

Streszczenie

(Abstract in Polish)

Niniejsza praca składa się z trzech artykułów dotyczących zjawisk związanych z akrecją na gwiazdy neutronowe oraz wprowadzenia opisującego ogólnorelatywistyczną magnetohydrodynamikę promienistą (GRRMHD), metody numeryczne do rozwiązywania równań GRRMHD na komputerze, dyski akrecyjne, gwiazdy neutronowe i pewne niepublikowane wyniki.

Motywacją dla dużej części pracy w tej rozprawie są pulsujące ultrajadne źródła promieniowania rentgenowskiego (PULX-y). Są to bardzo jasne ($L < 10^{39}$ erg s⁻¹) pozagalaktyczne punktowe źródła promieniowania rentgenowskiego obserwowane poza centrami galaktyk, które wykazują również spójne pulsacje o okresie 1 s. Pulsacje te wskazują na obecność gwiazd neutronowych, tak więc obserwowane jasności muszą być wielokrotnie większe od granicy Eddingtona (L_{Edd}). Znaczna część tej rozprawy poświęcona jest zrozumieniu procesów fizycznych, które mogłyby pozwolić akreującym gwiazdom neutronowym na uzyskanie tak dużych jasności, przy wykorzystaniu symulacji numerycznych i w niewielkim stopniu obliczeń analitycznych.

W rozdziale 2, który składa się z publikacji Abarca and Kluźniak (2016), rozszerzyłem wyniki z Wielgus et al. (2015) o analizę perturbacji liniowych pierwszego rzędu, aby zbadać oscylacje wokół konfiguracji równowagowej atmosfery podtrzymywanej przez promieniowanie. Chociaż praca ta nie dotyczy bezpośrednio PULX-ów, służy jako ilustracja konieczności uwzględnienia promieniowania w hydrodynamice relatywistycznej, aby właściwie opisać fizykę akrecji na gwiazdę neutronową i w ten sposób pomaga przygotować grunt pod następne dwa rozdziały. Głównym wynikiem tej publikacji było stwierdzenie, że tryb własny o najniższej częstotliwości jest zgodny z oscylacjami kwazi-okresowymi (QPO-y) o częstotliwości 300-600 Hz, obserwowanymi w kilku małomasywnych rentgenowskich układach podwójnych z rozbłyskami rentgenowskimi. Jednakże, gdy w obliczeniach uwzględniono pełne efekty oporu promieniowania, okazało się, że oscylacje są przetłumione.

Druga praca, Abarca et al. (2018) zamieszczona w rozdziale 3, dotyczy symulacji super-Eddingtonowskiej akrecji na czarną dziurę i na nienamagnetyzowaną gwiazdę neutronową, przy czym twarda powierzchnia tej drugiej została zaimplementowana przez warunek brzegowy na wewnętrznym promieniu, który absorbuje moment pędu lecz odbija składową radialną. Symulacje wykazały, że na powierzchni gwiazdy neutronowej gromadzi się gaz i wypełnia obszar tak dużą ilością materiału, że promieniowanie uwalniane przez dysk akrecyjny uderzający w powierzchnię zostaje uwięzione. Promieniowanie, które zdołało się wydostać, okazało się być prawie izotropowe i o jasności około jednej jasności Eddingtona, co w żadnym wypadku nie przypomina ULX. Praca ta pozwoliła rozdzielić

efekty włączenia pola magnetycznego i twardej powierzchni do symulacji akrecji na gwiazdy neutronowe.

Ostatni rozdział dotyczy pracy (Abarca et al. 2021), w której przeprowadziłem dwuwymiarową osiowo-symetryczną symulację GRRMHD super-Eddingtonowskiej akrecji na gwiazdę neutronową z dipolowym polem magnetycznym 2×10^{10} G. Aby poradzić sobie z dużymi magnetyzacjami występującymi w magnetosferze, zaimplementowałem metodę z Parfrey and Tchekhovskoy (2017) i przystosowałem ją do pracy z symulacjami GRRMHD. Użyłem także warunku brzegowego, który ma modelować gaz uderzający w powierzchnię, ulegający szokowi i uwalniający część (w tym przypadku 0.75) swojej energii kinetycznej jako wypływające promieniowanie. Dysk uformowany w symulacji jest obciążony przez pole magnetyczne, a przepływ jest skierowany wzdłuż linii pola, tworząc kolumny akrecyjne. U podstawy kolumny uwalniana jest duża ilość promieniowania, które zostaje skolimowane przez wypływający gaz, zatem gdy dociera do obserwatora, wydaje się pochodzić ze źródła wielokrotnie jaśniejszego ($\sim 140 L_{\text{Edd}}$) niż w rzeczywistości. To oznacza, że układ jest w stanie w znacznym stopniu skupiać wiązkę promieniowania. Wynika z tego, że słabo namagnetyzowane akrecyjne gwiazdy neutronowe mogą być uważane za kandydatów na PULX-y.