

Streszczenie

W pracy, na podstawie około 2000 modeli gromad kulistych wykonanych kodem MOCCA, w ramach projektu bazy danych MOCCA-SURVEY I, badane są populacje czarnych dziur w gęstych gromadach gwiazdowych. Procesy dynamiczne zachodzące w gęstych systemach gwiazdowych, takich jak gromady kuliste, mogą znacząco wpływać na właściwości populacji czarnych dziur powstających w tych systemach. W wyniku ewolucji masywnych gwiazd w gromadach może powstać do kilku tysięcy czarnych dziur. Dalsza ewolucja populacji czarnych dziur jest silnie zdeterminowana przez początkowe parametry gromad kulistych oraz środowisko, w którym ewoluje gromada. W pracy przedstawiono wyniki badań nad zlewaniem się masowych układów podwójnych czarnych dziur pochodzących z gromad kulistych. Czarne dziury zlewają się w wyniku emisji fal grawitacyjnych i mogą być wykrywane przez naziemne detektory fal grawitacyjnych, takie jak aLIGO. Pokazano, że gromady kuliste są wydajnymi fabrykami produkującymi takie obiekty. Tempo tego procesu, związanego tylko z gromadami kulistymi, wynosi przynajmniej $5 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ i może dochodzić od 20 do $30 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$. Pokazano również, że w przypadku uwzględnienia w równaniach ruchu efektów związanych z ogólną teorią względności, zlewanie się czarnych dziur poruszających się na wysoce ekscentrycznych orbitach, podczas trójciałowych silnych oddziaływań dynamicznych, stanowi znaczący wkład do całkowitego tempa ich zlewania się.

W pracy dyskutowane są także procesy prowadzące do powstawania średniomasywnych czarnych dziur w gromadach kulistych. Pokazano, że średniomasywne czarne dziury mogą tworzyć się w gromadach, które początkowo były gęste oraz straciły w trakcie ewolucji znaczącą część swojej masy. Takie gromady kuliste mają obecnie bardzo charakterystyczne właściwości obserwacyjne: niewielką masę, niewielką jasność i strukturę kinematyczną wskazującą na obecność masywnego (o masie kilku tysięcy mas słońca) i ciemnego obiektu w centrum. Gromada kulista NGC 6535 została zidentyfikowana jako tak zwana „ciemna gromada”, która może zawierać średniomasywną czarną dziurę.

W pracy dodatkowo omówiono kod COCOA, który wykorzystuje wyniki symulacji gromad gwiazdowych do generowania ich pozorowanych obserwacji, które mogą być bezpośrednio porównywane do fotometrycznych obserwacji rzeczywistych gromad kulistych. Kod ten pozwala identyfikować różnorodne cechy obserwacyjne gromad i wyznaczać modele, które najlepiej odtwarzają obserwowane gromady. Kod COCOA został użyty do symulacji obserwacji modeli gromad kulistych, które zawierają znaczącą populację pojedynczych czarnych dziur. Pomógł on w identyfikacji cech obserwacyjnych wskazujących na obecności czarnych dziur w gromadach kulistych.

W pracy krótko dyskutowane są artykuły, złożone do druku i będące w przygotowaniu, dotyczące identyfikacji gromad kulistych, które mogą zawierać podsystemy złożone z czarnych dziur o gwiazdowych masach. Od wczesnych lat dziewięćdziesiątych sądzono, że gromady kuliste bardzo szybko tracą swoją populację czarnych dziur. Jednakże, w ostatnim dziesięcioleciu, narastały spekulacje teoretyczne i obserwacyjne, wskazujące że niektóre gromady kuliste mogą zawierać znaczną populację czarnych dziur. Taki podsystem w gromadzie kulistej odgrywa kluczową rolę w jej dynamicznej ewolucji. W omawianych pracach wykazano że modelowane gromady kuliste, które w obecnej chwili zawierają znaczący podsystem czarnych dziur, mają właściwości obserwacyjne skorelowane z właściwościami tego podsystemu. Wykorzystując te korelacje, zidentyfikowano około 29 gromad kulistych Drogi Mlecznej, które mogą zawierać znaczną populację czarnych dziur. Przedstawiono również wstępne wyniki analizy właściwości wyrzucanych z gromad kulistych układów podwójnych zawierających czarną dziurę i transferującą masę gwiazdę ciągu głównego.