

Csillagkeletkezés és fiatal csillagok változásai: lehet egy ALMA-val több?

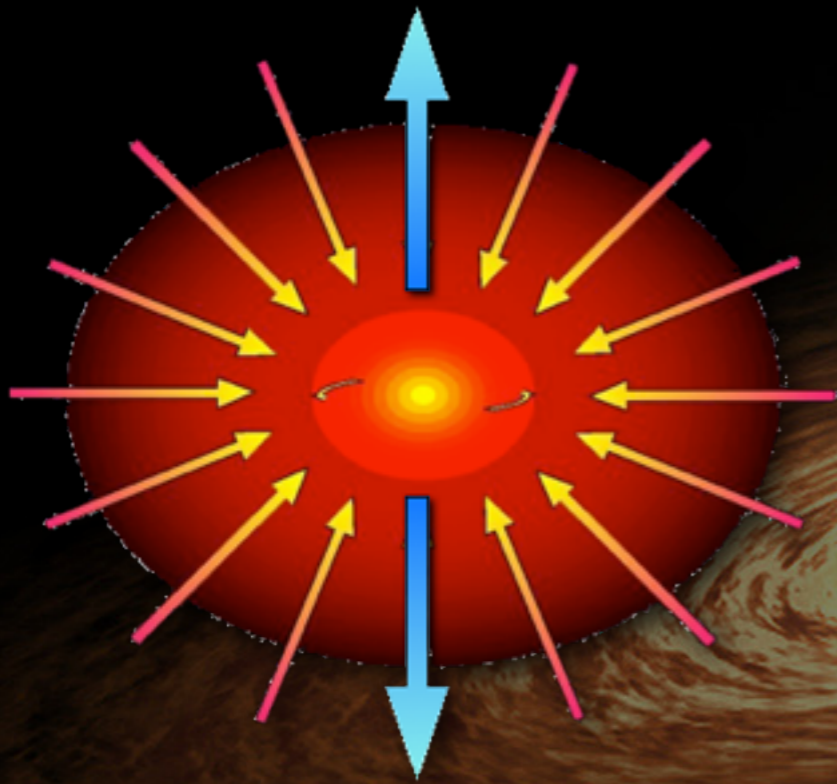
Kóspál Ágnes

Lendület Korong-kutató Csoport

Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
Budapest

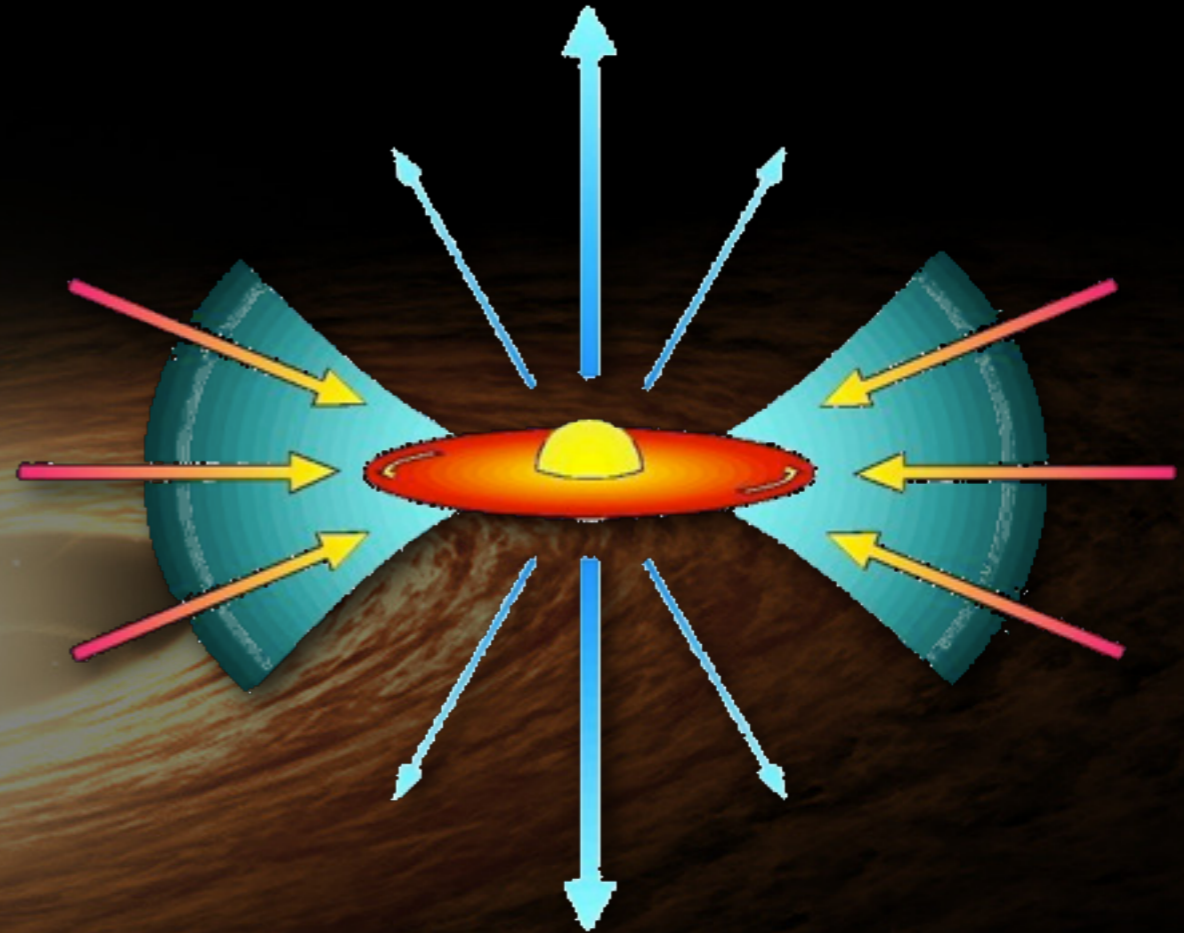
Változócsillag-észlelők találkozója, Eger, 2014. október 4.

A Nap-típusú csillagok keletkezése



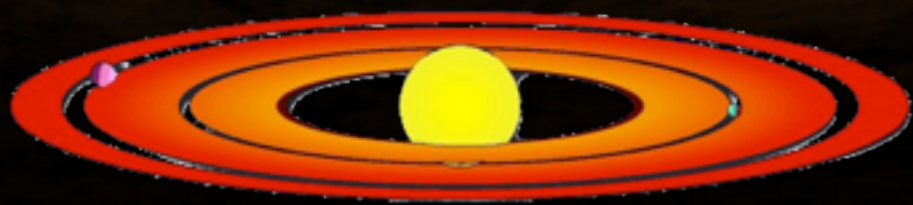
0. osztály

10 000 év; 10 000 CsE; 10–300 K



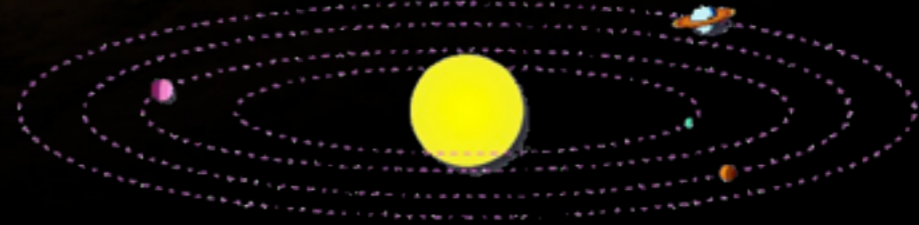
1. osztály

100 000 – 1 millió év; 1000 CsE; 100–3000 K



2. osztály

1–10 millió év; 100 CsE; 100–5000 K



3. osztály

10 millió – 1 millárd év; 100 CsE; 100–5000 K

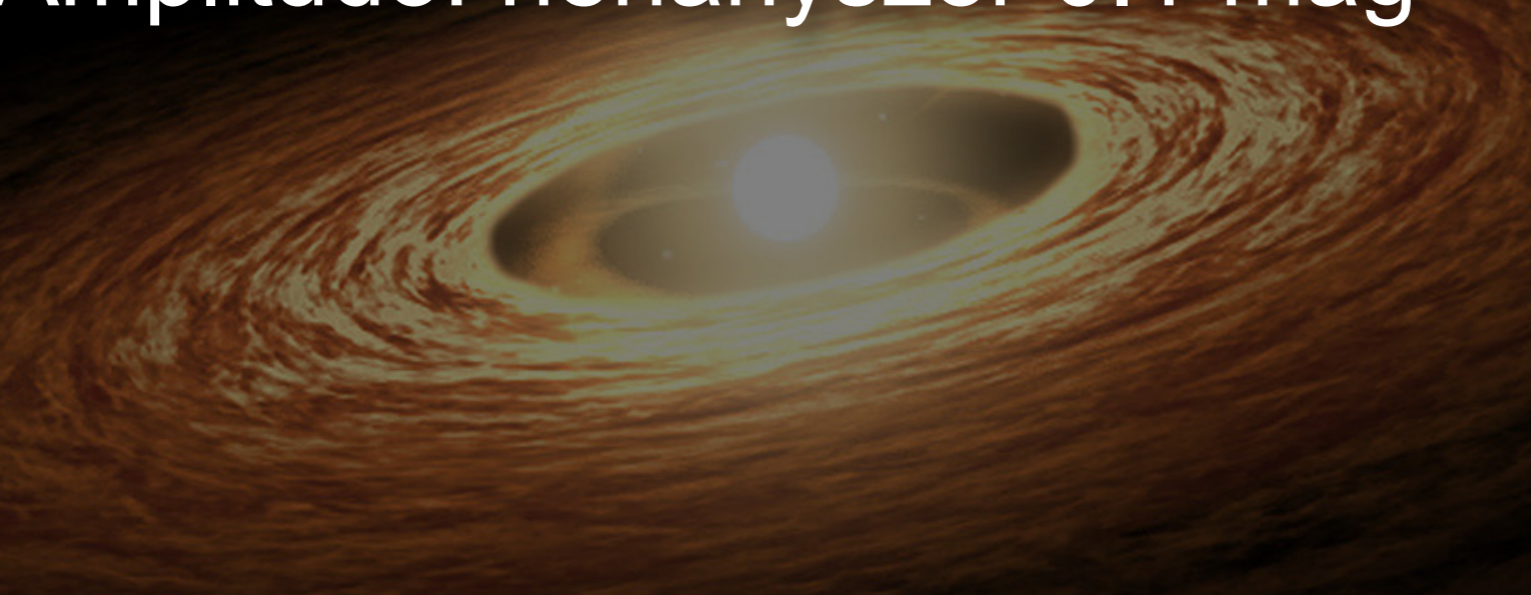
Fiatal csillagok változékonysága

- Herbst & Shevchenko (1999)
- Fiatal csillagok UBVR fotometriai monitorozása
- 71 000 mérés 230 forrásról 15 év alatt
- Maidanak Observatórium, Üzbegisztán
- Eredmény:
lényegében minden fiatal csillag változó
- Amplitúdó:
alig mérhetőtől 4 magnitúdóig



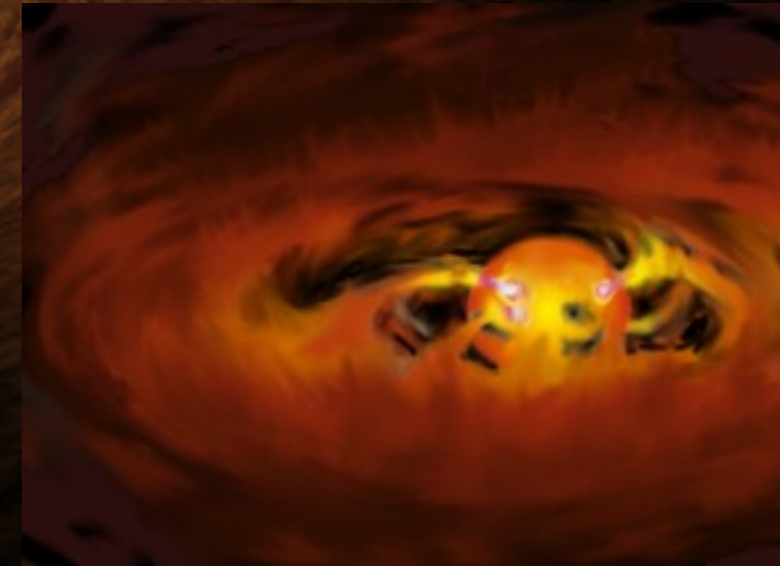
A változékonyság okai

- Hideg foltok a csillag felszínén
 - Periodikus: P =néhány nap
 - Amplitúdó: néhányszor 0.1 mag



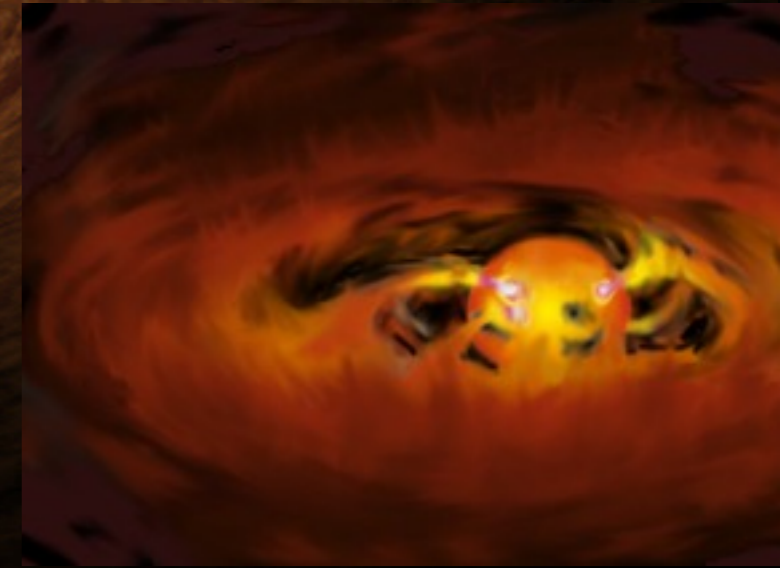
A változékonyság okai

- Hideg foltok a csillag felszínén
 - Periodikus: P =néhány nap
 - Amplitúdó: néhányszor 0.1 mag
- Változékonny tömegbefogás
 - Irreguláris, akár órás változások
 - Amplitúdó: 2-3 mag alatti



A változékonyság okai

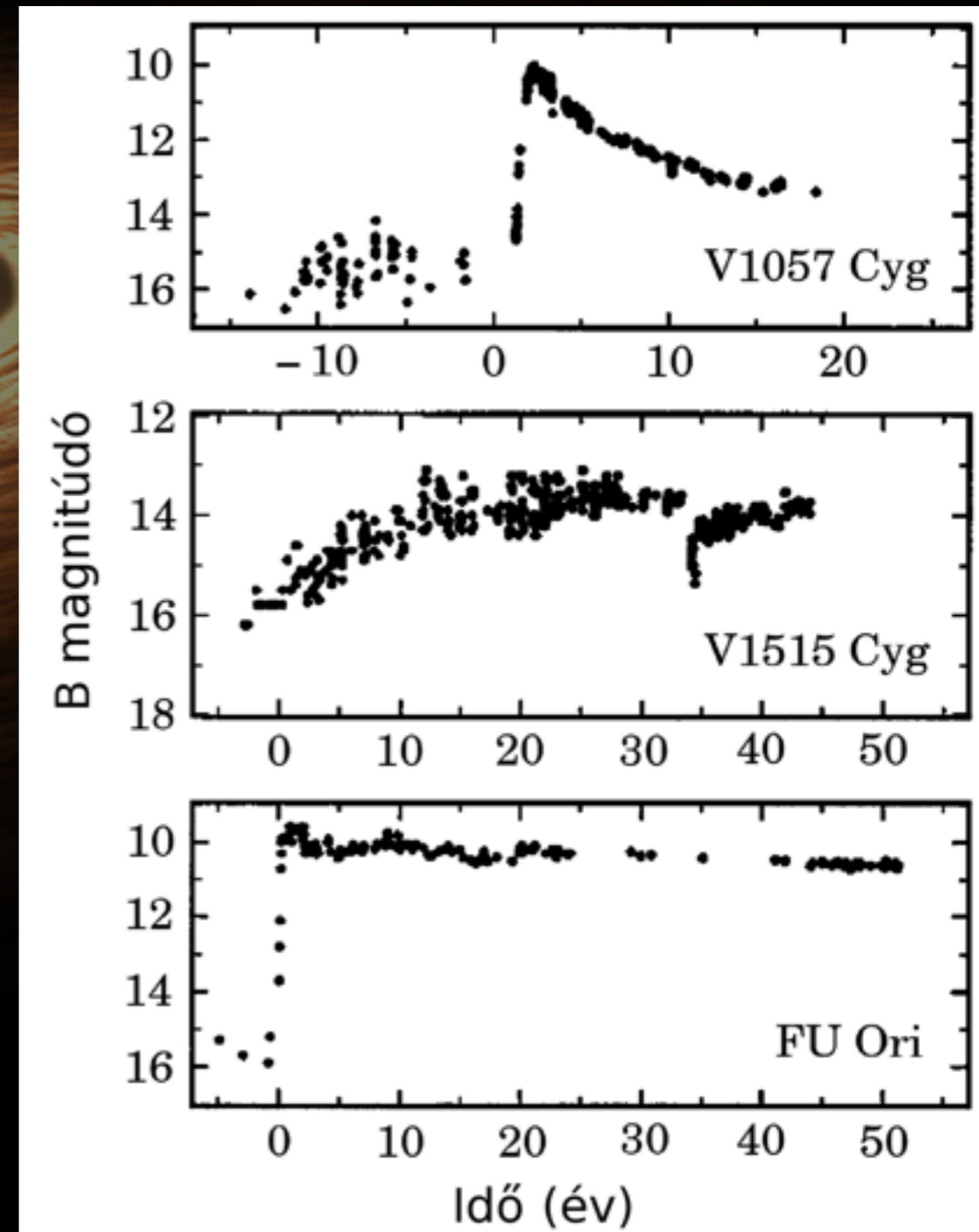
- Hideg foltok a csillag felszínén
 - Periódikus: P =néhány nap
 - Amplitúdó: néhányszor 0.1 mag
- Változékonny tömegbefogás
 - Irreguláris, akár órás változások
 - Amplitúdó: 2-3 mag alatti
- Változékonny eltakarás
 - Irreguláris, napos-hetes időskálán
 - Amplitúdó: általában 1 mag alatti



Extrém változók

FUorok

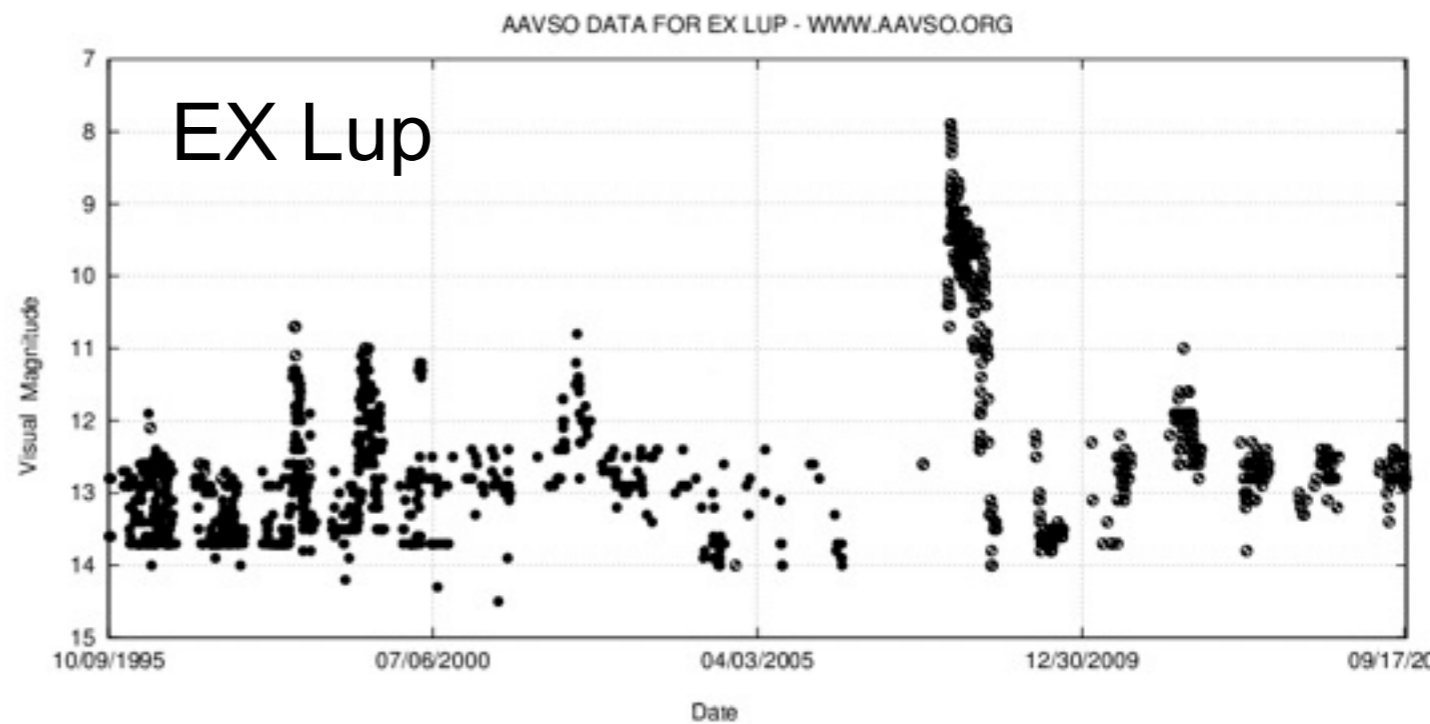
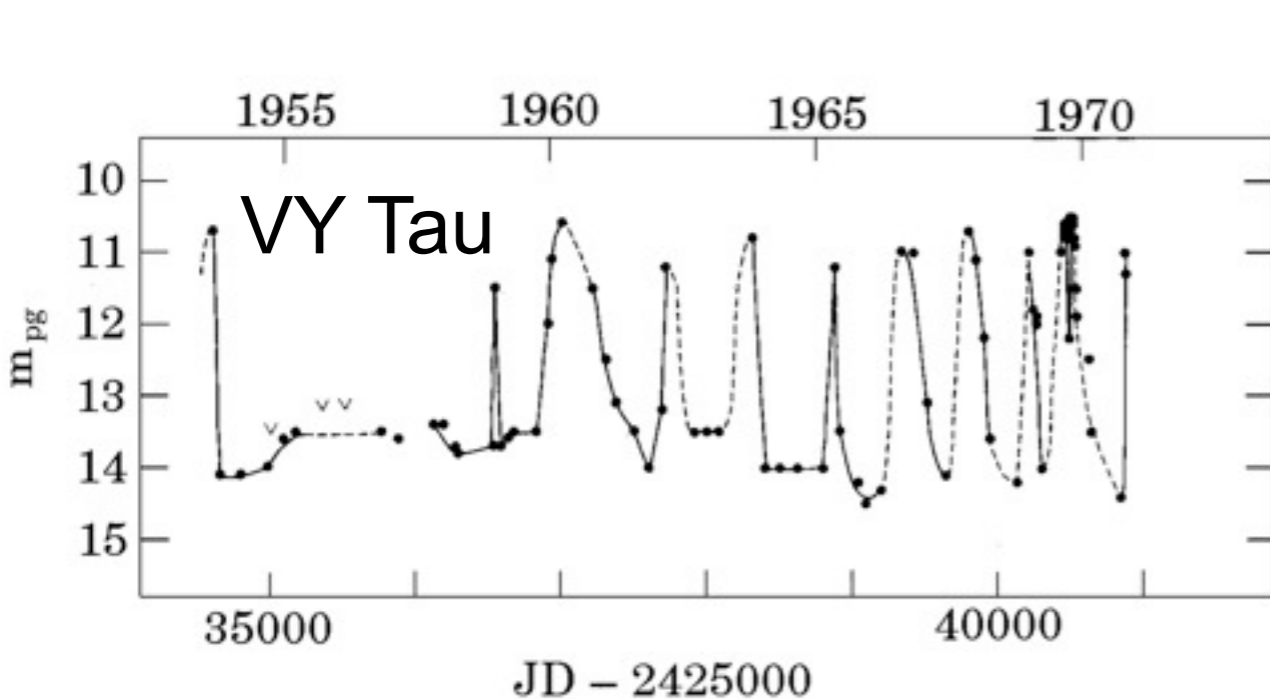
- Prototípus: FU Orionis
- 5 magnitúdós kitörés
- Felfényesedés: néhány év-
évtized
- Elhalványodás: néhány
évtized-évszázad
- Oka: megnövekedett
tömegbefogás
- Egy kitörés alatt 10 Jupiternyi
anyag hullik bele a csillagba



Extrém változók

EXorok

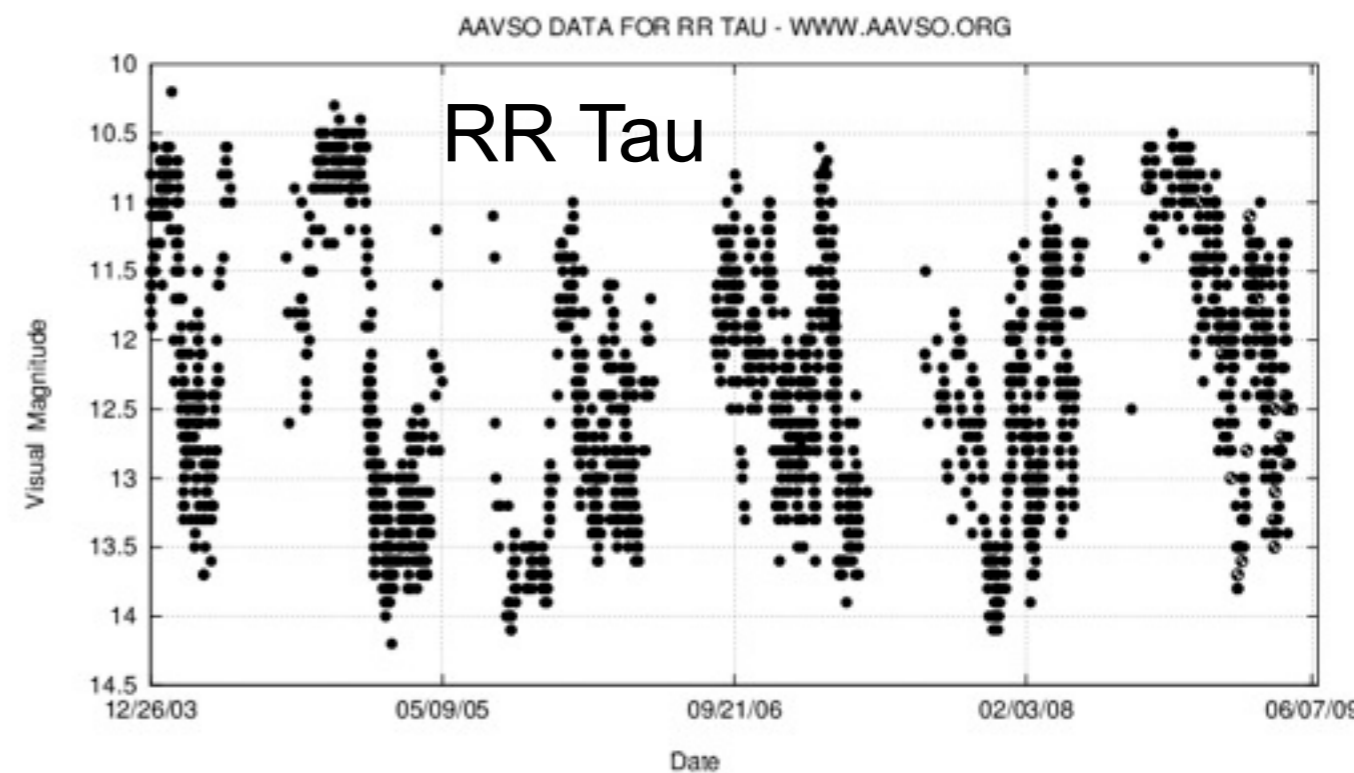
- Prototípus: EX Lupi
- 1–5 magnitúdós, ismétlődő, random kitörések
- Felfényesedés: néhány hét-hónap
- Kitörés hossza: néhány hónap-év
- Oka: megnövekedett tömegbefogás



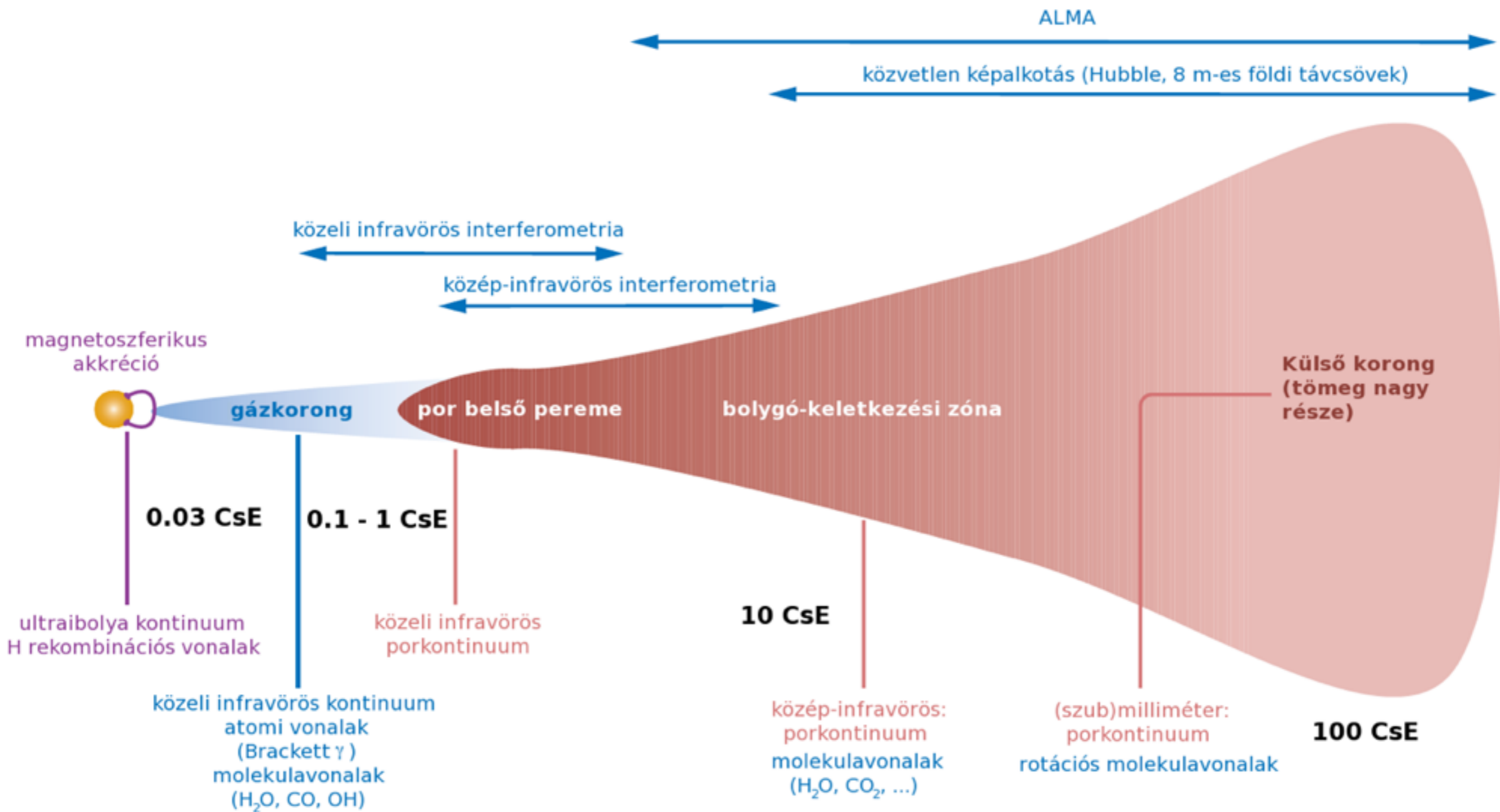
Extrém változók

UXorok

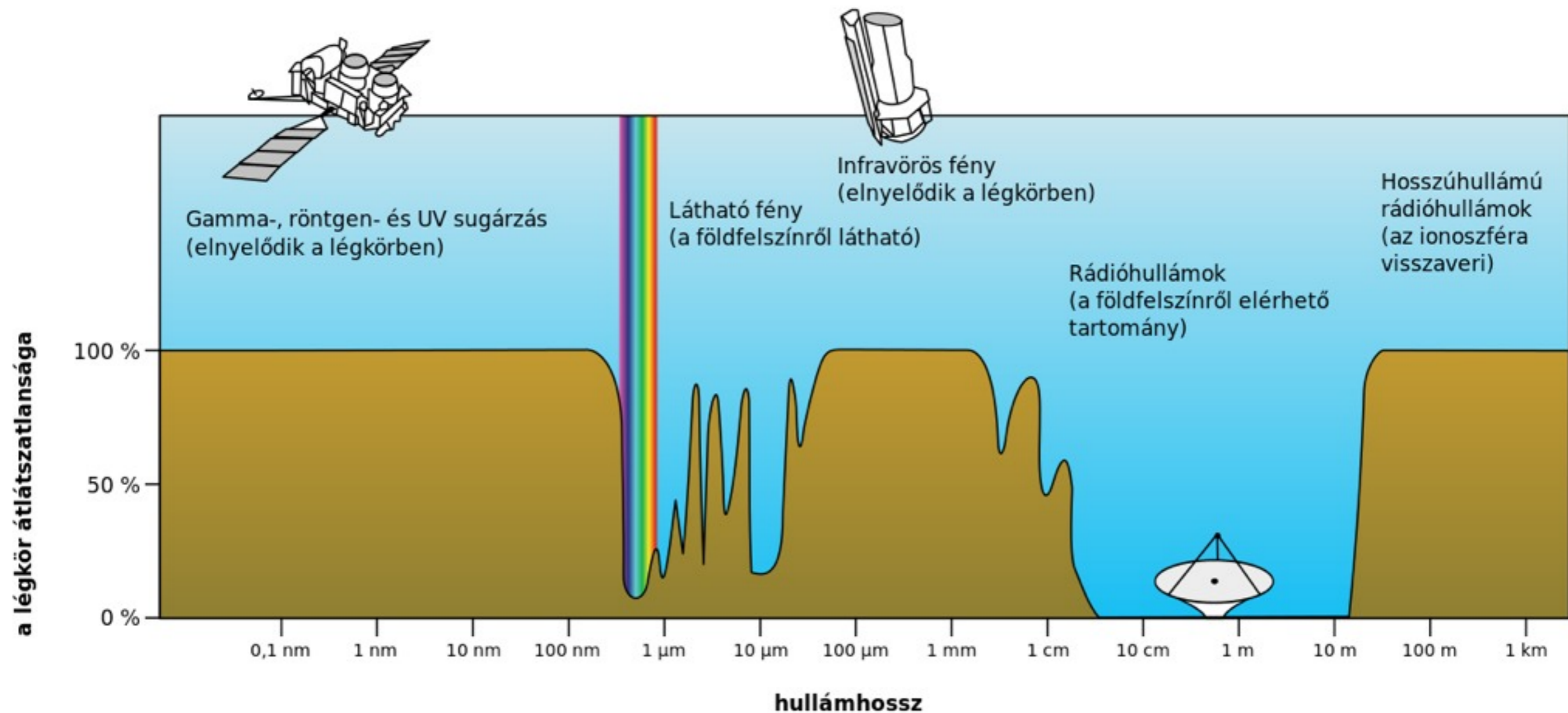
- Prototípus: UX Orionis
- Mély minimumok, hosszuk: néhány hét
- Random, nem periódikus
- Oka: eléről látott korongban levő porfelhők eltakarják a csillagot



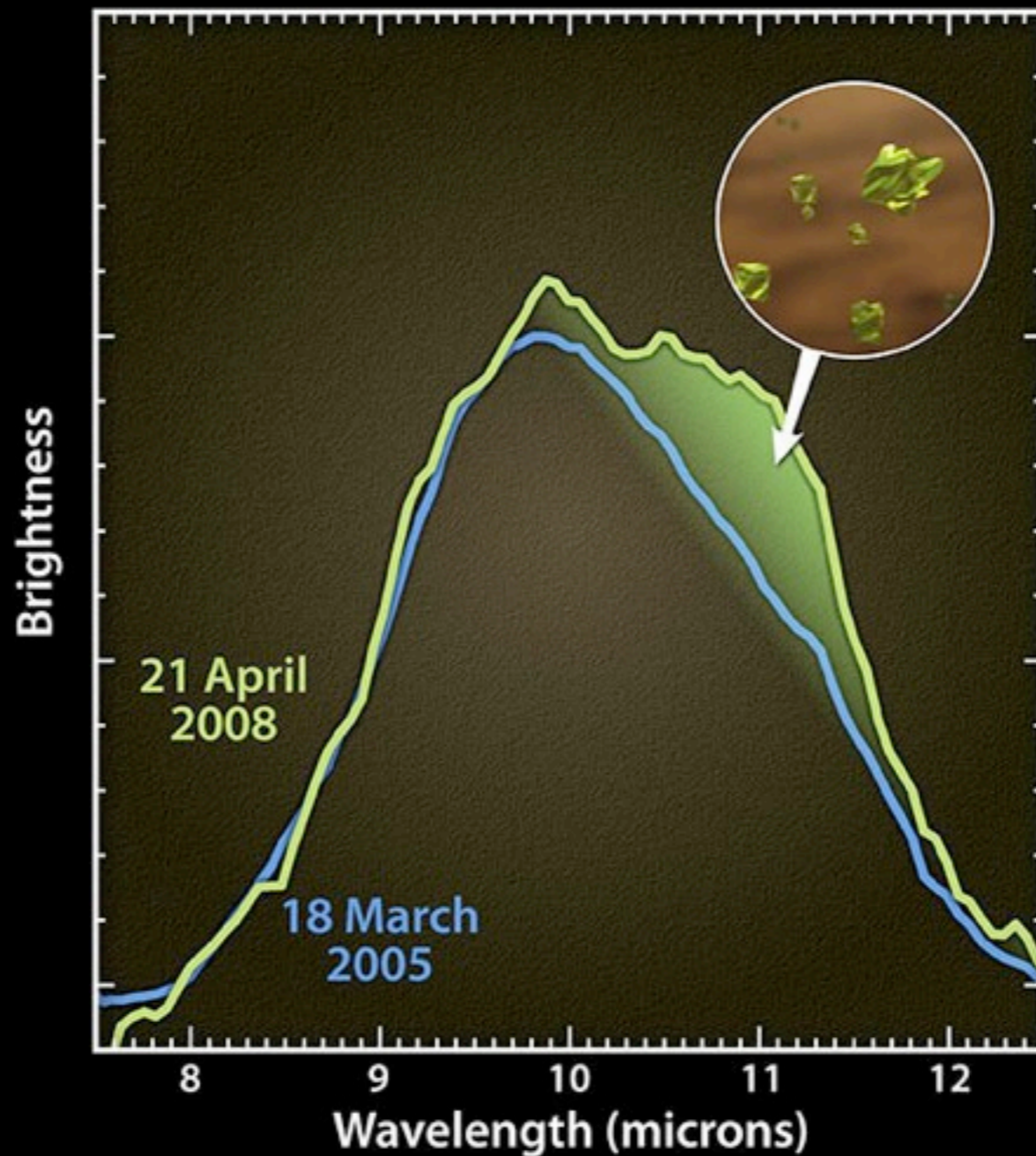
A csillagkörüli anyag vizsgálata



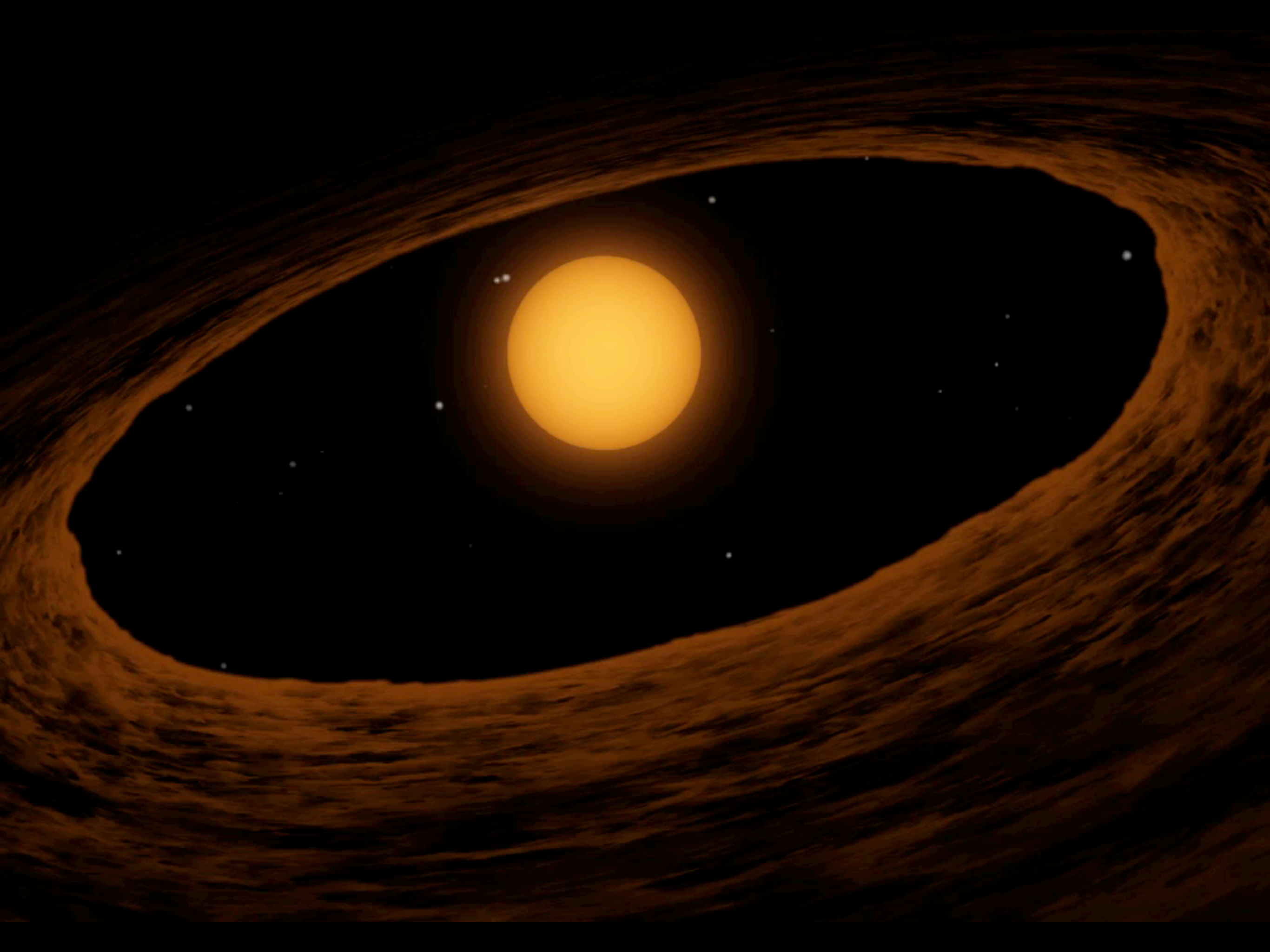
A földi légkör átlátszatlansága



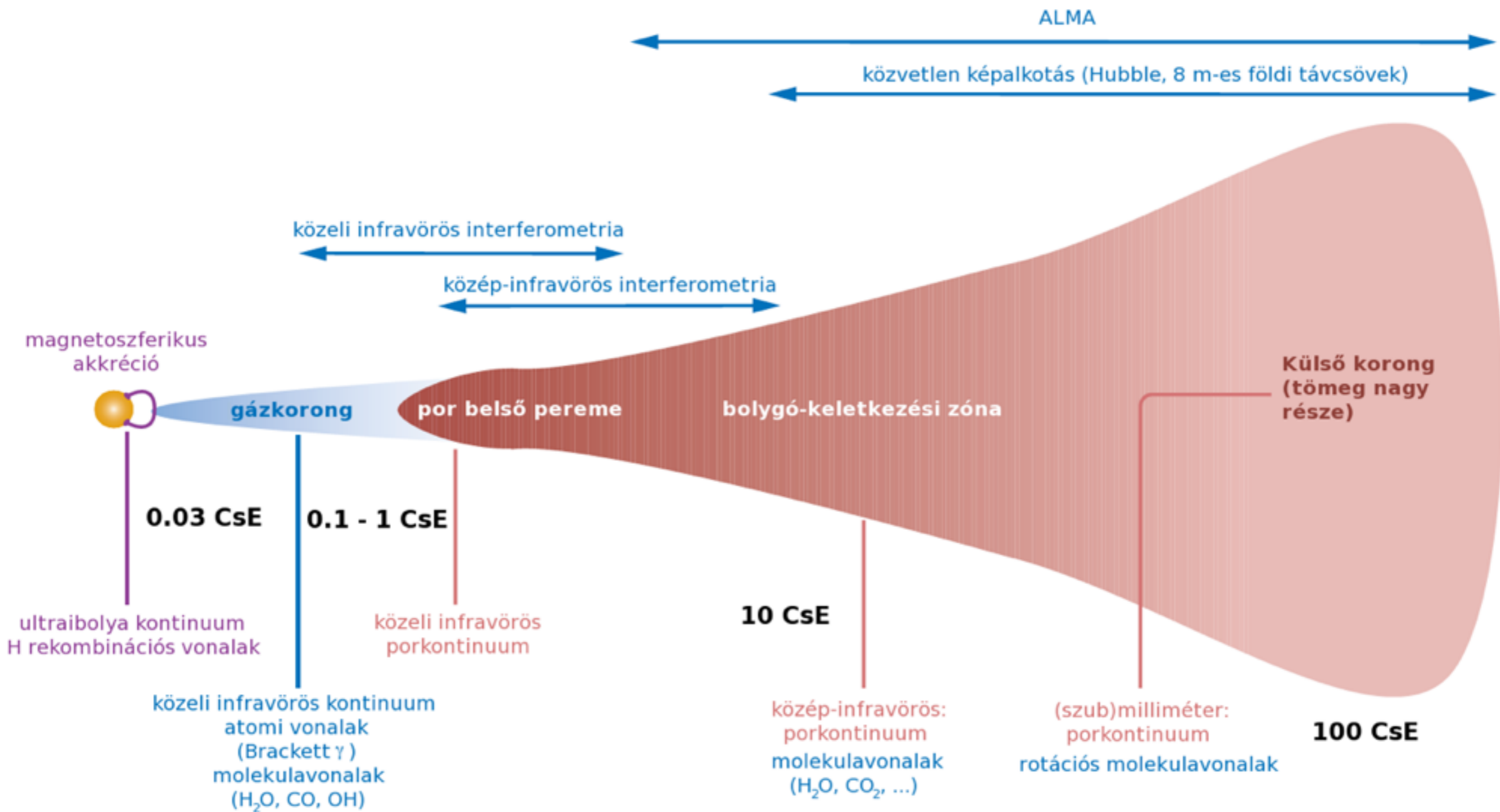
Infravörös spektroszkópia



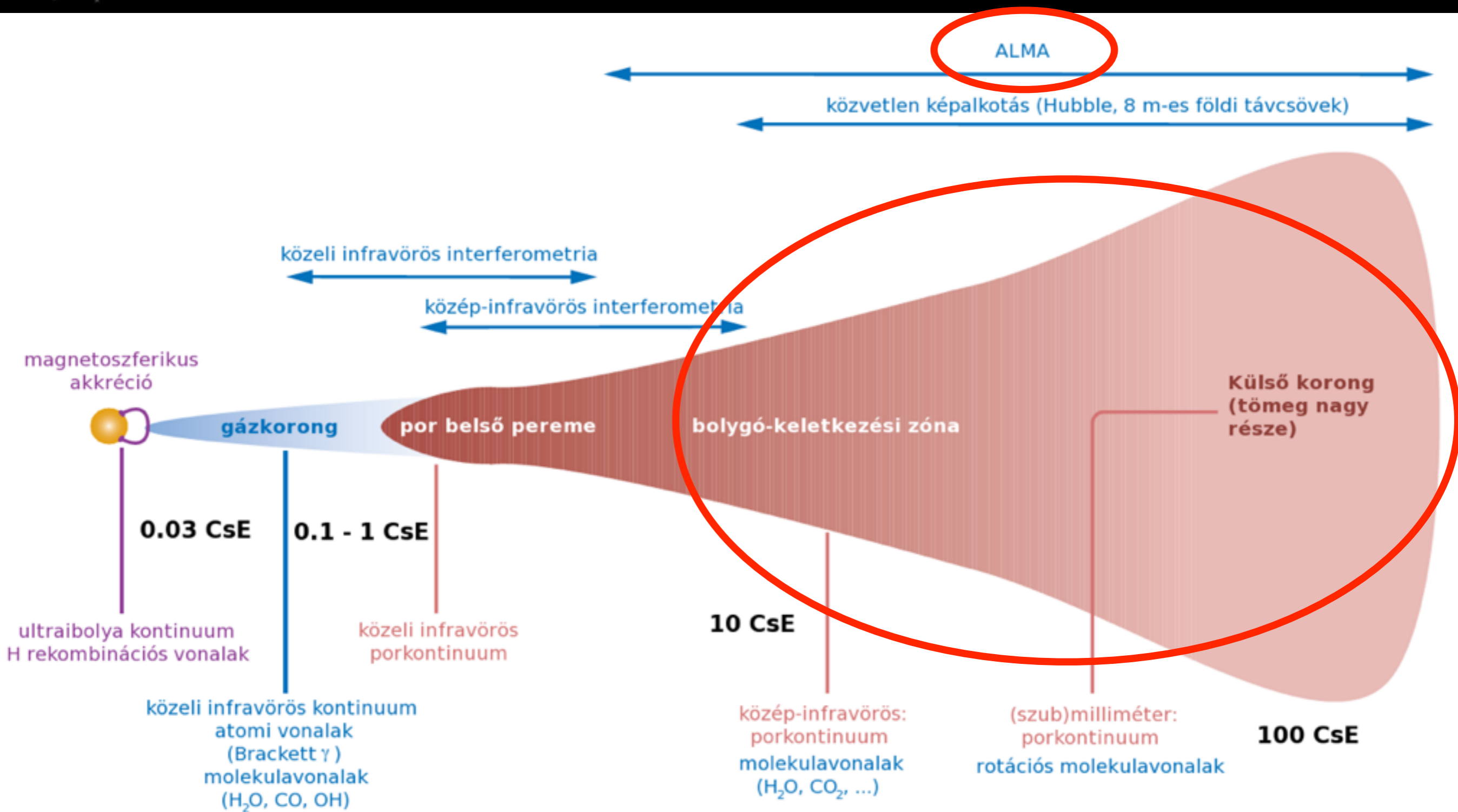
Crystal Formation in the Disk of an Erupting Star
Spitzer Space Telescope • IRS



A csillagkörüli anyag vizsgálata



A csillagkörüli anyag vizsgálata

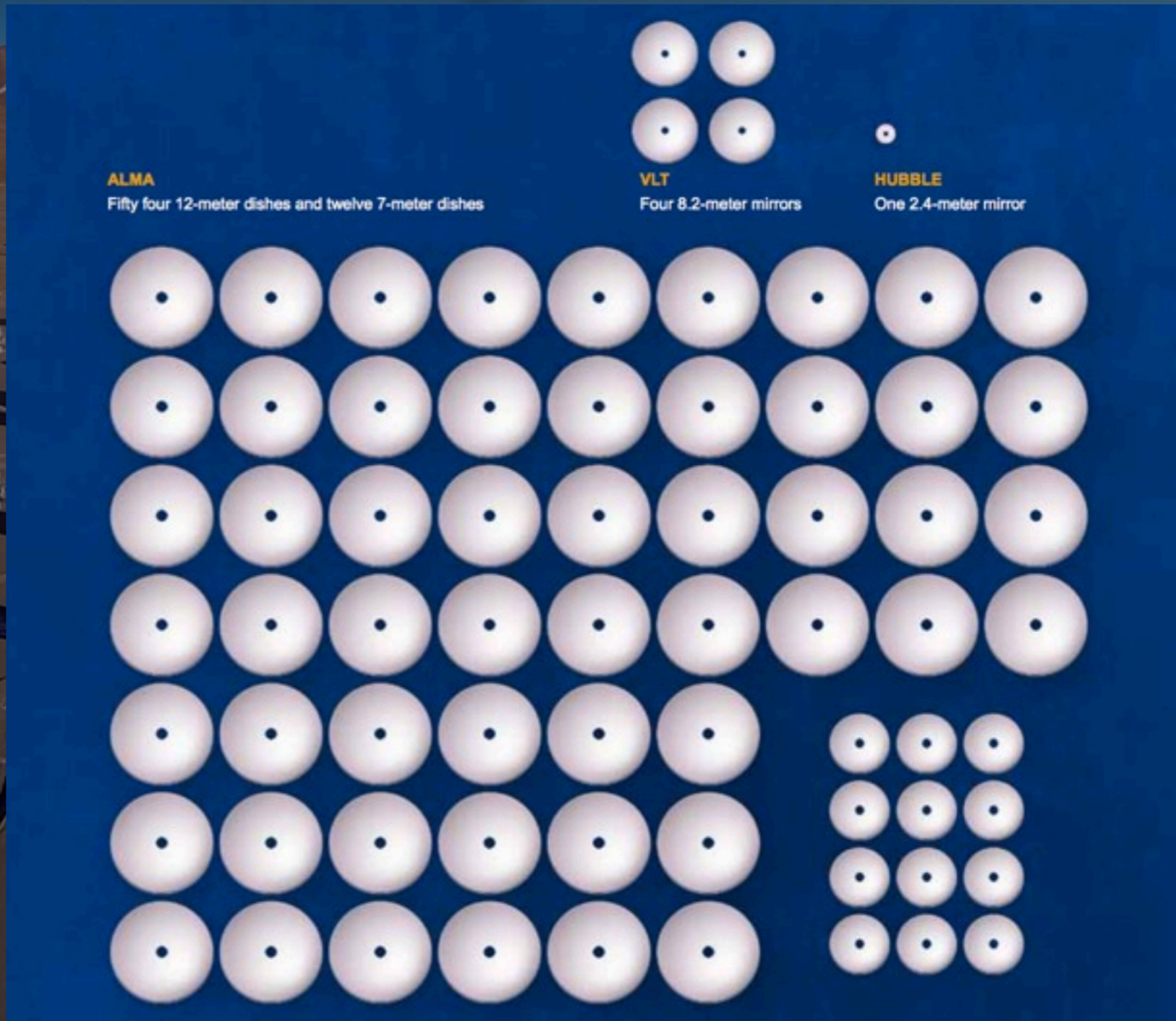


ALMA



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 m tengerszint feletti magasságban
- 0.4–3.1 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 m tengerszint feletti magasságban
- 0.4–3.1 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 m tengerszint feletti magasságban
- 0.4–3.1 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 m tengerszint feletti magasságban
- 0.4–3.1 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


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 1–10 megabyte adat az internetről
- 500 gigás – 1 terás tárolókapacitás

Az ALMA korrelátor

- A világ egyik legerősebb szuperszámítógépe **10 milliószor gyorsabb** egy átlagos asztali számítógép vagy laptop
- 134 millió processzor, minden egység 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 1–10 megabyte adat az internetről
- 700 terabyte adatot kell tárolni évente
- 500 gigás – 1 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 transzporterek

- 1 antenna 100 tonnás
- Az antennarendszert különböző konfigurációkba kell rendezni
- 2 darab transzporter: Otto és Lore
- 20 méter x 10 méter x 6 méter
- Üresen 130 tonnás
- 28 kerék, 1500 literes tank
- 700 lóerős motor
- Max. sebesség:
üresen 20 km/h, antennával 1
- Milliméteres pontossággal tudja az antennákat áthelyezni



ALMA transzporterek



ALMA transzporterek



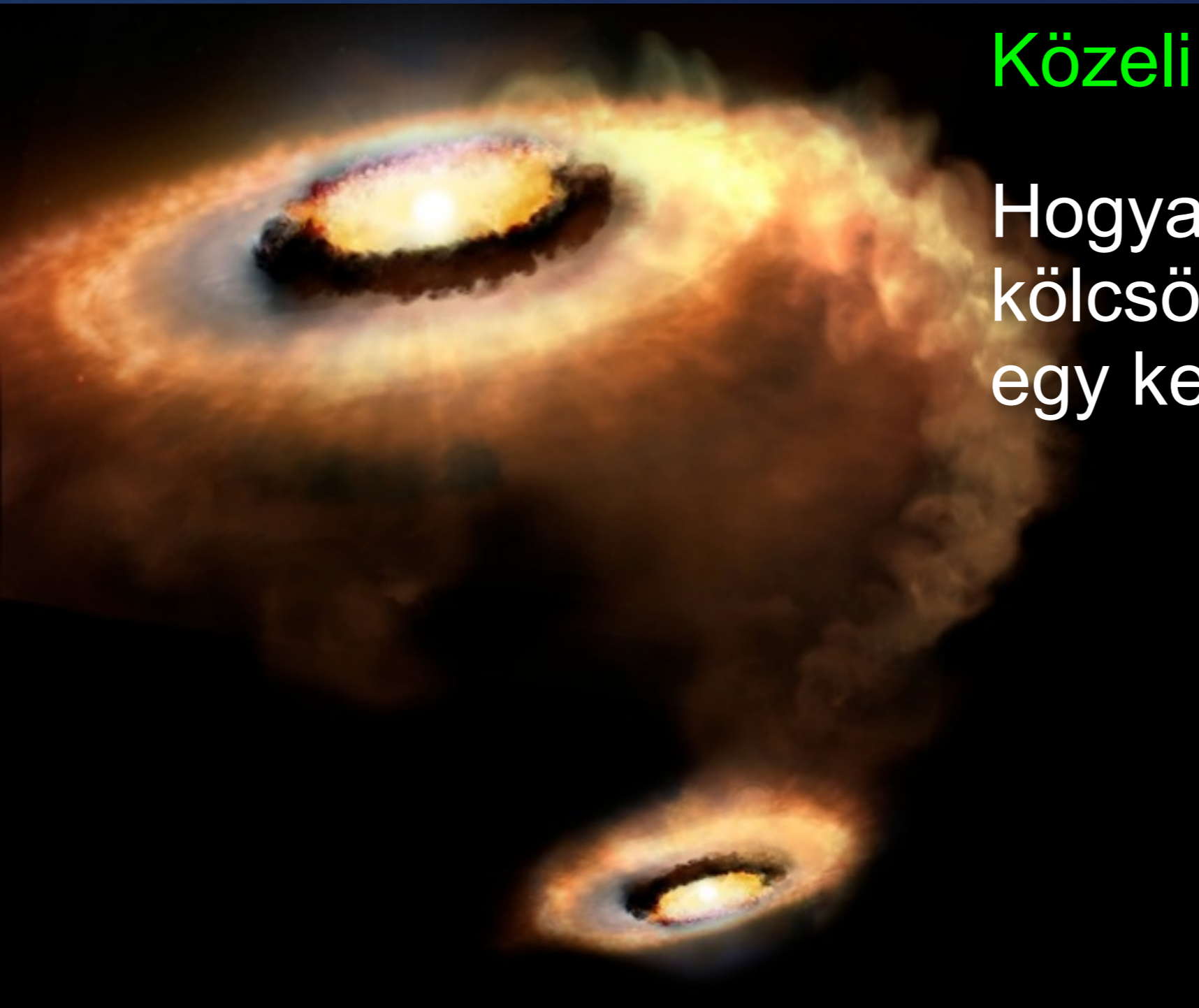
ALMA transzporterek



Korong-kutatás ALMA-val

Közeli kettősök vizsgálata

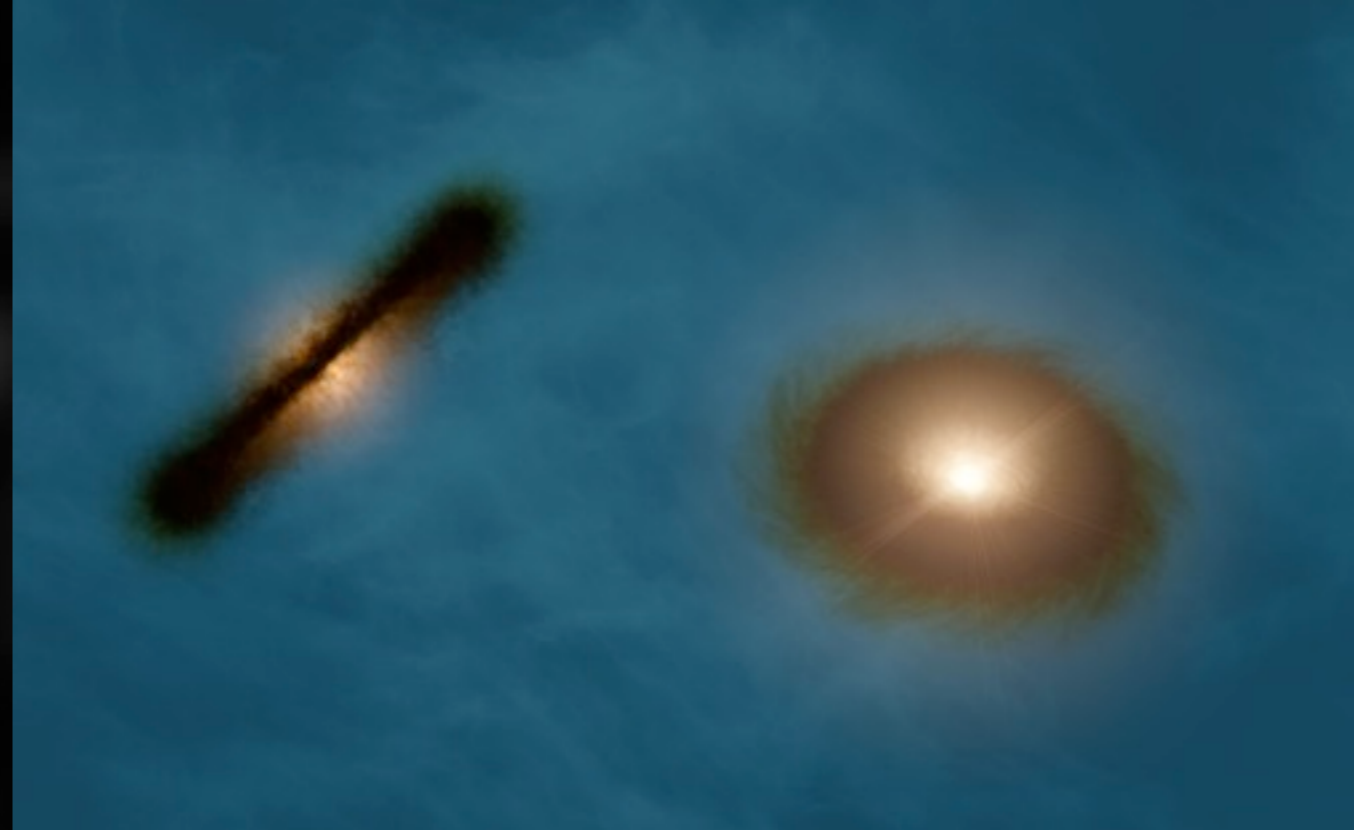
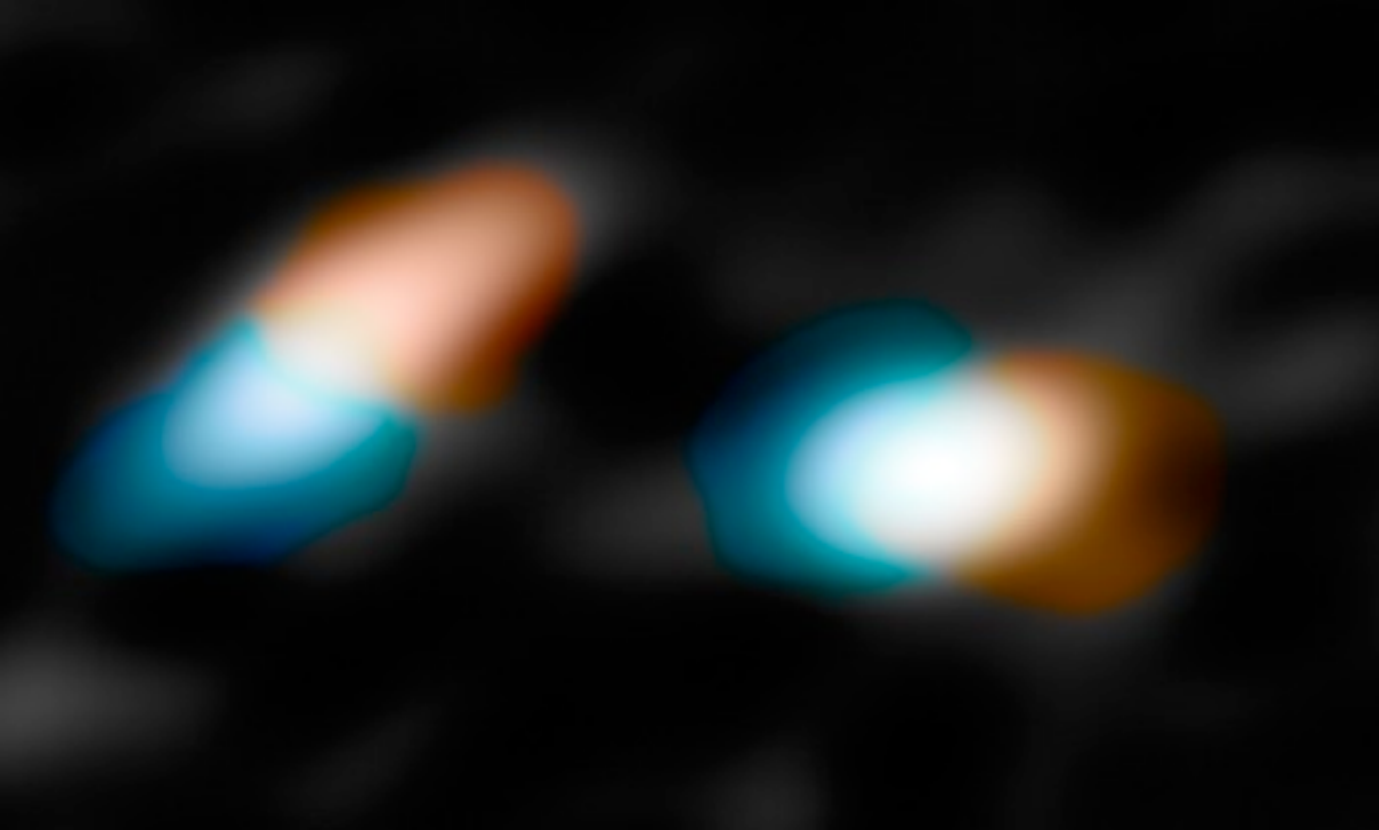
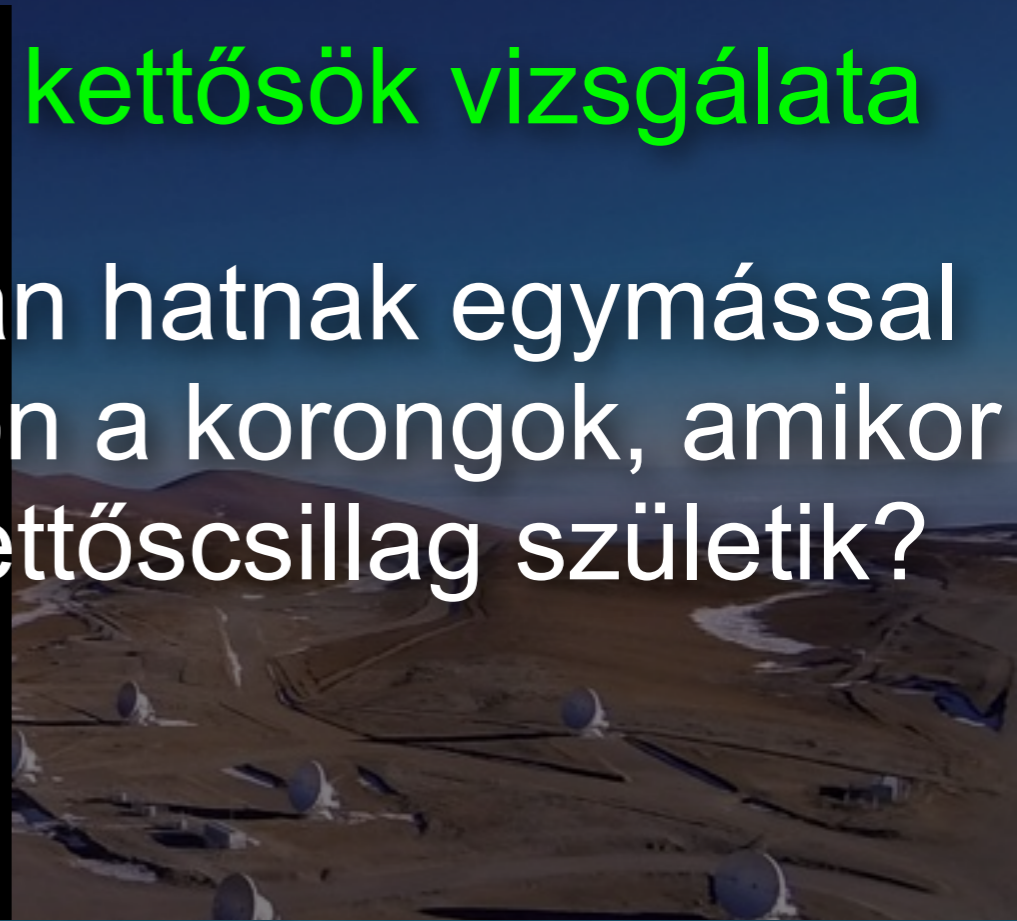
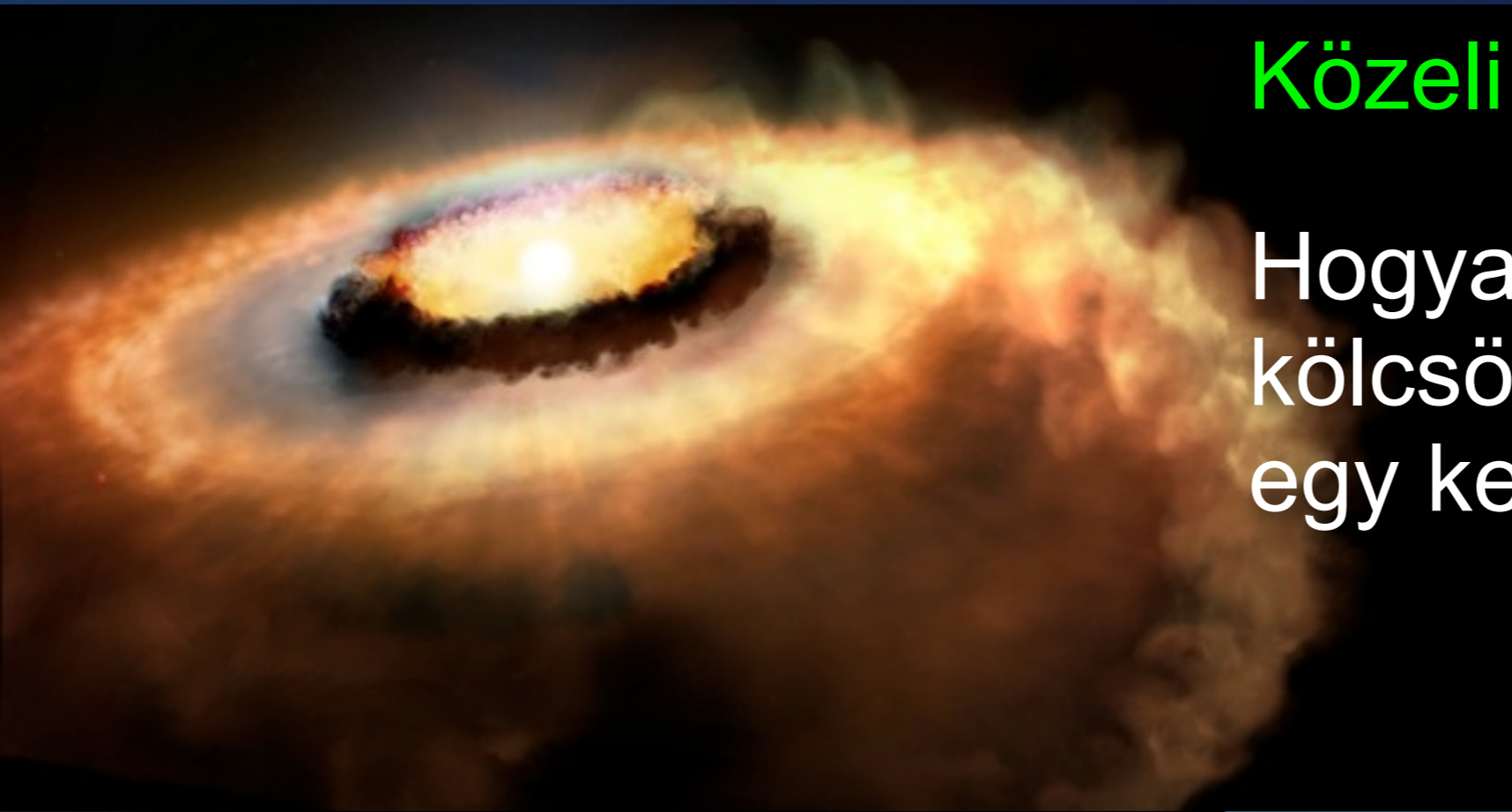
Hogyan hatnak egymással kölcsön a korongok, amikor egy kettőscsillag születik?



Korong-kutatás ALMA-val

Közeli kettősök vizsgálata

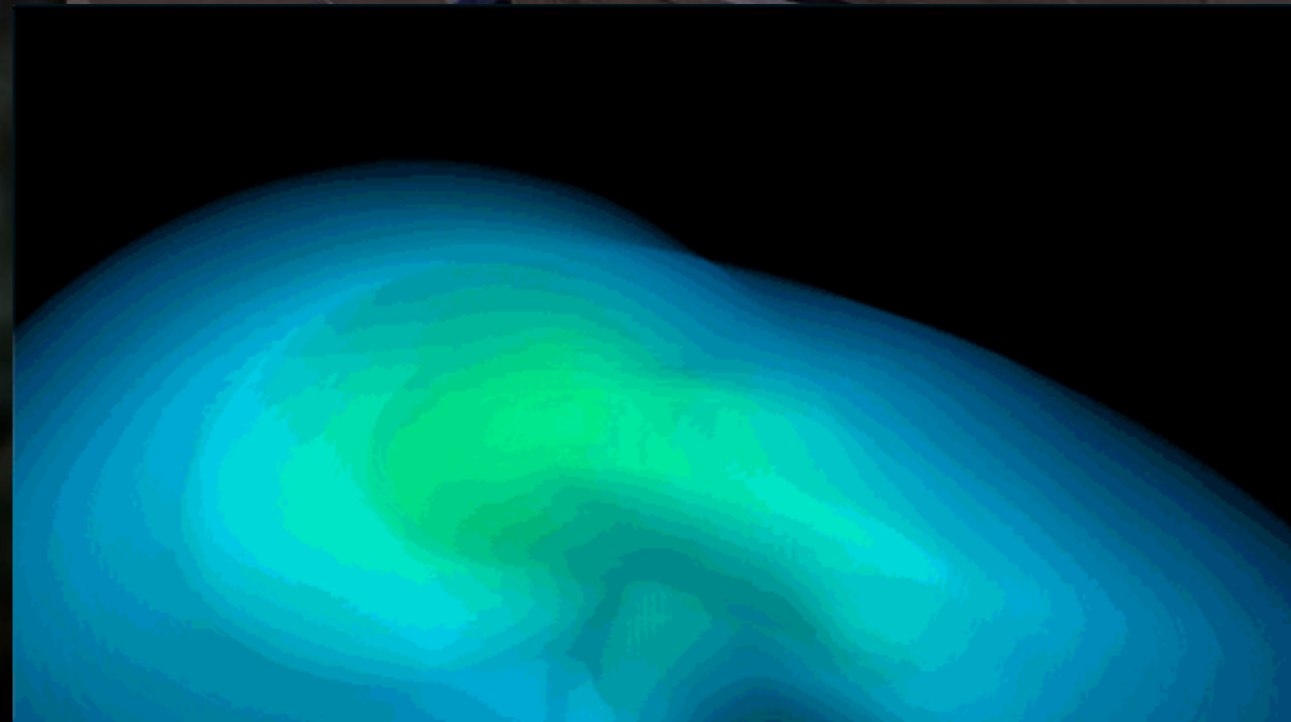
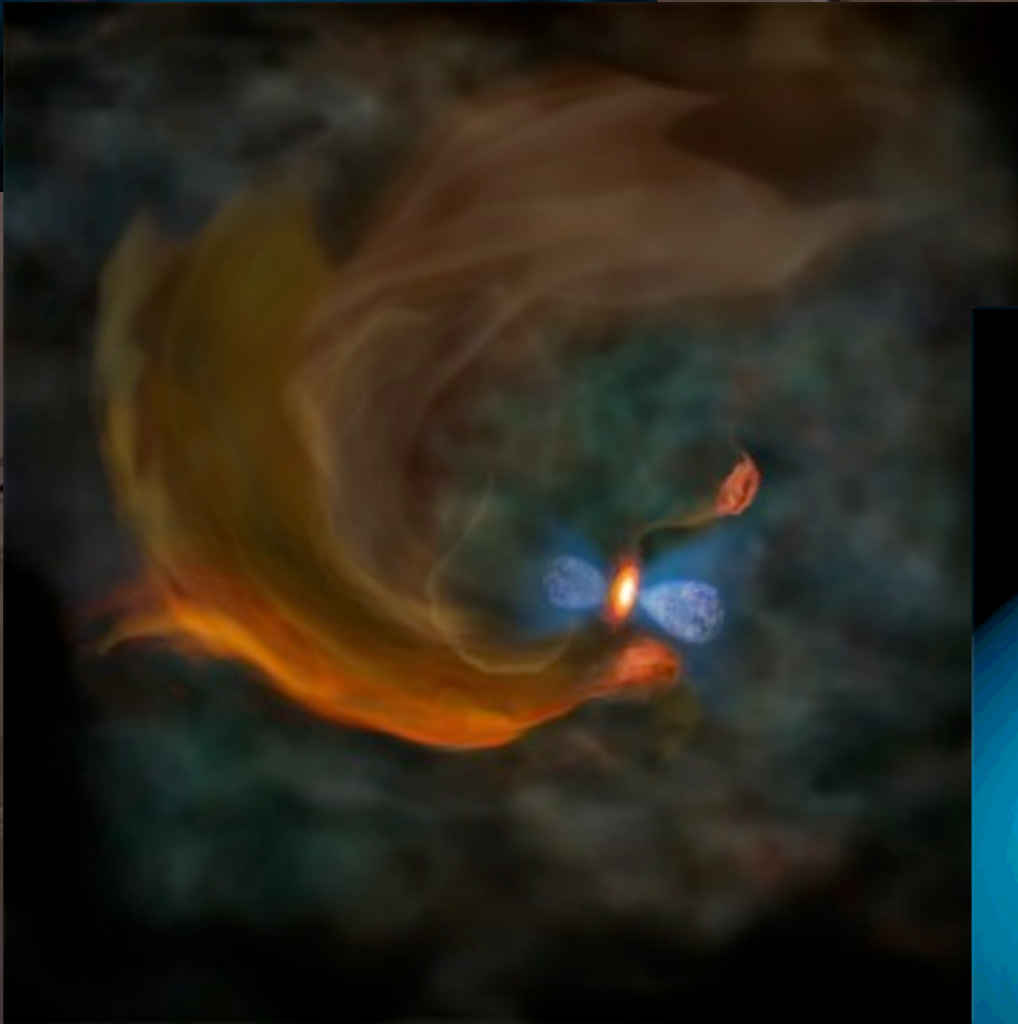
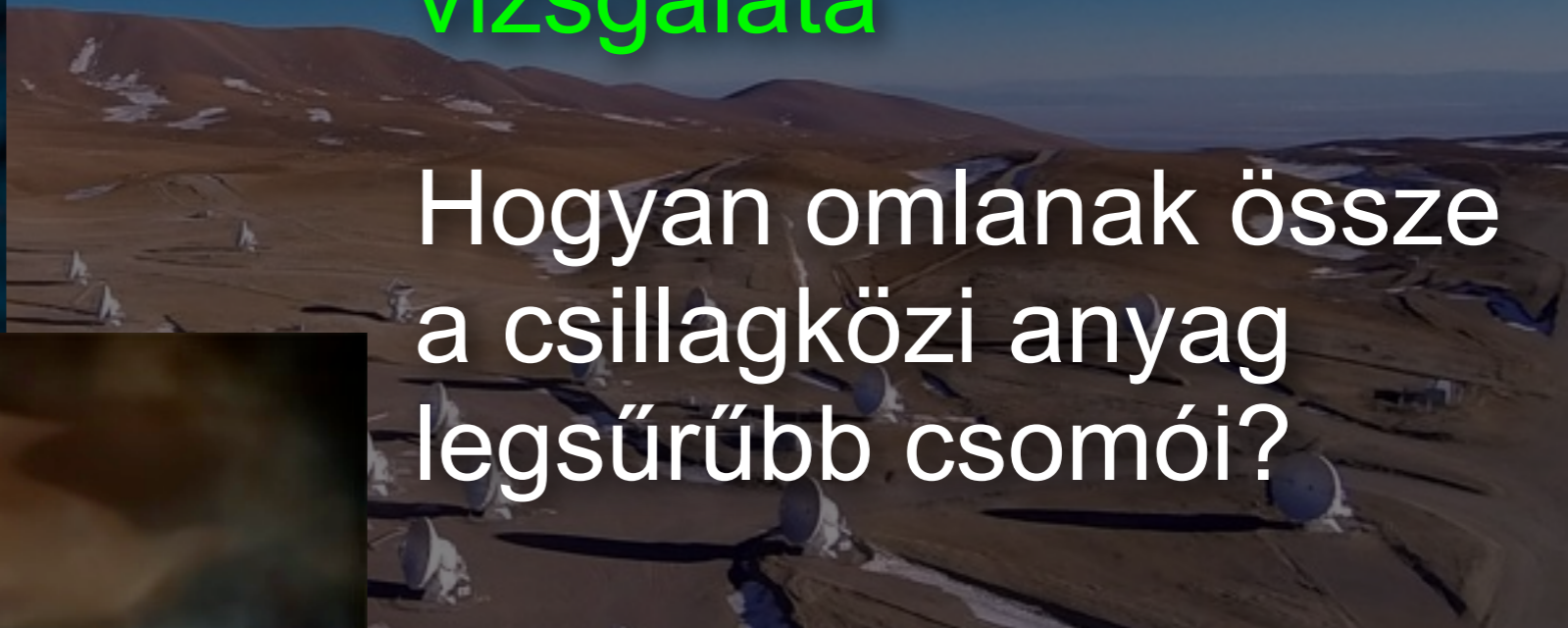
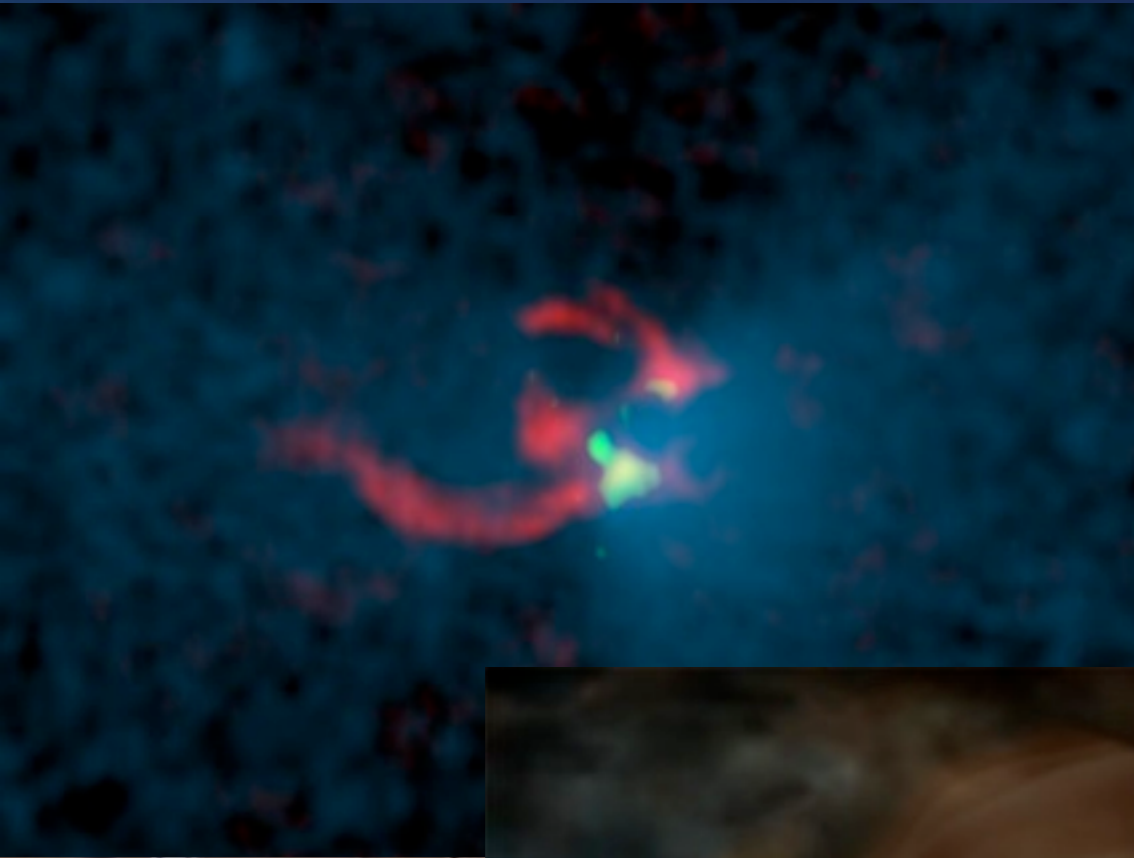
Hogyan hatnak egymással kölcsön a korongok, amikor egy kettőscsillag születik?



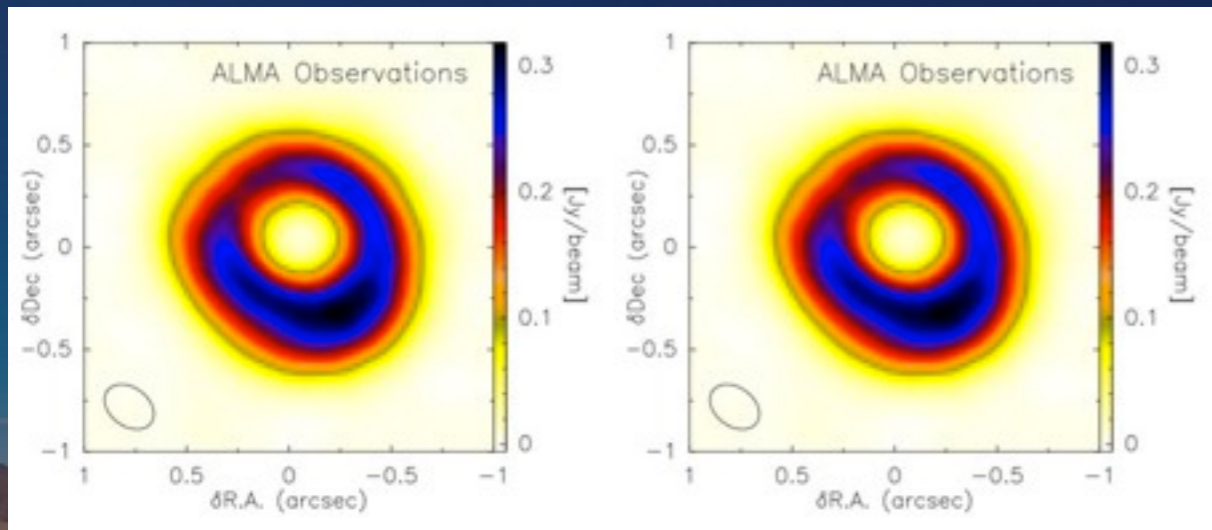
Korong-kutatás ALMA-val

A csillagkeletkezés
legkoraibb fázisainak
vizsgálata

Hogyan omlanak össze
a csillagközi anyag
legsűrűbb csomói?



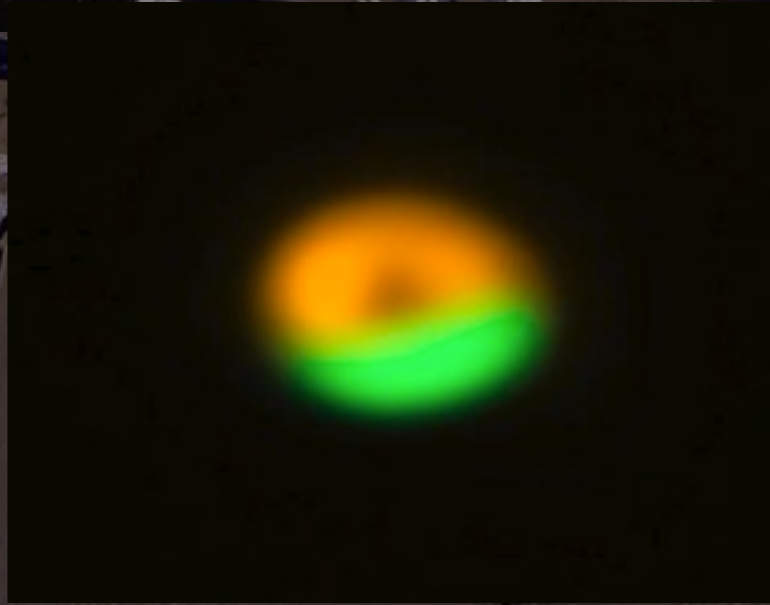
Korong-kutatás ALMA-val



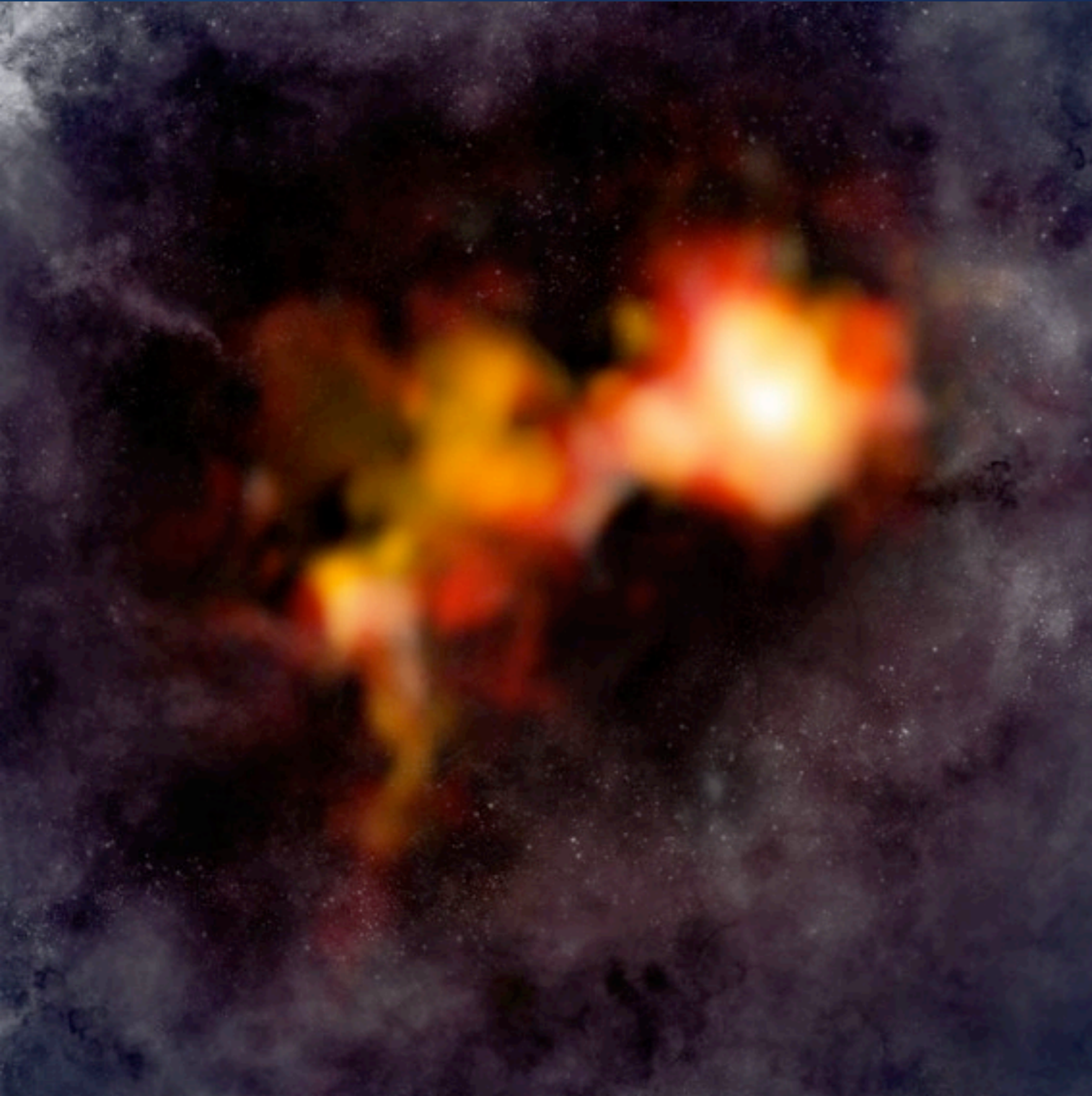
A korongok részletes szerkezete

Mi az aszimmetriák oka?

Bolygók, örvények a korongban?

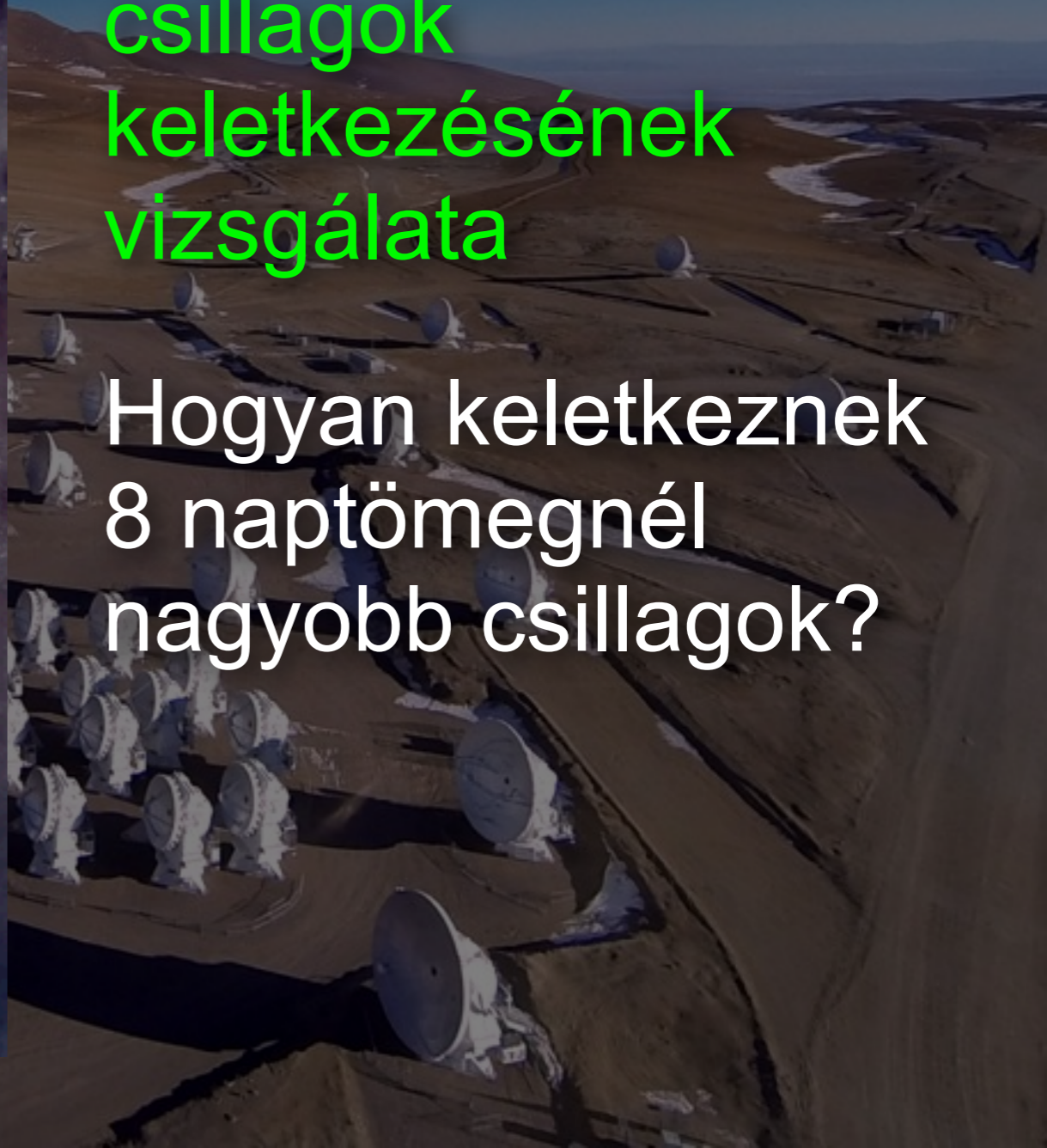


Korong-kutatás ALMA-val



A nagytömegű
csillagok
keletkezésének
vizsgálata

Hogyan keletkeznek
8 naptömegnél
nagyobb csillagok?



Korong-kutatás ALMA-val

Korongok barna törpék körül

Kialakulhatnak-e Föld-típusú bolygók
barna törpék körül?

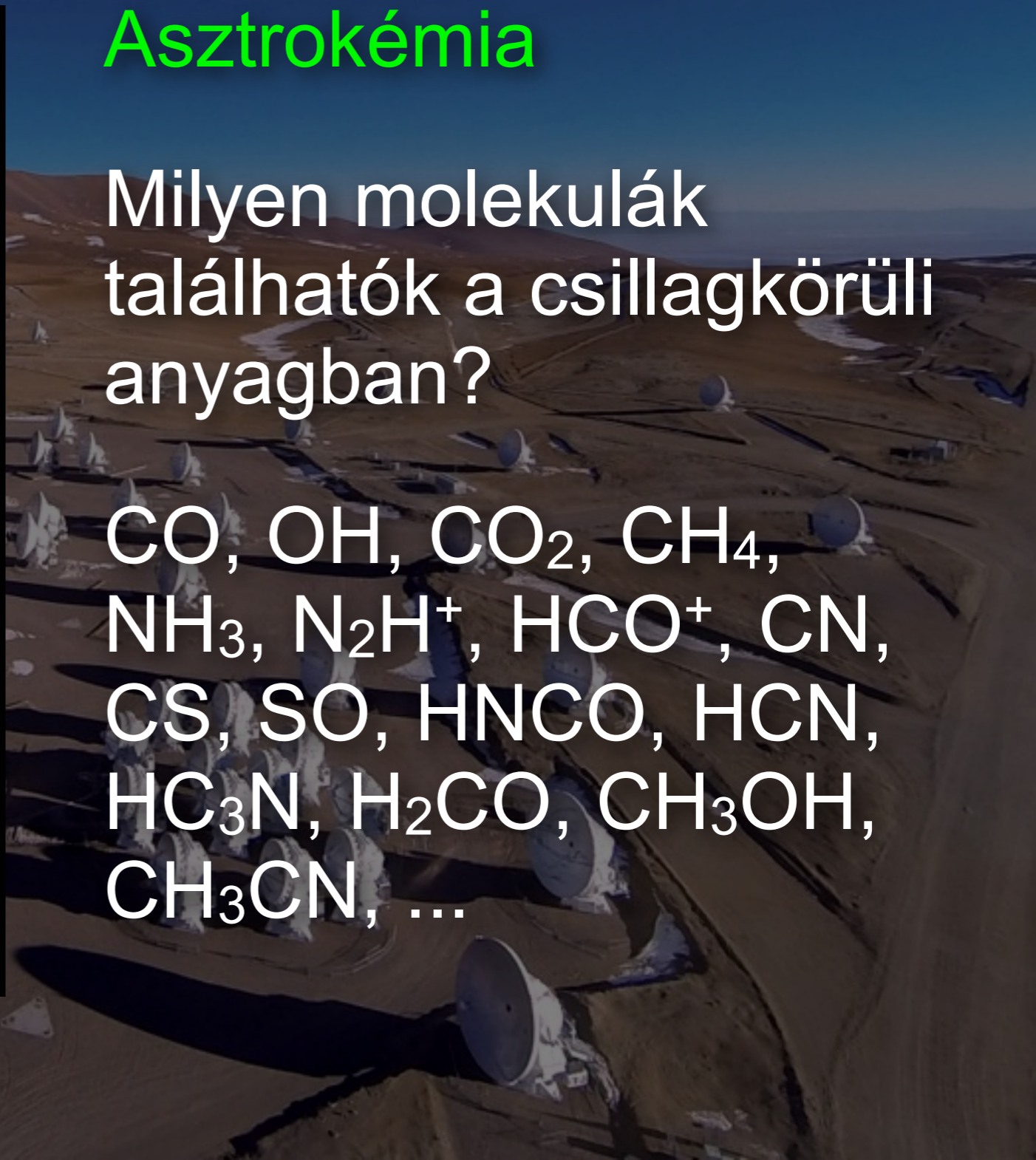
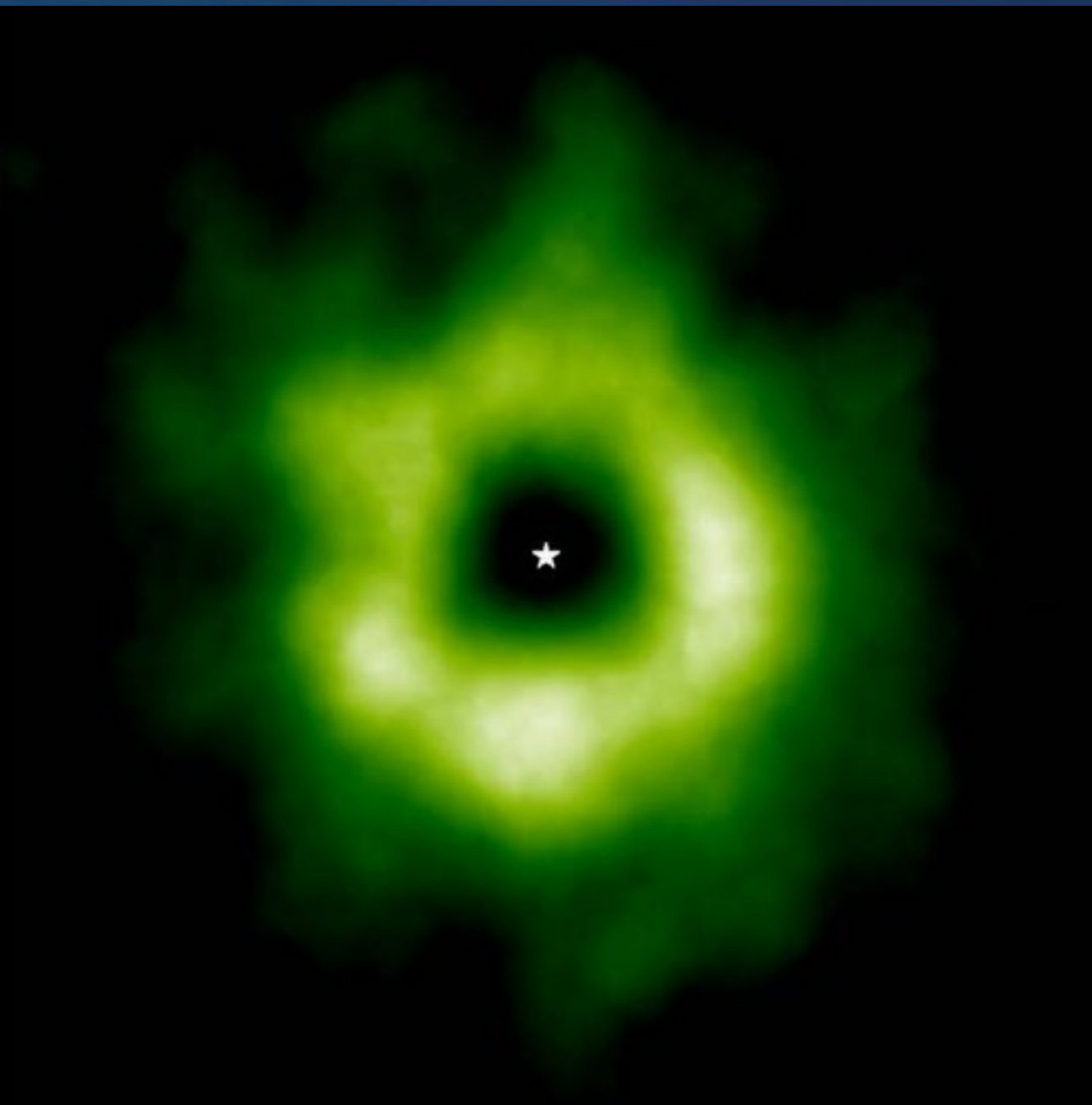


Korong-kutatás ALMA-val

Asztrokémia

Milyen molekulák
találhatók a csillagkörüli
anyagban?

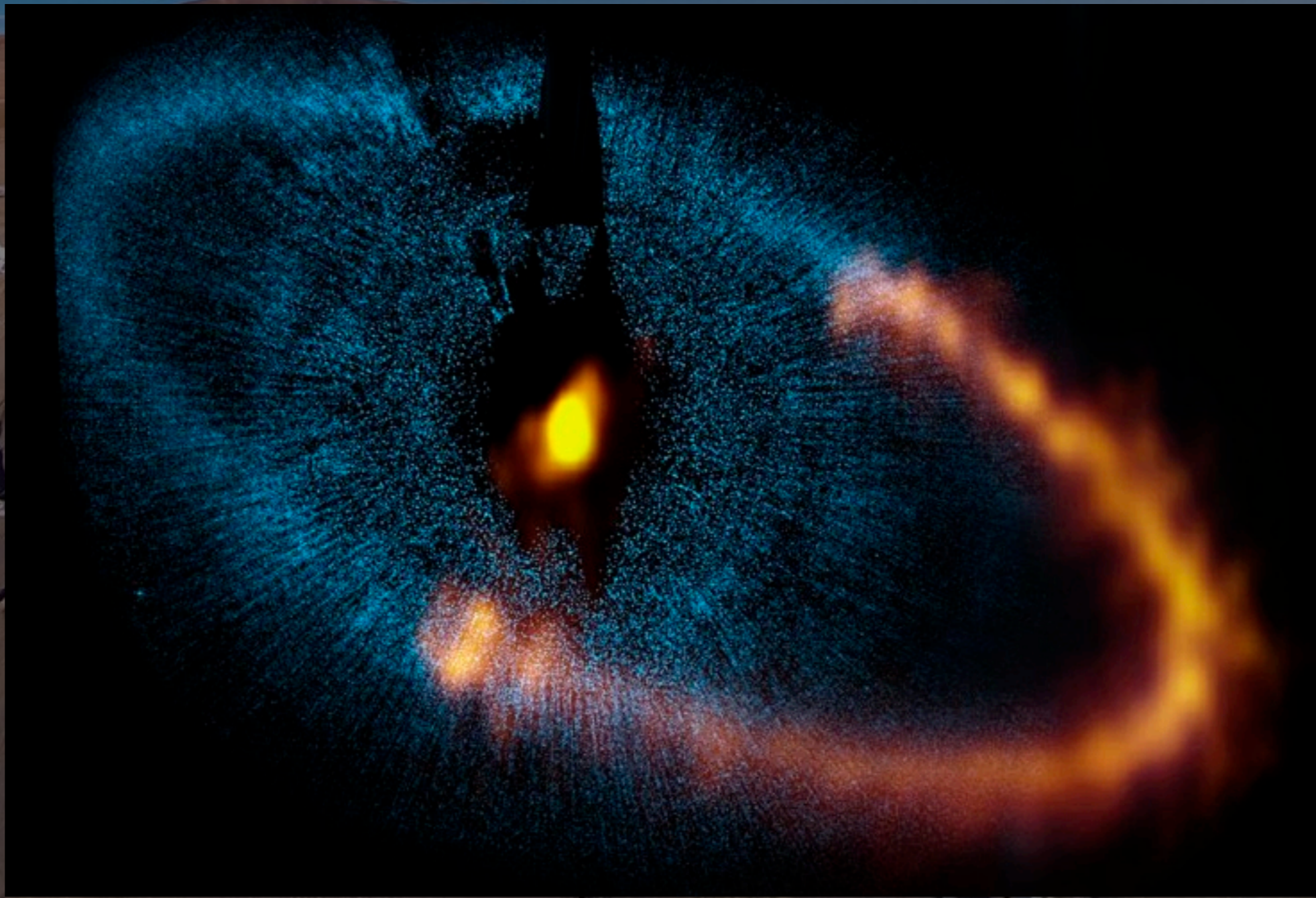
CO, OH, CO₂, CH₄,
NH₃, N₂H⁺, HCO⁺, CN,
CS, SO, HNCO, HCN,
HC₃N, H₂CO, CH₃OH,
CH₃CN, ...



Korong-kutatás ALMA-val

Korongok és bolygók kapcsolata

Hogyan hatnak kölcsön az exobolygók a csillagkörüli porral?



Korong-kutatás ALMA-val

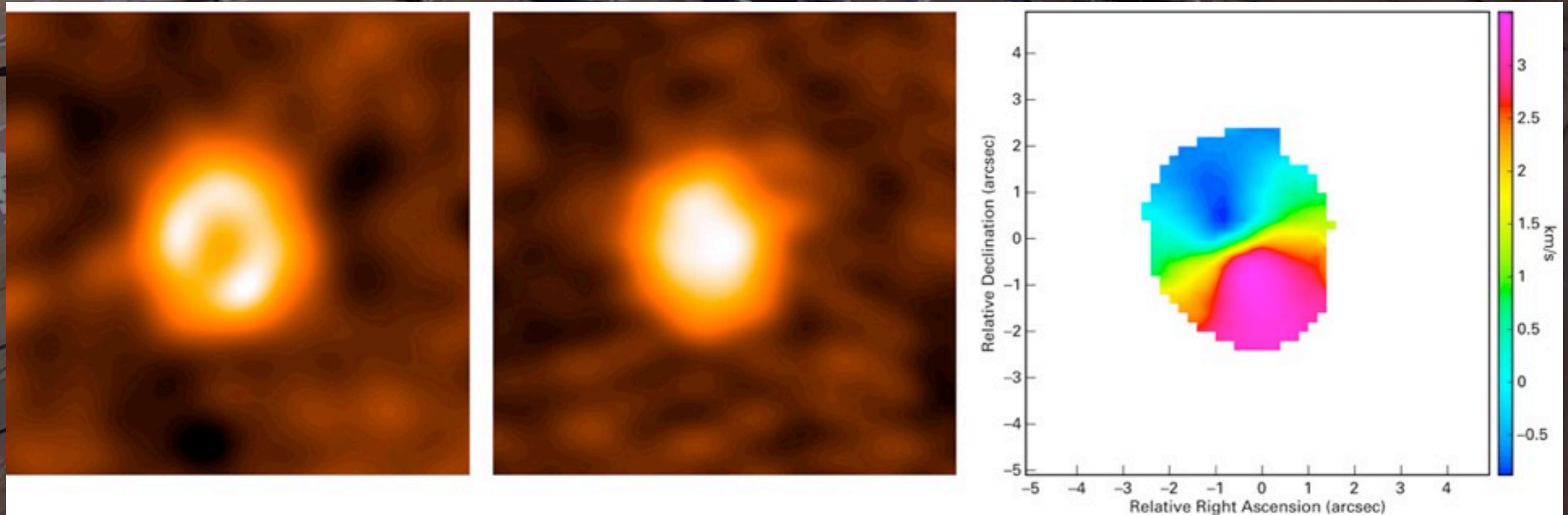
A korongok eltűnése

Hogyan tűnik el a korong por- és gázanyaga?

Por

Gáz

Gáz sebessége



Tudomány az ALMA-val

- Kozmológia
- Nagy vöröseltolódású galaxisok
- Közeli galaxisok
- Csillagközi anyag
- Csillagfejlődés
- Szupernovák
- Naprendszerbeli objektumok
- Nap

www.almaobservatory.org



www.eso.org

