

Об аномалиях поляризационных свойств радиопульсаров

*А.Л.Акопян¹, А.А.Филиппов², В.С.Бескин^{3,4}, А.К.Галишикова³, Е.М.Новоселов³,
М.М.Раишовецкий³*

¹Принстонский университет

²Университет Беркли

³Московский физико-технический институт (государственный университет)

⁴Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН

Численная теория распространения радиоволн [1, 2] на основе известного подхода, развитого в монографии Кравцова и Орлова, позволяет описать общие свойства средних профилей, такие как позиционный угол линейной поляризации и круговую поляризацию для реальной структуры магнитного поля в магнитосфере пульсара. Основным теоретическим предсказанием является соотношение знаков круговой поляризации и производной позиционного угла относительно фазы пульсара, $dp.a./d\phi$: для X-моды знаки должны быть одинаковыми, а для O-моды – противоположными. В большинстве случаев это дает возможность распознать ортогональную моду, обыкновенную или необыкновенную, играющую основную роль в формировании среднего профиля. С другой стороны, существуют такие пульсары, для которых наблюдаемые данные не согласуются с описанным прогнозом. В этой работе мы показываем, что сложное поведение кривых блеска пульсаров и поляризационных профилей можно объяснить, принимая во внимание эффекты абберации.

Согласно [1], теория предсказывает последовательность O-X-O для тех радиопульсаров, для которых наблюдаются две ортогональные моды в трехкомпонентном среднем профиле. Однако профили некоторых пульсаров плохо вписываются в эту упрощенную модель. Например, кривая $p.a.$ пульсара PSR J2048-1616 показывает одну ортогональную моду, тогда как параметр Стокса V меняет знак вдоль среднего профиля.

Чтобы понять это несоответствие, напомним, что согласно [1] знак круговой поляризации V определяется знаком производной $d(\beta_R + \delta)/dr$ вдоль луча r в окрестности радиуса выхода r_{esc}

$$r_{esc} \sim 10^3 R \cdot \lambda_4^{2/5} v_{GHz}^{-2/5}, \quad (1)$$

где поляризационные характеристики перестают зависеть от расстояния r от нейтронной звезды. Здесь $\lambda_4 = n/n_{GJ}$ (в единицах 10^4) – т.н. параметр множественности рождения, а угол β_R определяет ориентацию внешнего магнитного поля в картинной плоскости. Наконец, угол абберации δ , возникающий из-за электрического дрейфа частиц в магнитосфере пульсара, определяется соотношением

$$\tan \delta = \frac{\cos \theta U_y / c}{U_x / c - \sin \theta}, \quad (2)$$

где U_x и U_y – две составляющие скорости электрического дрейфа, а θ – угол между волновым вектором k и внешним магнитным полем B .

Важно подчеркнуть, что приведенная выше классификация режимов соответствует случаю, когда угол абберации δ играет ведущую роль в производной $d(\beta_R + \delta)/dr$. Как показано на рис. 1, это имеет место на достаточно больших расстояниях $r > r_{ch}$, где r_{ch} – так называемый радиус переключения. С другой стороны, как показано на рис. 2, он слабо зависит от параметров пульсара:

$$r_{ch} \approx (30 - 60)R \quad (3)$$

Но так как радиус выхода r_{esc} зависит от частоты ν и от плотности n_e , то на высоких частотах и в той части диаграммы направленности, где вблизи r_{esc} плотность исходящей плазмы мала, параметр Стокса V может менять знак в некоторых частях среднего профиля, хотя радиоизлучение соответствует одной и той же ортогональной моде. Таким образом, круговая поляризация конкретной моды может менять свой знак, без предположения о существовании еще одной излучаемой моды или других эффектов.

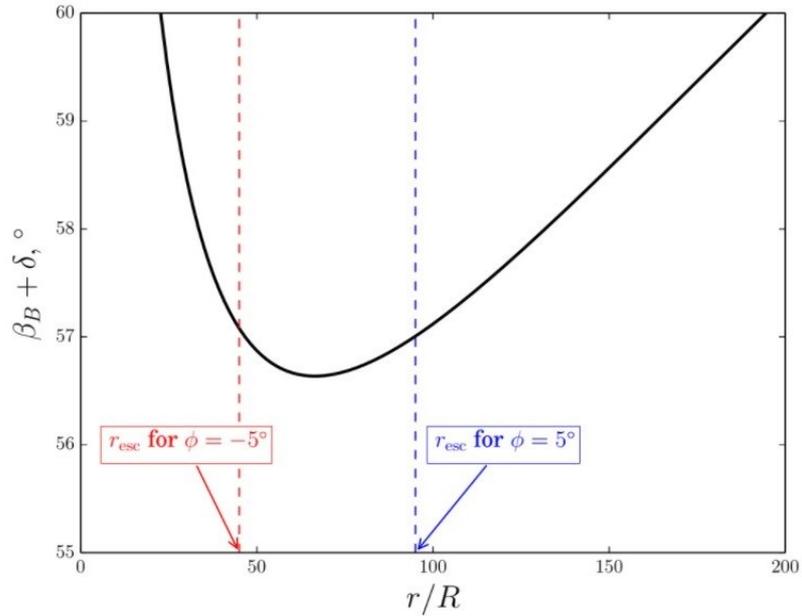


Рис.1: Значение суммы $\beta_R + \delta$ вдоль луча распространения. Если поляризация формируется ниже экстремума, то знак определяется производной β_R , и если выше – знак определяется производной δ .

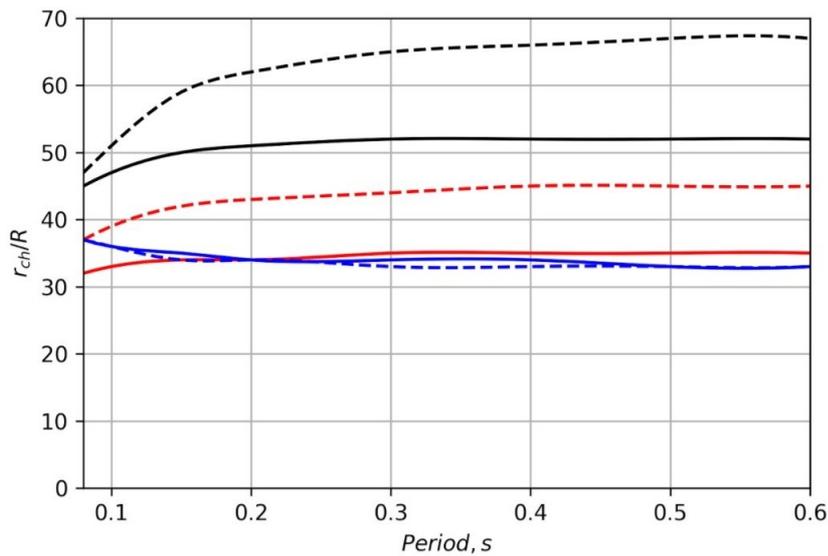


Рис.2: Радиус переключения r_{ch} как функция периода для различных параметров. Чёрная линия соответствует начальным параметрам, красная – меньшему γ_{rad} , синяя – другим углам наклона осей. Пунктирные линии соответствуют другой фазе.

Литература

1. *Beskin V.S., Philippov A.A.* On the mean profile of radio pulsars – I. Theory of propagation effects // MNRAS, 2012, V. 425, I. 2, P. 814-840.
2. *Hakobyan H.L., Beskin V.S. and Philippov A.A.* On the mean profiles of radio pulsars - II. Reconstruction of complex pulsar light curves and other new propagation effects // MNRAS, 2012, V. 469, I. 3, P. 2704-2719.