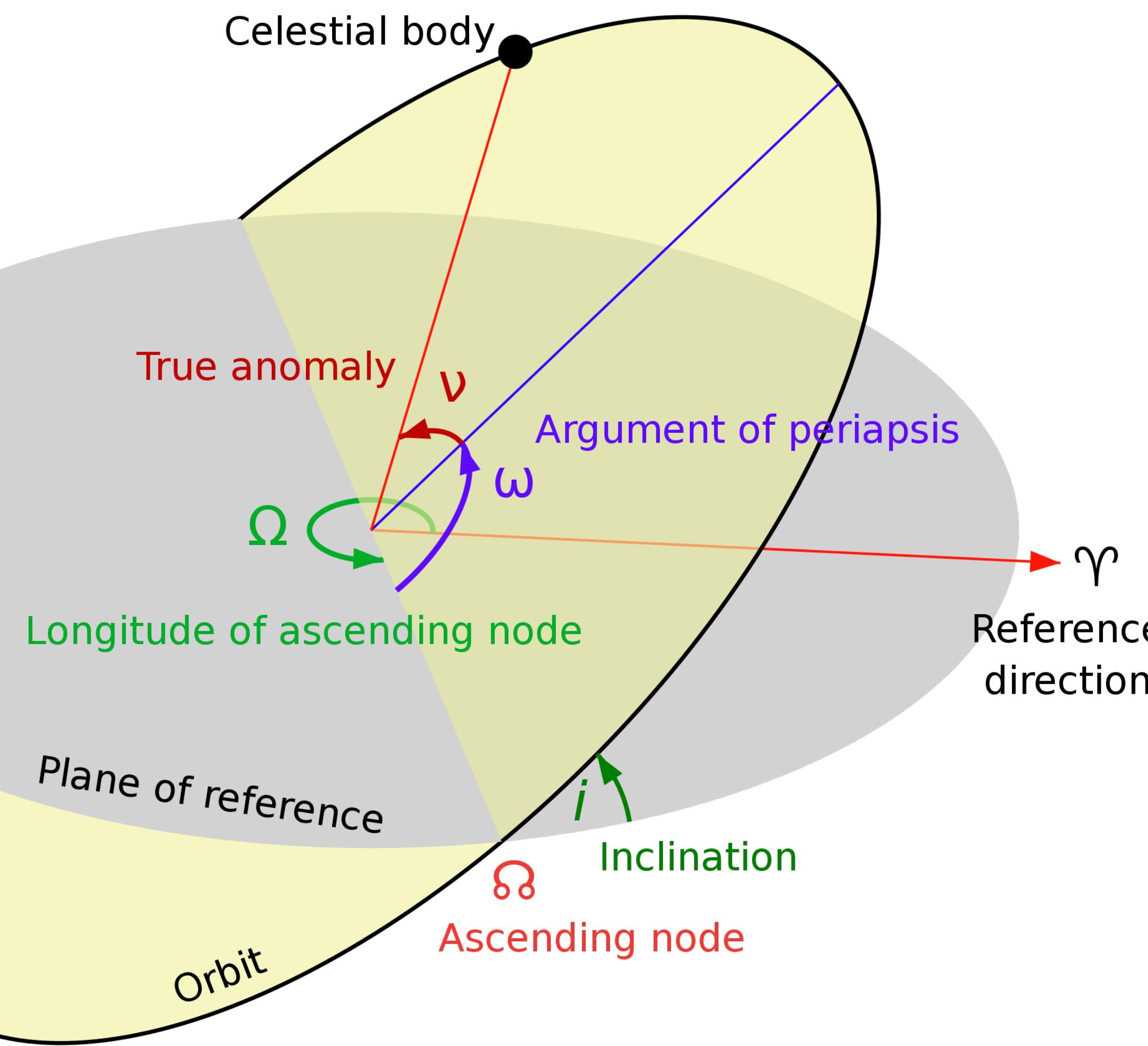


Обработка и анализ рентгеновских астрофизических данных на Python

Лекция 2: двойные системы

5.10.2022

Двойные звезды



$\geq 50\%$ звезд входят в двойные и кратные системы

Наблюдение таких систем позволяет определить

массы компонентов

Движение определяется 7 параметрами:

$M_1, M_2, a_1 + a_2 = a, e$ (экцентризитет),

i (наклонение орбиты), T_a (угол восходящего узла),

ω (долгота перигея)

Двойные звезды

Из третьего закона Кеплера :

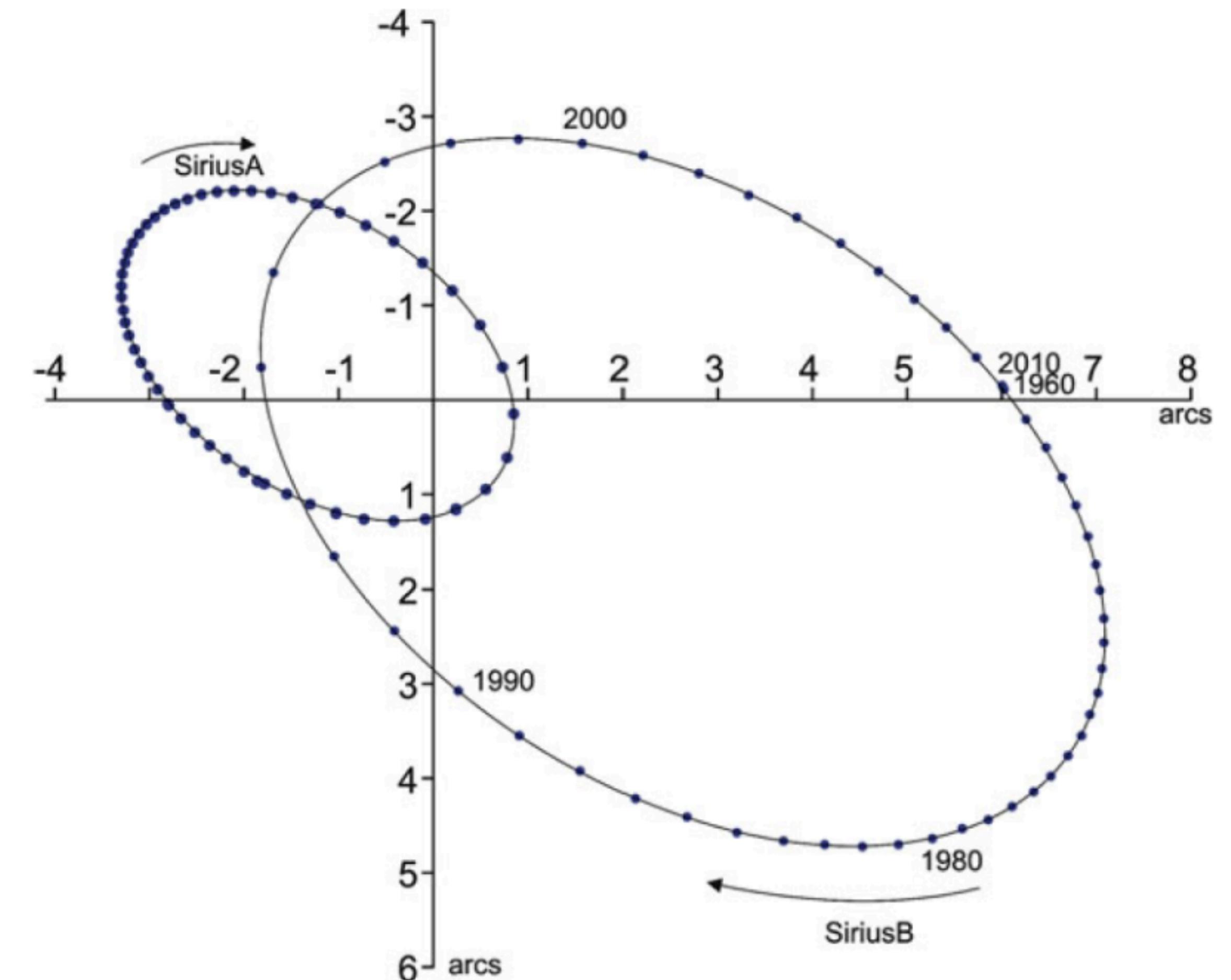
$$P = 2\pi \left[\frac{a^3}{G(M_1 + M_2)} \right]^{1/2}$$

Визуально-двойные звезды

Звезды видны по отдельности

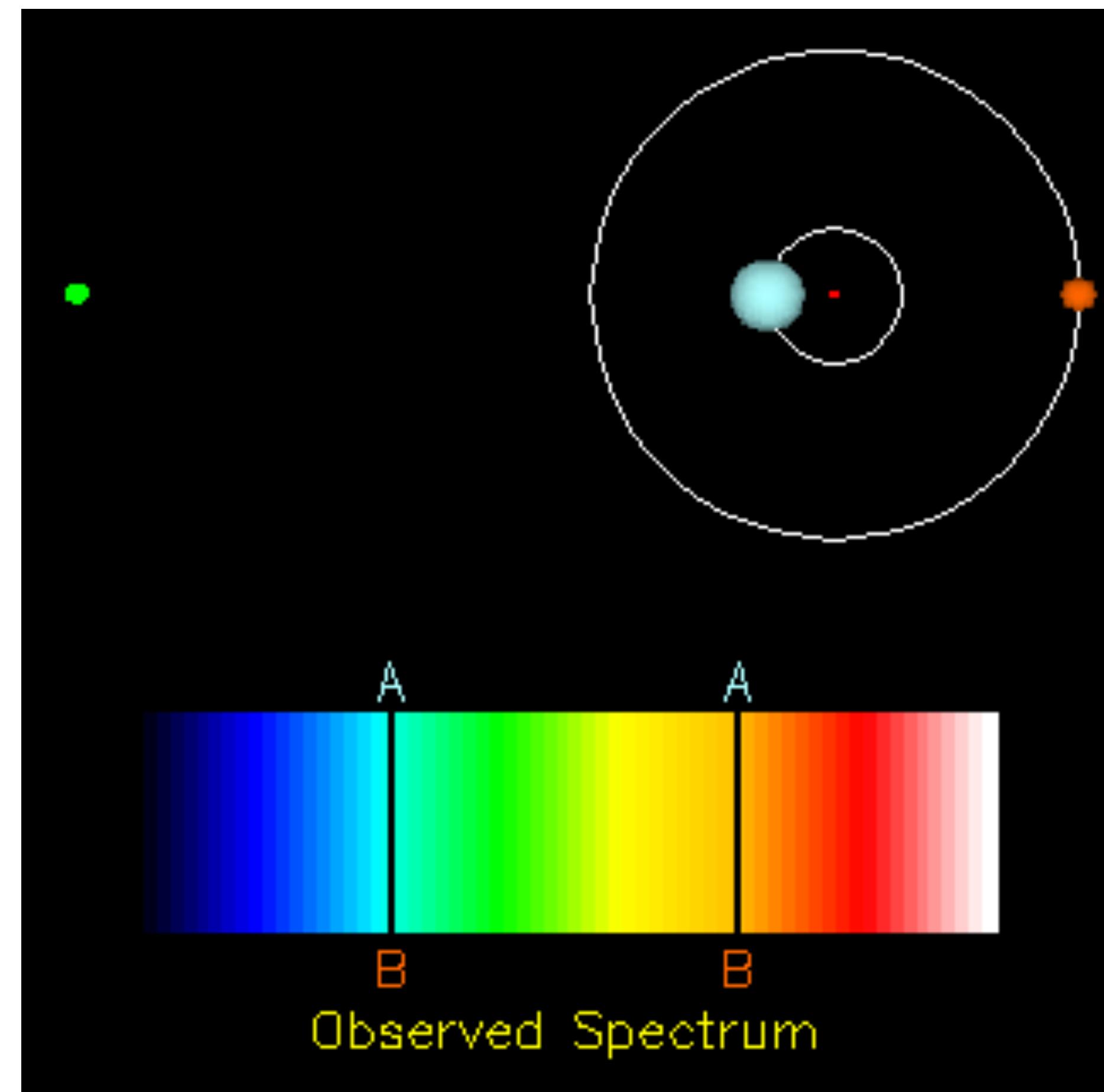
Можно по наблюдениям определить
орбиты и оценить массы

Например, Sirius A и Sirius B



Спектрально-двойные звезды

Звезды не удается визуально различить, но видны периодически смещающиеся спектральные линии звезд из-за эффекта Доплера



Лучевые скорости (radial velocities)

$$\frac{a}{a_1} = \frac{M_1 + M_2}{M_2}$$

$$V_{r1} = V_{o1} \sin i = \frac{2\pi}{P} a_1 \sin i = \frac{2\pi}{P} \frac{M_2}{M_1 + M_2} a \sin i$$

$$P = 2\pi \left[\frac{a^3}{G(M_1 + M_2)} \right]^{1/2} \Rightarrow V_{r1}^3 = \frac{2\pi G}{P} \frac{(M_2 \sin i)^3}{(M_1 + M_2)^2}$$

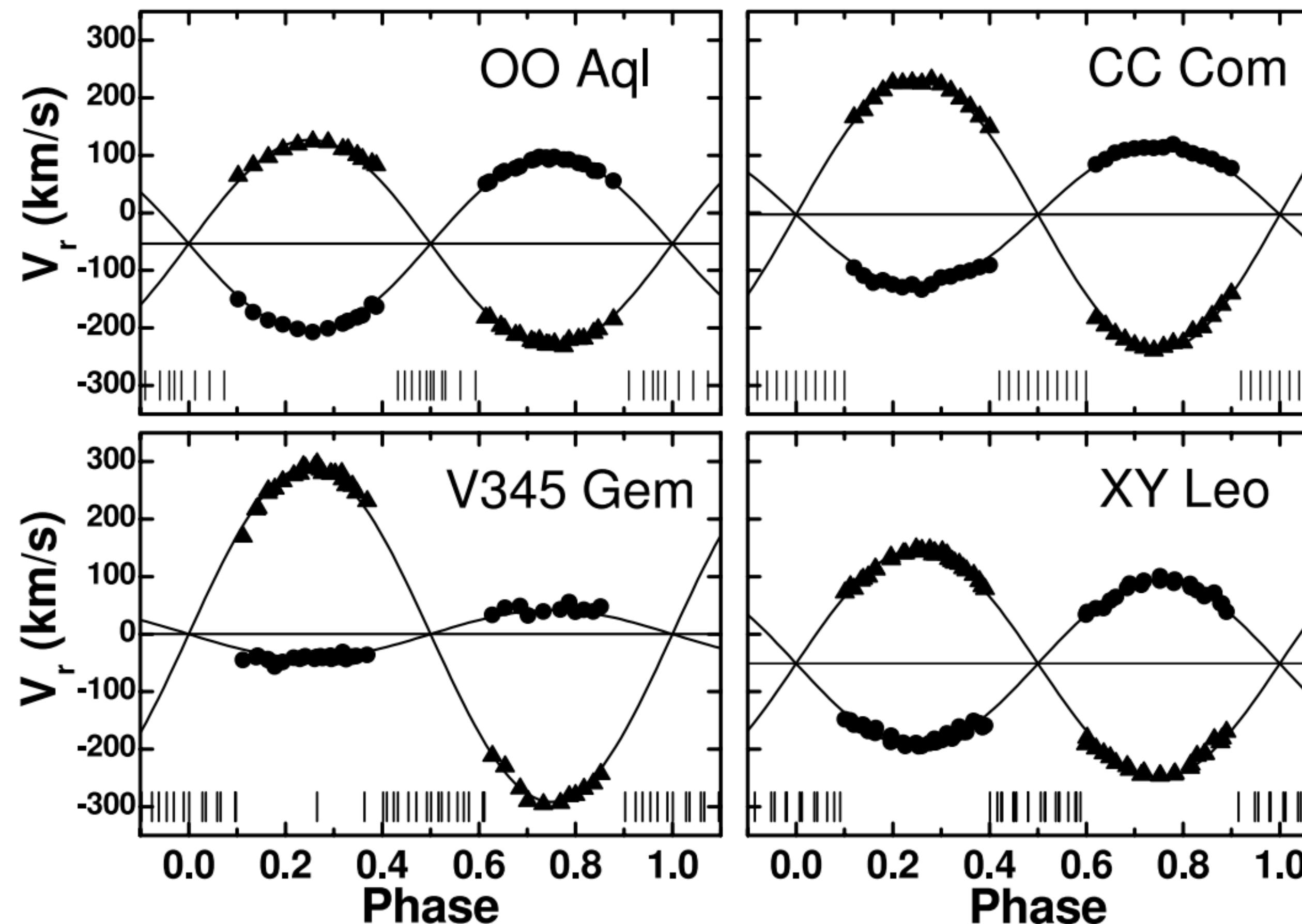
$$f(M_2) = \frac{PV_{r1}^3}{2\pi G} = \frac{(M_2 \sin i)^3}{(M_1 + M_2)^2}$$

- функция масс звезды с массой M_2

$$\frac{f(M_2)}{M_2} = \frac{M_2^2}{(M_1 + M_2)^2} \sin^3 i \leq 1$$

- нижний предел массы M_2

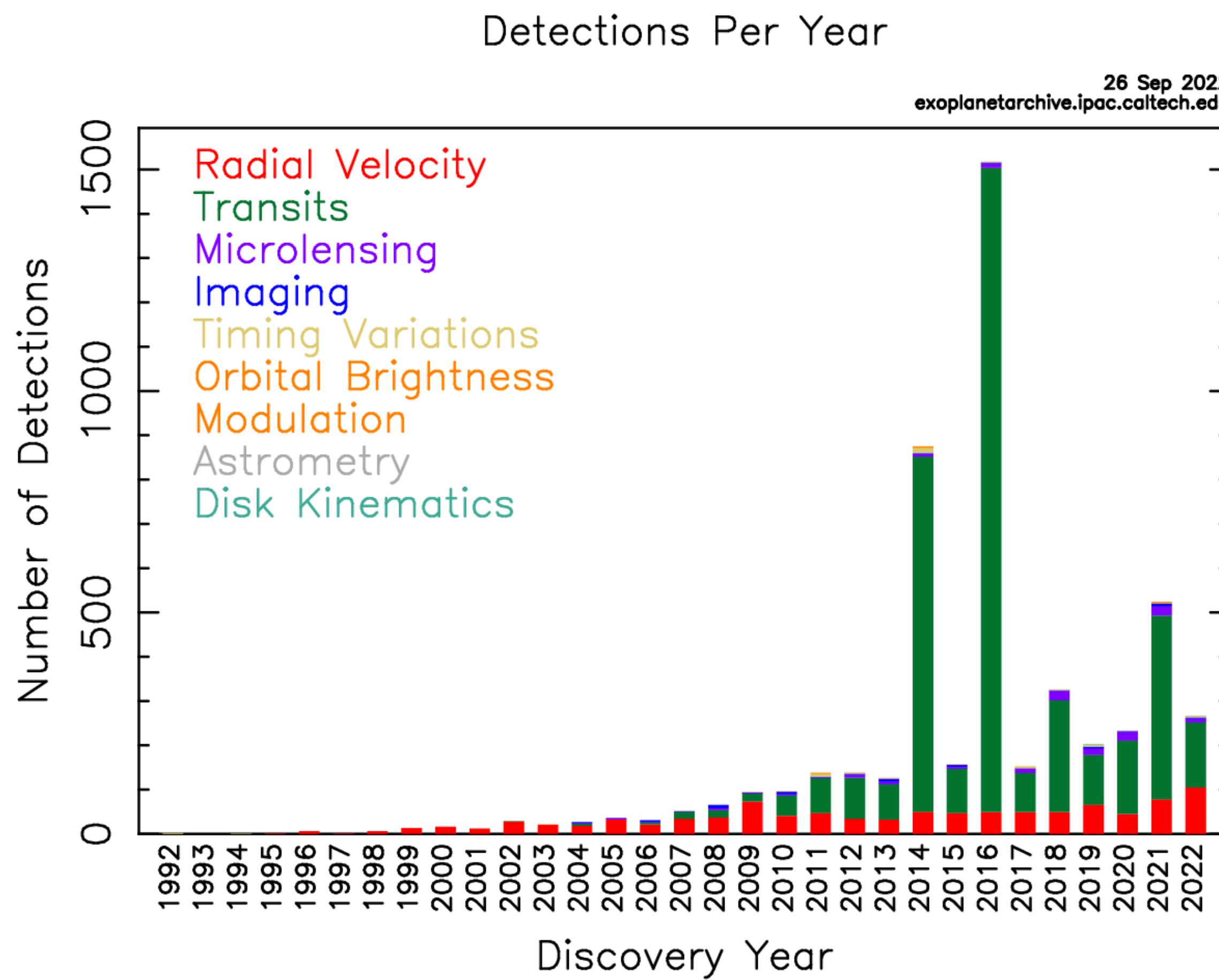
Лучевые скорости (radial velocities)



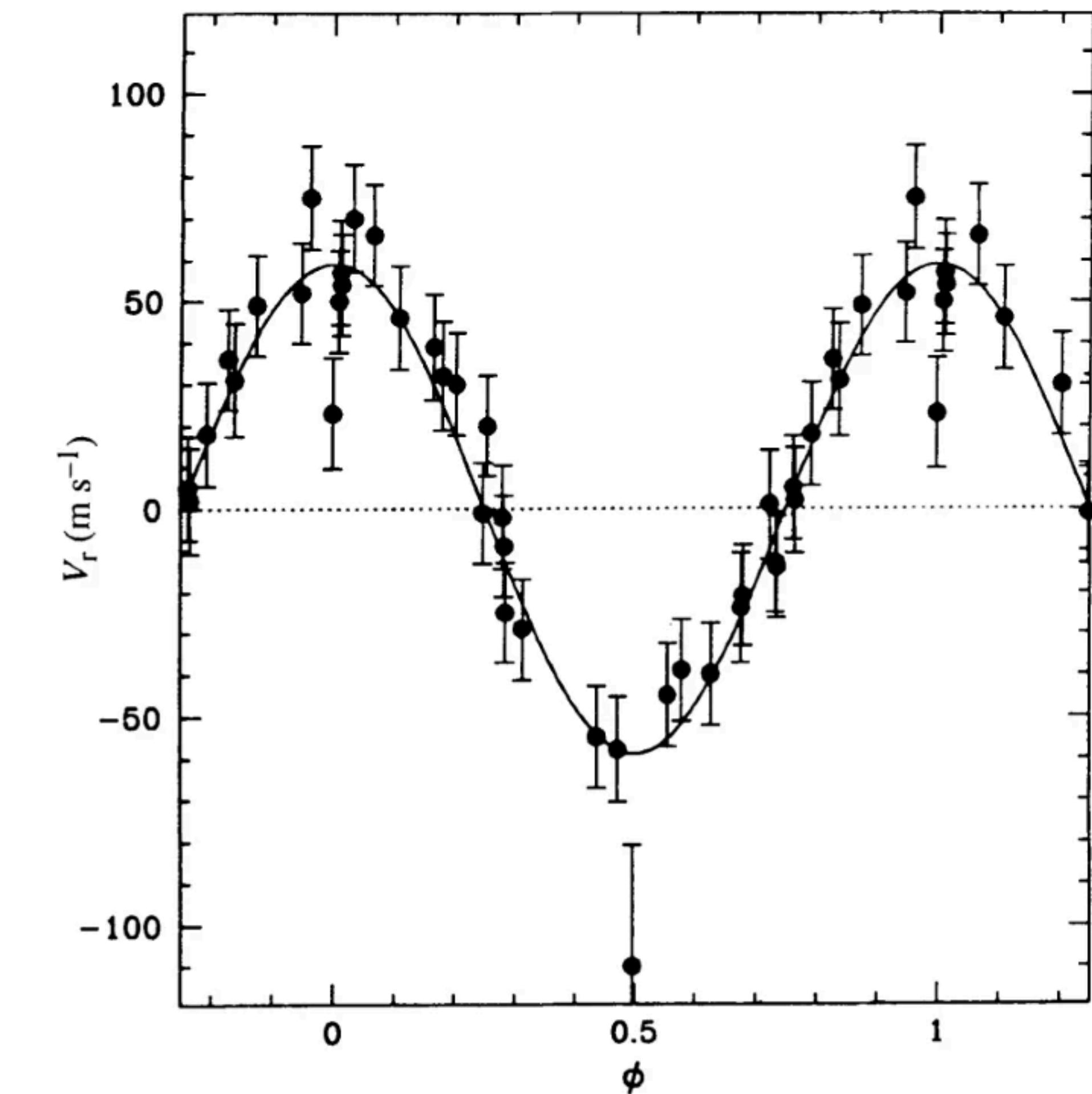
Pribulla et al. 2006
<https://iopscience.iop.org/article/10.1086/512772>

Лучевые скорости (radial velocities)

Можно еще и находить экзопланеты!



<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>



Mayor and Queloz, 1995

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1995Natur.378..355M/abstract>

Приближение Роша

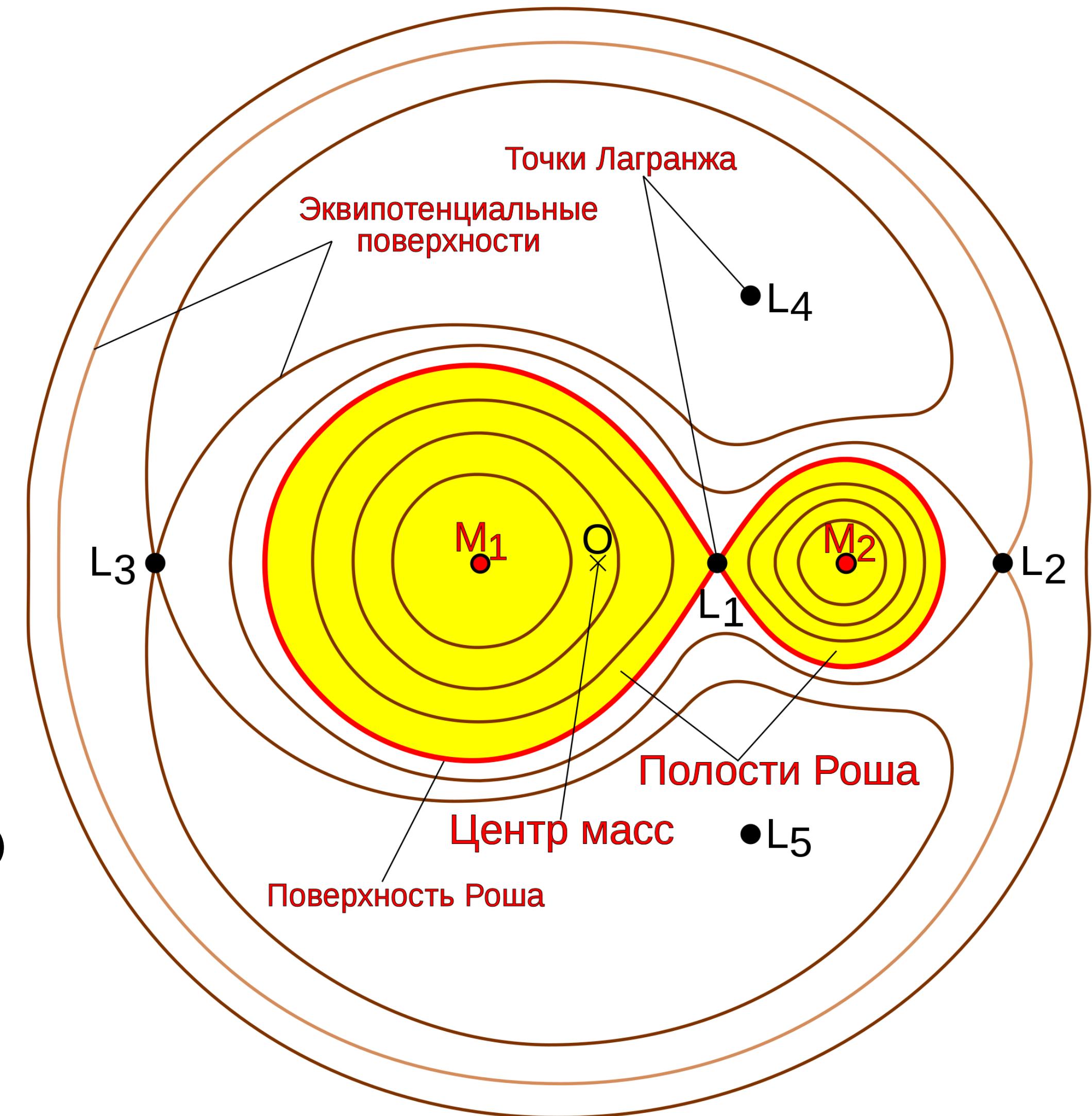
Звезды считаются точечными
массами

Собственными моментами импульса
можно пренебречь по сравнению с
орбитальным

$$\Phi = -\frac{GM_1}{r_1} - \frac{GM_2}{r_2} - \frac{1}{2}\omega^2[(x - \mu a)^2 + y^2]$$

$$r_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, r_2 = \sqrt{(x - a)^2 + y^2 + z^2}, \mu = M_2/(M_1 + M_2)$$

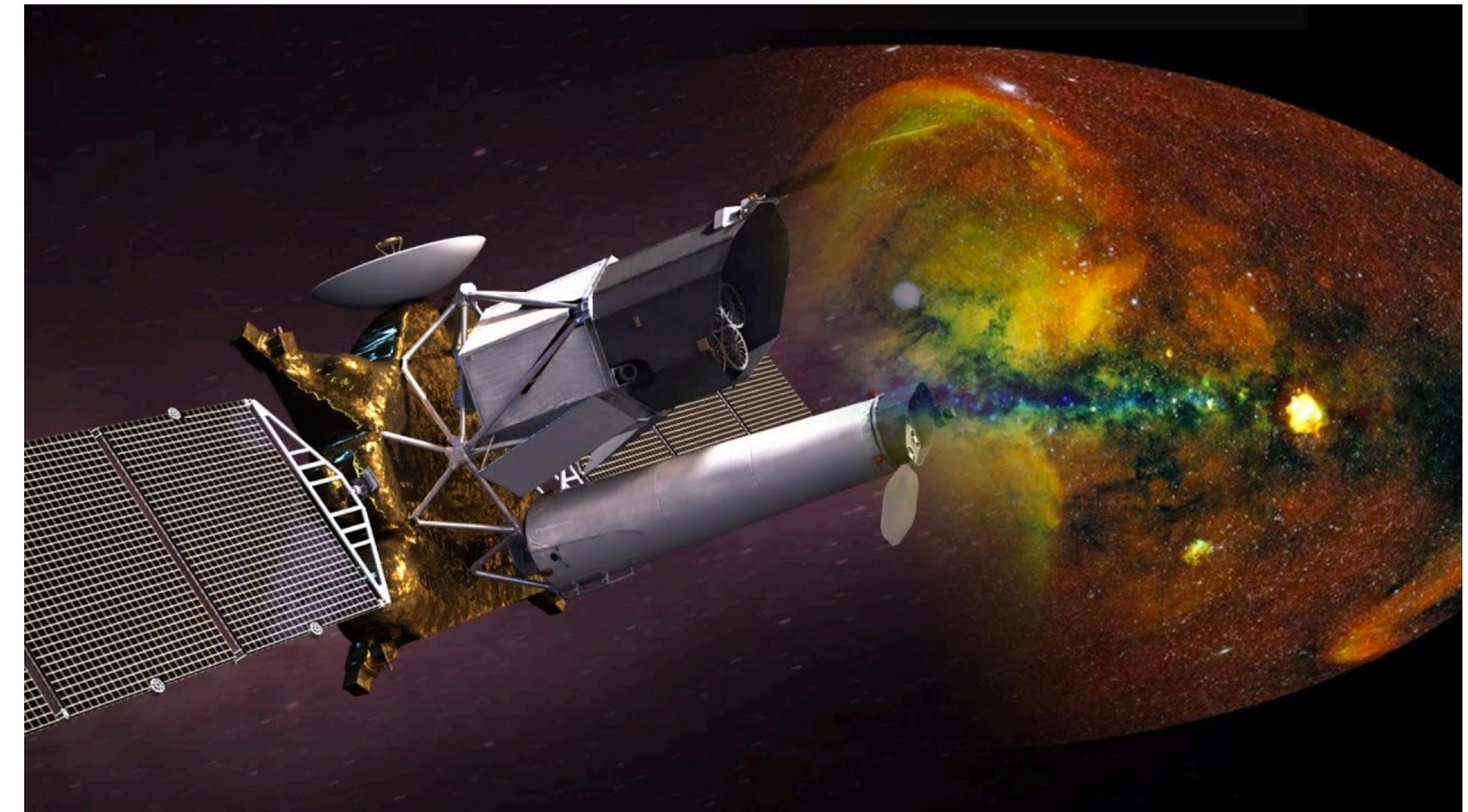
$$\nabla \Phi = 0 \Rightarrow \text{точки Лагранжа}$$



Lagrange point L2

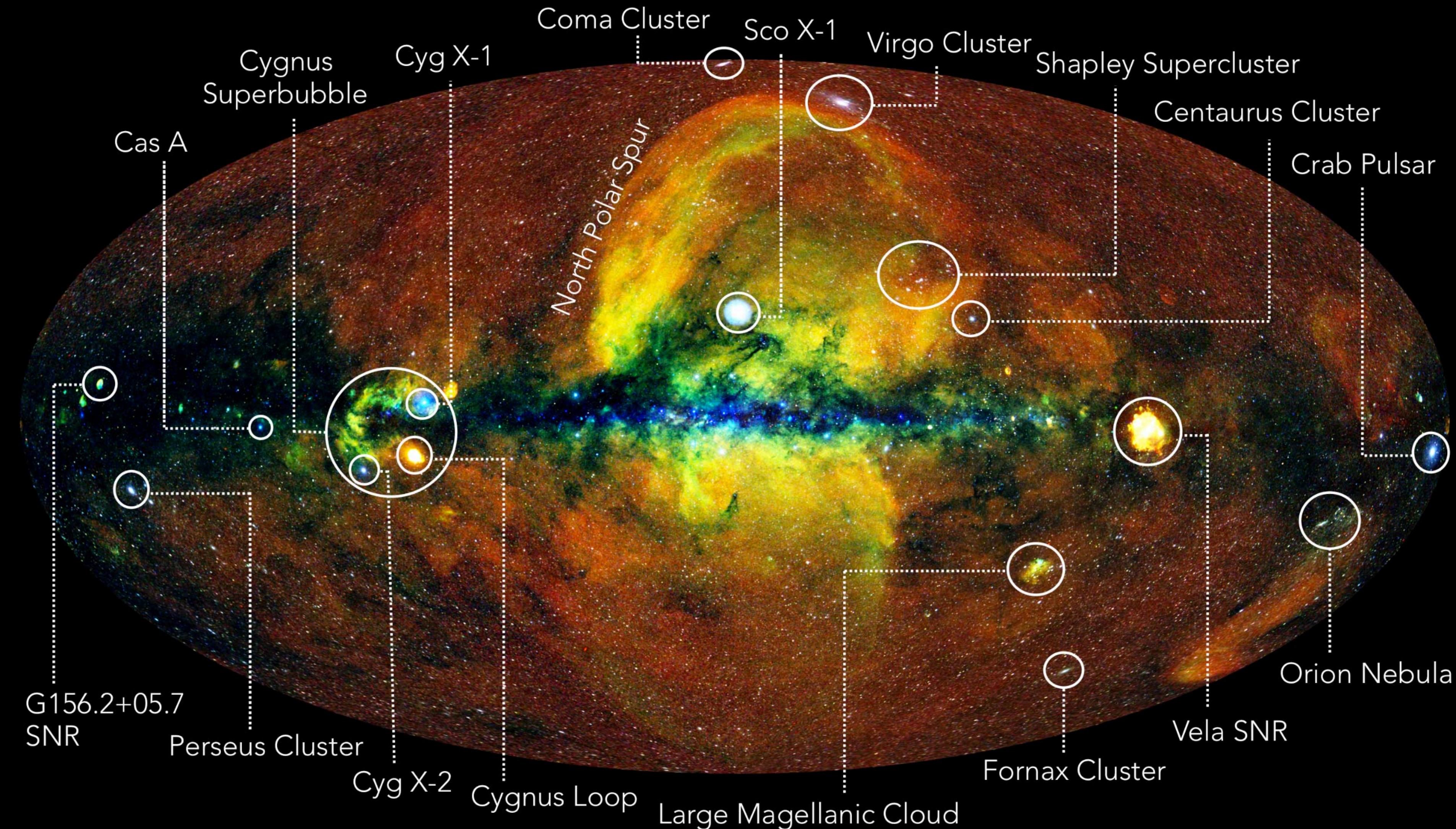


JWST (James Webb Space Telescope)



Спектр Рентген-Гамма

Navigating the eROSITA X-ray sky

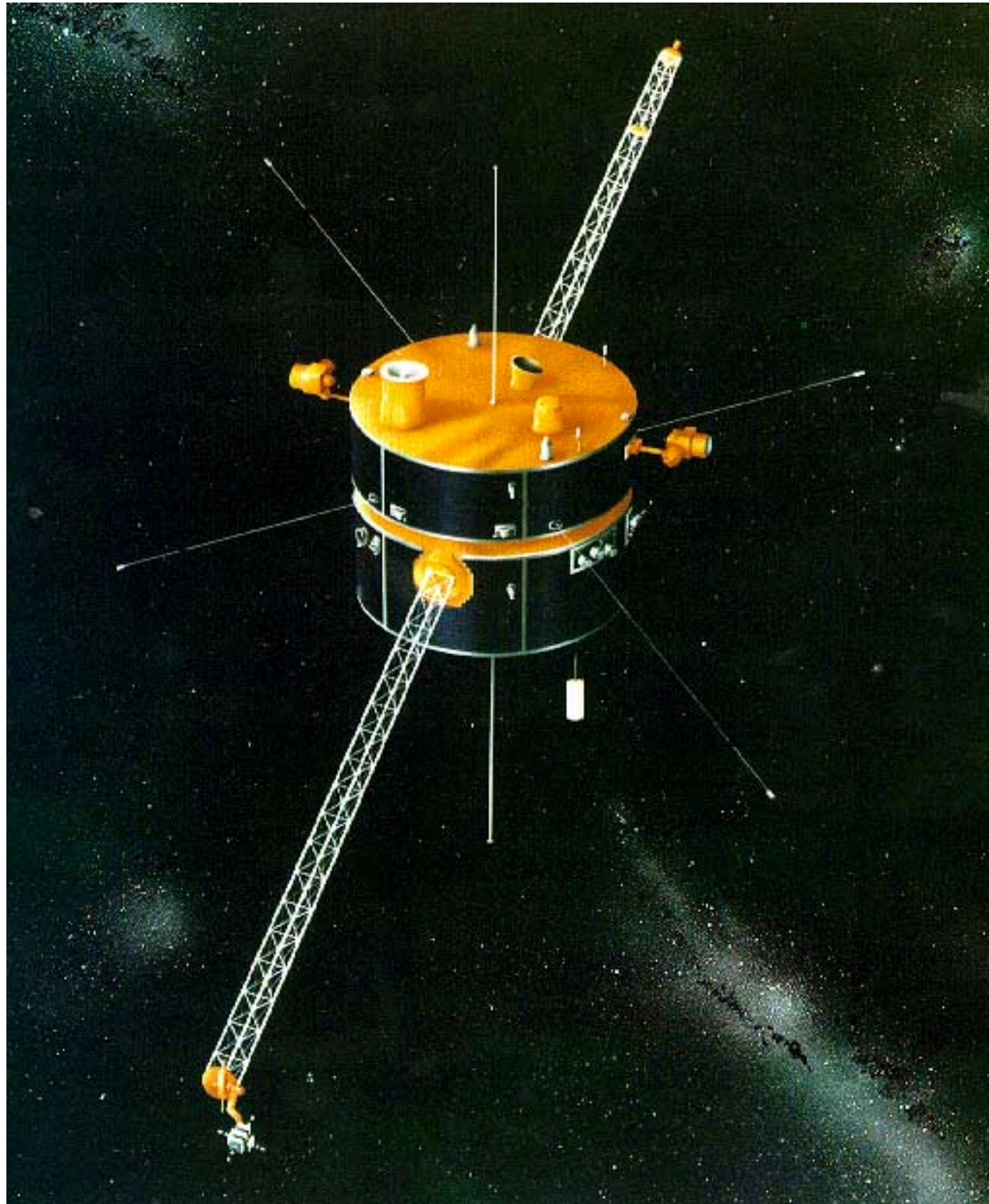


IKI

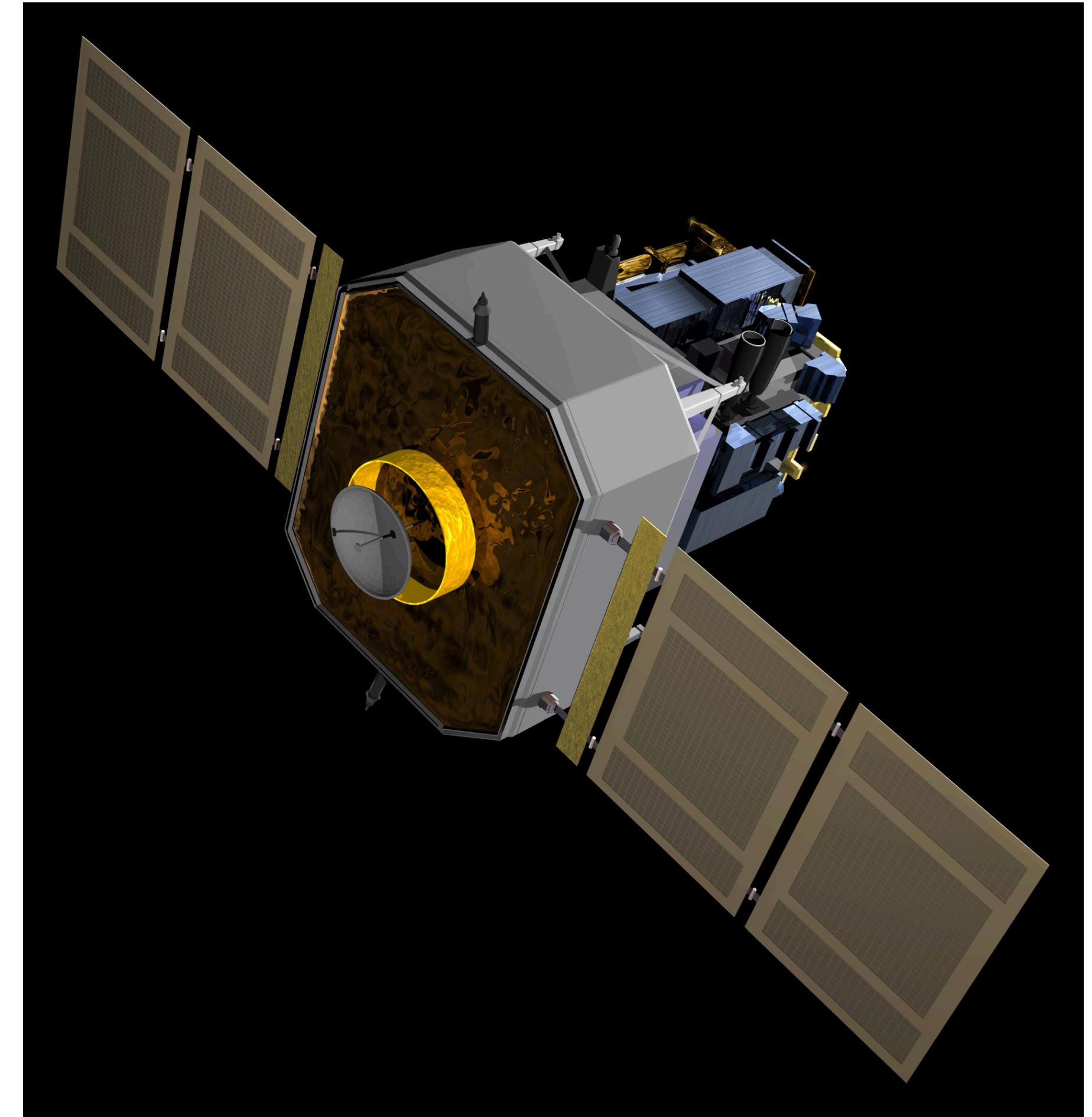
SRG/eROSITA 0.3-2.3 keV - RGB Map

MPE

Lagrange point L1



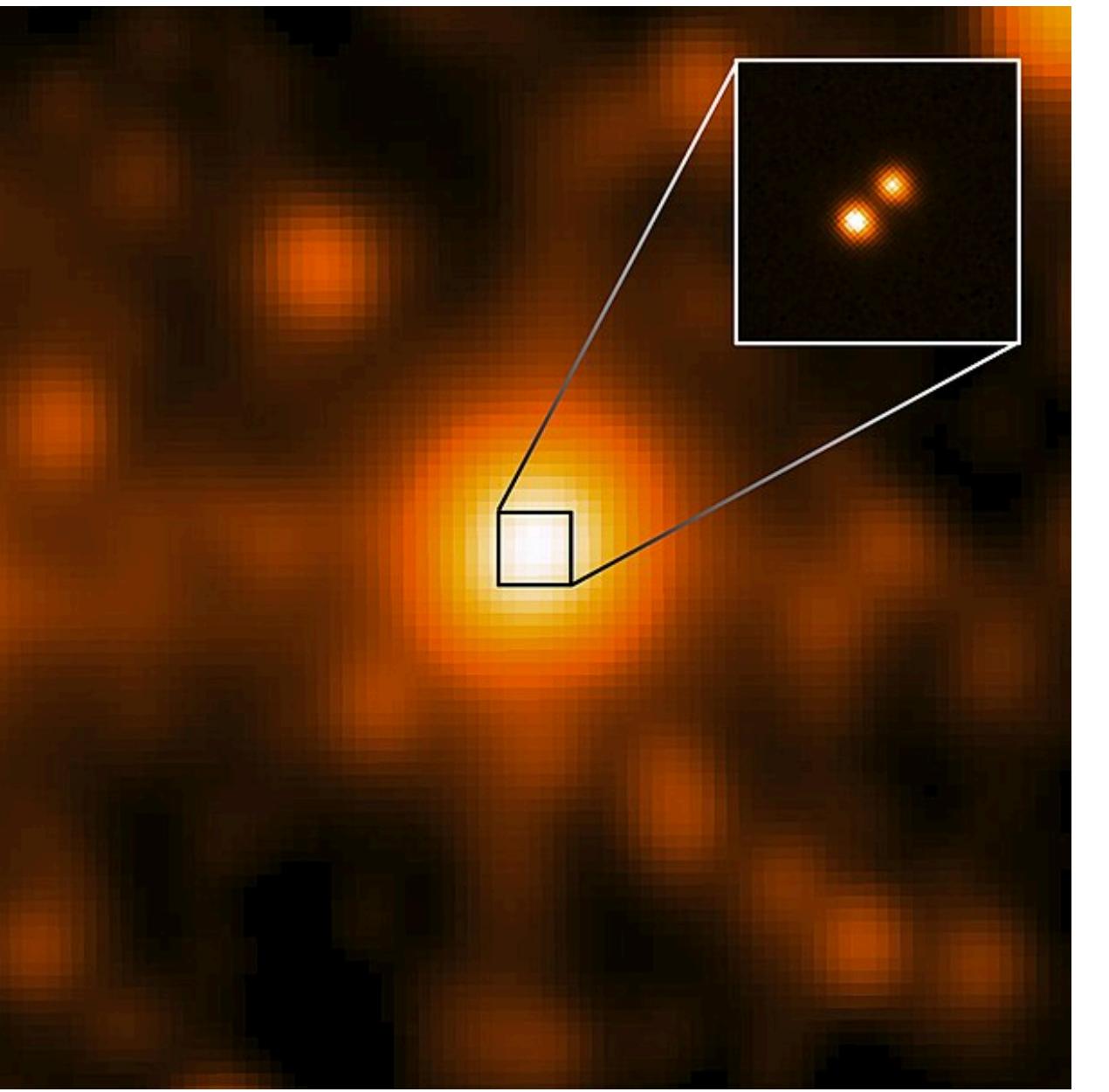
Wind



SOHO (Solar and Heliospheric Observatory)

Типы двойных звезд

- разделенные двойные системы



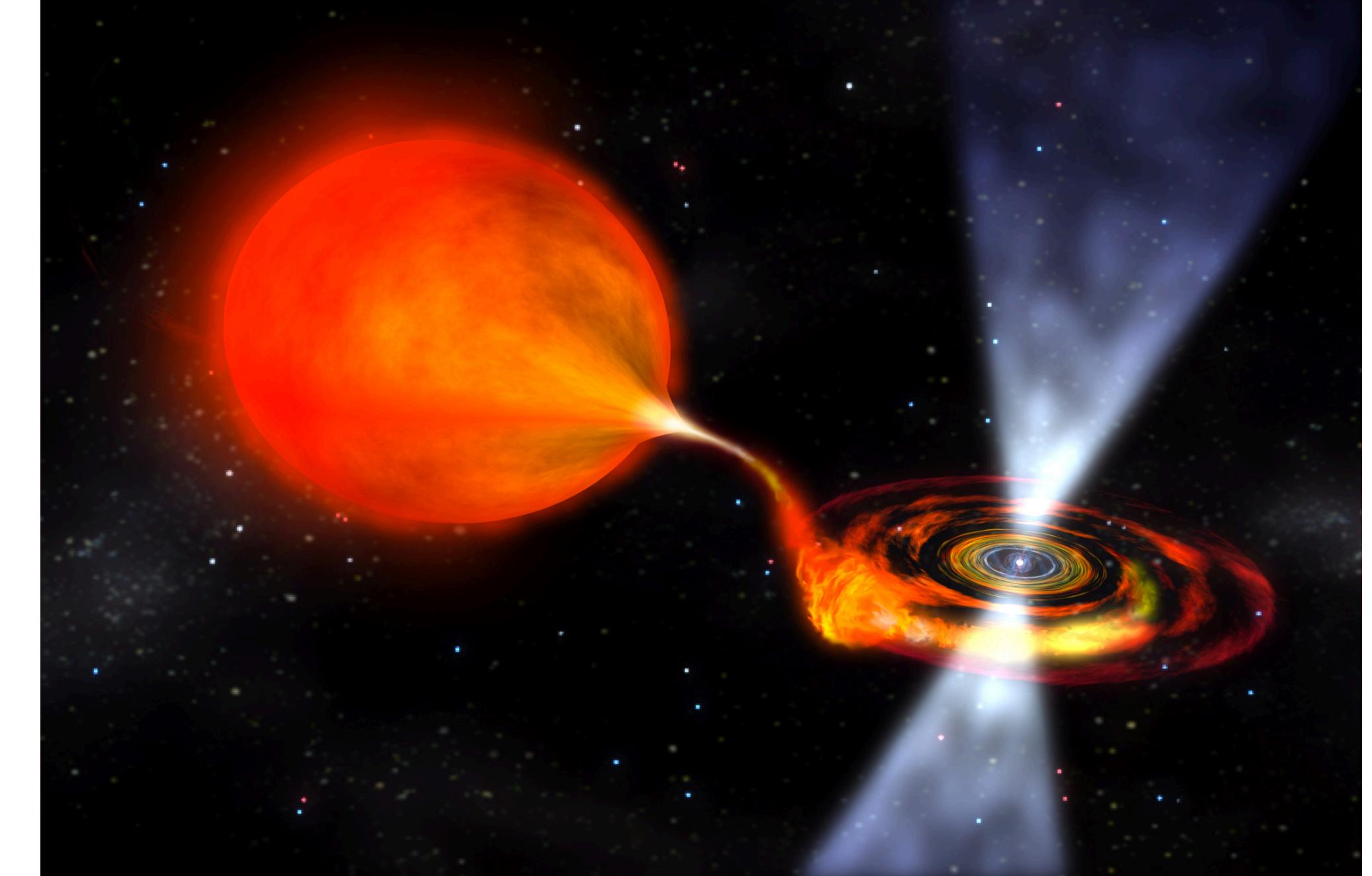
Luhman 16, два коричневых карлика



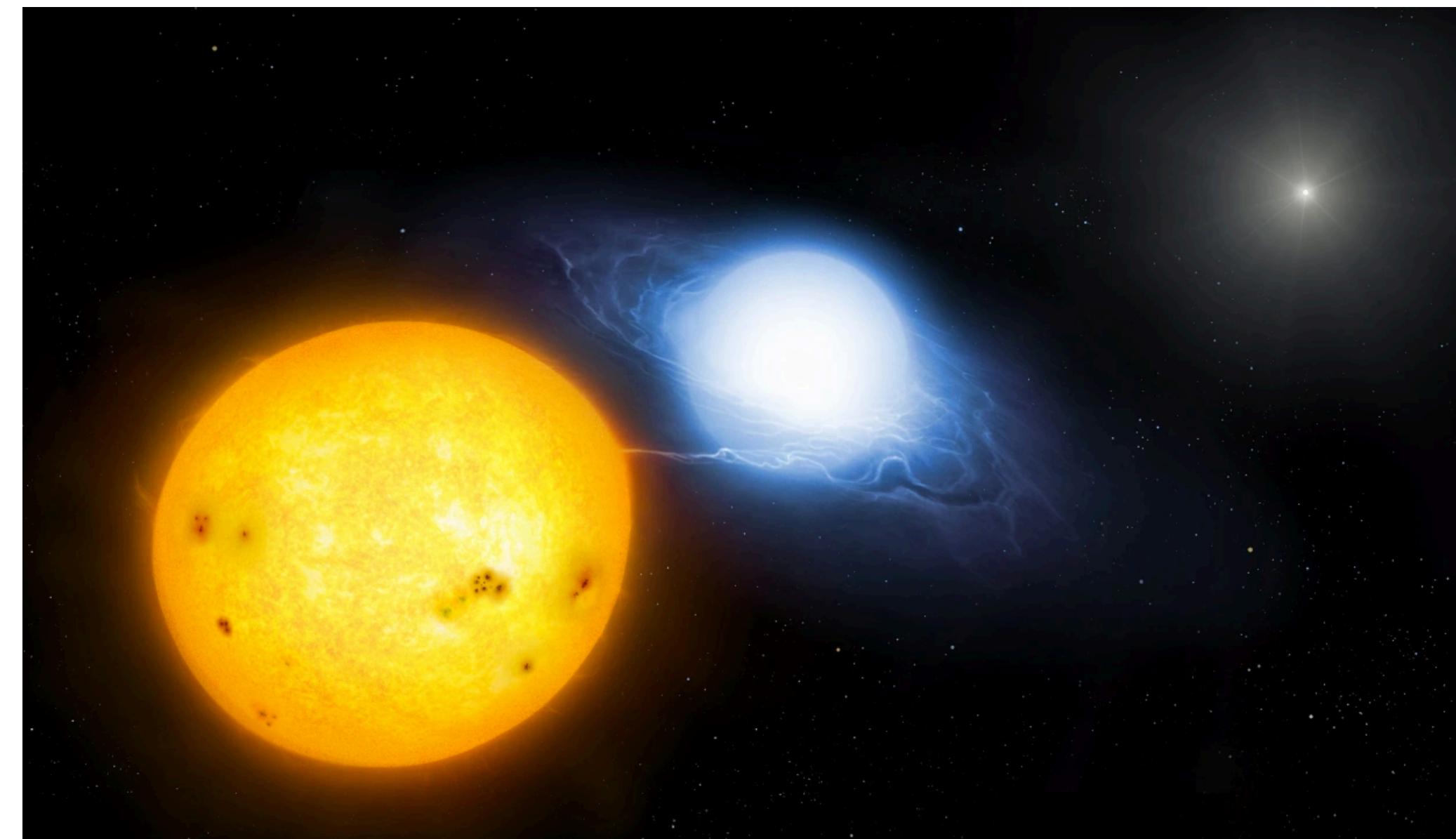
Albireo

Типы двойных звезд

- разделенные двойные системы
- полуразделенные



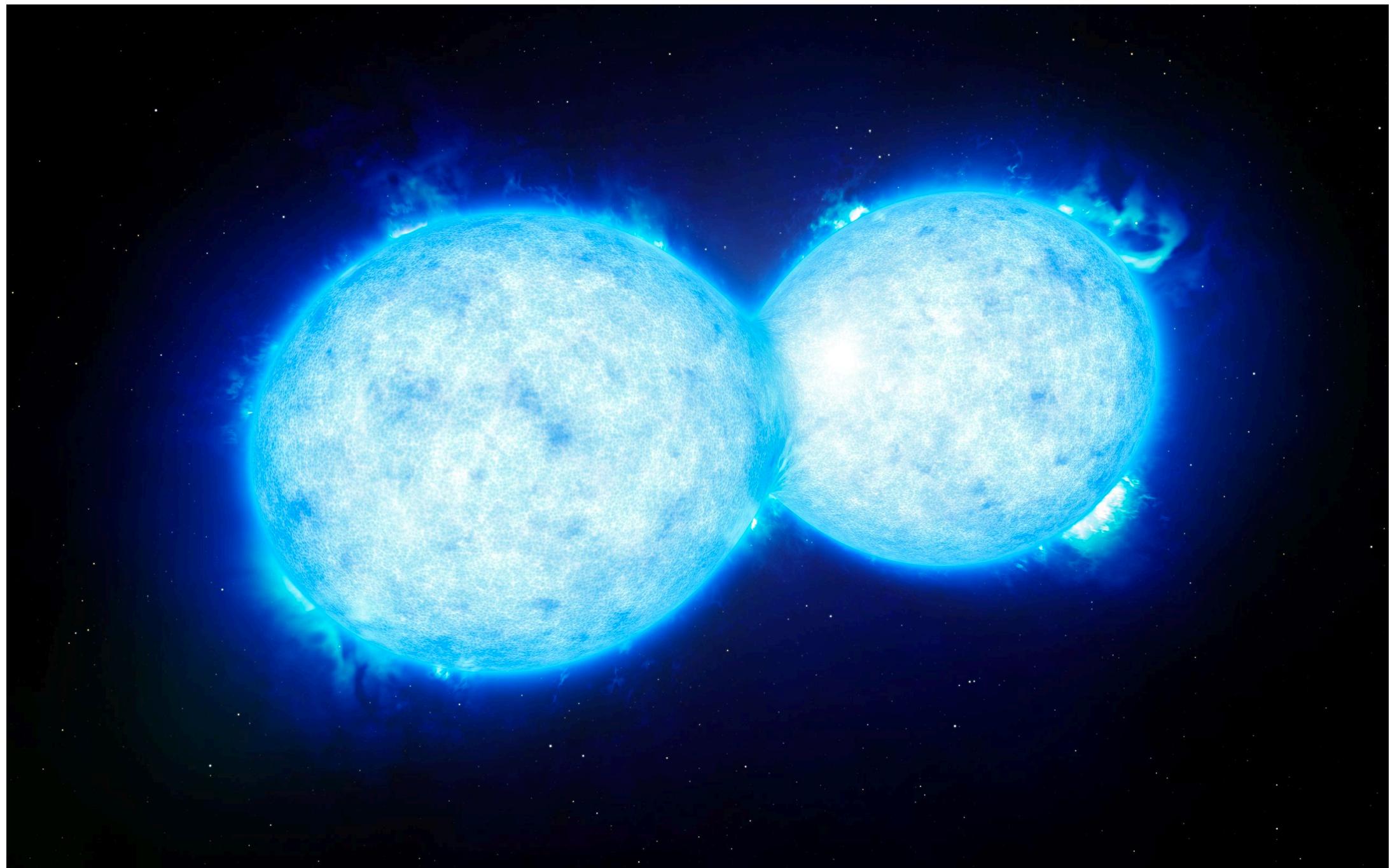
X-ray binary



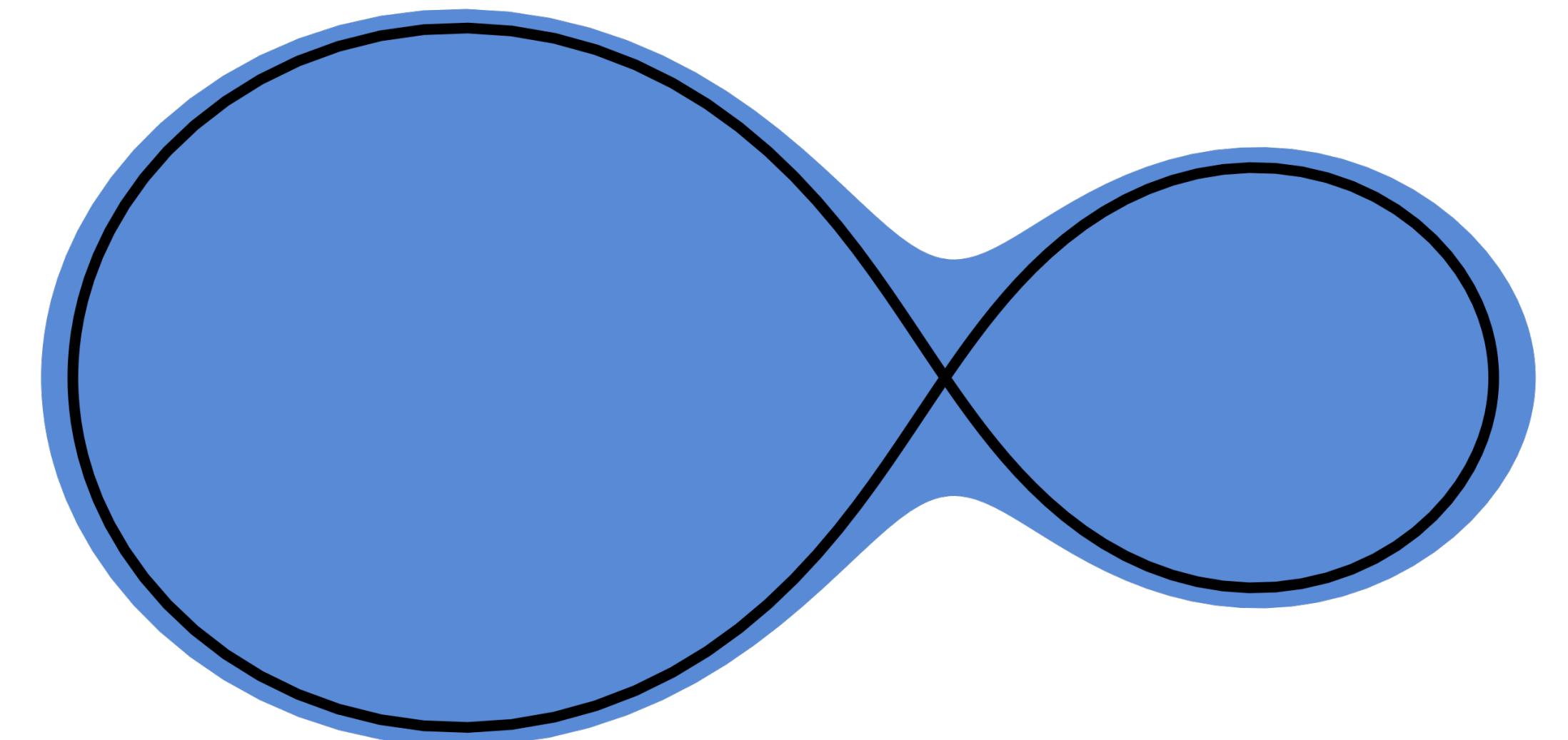
Algol binary (Algol paradox)

Типы двойных звезд

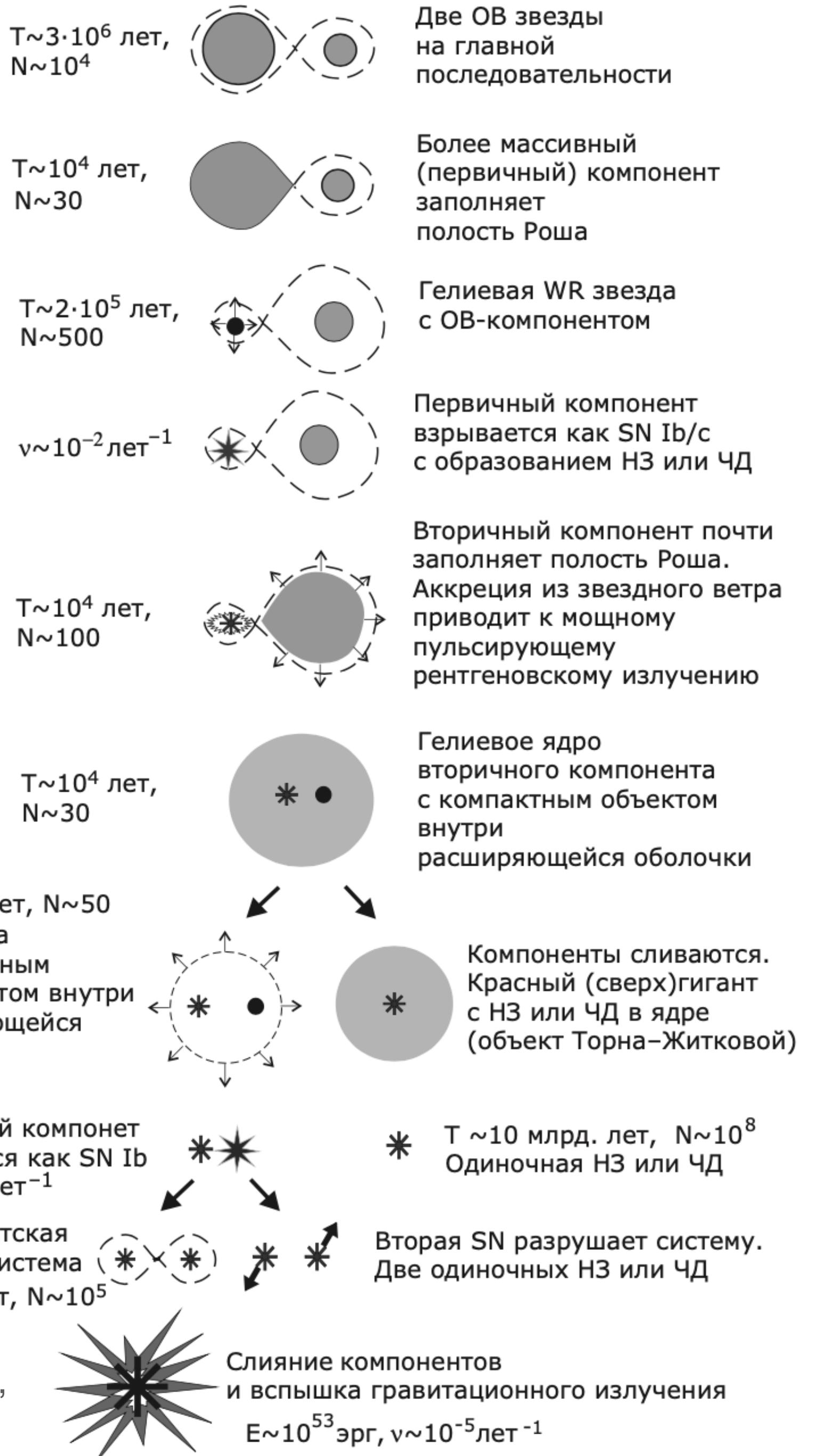
- разделенные двойные системы
- полуразделенные
- контактные



VFTS 352 in LMC



Эволюция двойной системы



Некоторые подклассы двойных систем

Катализмические переменные (CV)

Рентгеновские двойные системы:

-маломассивные (LMXB)

-массивные (HMXB)

Рентгеновские барстеры (X-ray bursters)

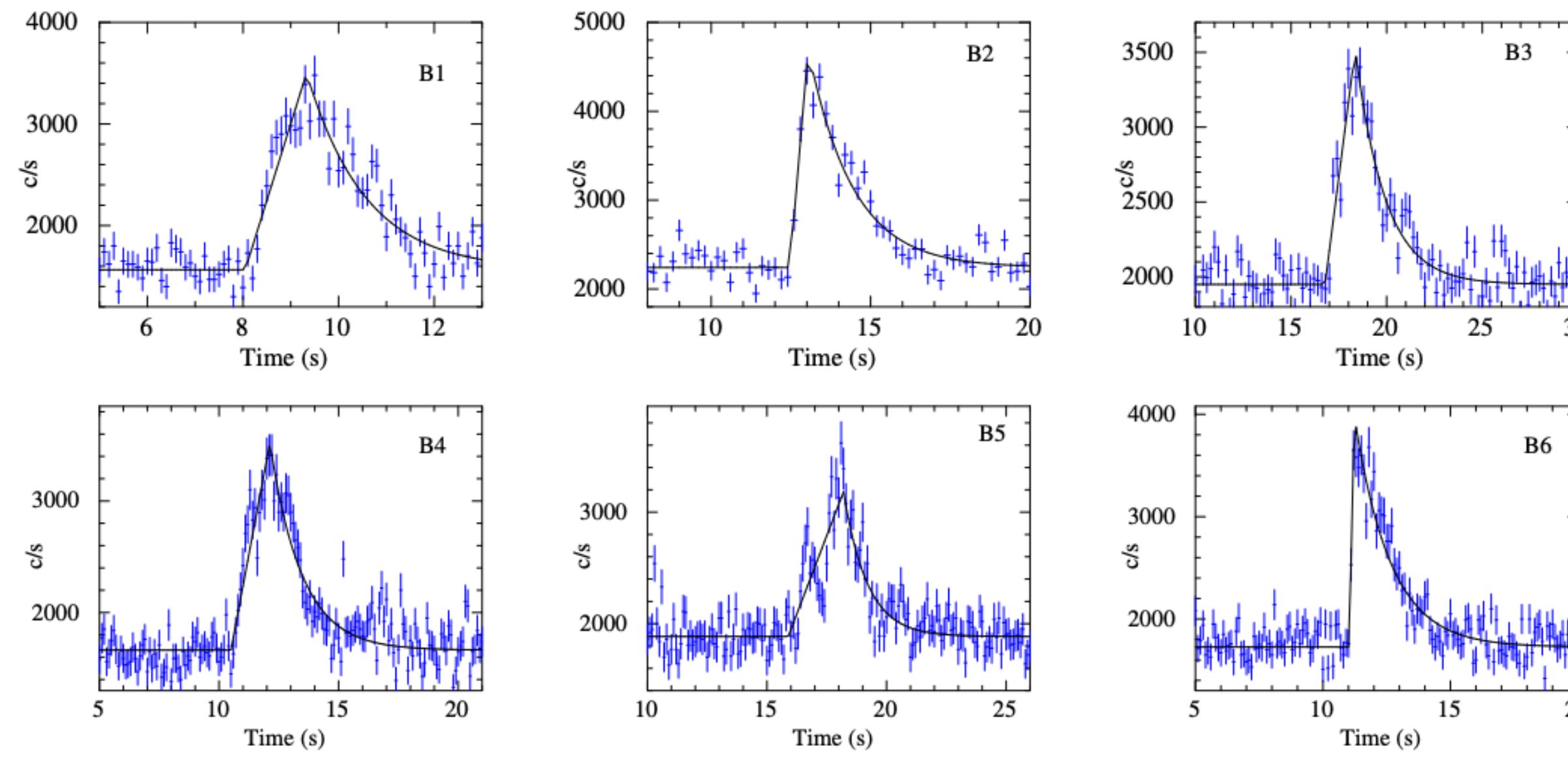
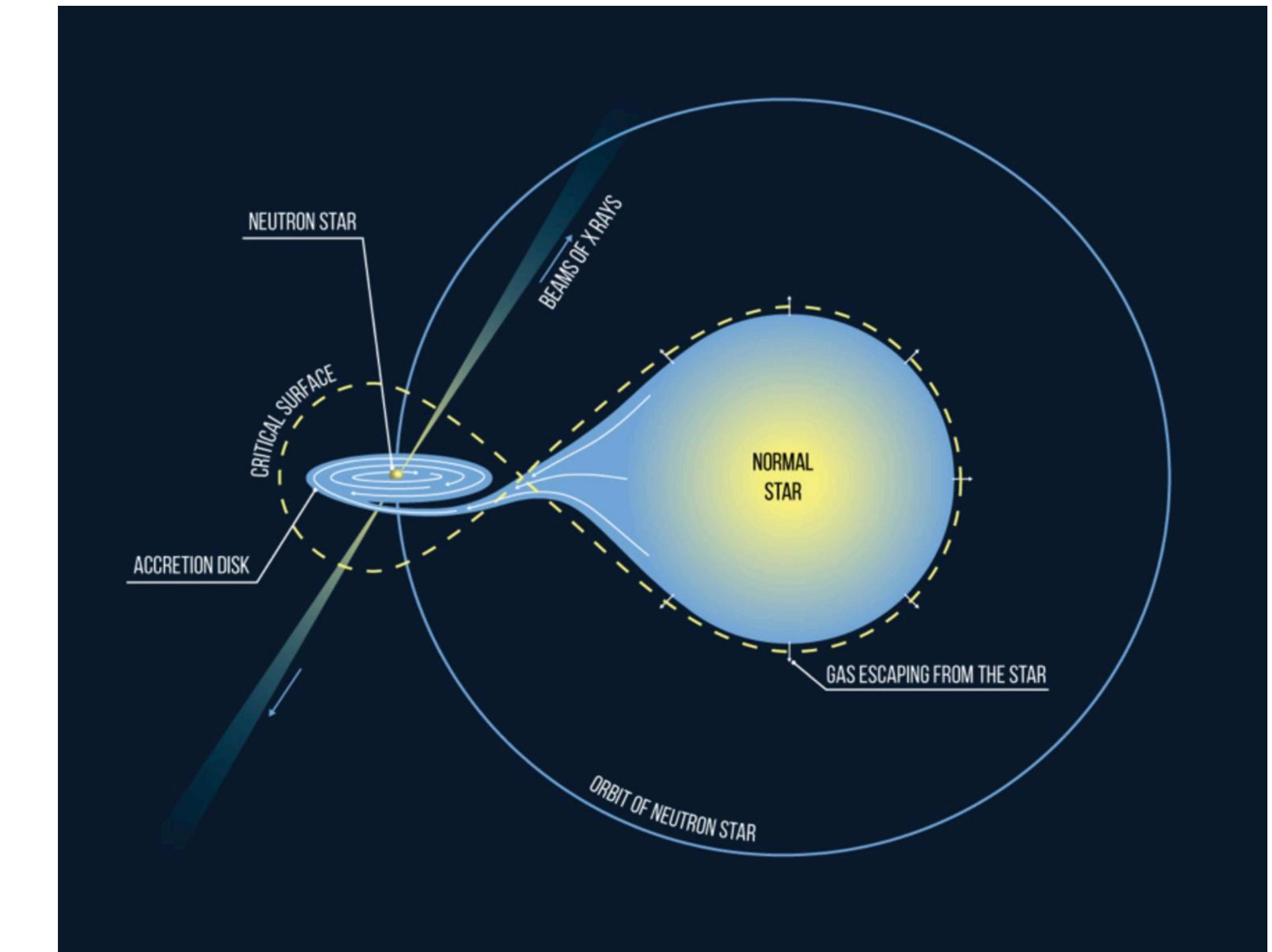
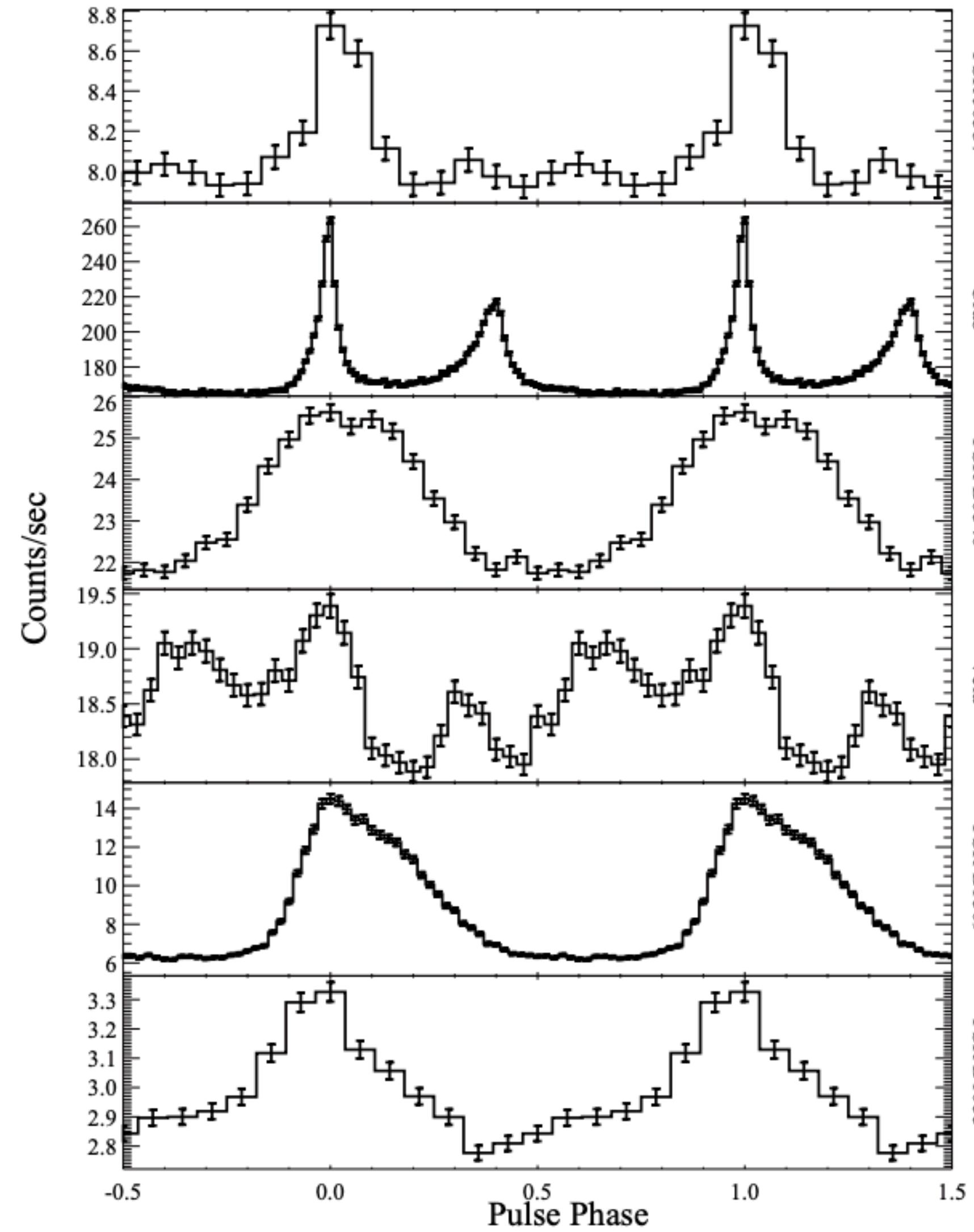


Figure 3: Bursts detected from Cyg X-2 have been fit with a constant and a bursting model (linear rise and exponential decay). The best fit parameters are quoted in Table 2.

<https://arxiv.org/abs/2008.07172>

Рентгеновские пульсары (X-ray bursters)



Спасибо за внимание!