

A csillagok láthatatlan fénye

Kóspál Ágnes

**MTA CSFK Konkoly Thege Miklós
Csillagászati Intézet**

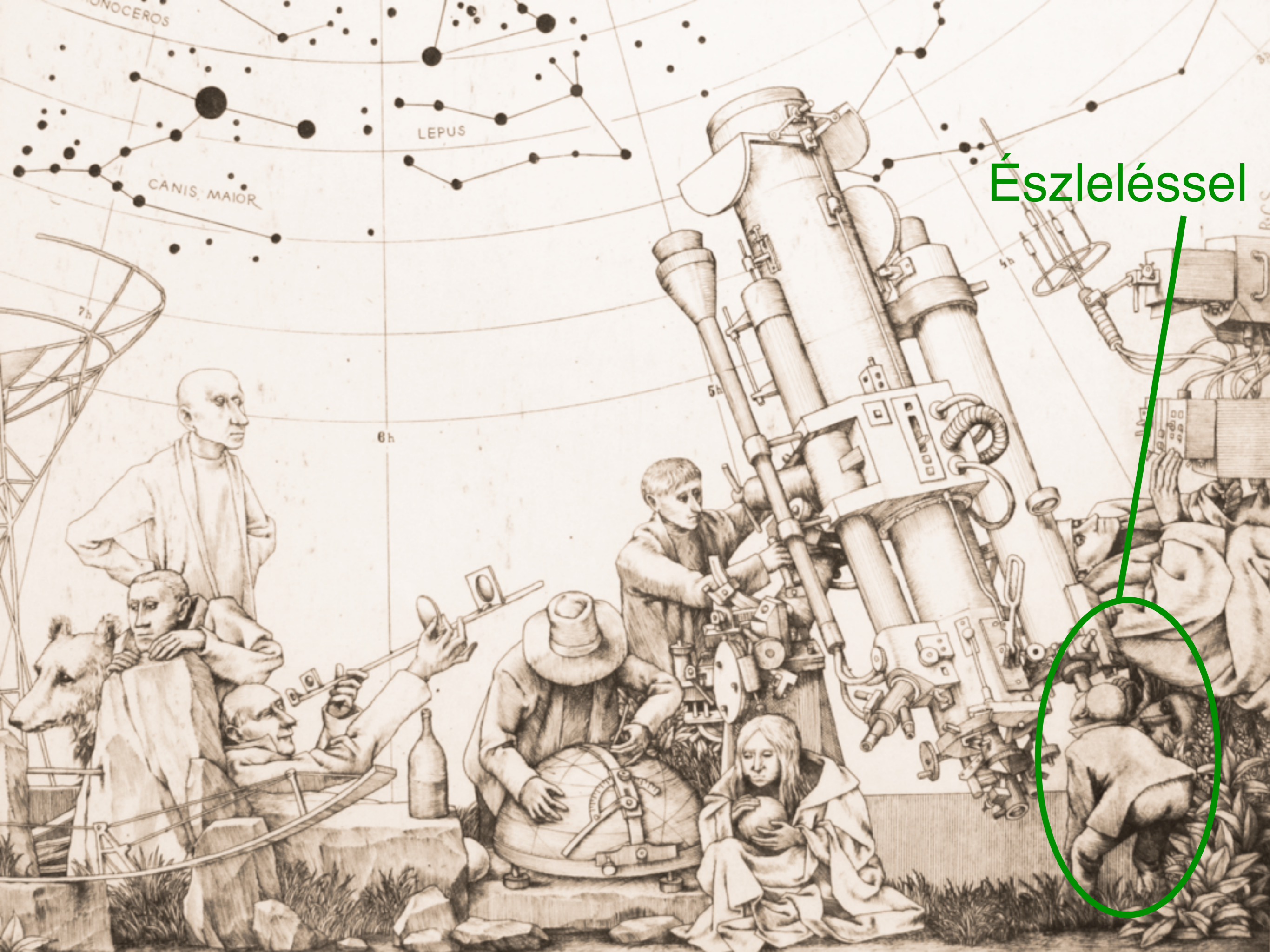
Jászberény, 2017. október 27.



erc

Mivel foglalkozik egy 21. századi csillagász?



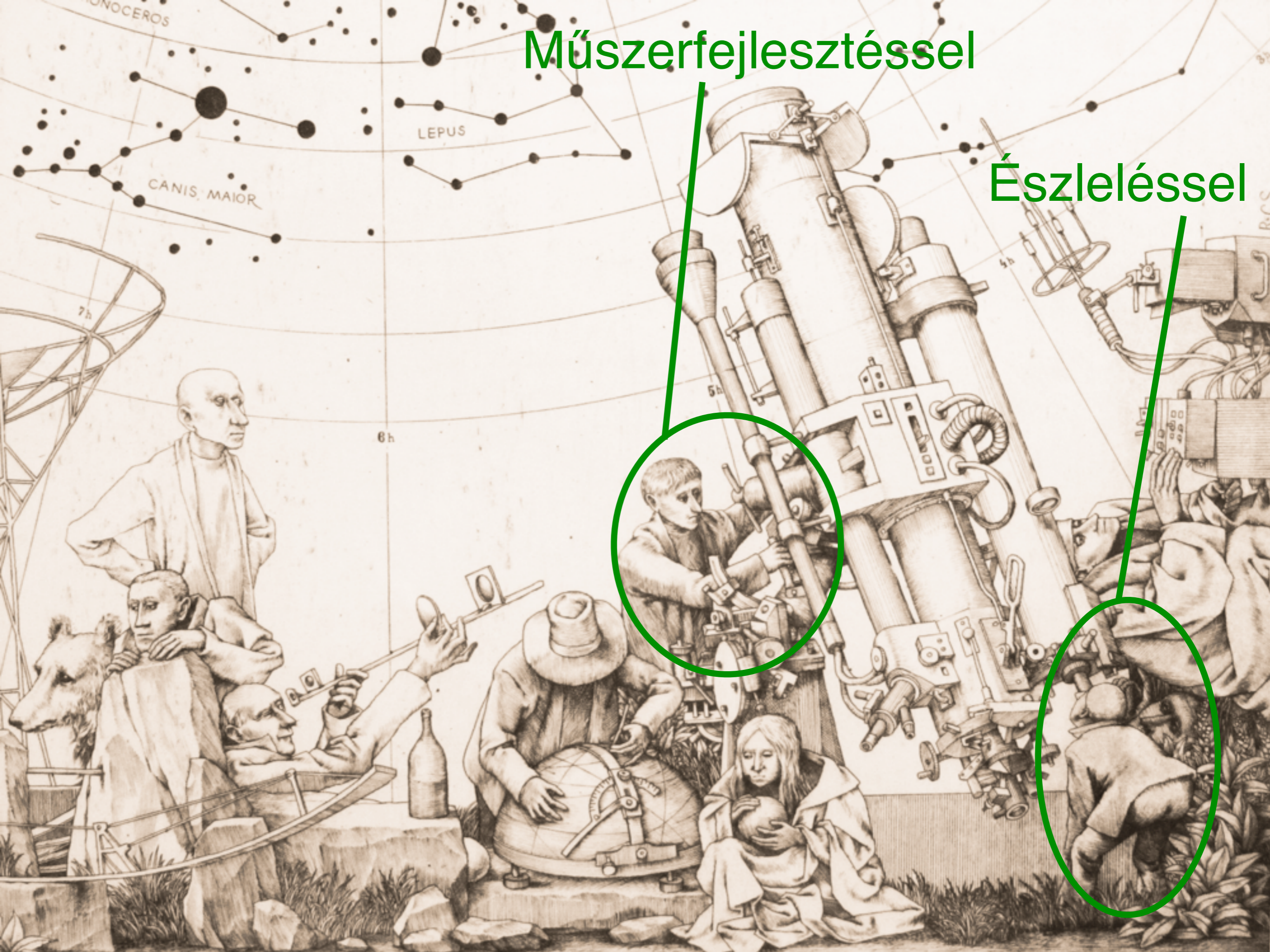


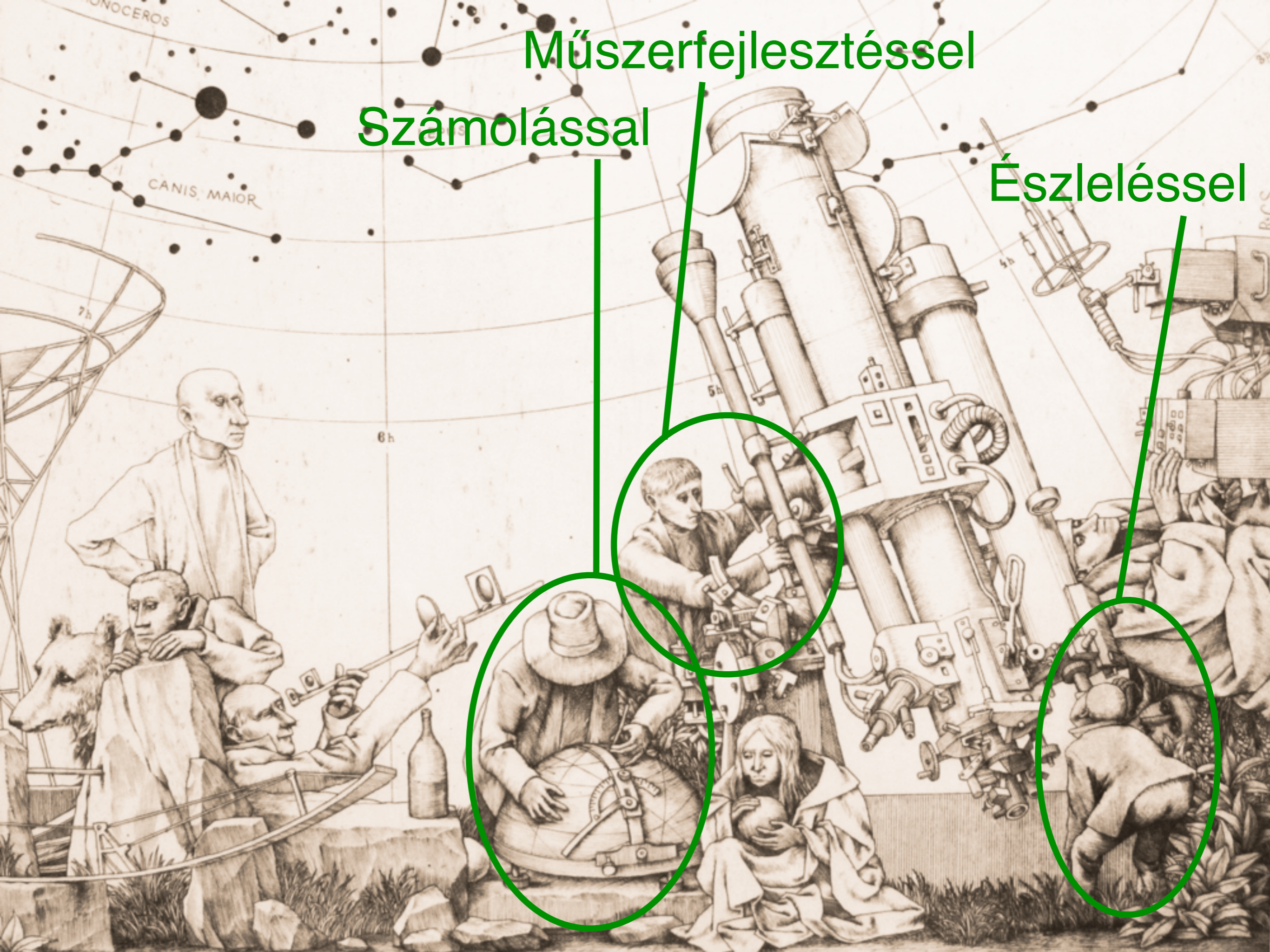
Észleléssel



Műszerfejlesztéssel

Észleléssel





Műszerfejlesztéssel

Számolással

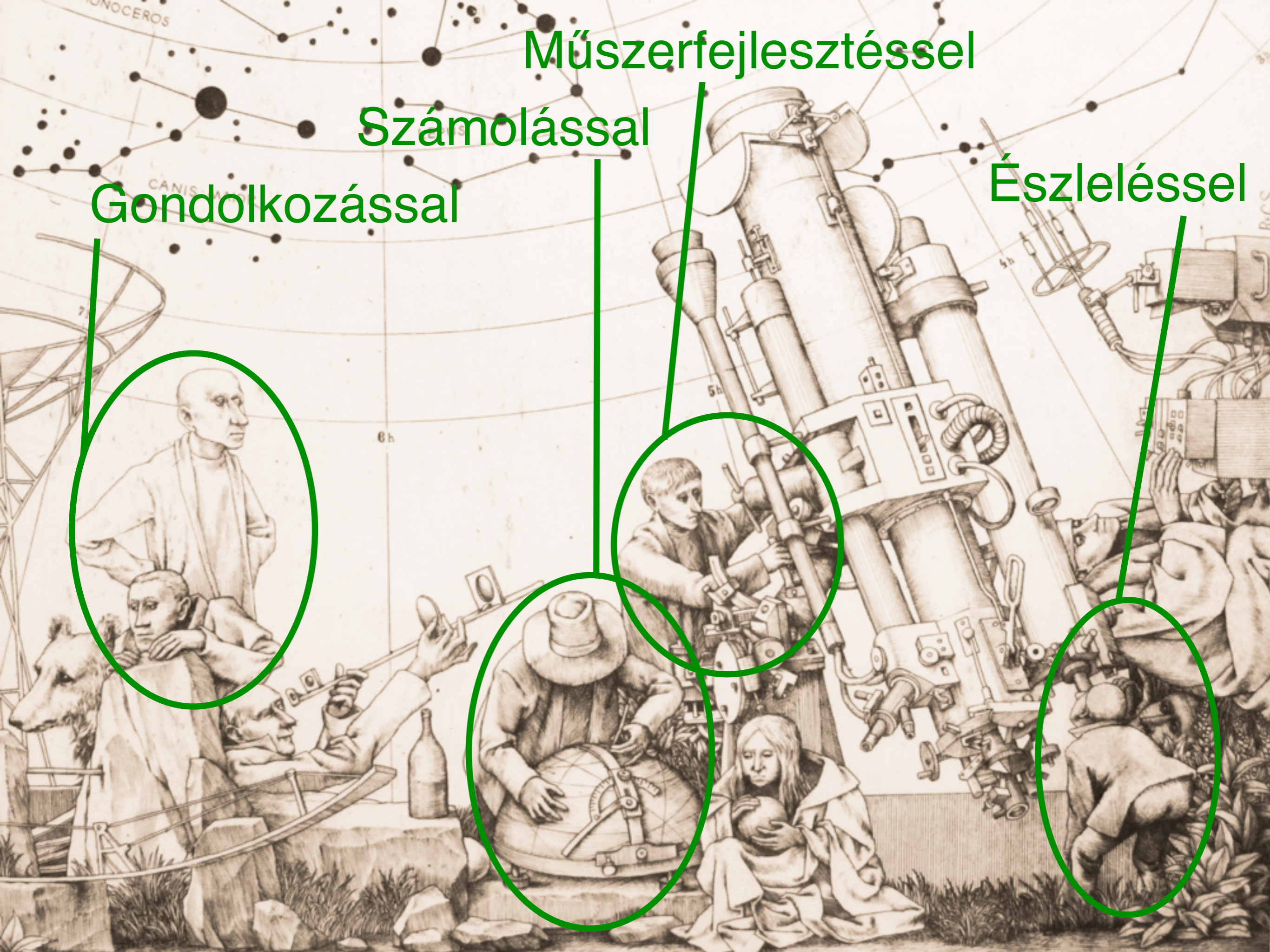
Észleléssel

Műszerfejlesztéssel

Számolással

Gondolkozással

Észleléssel



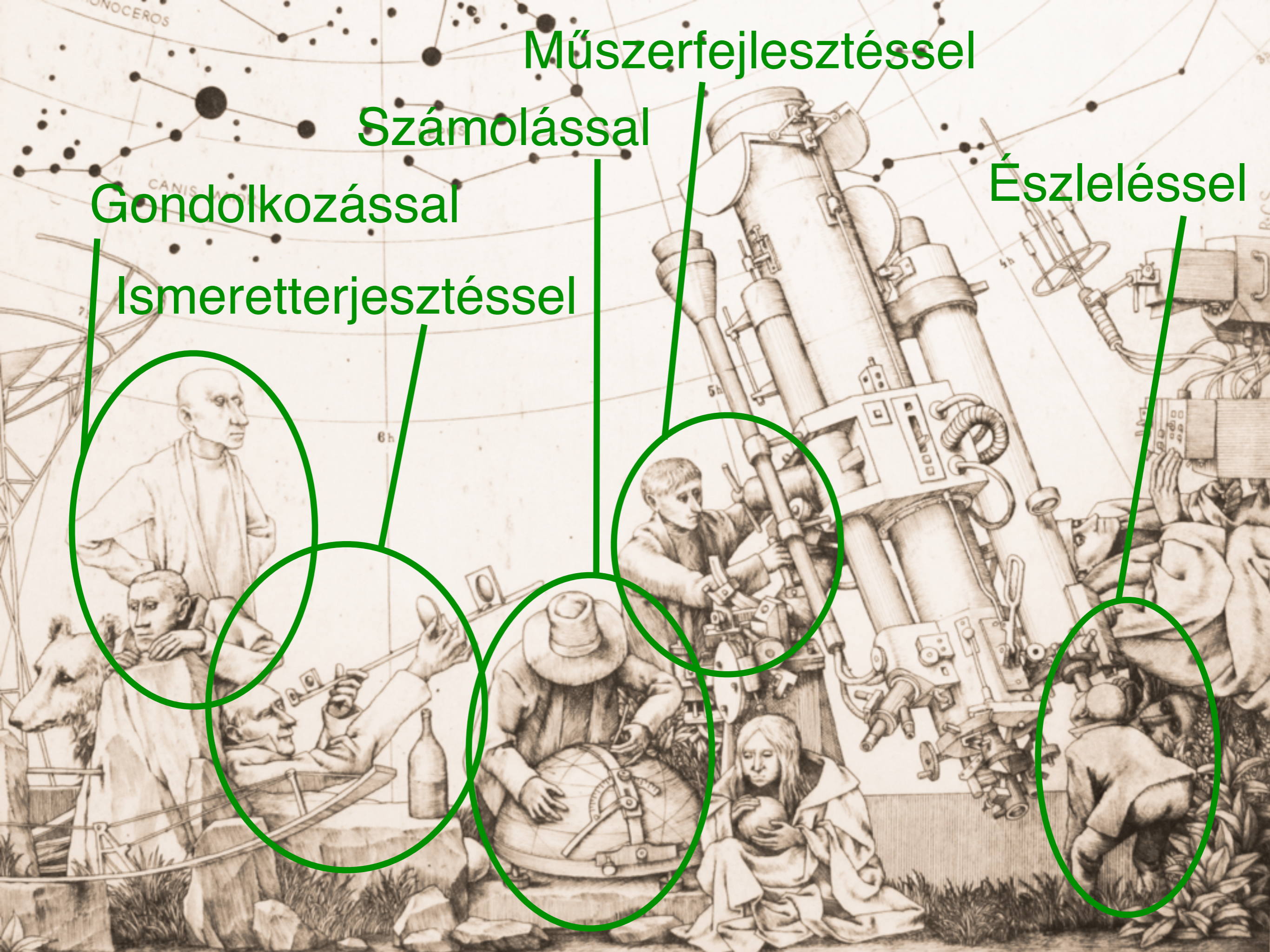
Műszerfejlesztéssel

Számolással

Észleléssel

Gondolkozással

Ismeretterjesztéssel



Műszerfejlesztéssel

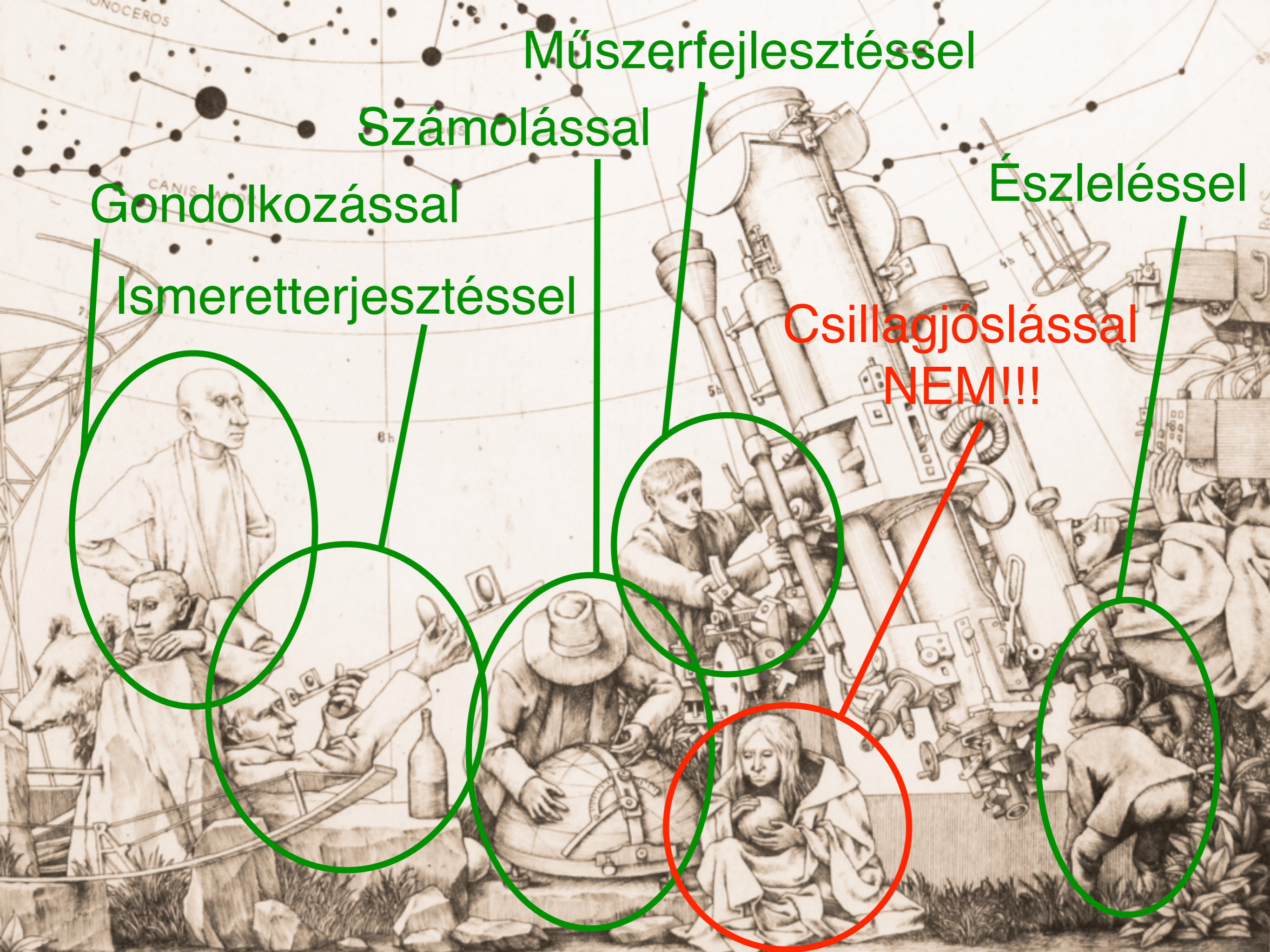
Számolással

Gondolkozással

Észleléssel

Ismeretterjesztéssel

Csillagjóslással
NEM!!!



Honnan jövök?

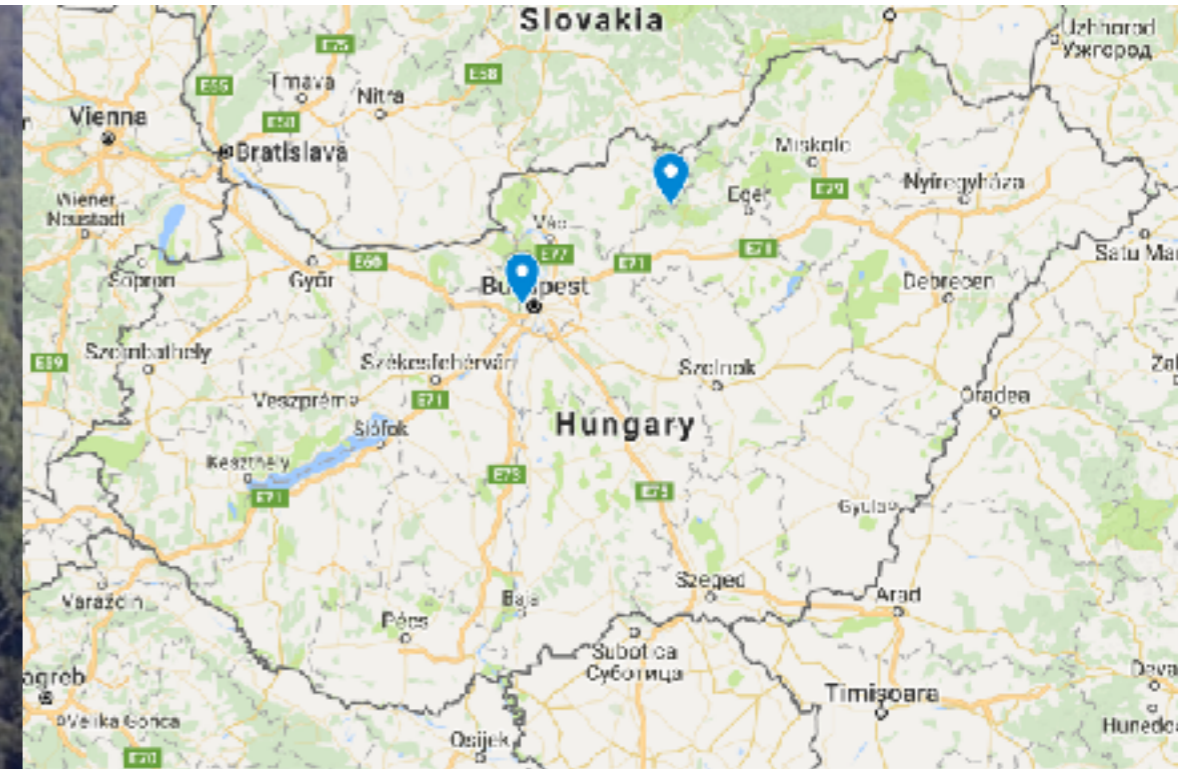


Honnan jövök?





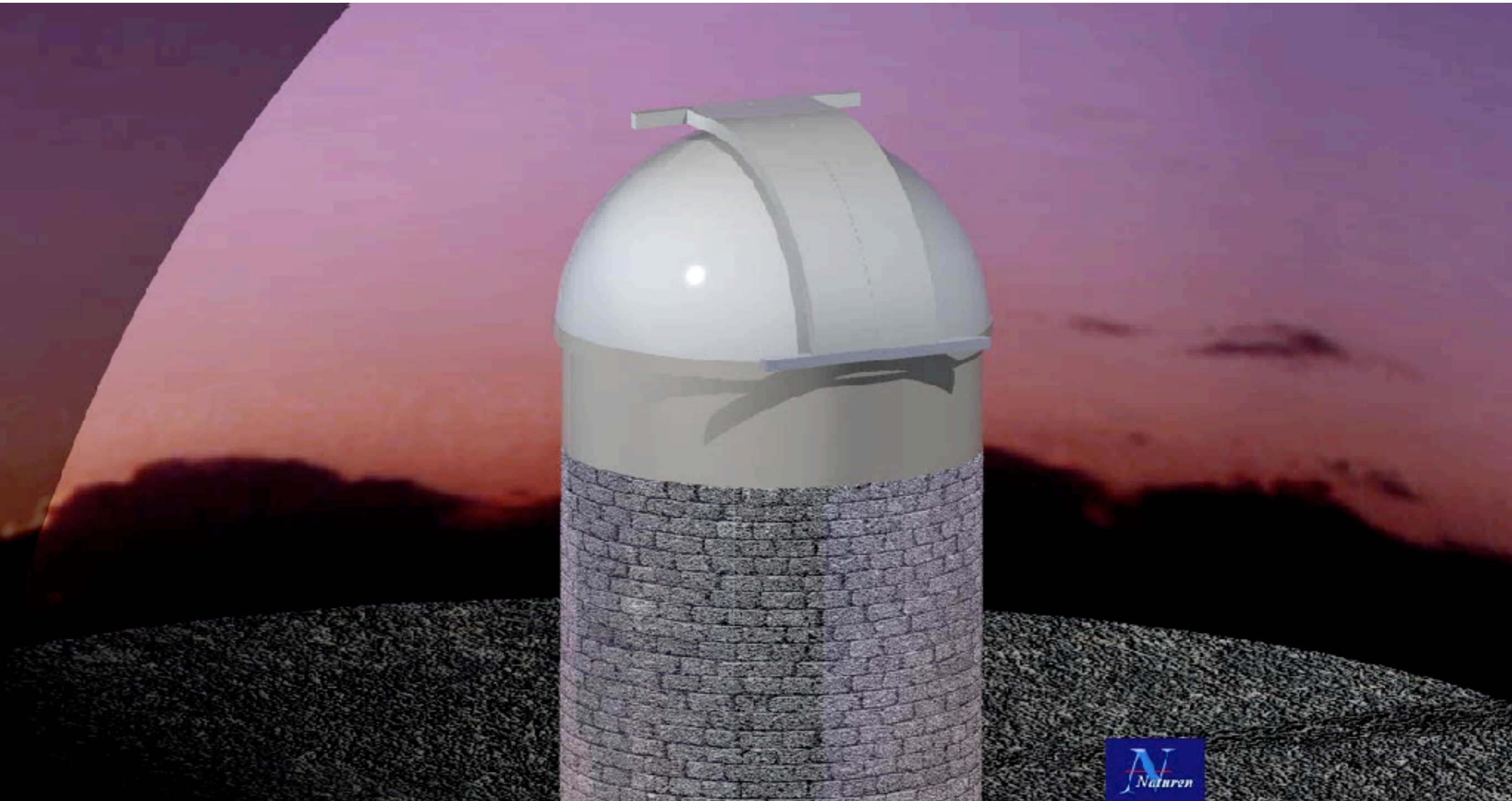
A Piszkéstetői Obszervatórium



A Piszkéstetői Obszervatórium



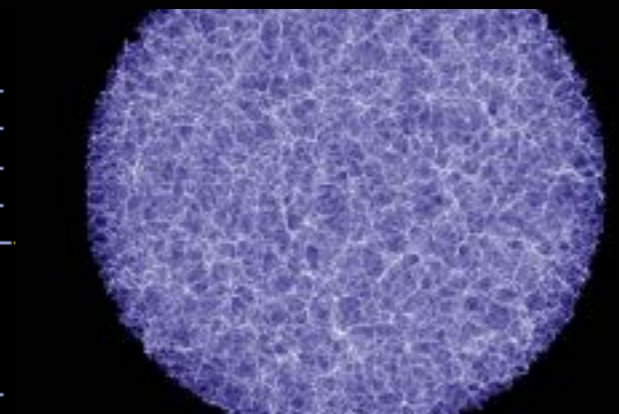
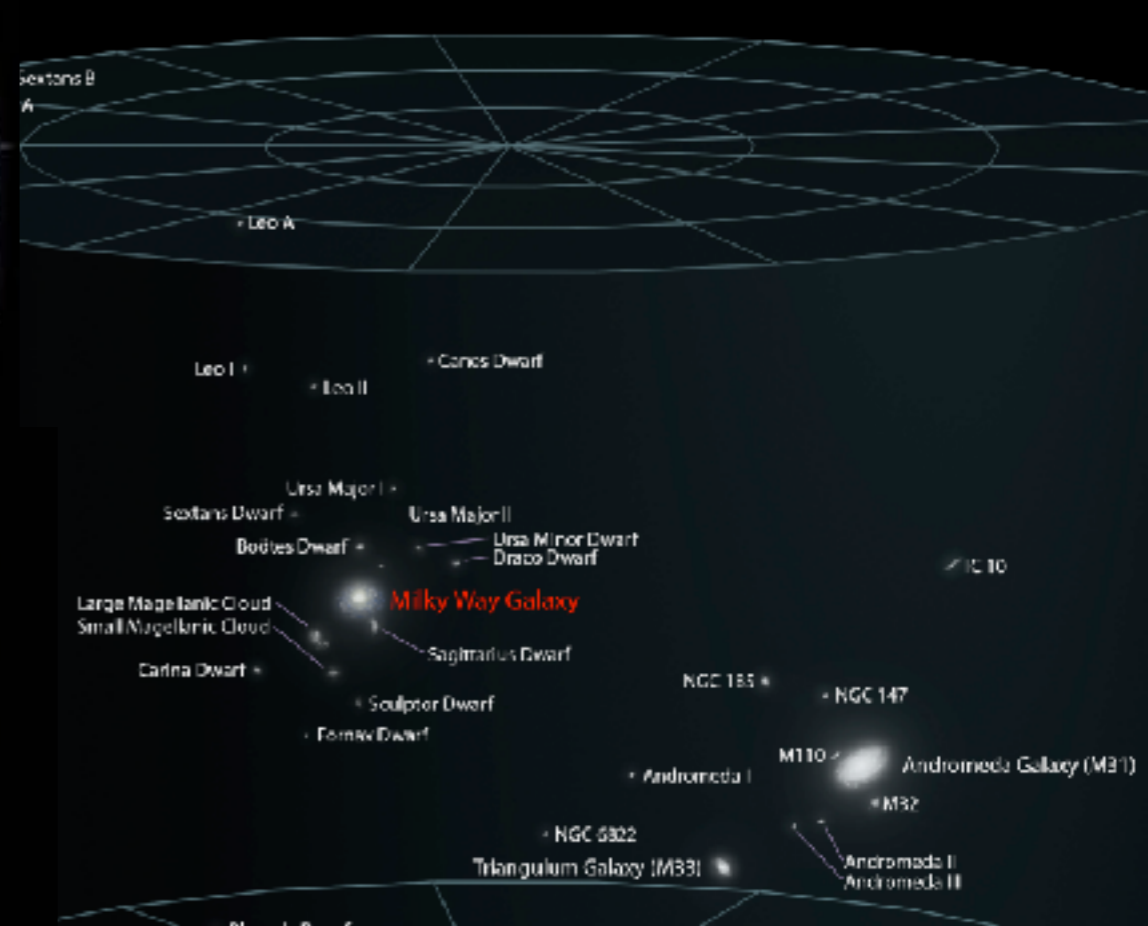
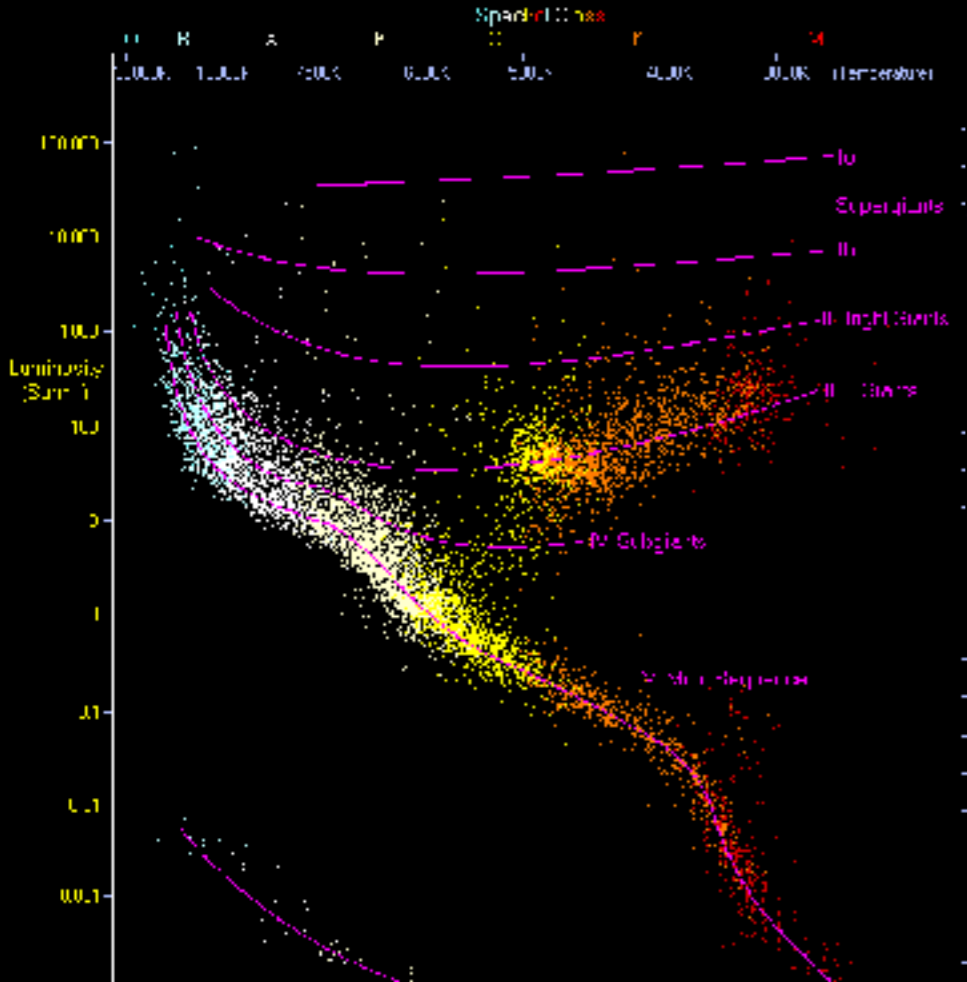
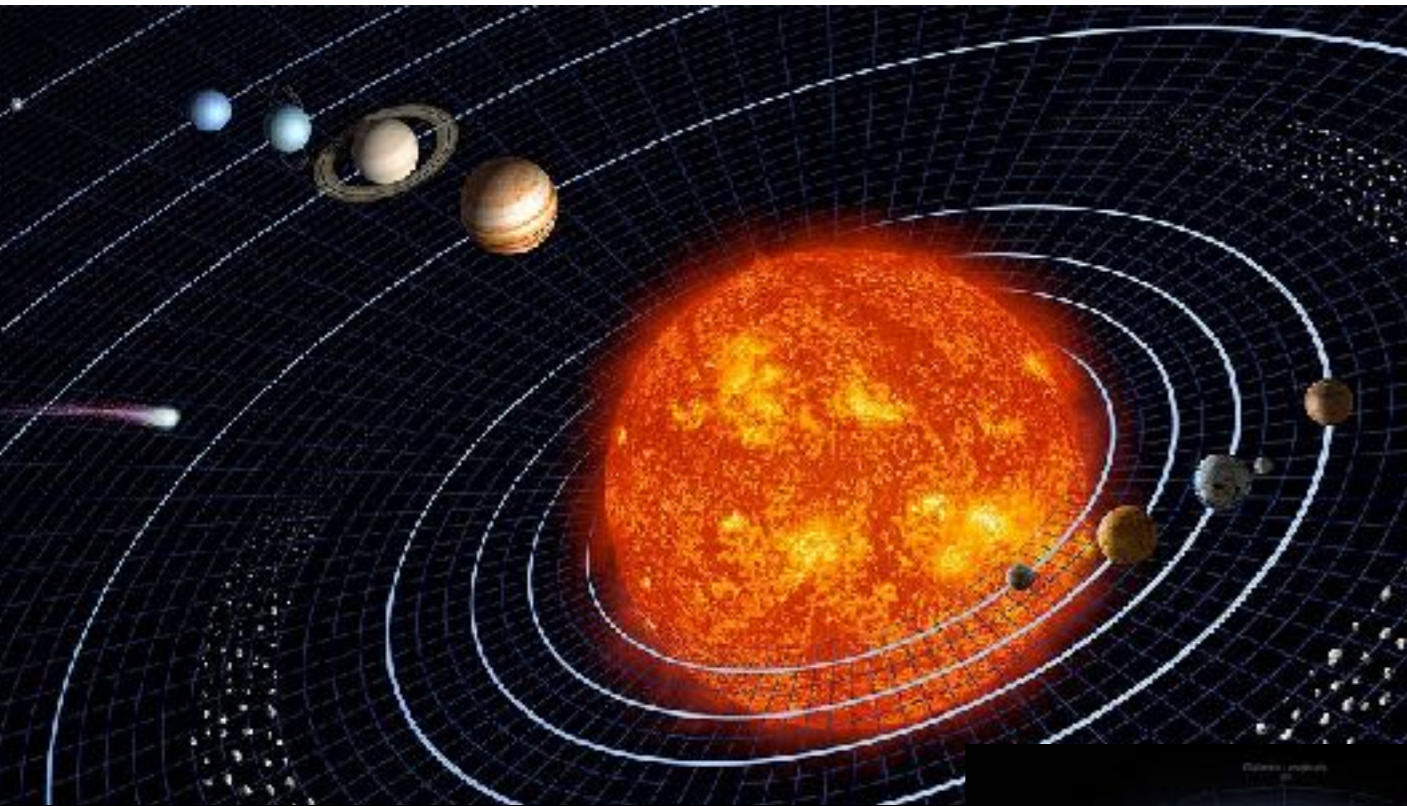
A Piszkéstetői Obszervatórium



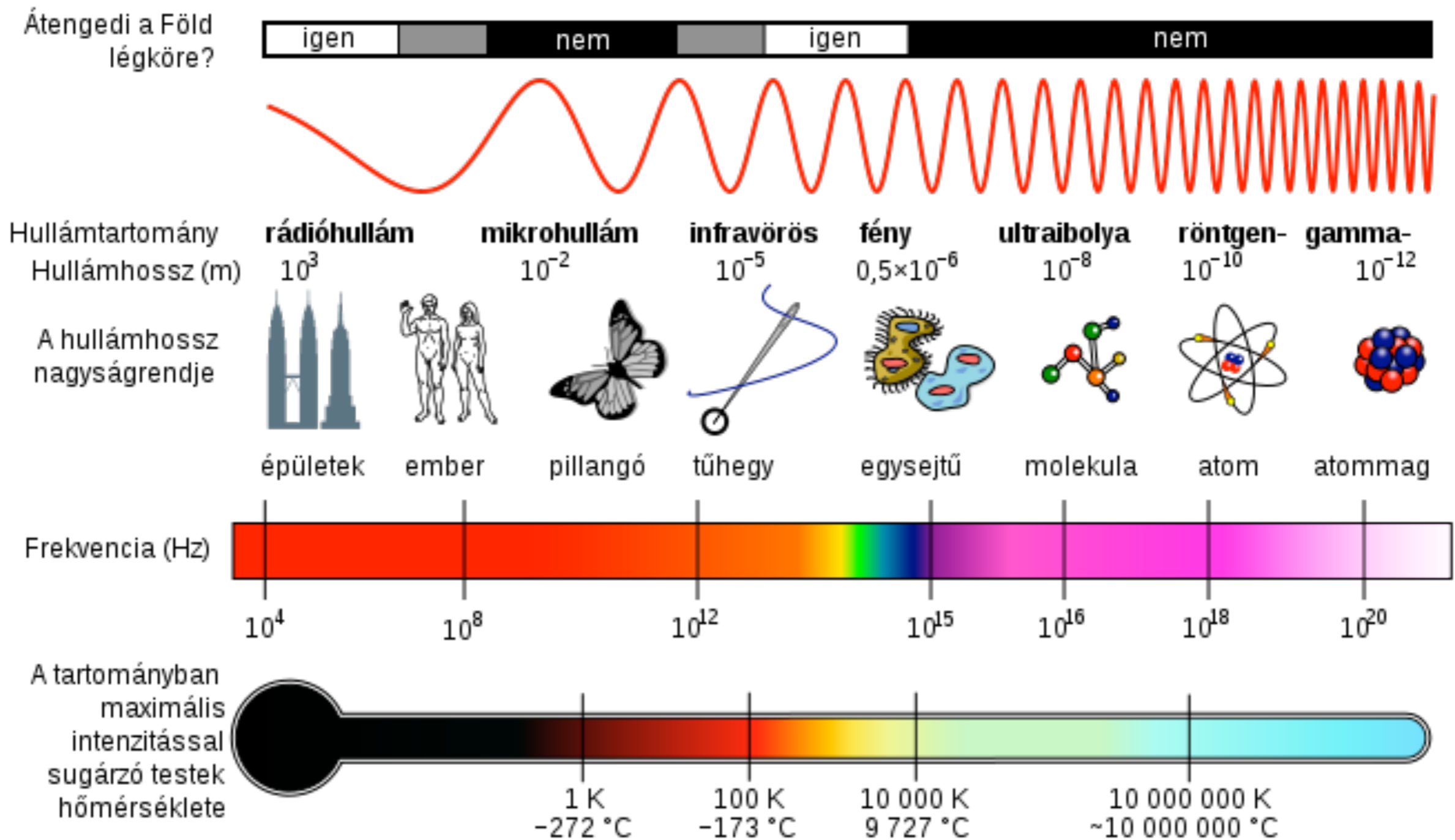
A Piszkéstetői Obszervatórium



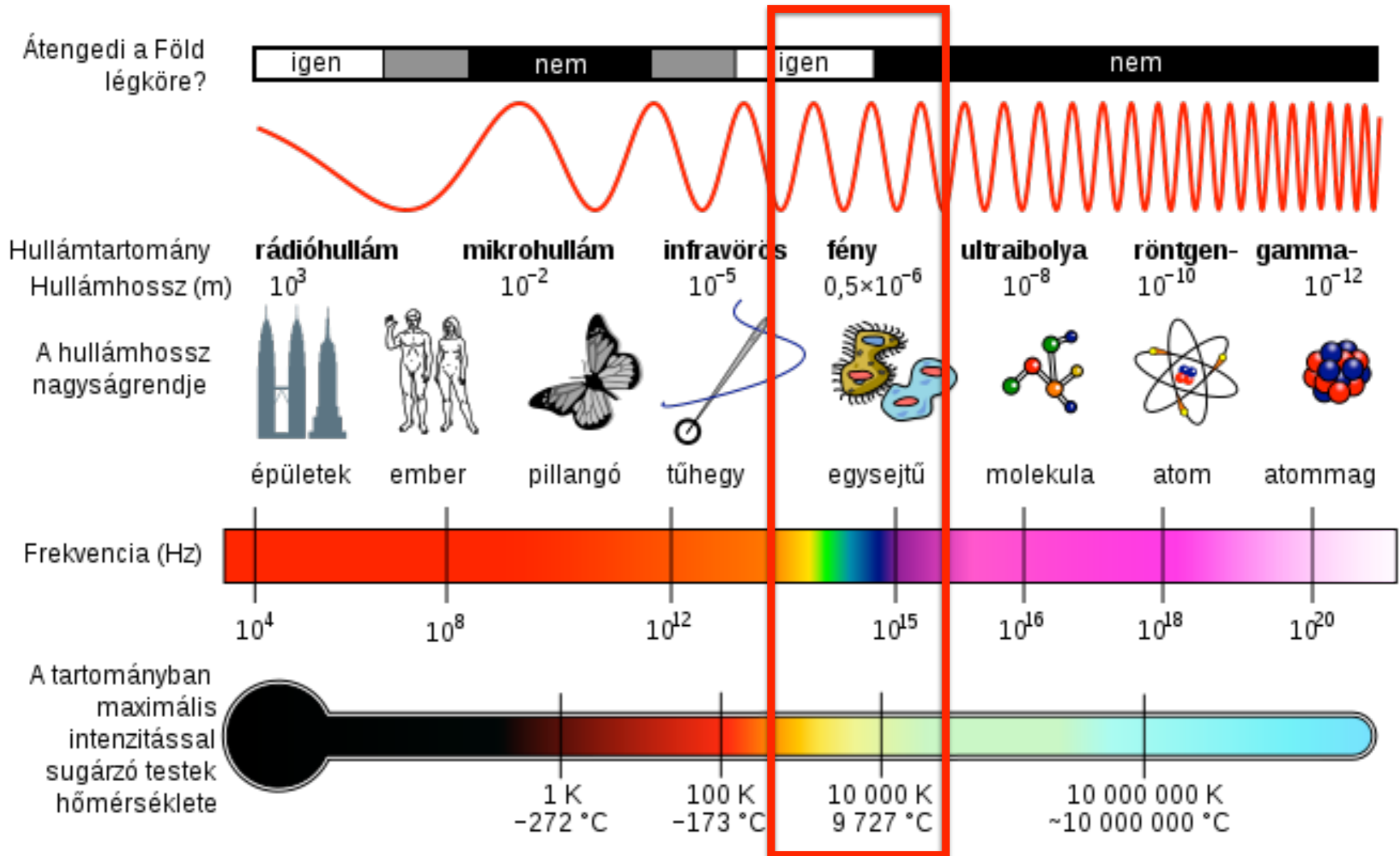
Hogyan működik az Univerzum?



Hogyan szerzünk erről információt?

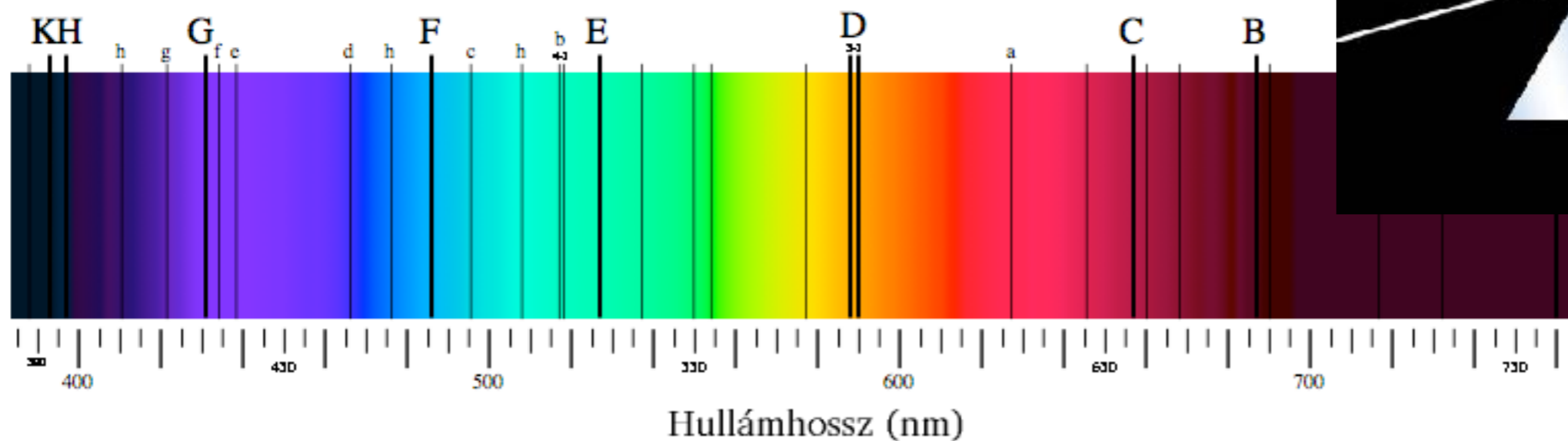


Hogyan szerzünk erről információt?



Hogyan szerzünk erről információt?

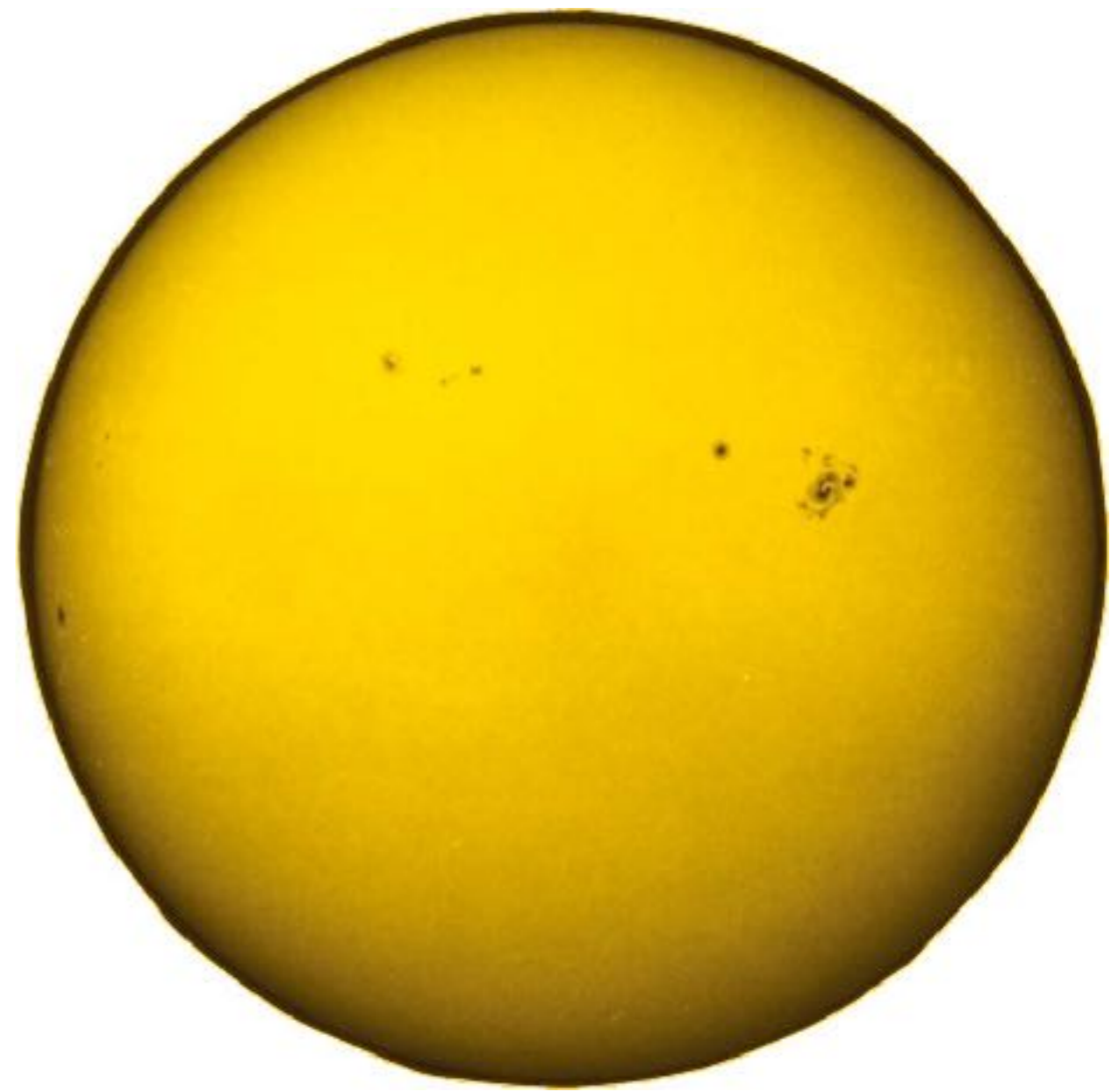
1814: Fraunhofer színeképvonalakat fedez fel a Nap spektrumában



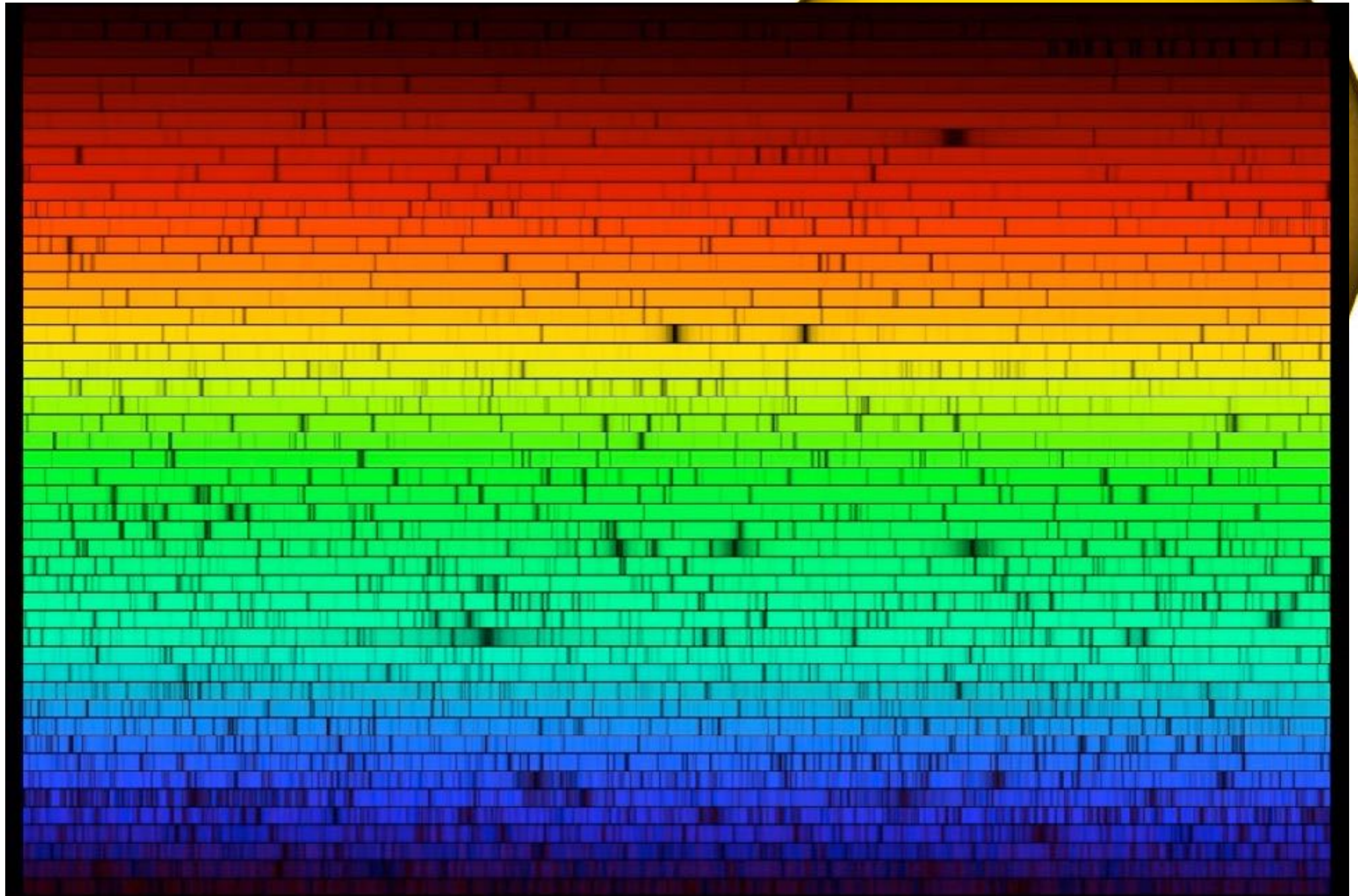
1859: Kirchhoff és Bunsen rájött, hogy a vonalakat a Napban lévő atomok (és ionok) elnyelése okozza

Kapcsolat van az égitestek **fizikai jellemzői** és a **spektrumuk** között: megszületett az **asztrofizika**

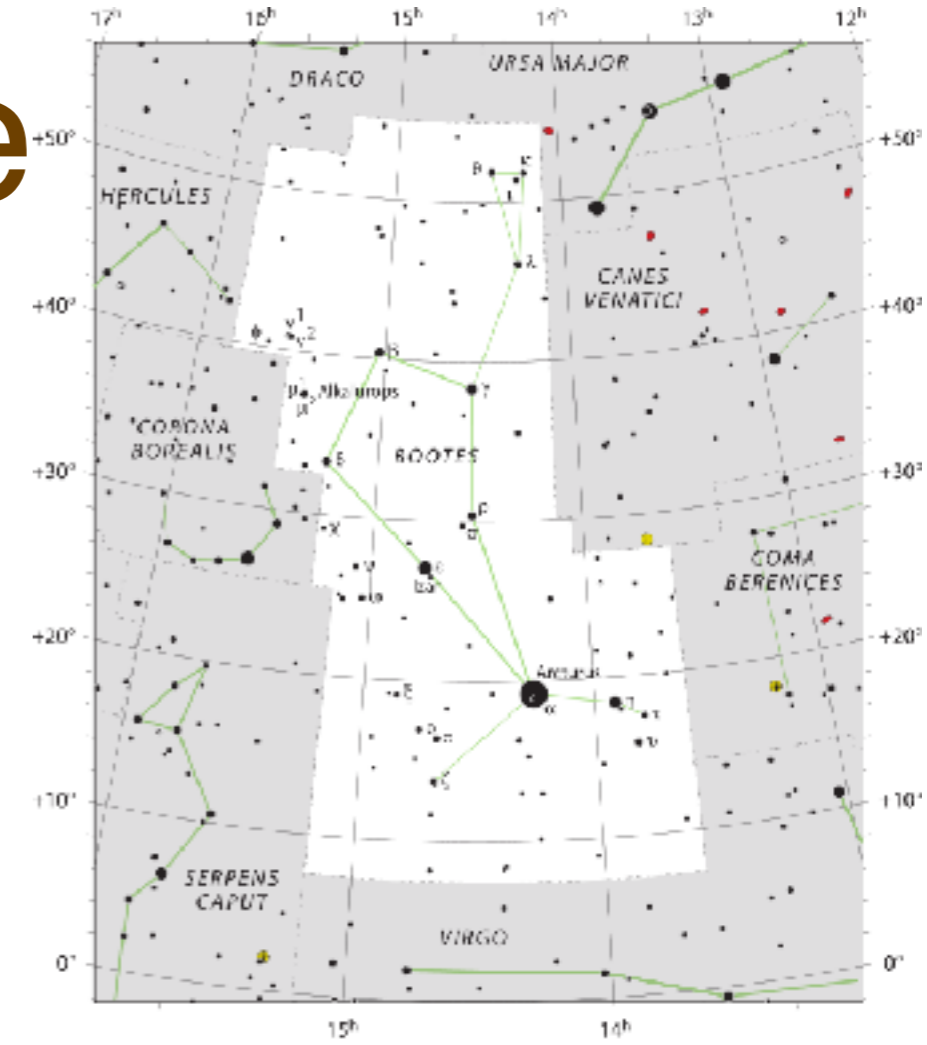
A Nap színeképe



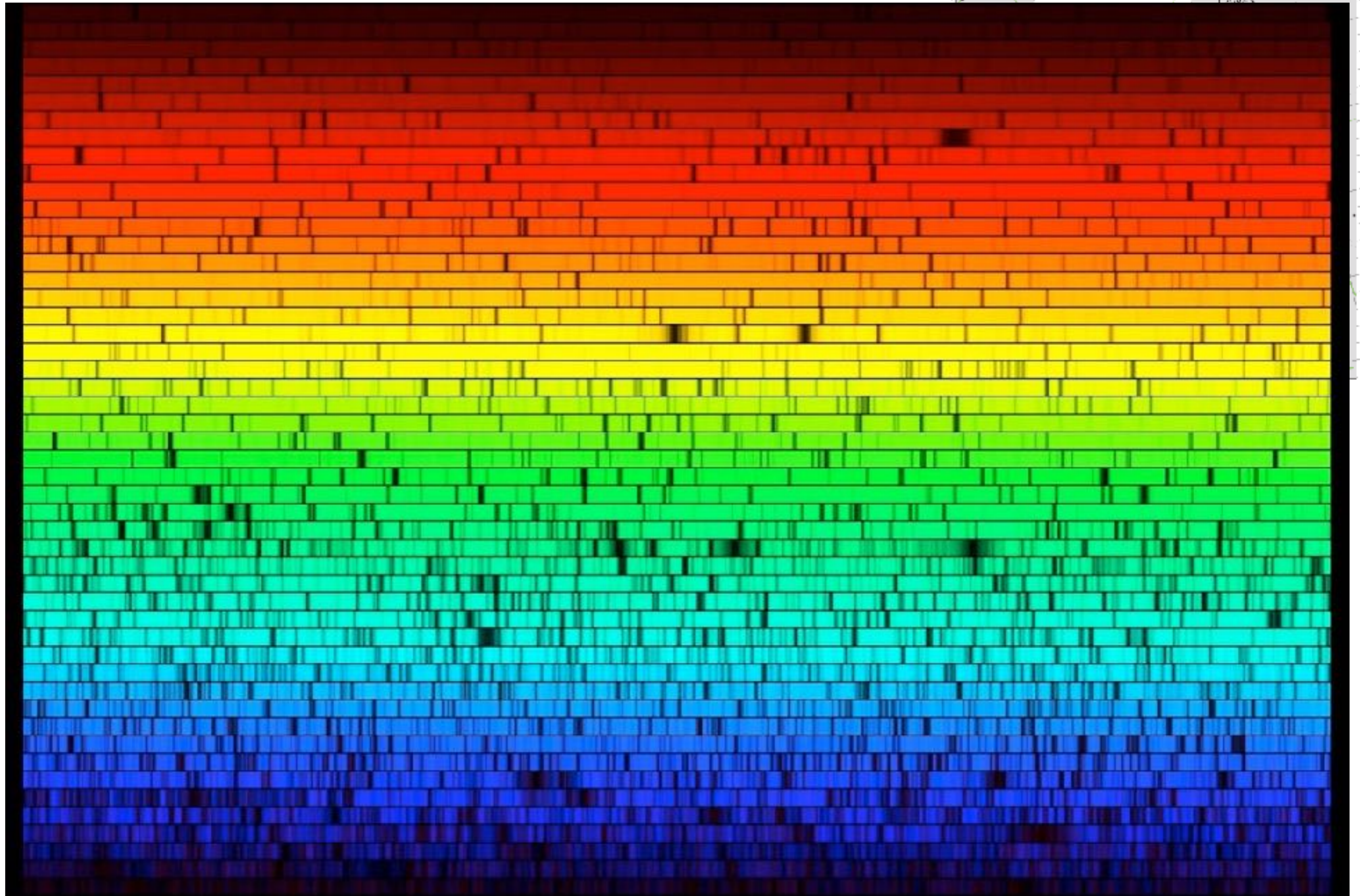
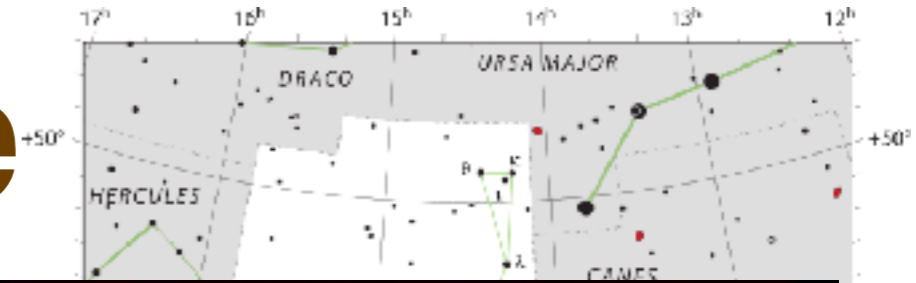
A Nap színeképe



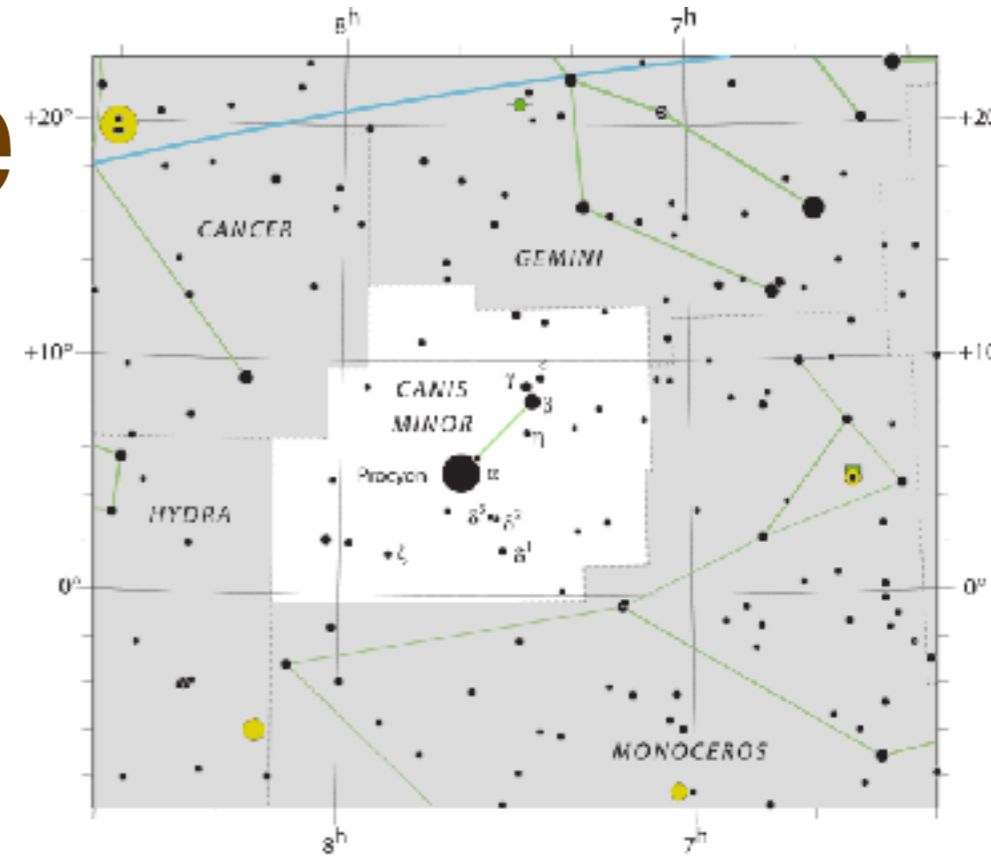
Az Arcturus színeképe



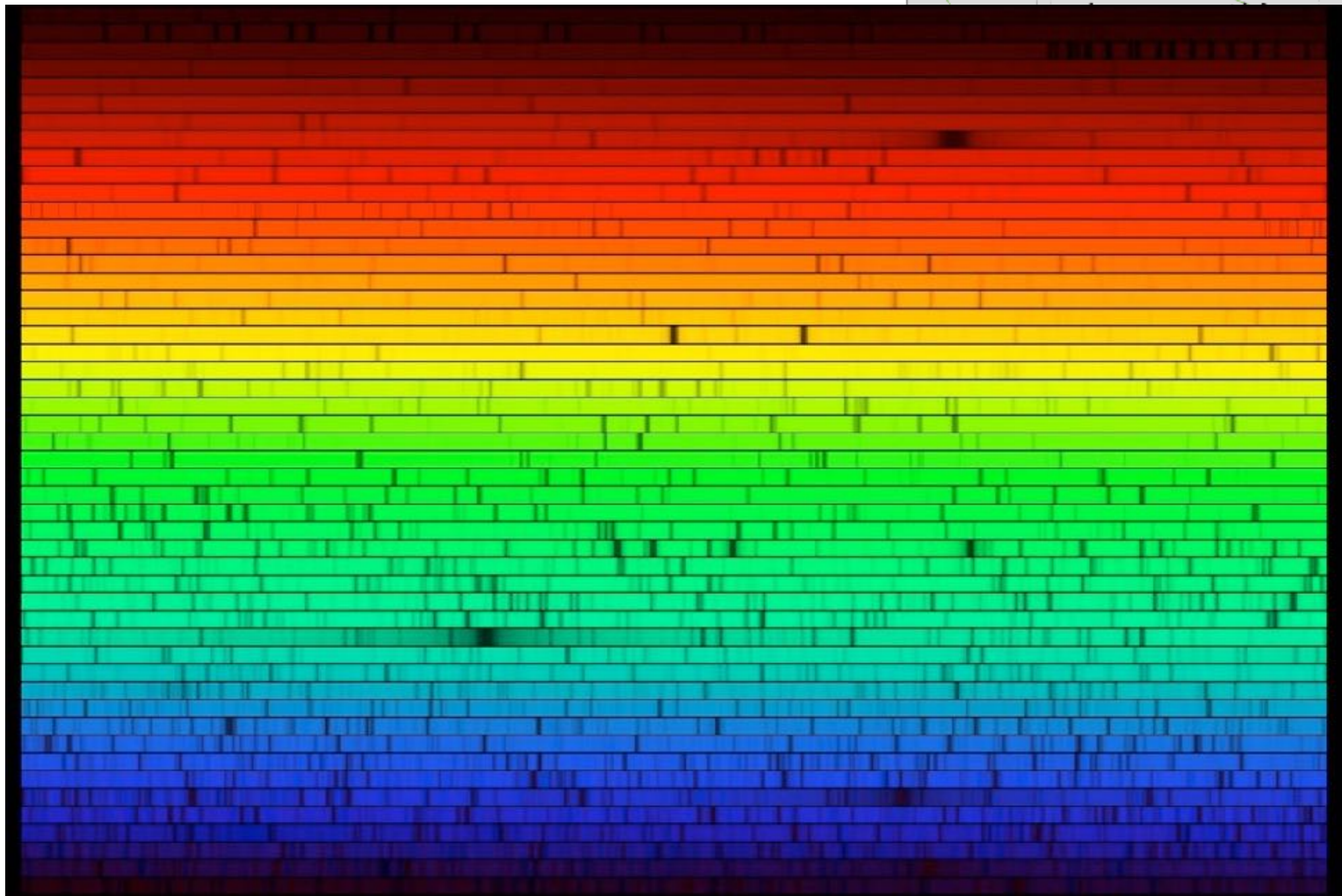
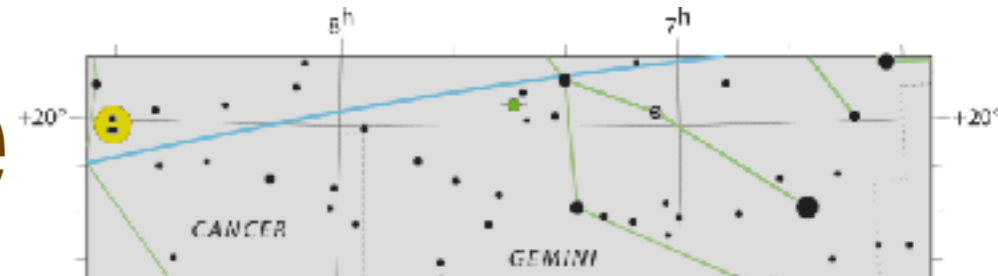
Az Arcturus színeképe



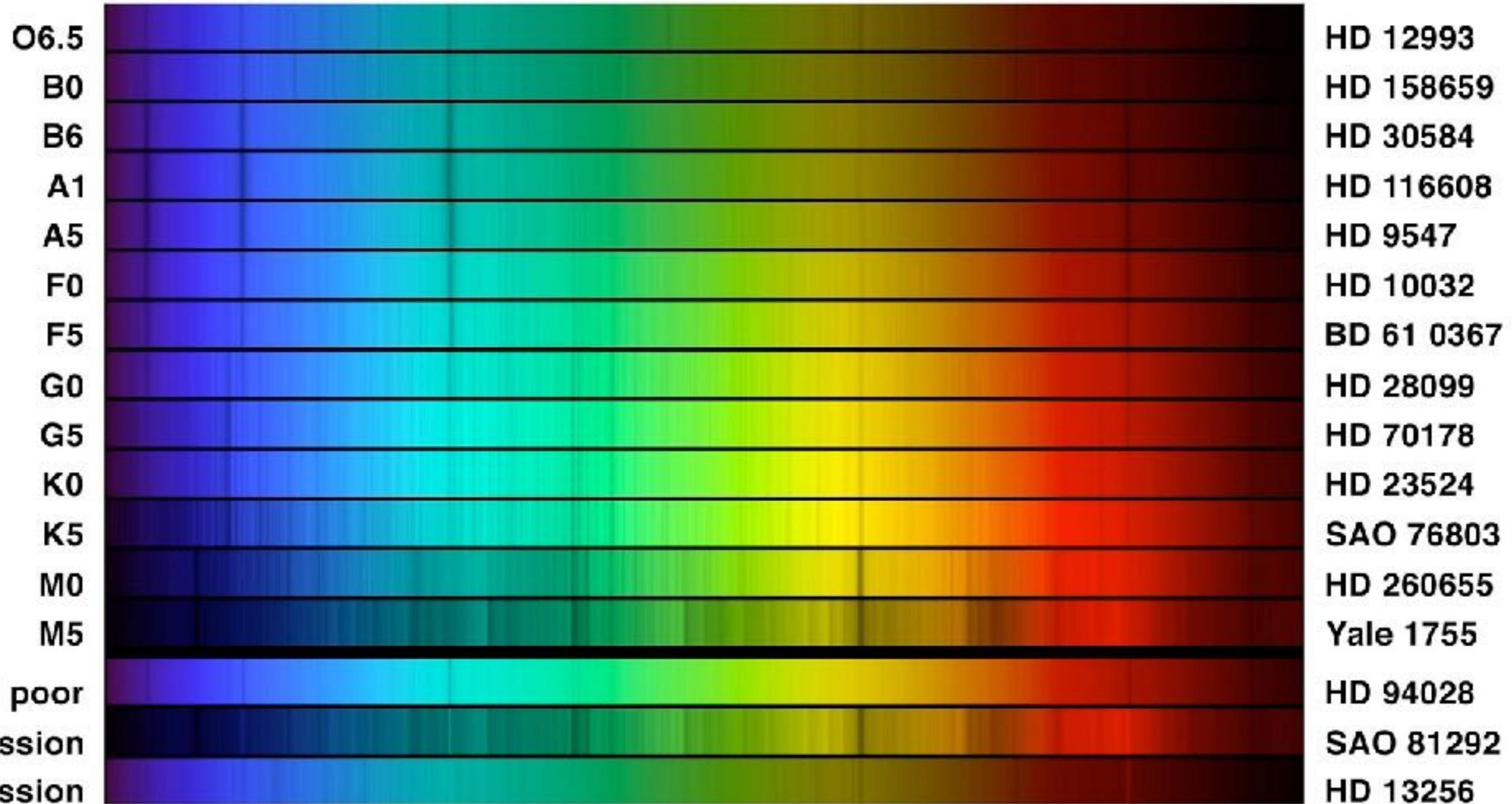
A Procyon színeképe



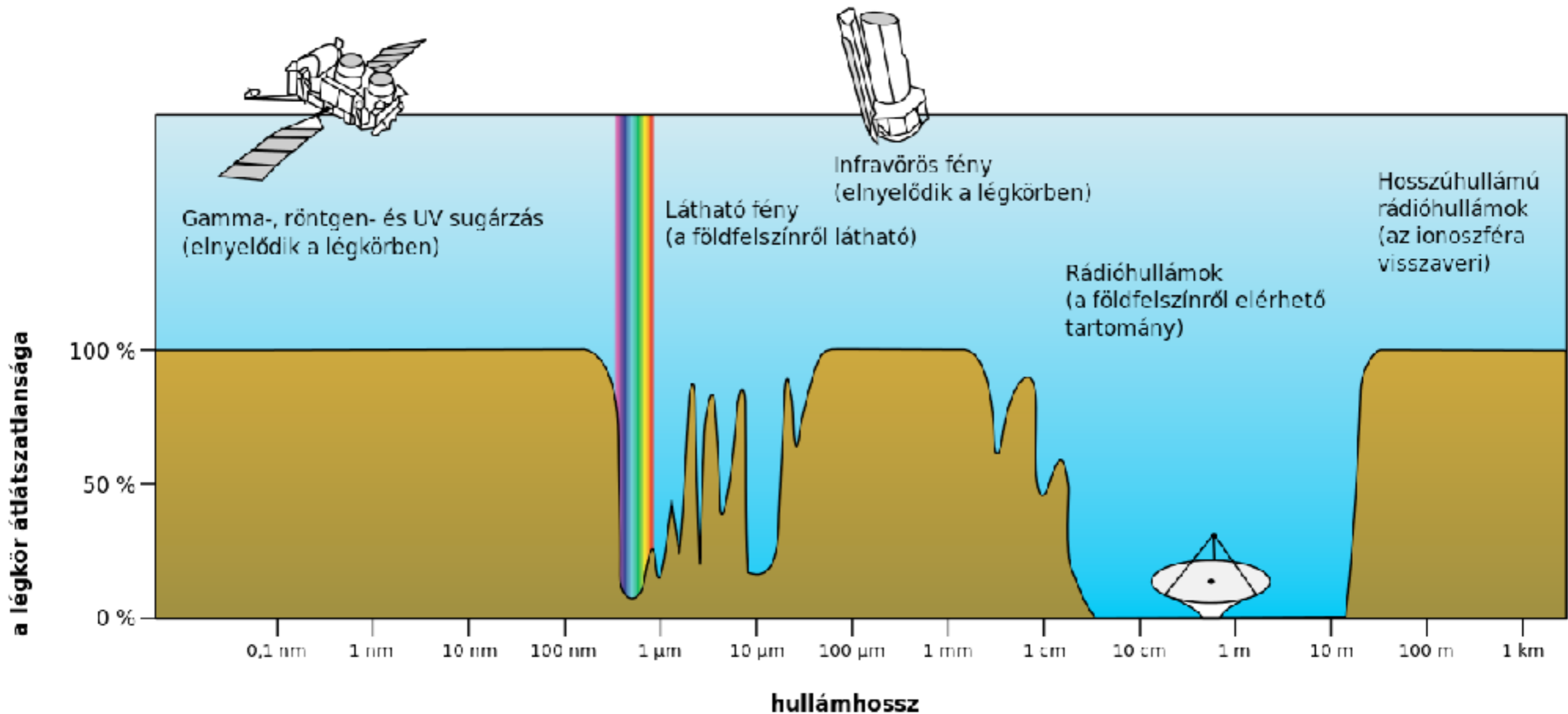
A Procyon színeképe



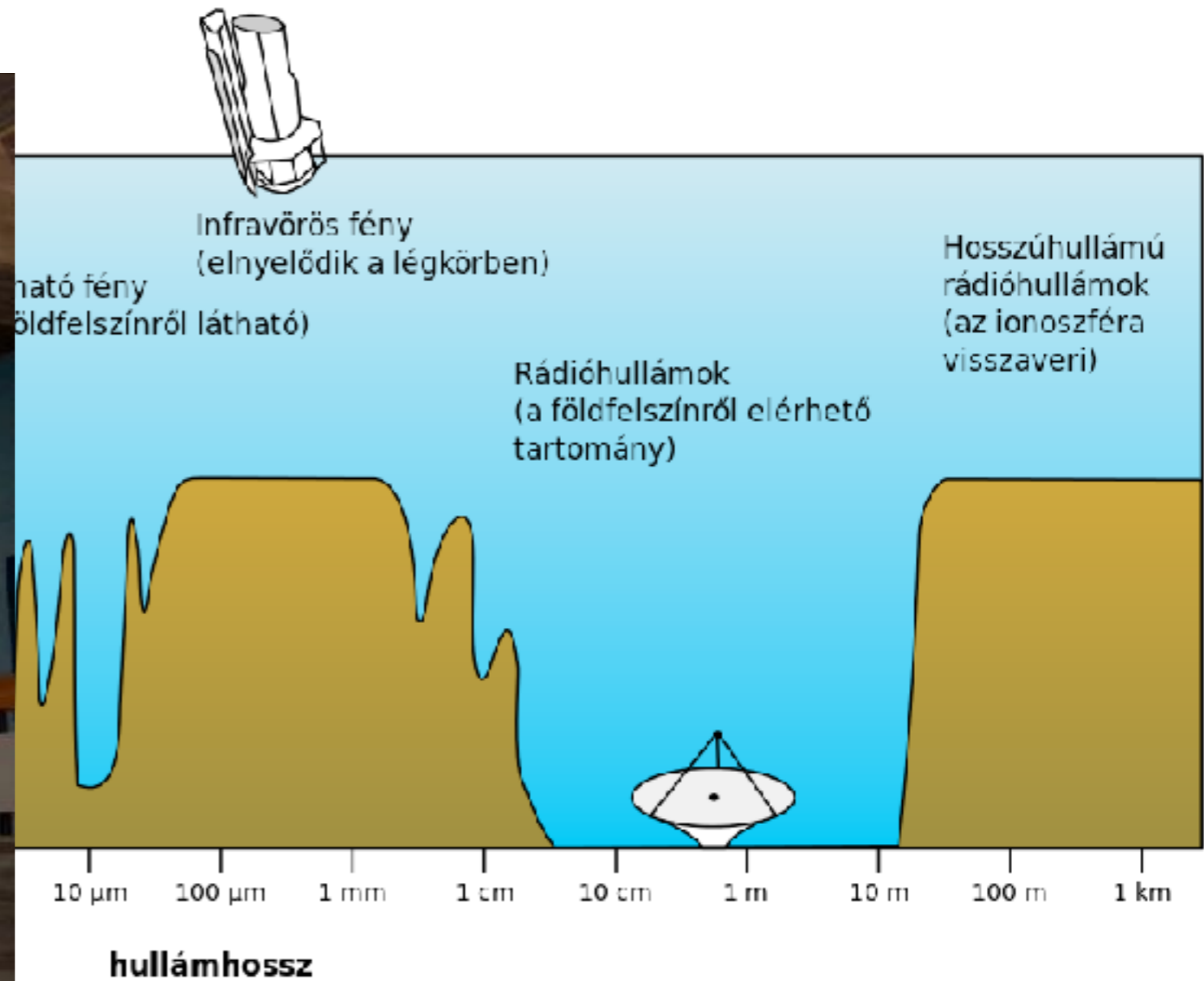
Színeképosztályozás



A földi légkör átteresztése



A földi légkör átteresztése



A földi légkör átteresztése

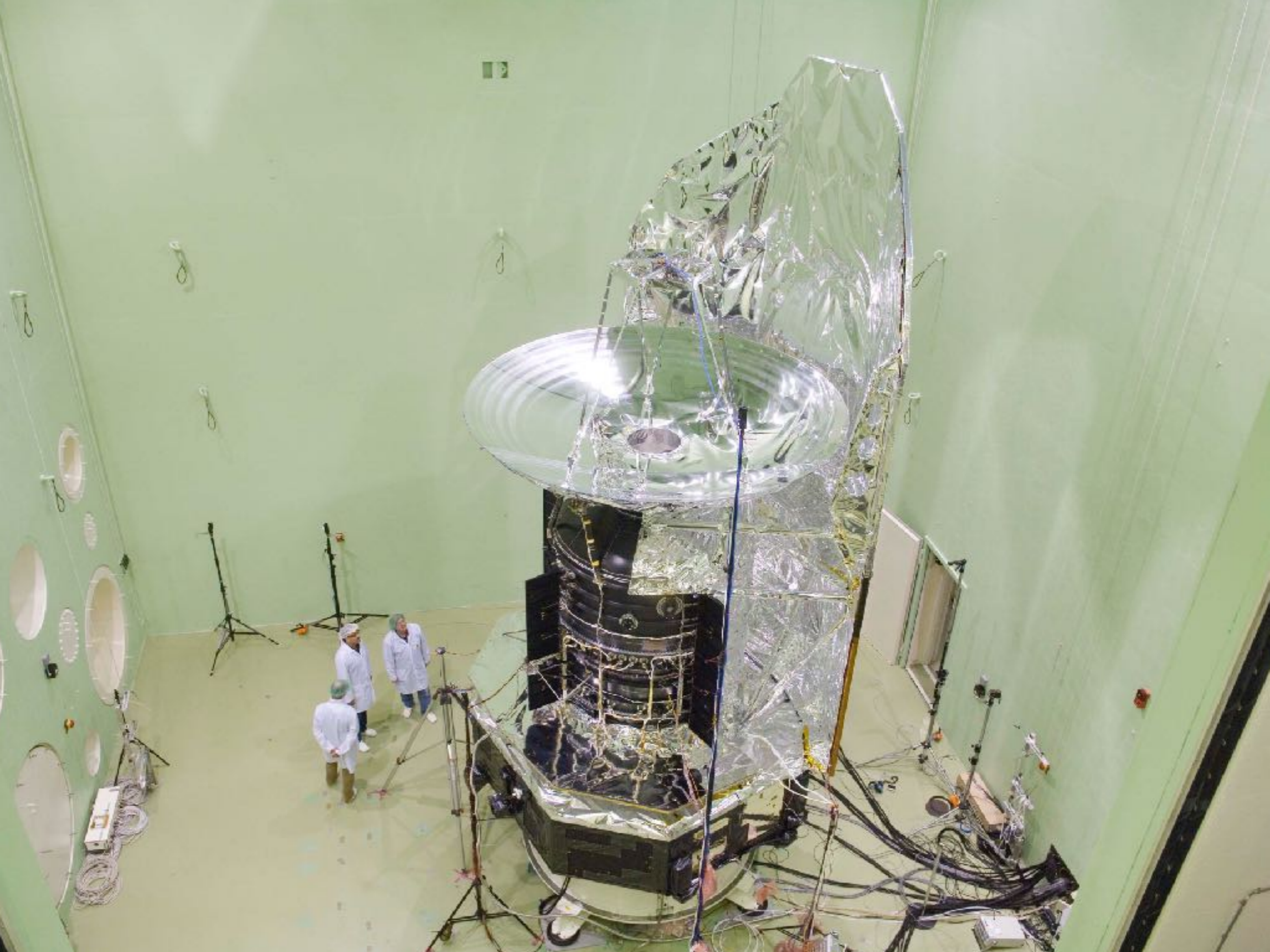


Hosszúhullámú
rádióhullámok
(az ionoszféra
visszaveri)

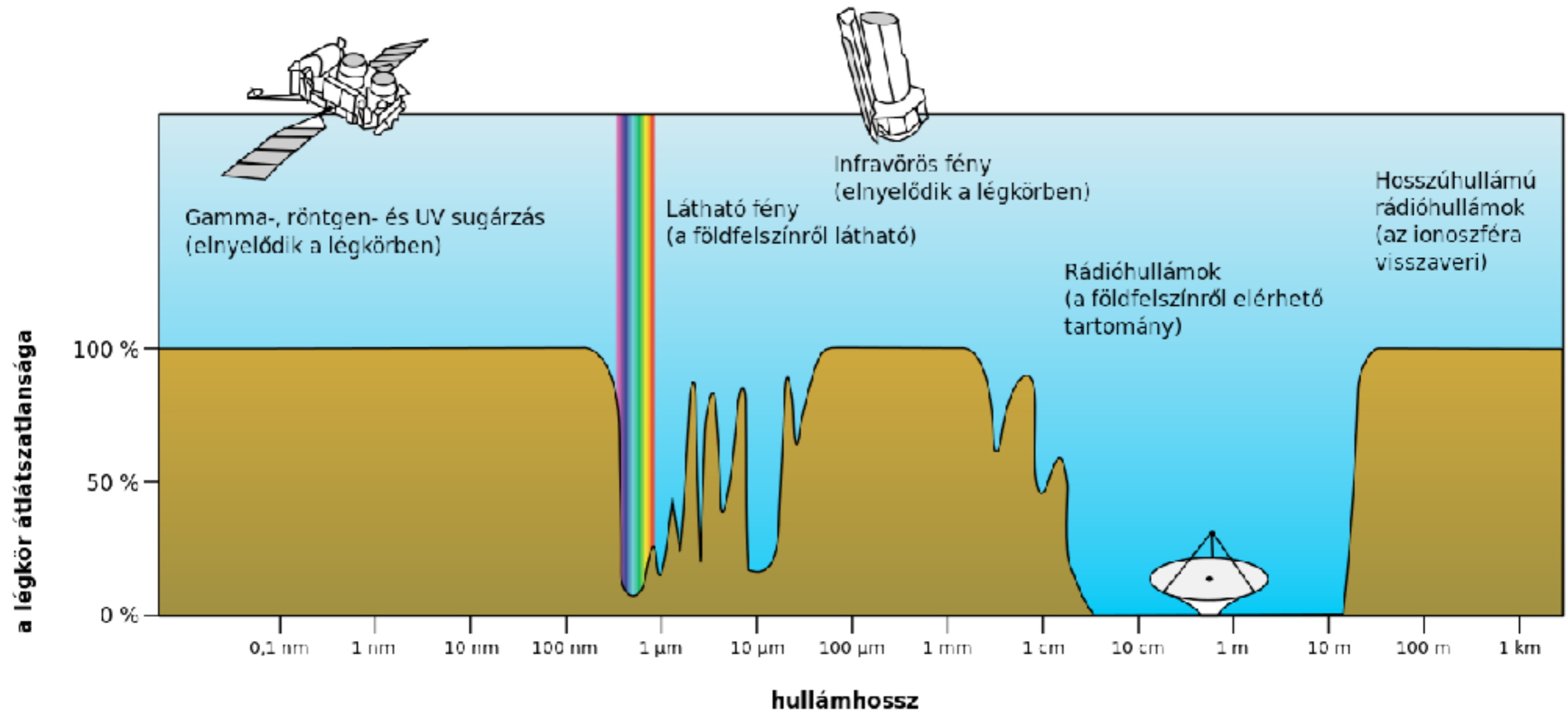
100 m 1 km

A földi légkör átteresztése



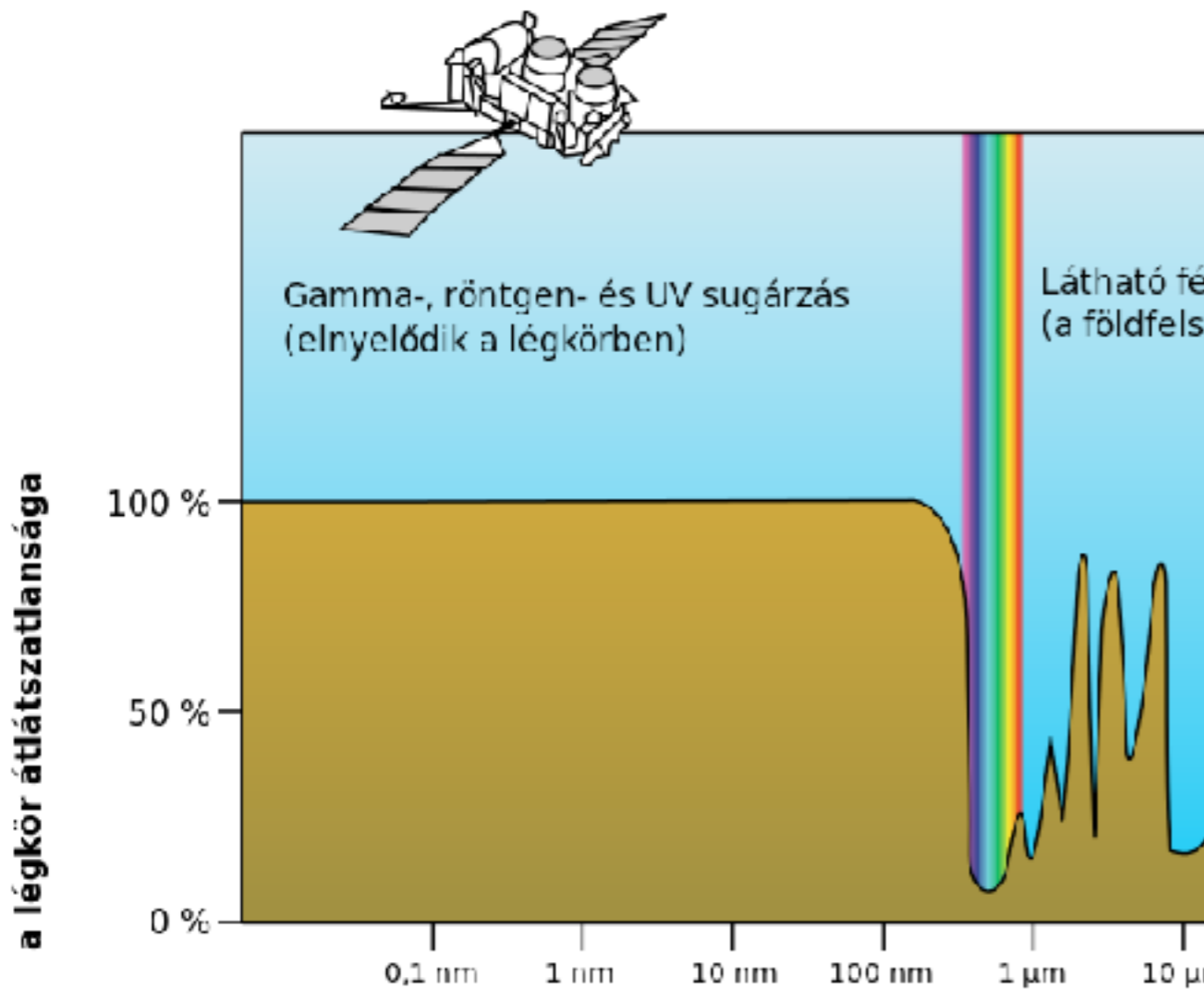


Infravörös sugárzás



Infravörös sugárzás

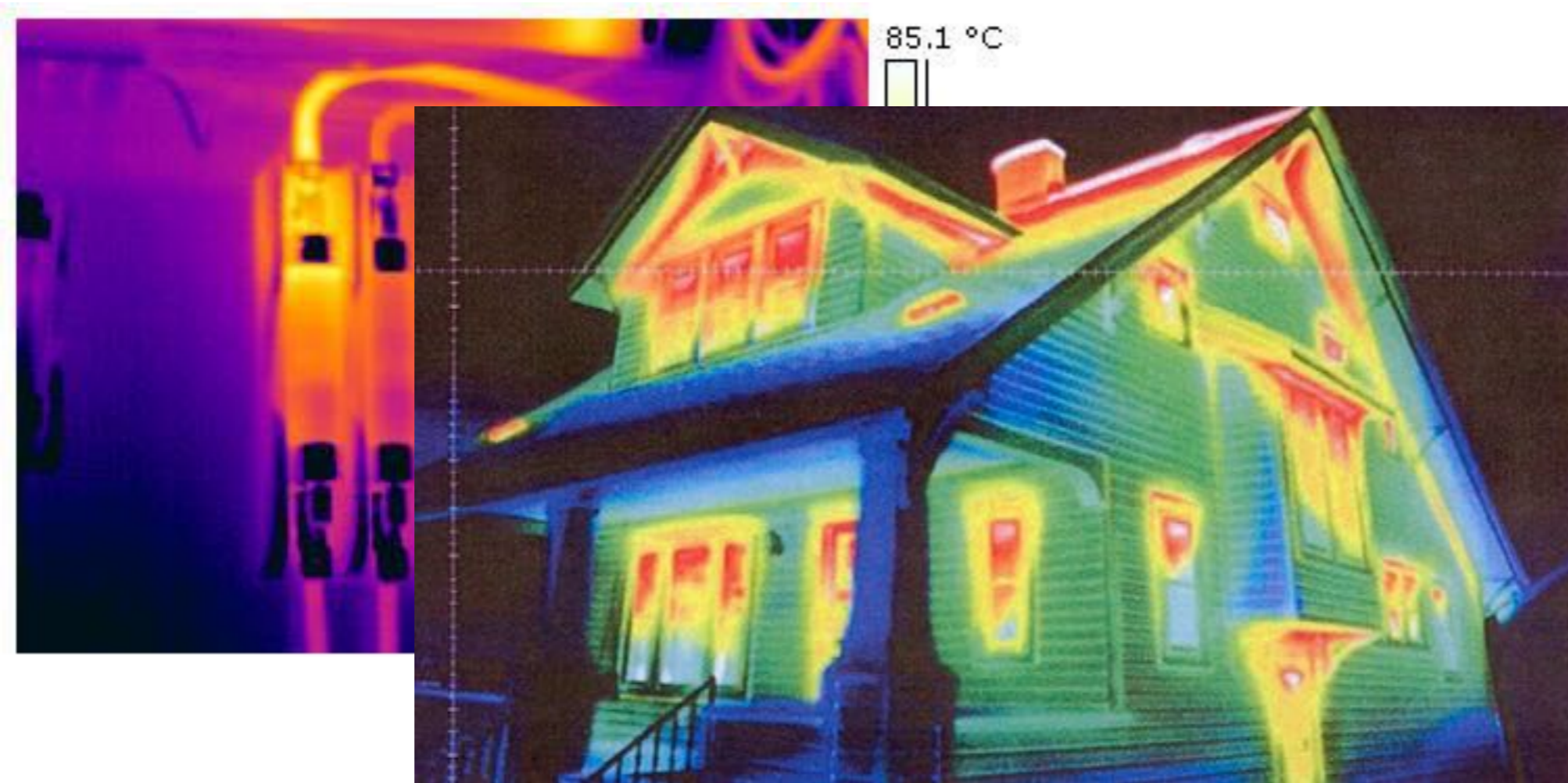
Sir William Herschel
(1738-1822)



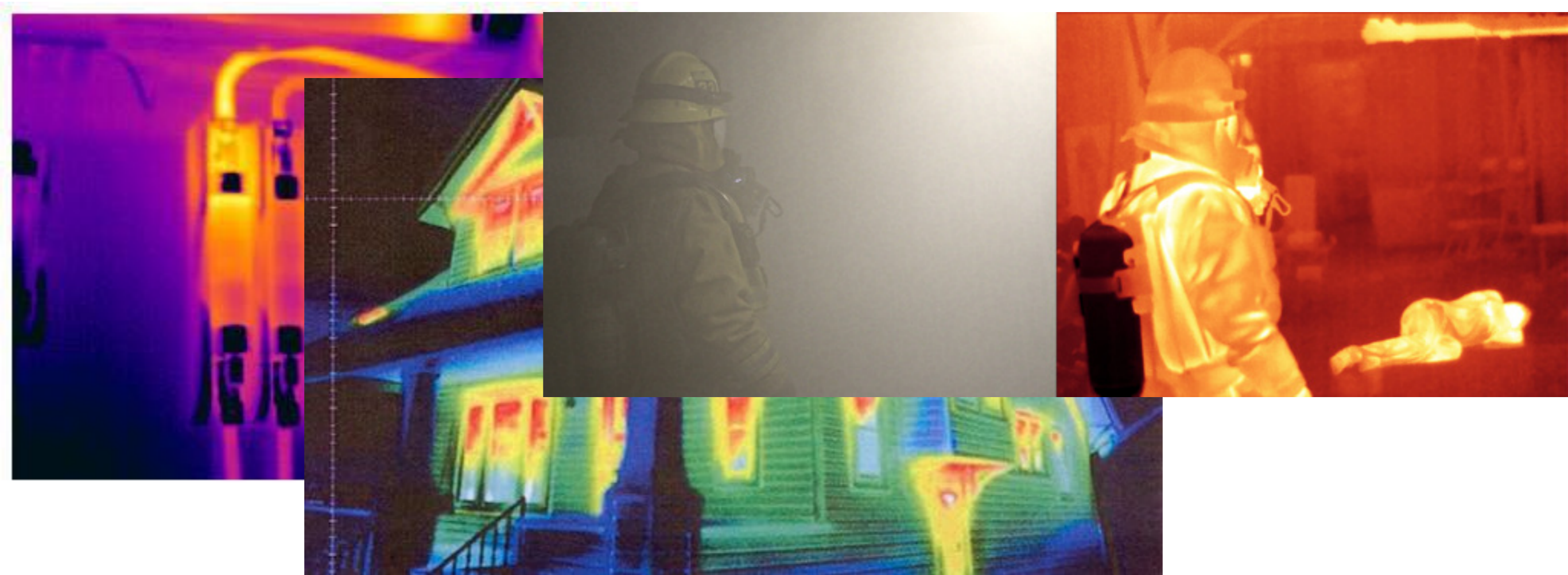
A világ infravörösben



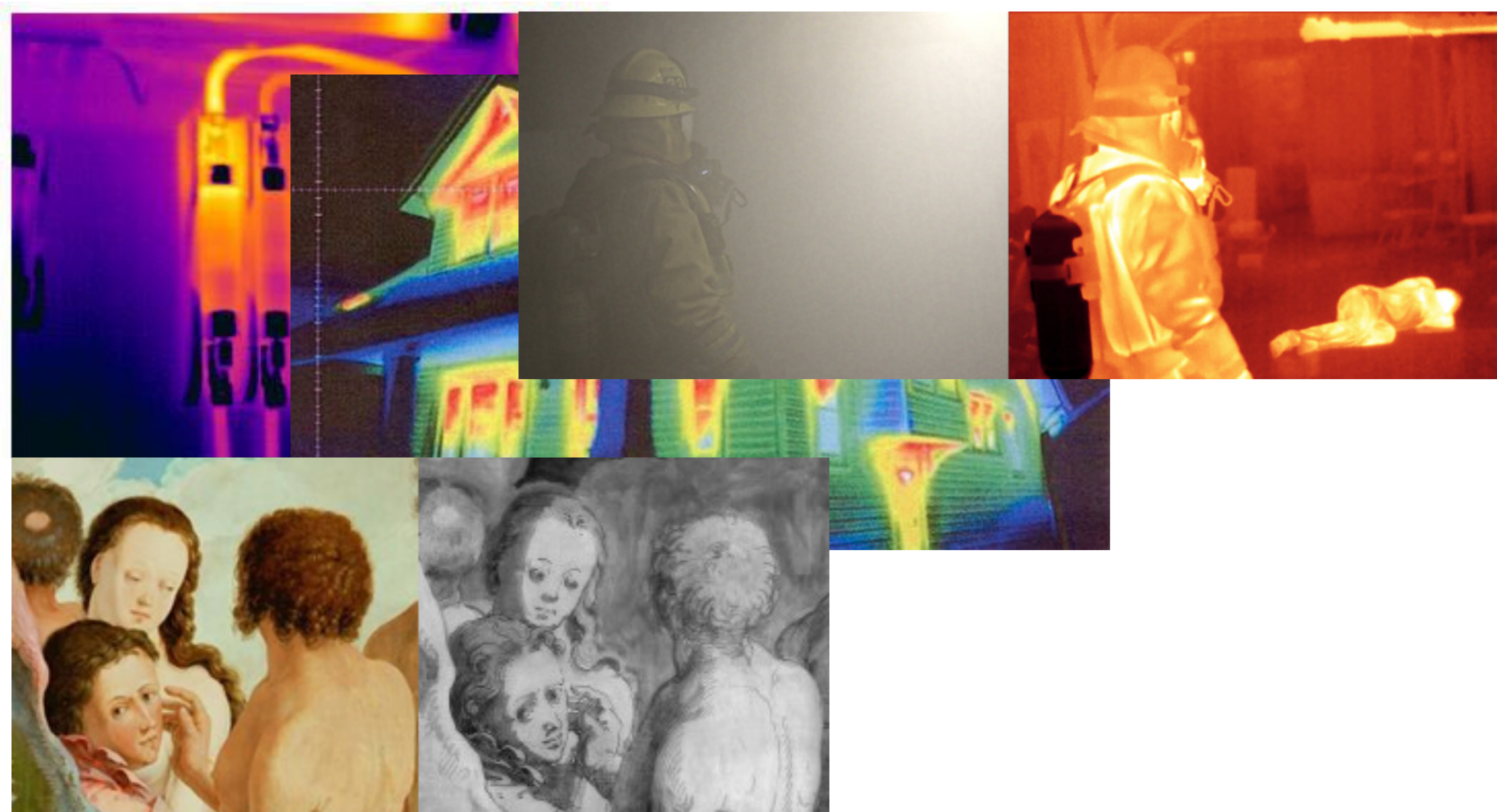
A világ infravörösben



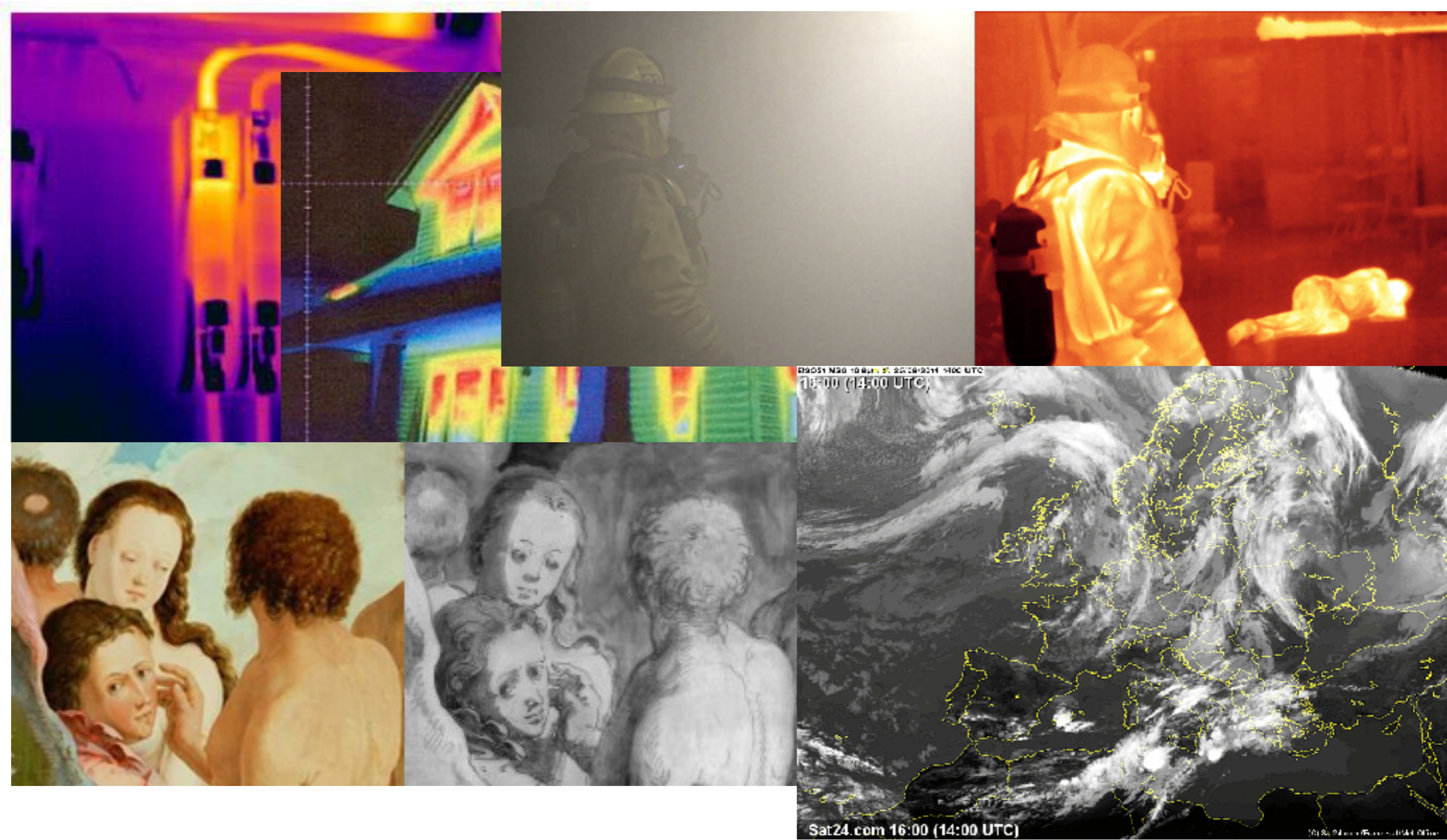
A világ infravörösben



A világ infravörösben

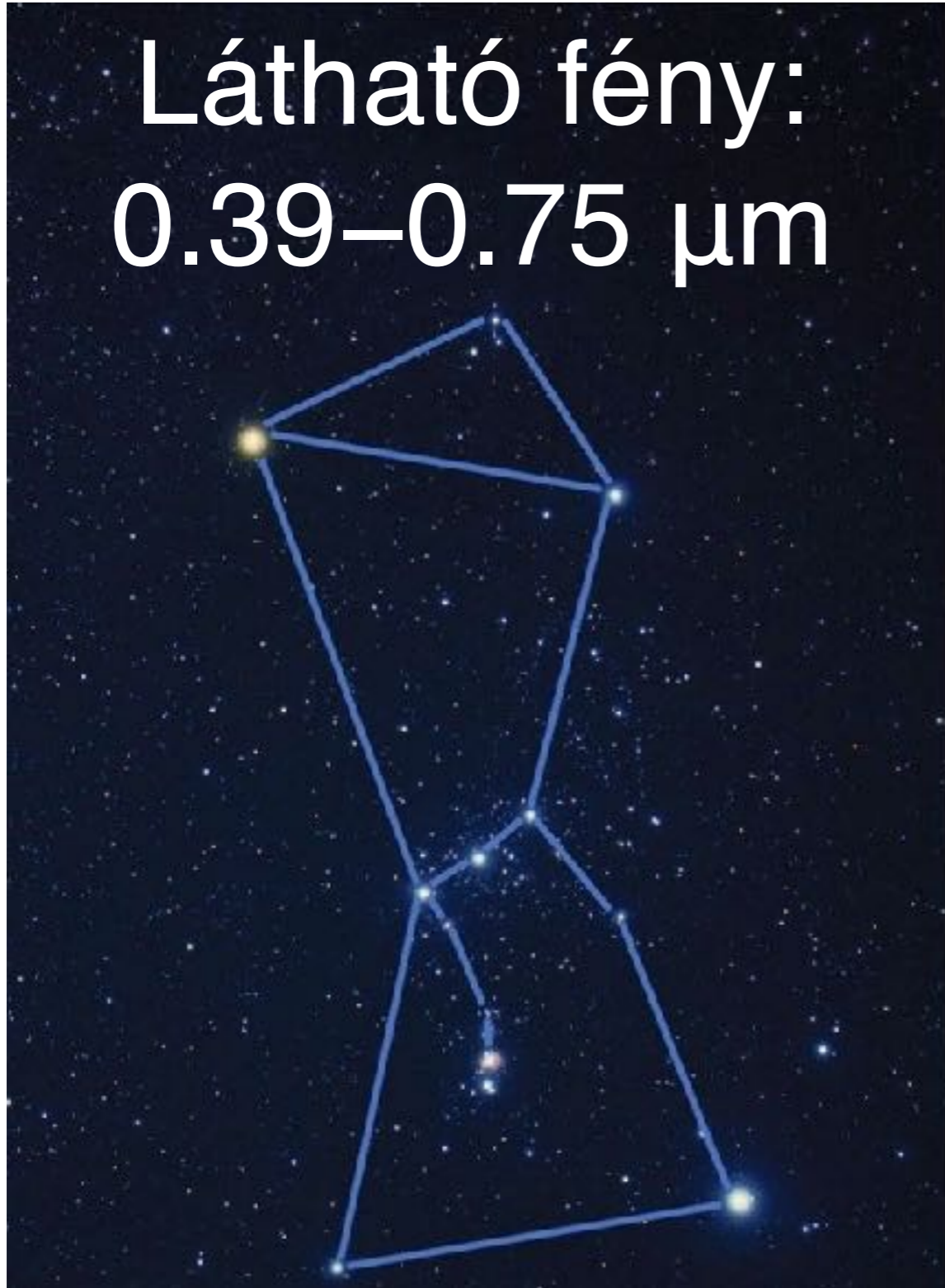


A világ infravörösben



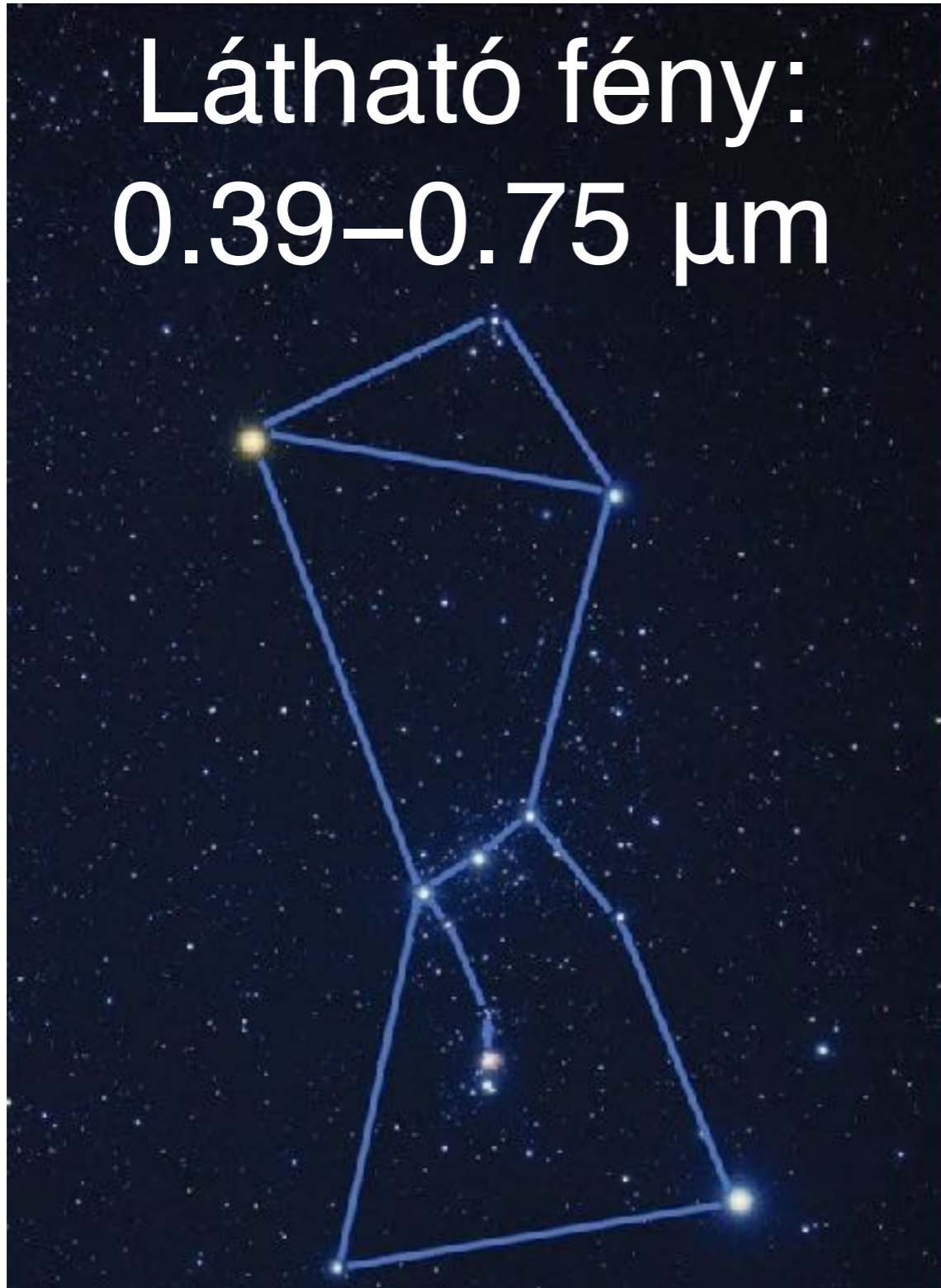
Az univerzum infravörösben

Látható fény:
0.39–0.75 μm

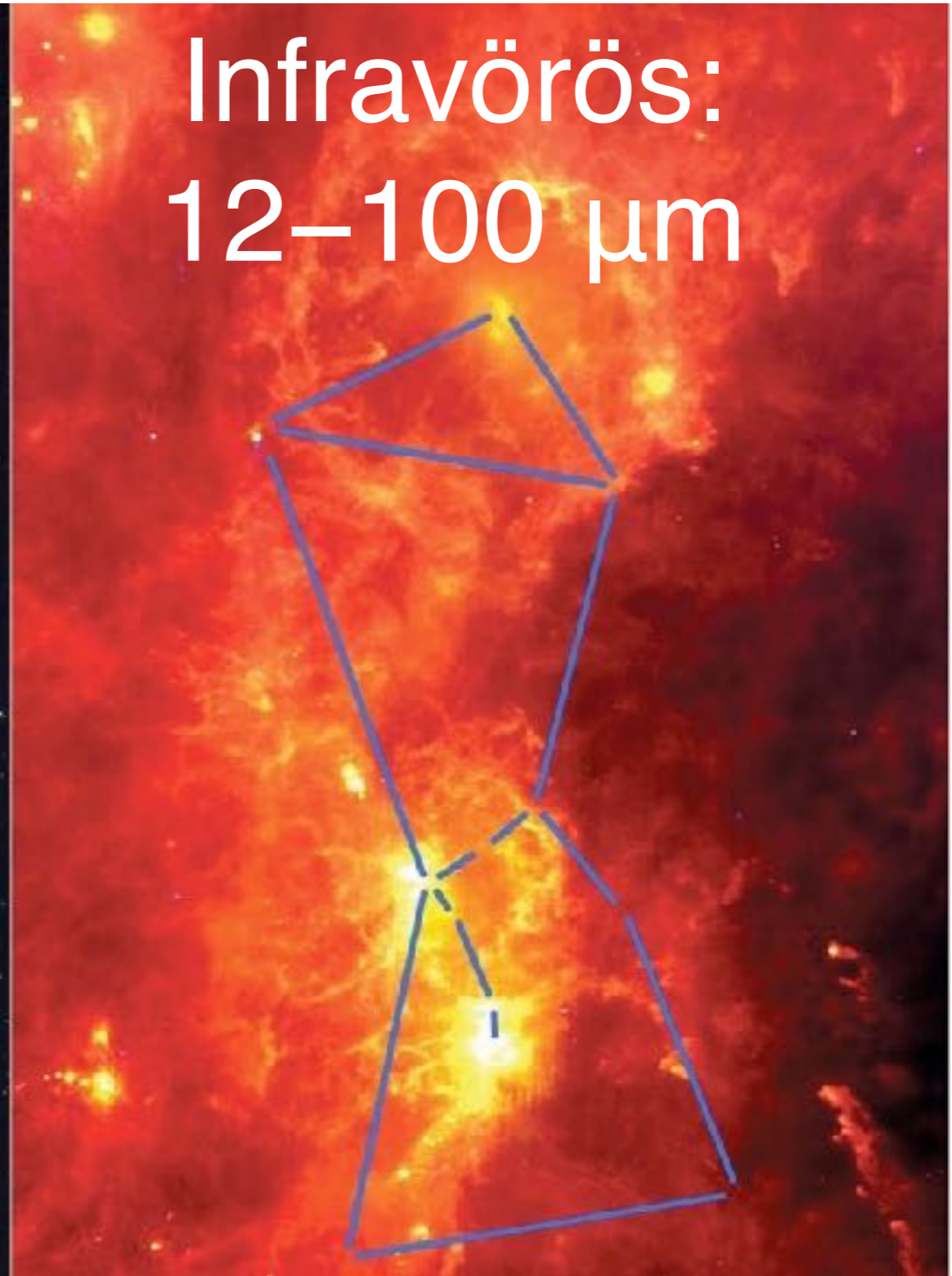


Az univerzum infravörösben

Látható fény:
0.39–0.75 μm



Infravörös:
12–100 μm



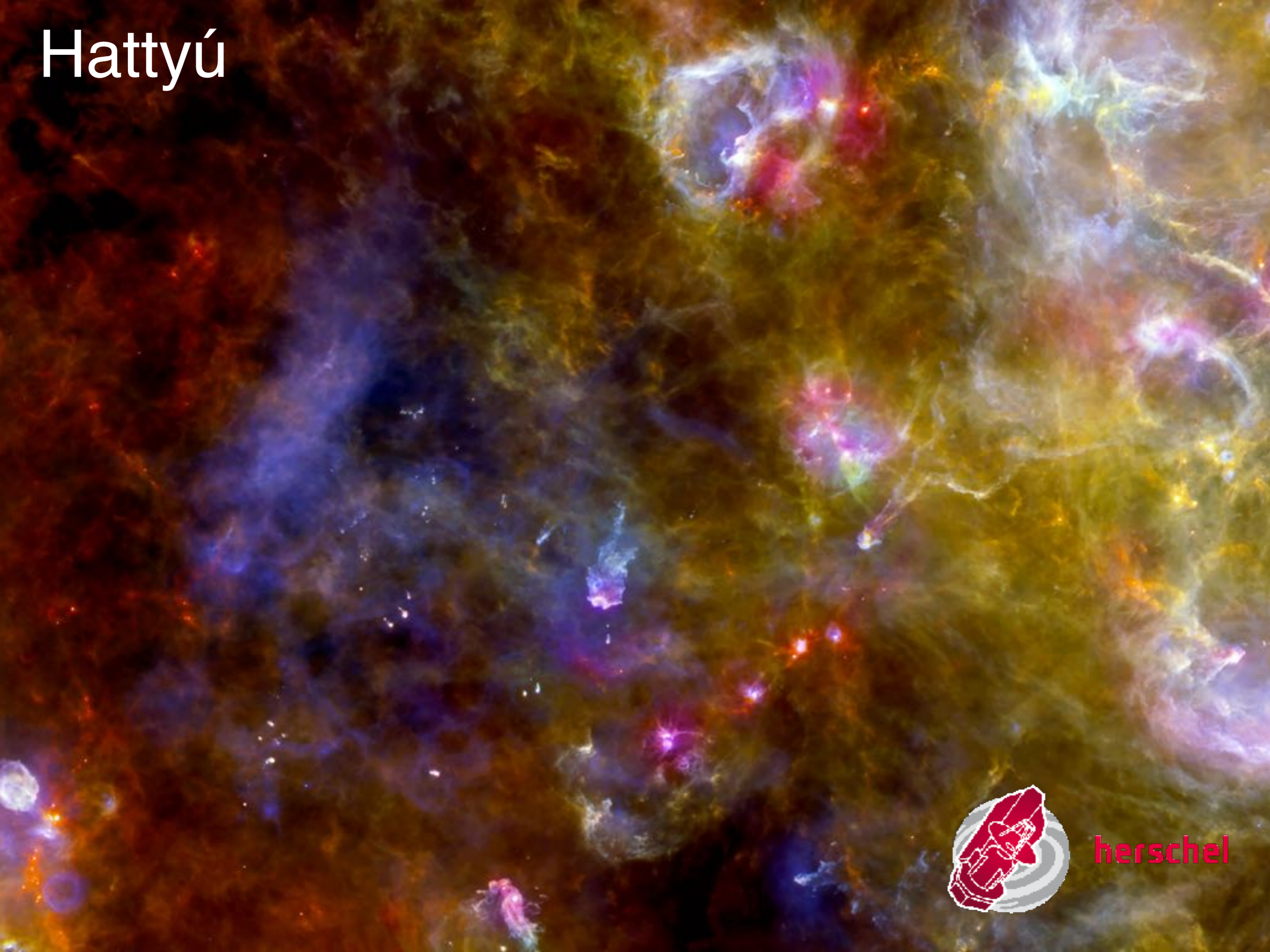
Észak-Amerika köd



Kígyótartó

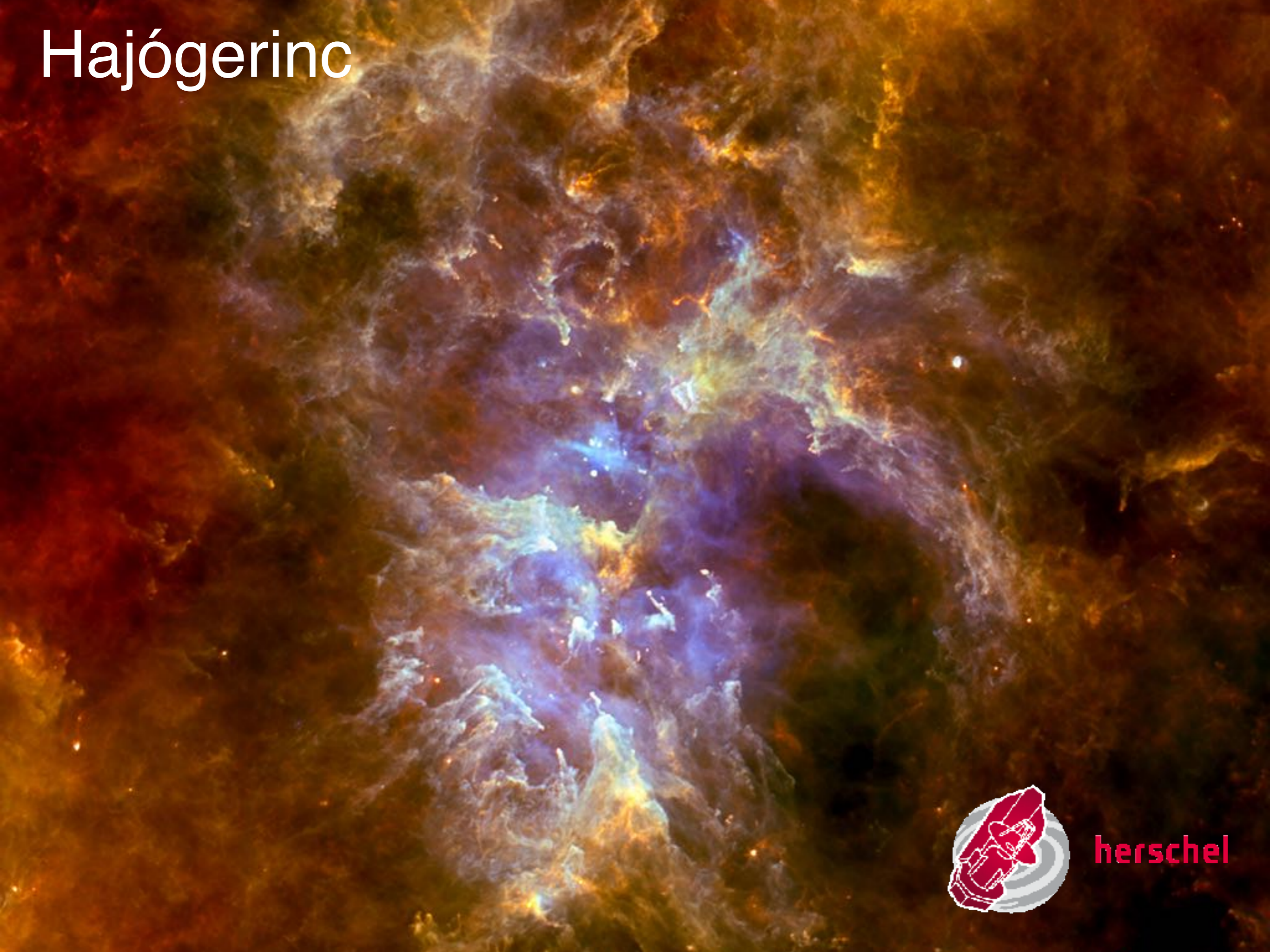


Hattyú



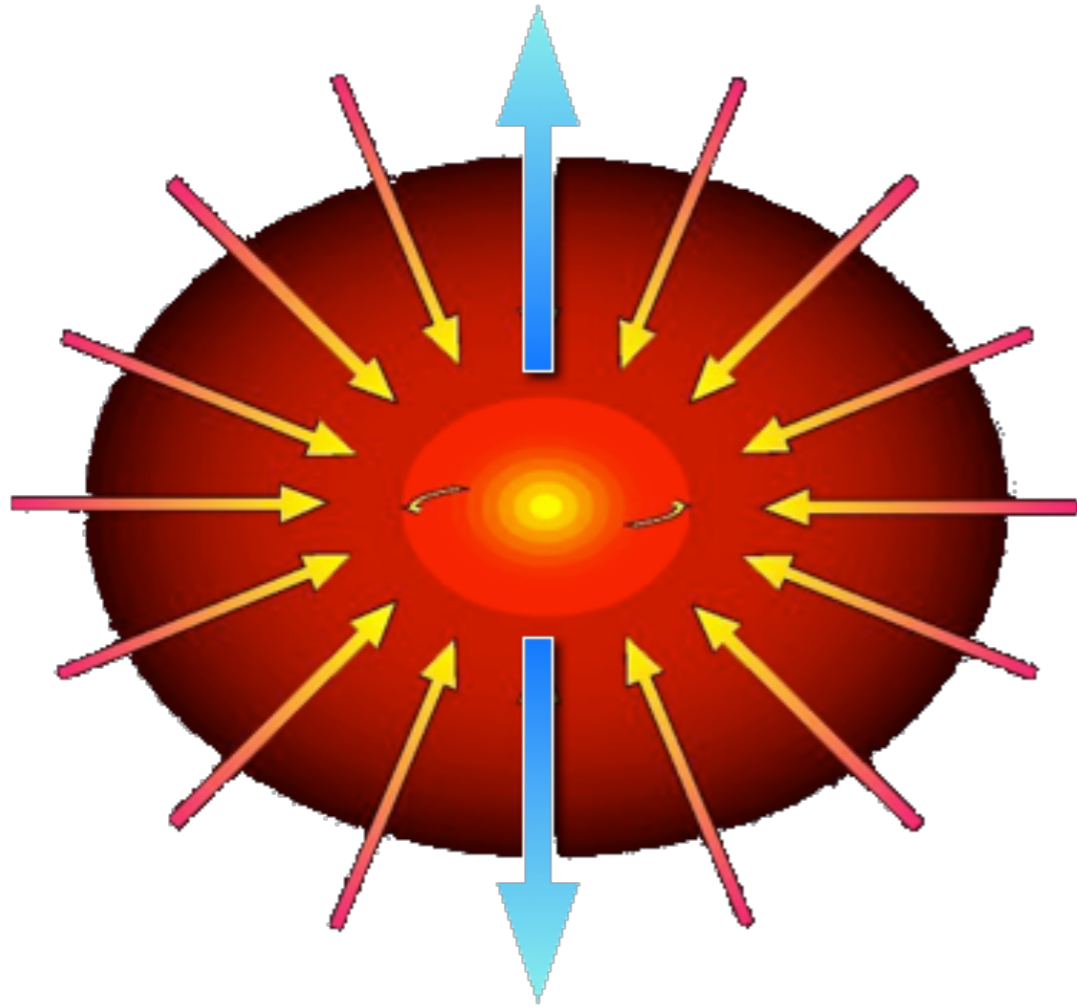
herschel

Hajógerinc

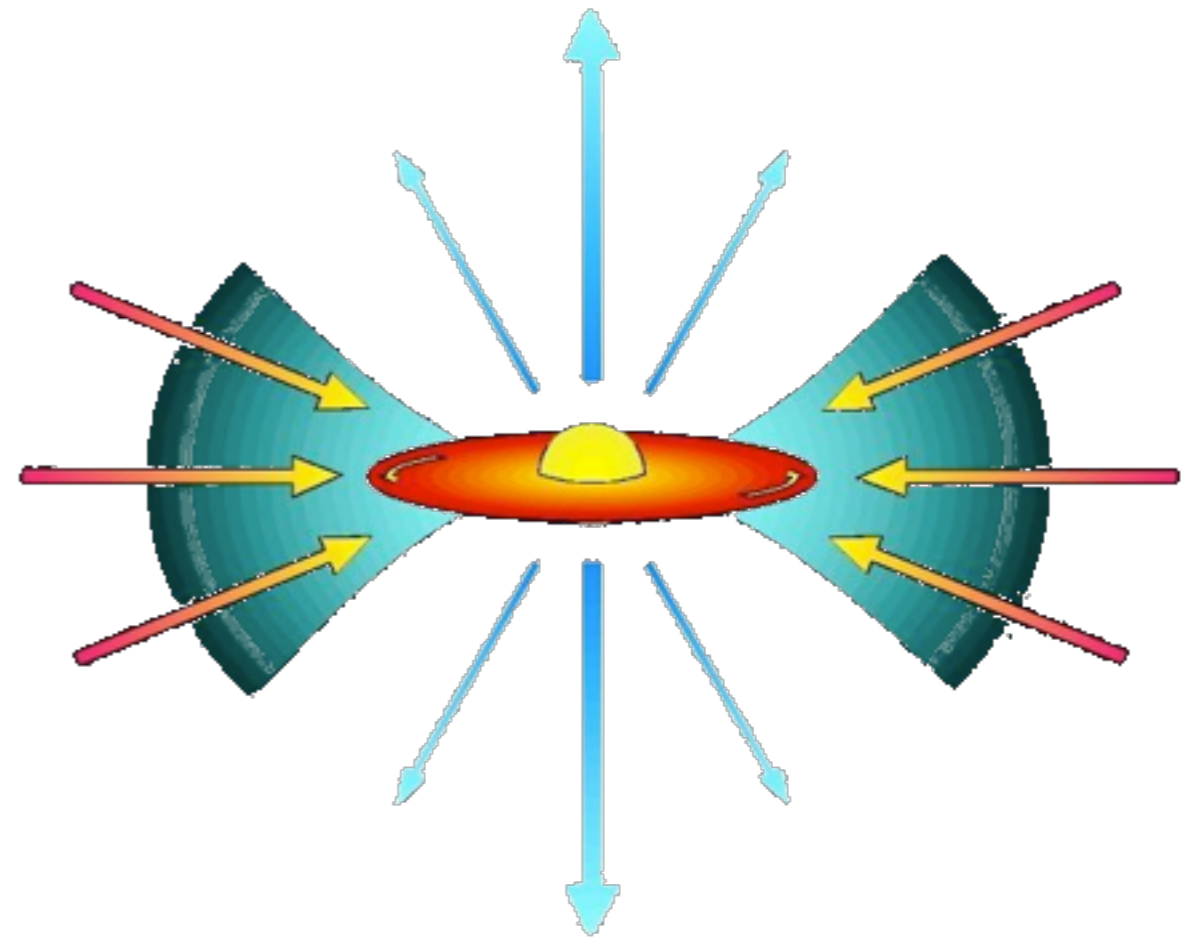


herchel

Csillagkeletkezés



0. osztály
10 000 év
10 000 CSE
10–300 K

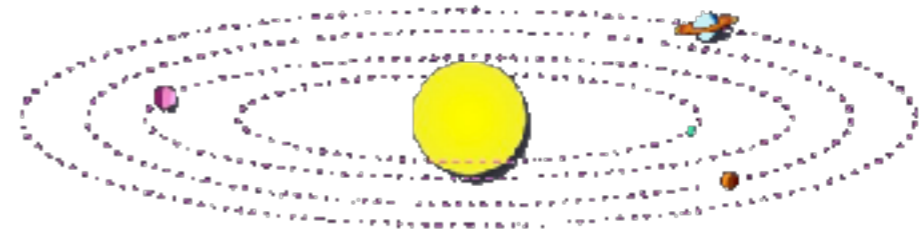


1. osztály
100 000 – 1 millió év
1000 CSE
100–3000 K

Csillagkeletkezés



2. osztály
1–10 millió év
100 CSE
100–5000 K



3. osztály
10 millió – 1 milliárd év
100 CSE
100–5000 K

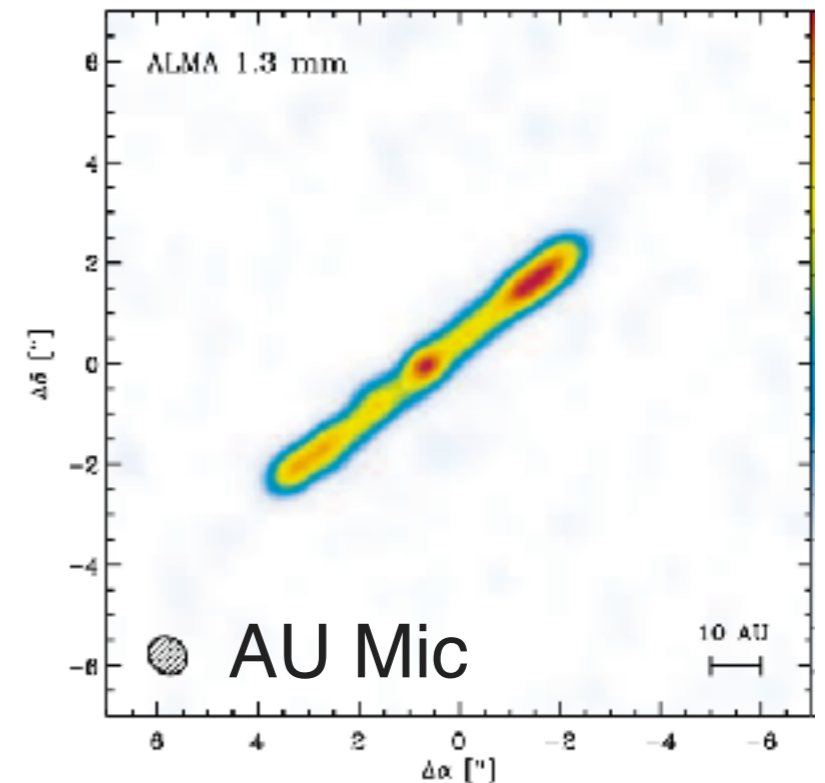
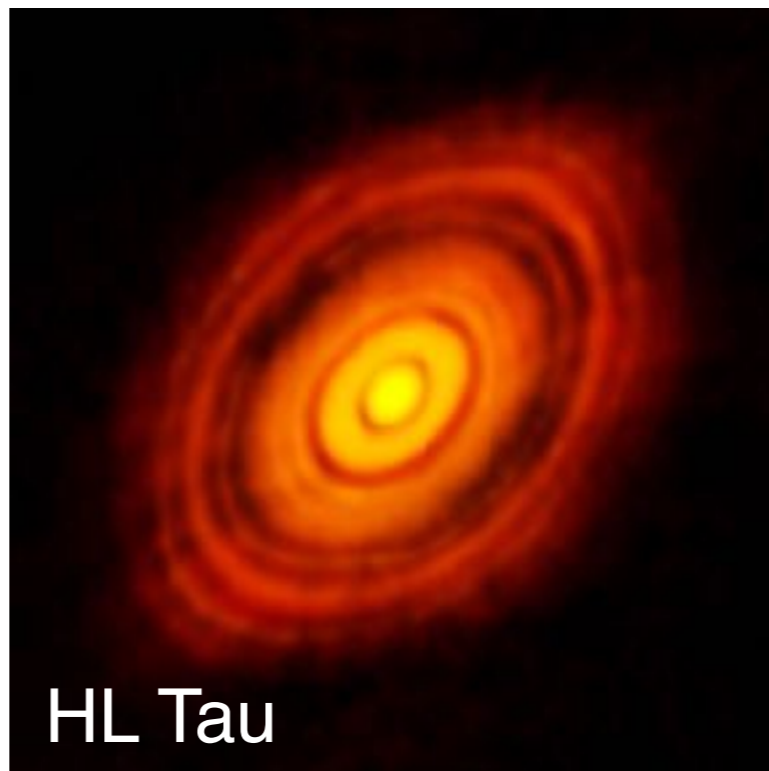
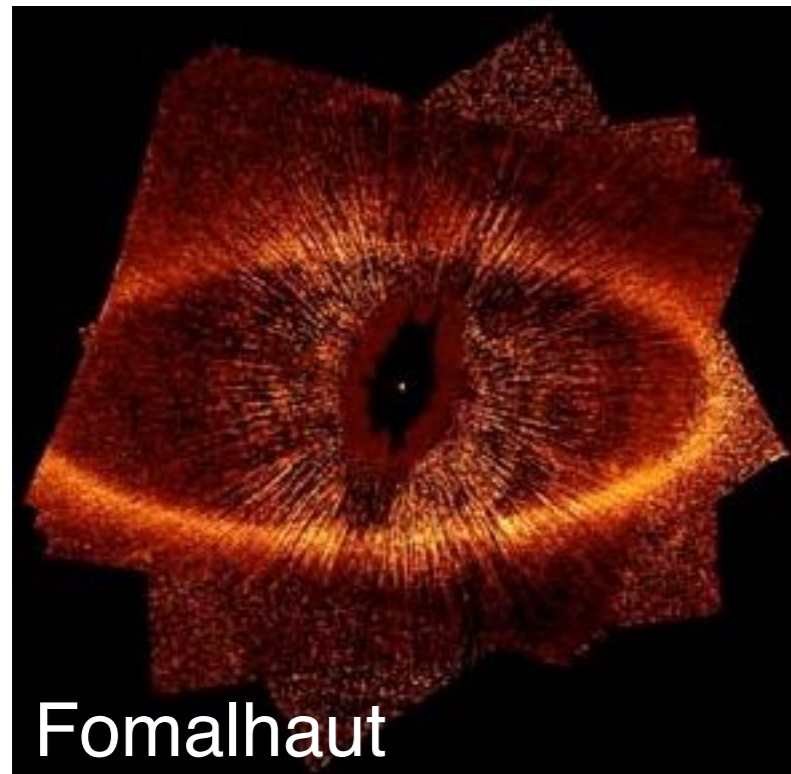
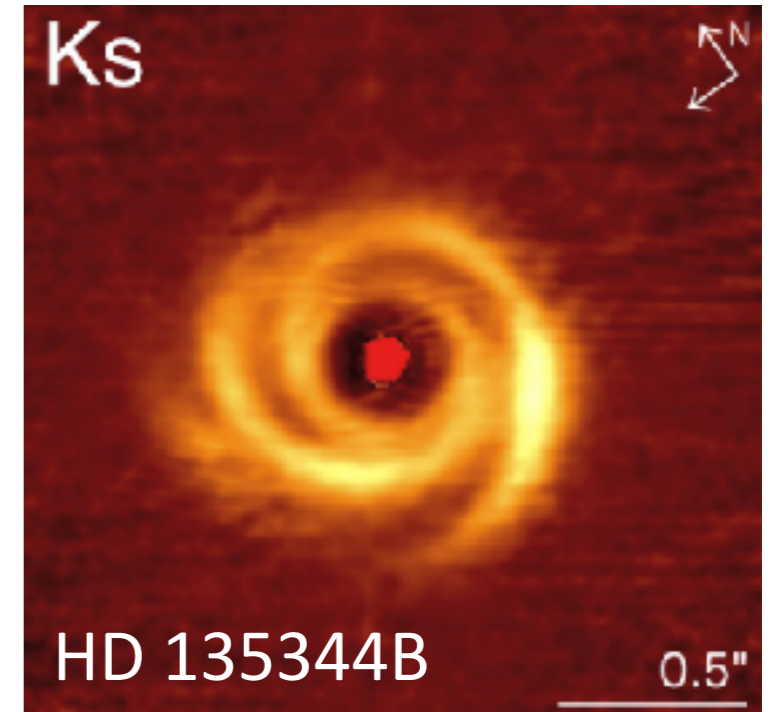
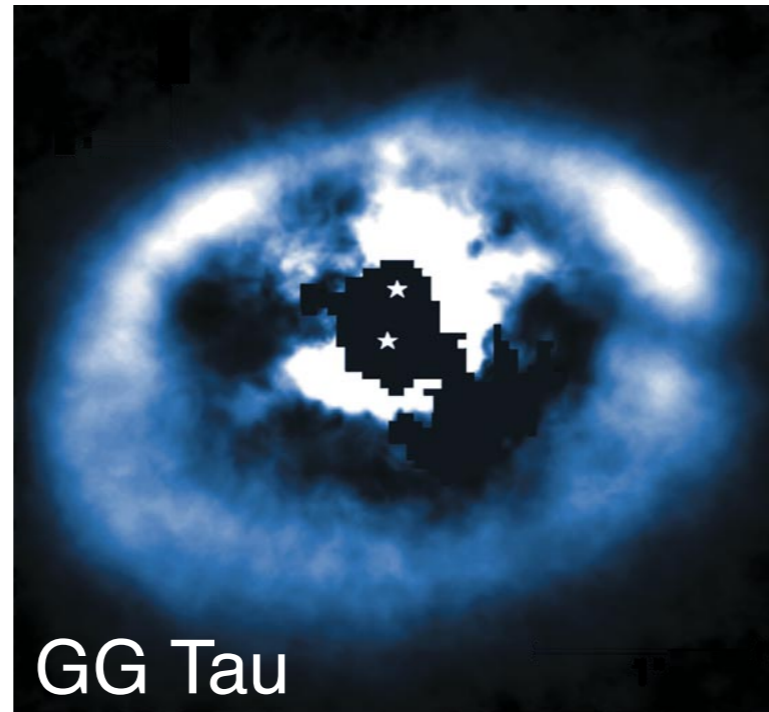
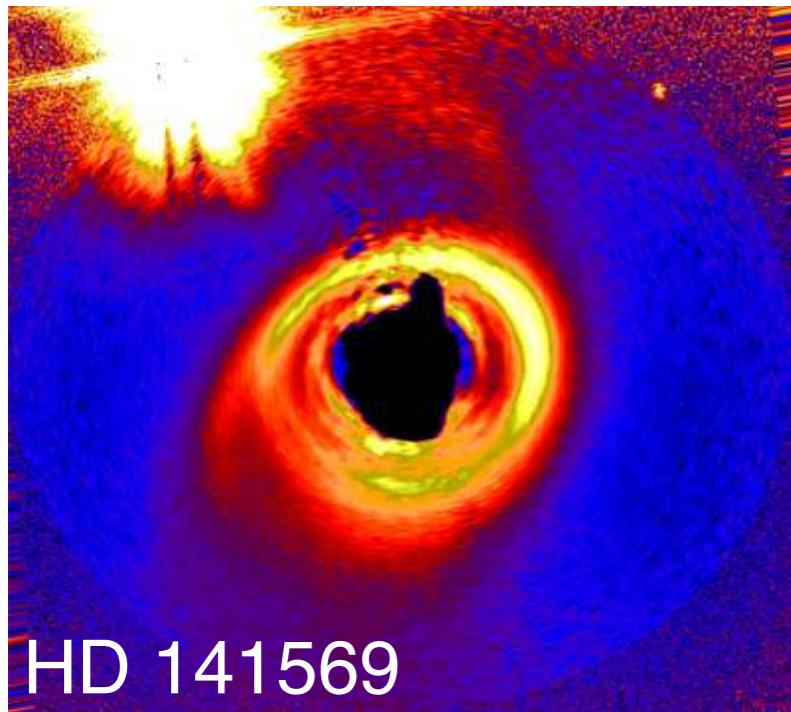
Csillagkörüli korongok

Ahogy a művész elképzeli:



Csillagkörüli korongok

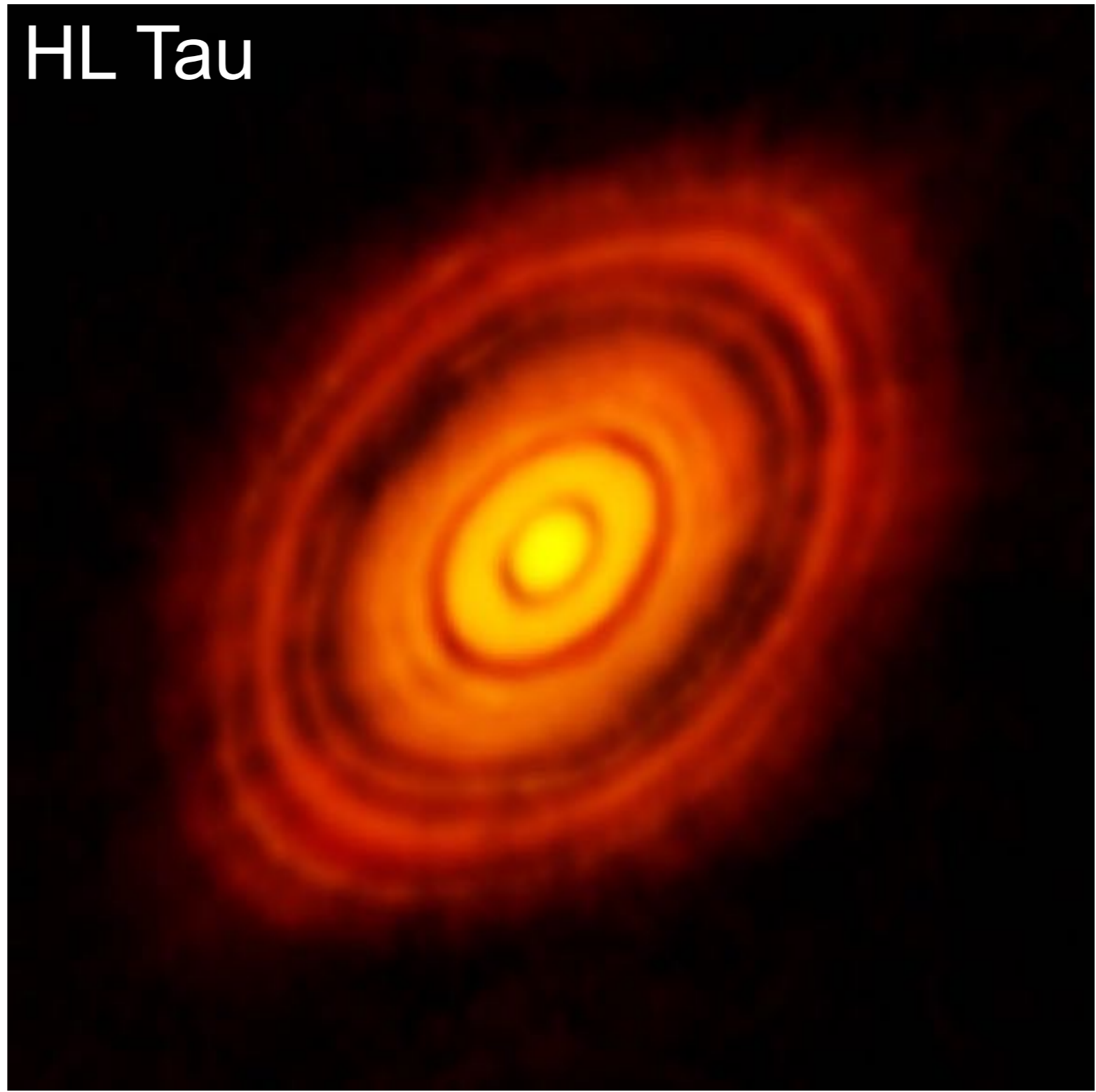
Ahogy a csillagászok látják:



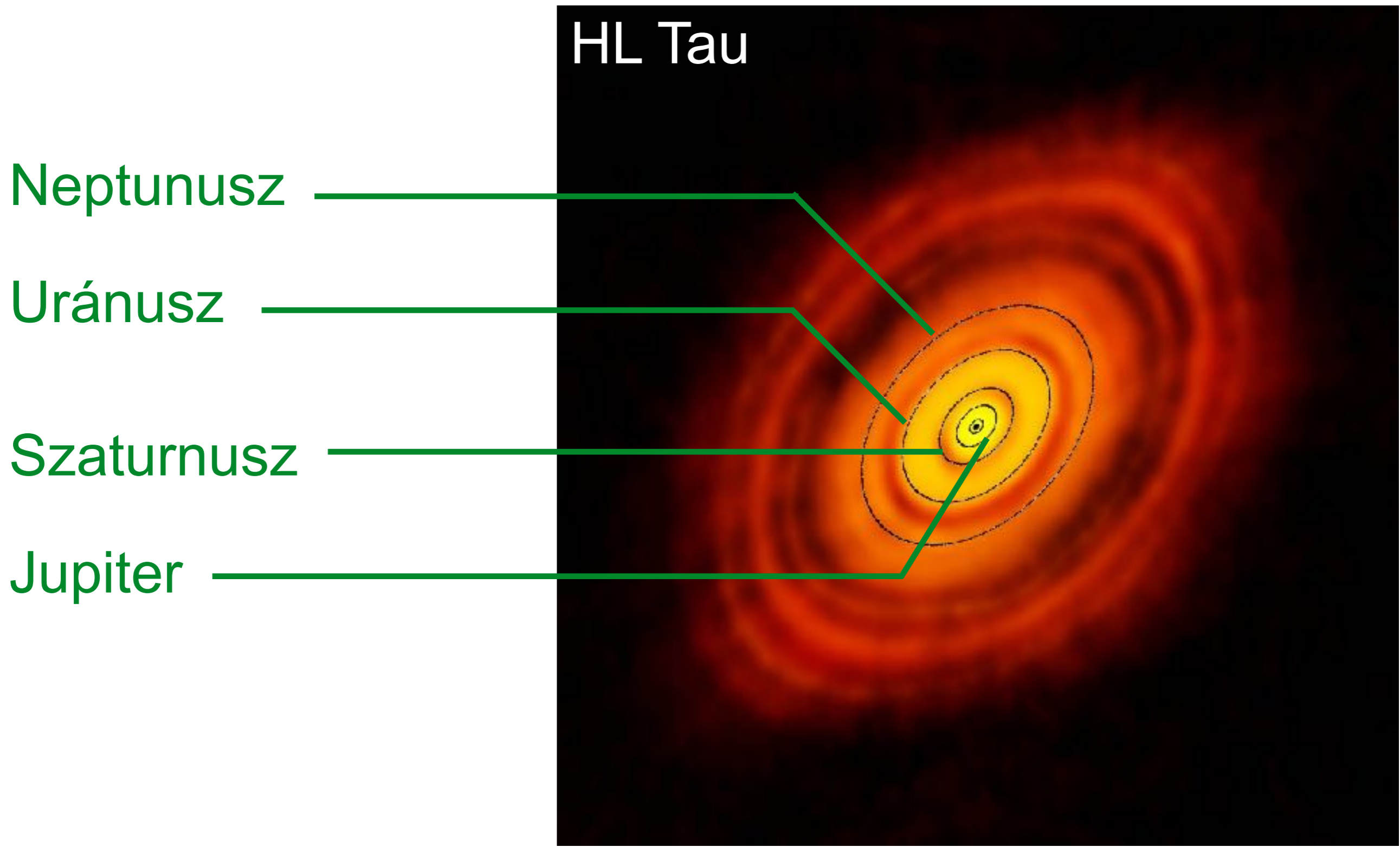
A korongok és bolygók kapcsolata

HL Tau: fiatal csillag
a Bika csillagképben,
tőlünk 500 fényévre

HL Tau



A korongok és bolygók kapcsolata



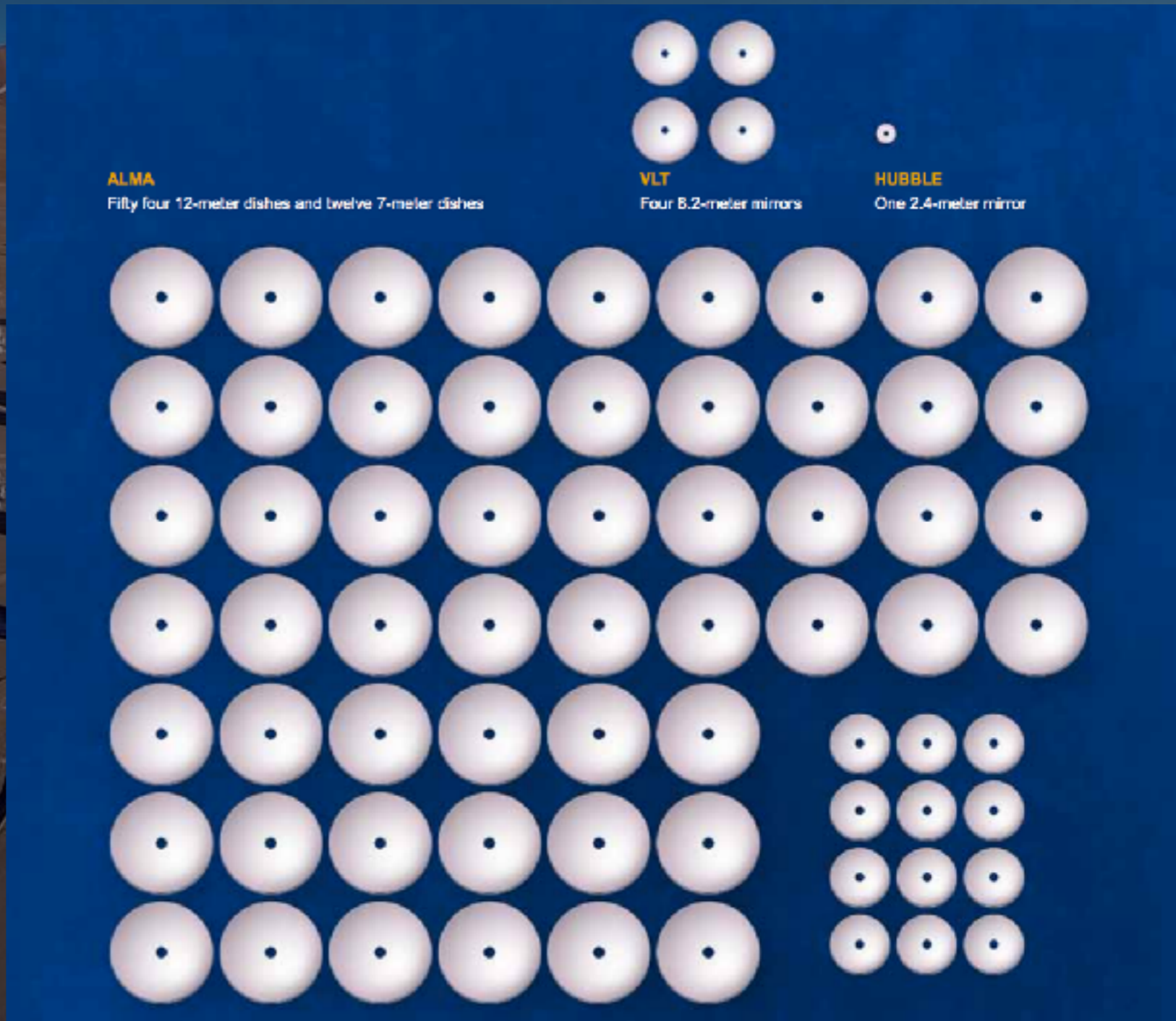
ALMA

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array



ALMA

- 54 darab 12 méteres és 12 darab 7 méteres antenna
- Teljes fénygyűjtő felület: 6600 négyzetméter



ALMA

- 54 darab 12 méteres és 12 darab 7 méteres antenna
- Teljes fénygyűjtő felület: 6600 négyzetméter
- Helyszín: Chile, Atacama sivatag, 5050 méter tengerszint feletti magasságban
- 0,3–3,6 milliméteres hullámhosszú sugárzást mér



ALMA

- 54 darab 12 méteres és 12 darab 7 méteres antenna
- Teljes fénygyűjtő felület: 6600 négyzetméter
- Helyszín: Chile, Atacama sivatag, 5050 méter tengerszint feletti magasságban
- 0,3–3,6 milliméteres hullámhosszú sugárzást mér
- Antennák felülete tökéletes parabola ($< 20 \mu\text{m}$)



ALMA

- 54 darab 12 méteres és 12 darab 7 méteres antenna
- Teljes fénygyűjtő felület: 6600 négyzetméter
- Helyszín: Chile, Atacama sivatag, 5050 méter tengerszint feletti magasságban
- 0,3–3,6 milliméteres hullámhosszú sugárzást mér
- Antennák felülete tökéletes parabola ($< 20 \mu\text{m}$)
- Térbeli felbontás: 0.006" (golflabda 1500 km-ről)



ALMA

- 54 darab 12 méteres és 12 darab 7 méteres antenna
- Teljes fénygyűjtő felület: 6600 négyzetméter
- Helyszín: Chile, Atacama sivatag, 5050 méter tengerszint feletti magasságban
- 0,3–3,6 milliméteres hullámhosszú sugárzást mér
- Antennák felülete tökéletes parabola ($< 20 \mu\text{m}$)
- Térbeli felbontás: $0.006''$ (golflabda 1500 km-ről)
- Építési költsége: 1 milliárd EUR (globális összefogás)



Az ALMA korrelátor



Az ALMA korrelátor

- A világ egyik legnagyobb szuperszámítógépe
- 134 millió processzor
- 17 peta-FLOP sebesség (17000000000000000 művelet másodpercenként)
- Antennákról másodpercenként 1 gigabyte adat érkezik
- 700 terabyte adatot kell tárolni évente
- Tipikus asztali számítógép vagy laptop
- 1–4 processzor
- 2–8 giga-FLOP sebesség (8000000000 művelet másodpercenként)
- Másodpercenként 1–100 megabyte adat az internetről
- 500 gigás – 4 terás tárolókapacitás

Az ALMA korrelátor

- A világ egyik leghatalmasabb szuperszámítógépe **10 milliószor gyorsabb** egy közepes asztali számítógép vagy laptop
- 134 millió processzor, 1-4 processzor
- 17 peta-FLOP sebesség (17000000000000000 művelet másodpercenként)
- 2-8 giga-FLOP sebesség (8000000000 művelet másodpercenként)
- Antennákról másodpercenként 1 gigabyte adat érkezik
- Másodpercenként 1-100 megabyte adat az internetről
- 700 terabyte adatot kell tárolni évente
- 500 gigás – 4 terás tárolókapacitás

Az ALMA energiafogyasztása

- Energiaigény: 4,2 MW
- Éves energiafogyasztás: 36,8 GWh (kisebb város teljes fogyasztása)
- Üzemanyag: LPB (cseppfolyós propán-bután)
- Éves üzemanyag-fogyasztás: 17,3 millió liter (7 darab olimpiai úszómedencét töltené ki)
- Éves költség: 10 millió dollár



ALMA Radio Telescope

Sitio de operaciones
del conjunto de ALMA

CBI/QUIET

ALMA transzporterek



ALMA transzporterek



ALMA transzporterek



A csillagász-élet: Chile



A csillagász-élet: Chile

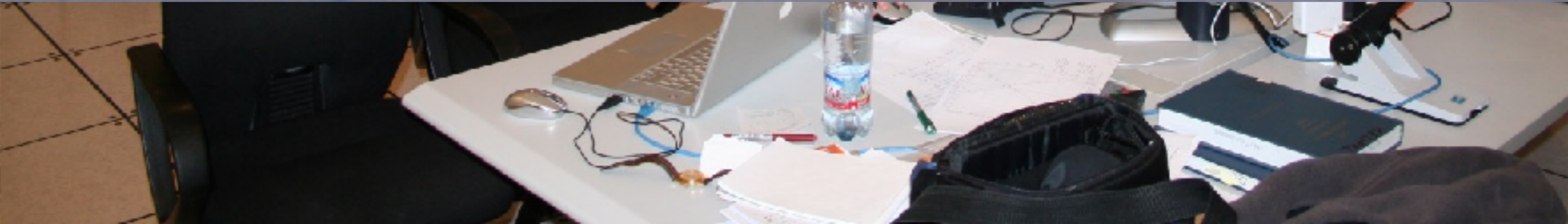
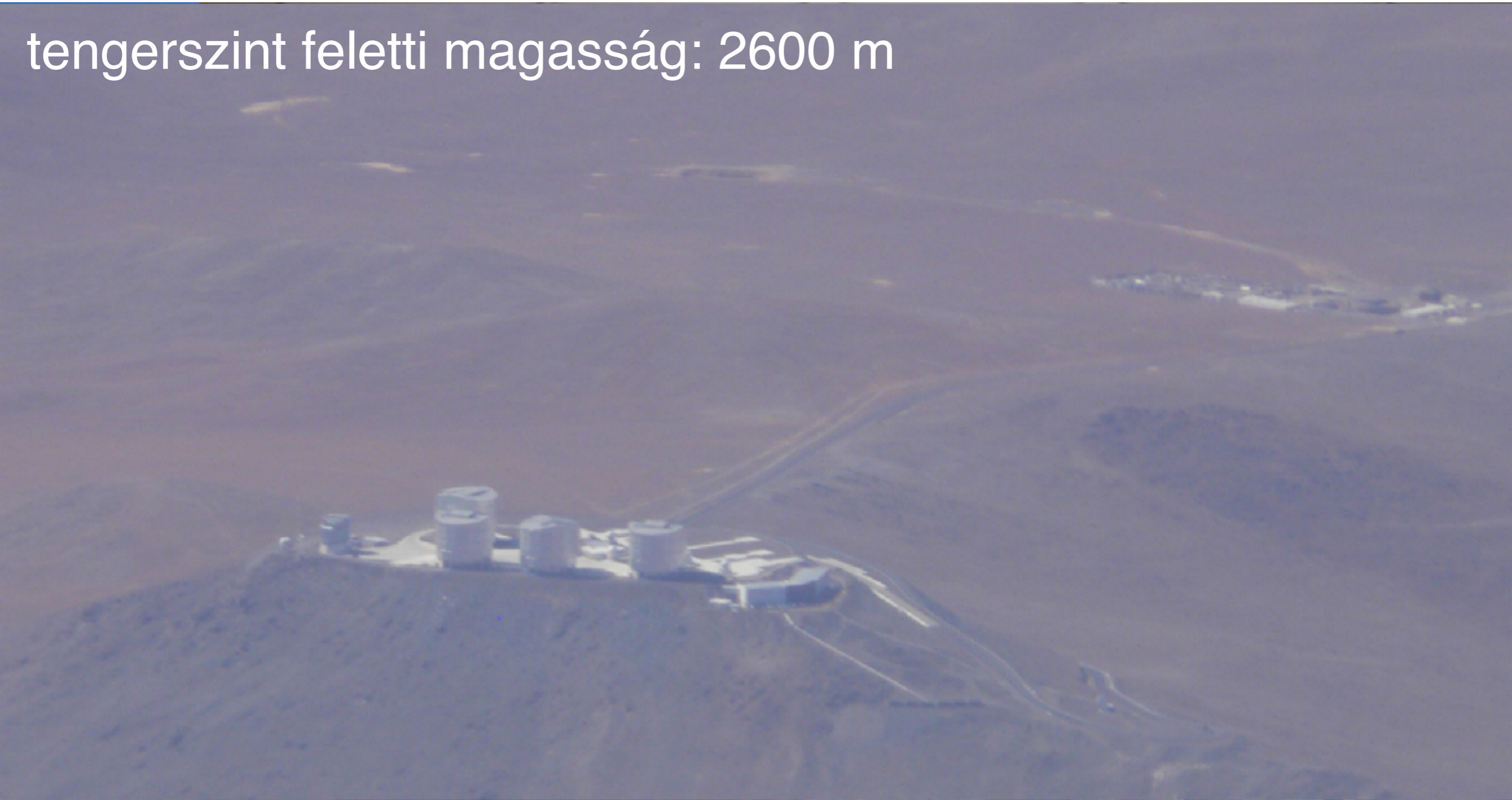


A csillagász-élet: Chile

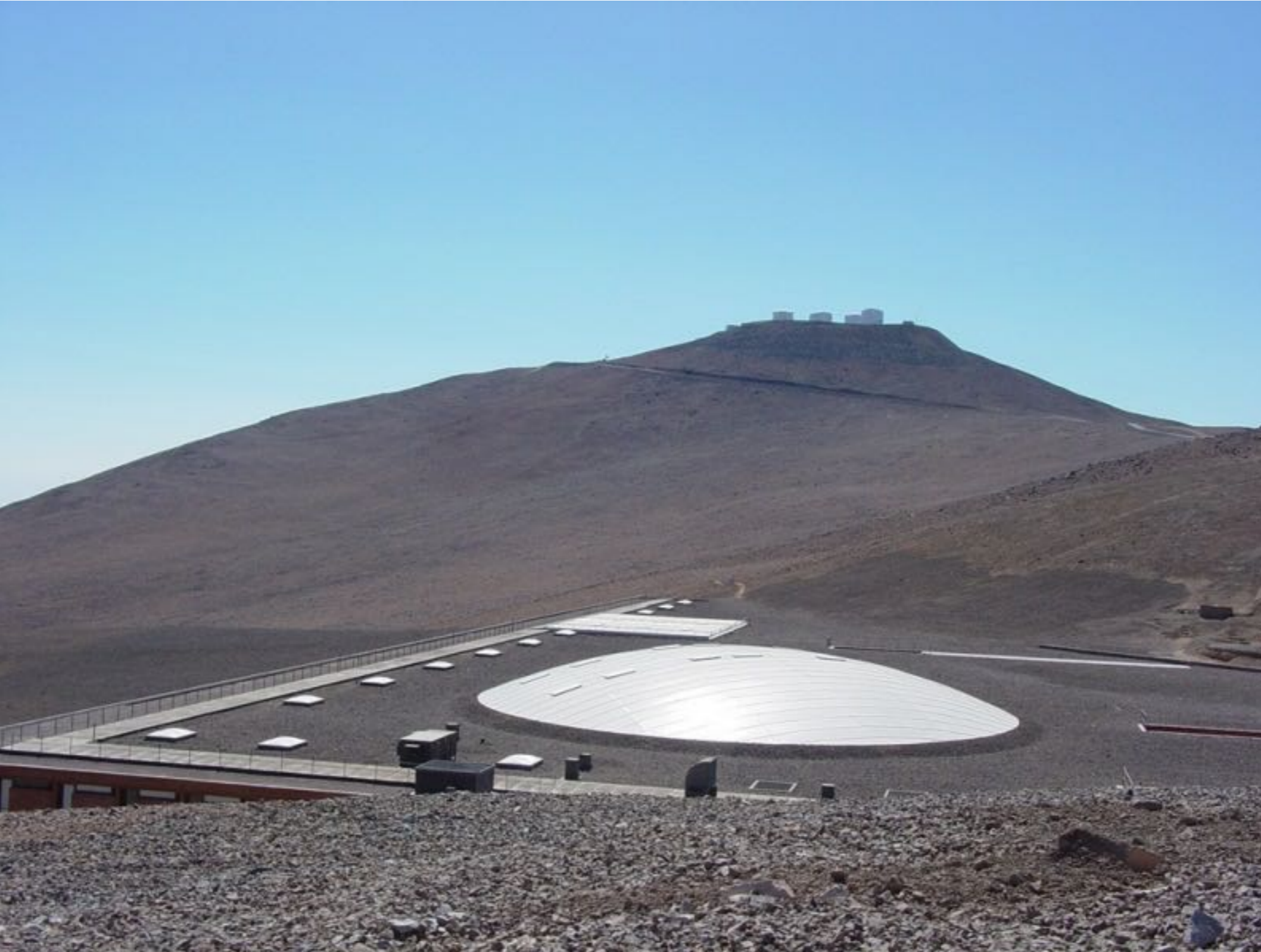


A csillagász-élet: Chile

tengerszint feletti magasság: 2600 m



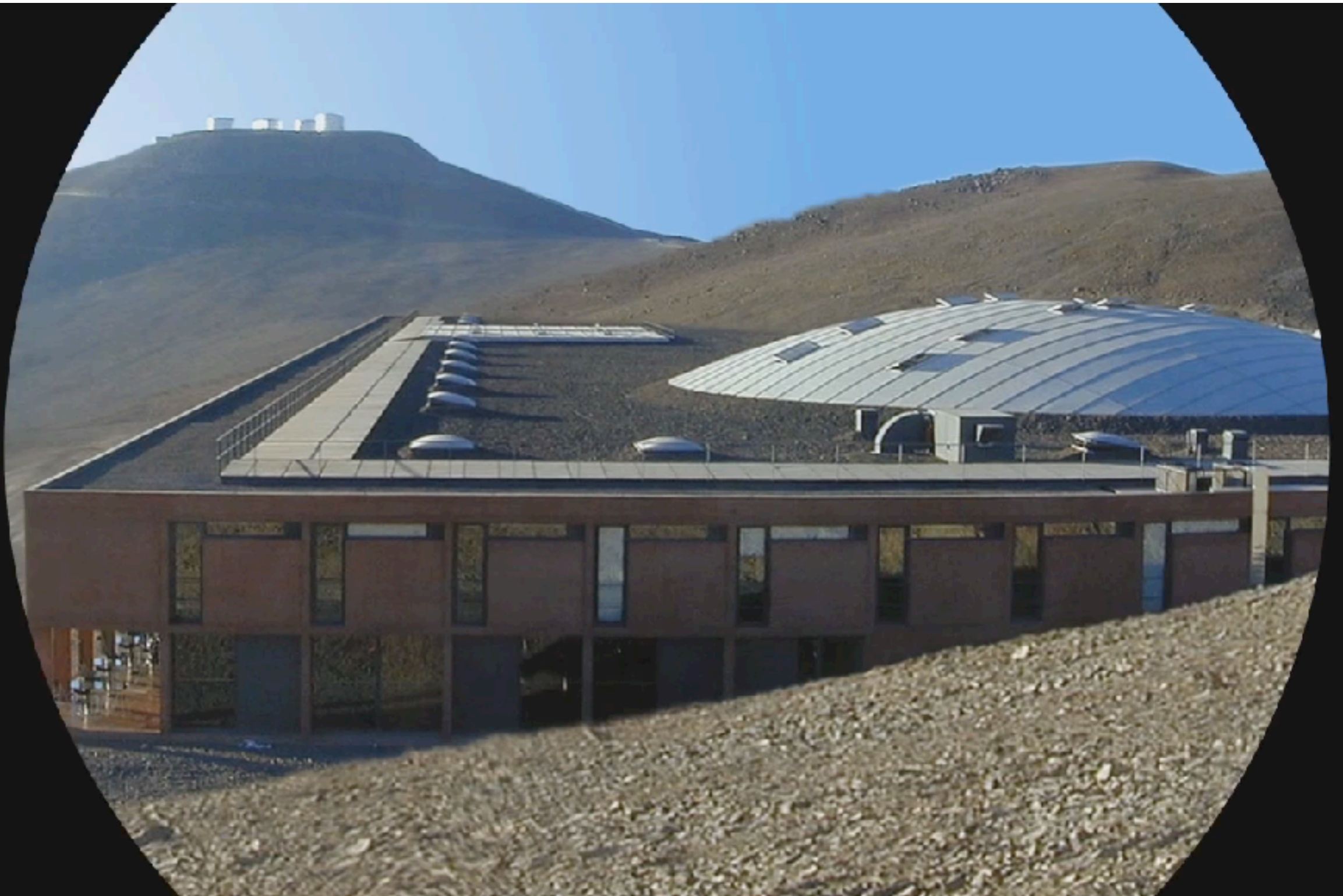
A csillagász-élet: Chile



A csillagász-élet: Chile



A csillagász-élet: Chile

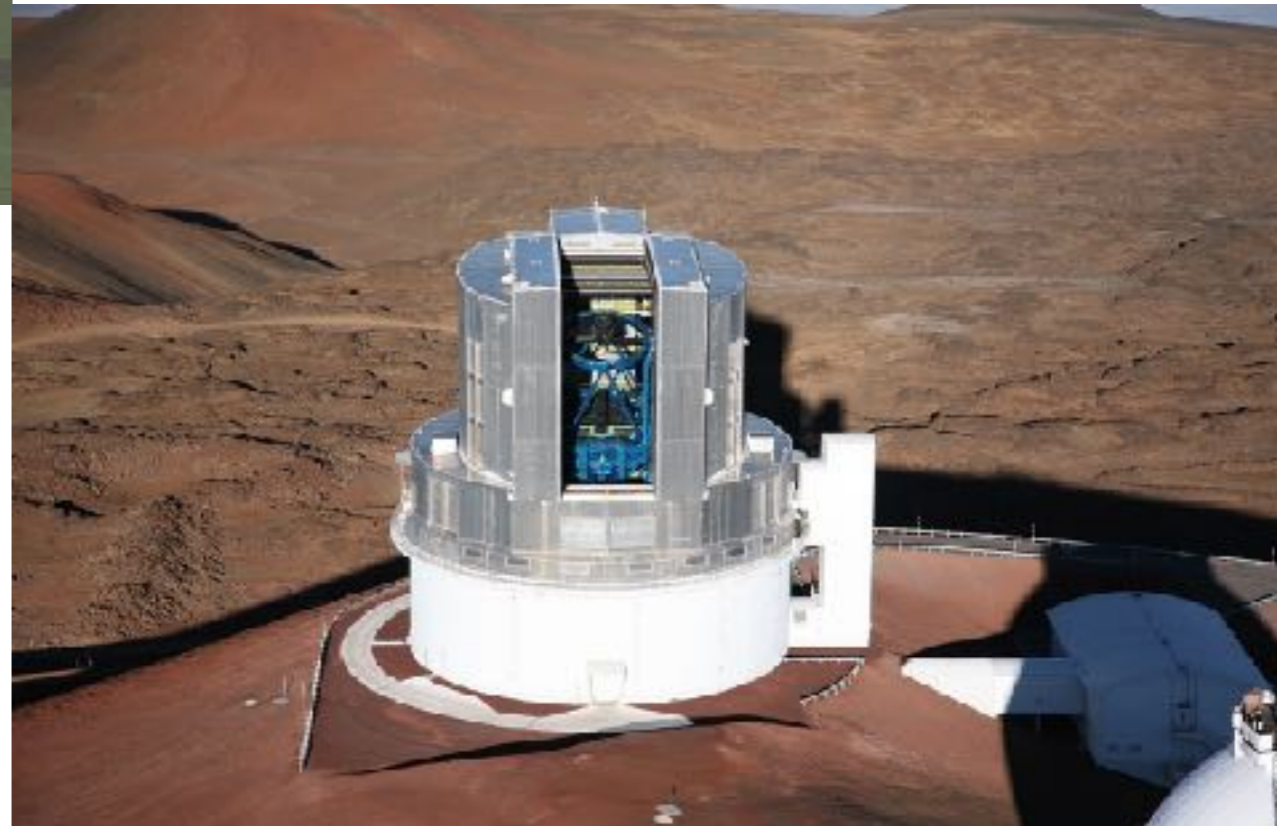


A csillagász-élet: Hawaii

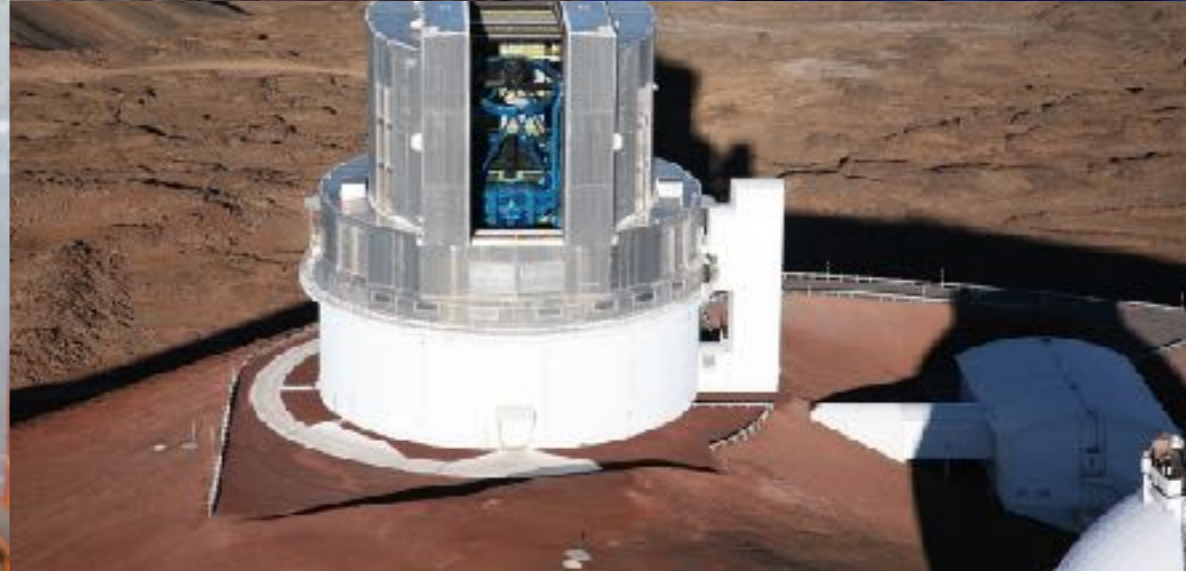
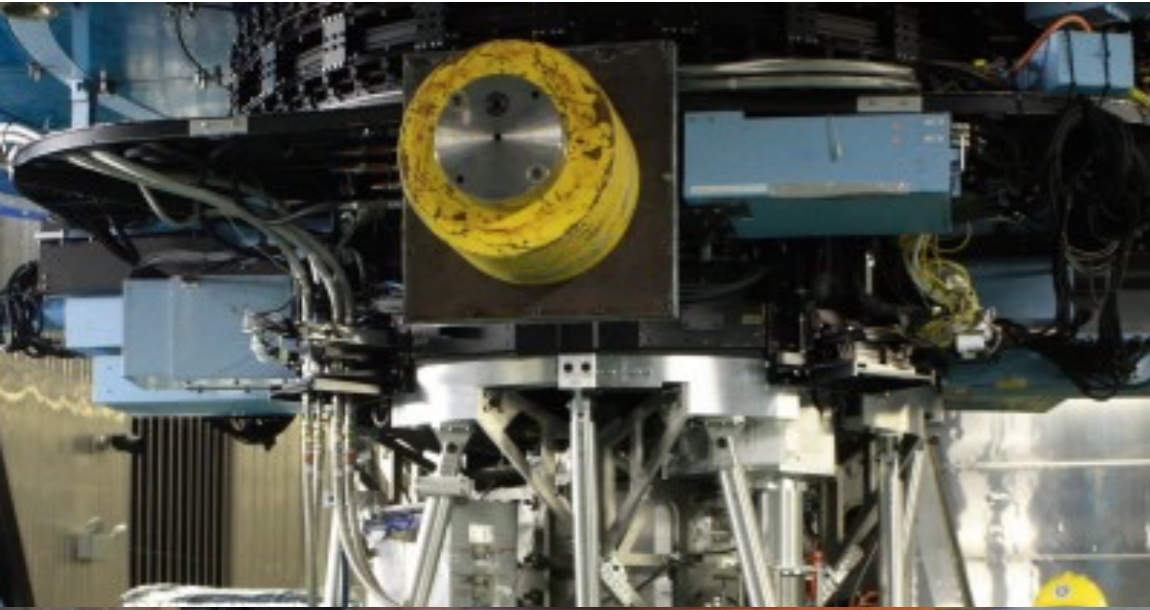
tengerszint feletti magasság: 4200 m



A csillagász-élet: Hawaii



A csillagász-élet: Hawaii



A csillagász-élet: Dél-Spanyolország

tengerszint feletti magasság: 2200 m



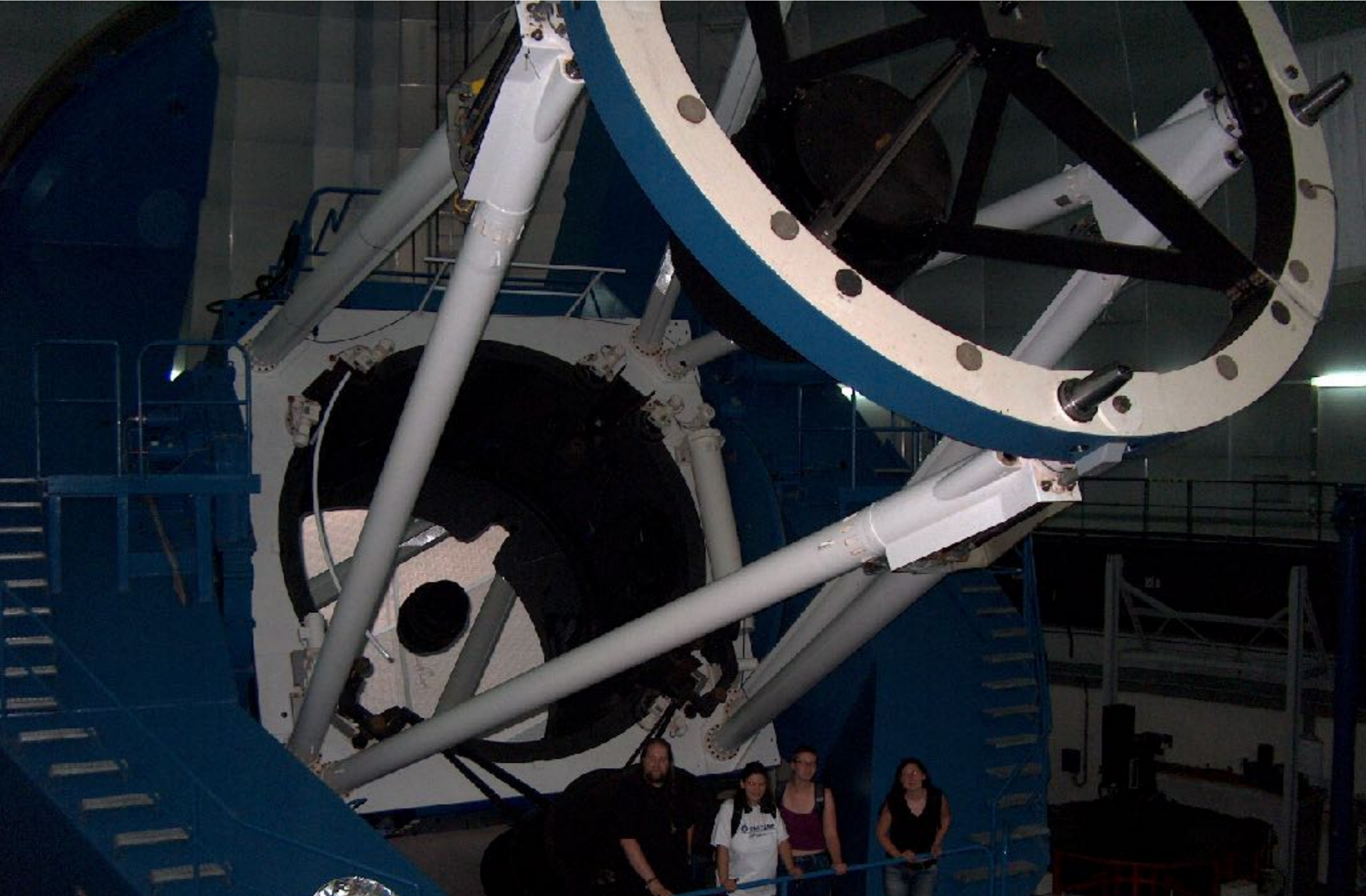
A csillagász-élet: Dél-Spanyolország



A csillagász-élet: Dél-Spanyolország



A csillagász-élet: Dél-Spanyolország



A csillagász-élet: Dél-Spanyolország



tengerszint feletti magasság: 2550 m



A csillagász-élet: Kanári szigetek

tengerszint feletti magasság: 2400 m



A csillagász-élet: Kanári szigetek



A csillagász-élet: Kanári szigetek



A csillagász-élet: Kanári szigetek

tengerszint feletti magasság: 2400 m



A csillagász-élet: Kanári szigetek



A csillagász-élet: Kalifornia

tengerszint feletti magasság: 1200 m



A csillagász-élet: Hollandia

tengerszint feletti magasság: 5 m



A csillagász-élet: Németország

tengerszint feletti magasság: 320 m



A csillagász-élet: Németország

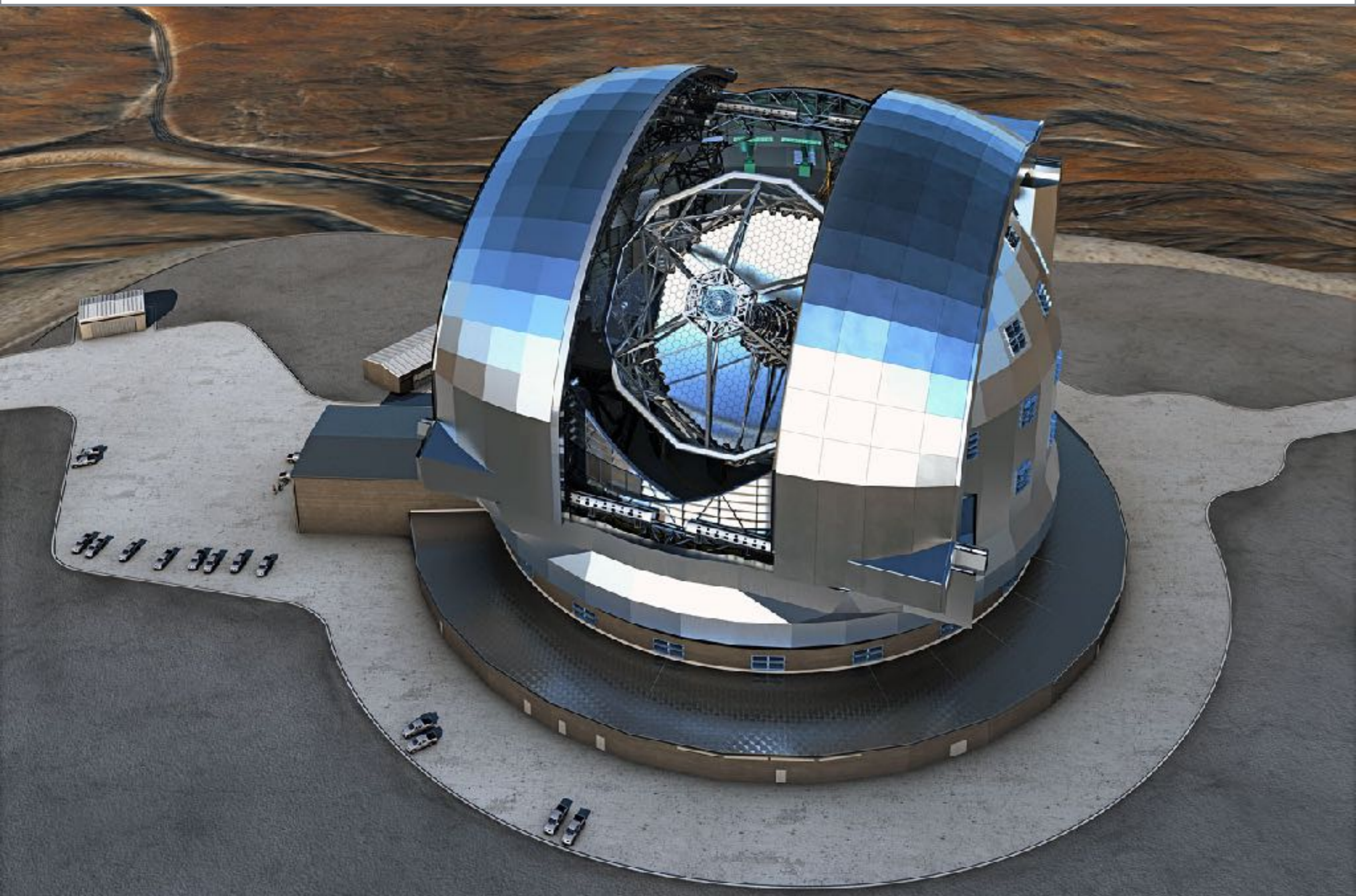


A jövő: ELT (2014 – 2025)

ELT (European Extremely Large Telescope): 40 m-es tükör



A jövő: ELT (2014 – 2025)



A jövő: JWST (2018 – 2023)



A jövő: JWST (2018 – 2023)

