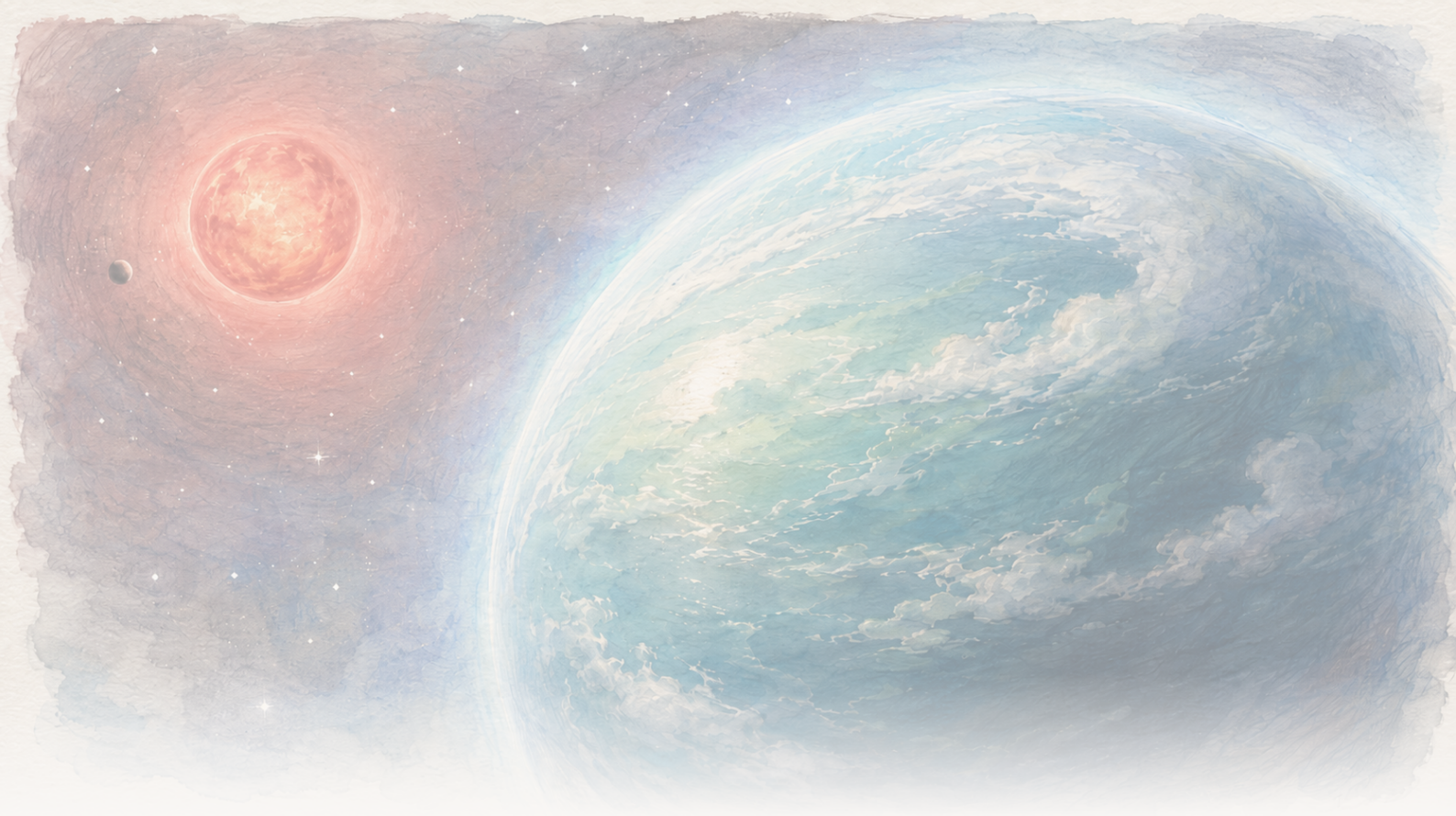




The CLEAN PAPER

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

K₂-18 b：线索与标题之间的距离

2025 年 4 月，*JWST* 对亚海王星 *K2-18 b* 的观测被报道为太阳系外迄今发现的最强烈生命迹象。论文本身则谨慎得多：一个约 3σ 的线索——未达到甚至仅是稳固探测的阈值——指向两种类似硫分子（可能的生物标记）之一的存在，而这些分子所在的行星本身是否为宜居海洋世界尚不确定。作者标记了非生物来源并呼吁更多数据；独立团队此后发现证据更加微弱。一次真实的测量，并非生命的发现。

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI*, Nikku Madhusudhan, Savvas Constantinou, Mans Holmberg, Subhajit Sarkar, Anjali A. A. Piette, and Julianne I. Moses, *The Astrophysical Journal Letters* 983, L40 (2025) · DOI: 10.3847/2041-8213/adc1c8

线索与标题之间的距离

2025 年 4 月，一颗距我们 124 光年的行星短暂成为天空中讨论最热烈的世界。由 Nikku Madhusudhan 领导的一个团队报告称，詹姆斯·韦布太空望远镜在亚海王星 K2-18 b 的大气层中捕捉到了一种可能的二甲基硫信号——这种分子在地球上几乎全部由生物制造，主要是海洋浮游生物。随后的报道用上了能找到的最重磅词汇：目前发现的太阳系外最强烈的生命迹象。论文本身则谨慎得多，这两者之间的差距正是故事的全部。

K2-18 b 是一颗确实很引人关注的地方。它大约有地球质量的 8.6 倍、地球半径的 2.6 倍，绕着一颗小型红色恒星运行于温带区。关于此类行星的一种设想是它们可能是 *hycean* 世界——厚氢气大气层下的全球性海洋——这将使它们成为寻找生命的宽敞可观测地点。但这种身份尚未确定：相同的测量也与迷你海王星或岩质“气体矮星”相容，而 K2-18 b 究竟是哪一种仍是一个开放问题。宜居海洋的解读是一个充满希望的假说，而非已确立的事实。

在此背景下，这篇论文从光谱中此前未覆盖的部分——中红外波段，大约 6 至 12 微米——添加了一条新证据。而诚实地描述这条证据的方式是使用论文自身的数字，而非标题中的形容词。

论文报告的是一个大约 3σ 的统计线索，指向两个相似分子中的某一个的存在——低于科学家甚至仅宣布确认性探测的正常阈值，距离生命迹象更差好几个步骤。“线索”与“生命已发现”之间的距离正是需要仔细阅读的地方。

DMS、「生物标记」和「 3σ 」在此处真正意味着什么

二甲基硫 (DMS) 和二甲基二硫 (DMDS) 是含硫分子。在地球上，它们几乎全部由生命——海洋微生物——制造，且不会通过普通的非生物化学大量产生。这正是它们成为候选生物标记的原因：在合适背景下，其存在可能指向生物学。但“候选”这个词承担着真正的分量。

生物标记不是探测，探测也不是生命。找到一种分子是一回事；证明它确实存在（而非建模伪影或仪器怪癖）是另一回事；证明生命是最佳解释——而非某种非生物化学——是第三件、也更为困难的事。每一步都可能独立失败。

3σ 是衡量一个信号有多大可能是噪声的偶然波动的度量——此处大致为千分之几。听起来很强，但在物理学和天文学中， 3σ 是一个线索的级别：宣布发现的要求是 5σ ，即使那是关于分子本身的声明，而非关于生命。作者自己也这么说：他们的证据处于“科学证据通常所需稳健度的下限”。

[figure_pair pending]

二甲基硫 (DMS) 和二甲基二硫 (DMDS) 是小型含硫分子，相差一个硫原子。JWST/MIRI 论文报告的可能是与这些分子一致的光谱特征——但并未达到将其确立为可靠探测的显著性水平，且数据无法区分两者。

作者做了什么

- 用 JWST 的 MIRI 设备在低分辨率模式下观测了 K2-18 b，捕获了约 6 至 12 微米的透射光谱——这一波长范围未被早期的近红外数据覆盖。

- 通过两个独立的管道简化了数据，并运行了一组稳健性检验，保守地丢弃了 5.6 微米以下噪音更强的光谱部分。
- 用大气模型拟合光谱，测试了 20 种候选分子以解释特征形态。
- 比较了仅 DMS、仅 DMDS 和 DMS+DMDS 合并模型在两个管道下相对于无特征光谱的显著性。
- 专门花了章节讨论假阳性——非生物化学能否制造这些分子——以及要巩固或推翻结果还需要什么。

他们发现了什么

- 中红外光谱并非平坦的：它在 3.4σ 处偏离了无特征谱线（相对于作者的基准模型）。有些东西在塑造它。
- 在所测试的 20 种分子中，作者报告这些特征能被 DMS 和/或 DMDS 最好地解释，证据约为 3σ （两个管道上的个体模型拟合范围从 2.9σ 到 3.2σ ）。
- 推断的丰度很高——数量级在 10 个体积百万分比——对于两种分子中至少一种。
- 数据无法区分 DMS 和 DMDS：两者是简并的，因此即使对面值信号，哪一个分子的问题仍然未解决。
- 早期近红外 DMS 提示非常弱（约 2σ ）且对仪器设置敏感；这是来自不同仪器和波长范围的证据的独立线索，正因如此作者认为它是向前的一步。

这没有证明什么

- 它**不是**一个探测。大约 3σ 是一个线索，而非科学家甚至仅宣布确实存在某种分子时通常要求的 5σ ——这一点作者自己做了说明，称结果稳健性较低且需要验证。
- 它**没有**识别出一个特定的分子。DMS/DMDS 的简并意味着数据支持“这两种中的一种”，而非两者中的某一个。
- 它**没有**展示生命。DMS 和 DMDS 仅是可能的生物标记。论文自己的假阳性章节指出，这样的分子可以通过非生物途径形成（在实验室实验中，且 DMS 甚至曾在一颗彗星上被观测到），并明确声明，一项结论性的生物标记要求同时评估稳健性、环境背景和假阳性——“不太可能是瞬间的或明确的”。
- 它**没有**确立 K2-18 b 是一个宜居海洋世界。hycean 解释是体积数据所允许的几种之一，且仍存在争议。
- 分子识别依赖于这些气体如何吸收光的实验室测量——横截面——作者表示这还需要进一步确定。

证据有多强？

- 光谱中存在真实信号，但其含义的约束力较弱。中红外光谱不是无特征的（ 3.4σ ）是最坚实的部分；从“存在特征”到“它们是 DMS 和/或 DMDS”再到“这暗示生命”的跳跃在每一步上都逐渐变软。
- 作者是审慎的；放大来自外部。论文处处使用限定——“可能的”、“尝试性的”、“需要进一步工作”——并指出只需再增加 8-24 小时的 JWST 时间，显著性就可能推到 $4-5\sigma$ ，也可能无法复现。自信的“生命迹象”框架来自报道，而非论文本身。

- **独立审查已提出反驳。**在发表后的几个月里，其他团队重新分析了相同数据，并未发现信号是稳健的。Taylor (2025) 直接询问 MIRI 光谱是否真的包含光谱特征，并未发现强有力的统计证据——相对于平坦谱线仅有约 2σ 的支持。Luque 及其同事 (2025) 对 NIRISS、NIRSpec 和 MIRI 观测的联合重新分析报告了证据不足以支持 DMS 或 DMDS，在一系列数据简化中均无统计显著探测。Stevenson (2025) 领导的更广泛评估得出结论，数据不符合生物标记的证据标准，将中红外特征归因于仪器系统效应。这种来回并非过程的失败——它就是过程本身，也是为什么一个 3σ 的线索是开始而非结论的原因。

为什么重要

这是近期记忆中关于一个谨慎结果和一个失控的标题如何共享同一天的最干净的例子之一。这里的科学是真实的且值得做：JWST 现在可以探测小型温带行星的大气层，硫分子是合理的目标。但 K2-18 b 的诚实状态是：一个微弱的、模糊的线索，指向两个分子中的一个，在一颗性质本身尚不确定的行星上，可信度连发现者自己都称之为较低——并且此后已被其他分析提出质疑。这些都不令人失望，除非你曾被许诺了外星人。正确的把握方式是研究领域实际运作的方式：作为一个有趣的线索来跟进，在未来几年内用更多 JWST 时间和独立检查。对外星生命的搜索不会以单一标题的方式到来；它会通过一次一次谨慎的测量来积累或消融。

清洁摘要

利用 JWST 的中红外设备，天文学家发现 K2-18 b 的光谱并非无特征，并且在所测试的分子中，最佳拟合解释是二甲基硫和/或二甲基二硫——可能的生物标记气体——约为 3σ ，这两种分子在数据中无法区分。这是一个线索，而非探测，而探测本身也不等于生命迹象：作者自己这么说了，标记了可能的非生物来源，并呼吁更多观测。独立重新分析此后发现证据更加微弱。K2-18 b 是一个真实且值得观测的目标，这是一次真实的测量。它不是生命的发现，论文也从未声称它是。

No-BS 检查

论文所展示的：JWST/MIRI 观察到了一个可能由 DMS 和/或 DMDS 解释的约 3σ 光谱信号——一个线索，而非一个牢固的探测。**合理但未经证实的：**该信号是真实的且来自 K2-18 b 的大气层；它是这两种分子中的一种；非生物来源可以排除。**它没有展示的：**一个可靠的探测、一个特定分子、生命、一个宜居海洋世界。**主要局限：**统计显著性低；分子简并；尚不确定的实验室横截面；可能存在的非生物来源；以及外部分析提出的挑战。**普通读者应该抱有多大信心？**低信心认为这是一个牢固的分子探测。非常低信心认为这是一个生命迹象。恰当的立场：一次值得做、有微弱线索的观测，远非已解决的发现。

来源

Madhusudhan et al., New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI, ApJL 983, L40 (2025)

<https://doi.org/10.3847/2041-8213/adc1c8>

J. Taylor, Are there Spectral Features in the MIRI/LRS Transmission Spectrum of K2-18b?, Research Notes of the AAS (2025), DOI 10.3847/2515-5172/add881 (arXiv:2504.15916)

<https://doi.org/10.3847/2515-5172/add881>

R. Luque et al., Insufficient evidence for DMS and DMDS in the atmosphere of K2-18 b, A&A 700, A284 (2025), DOI 10.1051/0004-6361/202555580 (arXiv:2505.13407)

<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202555580>

K. B. Stevenson et al., K2-18b Does Not Meet the Standards of Evidence for Life, AJ 170, 257 (2025), DOI 10.3847/1538-3881/ae0338 (arXiv:2508.05961)

<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ae0338>