



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

Моделирование теплового рентгеновского спектра радиопульсара PSR B0656+14



В. Сулейманов, В. Дорошенко, А.Ю. Потехин, A. Schwore,
A. Pires, J. Kurpas, K. Werner, A. Santangelo

По результатам наблюдений пульсара телескопом eROSITA /CPG
(arXiv:2106.14533v1, PI A. Schwore, CPV phase, во время полета к точке L2)

Один из самых ярких в рентгеновском диапазоне пульсаров.

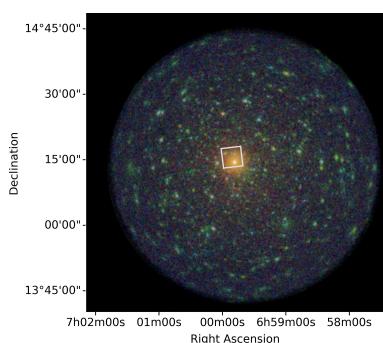
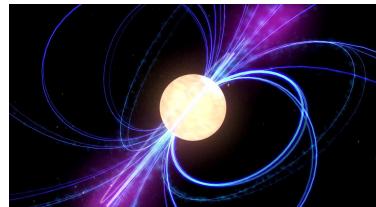
Период вращения и его производная $P = 0.385 \text{ s}, \dot{P} = 5.5 \times 10^{-14}$

Характерный возраст $\tau = P/2\dot{P} \approx 1.1 \times 10^5$ лет

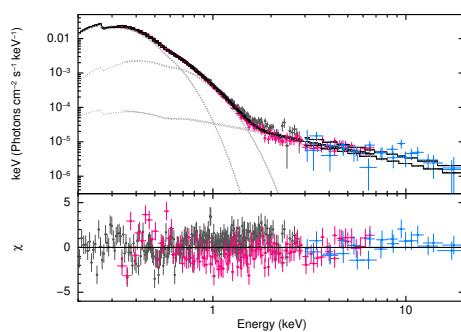
Характеристическое магнитное поле (экватор) $B \approx 4.7 \times 10^{12} \text{ Гс}$

Расстояние радиоастрометрическое $d = 288^{+23}_{-27} \text{ пк}$

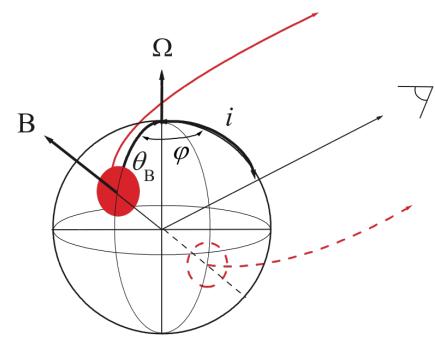
Хорошо изучен (см. Zharikov et al. 2021 и ссылки там)



Изображение пульсара, полученного eROSITA.
Белым прямоугольником показано поле, наблюдавшееся обсерваторией XMM-Newton.



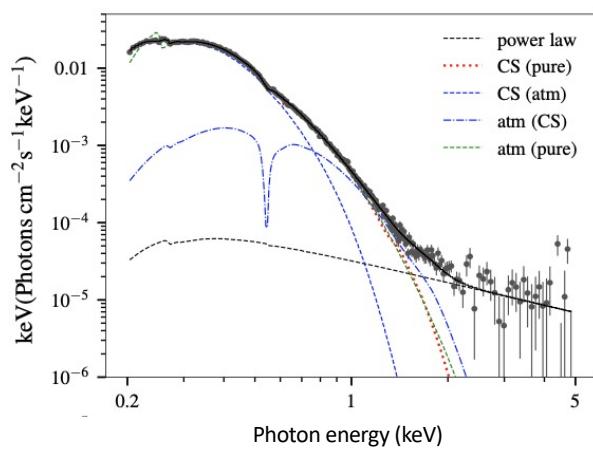
Одновременный фит спектров, полученных eROSITA (черные точки), XMM-Newton (малиновые точки), и NuSTAR (голубые точки) феноменологической моделью:
два черных тела, степенной спектр и линия на E=0.59 keV



Геометрия модели.

Были исследованы три модели излучающей поверхности нейтронной звезды ($M = 1.4 M_{\text{sun}}$, $R = 12 \text{ km}$):

- Полностью покрыта полубесконечной водородной атмосферой с дипольным магнитным полем по поверхности и соответствующим температурным распределением (модель Atm). Необходимо слишком маленькое расстояние в 60 пк (также показано ранее в работе Arumugasamy et al. 2018). Линия вставляется руками.
- Излучает металлическая конденсированная поверхность (модель CS). Необходимо сильное поле и сильная тороидальная компонента поля чтобы сделать температурное распределение с резкими максимумами вблизи полюсов. Линия руками.
- Излучает металлическая конденсированная поверхность, полярные шапки покрыты геометрически тонкой водородной атмосферой ($\Sigma \approx 10 \text{ g cm}^{-2}$, модель CS + Atm). Поле дипольное, но напряженностью на полюсах $\sim 10^{14} \text{ Гс}$. Тогда абсорбция на 0.59 кэВ есть протонная циклотронная линия.



Наилучшие фиты фазово-усредненного спектра рассмотренными тремя моделями. Параметры моделей показаны в Таблице

Parameter	Atm	CS	CS + Atm
$N_H (10^{20} \text{ cm}^{-2})$	$3.52^{+0.1}_{-0.05}$	$1.04^{+0.03}_{-0.04}$	$1.94^{+0.04}_{-0.03}$
$D (\text{pc})$	$59.6^{+5.9}_{-3.4}$	288^a	240 ± 12
Γ	1.98^a	1.98^a	1.98^a
$K_\Gamma (10^{-5})$	$4.71^{+0.17}_{-0.2}$	$4.65^{+0.18}_{-0.21}$	3.32 ± 0.17
$E_{\text{edge}} (\text{keV})$	0.252 ± 0.002	$0.252^{+0.006}_{-0.010}$	0.268 ± 0.003
τ_{edge}	$0.61^{+0.04}_{-0.02}$	0.07 ± 0.02	0.17 ± 0.02
$E_{\text{Line}} (\text{keV})$	$0.589^{+0.006}_{-0.002}$	$0.537^{+0.005}_{-0.006}$	-
$\sigma_{\text{Line}} (\text{keV})$	0.075 ± 0.005	$0.048^{+0.003}_{-0.004}$	-
τ_{Line}	0.038 ± 0.003	$0.044^{+0.004}_{-0.006}$	-
$T_p (\text{MK})$	0.355 ± 0.005	$1.853^{+0.01}_{-0.006}$	1.047 ± 0.007
$B_0 (10^{13} \text{ G})$	1^a	$25.6^{+0.3}_{-0.4}$	10.6^a
θ_B	$82^{+0.7}_{-4.0}$	$80^\circ \pm 2^\circ$	$90^\circ \pm 0^\circ$
a_T	0.25^a	48^{+2}_{-1}	0.25^a
$T_{\text{sp}} (\text{MK})$	-	-	1.53 ± 0.01
$B_{\text{sp}} (10^{13} \text{ G})$	-	-	10.6
$R_{\text{sp}} (\text{km})$	-	-	$0.67^{+0.06}_{-0.06}$
$\chi^2_{\text{d.o.f.}}$	1.34	1.40	1.26

(a) - Фиксированные при фитировании параметры