

## Popularnonaukowe streszczenie projektu (w języku Polskim)

Czarne dziury są jednymi z najbardziej egzotycznych obiektów we Wszechświecie – stanowią one pozostałości po gwiazdach bardziej masywnych od Słońca. Teoretyczny formalizm opisuje czarną dziurę jako osobliwość czasoprzestrzenną, z której nawet światło nie może uciec. Czarne dziury, znajdujące się w układzie podwójnym z inną gwiazdą, emitują promieniowanie elektromagnetyczne powodowane procesem akrecji. Akrecja jest jednym z najbardziej energetycznych procesów we Wszechświecie, w którym to materia pochodząca z gwiazdy opada na obiekt zwarty (taki jak czarna dziura), uwalniając jego energię grawitacyjną pod postacią promieniowania elektromagnetycznego.

Od momentu wystrzelenia pierwszego satelity rentgenowskiego Uhuru w latach 70., podwójne układy rentgenowskie z czarną dziurą były intensywnie badane przez ponad pół wieku. Istotną cechą tych układów jest bardzo duża zmienność w ich widmach promieniowania, obejmująca różne skale czasowe. Obserwowane w tych systemach widma rentgenowskie składają się głównie z miękkiego (o energii poniżej 3 keV) komponentu termicznego oraz twardego (o energii z zakresu 10-100 keV) składnika o potęgowym rozkładzie mocy. Obecność miękkiego komponentu wynika z promieniowania termicznego opisanego emisją ciała doskonale czarnego, pochodzącego ze stosunkowo zimnego, optycznie grubego i zazwyczaj geometrycznie cienkiego dysku. Uważa się, że widmo o potęgowym rozkładzie mocy powstaje na skutek komptonizacji z gorącego, geometrycznie grubego, promieniście nieefektywnego przepływu akrecyjnego (RIAF od Radiatively Inefficient Accretion Flow) wokół czarnej dziury. Podczas okresu ciszy dysk znajduje się w niskim/twardym stanie i jego widmo rentgenowskie zdominowane jest poprzez twardego składnika oraz słabszy komponent miękki. W momencie, gdy w układzie dochodzi do wybuchu, składnik miękki zaczyna dominować widmo. Modele teoretyczne są przywoływane w celu wyjaśnienia takich zachowań, które przypisywane są zmianom w geometrii dysku akrecyjnego. Modele te muszą jednak jeszcze zostać potwierdzone przez symulacje numeryczne.

Zasadniczym celem proponowanego projektu jest przeprowadzenie symulacji numerycznych dysków akrecyjnych wokół czarnych dziur oraz badanie zmieniającej się geometrii tych dysków obserwowanych w momencie różnych stanów widmowych. Studiowanie dysków akrecyjnych blisko czarnych dziur wymaga rozwiązania równań płynów, uwzględniających Ogólną Teorię Względności, pole magnetyczne oraz promieniowanie, co może być zrobione tylko numerycznie. Dzięki postępowi w dziedzinie symulacji numerycznych można wymodelować fizykę, rządzącą dyskiem akrecyjnym, bliską stanowi rzeczywistości przy użyciu kodu typu GRRMHD (general relativistic radiation magnetohydrodynamics). W ramach naszego projektu planujemy przeprowadzić trójwymiarowe symulacje GRRMHD dysku typu RIAF, zasilanego rosnącym tempem akrecji. Spodziewamy się, że dodatkowy przyływ masy powoduje zwiększenie gęstości oraz efektywności promieniowania przepływu akrecyjnego, a także przyczynia się do kondensacji gazu, formującego chłodny dysk. Symulacje te pozwolą nam badać w jaki sposób możliwe jest istnienie przepływów akrecyjnych z różną ich geometrią - co sugerują obserwacje - podczas gdy ich zachowanie jest zupełnie inne. Zamierzamy również zbadać, jak wraz ze zmianą stanu widmowego dysku zmieniają się jego parametry fizyczne, to jest temperatura, gęstość, itp. Układy podwójne z czarną dziurą wykazują również nieokresową zmienność w bardzo krótkich skalach czasowych w zakresie charakterystycznej częstotliwości znanej także jako oscylacje kwazi-periodyczne (QPO od Quasi-Periodic Oscillation). Oscylacje QPO na wysokich częstotliwościach są obserwowane w przejściach pośrednich pomiędzy nisko/twardym a wysoko/miękkim stanem widmowym. Co odpowiada za istnienie tych oscylacji wciąż pozostaje otwartym pytaniem. Dzięki tym symulacjom będziemy również studiować możliwe pochodzenie oscylacji typu QPO, biorąc pod uwagę zmienność tempa akrecji masy. Dodatkowo, obserwacje pokazują, że te źródła promieniowania rentgenowskiego są często stowarzyszone z wypływami lub wiatrami dyskowymi. Obecność tych wpływów będzie badana ze względu na ich istotny wpływ na strukturę dysku.