

Cele jakie stawia sobie projekt LUSTRE są związane z największymi otwartymi pytaniami z jakimi boryka się współczesna nauka. Te wyjątkowo trudne problemy wymagają opracowania i rozwinięcia najnowszych i bezprecedensowych technik symulacji komputerowych i analizy danych. W ciągu ostatnich dwóch dekad kosmologia stała się jedną z najważniejszych i odnoszących największe sukcesy dziedziną nauk fizycznych. Fakt ten wyraźnie podkreśla przyznanie w tym okresie trzech nagród Nobla za badania w tej dziedzinie. Wszystkie niesamowite odkrycia i przełomy w badaniach teoretycznych doprowadziły do ukonstytuowania się Standardowego Modelu Kosmologicznego (SMK).

Model standardowy to zestaw teorii i parametrów, które razem dają nasz najdoskonalszy opis Wszechświata i jego ewolucji w największych skalach. SMK udanie przewiduje i tłumaczy wiele dostępnych obserwacji astronomicznych, a w szczególności opisuje jak z pierwotnych mikroskopijnie małych zaburzeń gęstości, które istniały się w młodym i gorącym kosmosie, w ciągu ponad 13 miliardów lat kosmicznej ewolucji powstała obserwowana wspaniała struktura kosmicznej sieci w którą układają się galaktyki i ich gromady w największych skalach. Pomimo wszystkich swoich wspaniałych sukcesów rozwój współczesnej kosmologii i astronomii pozagalaktycznej przyniósł nam również największe nierozwiązane zagadki współczesnej nauki. Jednym z nich jest odnalezienie i wyjaśnienie fizycznego mechanizmu odpowiedzialnego za przyspieszającą ekspansję Wszechświata.

Standardowy model kosmologii używa Ogólnej Teorii Względności (OTW) do opisu oddziaływań grawitacyjnych na wszystkich skalach. W ramach teorii Einsteina za przyspieszoną ekspansję odpowiada tzw. stała kosmologiczna (SK), którą musiałaby mieć bardzo małą wartość. Z drugiej strony fizyka kwantowa przewiduje, że jeśli za przyspieszone rozszerzanie odpowiada SK, to jej wartość powinna być 50 rzędów wielkości większa niż obserwowana. Jest to największa w historii nauk ścisłych rozbieżność przewidywań teorii z wartościami pomiarów. Problemami SK i poszukiwania wyjaśnienia przyspieszonego rozszerzania Kosmosu zajmuje się obecnie cała gałąź badań we współczesnej kosmologii teoretycznej. Przedstawiono szereg ciekawych teorii zmieniających prawa OTW, które potrafią wyjaśnić przyspieszenie czasoprzestrzeni bez SK. Z drugiej strony zauważono również, że teoria Einsteina została dokładnie sprawdzona eksperymentalnie tylko na międzyplanetarnych skalach odległości. Stosujemy zaś ją do opisu całego Wszechświata. Jest to więc ekstrapolacja teorii o 15 rzędów wielkości!

Skonstruowanie i przeprowadzenie nowatorskich testów grawitacji na skalach kosmologicznych stało się więc jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej kosmologii. LUSTRE odnosi się do kluczowych aspektów tych problemów.

W tym projekcie zamierzamy przetestować hipotezę ciemnej energii i modyfikacji grawitacji, badając bardzo szczegółowo formowanie się lokalnego wszechświata i wykorzystując wszechświat lokalny jako kosmologiczne laboratorium do badania natury grawitacji i ciemnej energii. W szczególności dążymy do przeprowadzenia symulacji z więzami zaprojektowanych tak by odtwarzały struktury z pobliskiego kosmosu przy założeniu standardowej ciemnej energii (GR) i proponowanej alternatywy, takiej jak modyfikacja grawitacji. To pozwoli na niezależną weryfikację lub obalenie jednej z tych hipotez.

Symulacje zaplanowane z więzami to kosmologiczne symulacje powstawania struktur, w których warunki początkowe zostały ograniczone danymi obserwacyjnymi, tak że ostateczny rezultat obliczeń ma narzucone cechy odtwarzające obserwowany krajobraz kosmograficzny. Takie symulacje umożliwiają kosmologom bezpośrednie modelowanie środowiska Drogi Mlecznej i Grupy Lokalnej zamiast symulowania losowych i tylko statystycznie podobnych struktur. Strona niemiecka jest światowym liderem w prowadzeniu i analizowaniu takich symulacji, podczas gdy strona polska jest światowym liderem w testowaniu teorii zmodyfikowanej grawitacji. Łącząc naszą wiedzę, po raz pierwszy będziemy w stanie formułować i testować modele Lokalnego Wszechświata przy założeniu, że prawa ogólnej teorii względności, jednego z fundamentów współczesnej fizyki, i jej ostoji od ponad wieku, są jedynie przybliżeniem natury obowiązującym w małych kosmicznych skalach. Nasz projekt będzie miał duże znaczenie dla teorii powstawania galaktyk, jak i formowania lokalnych struktur (wnosząc wkład do wiedzy w jaki powstała Grupa Lokalna i wszechświat lokalny), a także w zakresie zmodyfikowanej grawitacji w konkretnych modelach, które obecnie postulowane literaturze.