

Równania teorii grawitacji wiążą geometrię czasoprzestrzeni oraz rozkład materii i energii znajdujących się w jej obrębie. Geometria czasoprzestrzeni stanowiącej tło zjawisk i procesów grawitacyjnych zależy od rozkładu materii i energii ją wypełniających. Jednocześnie, wspomniany rozkład materii i energii zależy od geometrii czasoprzestrzeni. Oznacza to, iż nie istnieje określona konstrukcja, na tle której bada się ewolucję układów grawitacyjnych. ***Teoria grawitacji jest teorią niezależną od tła, co znacząco komplikuje badanie dynamiki, ponieważ wymaga ono jednoczesnego śledzenia zmian zarówno rozkładu materii/energii w czasoprzestrzeni, jak i geometrii samej czasoprzestrzeni.***

Trudnością w badaniu dynamiki procesów grawitacyjnych jest fakt, iż stosowane układy odniesienia nie mogą być uważane za niezależne od pola grawitacyjnego. Jest to istotną cechą odróżniającą omawianą teorię od teorii skonstruowanych na pierwotnie zdefiniowanym tle. Dodatkowe przeszkody są napotymane podczas prób badania ewolucji w teorii kwantowej, szczególnie w ramach jej sformułowań kanonicznych, jakim jest między innymi grawitacja pętlowa. W sprzężonych układach materia-geometria nie istnieje precyzyjnie określone i jednoznaczne pojęcie czasu, które może być wykorzystane w klasycznej teorii grawitacji i przeniesione w wyniku procedury kwantyzacji na jej kwantowego odpowiednika.

Stopień skomplikowania zagadnienia dynamiki w ramach teorii grawitacji sprawia, iż istniejące metody badania ewoluujących układów są ciągle ulepszone i modyfikowane. Poszukiwane są również nowe sposoby opisu tejże dynamiki, które mogłyby okazać się przydatne do badania wyjątkowo skomplikowanych układów lub być użyteczne w procesie kwantyzacji teorii grawitacji, która wydaje się być konieczna w celu włączenia oddziaływania grawitacyjnego w strukturę Modelu Standardowego. Analizy stanowiące przedmiot niniejszego projektu wpisują się w nakreślony nurt badań poprzez podjęcie próby opisu ewolucji układu grawitacyjnego z wykorzystaniem obserwabli grawitacyjnych oraz przez pryzmat zachowania horyzontów izolowanych i dynamicznych w ewoluujących czasoprzestrzeniach.

Celem proponowanych badań jest zdobycie nowej wiedzy dotyczącej dynamiki procesów przebiegających pod wpływem oddziaływania grawitacyjnego. Pierwszym celem szczegółowym zaplanowanych analiz jest zdefiniowanie obserwabli grawitacyjnych oraz określenie ich własności w przypadku zastosowania współrzędnych podwójnie zerowych. Współrzędne te posiadają naturalną interpretację fizyczną, a mianowicie promienie świetlne i cząstki bezmasowe poruszają się wzdłuż hiperpowierzchni wyznaczonych przez ich stałe wartości. W ramach zaplanowanych badań rozważona zostanie również kwestia przebiegu zapadania oraz akrecji materii na czarne dziury w formalizmie wybranych obserwabli grawitacyjnych.

Kolejnym celem szczegółowym planowanych badań jest analiza zachowania horyzontów izolowanych i dynamicznych podczas procesów zachodzących pod wpływem oddziaływania grawitacyjnego, w wyniku których w czasoprzestrzeniach powstają lub ewoluują obiekty zawierające w swojej strukturze osobliwości czasoprzestrzenne. Horyzonty wybrane do prowadzenia badań umożliwiają śledzenie przebiegu procesów tworzenia i ewolucji wspomnianych obiektów w czasie rzeczywistym. Informacje uzyskane na gruncie teoretycznym są powiązane z zagadnieniem interpretacji astrofizycznych danych obserwacyjnych, których celem jest bezpośrednia detekcja czarnych dziur i tuneli czasoprzestrzennych oraz opis procesów zachodzących w ich najbliższym sąsiedztwie.

Analizę przebiegu rozważanych ewolucji planuje się przeprowadzić w ramach teorii z sektorem grawitacyjnym zmodyfikowanym w porównaniu z klasycznym sformułowaniem teorii grawitacji oraz w obecności różnorodnych form materii wypełniających czasoprzestrzeń. W planowanych badaniach uwzględnione zostaną między innymi skalarno-tensorowe teorie grawitacji oraz teorie z wyższymi członami krzywiznowymi. Materia w analizowanych układach grawitacyjnych będzie opisywana w ramach teorii pola, przy czym poza najprostszych przypadkami pól skalarnych neutralnego i naładowanego elektrycznie uwzględnione zostaną również bardziej złożone modele odpowiadające między innymi obecności w czasoprzestrzeni ciemnej materii i energii, czy też innych rodzajów materii, takich jak na przykład pola Higgsa lub inflatonu. Wymienione czynniki zostały wybrane ze względu na ich istotne znaczenie w badaniach, których tematyka jest usytuowana na granicy teorii cząstek elementarnych, kosmologii i teorii grawitacji.