

Streszczenie

W pracy przedstawiliśmy środowisko programistyczne, które zostało opracowane do odtwarzania populacji gromad kulistych (GC) wokół galaktyk. Środowisko łączy w sobie półanalityczny kod MASinGa z wynikami symulacji ewolucji gromad gwiazdowych zawartych w bazie danych MOCCA-Survey Database I. Modelowanie zarówno dynamiki w dużych (0,01–10 kpc) i małych (AU-pc) skalach przestrzennych kontrolujących odpowiednio ewolucję orbit gromad i ich wewnętrzną dynamikę jest niezbędne do śledzenia koewolucji systemów GC w galaktykach.

W pierwszej pracy wykazaliśmy, że modele MOCCA mogą być używane do identyfikacji właściwości GC, które z kolei mogą być wykorzystane do określenia ich typu ewolucji, również w innych galaktykach. W tym celu wybrano modele z MOCCA-Survey Database I, tak aby naśladowały one parametry obserwacyjne pozagalaktycznych populacji GC. Tak wybrane modele zostały także porównane z obserwacjami GC Drogi Mlecznej, wykazując dobrą zgodność z ich obserwacyjnymi właściwościami.

W drugiej pracy zaprezentowaliśmy szczegółowy opis środowiska programistycznego oraz kodu MASinGA wraz z jego zastosowaniami dla Drogi Mlecznej i galaktyki Andromeda. Pokazaliśmy, że modele GC z MOCCA-Survey I Database mogą odtworzyć rozkład przestrzenny, masy i promieni charakterystycznych GC w obu galaktykach. Porównaliśmy również całkowite masy centralnej gromady gwiazd (NSC) i supermasywnych czarnych dziur (SMBH) uzyskane w naszych symulacjach z obserwowanymi wartościami. Masy tych obiektów otrzymane w symulacjach były o około dwa rzędy wielkości mniejsze niż wartości obserwacje, co sugeruje że za budowę NSC i SMBH musi być także odpowiedzialna akrecja gazu galaktycznego, a nie tylko GC.

W trzeciej pracy zbadaliśmy populację BH w Drodze Mlecznej i galaktykach podobne do galaktyki Andromedy. Przeanalizowaliśmy liczbę, rozkłady masy i promienia charakterystycznego GC w różnych stanach dynamicznej ewolucji – obecności średniomasywnej BH, podsystemu BH, lub żadnego z nich. Wykazaliśmy również, że procesy fizyczne związane z powstawaniem układów podwójnych BH w oddziaływaniach dynamicznych pozostawiają wyraźną sygnaturę w ich właściwościach orbitalnych. W zależności od przyjętych założeń, tempo fuzji BH w układach podwójnych, w lokalnym Wszechświecie, wyznaczone z symulacji wynosi 1 - 23 rok-1 Gpc-3. Wykazaliśmy także, że oddziaływania dynamiczne w GC mogą znacznie zwiększyć wydajność powstawania układów podwójnych BH, która jest około dwa razy większa w porównaniu do izolowanej ewolucji układów podwójnych w polu galaktycznym.

W czwartej pracy zbadaliśmy efektywność odrzutu pierwotnego gazu pozostałego po uformowaniu się GC na ich dalszą ewolucję i przetrwanie. W tym celu został napisana specjalna wersja kodu MOCCA (MOCCA-C), wersja z ewolucją gwiazd pojedynczych oraz bez dynamicznych oddziaływań trój- i cztero-ciałowych. Wyniki symulacji nowym kodem porównano z symulacjami wykonanymi kodem N-ciałowym, uzyskując dobrą zgodność ewolucji promieni Lagrange'a i masy gromad. Uzyskane wyniki pozwoliły określić zakres warunków początkowych, które mogą prowadzić

do rozerwania gromad, lub przetrwania etapu ewolucji związanego z odrzutem pozostałości pierwotnego gazu. Kod MOCCA-C był rozwijany w celu użycia jego wraz z innymi elementami, związanymi z szeroką rozbudową kodu MOCCA, do budowy nowej bazy danych MOCCA-Survey Database II. Jednak ze względu na problemy z integracją najnowszych aktualizacji w kodzie MOCCA, rozwój bazy danych MOCCA-Survey Database II został mocno opóźniony, co uniemożliwiło skorzystanie z niego w projekcie doktorskim. Niemniej jednak praca ta przyniosła dodanie ważnych funkcjonalności do kodu MOCCA.

Omawiamy pokrótce również prace, które zostały opublikowane lub są w toku. Dotyczą one rozbudowy kodu MOCCA związanych z aktualizacjami w kodzie BSE ewolucji gwiazd i układów podwójnych oraz wprowadzeniem możliwości śledzenia ewolucji wielu populacji gwiazdowych. Omawiamy także wyniki zastosowania zbudowanego, w ramach pracy doktorskiej, środowiska programistycznego w innych projektach. Aktualizacje wprowadzone w tych pracach miały służyć do stworzenia nowej bazy danych MOCCA-Survey Database II, która miała być użyta do analizy populacji GC w innych galaktykach. Wyniki uzyskane w drugiej pracy projektu doktorskiego posłużyły do zbudowania modelu wzrostu masy NSC i SMBH w Drodze Mlecznej i galaktyce Andromedy. Argumentujemy, że w celu wyjaśnienia obserwowanych mas NSC i SMBH w badanych galaktykach, należy uwzględnić akrecję gazu galaktycznego. SMBH akreował by gaz budując swoją masę, jednocześnie procesy gwiazdotwórcze budowały by masę NSC.