

Gromady gwiazdowe są gęstym zbiorem gwiazd, które przyciągają się nawzajem siłami grawitacyjnymi. Gromady gwiazdowe są bardzo często obserwowane w galaktykach różnych typów i są podzielone na dwa typy: otwarte gromady i gromady kuliste. Gromady otwarte są młodymi i małymi systemami gwiazdowymi zawierającymi około tysiąc gwiazd. Znajdują się one w dysku galaktycznym. Gromady kuliste są natomiast gromadami starymi i masywnymi. Ich wiek porównywalny jest do wieku Wszechświata, zawierają od około stu tysięcy do miliona gwiazd, głównie można je znaleźć w halo galaktycznym. Gromada gwiazdowa jest obiektem astronomicznym bardzo różniącym się od naszego Układu Słonecznego, który jest izolowany i znajduje się bardzo daleko od najbliższej gwiazdy. Najbliższą naszą sąsiadką jest gwiazda Proxima Centauri odległa od Słońca o około 4.4 roku świetlnego. W gromadach gwiazdowych w takiej odległości znajduje się od tysiąca do miliona gwiazd. Typowy promień połowkowy gromady, zawierający połowę masy gromady, wynosi 1 – 10 pc. Jądro gromady jest więc bardzo zatłoczone. Średnia odległość pomiędzy gwiazdami może być ponad sto razy mniejsza niż odległość do Proxima Centauri. Możemy sobie wyobrazić, że gromada kulista jest podobna do stolicy dużego kraju, podczas gdy Układ Słoneczny wygląda jak samotny dom na pustyni. Na pustyni jest bardzo trudno komunikować się ze światem zewnętrznym, natomiast w zatłoczonym mieście może się zdarzyć wiele spotkań z mieszkańcami, a życie toczy się znacznie szybciej. Podobnie gwiazdy w gromadach kulistych mogą często zbliżać się do siebie, co nazywamy bliskimi oddziaływaniami. Oprócz tego w gromadach znajduje się także dużo układów podwójnych. Gwiazdy w takich układach są blisko siebie, są silnie związane, a tym samym trudne do rozdzielenia, Gwiazdy podwójne mogą jednak doznać bliskiego spotkania z innymi obiektami. Jeśli zbliżający się intruz (gwiazda lub układ podwójny) jest wystarczająco masywny to może on wyrzucić z danego układu podwójnego mniej masywną gwiazdę i zająć jej miejsce. Po pewnym czasie część układów staje się tak silnie związane, że jest już niezwykle trudno je rozzerwać. Co więcej spływają one do środka gromady, podobnie jak centra dużych miast mają większe budynki i są bardziej zatłoczone. Masywne gwiazdy zamieniające mało masywne gwiazdy w układach podwójnych to proces zwany oddziaływaniami kilku-ciałowymi, a migracja do centrum gromady to segregacja masy. Duże miasta oferując dobrą pracę, rozrywki i możliwość zdobycia dobrego wykształcenia przyciągają ludzi z różnych krajów i kontynentów. Podobnie jest w gromadach kulistych, w których można zaobserwować wielokrotne populacje gwiazd różniące się wiekiem i składem chemicznym.

Wszystkie to powoduje, że gromady kuliste są doskonałym laboratorium do badania różnorodnych procesów fizycznych, w tym bliskich oddziaływań dynamicznych. Z drugiej jednak strony, różnorodność tych procesów powoduje, że teoretyczne badanie gromad kulistych jest niezwykle trudne. Co więcej, jeśli chcemy zrozumieć ewolucje gromad kulistych musimy badać wpływ wszystkich tych procesów jednocześnie. Dlatego symulacje numeryczne są niezbędne do zrozumienia gromad kulistych. Najbardziej dokładną metodą numeryczną jest metoda N-ciałowa. W metodzie tej siła działająca na jedną gwiazdę jest wynikiem sumowania sił pochodzących od wszystkich innych gwiazd, a położenia i prędkości są wyznaczane przy użyciu obliczonych sił. Jednakże, tego typu symulacje są niezwykle czasochłonne. Policzenie ewolucji rzeczywistej gromady kulistej jest niezwykle wyzwaniem i może trwać ponad rok. Jednakże, z powodu mnogości parametrów początkowych określających późniejszą ewolucję gromady, metoda N-ciałowa jest niepraktyczna. Alternatywą jest rozwijany w Centrum Astronomicznym Polskiej Akademii Nauk przez grupę Mirka Giersza kod Monte Carlo MOCCA, który jest niezwykle szybki i jednocześnie uwzględnia wszystkie interesujące procesy fizyczne dyskutowane powyżej. Porównanie kodów N-ciałowego i MOCCA pokazuje dobrą zgodność wyników symulacji. Kod MOCCA jest idealnym kodem do prowadzenia przeglądów modeli gromad kulistych.

Przez długi czas, gromady kuliste były uważane za twory bardzo jednorodne chemicznie, w których gwiazdy powstają jednocześnie. Jednakże, obserwacje pokazały, że gromady kuliste zawierają kilka populacji gwiazd różniących się składem chemicznym i czasem powstania. Proces powstawania kilku populacji gwiazd w gromadach kulistych nie jest do końca zrozumiany teoretycznie. Koniecznym zatem jest zbadanie tego zagadnienia w oparciu o zaawansowane symulacje numeryczne. Właśnie to jest głównym celem tego projektu. Aby osiągnąć ten cel kod MOCCA zostanie rozbudowany o możliwość badania ewolucji gromad składających się z dwóch populacji gwiazdowych oraz o możliwość analizy wpływu odrzutu gazu pozostałego po okresie formowania się gwiazd na parametry początkowe gromad kulistych. Dodatkowo rozbudowane zostaną narzędzia do automatycznej analizy bazy danych MOCCA-SURVEY z wynikami symulacji. Porównanie wyników naszych symulacji z danymi obserwacyjnymi już zgromadzonymi, jak i tymi z misji GAIA pozwoli podnieść zrozumienie ewolucji gromad kulistych na nowy poziom.