

Для определения законов эволюции нейтронных звезд на большом масштабе времени можно наблюдать широкие двойные системы с нейтронной звездой и звездой типа Солнца



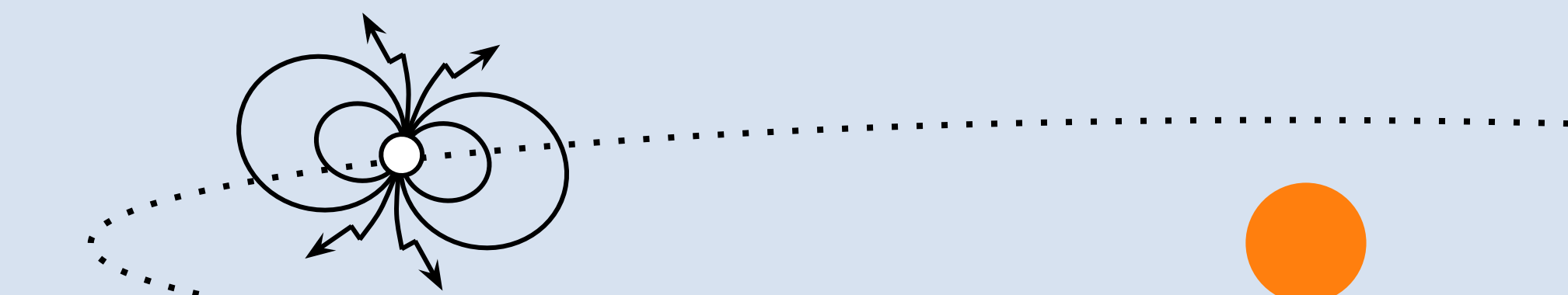
Марина

Эволюция нейтронных звезд в широких маломассивных двойных системах

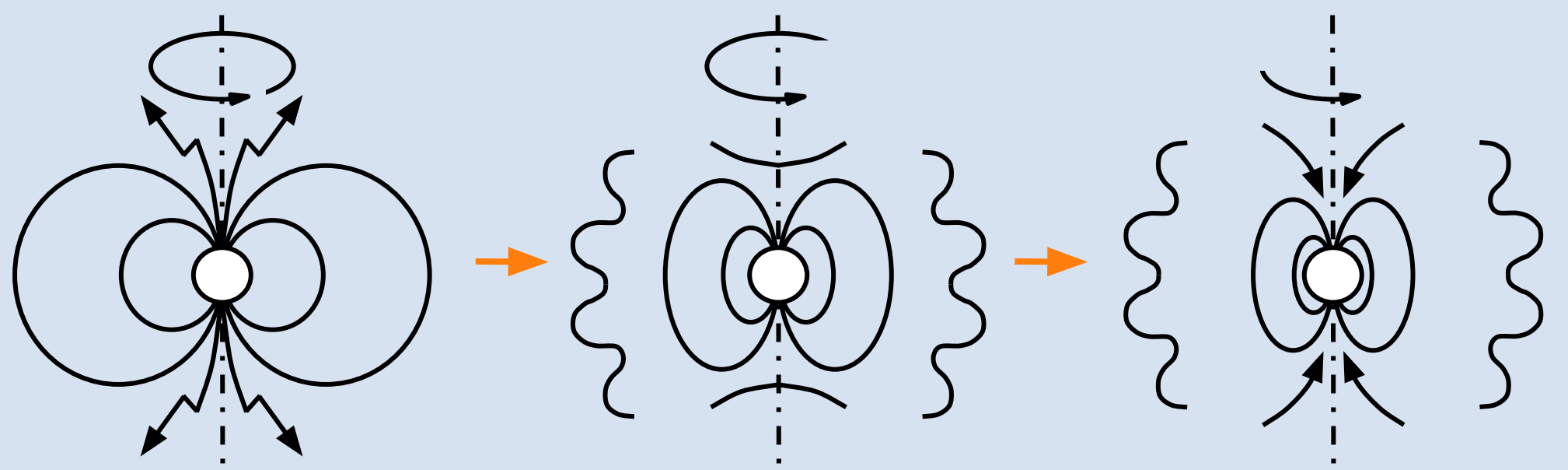
 Марина Афонина
Сергей Попов

Введение

С помощью спутника *Gaia* было открыто несколько десятков двойных систем с **нейтронными звездами (НЗ)** и **звездами типа Солнца** в качестве второго компонента.



Благодаря низкой плотности звездного ветра и большому времени жизни на главной последовательности звезды типа Солнца, **в такой системе НЗ эволюционирует как одиночный объект**. В конце своей эволюции НЗ могут начать **аккрецировать** окружающее вещество.



Эжектор (Е) **Пропеллер (Р)** **Аккректор (А)**

Наблюдение **аккрецирующих** НЗ в двойных системах позволит **определить законы эволюции НЗ на большом масштабе времени**.

Цель работы

Определить параметры двойной системы, при которых НЗ **начинает аккрецировать** звездный ветер за время жизни второго компонента на главной последовательности.

Эволюция периода вращения нейтронной звезды

Частота вращения **меняется** в результате действия замедляющего момента **K** :

$$K = -I\dot{\omega}$$

Момент **K** зависит от эволюционной стадии. **НЗ теряет энергию вращения** и, как следствие, **сменяет стадии**.

На стадии эжектора НЗ замедляет свое вращение из-за излучения пульсарного ветра, на стадии пропеллера и аккректора – из-за взаимодействия магнитосферы с внешним веществом.

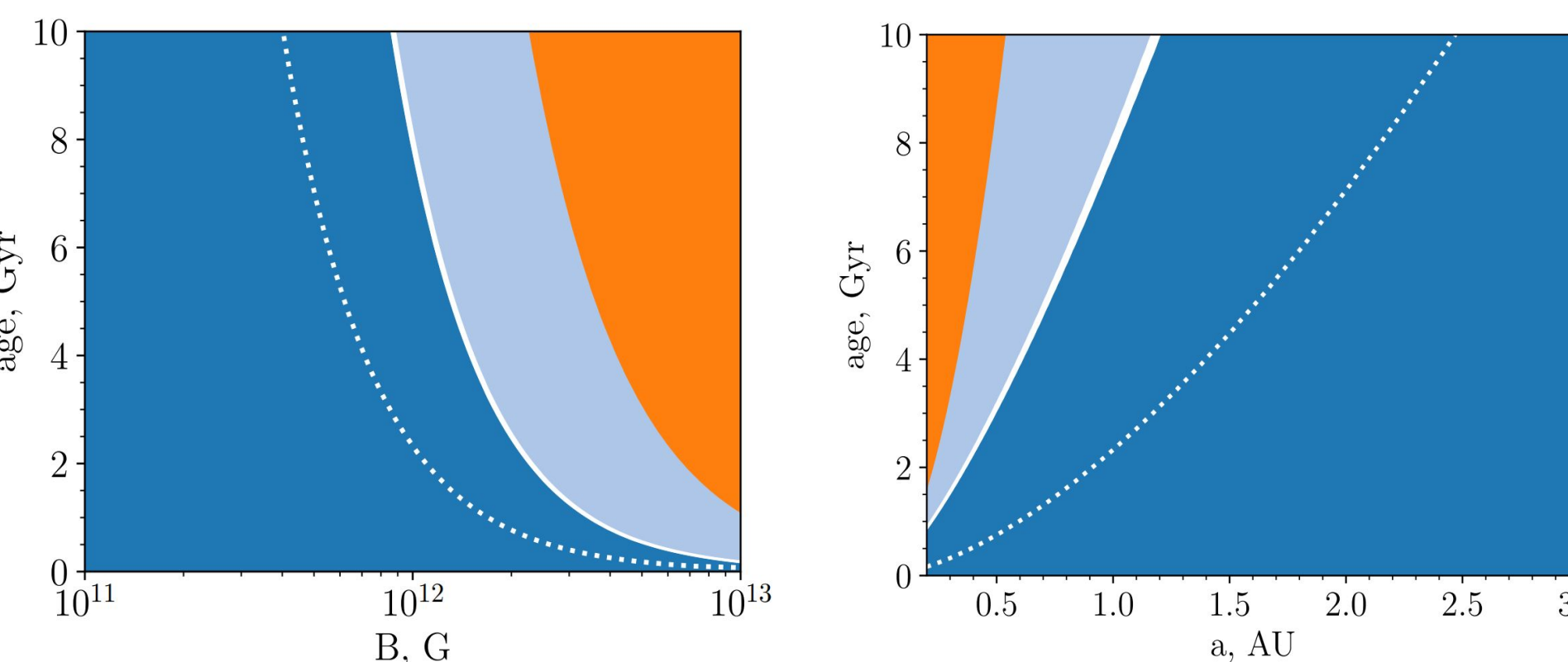
Мы рассматриваем несколько моделей стадии **пропеллера**: А, В, С и D. Они отличаются эффективностью замедления вращения. Только модели А и В приводят к стадии аккреции, т. к. в этих моделях стадия пропеллера достаточно короткая.

Звездный ветер

Скорость ветра постоянна $v_w = 400 \text{ km s}^{-1}$. Темп истечения ветра с поверхности второго компонента **меняется**

$$\dot{M}_w = \begin{cases} 4 \times 10^{-13} \frac{M_\odot}{\text{yr}}, & t \leq 0.1 \text{ Myr} \\ 2 \times 10^{-14} \frac{M_\odot}{\text{yr}} \left(\frac{4.6 \text{ Gyr}}{t} \right)^{0.75}, & t > 0.1 \text{ Myr} \end{cases}$$

Круговые орбиты



Стадия эжектора заканчивается за **10 млрд. лет** только для НЗ ближе **1 а.е.** с полем больше **10^{12} Гс**

Вытянутые орбиты

Доля каждой стадии по времени в моделях пропеллера А и В, с постоянным и затухающим магнитным полем:

$$B = B_0 \exp(-t/\tau_{\text{Ohm}}),$$

где омическое время $\tau_{\text{Ohm}} \approx 1.5 \times 10^9$ лет

	В	10^{12} G				10^{13} G			
		0	0.4	0.6	0.8	0	0.4	0.6	0.8
модель А	E_A	1.00	1.00	0.61	0.26	0.06	0.03	0.02	0.01
	P_A	0.00	0.00	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01
	A_A	0.00	0.00	0.34	0.70	0.93	0.97	0.98	0.98
модель В	E_B	1.00	1.00	0.92	0.89	0.06	0.03	0.03	0.02
	P_B	0.00	0.00	0.08	0.11	0.61	0.88	0.74	0.44
	A_B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.09	0.24	0.54

На **эксцентричных орбитах** НЗ посещают области более плотного вещества вблизи периастра и эволюционируют быстрее.

НЗ находятся на стадии аккреции больше времени:

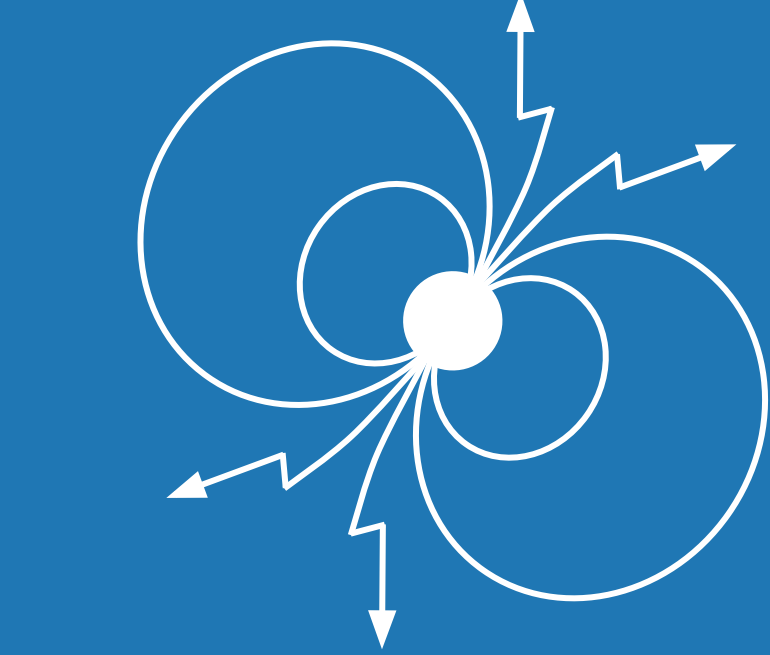
- при большей эффективности замедления на стадии пропеллера,
- большим магнитном поле,
- большем эксцентриситете (как правило).

Результаты

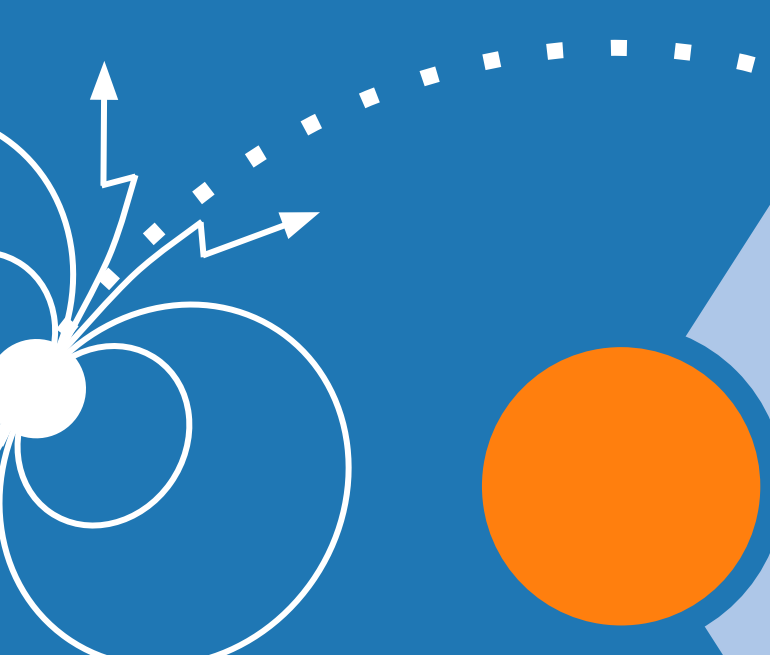
круговые орбиты → **2409.00714**
вытянутые орбиты → **2501.15918**



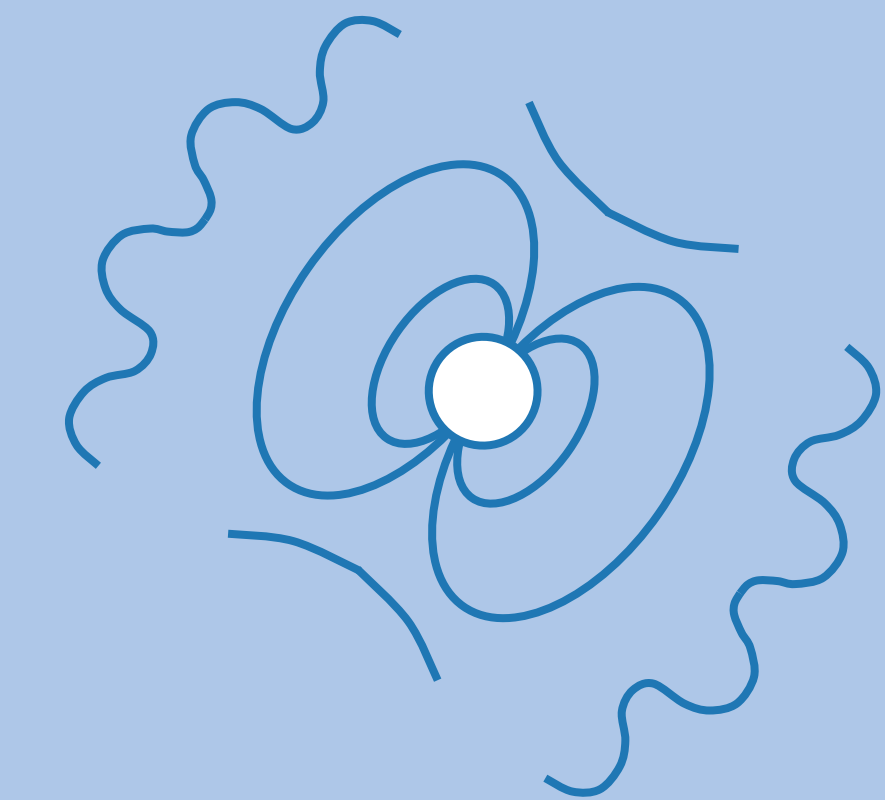
Первая стадия – эжектор



НЗ **переходит на стадию пропеллера** вблизи периастра и **переходит обратно** вблизи апоастра

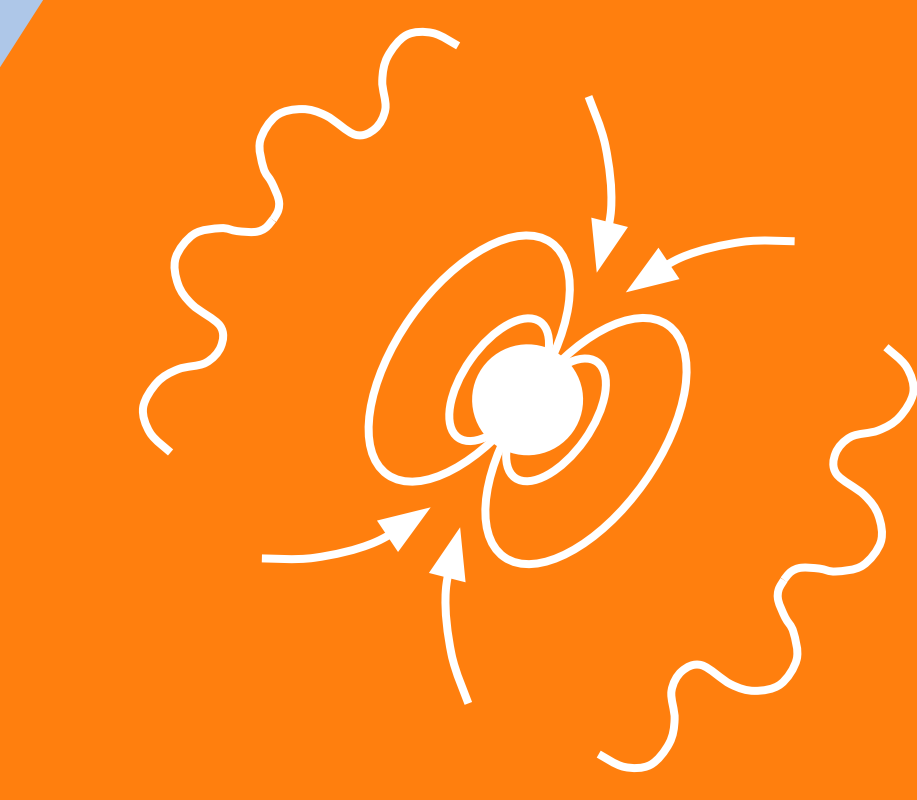
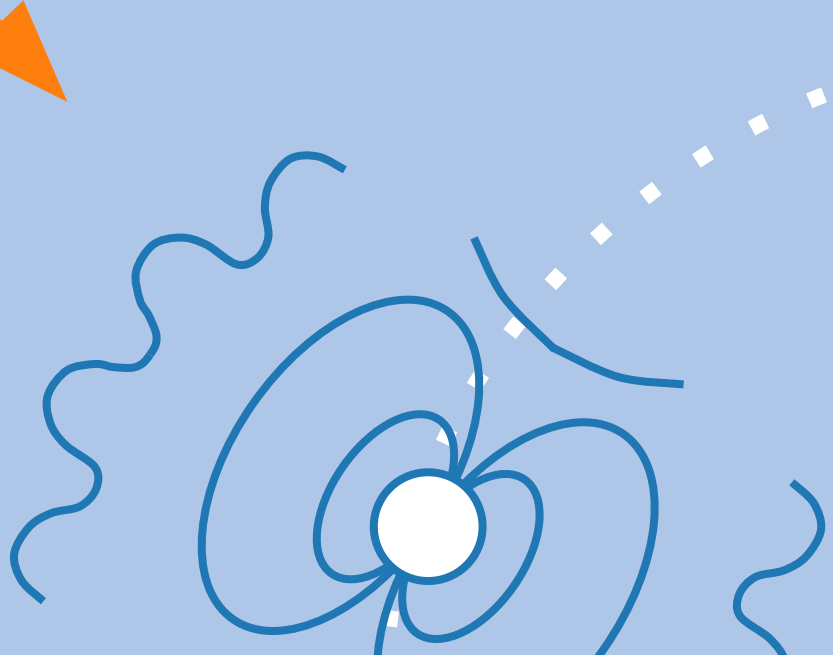


Эволюция нейтронной звезды на эксцентричной орбите вокруг звезды типа Солнца



Стадия пропеллера длится **полный орбитальный период**

Переход на стадию аккректора вблизи периастра, **обратный переход** – вблизи апоастра



Стадия аккреции длится **полный орбитальный период**