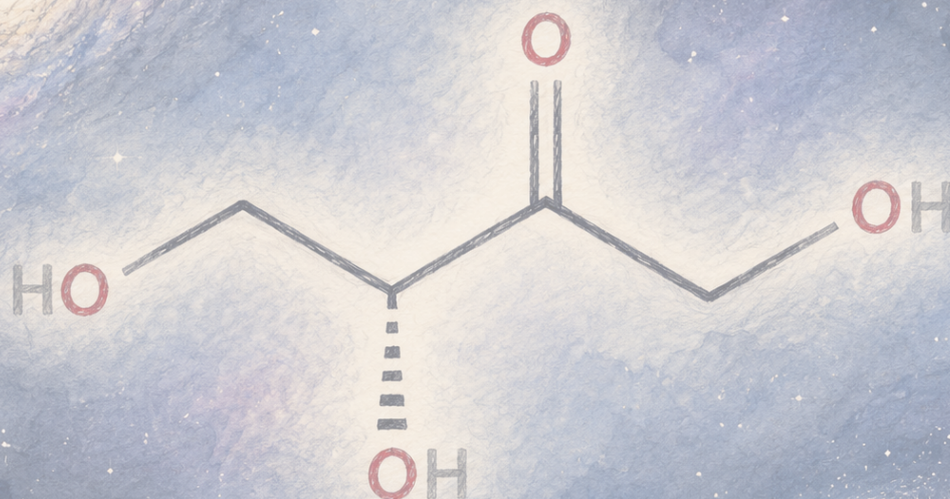




The CLEAN PAPER

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

星际空间首次发现真正的糖——这是化学，不是生命

天文学家报告首次在星际介质中探测到真正的糖分子：赤藓酮糖（*erythrulose*），一种具手性的四碳酮糖，出现在银河中心分子云 $G+0.693-0.027$ 的射电光谱中。这项探测在技术上相当扎实：有多条光谱线、丰度拟合，以及由较小分子在冰粒上形成的合理路径。它的重要性在于，把一类前生物化学从地球推进到星际空间。但它不是核糖、不是 RNA、不是生命，也不是早期地球被“播种”了足够糖分而启动生命的证明。

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

射电光谱里的一个糖分子

这个故事很容易自己写成一个漂亮标题：科学家在太空中找到糖，所以生命的材料到处都是。这很诱人，也太快了。

真正的结果更明确，也更有意思。在一篇新的《Nature Astronomy》论文中，Izaskun Jimenez-Serra、Juan Garcia de la Concepcion、Herma Cuppen 等人报告在星际介质中探测到赤藓酮糖 (erythrulose)。它是一种四碳酮糖：真正的糖，具有手性，与前生物化学路径相关，而且分子够小，可以通过旋转光谱搜索。

信号来自 G+0.693−0.027，一个靠近银河中心、距离约 8.2 千秒差距的分子云。团队使用 Yebes 40 米与 IRAM 30 米望远镜的宽带高灵敏射电巡天，跨越 7 mm、3 mm 与 2 mm 大气窗口，总带宽超过 91 GHz。他们把观测到的一组射电谱线，与实验室测得的赤藓酮糖旋转光谱数据配对，拟合发射信号，再进一步问：星际冰化学能不能真的制造足够多的赤藓酮糖？

G+0.693−0.027 是什么？

G+0.693−0.027 不是银河中心本身，也不是黑洞 Sagittarius A*。它是中央分子区中的一个分子云；中央分子区是环绕银河系中心、湍动而富含气体的环境，距离地球约 27,000 光年。名称本身是一组坐标：G 表示银河坐标，+0.693 与 −0.027 是银经与银纬。这个云位在人马座 B2 周边，化学成分非常丰富；天文学家主要不是靠普通可见光图像研究它，而是靠旋转分子留下的射电与毫米波光谱线。

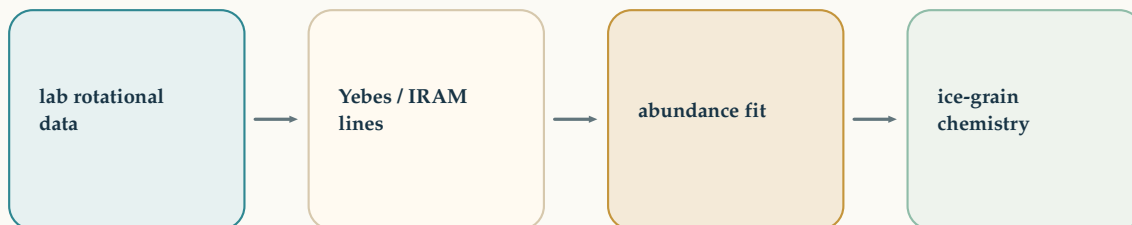


Webb 的 MIRI 所见人马座 B2，是银河中心附近的一个巨大分子云复合体。这张图像提供 G+0.693−0.027 周遭尘埃多、分子丰富环境的背景；它不是赤藓酮糖探测的直接图像，也不是糖颗粒或生命的证据。

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.



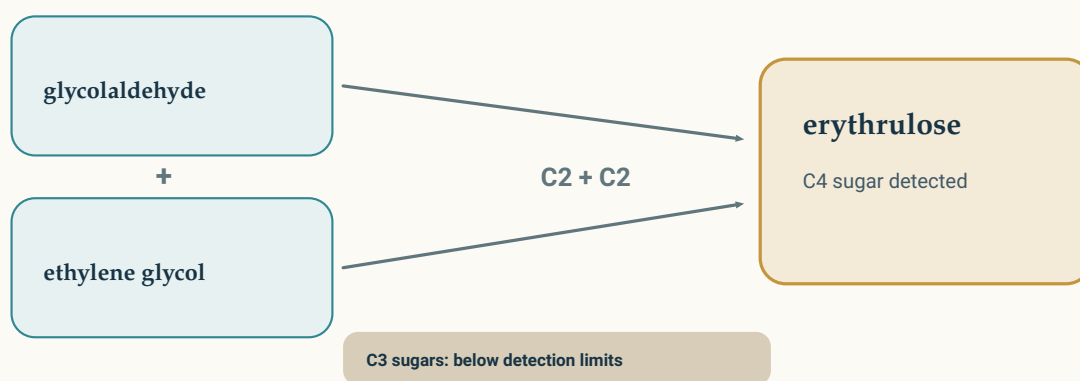
Boundary: a sugar molecule, not life; not ribose, RNA, DNA or biology.

从射电“指纹”到赤藓酮糖分子，再画出清楚边界：这是一个糖分子，不是生命。这条证据链识别的是分子，不是生物学。

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.

两个常见的二碳构件——乙醇醛与乙二醇——可以在冰粒上结合，形成四碳的赤藓酮糖；相对的三碳糖仍低于探测上限。化学可以在行星形成之前就增加复杂度。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

这才是重要主张：真正的糖分子可以在寒冷星际环境中形成、存活，而且丰度高到能从地球被探测。主张并不是天文学家找到了生命、RNA，或在星际空间飘着一匙糖。

作者做了什么

- 使用 Yebes 40 米与 IRAM 30 米望远镜获得银河中心分子云 G+0.693–0.027 的宽带射电光谱。
- 依靠近期实验室旋转光谱数据搜索赤藓酮糖；没有这些实验室数据，就无法可靠识别天文谱线。
- 以 MADCUBA-SLIM 在局部热力学平衡假设下建模，并把同一个谱线非常拥挤的分子云中，超过 180 种已知分子纳入考量。
- 把拟合重点放在最亮、最少谱线混叠的赤藓酮糖特征。
- 把赤藓酮糖与相关分子比较：乙醇醛、乙二醇、甘油醛、二羟基丙酮与甘油。
- 建立量子化学与动力学 Monte Carlo 模型，测试赤藓酮糖如何在星际尘埃的冰层上形成。

他们发现了什么

- **多谱线探测。**论文识别出 12 组赤藓酮糖谱线，共涵盖 17 个独立跃迁。其中六组、对应九个跃迁，被分类为大致没有混叠，残余污染不超过 25%。
- **一个寒冷而微弱的分子。**LTE 拟合得到激发温度 11.3 ± 1.8 K、柱密度 $(8.7 \pm 0.8) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ ，中心速度采 69 km/s，谱线宽度 22 km/s。
- **很小但可测量的丰度。**推得赤藓酮糖相对 H_2 的丰度为 $(6.4 \pm 0.6) \times 10^{-10}$ 。
- **较短的糖反而没有看到。**类似的三碳糖甘油醛与二羟基丙酮都没有探测到，其上限分别为 $\leq 4 \times 10^{-11}$ 与 $\leq 7 \times 10^{-11}$ 。因此在这个来源中，赤藓酮糖看起来至少比这些 C3 糖高 8–17 倍。
- **作者明确计算了随机对齐概率。**对六个最少混叠的特征，他们估计谱线随机对齐的概率为 0.2%。即使只使用三或四条较干净的谱线，也分别得到 95.2% 与 98.3% 的置信水平。
- **化学上有合理形成路径。**模型可在非晶质水冰上，利用这个分子云中本来就很多的两种 C2 分子——乙醇醛与乙二醇——形成赤藓酮糖。最接近观测的模拟，对甲醇、乙醇醛、乙二醇与赤藓酮糖的预测都落在观测值五倍以内；但同时会把尚未探测到的 C3 糖高估约 25–70 倍。

为什么不能只说“太空中有糖”

过去天文学新闻有时把乙醇醛叫作“最简单的糖”。它在化学上确实与糖类相关，对前生物化学也很重要，但论文特别强调分类差异：乙醇醛是羟基醛，不是真正的醣类。赤藓酮糖不同。它是单醣、酮糖，而且作者称它是第一个在星际介质中报告的真正糖类。

这件事重要，是因为生命起源化学常常必须把糖当成起始原料。陨石以及小行星 Bennu 样本中已经找到核糖与葡萄糖，暗示部分糖的来源可能是地外。但在陨石里找到与糖相关的分子，和直接在恒星之间的气体与尘埃中探测到糖，不是同一件事。这篇论文把链条再往前推一步：在母体小天体之前、在

陨石之前、在行星之前。

这个结果还有一个有用的化学反常。通常星际分子家族每增加碳原子，较大的成员就会变得少很多。但在这里，四碳糖被探测到，相似的三碳糖却没有。作者认为，在冰粒上的形成与破坏路径，可能让赤藓酮糖在这个环境中反而较有利。

这并没有证明什么

- 它**没有**显示太空中有生命。糖分子属于前生物化学，不等于生物学。
- 它**没有**显示核糖、RNA 或 DNA。赤藓酮糖在水溶液条件下可以异构化成相关醛糖，也可参与某些前生物路径，但它不是 RNA 骨架所使用的那个糖。
- 它**没有**显示生物性的手性偏好。赤藓酮糖是手性分子，但这次射电探测只识别分子种类，没有测得对映体过量，也没有显示某一种“手性”占优势。
- 它**没有**证明这个分子曾抵达早期地球。论文讨论小天体输送的可能性，但那是从丰度、陨石化学与太阳系历史向外推论。
- 它**没有**解决“生命起源”问题。提供一类分子，和组装出代谢、复制或细胞完全不是同一回事。
- 它**没有**消除分子探测本身的不确定性。证据很强，但来源的谱线极度拥挤；论文之所以花很多力气分析谱线混叠，正因为错误识别最可能发生在这里。
- 它**没有**把输送量估计变成实测值。论文估算，在晚期重轰炸期间，可能有约 $(0.5-50) \times 10^9$ kg 赤藓酮糖被带到早期地球；但这个数字依赖多项假设，而且作者也指出“晚期重轰炸”情境本身近年受到质疑。

证据有多强？

这不是“一条谱线配上一个故事”。探测建立在实验室光谱、宽带射电巡天、出现在正确频率与速度的多个跃迁、定量谱线模型，以及明确的混叠分析上。六个相对少受混叠影响的特征是证据核心；其他谱线与整体拟合提供一致性。对一个复杂、谱线极多的分子云而言，这是一套认真的探测策略。

较弱的部分不是分子识别本身，而是更大的生命起源解读。化学模型显示，赤藓酮糖可以合理地由较小分子在冰粒上形成，而且观测丰度大致落在合理范围。但模型仍会大幅高估一些未探测到的 C3 糖，也没有建立从星际冰一路到早期地球反应网络的完整路径。

因此，从“这个分子存在于太空”跨到“它帮助生命开始”，目前仍是合理但未证明的桥梁。

最稳妥的结论是：天体化学探测很强；形成化学合理；生物学意义则带有推测性。

为什么重要

前生物化学有一个“供应”问题。有些生命起源情境需要的分子，在简单的早期地球条件下不容易大量制造。一种可能的缓和方式，是外源输送：彗星、小行星与陨石带来更早在更冷、更陌生环境中形成

的分子。

这篇论文让这个构想多了一个更上游的来源。它显示至少有一种真正的糖，可以在星际介质本身形成，也就是在物质被包进小天体之前就已经存在。这不会让生命变成必然，但会让生命起始化学的“原料库”不再那么地球中心：部分相关化学可能在行星还没形成前就已经开始。

这个故事最好的版本不是“生命的材料到处都是”。更准确的是：银河中心附近一个寒冷分子云中含有可探测的手性糖，而制造它的化学可能在冰冷尘埃颗粒上进行。光是这件事就已经很有意思。

简明总结

天文学家报告首次在星际介质中探测到真正的糖分子：赤藓酮糖，一种具手性的四碳酮糖，位于银河中心分子云 G+0.693–0.027。证据来自 Yebes 40 米与 IRAM 30 米望远镜观测到的多个射电跃迁，并与实验室光谱数据拟合；冰冷尘埃颗粒上的形成模型也提供支持。结果的重要性在于，它显示一类前生物糖化学可以在行星与陨石形成之前就发生。它不是生命、不是核糖、不是 RNA，也不是这些分子曾替地球生命“播种”的证明。这是一项强而仔细的天体化学探测，其有限而可靠的含意是：星际空间能制造的前生物原料，比我们过去确知的更多。

来源

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>