

Popularnonaukowy opis projektu

Celem projektu jest eksploracja Nowej Fizyki wykraczającej poza Model Standardowy oddziaływań fundamentalnych oraz poza ogólną teorię względności - teorię grawitacji Einsteina – z wykorzystaniem nowego okna otwartego przez powstającą obecnie astronomię fal grawitacyjnych.

Pierwsza obserwacja fal grawitacyjnych powstałych podczas zlewania się pary czarnych dziur dokonana przez współpracę LIGO/Virgo we wrześniu 2016, sto lat po fundamentalnych przewidywaniach Einsteina, jest kamieniem milowym na drodze do astronomii opartej na falach grawitacyjnych oraz przełomem w badaniach nad astrofizyką gwiazd zwartych. W ciągu dwóch lat od pierwszej obserwacji dokonano kilku kolejnych, w tym zaobserwowano sygnał pochodzący od zlewania się składników podwójnej gwiazdy neutronowej. Ta obserwacja, dokonana przez LIGO i Virgo w sierpniu 2017, stowarzyszona była również z sygnałem elektromagnetycznym zarejestrowanym przez ponad 70 obserwatoriów na 7 kontynentach i w przestrzeni kosmicznej, co można uznać za przełom w powstawaniu astronomii wielo-nośnikowej. Te obserwacje otworzyły nowe okno dla obserwacji Wszechświata. Potencjał metod obserwacyjnych opartych na detekcji fal grawitacyjnych można porównać jedynie do obserwacji kosmicznego promieniowania tła (CMB), które zapoczątkowały epokę nowoczesnej kosmologii.

Jednym z zastosowań astronomii fal grawitacyjnych jest testowanie teorii grawitacji wykraczających poza ogólną teorię względności Einsteina. Grawitacja wciąż pozostaje najbardziej tajemniczym spośród czterech oddziaływań fundamentalnych. Dotychczasowe eksperymenty nie dostarczają precyzyjnych ograniczeń zarówno na bardzo małych (mikroskopowych) jak i bardzo dużych (kosmologicznych) skalach odległości. Po stronie badań teoretycznych nie tylko nie osiągnięto do tej pory w pełni zadawalającego sukcesu w modelowaniu kwantowej grawitacji, ale także pytanie o dodatkowe klasyczne elementy opisu grawitacji oraz o pseudoklasyczny opis efektów kwantowych pozostaje otwarte. Jednakże, funkcjonuje obecnie wiele bardzo interesujących pomysłów pozwalających na pełniejszy opis oddziaływań grawitacyjnych i połączenie wyników obserwacji za pomocą fal elektromagnetycznych i za pomocą fal grawitacyjnych powinno pozwolić na sformułowanie przewidywań pozwalających rozróżnić, a także sfalsyfikować różne modele teoretyczne na wymaganym przez tę dziedzinę badań wysokim poziomie precyzji obserwacyjnej.

Z drugiej strony, fale grawitacyjne emitowane podczas połączenia pary czarnych dziur pozwalają na unikalny dostęp do zjawisk fizycznych zachodzących w obszarach o ekstremalnie dużej krzywiznie: w obszarze silnych pól i wysokich prędkości cząstek testowych. To może pozwolić na uzyskanie bezpośredniej obserwacji efektów kwantowograwitacyjnych. Jedną z ważnych obserwacji kwantowograwitacyjnych byłoby tzw. Echo fal grawitacyjnych pochodzące z czarnej dziury. Naszym celem jest zanalizowanie pod tym kątem sygnałów utworzonych z fal grawitacyjnych i poszukiwania grawitacyjnego echa.

Bardzo ważnym, jeśli nie kluczowym, aspektem astronomii fal grawitacyjnych jest możliwość precyzyjnego testowania standardowego modelu kosmologicznego, w tym badanie lokalnego tempa ekspansji, właściwości ciemnej energii, a nawet właściwości oddziaływań elektroślabych i silnych we wczesnym Wszechświecie. Takie badania mają ogromny i unikalny potencjał znaczącego udoskonalenia naszej wiedzy na temat praw rządzących Wszechświatem, porównywalnego być może do przełomu związanego z postępem w fizyce cząstek elementarnych w drugiej połowie ubiegłego stulecia.