

Promieniowanie grawitacyjne w czasoprzestrzeniach o dodatniej stałej grawitacyjnej: popularnonaukowe streszczenie projektu.

Obserwacje wszechświata i rejestracja nadchodzących stamtąd sygnałów dostarczyły w ciągu ostatnich lat dwóch ważnych wiadomości dla Alberta Einsteina. Pierwsza to konieczność wprowadzenia do teorii dodatniej stałej kosmologicznej. Dowodzi tego obserwowana szybkość rozszerzania wszechświata. Ekspansja przyspiesza i na gruncie teorii względności efekt ten można wytłumaczyć jedynie obecnością stałej kosmologicznej. Einstein rozważał już taką poprawkę do swojej teorii, choć przeciwnym celu - chodziło o zatrzymanie wszechświata, który w tamtych czasach wydawał się być statyczny. Druga wiadomość to potwierdzenie istnienia fal grawitacyjnych. Fale czasoprzestrzeni zostały niedawno bezpośrednio zarejestrowane, rejestrację powtórzono kilka razy. Jak na ironię nawet dziś Einstein nie byłby jeszcze gotowy do przyjęcia tych dwóch wiadomości jednocześnie. Rzecz w tym, że teoria fal grawitacyjnych rozważana była do niedawna jedynie przy założeniu zerowej stałej kosmologicznej. Uogólnienie na obecność stałej kosmologicznej wcale nie jest banalne. Przede wszystkim zacząć należy od tego, że Einstein nie potrafił udowodnić istnienia fal grawitacyjnych, które sam wcześniej przewidział, a wręcz zwątpił w ich istnienie, czemu dał wyraz w swoich publikacjach.

Wątpliwości te nie zostały rozwiane za życia Einsteina, który zmarł w 1955 roku. Dopiero prace młodego Trautmana opublikowane w 1958 i kontynuowane przez Bondiego, Piraniego i Sachsa na początku lat 1960ch udowodniły, że teoria względności implikuje istnienie promieniowania grawitacyjnego. Matematycznie ściśle sformułowanie teorii Trautmana-Bondiego-Piraniego-Sachsa podali Penrose i Hawking. Kluczem do rozwiązania problemu było zrozumienie asymptotycznej struktury czasoprzestrzeni, własności czasoprzestrzeni, gdy wszelkie źródła promieniowania są bardzo daleko. Teoria asymptotyk czasoprzestrzeni została rozwinięta i jest dziś jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych do opisu ogólnie relatywistycznych układów izolowanych. W całej tej teorii przyjmuje się jednak równania Einsteina bez stałej kosmologicznej. Wprowadzenie nawet najmniejszej niezerowej wartości tej stałej wywraca całą teorię asymptotyczną do góry nogami. Trzeba tworzyć ją od początku. I tego właśnie dotyczy niniejszy projekt. Planujemy stworzenie teorii promieniowania grawitacyjnego uwzględniającej fakt, że stała kosmologiczna jest dodatnia.

Obecność dodatniej stałej kosmologicznej prowadzi do wystąpienia nowego zjawiska tak zwanych horyzontów kosmologicznych. Metoda, którą proponujemy zrealizować w projekcie wykorzystuje ten mechanizm. Kosmologiczne horyzonty są szczególnym przypadkiem nie-ekspandujących horyzontów lub inaczej horyzontów słabo izolowanych, którymi zajmujemy się w Warszawie od wielu lat. W latach ubiegłych badaliśmy je jako uogólnienie czarnych dziur. Teraz zastosujemy je w nowym kontekście. Z naszych wcześniejszych badań wynika, że izolowane horyzonty posiadają wiele własności zaskakująco dobrze predysponujących je do tej nowej roli opisu promieniowania grawitacyjnego. Teoria, którą planujemy stworzyć, będzie w ciągły sposób zależała od stałej kosmologicznej i przechodzić w znaną teorię, w granicy gdy stała kosmologiczna dąży do zera. Tego rodzaju rozszerzenie teorii promieniowania grawitacyjnego nie jest obecnie znane i jest bardzo potrzebne.