已經開始。

這個故事最好的版本不是「生命的材料到處都是」。更準確的是：銀河中心附近一個寒冷分子雲中含有可偵測的手性糖，而製造它的化學可能在冰冷塵埃顆粒上進行。光是這件事就已經很有意思。

重點摘要

天文學家報告首次在星際介質中偵測到真正的糖分子：赤藻酮糖，一種具手性的四碳酮糖，位於銀河中心分子雲 G+0.693–0.027。證據來自 Yebes 40 公尺與 IRAM 30 公尺望遠鏡觀測到的多個電波躍遷，並與實驗室光譜資料擬合；冰冷塵埃顆粒上的形成模型也提供支持。結果的重要性在於，它顯示一類前生物糖化學可以在行星與隕石形成之前就發生。它不是生命、不是核糖、不是 RNA，也不是這些分子曾替地球生命「播種」的證明。這是一項強而仔細的天體化學偵測，其有限而可靠的含意是：星際空間能製造的前生物原料，比我們過去確知的更多。

來源

Jimenez-Serra et al., Detection of a four-carbon sugar in interstellar space, *Nature Astronomy* (2026)
<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02905-7>

Observed spectra and LTE fits for the erythrulose study, *Zenodo* (2026)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20081358>