

Jesmo li sami u svemiru?

Dario Hrupec

Elektrotehnička i prometna škola Osijek, 23. travnja 2025.



MALA KNJIGA Adam Frank
O IZVANZEMALJCIMA

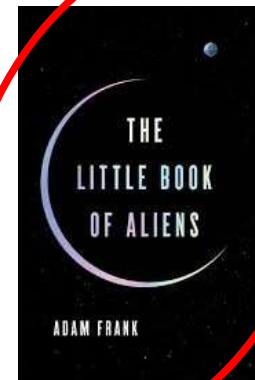
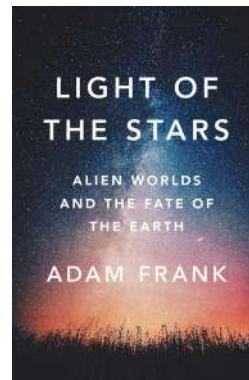
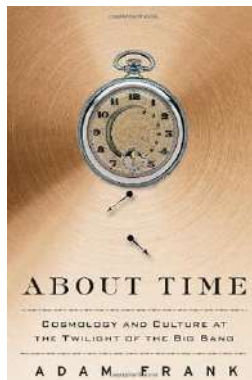
POGLED U DUBOKI SVEMIR IZ PERSPEKTIVE
VODEĆEG SVJETSKOG ASTROBIOLOGA

Preveo doc. dr. sc. Dario Hrupec

v|b|z 

Adam Frank

- fizičar, astronom, pisac
- računalna astrofizika, astrobiologija
- Sveučilište u Rochesteru









UVOD

- **znanstveni pristup** potraži za izvanzemaljskim životom
- jasno razdvajanje činjenica od izmišljotina, hipoteza od spekulacija
- nagli razvoj astrobiologije zadnjih 30 godina: otkrića egzoplaneta, nove pristupi traženju života u svemiru (*biopotpisi*, *tehnopotpisi*)
- većina znanstvenika smatra da su NLO-i krivo identificirane pojave ili prijevare, mada se neka viđenja ne mogu lako objasniti
- pitanje „Jesmo li sami?” ne zanima samo širu javnost, itekako zanima i fizičare



New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI

Nikku Madhusudhan¹ , Savvas Constantinou^{1,6} , Måns Holmberg^{2,6} , Subhajit Sarkar^{3,6} , Anjali A. A. Piette⁴ , and Julianne I. Moses⁵ 

¹ Institute of Astronomy, University of Cambridge, Madingley Road, Cambridge, CB3 0HA, UK; nmadhu@ast.cam.ac.uk

² Space Telescope Science Institute, 3700 San Martin Drive, Baltimore, MD 21218, USA

³ School of Physics and Astronomy, Cardiff University, The Parade, Cardiff, CF24 3AA, UK

⁴ School of Physics and Astronomy, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, UK

⁵ Space Science Institute, Boulder, CO 80301, USA

Received 2024 December 13; revised 2025 March 14; accepted 2025 March 15; published 2025 April 17

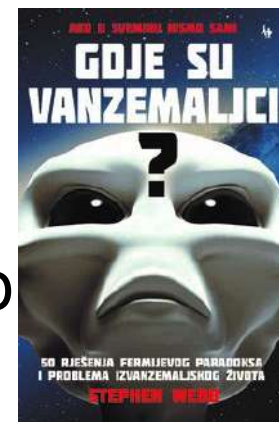
Abstract

The sub-Neptune frontier has opened a new window into the rich diversity of planetary environments beyond the solar system. The possibility of hycean worlds, with planet-wide oceans and H₂-rich atmospheres, significantly expands and accelerates the search for habitable environments elsewhere. Recent JWST transmission spectroscopy of the candidate hycean world K2-18 b in the near-infrared led to the first detections of the carbon-bearing molecules CH₄ and CO₂ in its atmosphere, with a composition consistent with predictions for hycean conditions. The observations also provided a tentative hint of dimethyl sulfide (DMS), a possible biosignature gas, but the inference was of low statistical significance. We report a mid-infrared transmission spectrum of K2-18 b obtained using the JWST MIRI LRS instrument in the $\sim 6\text{--}12\ \mu\text{m}$ range. The spectrum shows distinct features and is inconsistent with a featureless spectrum at 3.4σ significance compared to our canonical model. We find that the spectrum cannot be explained by most molecules predicted for K2-18 b, with the exception of DMS and dimethyl disulfide (DMDS), also a potential biosignature gas. We report new independent evidence for DMS and/or DMDS in the atmosphere at 3σ significance, with high abundance ($\gtrsim 10$ ppmv) of at least one of the two molecules. More observations are needed to increase the robustness of the findings and resolve the degeneracy between DMS and DMDS. The results also highlight the need for additional experimental and theoretical work to determine accurate cross sections of important biosignature gases and identify potential abiotic sources. We discuss the implications of the present findings for the possibility of biological activity on K2-18 b.

Unified Astronomy Thesaurus concepts: Exoplanets (498); Biosignatures (2018); Habitable planets (695)

1. KAKO SMO SE OVDJE NAŠLI? KAKO SU NAŠA STARA PITANJA O IZVANZEMALJCIMA DOBILA SVOJ SUVREMENI OBLIK?

- o postojanju izvanzemaljaca raspravlja se još od starih Grka, pesimistički (npr. Aristotel) ili optimistički (npr. Epikur)
- Fermijev paradoks: prividna proturječnost između
- općeg očekivanja da izvanzemaljske civilizacije postoje
- i činjenice da potvrdu njihovog postojanja zasad nemamo
- Drakeova jednačba:
$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$
- javna percepcija NLO-a (npr. Roswell) negativno je utjecala na ozbiljno znanstveno istraživanje o izvanzemaljskom životu
- izvanzemaljci su postali sastavni dio popularne kulture što je stvorilo "faktor podsmijeha"



2. PA KAKO SMO TO NAPRAVILI? KLJUČNE IDEJE KOJE SU OBLIKOVALE NAŠU POTRAGU ZA IZVANZEMALJCIMA

- potraga za životom u svemiru zahtijeva stroge **standarde potvrda**
- projekt Ozma kao prekretnica: prvo znanstveno istraživanje (1960.) usmjereno na pronalaženje izvanzemaljske inteligencije
- nastanjive zone: područja oko zvijezda u kojima bi mogla postojati tekuća voda
- Dysonova sfera: megastruktura oko zvijezde za maksimalno iskorištavanje energije te zvijezde
- Kardarševljeva skala: klasifikacija civilizacija prema njihovoj sposobnosti korištenja energije

3. ŠTO SU DOVRAGA NLO i NAP? KAKO SE UKLAPAJU, ILI NE UKLAPAJU, U NAŠU POTRAGU ZA IZVANZEMALJCIMA?

- mnoštvo prijevvara, teorija zavjere i neprovjerenih informacija vezanih uz NLO-e stvorilo je odbojnost
- negativna percepcija NLO-a bila je iskorištena za značajno smanjenje financiranja SETI-ja
- znanstvenici poput Jamesa McDonalda istaknuli su potrebu za ozbiljnim znanstvenim istraživanjem NLO-a/NAP-ova
- s pojavom novih tehnologija i otvorenosti prema viđenjima NAP-ova, postoji prilika za ozbiljno znanstveno istraživanje
- potrebna je razumna strategija prikupljanja podataka, korištenje **kalibriranih** instrumenata te rigorozna analiza opažanja

4. ŠTO AKO TO JESU IZVANZEMALJCI? AKO SU NLO-i IZVANZEMALJCI, KAKO SU DOŠLI I ŠTO DOVRAGA ŽELE?

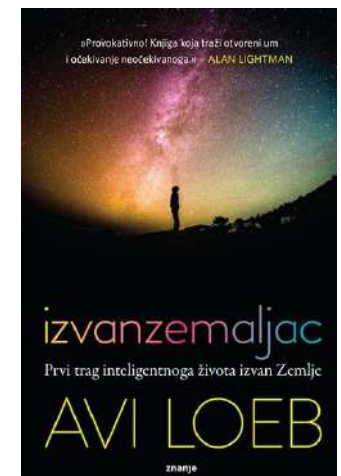
- udaljenosti između zvijezda su ogromne, a brzina svjetlosti konačna; to temeljno ograničava putovanje kroz svemir
- napredne civilizacije mogle koristiti razna rješenja: generacijske brodove, hibernaciju, solarna jedra, crvotočine, warp-pogon...
- ako NLO-i postoje, možda koristite napredne tehnologije za prikrivanje, npr. metamaterijale koji skreću svjetlost oko objekta
- postoji nagađanje da NLO-i dolaze iz drugih dimenzija, no zasad nema eksperimentalnih potvrda o postojanju takvih dimenzija
- argument o dugim svjetlima: Ako se žele sakriti, zašto im to tako loše ide?

5. KOZMIČKA PRIVLAČNOST? GDJE TRAŽITI IZVANZEMALJCE?

- razvoj tehnologije omogućio je otkrivanje egzoplaneta (6000) što otvara nove mogućnosti za istraživanje izvanzemaljskog života
- ideja abiogeneze pomaže nam razumjeti kako se život mogao razviti iz nežive tvari
- Europa (Jupiterov mjesec) i Enkelad (Saturnov mjesec), koji imaju skrivene oceane ispod ledenih površina, predstavljaju potencijalna staništa za život unutar našeg Sunčevog sustava
- otkrića raznih egzoplaneta, od "vrućih Jupitera" do super-Zemlji, pokazuju da su planeti različitiji nego što se ranije smatralo
- priroda je mogla provesti milijarde eksperimenata s planetima i životom, što otvara mogućnost postojanja mnogih civilizacija

6. KOZMIČKI NADZOR: KAKO ĆEMO UHODITI IZVANZEMALJCE

- razvoj teleskopa omogućuje traženje biopotpisa i tehnopotpisa
- **biopotpisi**: kemijski sastav atmosfera egzoplaneta može otkriti prisutnost života; neke molekule, poput kisika i metana, mogu biti indikatori bioloških procesa koji održavaju kemijsku neravnotežu
- **tehnopotpisi**: tehnološke civilizacije ostavljaju tragove svog postojanja (poput zagađenja atmosfere ili umjetnog osvjetljenja) što se može prepoznati s velikih udaljenosti
- 'Oumuamua je *možda* bila izvanzemaljska sonda
- izvanzemaljski artefakti mogli bi postojati i unutar
- Sunčevog sustava, recimo na Mjesecu



7. RADE LI TO I IZVANZEMALJCI? ŠTO ĆEMO OTKRITI KAD OTKRIJEMO IZVANZEMALJCE?







- ugljik stvara stabilne i fleksibilne kemijske veze pa je idealan za složene molekule koje grade žive organizme
- premda je i silicij mogući kandidat za temelj života, njegove mogućnosti su puno manje
- **teorija evolucije primjenjiva je na sve oblike života, uključujući izvanzemaljske**
- izvanzemaljski umovi mogu biti vrlo različiti od ljudskih; možda njihova matematika i percepcija ne budu usporedive s našima
- civilizacije stare milijune godina možda bi se neprepoznatljivo transformirale (poput prelaska u digitalni oblik)

8. ZAŠTO SU IZVANZEMALJCI VAŽNI: VAŽNIJI SU NEGO ŠTO MISLITE

- otkriće čak i najjednostavnijih oblika života u svemiru moglo bi značajno promijeniti razumijevanje našeg mjesta u svemiru
- potvrda postojanja izvanzemaljske civilizacije bi pokazala da evolucijski procesi koji su se dogodili na Zemlji nisu jedinstveni
- pronalazak naprednije civilizacije mogao bi pokazati da je moguće prebroditi klimatskih promjena i prijetnje nuklearnog rata
- otkriće izvanzemaljskog života moglo bi promijeniti naše religijske, etičke i umjetničke poglede
- svako otkriće vezano uz izvanzemaljce potaknulo bi nova pitanja i znanstvena istraživanja



New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI

Nikku Madhusudhan¹ , Savvas Constantinou^{1,6} , Måns Holmberg^{2,6} , Subhajit Sarkar^{3,6} , Anjali A. A. Piette⁴ , and Julianne I. Moses⁵ 

¹ Institute of Astronomy, University of Cambridge, Madingley Road, Cambridge, CB3 0HA, UK; nmadhu@ast.cam.ac.uk

² Space Telescope Science Institute, 3700 San Martin Drive, Baltimore, MD 21218, USA

³ School of Physics and Astronomy, Cardiff University, The Parade, Cardiff, CF24 3AA, UK

⁴ School of Physics and Astronomy, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, UK

⁵ Space Science Institute, Boulder, CO 80301, USA

Received 2024 December 13; revised 2025 March 14; accepted 2025 March 15; published 2025 April 17

Abstract

The sub-Neptune frontier has opened a new window into the rich diversity of planetary environments beyond the solar system. The possibility of hycean worlds, with planet-wide oceans and H₂-rich atmospheres, significantly expands and accelerates the search for habitable environments elsewhere. Recent JWST transmission spectroscopy of the candidate hycean world K2-18 b in the near-infrared led to the first detections of the carbon-bearing molecules CH₄ and CO₂ in its atmosphere, with a composition consistent with predictions for hycean conditions. The observations also provided a tentative hint of dimethyl sulfide (DMS), a possible biosignature gas, but the inference was of low statistical significance. We report a mid-infrared transmission spectrum of K2-18 b obtained using the JWST MIRI LRS instrument in the $\sim 6\text{--}12\ \mu\text{m}$ range. The spectrum shows distinct features and is inconsistent with a featureless spectrum at 3.4σ significance compared to our canonical model. We find that the spectrum cannot be explained by most molecules predicted for K2-18 b, with the exception of DMS and dimethyl disulfide (DMDS), also a potential biosignature gas. We report new independent evidence for DMS and/or DMDS in the atmosphere at 3σ significance, with high abundance ($\gtrsim 10$ ppmv) of at least one of the two molecules. More observations are needed to increase the robustness of the findings and resolve the degeneracy between DMS and DMDS. The results also highlight the need for additional experimental and theoretical work to determine accurate cross sections of important biosignature gases and identify potential abiotic sources. We discuss the implications of the present findings for the possibility of biological activity on K2-18 b.

Unified Astronomy Thesaurus concepts: [Exoplanets \(498\)](#); [Biosignatures \(2018\)](#); [Habitable planets \(695\)](#)