

Astrobiológia

10

Obývatel'ná zóna

Biosignatúry

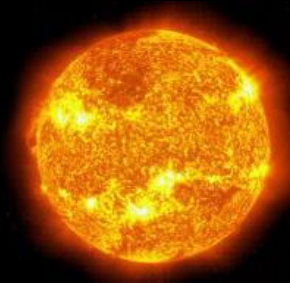
RNDr. Tomáš Paulech, PhD.
KAFZM, FMFI UK

Čo robí planétu obývateľnou?

- Podmienky života (v pozemskej podobe):
 - Rozpúšťadlo (pre známy život výlučne kvapalná voda)
 - zdroj energie pre biochem procesy
 - napr. vulkanizmus, platňová tektonika
 - fyzikálne podmienky v limitoch biosféry
 - Teplota, tlak, pH, salinita, radiácia, toxicita prostredia/kovov
 - Esenciálne biogénne prvky: CHNOPS+kovy
- Súvisiace faktory:
 - Primeraný zdroj vnútornej energie - rádioaktívne prvky zahrievajúce teleso – Zem (U, Th)
 - Primálo = absencia tektoniky
 - Priveľa = runaway greenhouse efekt vulkanizmu – ako Venuša
 - mesiac(e) vo viazanej rotácii - stabilizuje sklon osi telesa
 - Magnetické pole – ochrana povrchu pred žiarením
 - Riziko viazanej rotácie planéty („deň=rok“) – jedna hemisféra trvale vystavená hviezde (zmrznutie atmosféry)

Obývateľná zóna

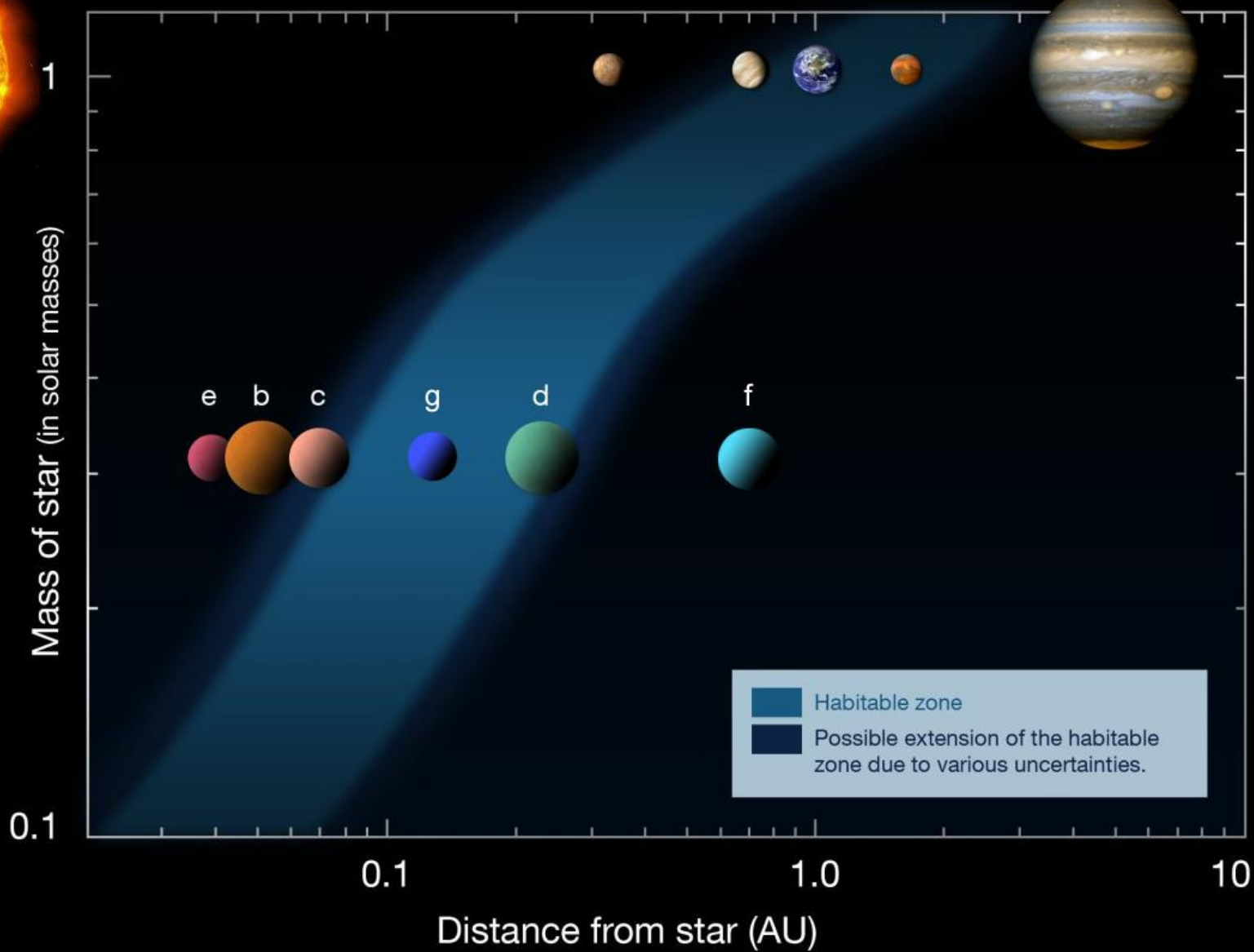
- **Obývateľná zóna (Habitable zone - HZ)**
 - interval vzdialenosti od hviezdy, kde môže existovať **kvapalná voda**
 - Pre Slnko **HZ: 0.99 – 1.7 AU**
 - Koncept HZ nereprezentuje všetky obývateľné prostredia (očakávame život aj mimo HZ – Europa...)
 - Continuous HZ = taká HZ, ktorá sa udrží dosť dlho na to, aby umožnila vývoj života (rádovo 10-100 My)
 - Pre Slnko **CHZ: 0.95-1.15 AU**
- **HZ hviezd**
 - Závisí od svietivosti (pre chladnejšie hviezdy je bližšie)
 - Proxima Centauri B – najbližšia planéta v obývateľnej zóne k Slnku
 - Červené trpaslíky
 - Žijú extrémne dlho
 - HZ stabilná po dlhú dobu
 - Riziko zničenia atmosféry hviezdny vetrom
 - Štatisticky:
 - **1 planéta systému** je v habitable zone
 - z dnešných dát 64% hviezd ma planétu v habitable zone
 - cca **22% sun-like stars** ma Earth-like planet
 - V Galaxii cca 90 miliárd Zemi podobných obývateľných planét
- **Habitable zone simulator**



Sun



Gliese 581

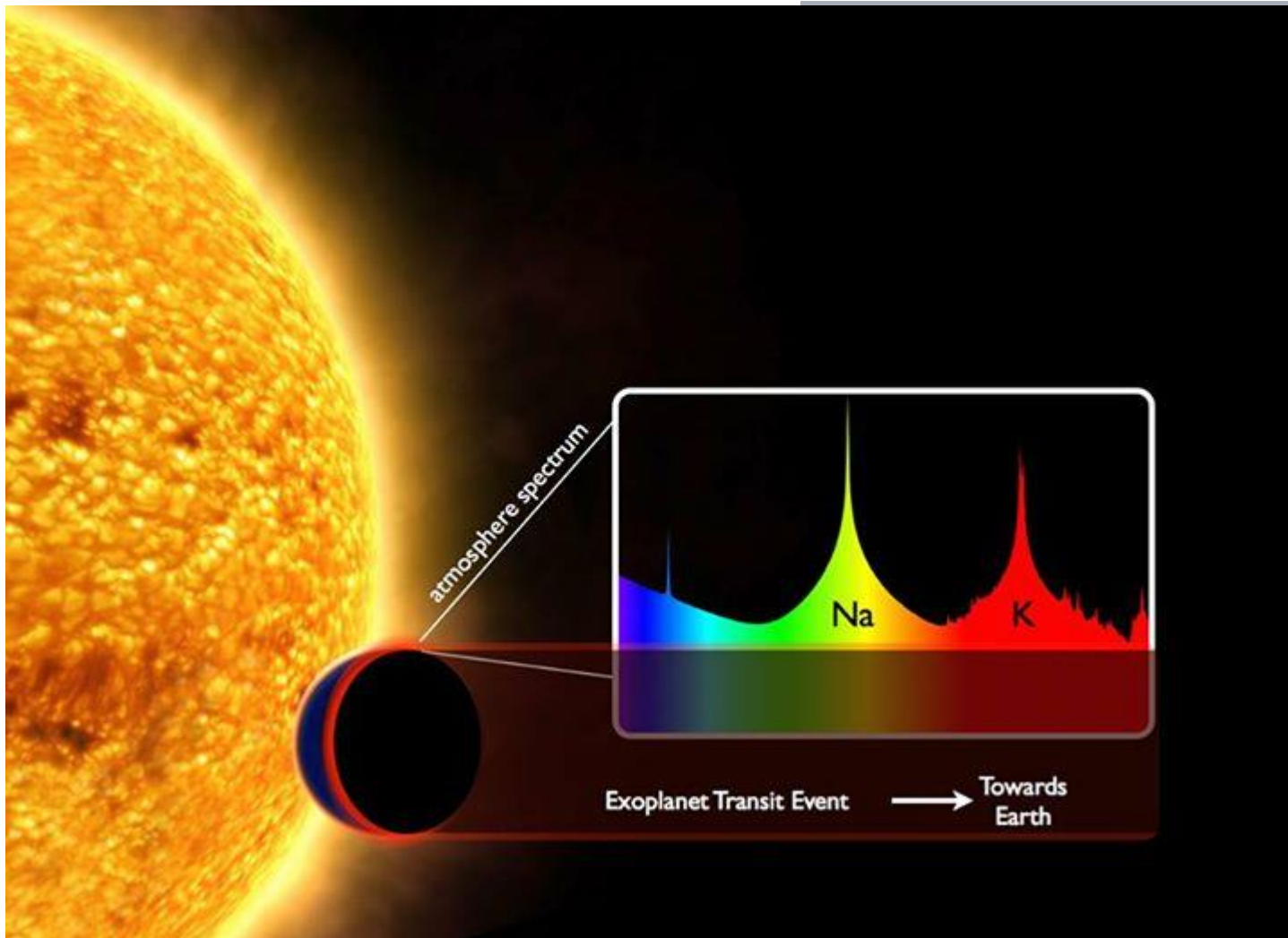


Biosignatúry - in-situ detekcia

- **Biosignatúra** = každý prvok, molekula, látka alebo vlastnosť, ktorá môže preukázať prítomnosť minulého alebo súčasného života a líši sa od abiogenetického pozadia
- Detekovateľné biosignatúry In-situ
 - **Vizuálne** biosignatúry
 - Aktívny život (ideálny prípad)
 - Fosílie a mikrofosílie (ako ALH 84001)
 - Artefakty života – mikrobiálne komunity, obdoby stromatolitov, stopy pohybu,...
 - **Chemické** biosignatúry
 - Uhl'ovodíky, lipidy, bielkoviny, aminokyseliny (ak aj samé nepretrvávajú, produkujú často dlhotrvajúce molekuly po rozpade)
 - Nehomogenity v chiralite, pomeroch izotopov a pod.
 - Chemická nerovnováha – napr. lokálna prítomnosť látky/molekuly rýchlo sa rozkladajúcej bez prítomnosti života
 - Biominerály – priamo alebo nepriamo vytvárané živými organizmami (napr. uhličitan vápenatý CaCO_3 , fosforečnan vápenatý, S, Mn, oxidy Fe,... – ALH84001 – štrukturované kryštály magnetitu)
- **Metódy in-situ meraní**
 - Hmotnostná spektrometria – ionizácia vzorky + hmotnostné rozdelenie
 - Plynová chromatografia + hm. Spektrometer
 - Ramanova spektroskopia - odparenie vzorky intenzívnym laserom + spektroskopia
 - Veľmi účinná aj pri hľadaní komplexných biomolekúl, pigmentov
 - Prvý krát vo vesmíre na ExoMars rover (2020)
 - Life marker chip – overovanie „protilátok“ – priama detekcia známych proteínov
 - Fluorescencia – ožiarenie UV vzorky, charakteristická emisia v viditeľnom spektre (napr. chlorofyl)

Biosignatúry - nepriama detekcia

- Pre všetky telesá mimo Slnčnej sústavy
- **Spektroskopia**
 - Emisné a absorpčné čiary biomolekúl (aj H₂O)
 - pozemská biosféra vyžaruje v IR oblasti
 - „Red edge“ – priamy prejav vegetácie v Zemskej atm.
- **Nerovnováha v zložení atmosféry**
 - Súčasná prítomnosť oxidujúcich a redukujúcich molekúl
 - O₂ a CH₄ - súčasný výskyt
 - aby existovali v atmosfére bez reakcie, musia byť stále doplňované
 - samostatne nie sú silnými biosignatúrami – O₂ môže vznikať aj pri fotodisociácii vody (runaway greenhouse effect)
 - N₂O – oxid dusný (rajský plyn)
 - Silná biosignatúra
 - Nemá známy abiologický proces vzniku
 - O₃, C₂H₆ (etán) – vedľajšie produkty zániku O₂ a CH₄
 - O₃ detekovateľný pri veľmi nízkych koncentráciách
 - NO₂, NH₃, CH₃Cl... – pôvod v biosfére, ale vo veľmi nízkych koncentráciách
 - H₂O, CO₂ – nutné pre pozemský život, ale ľahko produkované nebiologicky
 - Nutné poznať a zvážiť kontext výskytu: stav planéty, atmosféry, hviezdy,...
- **Fotosyntetické pigmenty**
 - VRE (vegetation red edge) – biosféra výrazne zvyšuje odrazivosť pri cca 700 mikrometroch
 - Maskované mrakmi, pozícia v spektre viazaná na Slnko, možný vznik aj mineralogicky
- **Detekcia signálu mimozemskej civilizácie (SETI)**

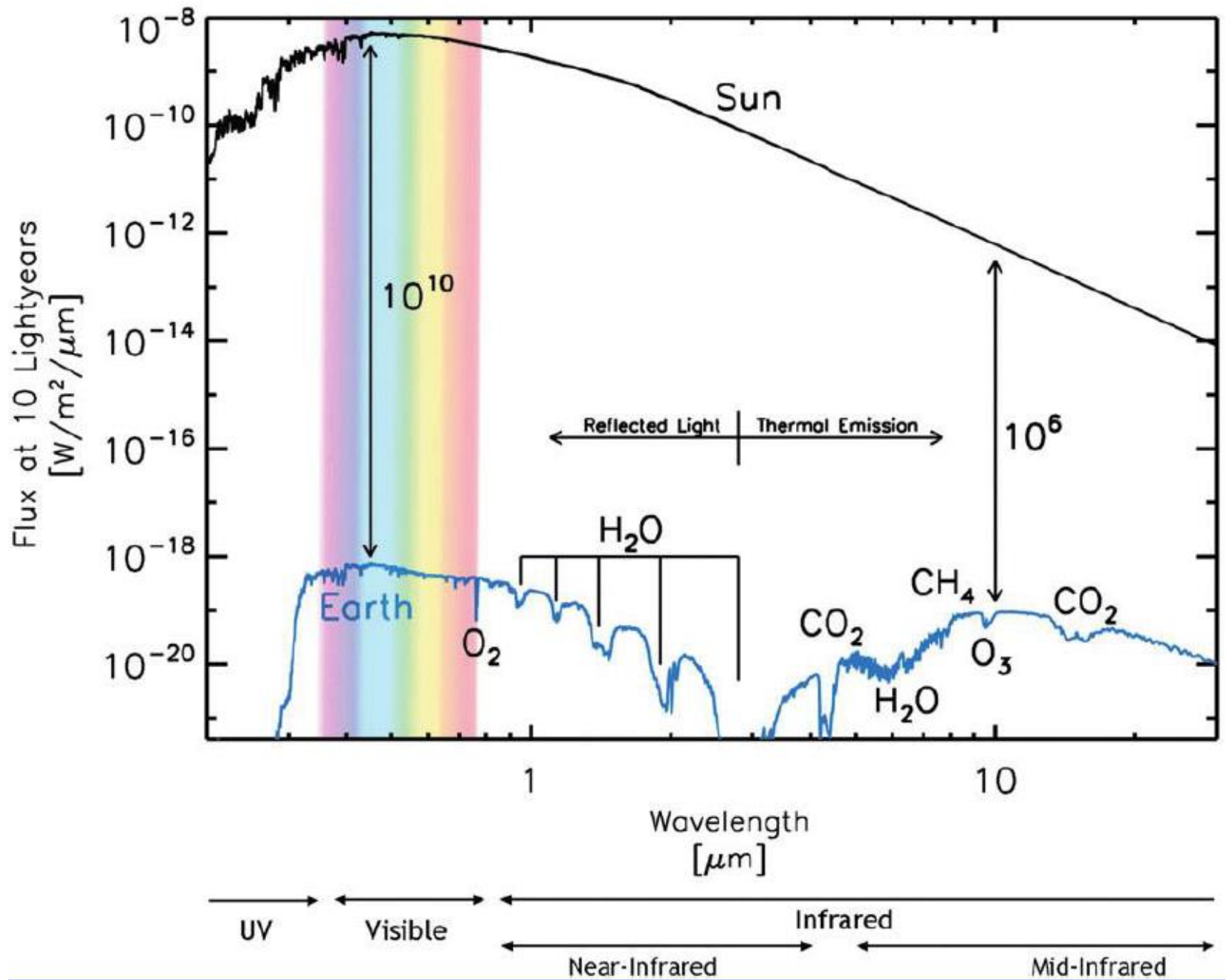


Spektrum atmosféry exoplanéty – žiarenie hviezdy zmenené prechodom atmosférou

Biosignatúry - projekty

- HST
 - 2001 – Na nájdený v atmosfére Hot-Jupitera – prvý krát jasný prvok v atmosfére
 - 2007 – metán, CO₂
 - 2007 – H₂O para v kombinácii so Spitzer
- Spitzer space telescope od 2003
 - infrared spectra of exoplanets
 - H₂O, CO₂ v atmosférach
 - atmosféry s hustými oblakmi
 - pre-biotické zlúčeniny acetylen, CH-hydrogen kyanid
- COROT – ESA – od 2006
 - zameraná na transit method detekciu
 - najmenšie vtedy známe exoplanéty COROT 7b -1,6x Zem
- KEPLER – od 2009 – tisíce exoplanét
- GAYA – ESA – od 2013 – má objaviť tisíce exoplanet
- Pozemské projekty – extrémne veľké teleskopy E-ELT, Keck, VLT, priame pozorovania planét

- Budúce:
 - James Webb space telescope – od 2018 - atmosféry
 - CHEOPS (CHAracterising ExOPlanets Sat)– ESA, cca 2020 – charakteristiky atmosfér v habitable zónach
 - TESS – transiting exoplanets survey
 - PLATO – Planetary transits and Oscillation of stars
 - WFIRST – cca 2024 - wide field IR space telescope



Spektrum Slnka a Zeme vo vzdial. 10ly, podľa Astrobiology Primer v.2, p. 621

Diskusia, zdroje

- Habitable zone simulator:
<http://astro.unl.edu/naap/habitablezones/animations/stellarHabitableZone.html>
- Alpha Centauri B habitable planet:
http://www.newscientist.com/article/dn24980-star-next-door-may-host-a-superhabitable-world.html?utm_source=NSNS&utm_medium=SOC&utm_campaign=hoot&cmpid=SOC%7CNSNS%7C2013-GLOBAL-hoot#.UvjEMfl5Pw9
- Fotosyntéza z obeznej drahy – fluorescencné svetlo rastlín -
<http://www.nasa.gov/content/goddard/seeing-photosynthesis-from-space-nasa-scientists-use-satellites-to-measure-plant-health/>
- Potenciálne neriešiteľné problémy biosignatúr:
- <http://news.sciencemag.org/space/2014/04/false-signs-life-alien-worlds>
- http://www.ecnmag.com/news/2015/09/oxygen-not-definitive-evidence-life-habitable-extrasolar-planets?et_cid=4805863
- Red edge – vegetácia viditeľná v spektre Zeme:
http://www.ted.com/talks/garik_israelian_what_s_inside_a_star#t-707698