

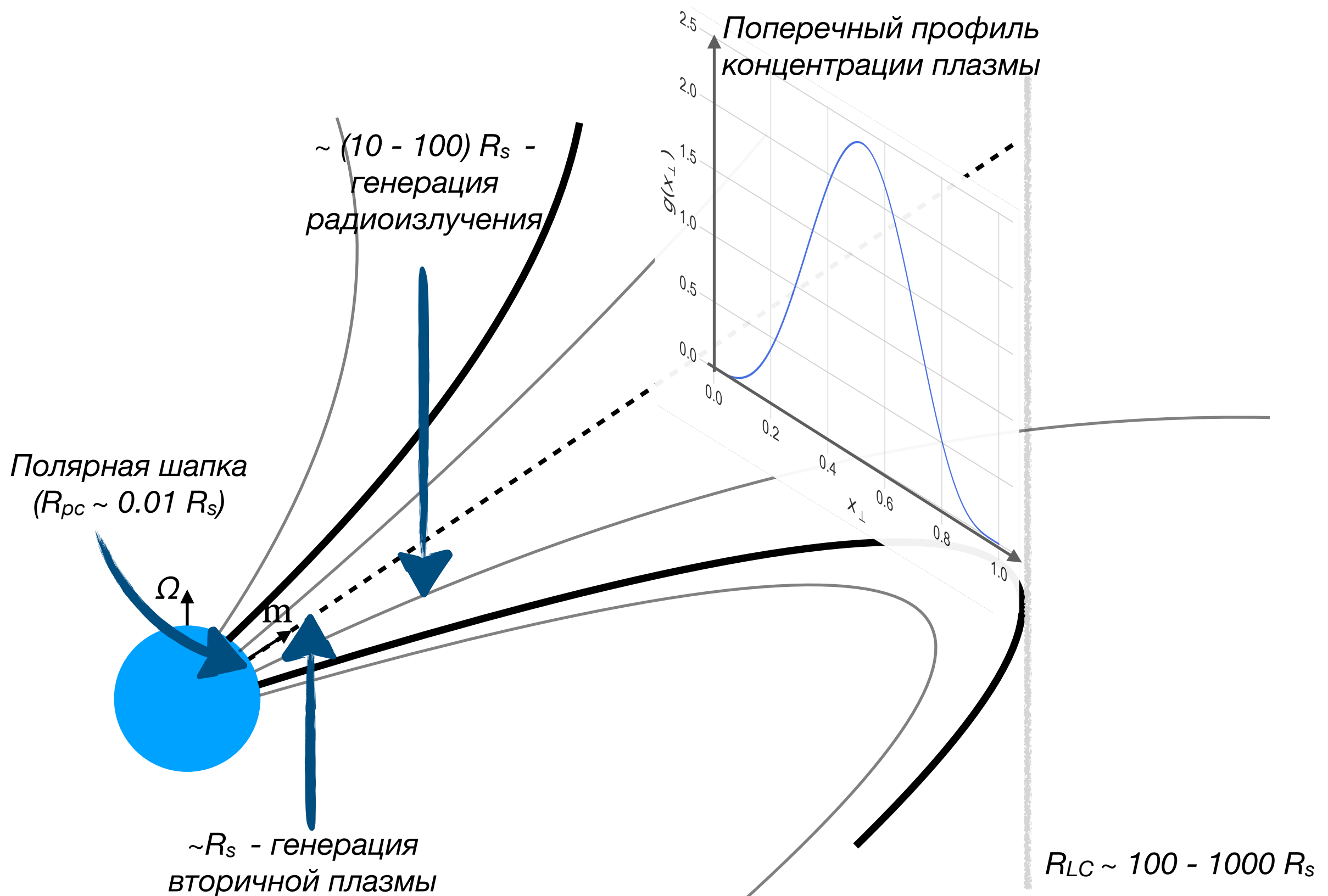
Вычисление ускоряющего потенциала и профиля плотности плазмы в магнитосфере ортогональных пульсаров

А. Ю. Истомин^{2,1}, Ф. А. Князев^{2,1}, В. С. Бескин^{1,2}

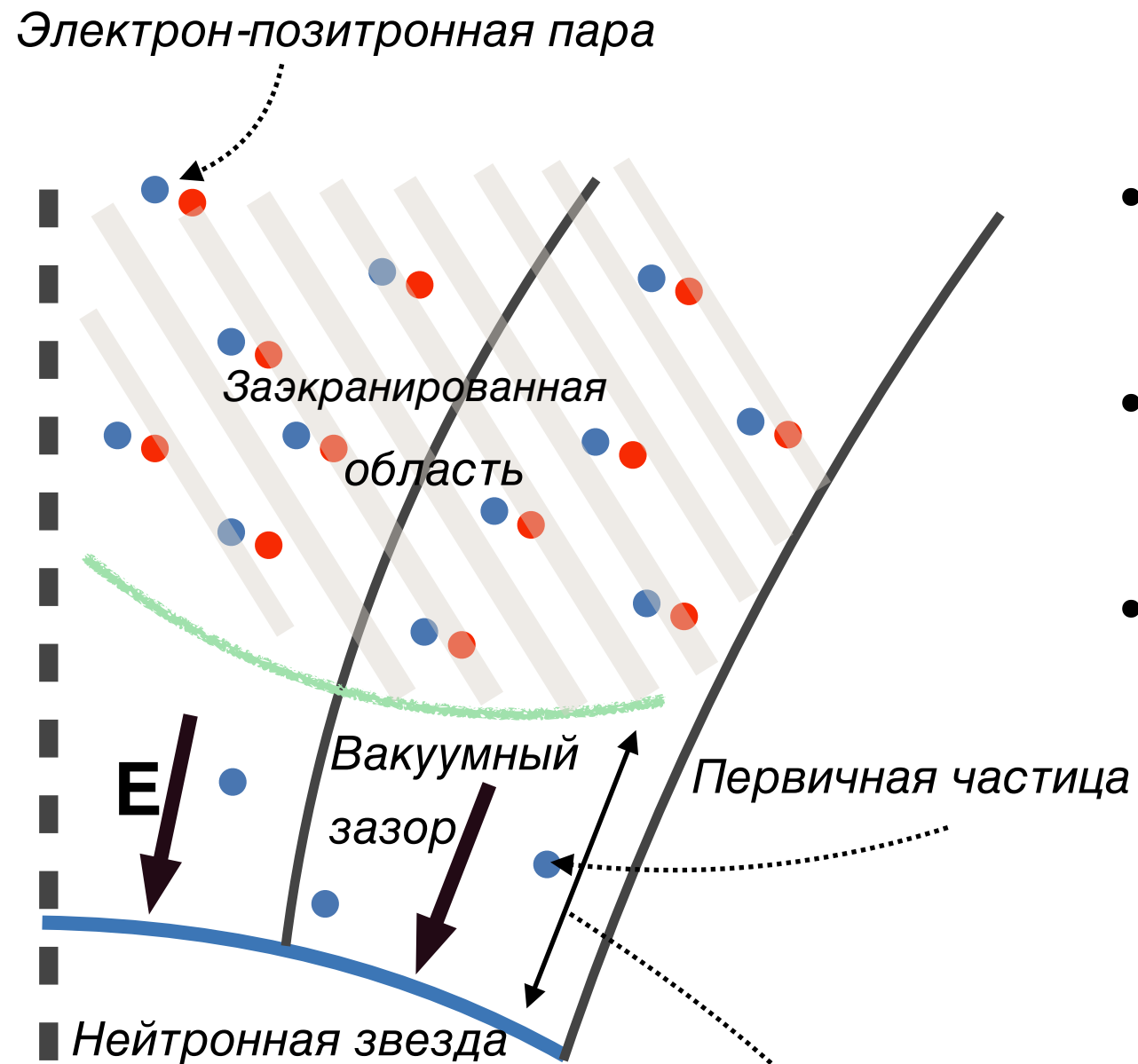
¹ - Физический институт им. П. Н. Лебедева

² -Московский Физико-Технический Институт

Структура магнитосферы и профиль плотности плазмы



Модель вакуумного зазора



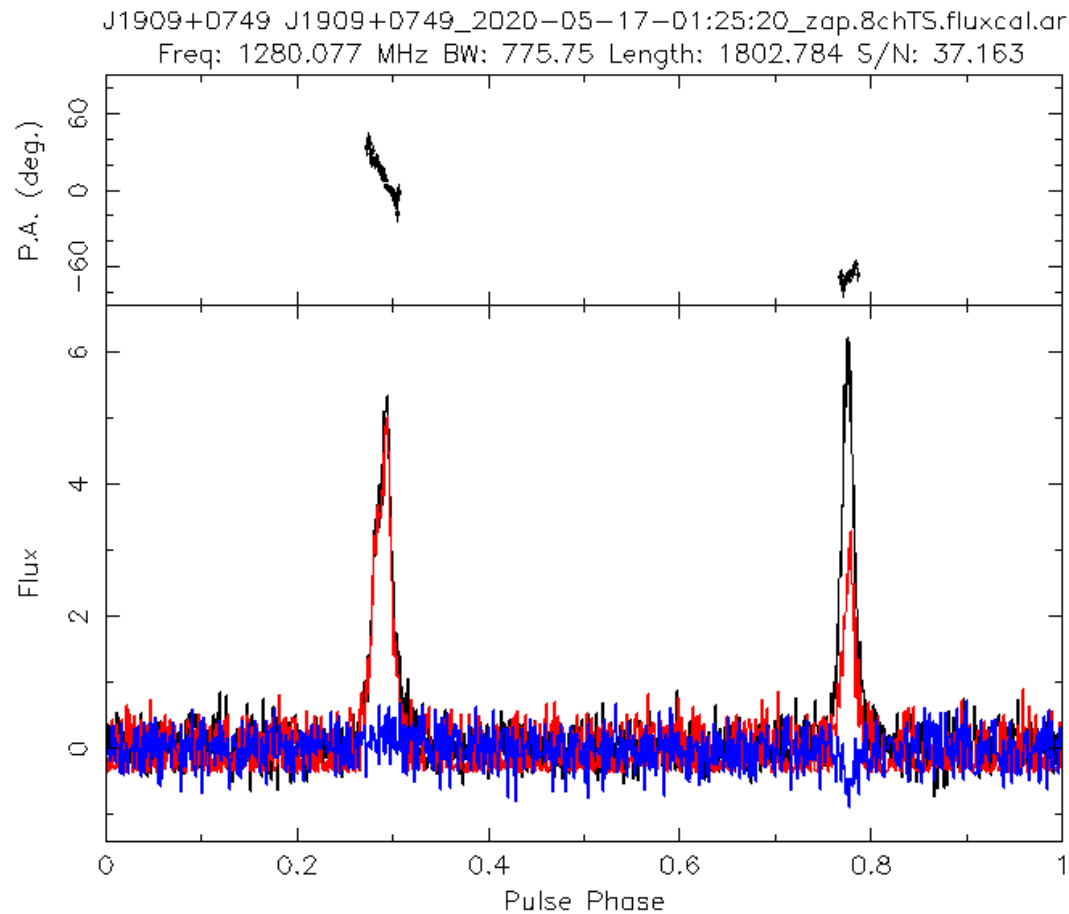
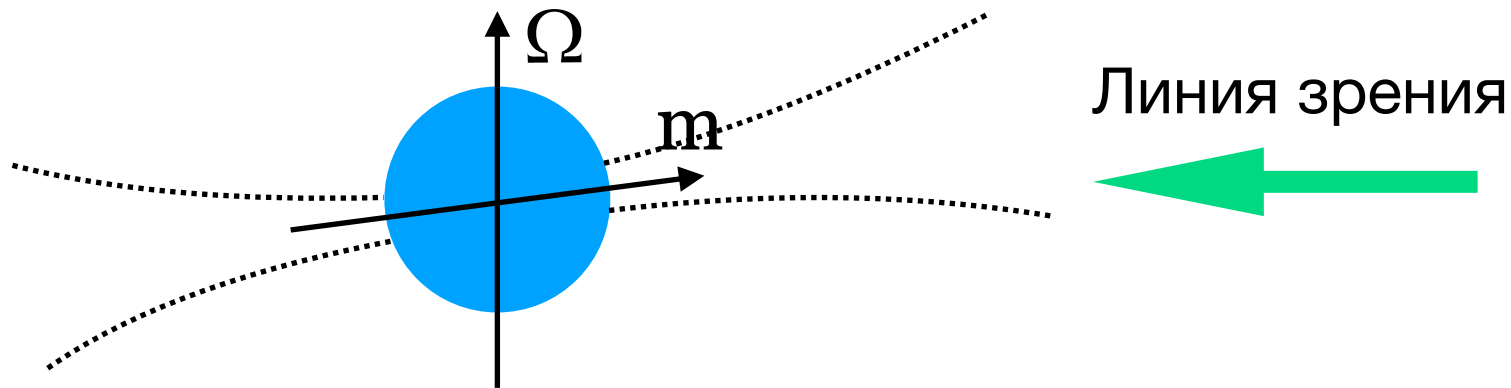
- Так как длины свободного пробега фотонов конечны, существует незаэкранированная область
- Первичные частицы ускоряются в этом поле и излучают изгибные фотоны
- Изгибные фотоны, запуская синхротронные каскады, рожают вторичную плазму, экранирующую электрическое поле

$$\nabla \mathbf{E} = 4\pi (\rho_e - \rho_{GJ})$$

$$\rho_{GJ} = -\frac{\Omega B}{2\pi c}$$

$$H_{RS}(r_m, \phi_m) = \min(l_e + l_\gamma(l_e))$$

Ортогональные радиопульсары



- Видны два полюса
- Ускоряющий потенциал неосесимметричен
- Распределение концентрации плазмы также неосесимметрично

Пример наблюдаемого профиля интенсивности
ортогонального радиопульсара

Posselt et. al., MNRAS, 2023

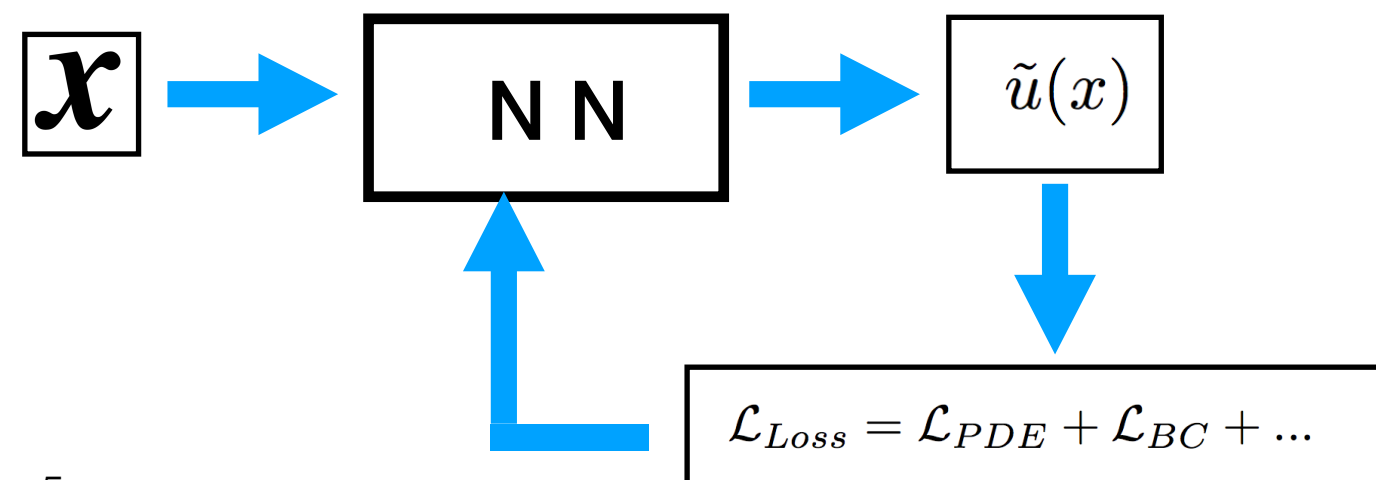
Итеративная схема



$$H_{gap}^{(i)} \rightarrow \psi^{(i)}$$
$$H_{gap}^{(i+1)} = w H_{gap}[\psi^{(i)}] + (1 - w) H_{gap}^{(i)}$$

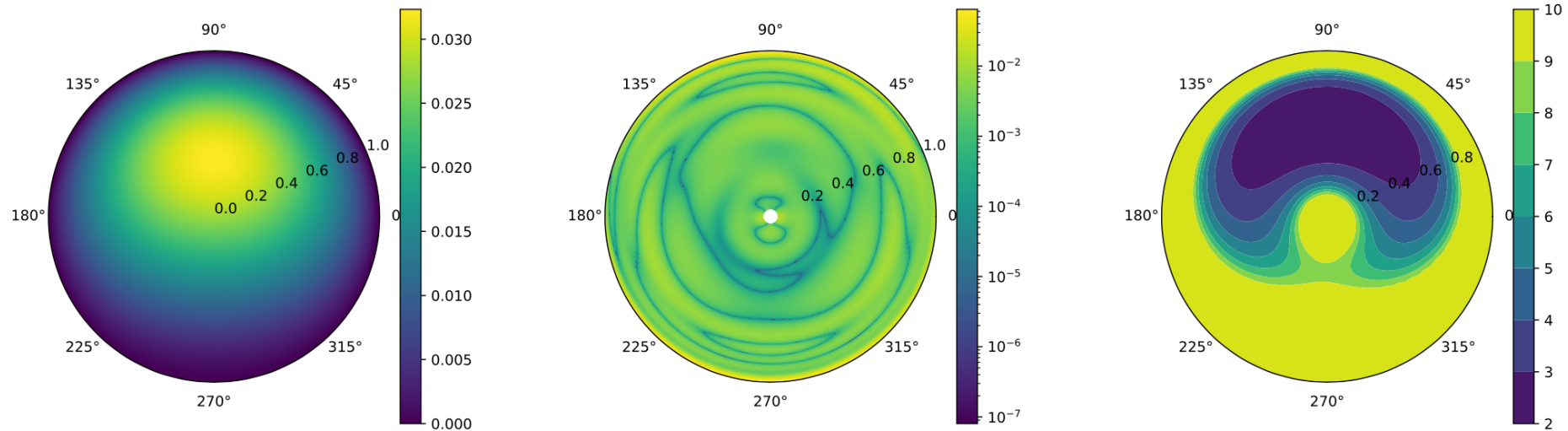
Как решать уравнение Пуассона в трехмерной области с изменяющейся геометрией?

Physics-Informed-Neural-Networks (PINN)

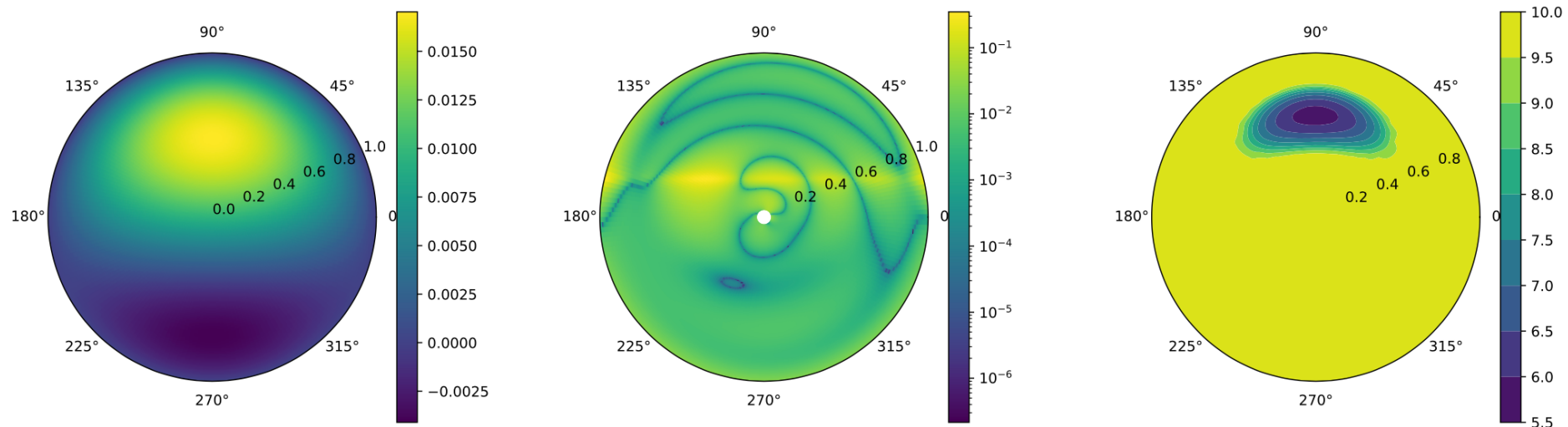


Результаты 3D

$\chi = 88^\circ$



$\chi = 89.3^\circ$



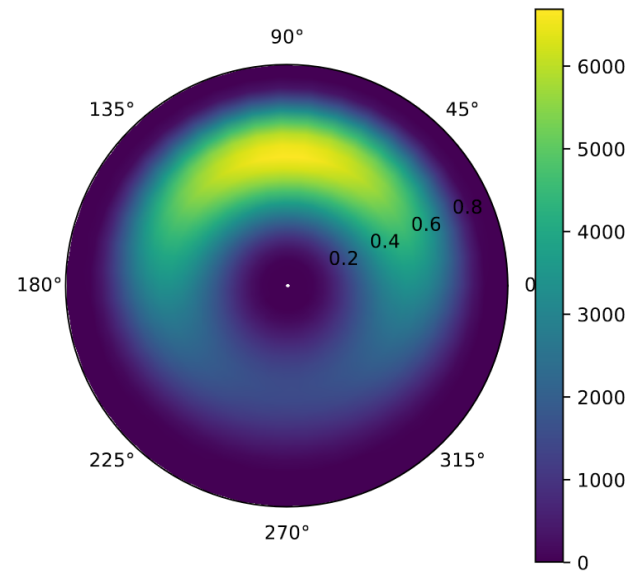
(а) Ускоряющий потенциал,
нормированный на величину
 $\Omega B R_0^2 / 2c$

(б) Относительная невязка
решения

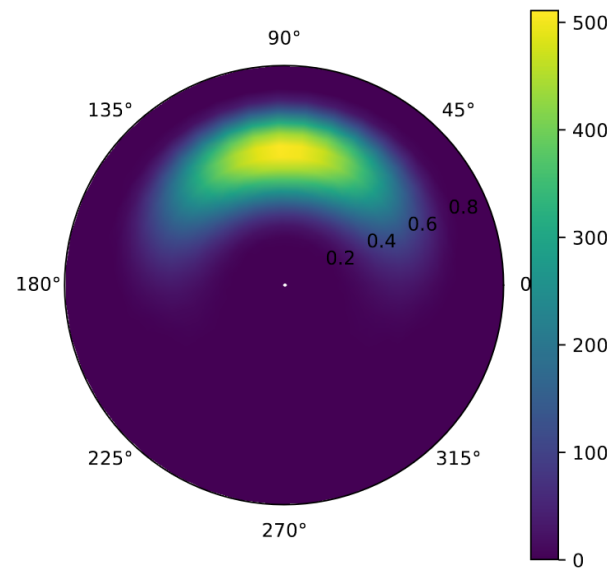
(с) Высота вакуумного зазора в
радиусах полярной шапки

Рис. 4: Примеры расчета ускоряющего потенциала для ортогональных пульсаров с $B_{12} = 1.5$, $P = 0.3$ с, $\chi = 88^\circ$ для верхнего ряда и $\chi = 89.3^\circ$ — для нижнего. Приведены максимальные значения потенциала над полярной шапкой, нормы невязки уравнения Пуассона на высоте $0.5R_0$, а также высоты вакуумных зазоров в радиусах полярной шапки.

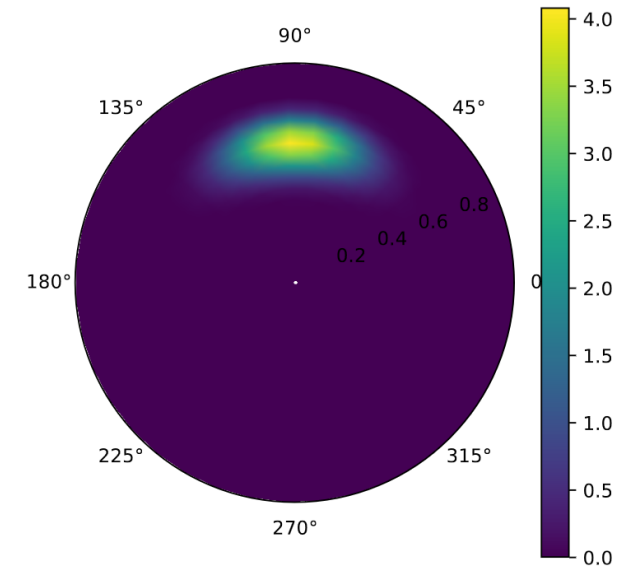
Результаты 3D



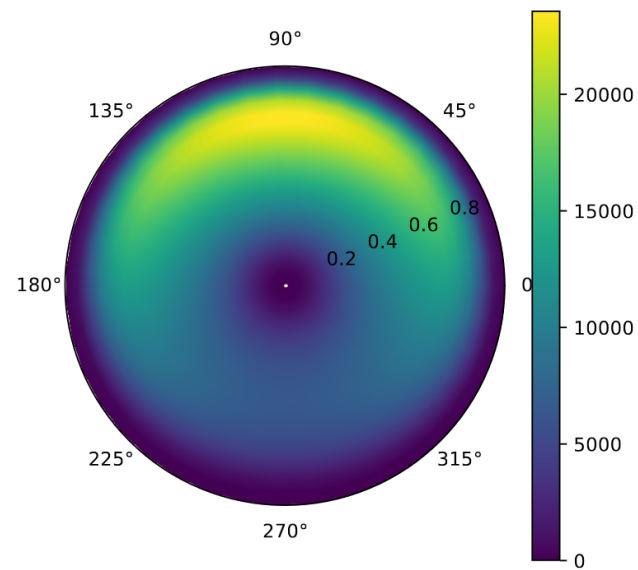
(a) $\chi = 85^\circ$, $P = 0.3$ c, $B_{12} = 1.5$



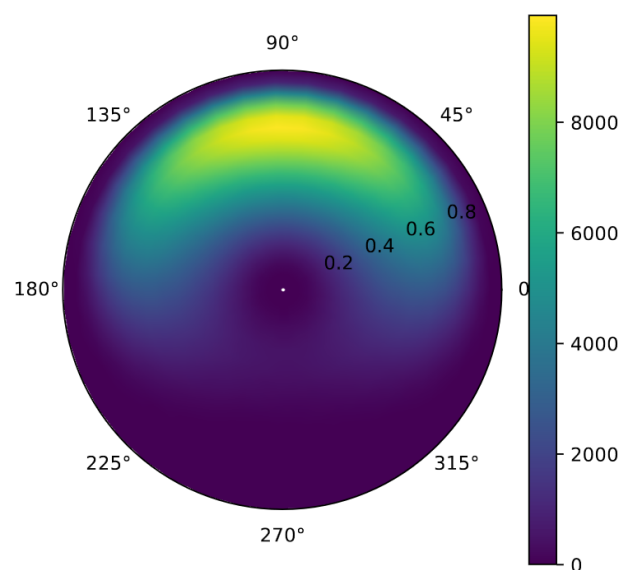
(b) $\chi = 88^\circ$, $P = 0.3$ c, $B_{12} = 1.5$



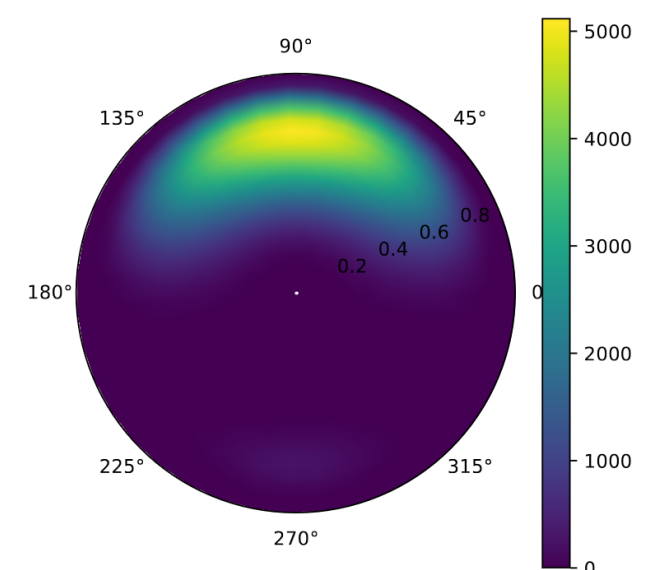
(c) $\chi = 89.3^\circ$, $P = 0.3$ c, $B_{12} = 1.5$



(d) $\chi = 85^\circ$, $P = 0.3$ c, $B_{12} = 7.0$



(e) $\chi = 88^\circ$, $P = 0.3$ c, $B_{12} = 7.0$



(f) $\chi = 89.3^\circ$, $P = 0.3$ c, $B_{12} = 7.0$

Поперечные профили концентрации ортогональных
радиопульсаров

Выводы

- Предложенный метод позволяет самосогласованно вычислять ускоряющий потенциал над полярной шапкой.
- Используя результаты вычислений ускоряющего потенциала были получены поперечные профили концентрации вторичной плазмы.
- Вычисленные профили плотности вторичной плазмы могут быть использованы как для анализа радиоизлучения пульсаров, так и для исследования их статистических свойств.