

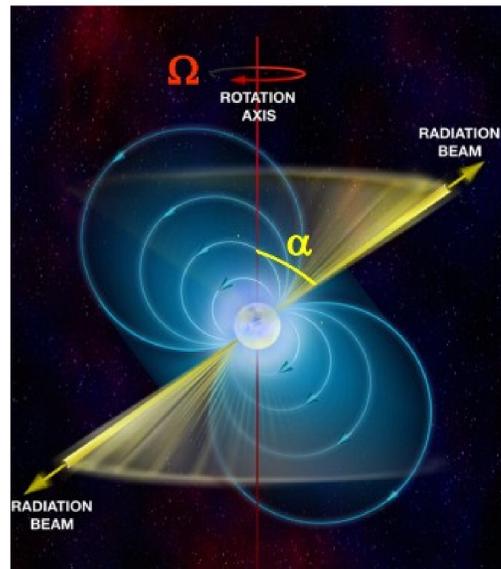
# Распределение начальных периодов одиночных пульсаров

Выполнили: Глеб Переверзев, Дмитрий Пономарев, Александр Волков, Екатерина Токарева, Анна Бурмистрова

Руководители: Антон Бирюков (ГАИШ МГУ), Андрей Казанцев (ПРАО АКЦ ФИАН)

Астрофизическая Школа фонда «Траектория»

**АННОТАЦИЯ.** На основании независимых оценок возрастов одиночных радиопульсаров, были рассчитаны начальные периоды  $P_0$ , начальные магнитные углы  $\alpha_0$  и магнитные поля  $B$  этих объектов. Показано отсутствие связи между магнитным полем и начальным периодом, но установлена эмпирическая антикорреляция между  $P_0$  и  $\alpha_0$ .



**ВВЕДЕНИЕ.** Пульсары – быстро вращающиеся нейтронные звезды, рождающиеся в ходе коллапса ядра массивной звезды, сопровождаемого вспышкой сверхновой. Их начальное состояние: период вращения  $P_0$ , начальный угол между ее магнитной осью и осью вращения  $\alpha_0$ , величина магнитного поля  $B$ , а также зависимости между этими

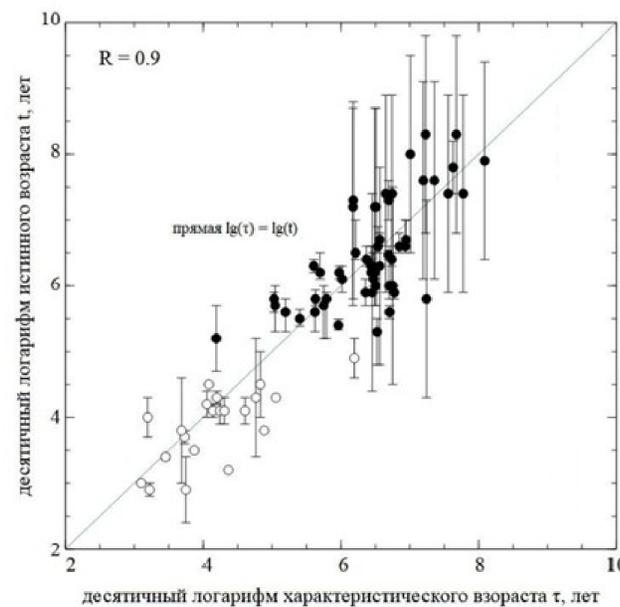
параметрами, характеризуют процесс коллапса и внутреннее строение новорожденного пульсара. Рассчитать их возможно, если знать закон замедления пульсаров (и эволюции их магнитных углов), а также независимые (от значений периода  $P$  и его производной  $dP/dt$ ) оценки их возрастов. В недавней работе [1] было построено распределение  $P_0$  молодых пульсаров с возрастными до  $10^5$  лет без учета эволюции магнитных углов. В нашей работе мы рассматриваем пульсары с возрастными до  $10^8$  лет и учитываем эволюцию  $\alpha(t)$ .

**МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ПУЛЬСАРОВ.** В данной работе нами рассматриваются стандартные одиночные пульсары. Их эволюцию мы описываем системой уравнений, представленной ниже. Здесь  $\Omega(t) = 2\pi/P(t)$  – угловая частота вращения пульсара в данный момент времени.  $P(t)$  – период вращения.  $\alpha(t)$  – угол между осью вращения и магнитной осью.  $d\Omega(t)/dt$  и  $d\alpha/dt$  – производные этих функций. Радиус

звезды  $R$  и ее момент инерции  $I$  считаем константами, равными  $12.5 \text{ км}$  и  $10^{45} \text{ г}\cdot\text{см}^2$  соответственно. Скорость света  $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}$ :

$$\begin{cases} \frac{d\Omega(t)}{dt} = -\frac{R^6}{Ic^3} \cdot B^2 \cdot \Omega^3(t) \cdot [1 + \sin^2 \alpha(t)] \\ \frac{d\alpha(t)}{dt} = -\frac{R^6}{Ic^3} \cdot B^2 \cdot \Omega^2(t) \cdot \sin \alpha(t) \cdot \cos \alpha(t) \end{cases}$$

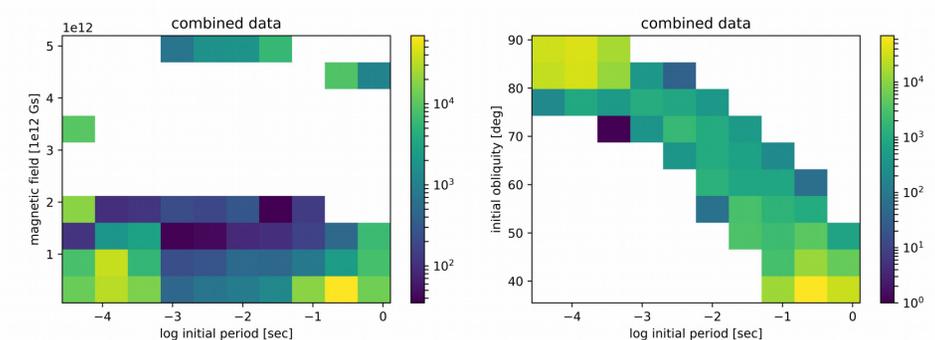
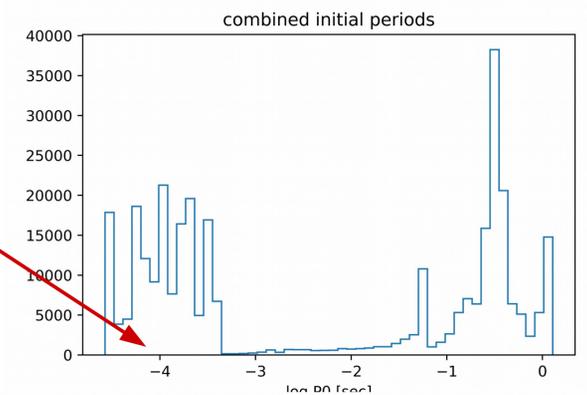
**ВОЗРАСТА ПУЛЬСАРОВ.** Мы используем оценки возрастов 76 пульсаров с их ошибками ( $t$ ,  $t_{\text{err}}$ ,  $t_{\text{err}}$ ), а также измерения их периодов и период, производных периодов ( $P$ ,  $\dot{P}$ ). Оценки возрастов получены разными авторами [1,2,3] либо из ассоциации пульсаров с остатками сверхновых (показаны



открытыми символами), либо из прослеживания траектории движения пульсара в Галактике (показаны закрашенными символами).

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Мы обработали на данный момент 32 пульсара из 76 (из которых 4 связаны с молодыми остатками вспышек сверхновых), равномерно разбросанных по их возрасту  $t$ . Генерируя  $10^4$  реализаций истинного возраста для каждого из них (в соответствии с ошибкой измерения  $t$ ) были подобраны такие начальные параметры ( $P_0$ ,  $\alpha_0$ ,  $B$ ), которые приводили бы к наблюдаемому периоду  $P(t)$  с относительной ошибкой не хуже  $10^{-4}$ . Их распределения показаны ниже:

Артефакт из-за формальных значений  $t$ , больших хар. возраста  $\tau$  (???)



**ЛИТЕРАТУРА.**

- [1] Popov & Turolla, arXiv: 1204.0632
- [2] Gill & Heyl, arXiv:1305.0930
- [3] Noutsos et al., arXiv:1301.1265