

Streszczenie

Relatywistyczne dżety astrofizyczne są zjawiskiem powszechnie obserwowanym w zakresie wysokich energii, w obiektach takich jak aktywne jądra galaktyk (AGN) oraz rozbłyski gamma (GRB). Jedne z największych i najbardziej aktywnych dżetów wyrzucane są z okolic supermasywnych czarnych dziur, rezydujących w centrach galaktyk – osiągają one rozmiary milionów parseków. Z kolei rozbłyski gamma, które są najjaśniejszymi eksplozjami znanymi we Wszechświecie, poza Wielkim Wybuchem, są uważane za silnie skolimowane wyrzuty dżetów, w których większość energii jest wyświecana w jego wąskim stożku. Pochodzenie dżetów przypisuje się zazwyczaj dynamice interakcji w obrębie przepływu akrecyjnego materii na zwarty obiekt, taki jak czarna dziura bądź gwiazda neutronowa. W niniejszej rozprawie zajmujemy się związkami pomiędzy namagnesowanym przepływem akrecyjnym w centralnym silniku przyspieszającym dżet a właściwościami samego dżetu. Przedstawiamy tutaj spójny opis powstawania, struktury oraz zmienności czasowej obserwowanej w dżetach. Badania prowadzone są przy pomocy symulacji komputerowych z wykorzystaniem algorytmów relatywistycznej magnetohydrodynamiki (GR MHD). Modelujemy nimi przepływy akrecyjne oraz powstawanie dżetów w geometrii Kerra, w polu grawitacyjnym czarnej dziury.

Obserwacje potwierdziły istnienie korelacji pomiędzy obserwowaną zmiennością dżetów a ich czynnikiem Lorentza, obejmujące kilka rzędów wielkości w zakresie masy centralnego silnika, charakterystycznych zarówno dla rozbłysków gamma, jak i dla próbki blazarów. Pierwszy główny rozdział niniejszej pracy, po wstępie (Rozdział 3), omawia sprawdzenie możliwych powiązań pomiędzy energetyką dżetu a jego zmiennością czasową. Bierzemy pod uwagę różne magnetyzacje dysku oraz tempa rotacji czarnych dziur. Badania prowadzone są w zakresie osiowosymetrycznych symulacji GR MHD. Energetyka dżetu jest próbkowana w różnych pozycjach względem linii widzenia. Zmienność czasowa dżetu jest mierzona w tych samych lokalizacjach. Wyniki zostały przeanalizowane za pomocą wyznaczenia minimalnych skal czasowych zmienności (MTS), widm mocy zmienności (PDS), czynników Lorentza (Gamma), oraz korelacji MTS-Gamma. Ilościowo przedstawiamy je w niniejszej pracy. Spin czarnej dziury okazuje się głównym parametrem determinującym działanie silnika, co znajduje odzwierciedlenie w wyznaczonych czynnikach Lorentza.

Kolejna część tej pracy (Rozdział 4) koncentruje się na właściwościach dżetów w rozbłyskach gamma, przy założeniu centralnego silnika opartego na modelu magnetycznie aresztowanego dysku (MAD). Praca ta eksploruje charakterystyczną strukturę dżetu i jego zmienność w stanie MAD. Symulacje przedstawione w tym rozdziale zostały wykonane w oparciu o nieosiowo symetryczny schemat 3D i ewolucję czasową, w której w warunkach początkowych zostaje zadana losowa perturbacja w rozkładzie energii wewnętrznej w gazie, zaburzająca symetrię osiową. Modele przedstawione w tym rozdziale osiągają stan MAD i w spójny sposób produkują ustrukturyzowane dżety, bardzo szybko zmienne w czasie. Modele te zostały zaaplikowane do szczególnych dwóch typów obiektów, odpowiadających silnikom długiego lub krótkiego rozbłysku gamma. Wyniki przedyskutowaliśmy w oparciu o dostępne obserwacje tego typu źródeł.

Trzecia część pracy (Rozdział 5) koncentruje się na wypływach wspomaganych obecnością wielkoskalowych pól magnetycznych w okolicy czarnej dziury. Praca ta bada współzawodniczące efekty działania asymptotycznie jednorodnego pola magnetycznego w metryce Kerra, gdzie wypływ towarzyszy opadaniu materii, o początkowo sferycznie symetrycznym rozkładzie. W efekcie tego procesu, linie pola magnetycznego są wciągane razem z gazem, podczas gdy okazjonalne wypływy rozwijają się głównie w płaszczyźnie równikowej. Praca ta oferuje wgląd w strukturę namagnesowanej akrecji na silnie rotującą czarną dziurę i związane z nią wypływy.