

Akrecja na egzotyczne obiekty kompaktowe i jej obserwacje

Zgodnie z **ogólną teorią względności (OTW) Einsteina**, czarne dziury to unikalne obiekty astrofizyczne otoczone **horyzontem zdarzeń** — granicą, poza którą żadna informacja nie może się wydostać. Materia opadająca na czarną dziurę ulega ekstremalnej kompresji i nagrzewaniu, tworząc świecący dysk akrecyjny. Jednak ogromna siła grawitacyjna powoduje, że promieniowanie przechodzące przez horyzont zdarzeń jest tracone, co prowadzi do powstania "**cienia czarnej dziury**" — ciemnej sylwetki na tle promieniowania emitowanego przez otaczającą materię. Efekty soczewkowania grawitacyjnego sprawiają, że światło może wielokrotnie okrążyć czarną dziurę, tworząc jasne pierścienie emisji, które zawierają informacje o jej masie i spinie. Chociaż OTW przewiduje konkretny rozmiar cienia dla danej masy czarnej dziury, alternatywne teorie grawitacji sugerują inne wartości, co czyni obserwacje cieni kluczowym narzędziem do testowania podstawowych praw fizyki.

W ostatnich latach współpraca **Event Horizon Telescope (EHT)** dostarczyła pierwszych obrazów supermasywnych czarnych dziur, w tym *M87* oraz *Sagittarius A***. EHT to globalna sieć radioteleskopów, która rekonstruuje obrazy czarnych dziur na podstawie interferometrycznych pomiarów. Jednak ograniczona liczba teleskopów sprawia, że rekonstrukcja obrazów jest wyzwaniem i wymaga zaawansowanych algorytmów wnioskowania o prawdopodobnej strukturze. Właśnie dlatego **modelowanie teoretyczne oraz symulacje numeryczne** odgrywają kluczową rolę w interpretacji obserwacji EHT.

Nasz projekt koncentruje się na **symulacjach numerycznych akrecji wokół czarnych dziur i innych egzotycznych obiektów zwartych**. Wykorzystując **ogólną relatywistyczną magnetohydrodynamikę (GRMHD)**, modelujemy ruch materii w silnym polu grawitacyjnym, uwzględniając efekty relatywistyczne, pola magnetyczne i procesy radiacyjne. Ze względu na wysokie wymagania obliczeniowe, symulacje te są realizowane na superkomputerach wyposażonych w tysiące rdzeni obliczeniowych. Celem jest **przewidzenie, jakie obrazy EHT może uzyskać dla różnych typów obiektów zwartych**, w tym czarnych dziur i nagich osobliwości.

Kluczowym elementem naszej pracy jest **tworzenie syntetycznych obrazów** na podstawie wyników symulacji. Obrazy te będą generowane metodą **ray-tracingu**, uwzględniając propagację światła w zakrzywionej czasoprzestrzeni, zanim dotrze ono do odległego obserwatora. Obecnie biblioteka szablonów obrazów używana przez EHT bazuje głównie na czarnych dziurach Kerra. Nasz projekt rozszerzy ją o modele oparte na **alternatywnych teoriach grawitacji**. Porównując te syntetyczne obrazy z rzeczywistymi obserwacjami EHT, będziemy mogli określić, czy obserwowane obiekty rzeczywiście są czarnymi dziurami Kerra, czy też mogą sugerować istnienie nowej fizyki poza OTW. Powstała w ramach projektu biblioteka syntetycznych obrazów będzie cennym narzędziem dla przyszłych obserwacji EHT, pomagając w identyfikacji rzeczywistej natury obiektów znajdujących się w centrach galaktyk.