

Masywne czarne dziury (MCD) znajdują się prawdopodobnie w centrach większości (o ile nie wszystkich) galaktyk. Nasza Droga Mleczna nie jest tu wyjątkiem - jej MCD (Sagittarius A*) ma masę około 4 milionów M_{\odot} (gdzie M_{\odot} to masa Słońca). Co szczególnie ciekawe, istnieje wiele empirycznych relacji, które wyraźnie wskazują na to, że MCD są przynajmniej po części odpowiedzialne za procesy ewolucji galaktyk i vice versa. Dla przykładu, tempo wzrostu centralnej MCD zależy od ilości gwiazd i gazu znajdujących się w galaktyce, a z drugiej strony, im więcej materii opada na MCD, tym więcej energii jest zwracane w postaci wiatru lub dżetów mogących stłumić procesy gwiazdotwórcze galaktyki.

Niestety, pomimo dziesiątek lat badań, pochodzenie oraz koewolucja MCD i ich galaktyk to dwie największe niewiadome współczesnej astrofizyki. W szczególności odkrycie istnienia niezwykle jasnych i masywnych ($M > 10^8 M_{\odot}$) kwazarów już w czasie gdy Wszechświat miał mniej niż miliard lat na nowo ożywiło dyskusje na temat tego jak obiekty te powstają i zyskują tak ogromne masy w tak krótkim czasie. Próba odpowiedzi na te pytania stanowi obecnie ogromne wyzwanie, ponieważ rozważany proces ewolucji prawdopodobnie rozpoczął się bardzo wcześnie w historii Wszechświata, a nasze obecne teleskopy nie są jeszcze w stanie sięgnąć tak daleko. To, co jednak możemy teraz zrobić, to rozwijać i analizować szczegółowe symulacje numeryczne, które po skalibrowaniu przy pomocy dostępnych obserwacji naszego lokalnego otoczenia pozwolą nam wprowadzić ograniczenia na procesy, których nie możemy jeszcze zaobserwować.

Obecnie, podstawowym założeniem większości takich symulacji jest to, że galaktyki i ich MCD mogą tworzyć układy podwójne i zderzać/łączyć się w czasie krótszym niż wiek Wszechświata. Niezwykłą konsekwencją takiego scenariusza powinna być (zgodnie z naszą obecną wiedzą) emisja fal grawitacyjnych (GW), a zatem zyskalibyśmy w ten sposób kolejne, potężne źródło informacji. PTA (Pulsar Timing Array) to jeden z działających już eksperymentów, skonstruowanych właśnie w celu poszukiwania fal GW od najcięższych układów podwójnych MCD ($M > 10^8 M_{\odot}$) poprzez precyzyjny chronometraż pulsarów milisekundowych. Inny projekt, LISA (Laser Interferometer Space Antenna), który wystartuje ok. 2034 został zaprojektowany tak, by móc zaobserwować układy MCD o nieco niższych masach ($M = 10^4 - 10^7 M_{\odot}$), a więc oba projekty będą mogły stanowić dla siebie istotne uzupełnienie.

W konsekwencji powyższego, przeprowadziliśmy wstępne badania korzystając z modelu ewolucji galaktyk SHARK. Jest to model oparty na otwartym kodzie, który został już dokładnie przetestowany względem dostępnych obserwacji. Ponad to, wyniki naszych wstępnych badań pokazały, że jest to narzędzie o bardzo dużym potencjale do badania ewolucji galaktyk i MCD.

SHARK będzie więc jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych przez nas w niniejszym projekcie. Nasza praca podzielona będzie na trzy główne etapy. W pierwszym z nich rozwiniemy nowe modele ewolucji MCD w układach podwójnych, gdyż ta część ewolucji galaktyk nie jest jeszcze uwzględniona w programie SHARK. Następnie przeprowadzimy symulacje, które pokryją szeroki zakres przestrzeni parametrów opisujących ewolucje MCD i galaktyk. W końcowym, trzecim etapie porównamy nasze wyniki z obserwacjami i przedstawimy także przewidywania dla przyszłych obserwacji. W szczególności skupimy się na przewidywaniach oczekiwanych detekcji przez obserwatorium LISA oraz na ocenie tła fal grawitacyjnych w eksperymentach pulsarowych PTA. Nasz model populacji układów podwójnych MCD pozwoli także scharakteryzować te obiekty w zakresie promieniowania elektromagnetycznego. Porównamy je z obserwacjami galaktyk, w których podejrzewa się istnienie układów podwójnych MCD. Wyniki te doprowadzą do nałożenia poważnych ograniczeń na modele ewolucji MCD w galaktykach i wytyczą drogę przyszłych badań tych fascynujących obiektów.