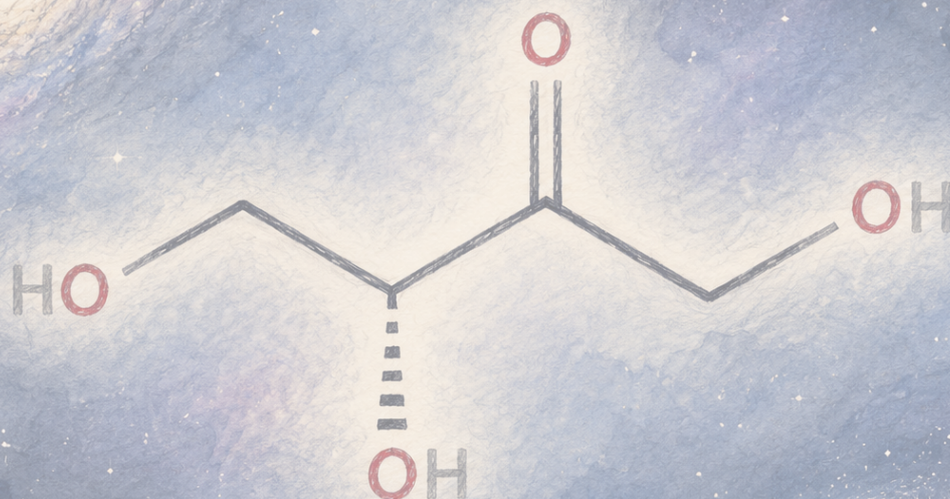




The CLEAN PAPER

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

在星間發現的第一顆糖是化學，不是生命

天文學家報告了在星際介質中首次探測到一種真正的糖分子：赤蘚酮糖，一種手性四碳酮糖，在銀河中心雲 G+0.693–0.027 的射電譜中被觀測到。該探測在技術上是強的——多條譜線、豐度擬合、以及從小分子形成的一條合理的冰顆粒路線。它之所以重要，是因為它將一類益生元化學移出了地球、移入了太空。但它不是核糖，不是 RNA，不是生命，也不是早期地球被播下了足夠多糖來啟動生物學的證據。

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Figures by Laura Nesso · 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

射電譜中的一顆糖

這個故事有一個幾乎自己寫就的版本：科學家在太空中發現了糖，所以生命的成分無處不在。這很誘人，也太快了。

實際結果更乾淨，也更有趣。在一篇新的 *Nature Astronomy* 論文中，Izaskun Jimenez-Serra、Juan Garcia de la Concepcion、Herma Cuppen 及其同事報告了在星際介質中探測到赤蘚酮糖。赤蘚酮糖是一種四碳酮糖：一種真正的糖，手性的，在化學上與益生元途徑相關，小到可以通過其轉動光譜進行搜索。

信號來自 G+0.693–0.027，一個位於銀河系中心附近的分子雲，距離約 8.2 千秒差距。團隊使用了來自 Yebes 40 米和 IRAM 30 米望遠鏡的寬帶、非常靈敏的射電巡天，覆蓋了橫跨 7 毫米、3 毫米和 2 毫米大氣窗口的超過 91 GHz 的頻段。他們將一組觀測到的射電譜線與赤蘚酮糖的實驗室轉動數據進行了匹配，擬合了發射，然後詢問星際冰化學是否可以製造足夠多的量。

什麼是 G+0.693–0.027？

G+0.693–0.027 不是銀河系中心本身，也不是黑洞人馬座 A*。它是位於中央分子區的一個分子雲，中央分子區是銀河系中心周圍湍流、富含氣體的環境，距離地球約 27,000 光年。其名稱是坐標：G 表示銀河坐標，+0.693 和 –0.027 是其經度和緯度。該雲位於人馬座 B2 環境中，化學上很豐富，但天文學家主要通過旋轉分子的射電和毫米光譜線研究它，而非通過普通的可見光圖像。

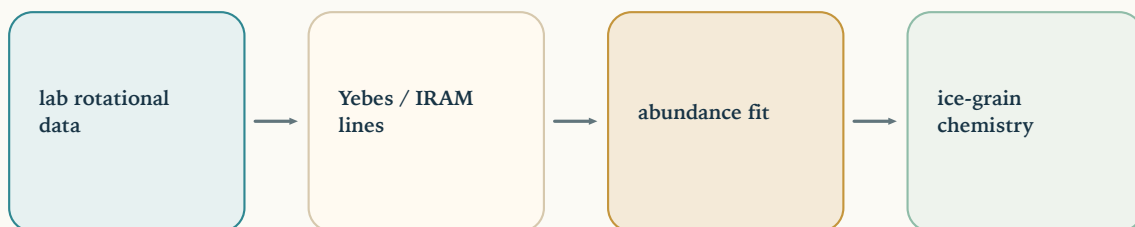


韋伯對人馬座 B2 的 MIRI 視圖——這是銀河系中心附近的一個巨大分子雲複合體。該圖像為 G+0.693–0.027 周圍多塵、富含分子的環境提供了背景；它不是赤蘚酮糖探測的直接圖像，也不是糖粒或生物學的證據。

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.



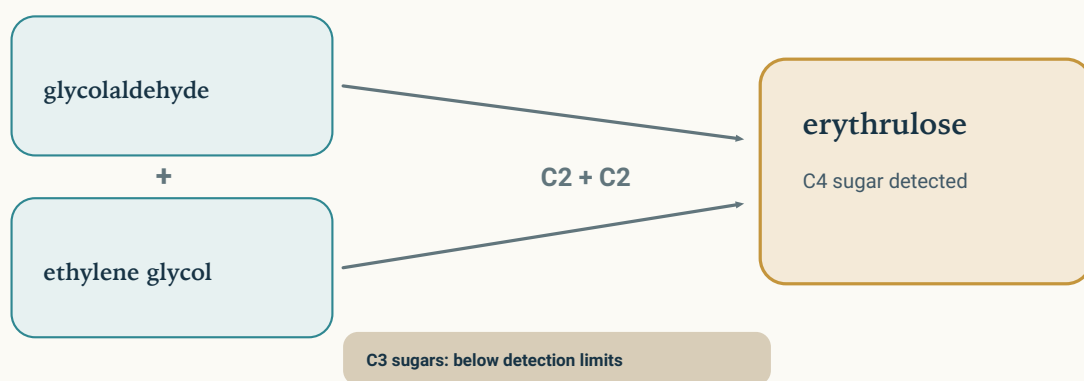
Boundary: a sugar molecule, not life; not ribose, RNA, DNA or biology.

從一份射電指紋到一張赤蘚酮糖分子卡到一個邊界：一種糖分子，不是生命。鏈條識別了分子；它沒有探測到生物學。

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.

兩種豐富的兩碳構建塊——乙醇醛和乙二醇——在冰顆粒上結合生成四碳的赤蘚酮糖，而三碳糖則低於探測水平。化學可以在行星形成之前增長出複雜度。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

這是重要的主張：一種真正的糖分子可以在寒冷的星際環境中形成並存活，以至於可以從地球上探測到。該主張不是說天文學家發現了生命，或 RNA，或一勺漂浮在星間的糖。

作者做了什麼

- 使用來自 Yebes 40 米和 IRAM 30 米望遠鏡的 G+0.693–0.027 銀河中心分子雲的寬帶射電譜。
- 使用最近的實驗室轉動光譜搜索赤蘚酮糖，沒有這些數據就不可能可靠地識別天文譜線。
- 在局部熱動平衡下用 MADCUBA-SLIM 建模光譜，同時考慮到同一富含譜線的雲中超過 180 種已被識別的分子物種。
- 將擬合聚焦於最亮和最少混合的赤蘚酮糖特徵上。
- 將赤蘚酮糖與相關分子進行比較：乙醇醛、乙二醇、甘油醛、二羥基丙酮和甘油。
- 為赤蘚酮糖如何在星際冰塵埃顆粒上形成構建了量子化學和動力學蒙特卡洛模型。

他們發現了什麼

- **一次多譜線探測。**論文識別了 12 組赤蘚酮糖譜線，涵蓋 17 個獨立躍遷。其中 6 組譜線，對應 9 個獨立躍遷，被歸類為基本未混合，殘餘污染處於或低於 25%。
- **一個寒冷、微弱的分子。**LTE 擬合給出的激發溫度為 11.3 ± 1.8 K，柱密度為 $(8.7 \pm 0.8) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ ，使用 69 km/s 的中心速度和 22 km/s 的線寬。
- **一個微小但可測量的豐度。**推導出的赤蘚酮糖相對於 H_2 的豐度為 $(6.4 \pm 0.6) \times 10^{-10}$ 。
- **較短的糖缺失了。**類似的三碳糖——甘油醛和二羥基丙酮——未被探測到；其上限分別為 $\leq 4 \times 10^{-11}$ 和 $\leq 7 \times 10^{-11}$ 。因此，赤蘚酮糖在該源中比這些 C3 糖至少豐富 8–17 倍。
- **偶然對齊的論證是明確的。**對於六個最不混合的特徵，作者估計隨機譜線對齊的概率為 0.2%。即使僅使用三或四條未混合譜線，他們報告的置信水平為 95.2% 和 98.3%。
- **化學有一條合理的路徑。**模型在無定形水冰上從雲中已經豐富的兩種較小 C2 物種——乙醇醛和乙二醇——形成赤蘚酮糖。最接近的模擬在五倍因子內匹配了甲醇、乙醇醛、乙二醇和赤蘚酮糖，儘管它們過度產生了未被探測到的 C3 糖，幅度大約在 25–70 倍因子。

為什麼這不僅僅是「太空中的糖」

早期的天文學標題有時稱乙醇醛為「最簡單的糖」。它在化學上與糖相關，對益生元化學很重要，但論文對這一區別很謹慎：乙醇醛是一種羥基醛，不是真正的糖。赤蘚酮糖不同。它是一種單糖，一種酮糖，作者將其描述為星際介質中報告的第一種糖。

這很重要，因為生命起源化學經常不得不假設糖作為起始物質。核糖和葡萄糖已在隕石和小行星貝努樣本中被發現，這表明某些糖庫存可能有地外起源。但在隕石中看到與糖相關的分子，與在星間氣體和塵埃中探測到一顆糖不是同一回事。這篇論文將鏈條向前推了一步：在母體之前，在隕石之前，在

行星之前。

結果在化學上也以一種有用的方式很奇怪。通常，當星際化學家族按碳原子增長時，較大的成員會變得遠不那麼豐富。在這裡，四碳糖被探測到，而類似的三碳糖沒有被探測到。作者認為，冰顆粒上的破壞和形成路線可能使赤蘚酮糖在這種環境下相對有利。

這篇論文沒有證明什麼

- 它**沒有**顯示太空中的生命。一顆糖分子是益生元化學，不是生物學。
- 它**沒有**顯示核糖、RNA 或 DNA。赤蘚酮糖可以在水相條件下異構化為相關的醛糖，並參與益生元途徑，但它不是 RNA 的糖骨架。
- 它**沒有**顯示生物手性。赤蘚酮糖是手性的，但這次射電探測識別了分子；它沒有測量對映體過量或顯示一種分子「手」佔主導。
- 它**沒有**證明這個分子到達了早期地球。論文討論了通過小型天體可能的輸送，但這是從豐度、隕石化學和太陽系歷史的推斷。
- 它**沒有**意味著「生命起源」問題已解決。提供一類分子不同於組裝代謝、複製或細胞。
- 它**沒有**消除探測問題中的不確定性。證據很強，但源中富含譜線，論文在譜線混合上花了真正的功夫，因為虛假識別可能在那裡發生。
- 它**沒有**把輸送估算變成一次測量。論文估計大約 $(0.5-50) \times 10^9$ kg 赤蘚酮糖可能在晚期重轟炸期間被輸送到早期地球，但該數字取決於幾個假設，作者指出轟炸場景本身已受到質疑。

證據有多強？

該探測不是一條附帶著故事的單一譜線。它基於實驗室光譜學、一次寬帶射電巡天、多個處於正確頻率和速度上的躍遷、一個定量譜線模型，以及一項明確的混合分析。六個基本未混合的特徵是案例的核心；其他譜線和全局擬合增加了自治性。對於一個複雜的分子雲來說，這是一種嚴肅的探測策略。

較弱的部分不是識別本身，而是更大的生命起源解釋。化學模型顯示赤蘚酮糖可以合理地在冰顆粒上由較小分子形成，觀測到的豐度在大致正確範圍內。但模型仍然過度產生了一些未被探測到的 C3 糖，也沒有追蹤從星際冰到早期地球反應網絡的完整路徑。從「這個分子存在於太空中」到「這幫助了生命起源」的橋樑是合理的，而非已被證明。

因此乾淨的狀態是：強的天體化學探測；合理的形成化學；推測性的生物學意義。

為什麼重要

益生元化學有一個供應問題。生命起源場景中使用的一些分子在簡單的早期地球條件下不容易以有用量製造。軟化該問題的一種方式是外源輸送：彗星、小行星和隕石攜帶著在更早、更冷和更陌生的環境中形成的分子。

這篇論文為這一想法提供了一個更清晰的上游來源。它說至少一種真正的糖可以在星際介質本身中製造，在物質被鎖定到小型天體之前。這不會讓生命變得不可避免。它確實讓化學起始庫存變得不那麼地方化：一些相關的化學可能在行星存在之前就開始了。

這個故事的最好版本不是「生命的成分無處不在」。它更窄：銀河中心附近的一個寒冷分子雲包含一種可檢測到手性糖，製造它的化學可能在冰塵埃顆粒上進行。這已經足夠了。

簡潔摘要

天文學家報告了在星際介質中首次檢測到一種真正的糖分子：赤蘚酮糖，一種手性四碳酮糖，位於銀河中心雲 G+0.693–0.027 中。證據來自用 Yebes 40 米和 IRAM 30 米望遠鏡觀測到的多個射電躍遷，與實驗室光譜數據擬合，並由一個冰塵埃顆粒上的形成模型支持。該結果之所以重要，是因為它表明一類益生元糖化學可以在行星和隕石形成之前發生。它不是生命，不是核糖，不是 RNA，也不是這些分子在地球上播種了生物學的證據。這是一次強的天體化學探測，帶著謹慎、有限的含義：太空可以製造比我們過去所知的更多的益生元庫存。

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>