

Otoczajcy nas Kosmos zawiera wiele ciekawych i egzotycznych obiektów. Wśród tych interesujących obiektów są czarne dziury w układach podwójnych. Czarna dziura jest obszarem o przestworzeni, w którym materia jest na tyle gęsta, że nawet światło nie może uciec z niego. Nasze rozumienie ewolucji gwiazd przewiduje, że czarne dziury powstają, gdy bardzo masywne gwiazdy umierają w wybuchu supernowej. Wykrywanie czarnych dziur jest trudne, ponieważ nie emitują one żadnego światła. Jednak w przypadku układu podwójnego, w którym jednym ze składników jest czarna dziura, wykrycie jest możliwe, jeżeli materia towarzysząca jest przechwytywana przez czarną dziurę. Układy takie są bardzo interesujące z punktu widzenia astrofizyki wysokich energii i fizyki fal grawitacyjnych.

Głównym zadaniem naukowym projektu jest przeprowadzenie szczegółowej analizy symulacji numerycznych gromad kulistych w celu zbadania właściwości układów podwójnych zawierających czarne dziury. Gromady kuliste są sferycznie symetrycznym, zwartym zbiorem setek tysięcy gwiazd poruszających się wspólnie wokół galaktyki macierzystej. Są one jednymi z najstarszych obiektów we Wszechświecie. Dlatego są one idealnym laboratorium do badania ewolucji gwiazd i w ogólnie Wszechświata. Gromady kuliste zawierają wiele interesujących typów gwiazd, układów podwójnych i obiektów egzotycznych. W ostatnim okresie rozgorzała gorąca debata na temat możliwości pozostania w gromadach gwiazdowych czarnych dziur o masach gwiazdowych. Przewidywania teoretyczne z początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku sugerowały, że w obserwowanych Galaktycznych gromadach kulistych nie powinny być obecne czarne dziury o masach gwiazdowych. Jednak najnowsze odkrycia obserwacyjne i badania teoretyczne dostarczają coraz więcej dowodów na obecność czarnych dziur w gromadach kulistych. Projekt ten ma na celu podjęcie próby znalezienia odpowiedzi na wiele otwartych pytań związanych z obecnością czarnych dziur w gromadach gwiazdowych, takich jak: ich liczba i rozkład masy; wpływ warunków początkowych i środowiska, w którym żyją na ich proces powstawania, a następnie na prawdopodobieństwo pozostania w gromadzie.

Gromady kuliste jako obiekty gęste i samo-grawitujące, składające się z setek tysięcy gwiazd oddziałują zgodnie z prawem Newtona z fascynującymi strukturami z punktu widzenia dynamiki gwiazdowej. Ich ewolucja dynamiczna jest jednym z bardziej interesujących problemów w astrofizyce. Dzięki postępowi w technologii komputerowej, w ciągu ostatnich kilku dekad zostały wykonane za pomocą kodów N-ciałowych i Monte Carlo numeryczne symulacje dynamicznej ewolucji gromad kulistych. Kody te nie tylko umożliwiają badanie ewolucji dynamicznej gromad, ale także mogą ledzić różnorodne procesy fizyczne zachodzące w gęstych gromadach gwiazdowych, takie jak: zderzenia pomiędzy gwiazdami, zlewanie się układów podwójnych, dynamiczne oddziaływania układów podwójnych oraz ewolucję gwiazd pojedynczych i podwójnych. W projekcie tym planowane jest użycie kodu Monte Carlo (MOCCA), który został opracowany od podstaw w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. Jest to jeden z najszybszych i najbardziej wyrafinowanych kodów numerycznych do badania ewolucji gromad gwiazdowych. Zapewnia on szczegółowe informacje o każdym obiekcie w gromadzie. Te cechy kodu sprawiają, że jest on idealnym narzędziem do badania czarnych dziur w gromadach gwiazdowych.

Wyniki symulacji dynamicznej ewolucji setek modeli gromad kulistych, charakteryzujących się różnymi parametrami globalnymi i warunkami początkowymi, będą analizowane systematycznie w celu identyfikacji modeli gromad, w których powstaje i jest utrzymana w gromadzie znaczna populacja czarnych dziur. Modele gromad kulistych zawierające czarne dziury będą dalej analizowane w celu zbadania ich właściwości oraz właściwości układów podwójnych, w których się one znajdują. Dodatkowo, będą analizowane prawdopodobieństwo obserwacji takich układów podwójnych w różnych dziedzinach promieniowania elektromagnetycznego lub poprzez detektory promieniowania grawitacyjnego.

Ostatnie odkrycia układów podwójnych z czarnymi dziurami w gromadach kulistych spowodowały duże zainteresowanie problemem wpływu czarnych dziur na ewolucję gromad gwiazdowych. Wyniki tego projektu umożliwią określenie zależności pomiędzy rozmiarem populacji czarnych dziur (w chwili obecnej) a parametrami globalnymi gromady. Pozwoli także ocenić fizyczne mechanizmy odpowiedzialne za: powstawanie czarnych dziur, ich ucieczkę z gromady oraz za pozostanie ich w gromadzie. Będą badane także dynamiczne kanały powstawania czarnych dziur związane z fizycznymi zderzeniami gwiazd i zlewaniem się układów podwójnych. Tego typu badania są istotne z punktu widzenia obserwacji promieniowania grawitacyjnego. Wyniki tego projektu będą pomocne także w określeniu parametrów gromad kulistych, w których mogą znajdować się w znacznej liczbie układy podwójne zawierające czarne dziury. Pozwoli to obserwatorom bardziej efektywnie poszukiwać czarne dziury w gromadach kulistych oraz oszacować szóstliwość obserwacji promieniowania grawitacyjnego przez obecne lub przyszłe detektory.