

Disky kam se podíváte

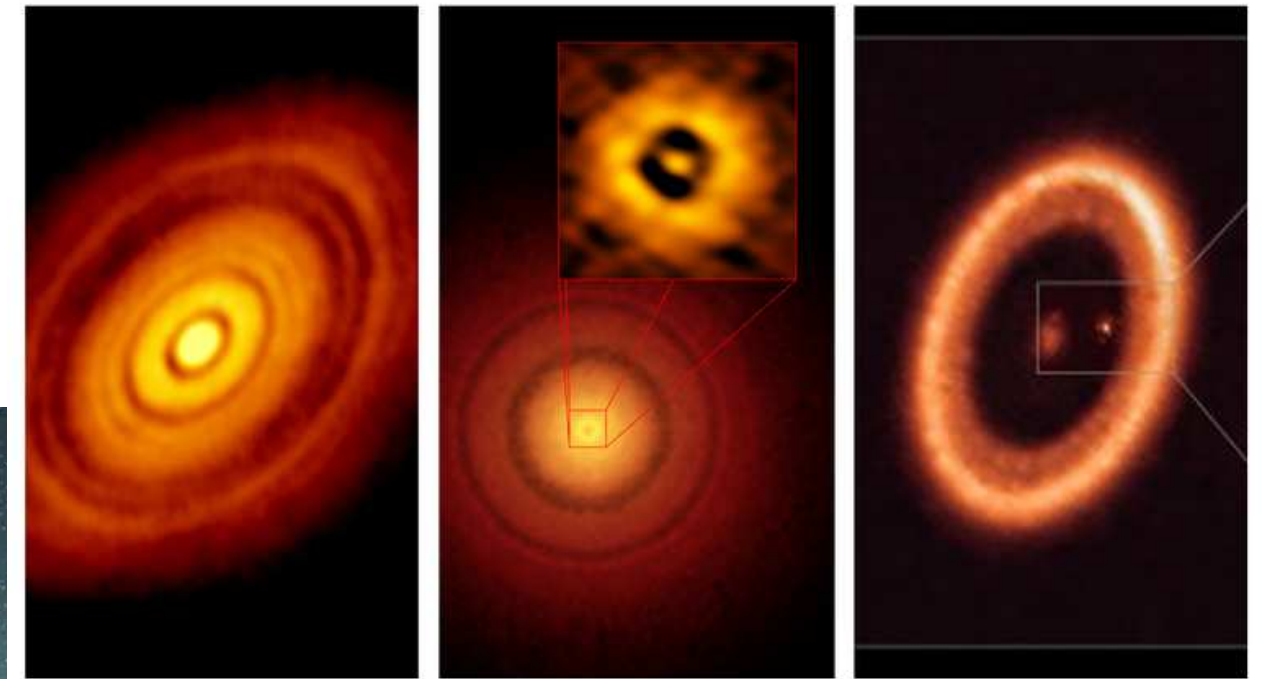
prof. Jiří Krtička

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, MU



Disky se vznikajícími planetami

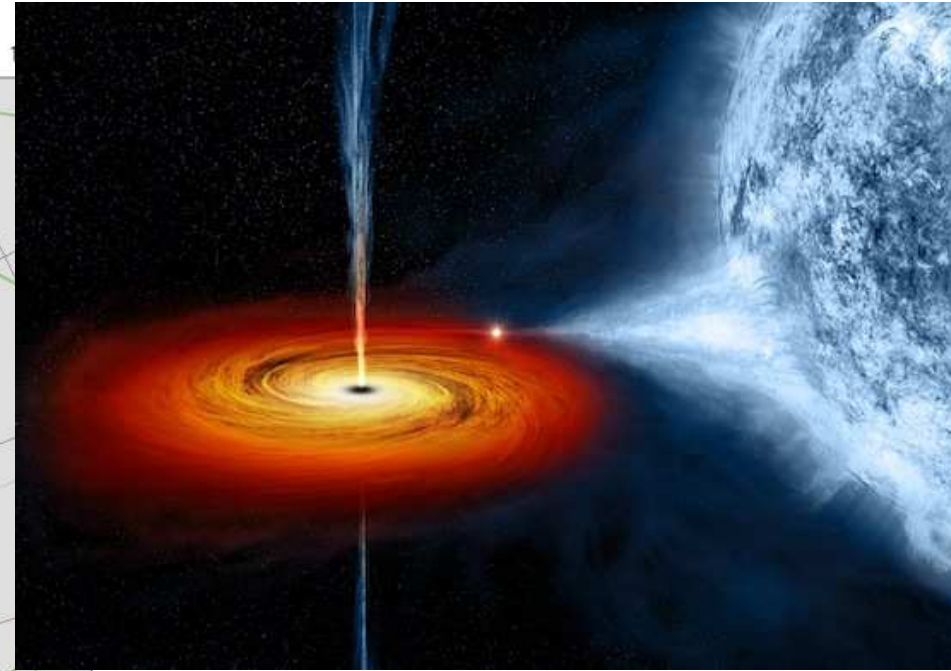
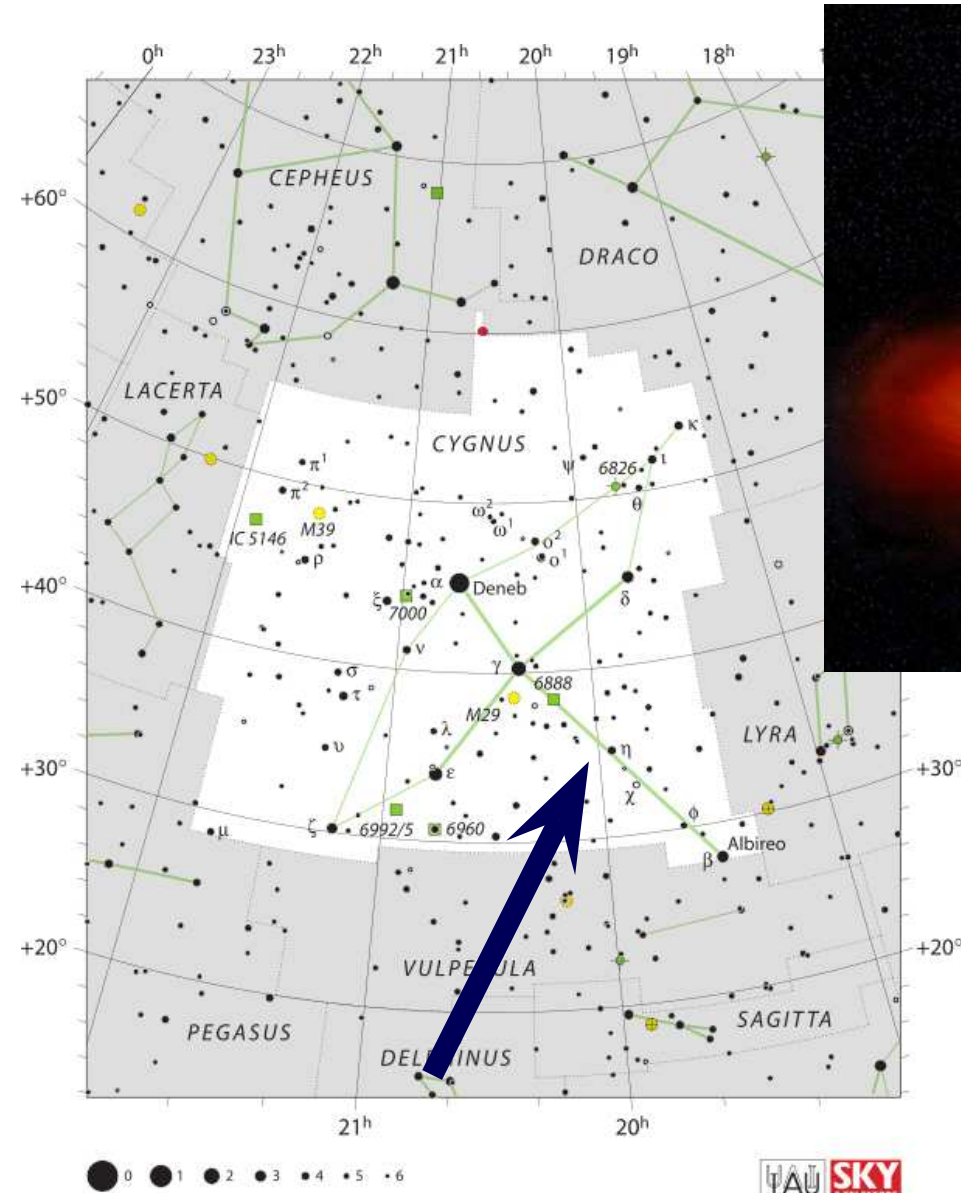
- disky v okolí mladých hvězd pozorované radioteleskopy ALMA



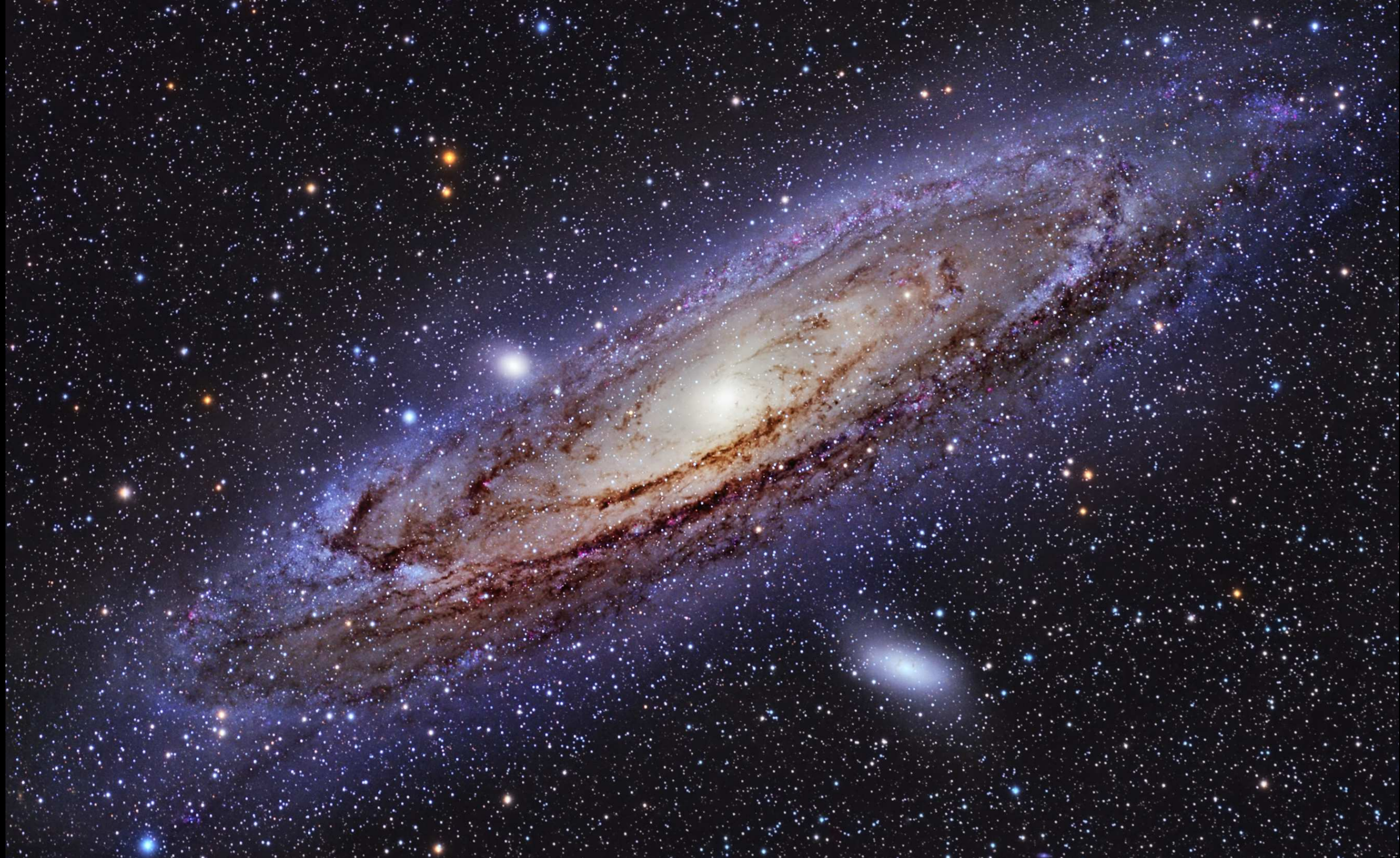
Disky v okolí hvězd Be: γ Cas

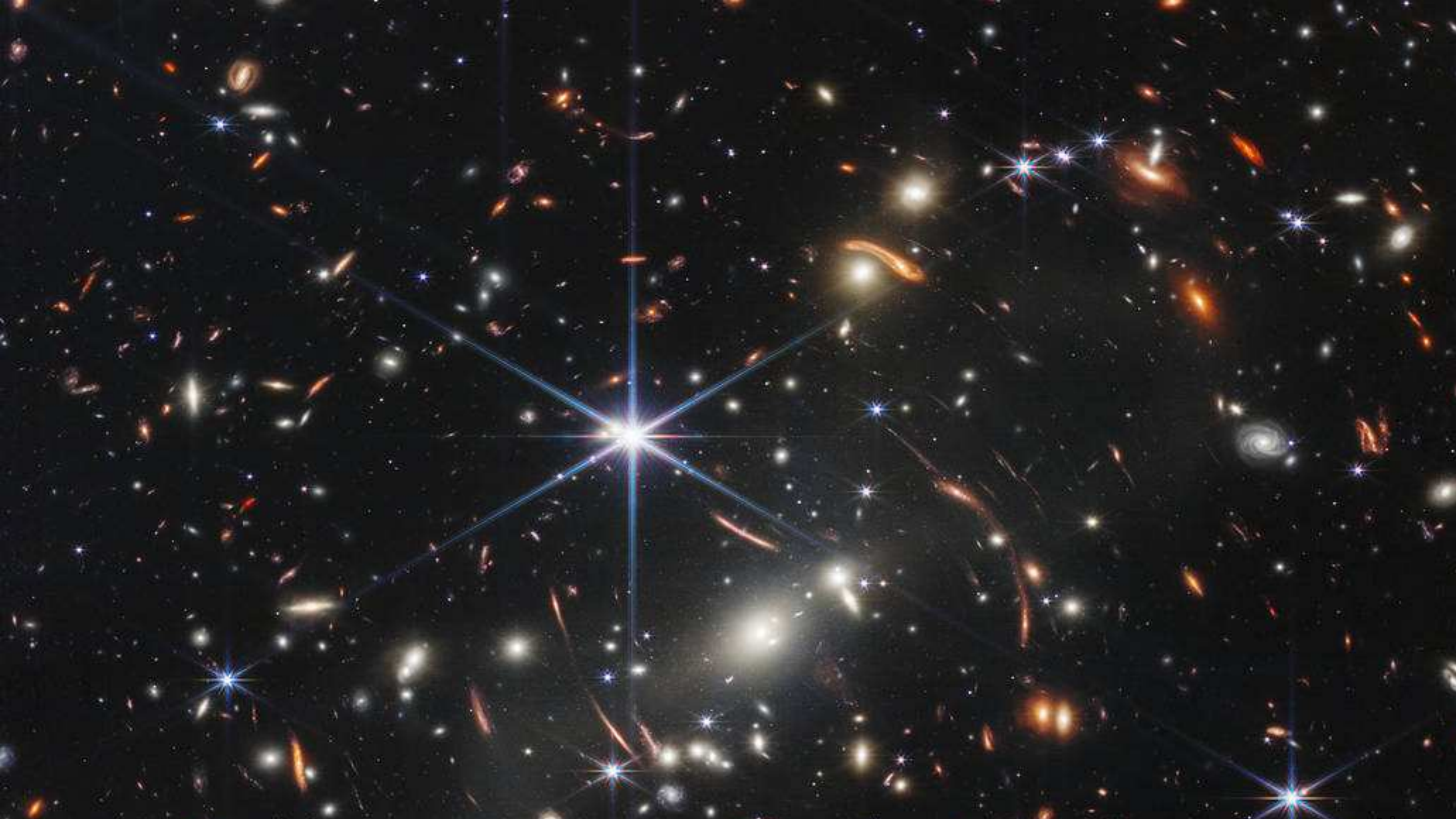


Disky v okolí černých děr: Cygnus X-1

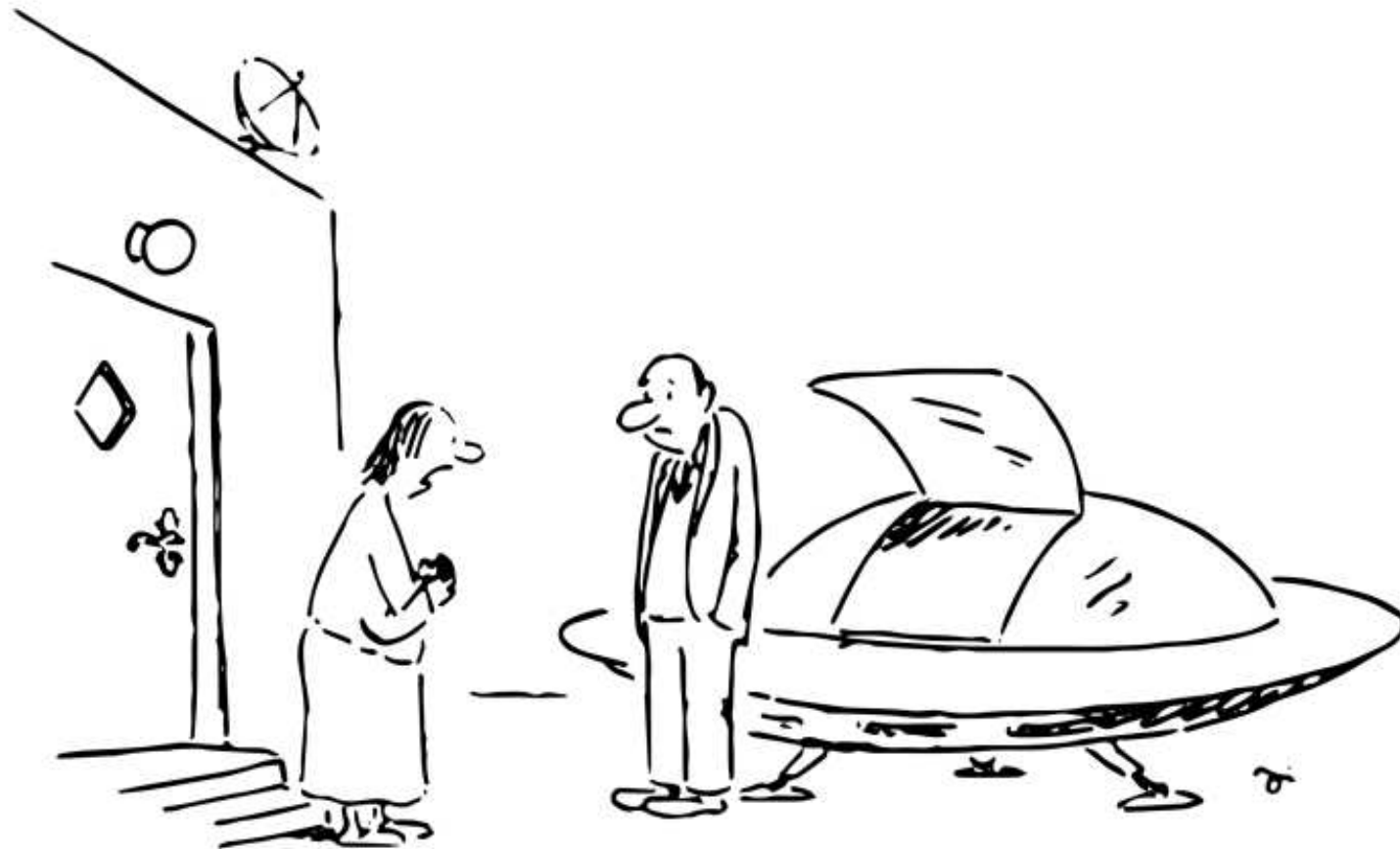








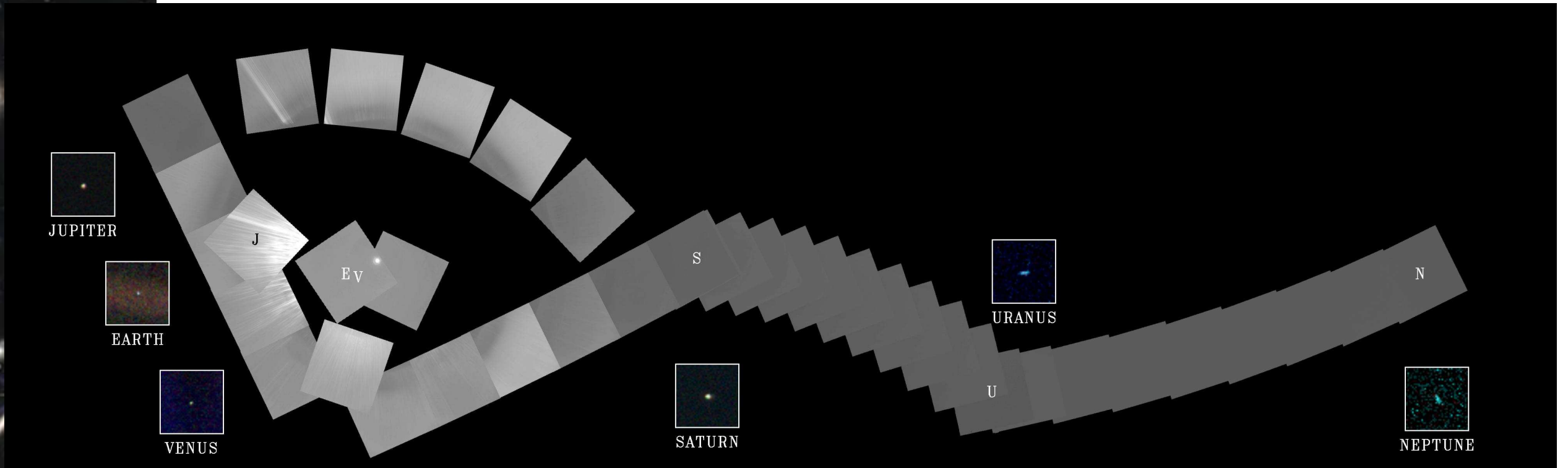
Disky kam se podíváte

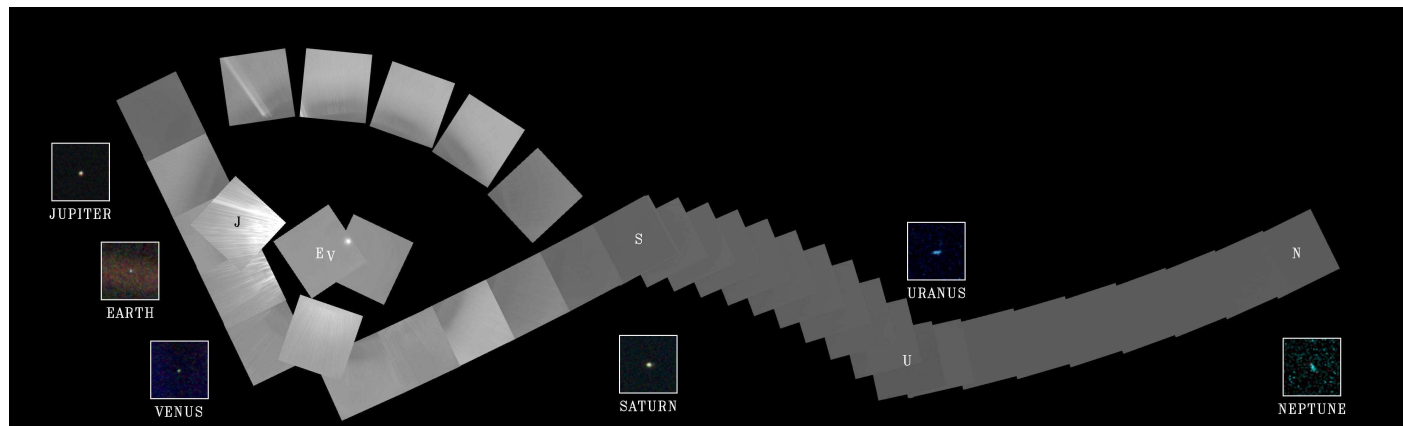


dikobraz.cz

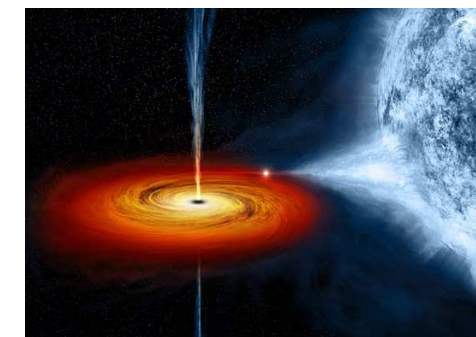
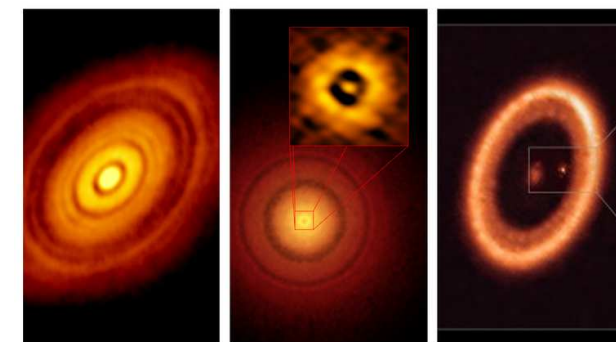
ČLOVĚČE NEŠŤASTNÁ! KDE NA TO SEŽENEŠ NÁHRADNÍ DÍLY?!

Voyager 1: rodinný snímek





Jak vznikly disky ve vesmíru?



Problém hodný Isaaca Newtona

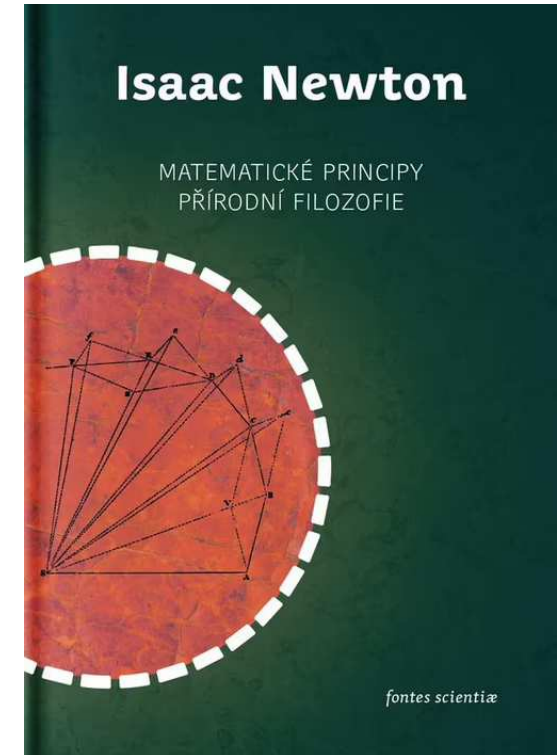
Isaac Newton

Matematické principy přírodní filozofie

Tato nesmírně elegantní soustava Slunce, planet a komet nemohla vzniknout jinak než úradkem a vládou rozumné a mocné bytosti.

... nynější pohyby planet nemohly vzniknout pouze z přírodní příčiny, ale byly jim vtištěny určitým činitelem, schopným myslet...

... neexistuje žádná přirozená příčina, která by nutila planety ... pohybovat se stejným směrem a ve stejných rovinách...





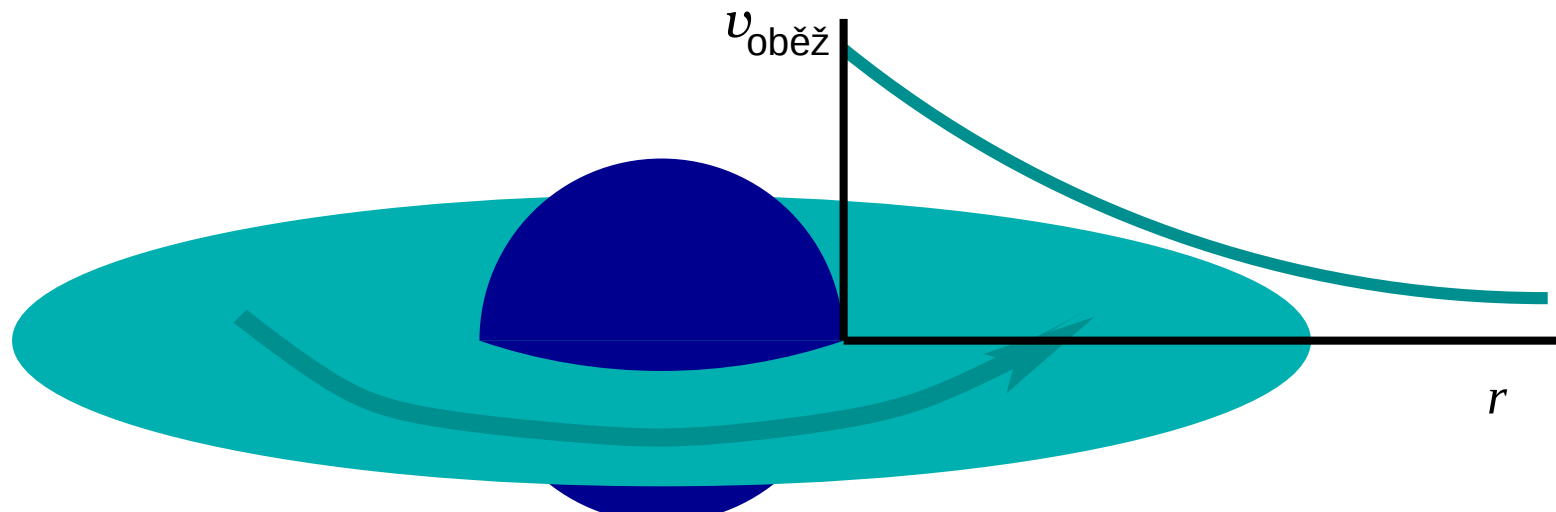
Charakteristiky disků

objekt	složení	šířka	tloušťka
prstence Saturnu	led, prach, balvany	420 Mm	100 m
Sluneční soustava	planety, planetky, prach	50 au	
mladé hvězdy	plyn, prach	100 au	
hvězdy Be	plyn	$100 R_{\odot}$	$1 R_{\odot}$
černé díry	plyn	10 Mm	100 km
Galaxie	hvězdy, plyn, prach	50 kpc	0.1–1 kpc

A přece mají něco společného . . .

- vzájemné silové působení částic disku slabé
⇒ látka obíhá po kruhových *Keplerových drahách*
- ve středu hmotný objekt, gravitací udržuje disk
- oběžná rychlost klesá se vzdáleností

$$v_{\text{oběž}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



Hledání jednotícího principu

- astrofyzikální disky spojeny neznámým jednotícím principem

⇒ *zákon zachování?*

- zákon zachování hmotnosti
- zákon zachování energie
- zákon zachování hybnosti
- zákon zachování momentu hybnosti





Zákon zachování hmotnosti?

⇒ látka v disku musí mít svůj původ

- *prstence Saturnu*: roztrhání měsíce?
- *Sluneční soustava*: mezihvězdná látka
- *mladé hvězdy*: mezihvězdná látka
- *hvězdy Be*: rychlá rotace hvězdy
- *černé díry*: druhá složka dvojhvězdy
- *galaxie*: mezigalaktická látka
- nevysvětluje tvorbu disku

Zákon zachování energie?

- jak by mohl vést ke vzniku disku?



Zákon zachování hybnosti?

- součin hmotností a rychlostí částic systému se zachovává (včetně směru)



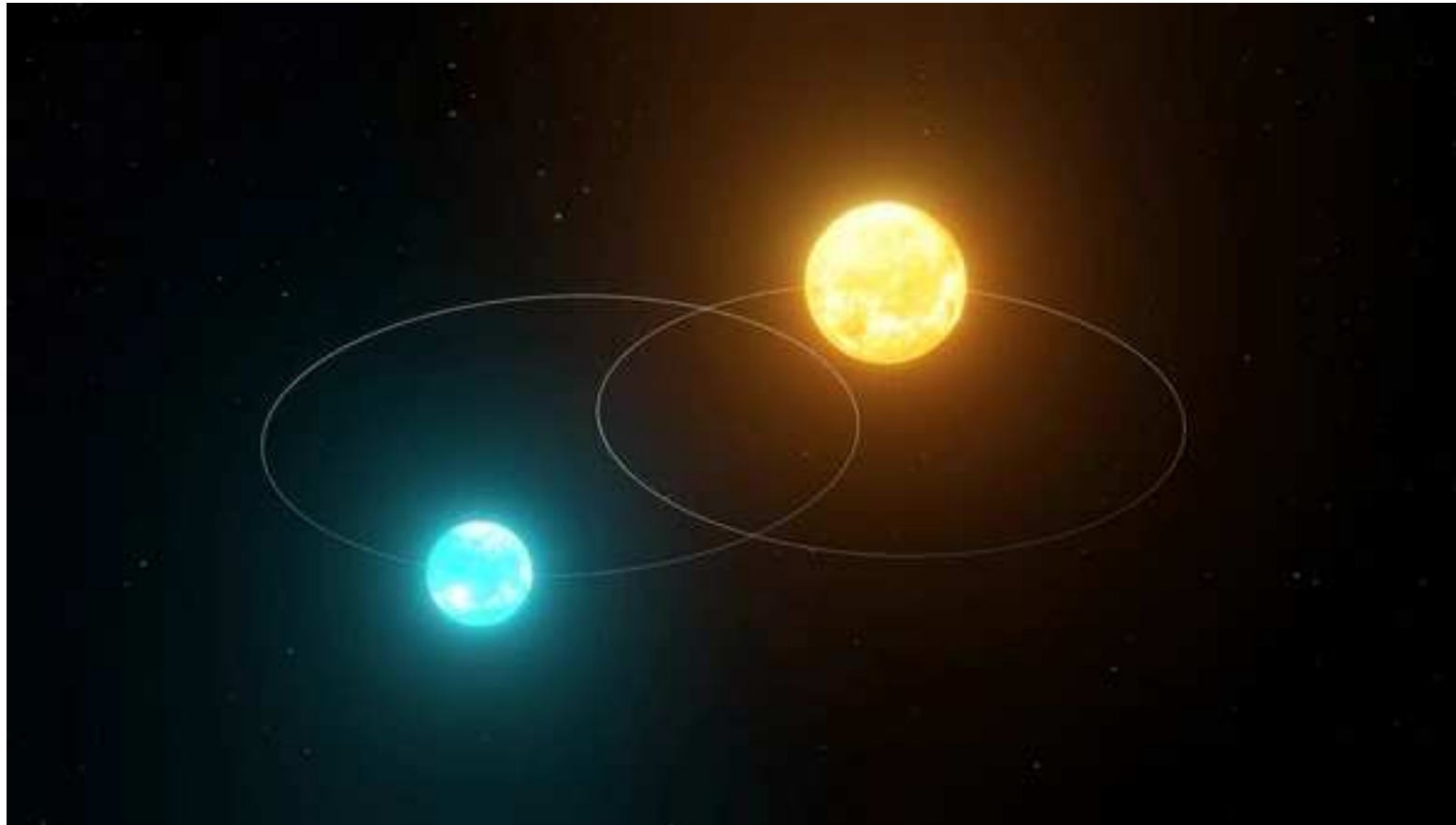
Zákon zachování hybnosti?

- součin hmotností a rychlostí částic systému se zachovává (včetně směru)



Zákon zachování hybnosti?

- součin hmotností a rychlostí částic systému se zachovává (včetně směru)



Zákon zachování momentu hybnosti?

- součin vzdáleností, hmotností a rychlostí částic systému se zachovává (včetně směru)



Zákon zachování momentu hybnosti?

- součin vzdáleností, hmotností a rychlostí částic systému se zachovává (včetně směru)



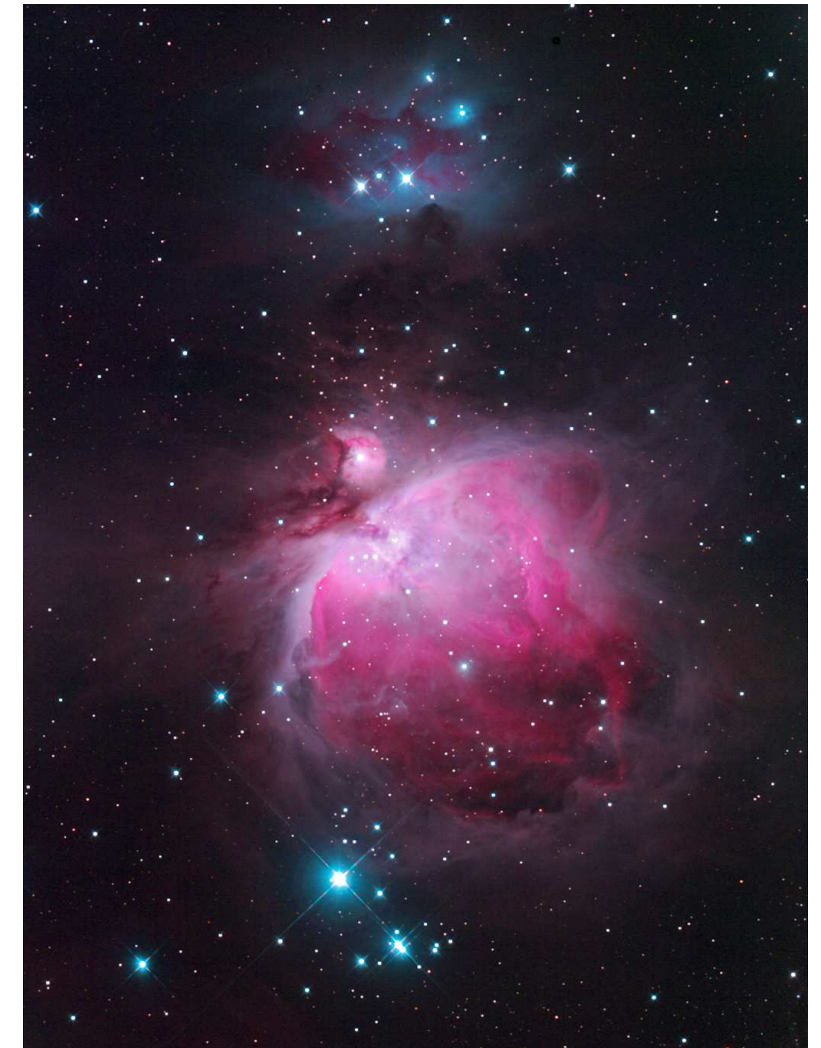
Zákon zachování momentu hybnosti?

- součin vzdáleností, hmotností a rychlostí částic systému se zachovává (včetně směru)



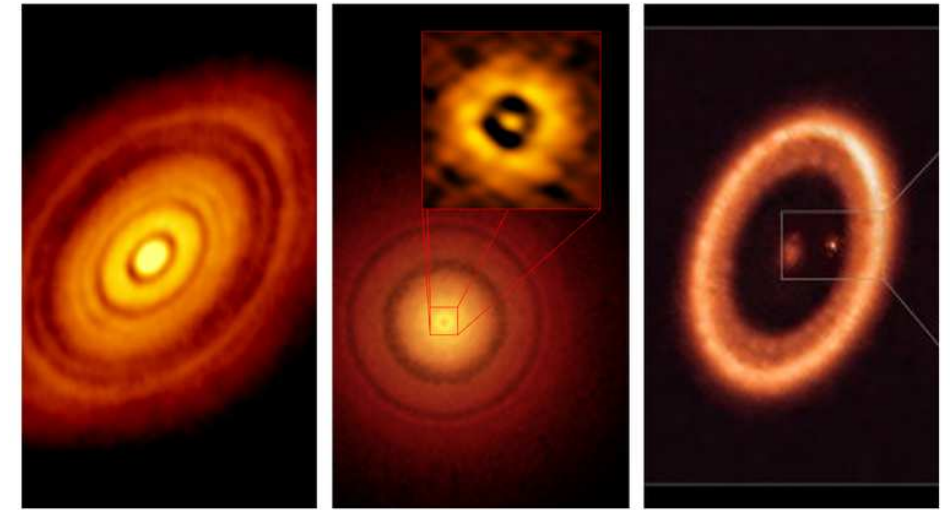
Disky v okolí mladých hvězd

- hvězdy vznikají kolapsem mezihvězdné látky
- mezihvězdná látka se pohybuje
- během kolapsu se zachovává moment hybnosti
- zmenšení poloměru mračka o několik řádů
- zrychlení rotace
- vznik disku



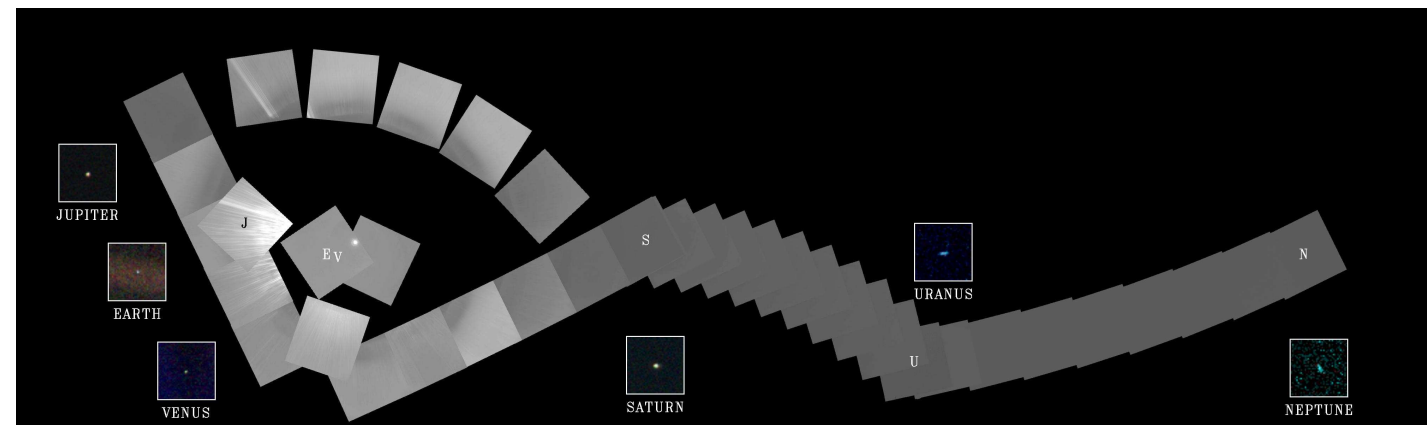
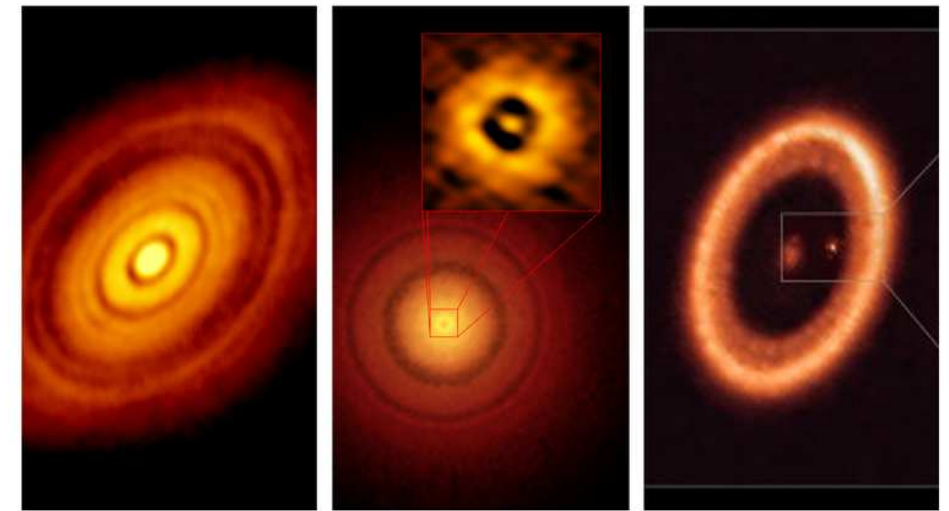
Disky v okolí mladých hvězd

- hvězdy vznikají kolapsem mezihvězdné látky
- mezihvězdná látka se pohybuje
- během kolapsu se zachovává moment hybnosti
- zmenšení poloměru mračka o několik řádů
- zrychlení rotace
- vznik disku



Disky v okolí mladých hvězd

- hvězdy vznikají kolapsem mezihvězdné látky
- mezihvězdná látka se pohybuje
- během kolapsu se zachovává moment hybnosti
- zmenšení poloměru mračna o několik řádů
- zrychlení rotace
- vznik disku
- vznik planet





Disky v okolí hvězd Be

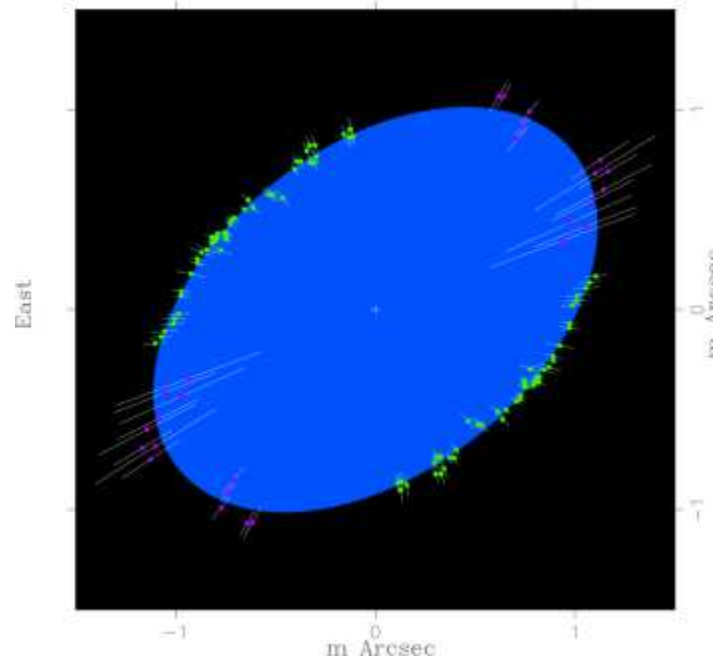
- hvězdy typu Be rotují rychleji než běžné hvězdy
- rychlost rotace na rovníku rovna oběžné rychlosti

$$v_{\text{rot}} = v_{\text{oběž}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Disky v okolí hvězd Be

- hvězdy typu Be rotují rychleji než běžné hvězdy
- rychlost rotace na rovníku rovna oběžné rychlosti

$$v_{\text{rot}} = v_{\text{oběž}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



Disky v okolí hvězd Be

- hvězdy typu Be rotují rychleji než běžné hvězdy
- rychlost rotace na rovníku rovna oběžné rychlosti

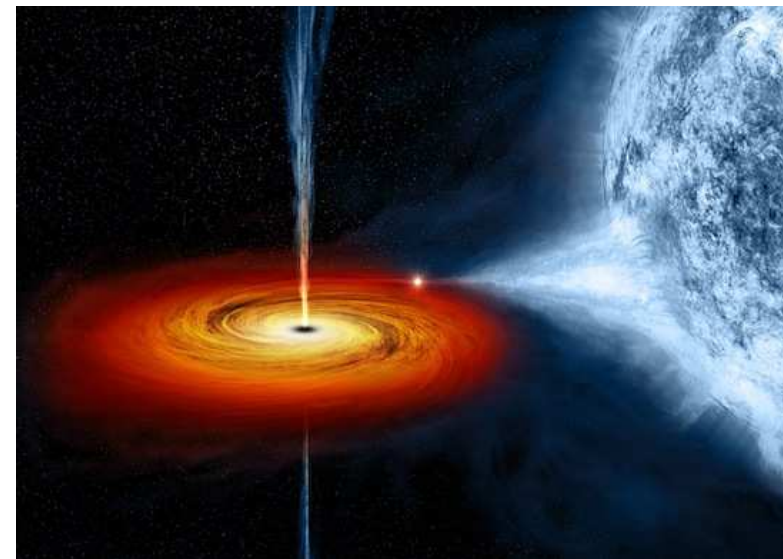
$$v_{\text{rot}} = v_{\text{oběž}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

- látka uniká z rovníku, vytváří odtékající disk



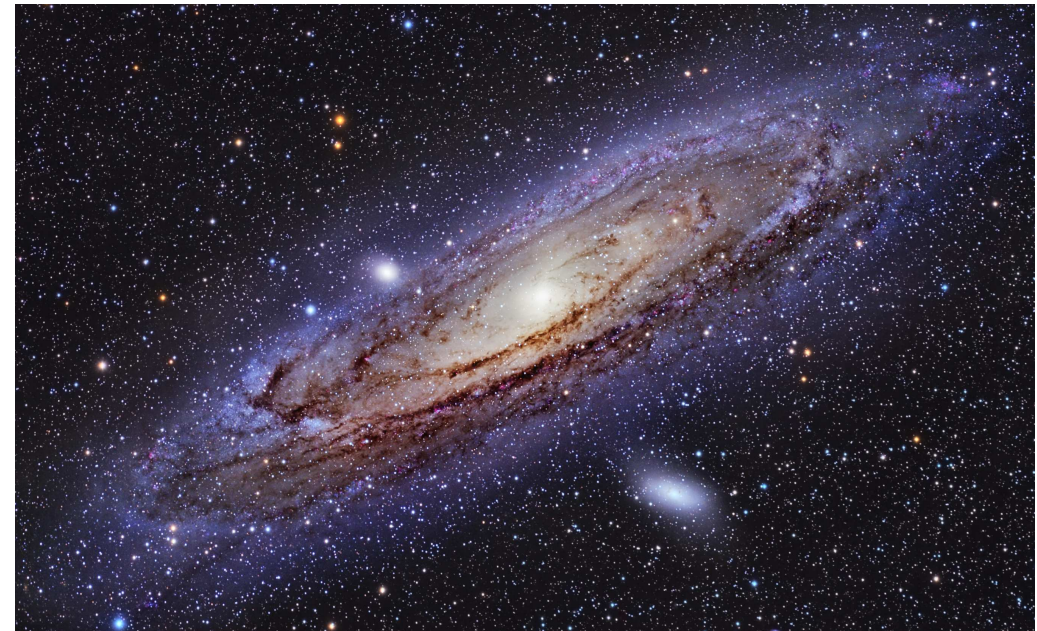
Disky v okolí černých děr

- látka přetéká z viditelné složky na černou díru
- v důsledku rotace soustavy látka nese moment hybnosti
- při akreci na černou díru se moment hybnosti zachovává
- látka se přibližuje k černé díře, vytváří se akreční disk

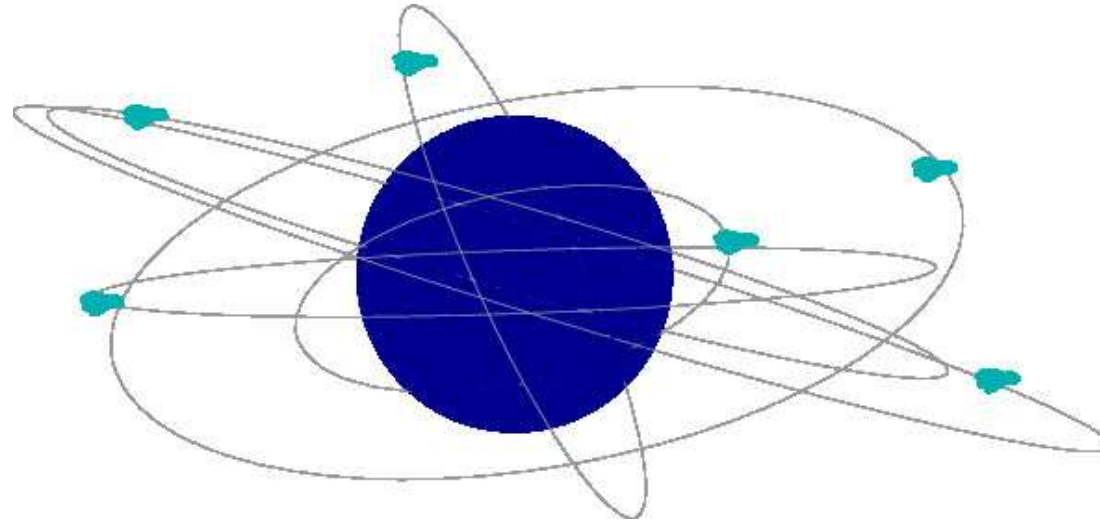


Disky galaxyí

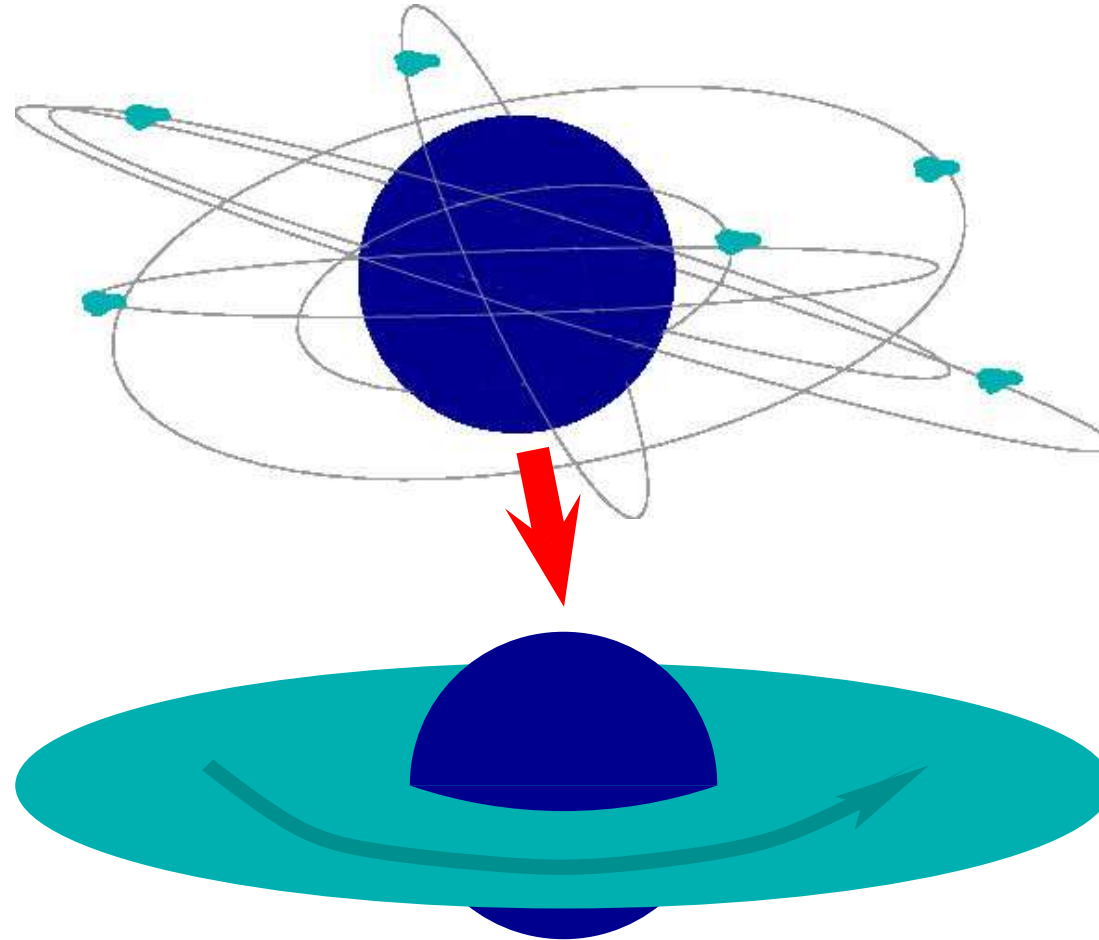
- látka galaxií pochází z mezigalaktického prostředí
- při akreci se zachovává moment hybnosti
- látka vytváří plynňý disk
- v disku se tvoří nové hvězdy



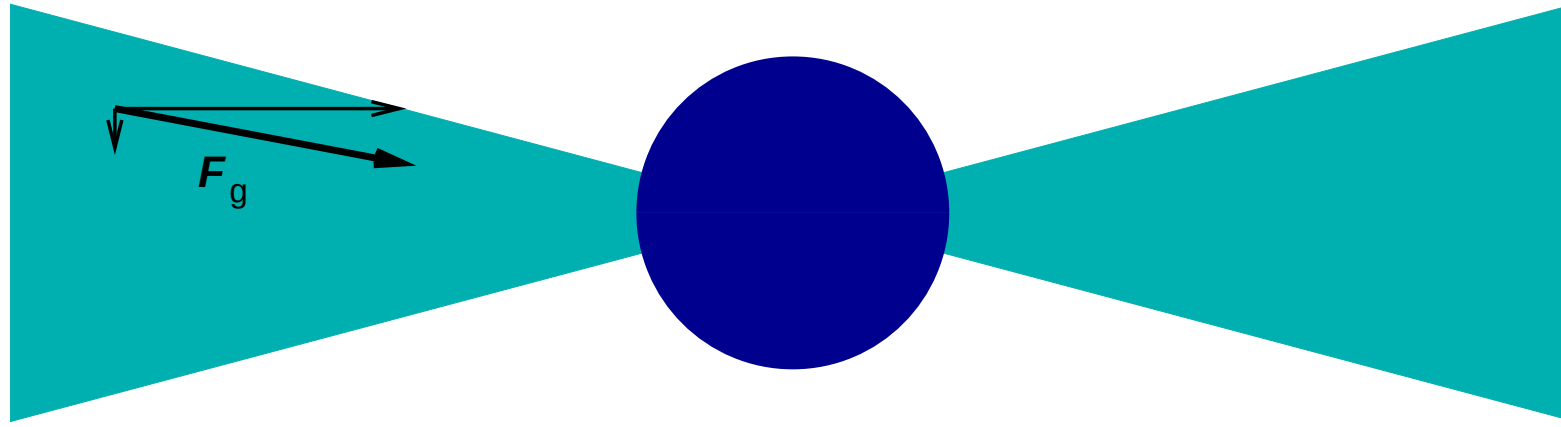
Vznik disku: směřování ke stabilitě



Vznik disku: směřování ke stabilitě



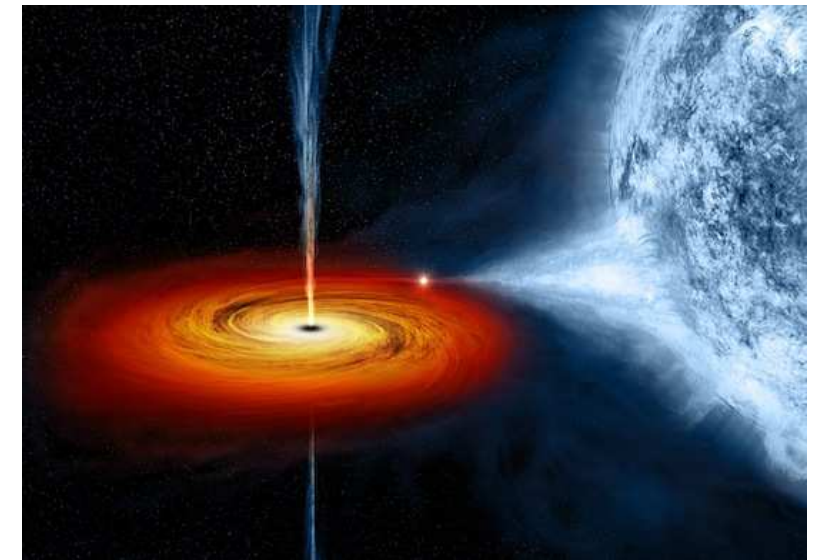
Proč jsou disky tak tenké?



- složka gravitační síly působící na obíhající těleso přitlačuje látku směrem k rovině disku
- disk je obdobně tenký jako atmosféra Země vůči poloměru Země

Jak objevit disky „na dálku“?

- některé disky příliš malé na to, abychom je v dalekohledu rozlišili



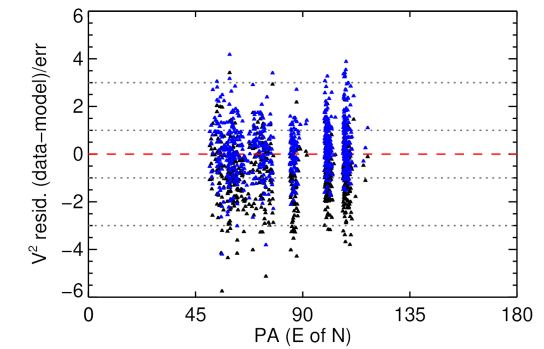
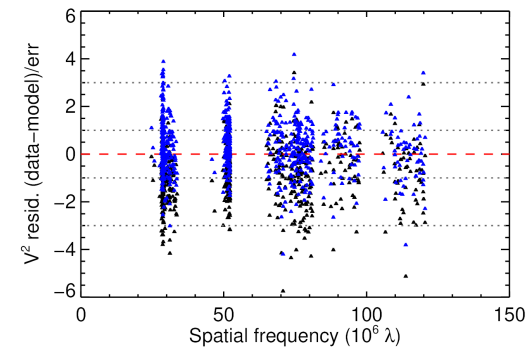
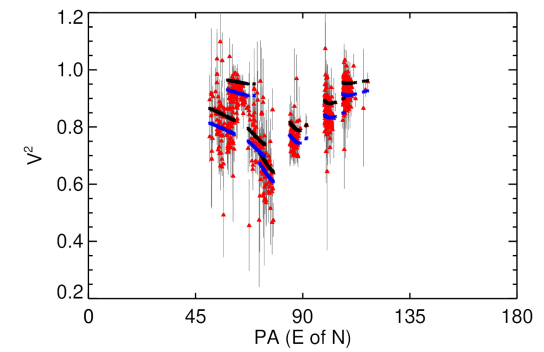
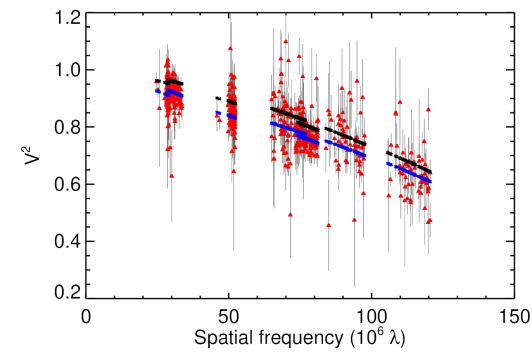
Jak objevit disky „na dálku“?

- rozlišovací schopnost dalekohledu úměrná průměru dalekohledu: interferometrie

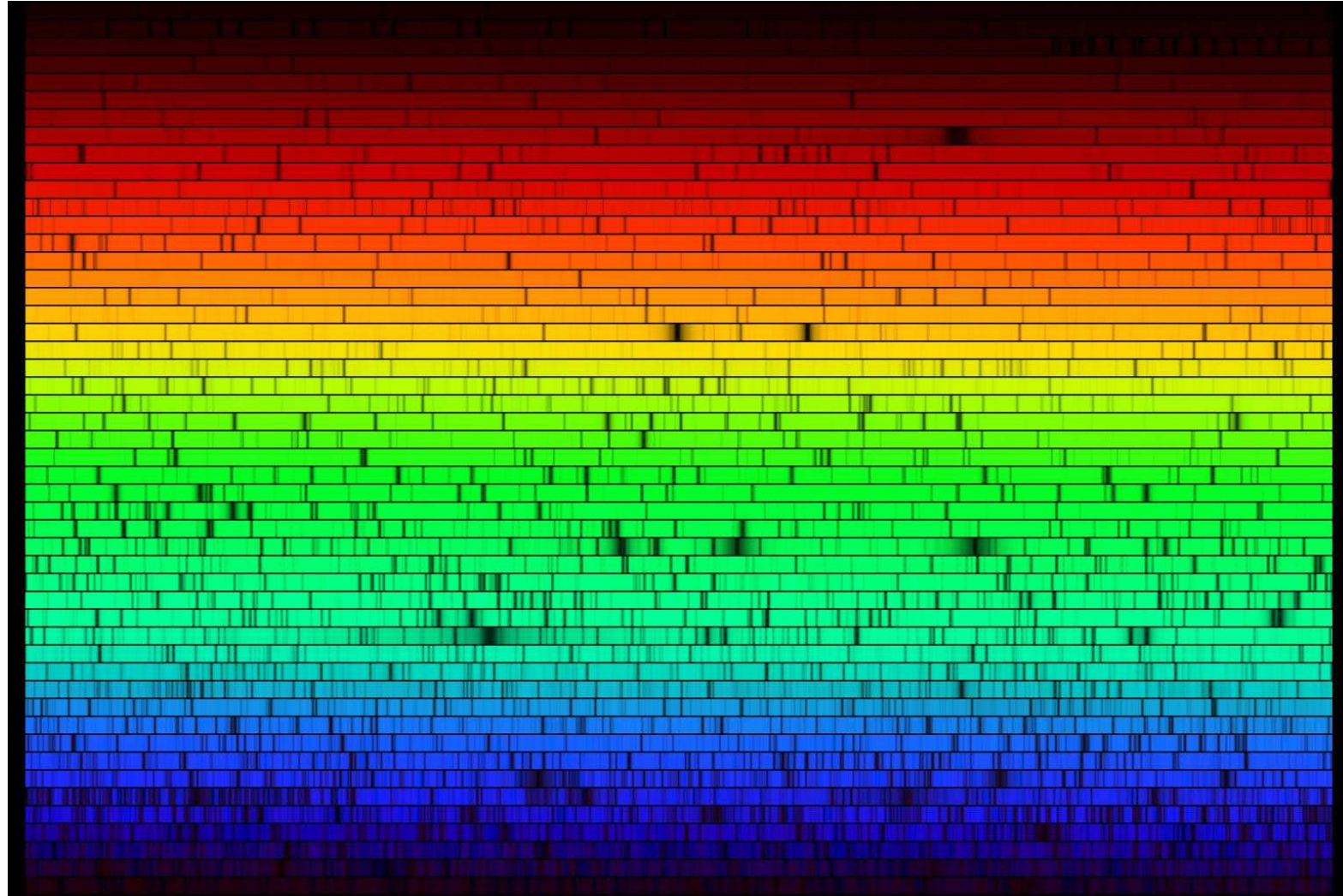


Jak objevit disky „na dálku“?

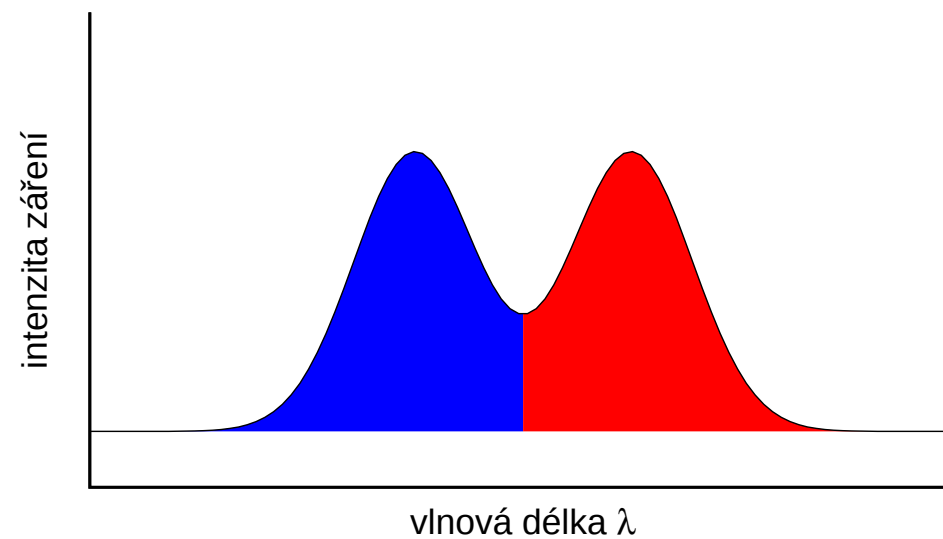
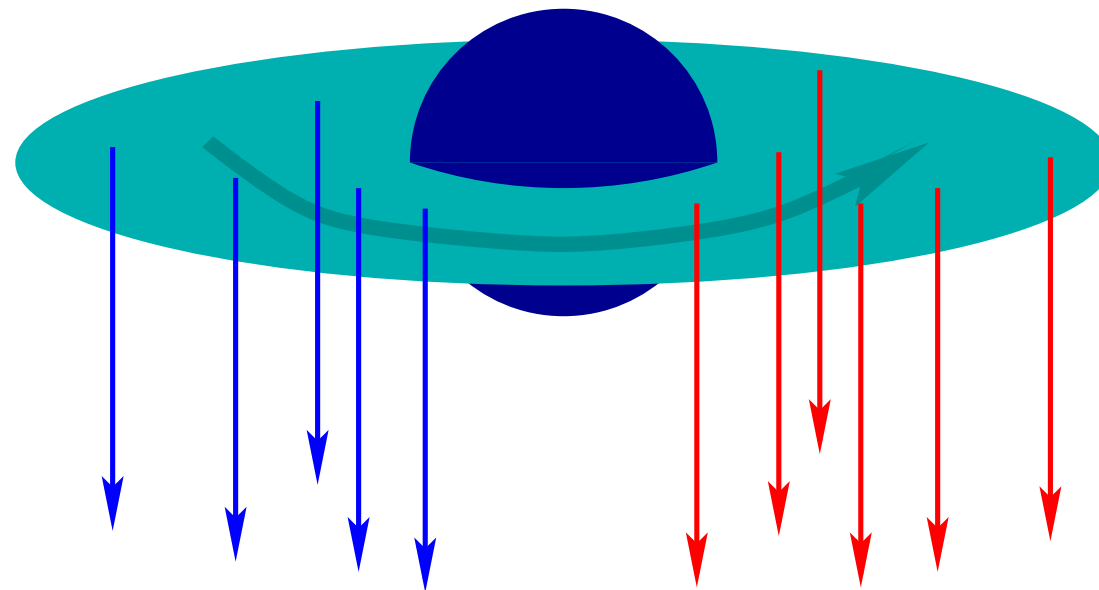
- rozlišovací schopnost dalekohledu úměrná průměru dalekohledu: interferometrie



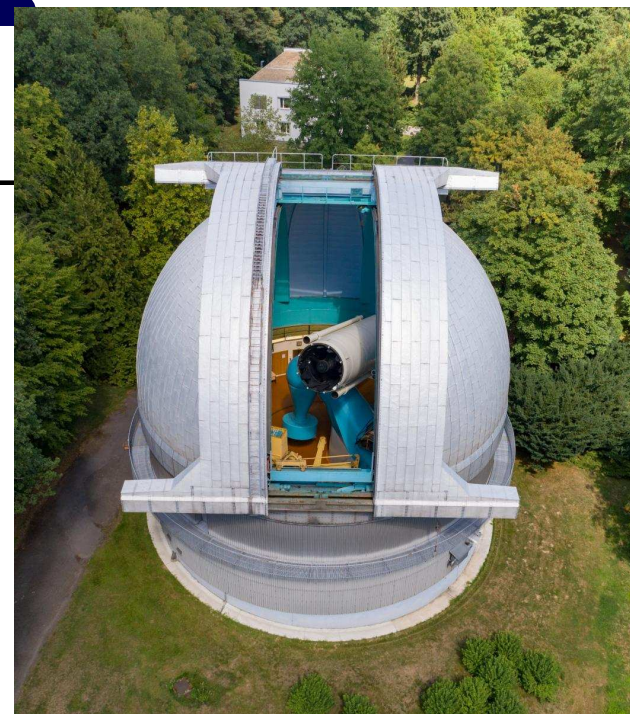
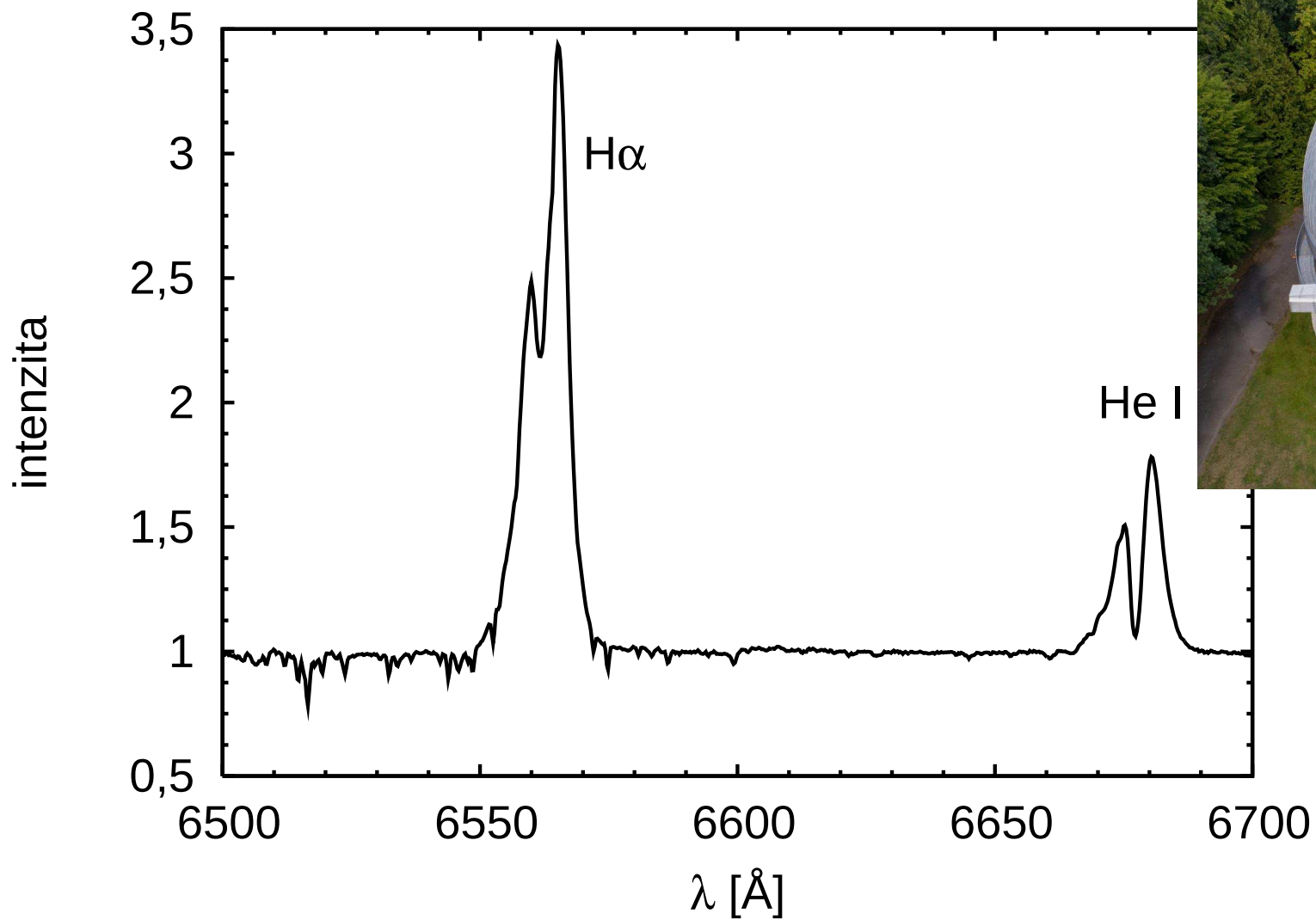
Objev disků na dálku: spektroskopie



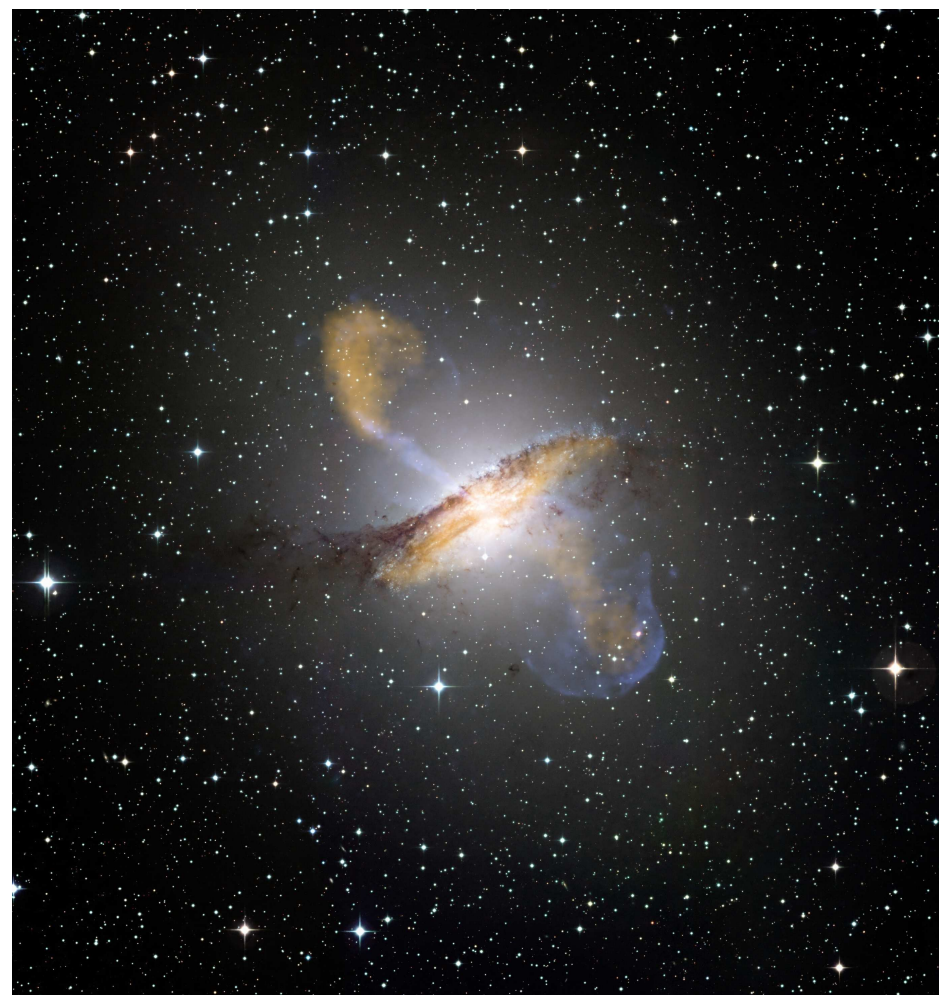
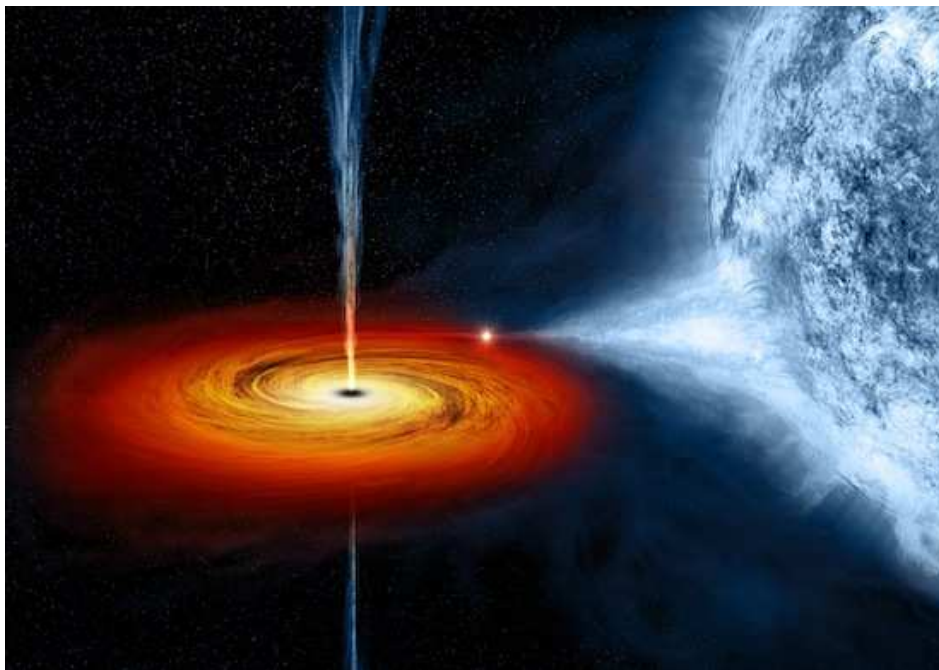
Spektrální čára disku



Spektrální čáry: β Lyr

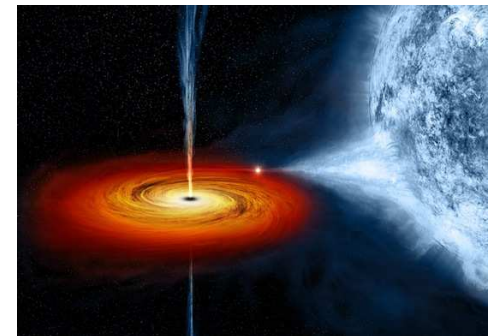
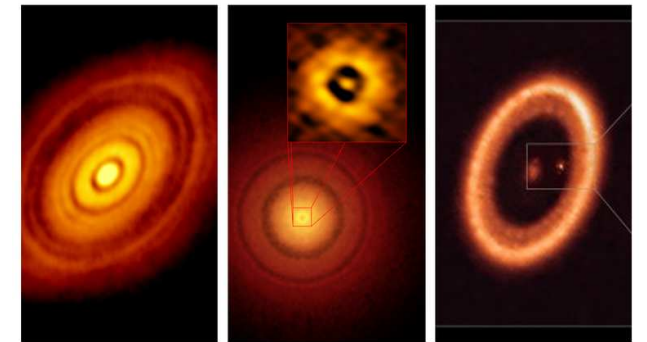
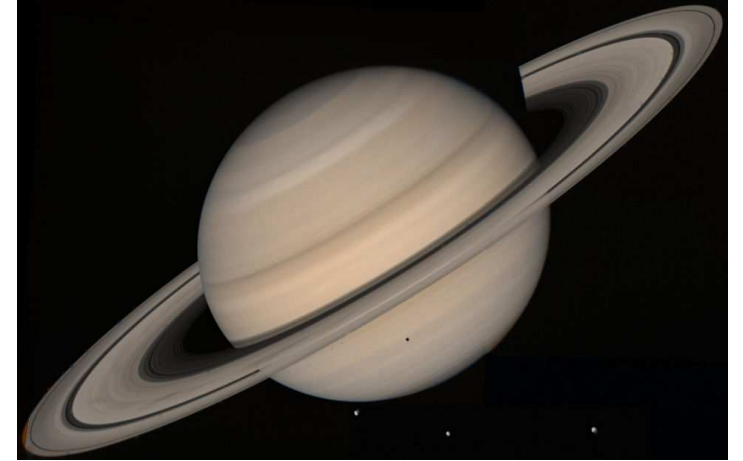
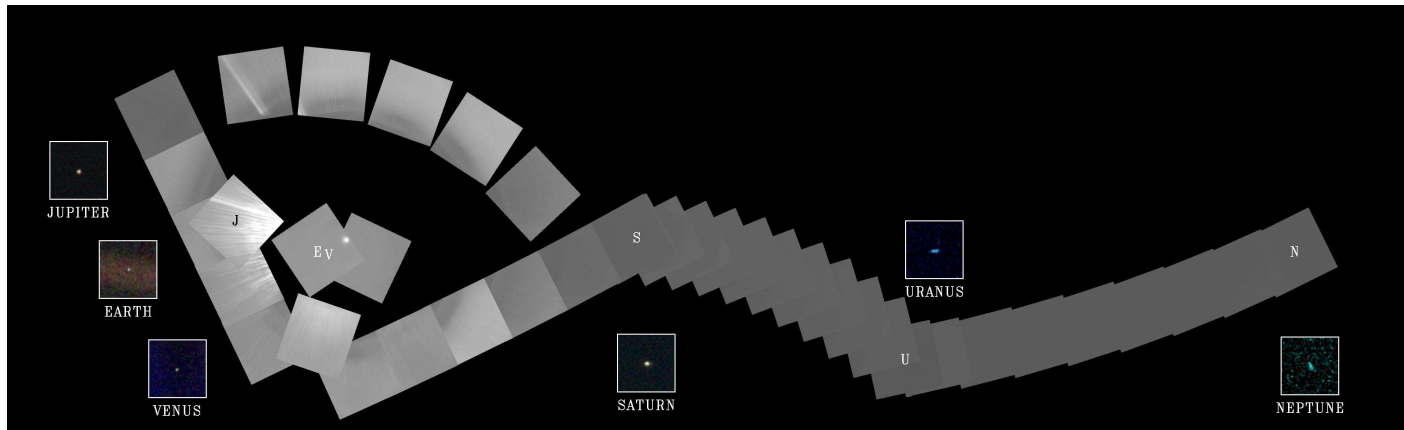


Výtrysky: častý společník disků



Závěrem: rozluštění záhady disků

- na mnoho místech ve vesmíru nalézáme disky



Závěrem: rozluštění záhady disků

- na mnoho místech ve vesmíru nalézáme disky
- disky spojeny se zákonem zachování momentu hybnosti



Závěrem: rozluštění záhady disků

- na mnoho místech ve vesmíru nalézáme disky
- disky spojeny se zákonem zachování momentu hybnosti
- rozluštili jsme záhadu, jejíž řešení nenalezl ani Newton

