

ATHENA a LISA – výzkum černých děr pomocí rentgenového záření a gravitačních vln



Jiří Svoboda

Astronomický ústav AV ČR
*Kosmické projekty na AV ČR Vila
Lanna, 12. listopadu 2021*

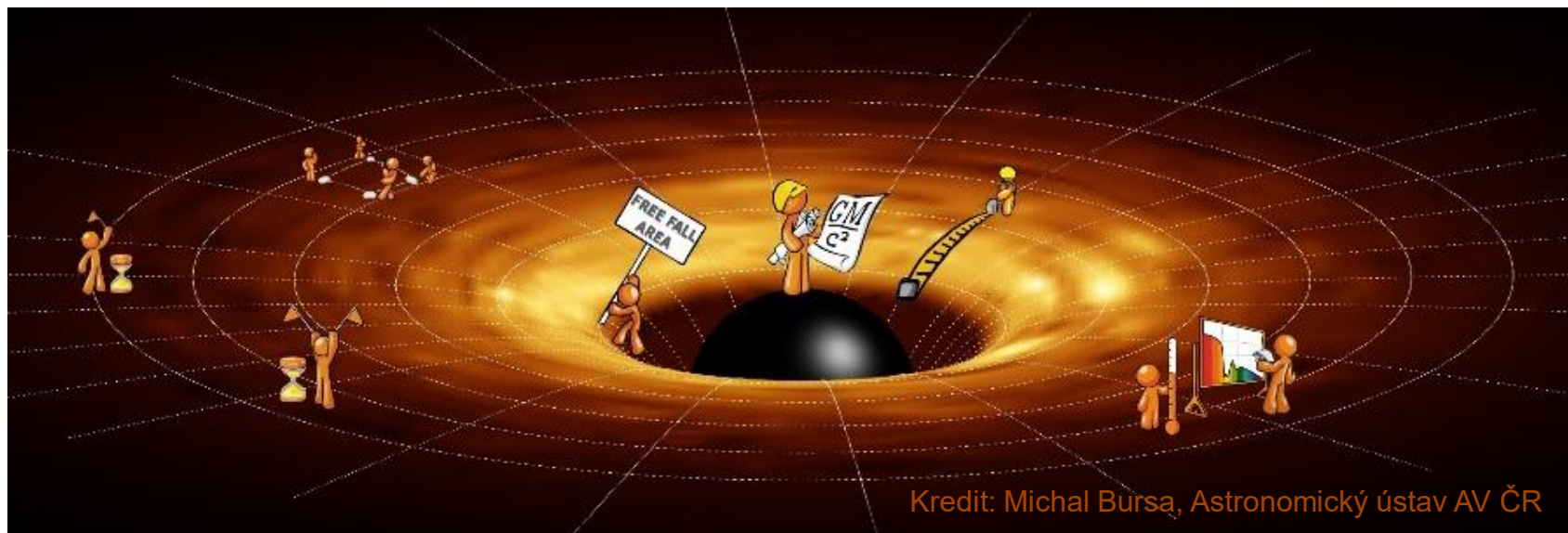
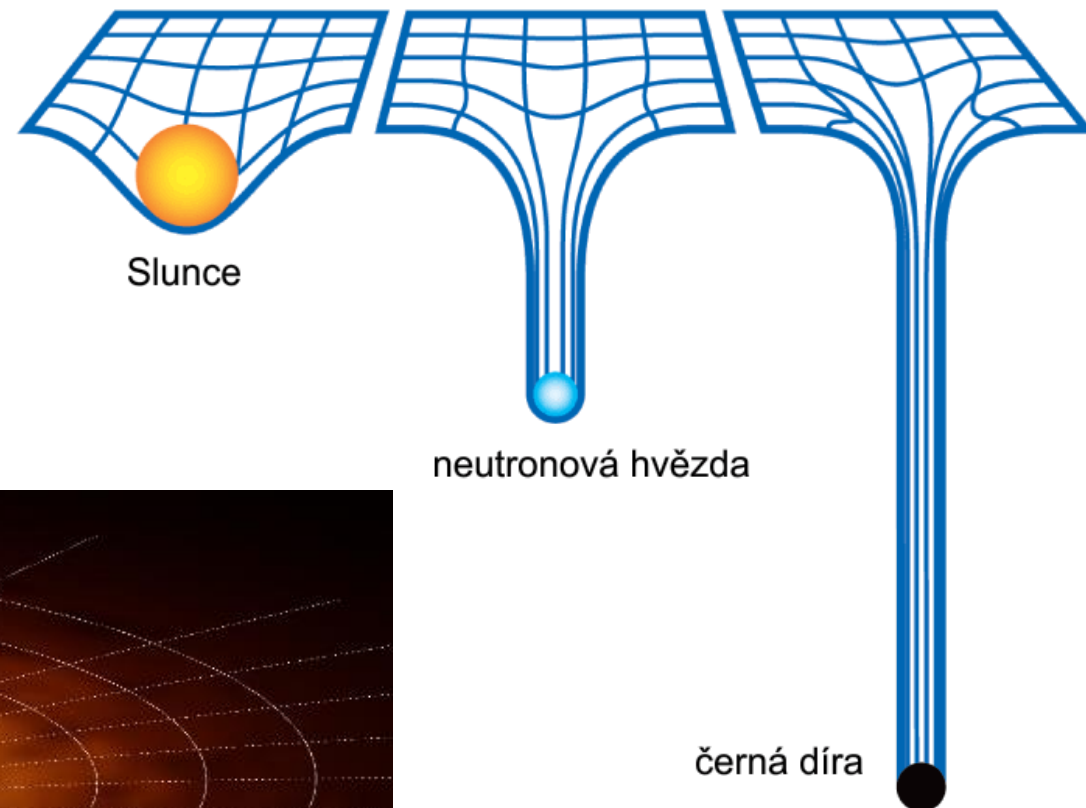
Černé díry



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

**Co se stane, když bude mnoho hmoty
v malém objemu?**

- velké hustotě brání atomové vazby, tlak záření (v nitrech hvězd), kvantová fyzika (tlak elektronů a neutronů)
- vše ale jen do určité míry



Kredit: Michal Bursa, Astronomický ústav AV ČR

horizont událostí: $R = \frac{(2)GM}{c^2}$



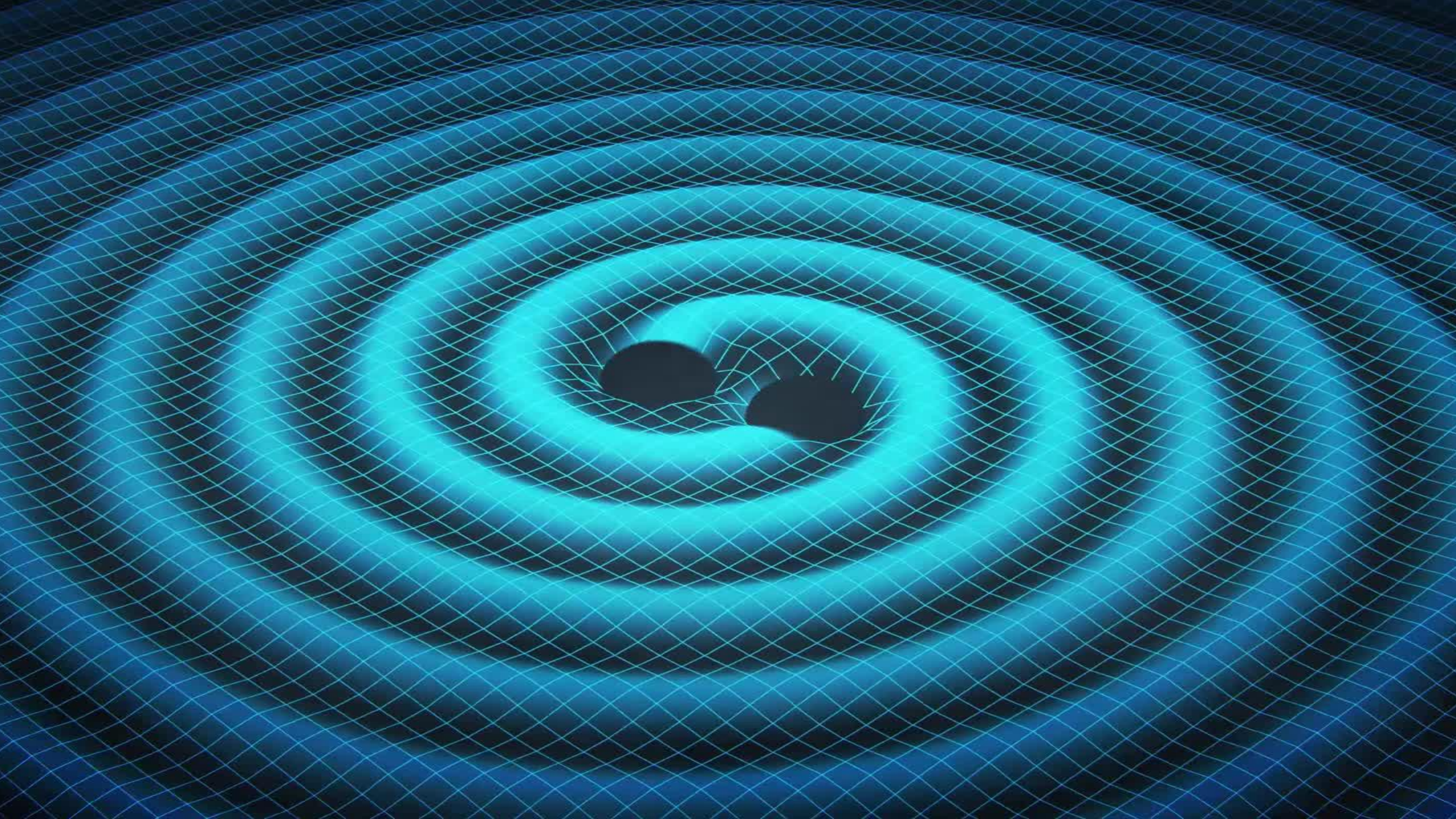
rentgenová dvojhvězda
Cygnus X-1 (objev 1964)



velikost Slunce



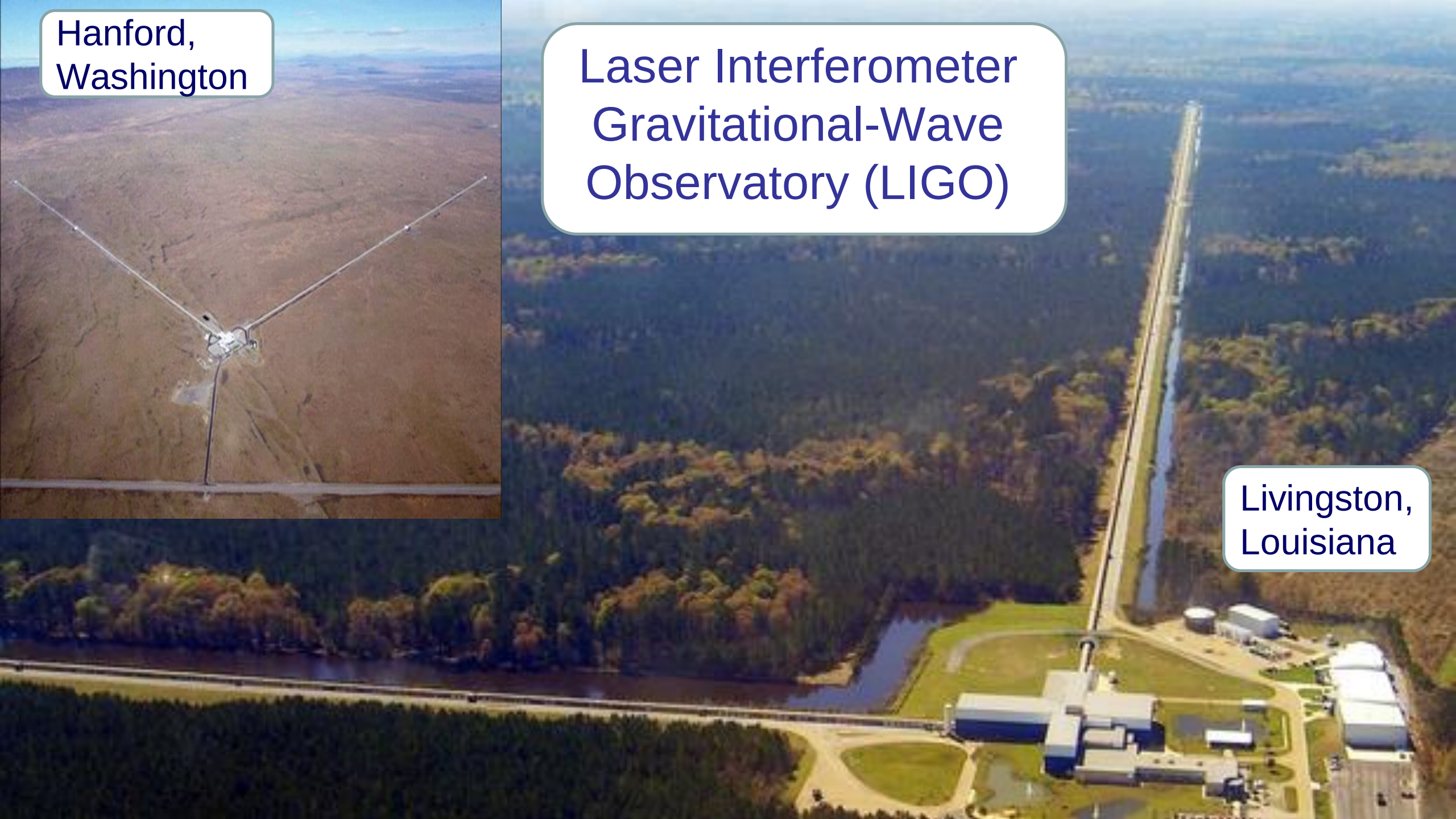
XMM-Newton
Kredit: ESA

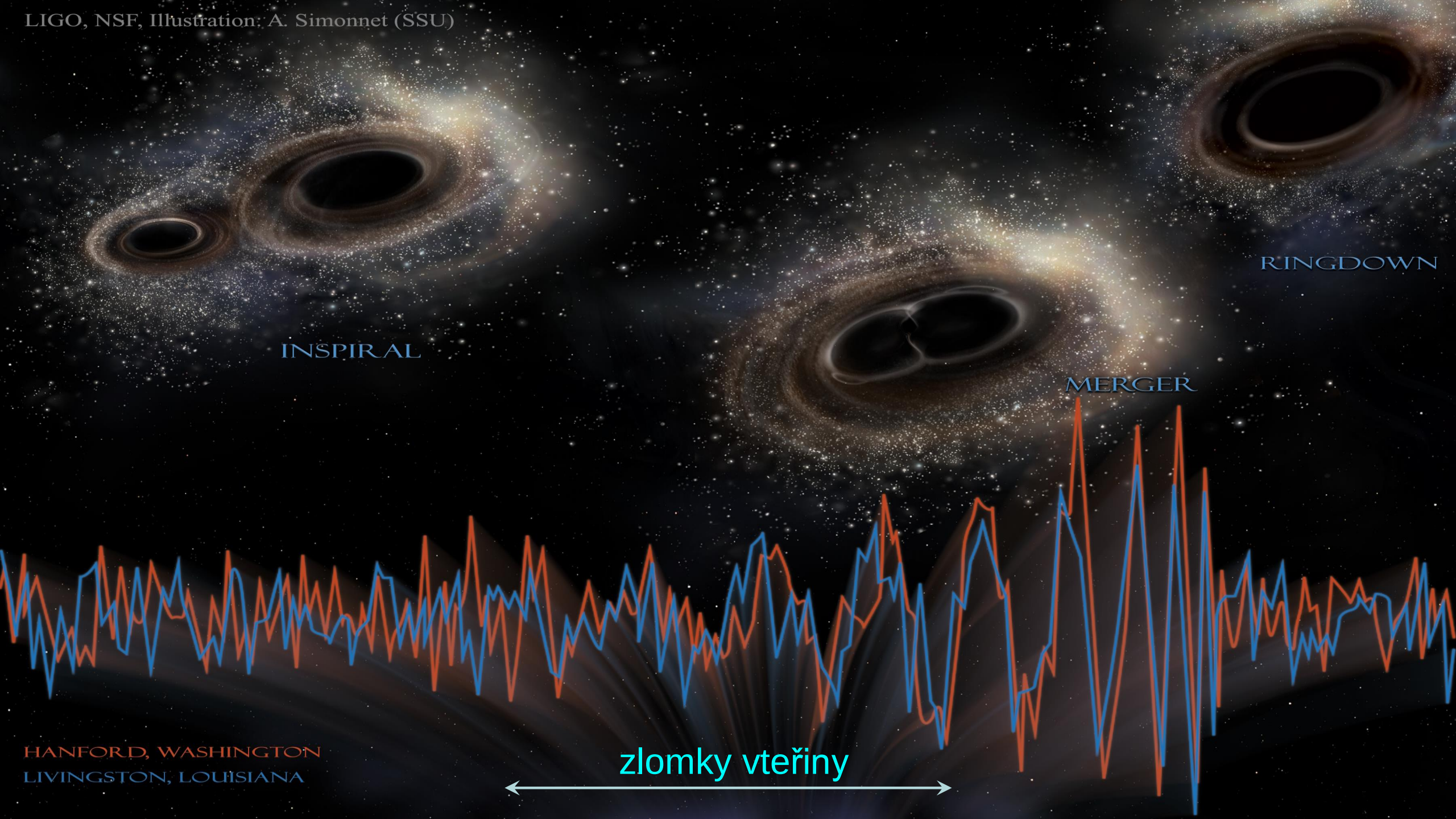


Hanford,
Washington

Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO)

Livingston,
Louisiana





Masses in the Stellar Graveyard

hmotnost [v násobcích hmotnosti Slunce]

LIGO-Virgo-KAGRA Black Holes LIGO-Virgo-KAGRA Neutron Stars EM Black Holes EM Neutron Stars

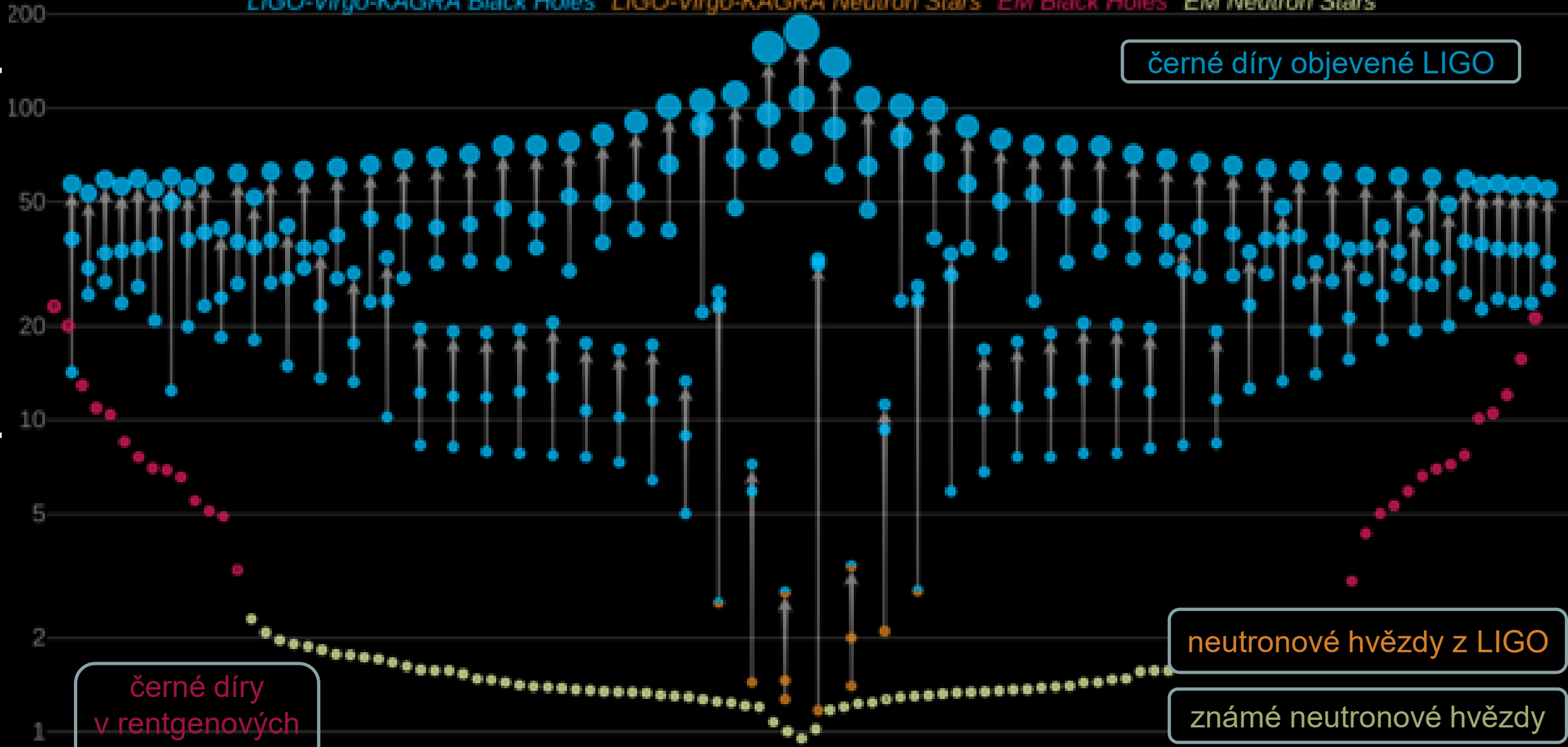
černé díry objevené LIGO

neutronové hvězdy z LIGO

známé neutronové hvězdy

černé díry
v rentgenových
dvojhvězdách

LIGO-Virgo-KAGRA | Aaron Geller | Northwestern



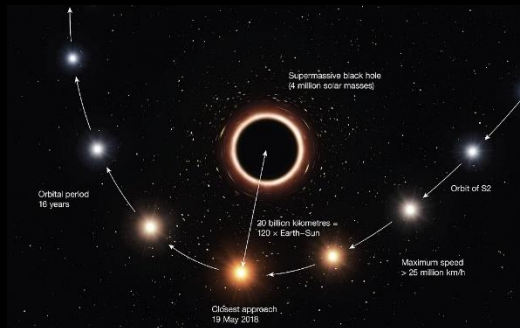
hmotnost

[v násobcích hmotnosti Slunce]

miliardy hmot Sluncí

miliony hmot Sluncí

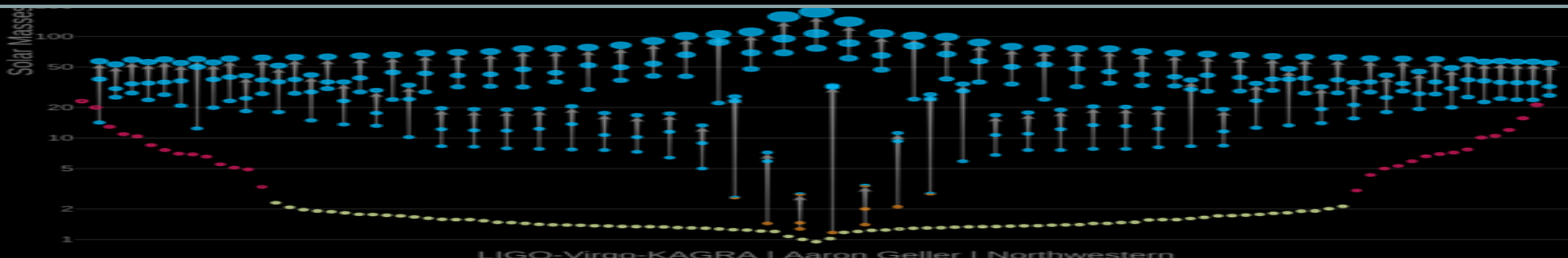
stovky hmot Sluncí



superhmotné černé díry
v centrech galaxií



?



Jak vznikly superhmotné černé díry?



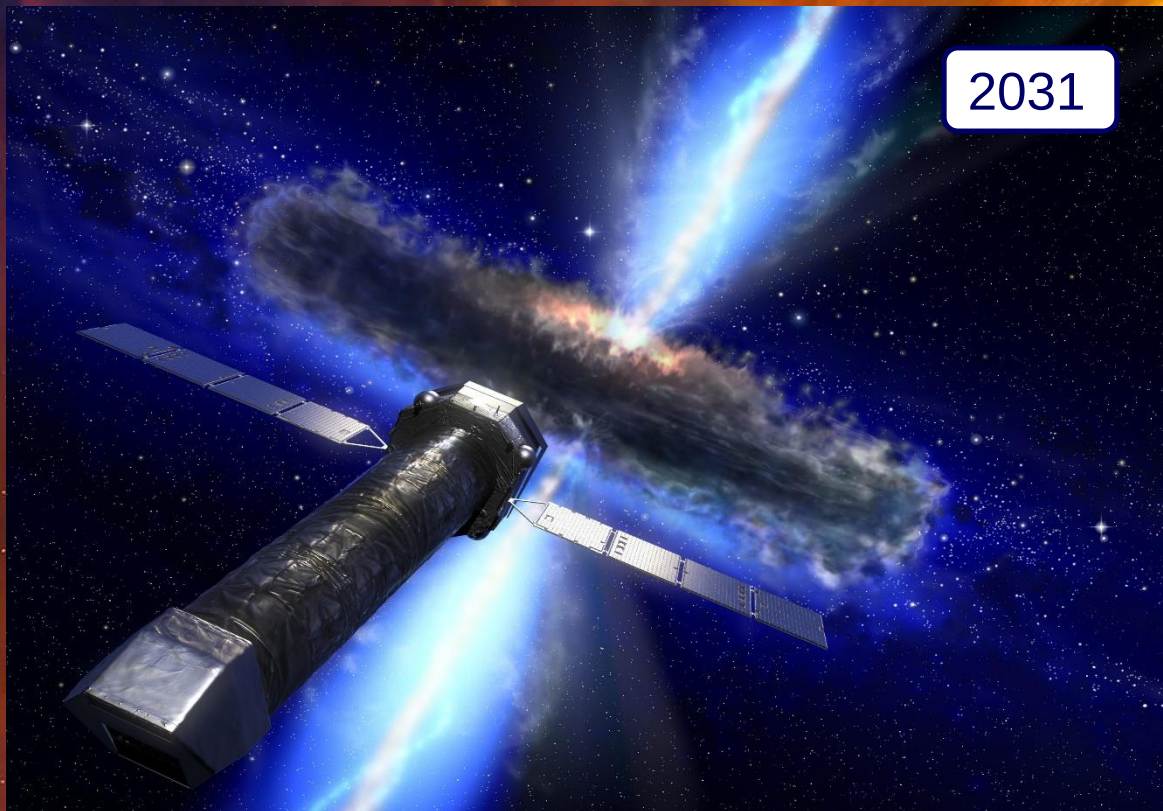
kvasary = velmi svítivé galaxie vzdálené až 10 miliard světelných let

Jak vznikly superhmotné černé díry?

ATHENA

Advanced Telescope for High Energy Astronomy

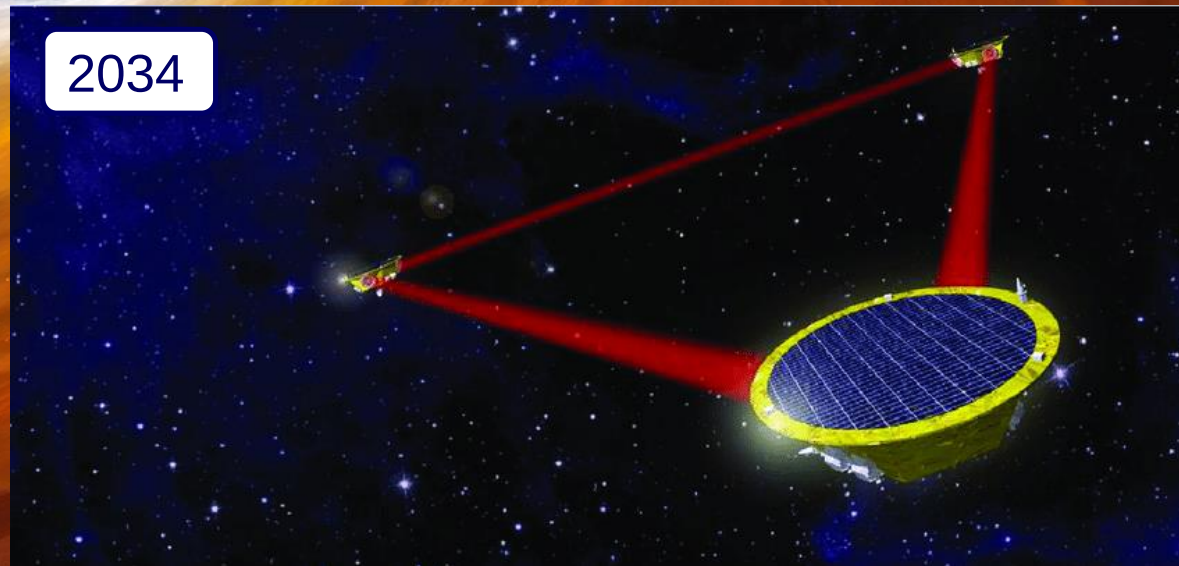
2031

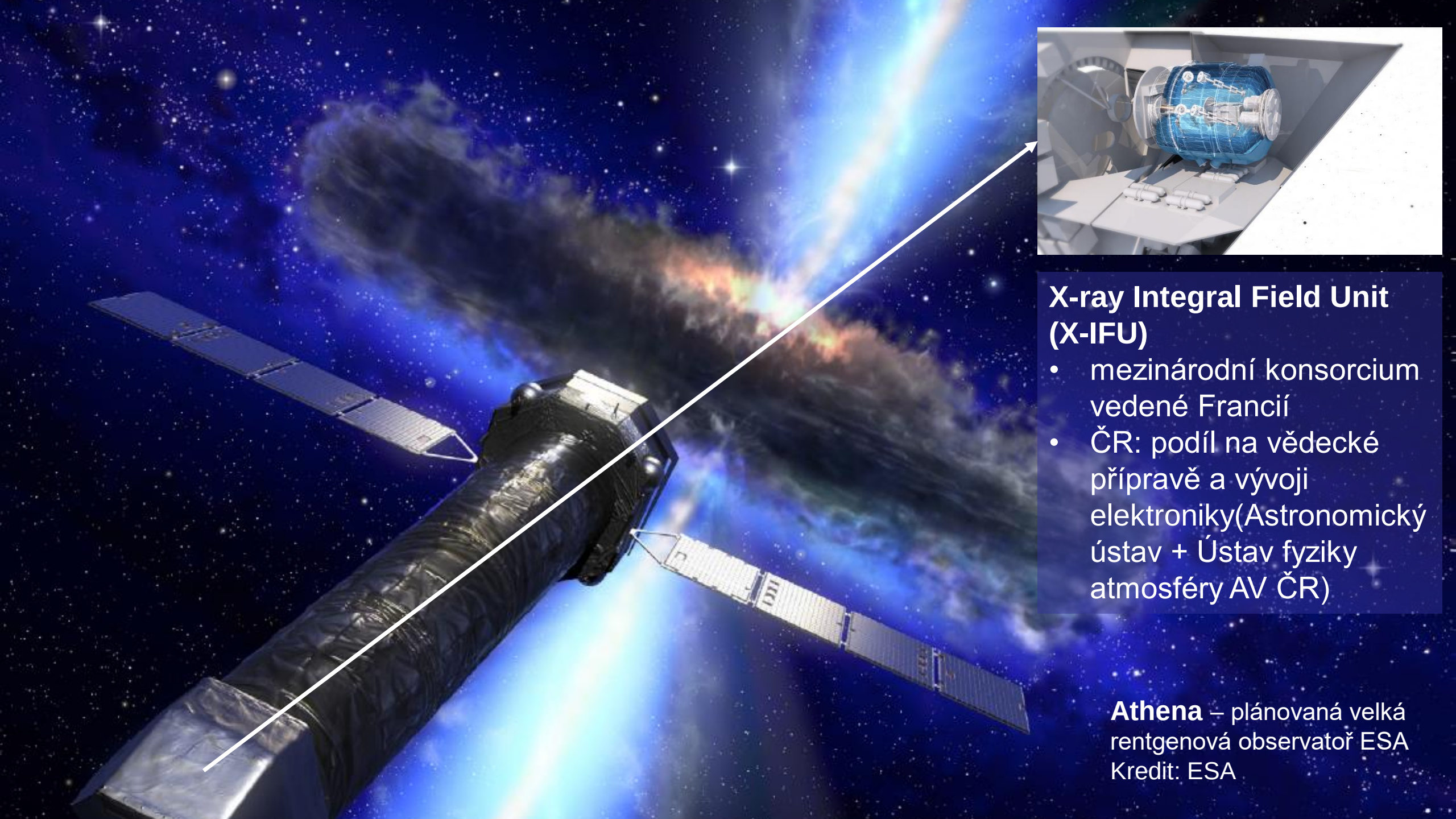


LISA

Laser Interferometer Space Antenna

2034

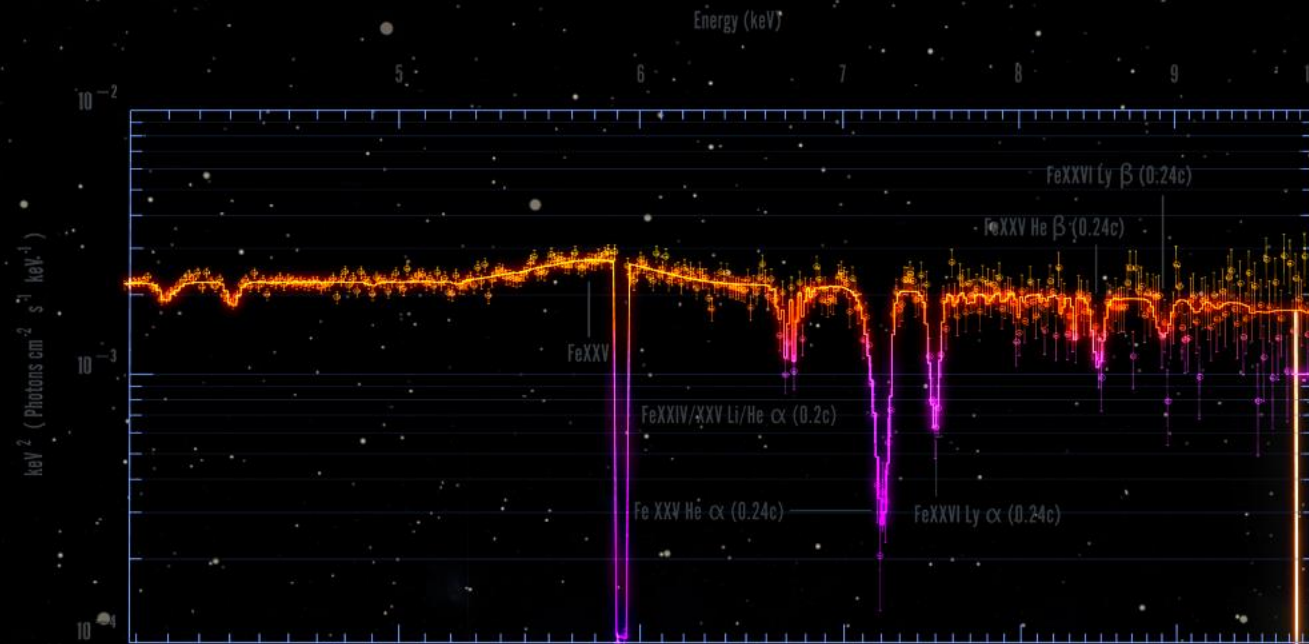




X-ray Integral Field Unit (X-IFU)

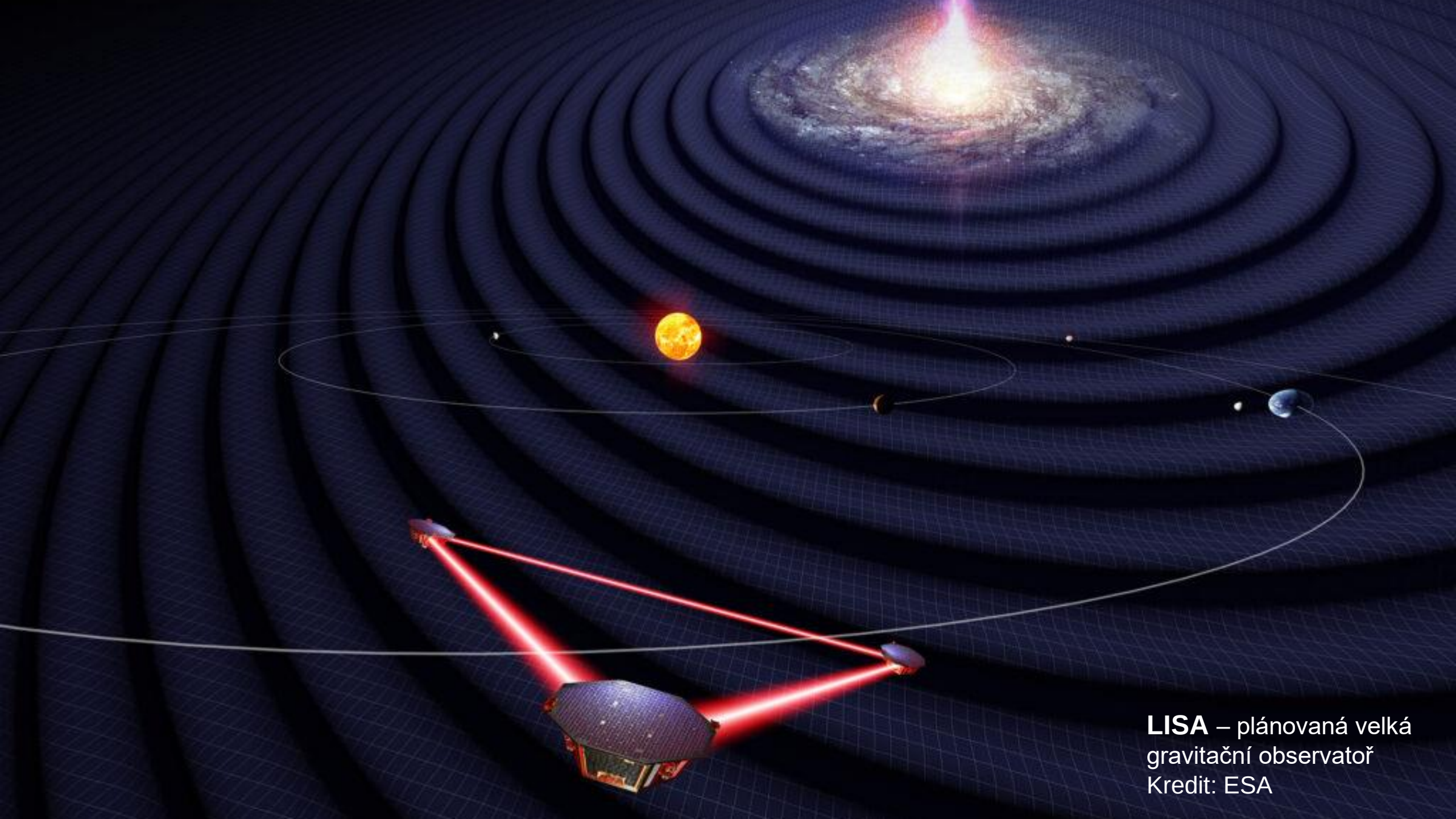
- mezinárodní konsorcium vedené Francií
- ČR: podíl na vědecké přípravě a vývoji elektroniky (Astronomický ústav + Ústav fyziky atmosféry AV ČR)

Athena – plánovaná velká rentgenová observatoř ESA
Kredit: ESA



X-IFU

- detektor chlazený na 50mK ($-273,1^\circ\text{C}$)
- přilet rtg fotonu uvolní teplo, které naruší supravodivý režim
- z náhlého nárůstu odporu se přesně změří energie fotonu
- přístroj dosáhne bezprecedentní spektrální rozlišení v rtg oboru
- část vyčítací elektroniky bude české výroby

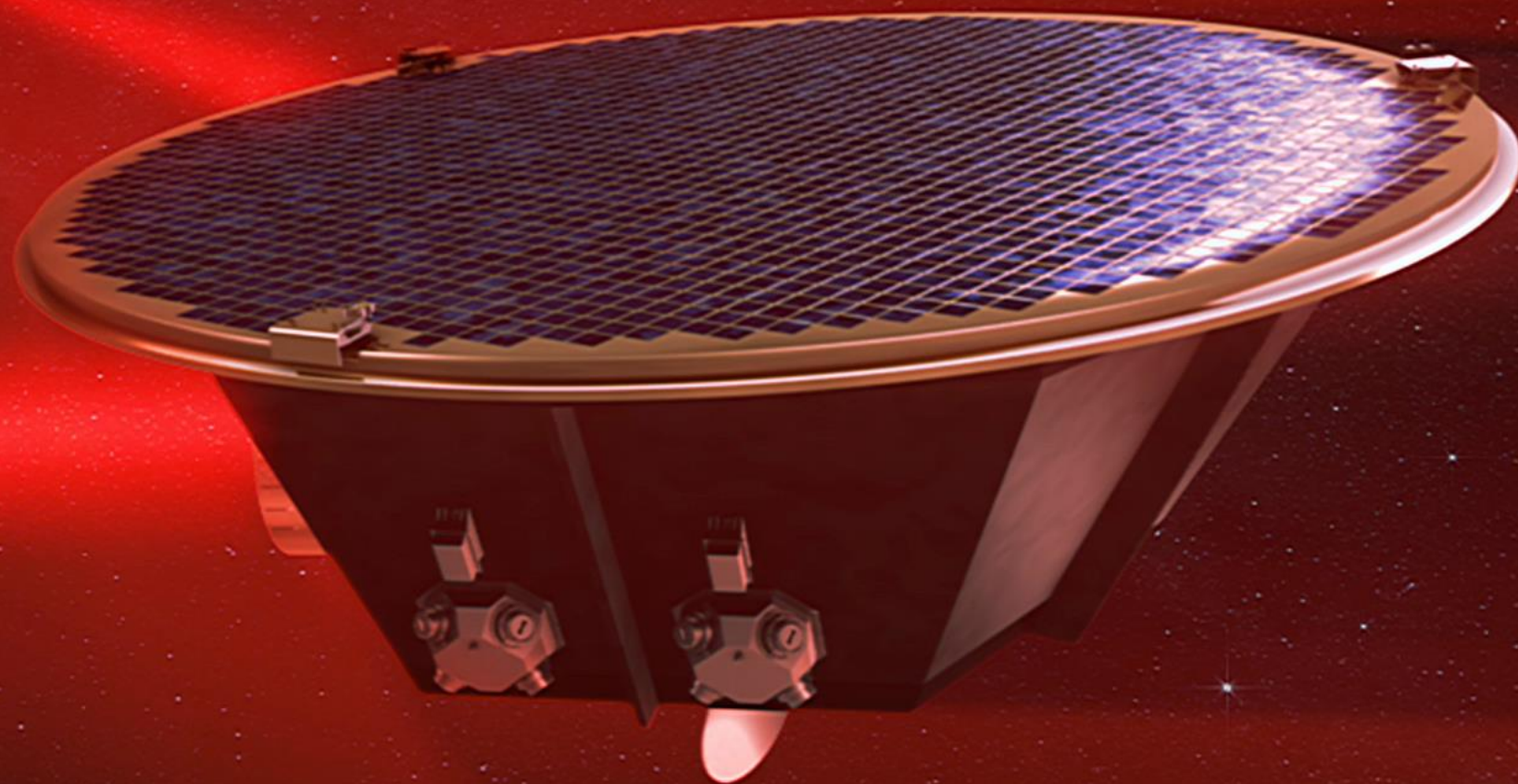
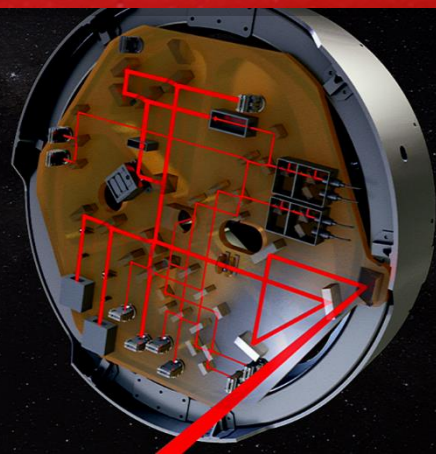


LISA – plánovaná velká
gravitační observatoř
Kredit: ESA

LISA

- laserový svazek se musí trefit na **vzdálenost 2,5 milionů km**
- **ESA + NASA + JAXA +** mezinárodní konsorcium vedené Německem
- ČR : mechanismy na optickou lavici pro výběr zdroje laserového svazku
- 4 ústavy AV ČR:
 - Astronomický ústav
 - Fyzikální ústav
 - Ústav fyziky atmosféry
 - Ústav termomechaniky

LISA – optická lavice



Závěr

- černé díry patří mezi nejtajemnější objekty ve vesmíru
 - objeveny rentgenovou astronomií
 - při vzájemných srážkách uvolňují gravitační vlny
 - podle hmotnosti je dělíme na:
 - stelární (vzniklé kolapsem těžkých hvězd)
 - superhmotné černé díry v centrech galaxií
 - **původ superhmotných černých děr odhalí dvě plánované velké kosmické mise ESA: ATHENA a LISA**

Závěr

- černé díry patří mezi nejtajemnější objekty ve vesmíru
 - objeveny rentgenovou astronomií
 - při vzájemných srážkách uvolňují gravitační vlny
 - podle hmotnosti je dělíme na:
 - stelární (vzniklé kolapsem těžkých hvězd)
 - superhmotné černé díry v centrech galaxií
 - původ superhmotných černých děr odhalí dvě plánované velké kosmické mise ESA: ATHENA a LISA
 - **ČR součástí obou projektů!**

Athena

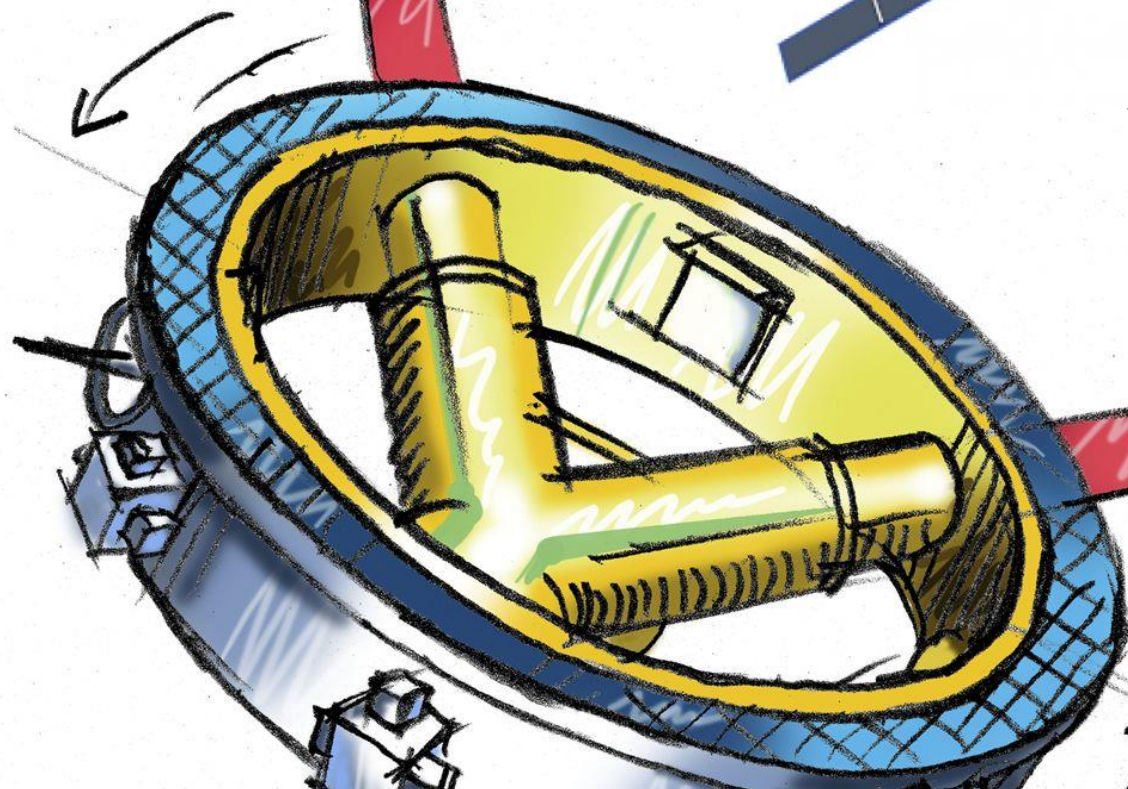


2021

2031

2034

Děkuji Vám za
pozornost!!!



Lisa