

Struktura bimetrycznych teorii grawitacji w ujęciu geometrii nieprzemiennej Streszczenie popularnonaukowe

Arkadiusz Bochniak

Współczesne teorie grawitacji, pomimo szeregu sukcesów w opisie zachowania się układów planetarnych, czarnych dziur czy też fal grawitacyjnych, w dalszym ciągu nie rozwiązują w pełni problemów pojawiających się w wielkich skalach, takich jak np. pochodzenie i rola ciemnej materii jak i ciemnej energii. Istnieje wiele modeli, które próbują tłumaczyć część z tych zagadnień. Jedną klasą z nich są tzw. bimetryczne teorie grawitacji.

Celem tego projektu jest analiza bimetrycznych modeli grawitacji za pomocą metod wywodzących się z geometrii nieprzemiennej. W istniejących obecnie bimetrycznych modelach grawitacji występują parametry, których wartości nie są zdeterminowane poprzez samą strukturę modelu. Dla pewnych klas tych modeli można dobrać odpowiednie współczynniki w taki sposób, aby uzyskany model był zgodny z danymi uzyskanymi z obserwacji kosmologicznych, w szczególności możliwe jest aby jego przewidywania były zgodne z tymi ze standardowego modelu Λ CDM. Jednakże aprioryczna arbitralność w wyborze tych współczynników pozwala również na istnienie modeli, których przewidywane scenariusze odbiegają od standardowego modelu kosmologicznego. Znalezienie i zrozumienie głębszej matematycznej struktury takich modeli umożliwi wprowadzenie ograniczeń na poszczególne parametry w nich występujące, a także doprowadzi do uzyskania relacji między poszczególnymi wielkościami, które mogą być sprawdzone za pomocą danych obserwacyjnych.

W niniejszym projekcie jako wyjściową strukturę matematyczną przyjmujemy pewną tzw. trójkę spektralną, która na poziomie geometrii Riemannowskiej zawiera pełną informację o strukturze metrycznej (i spinowej) wyjściowej przestrzeni, a jej uogólnienia opisują tzw. geometrie nieprzemienne, których szczególny przypadek zostanie tutaj wykorzystany. Stosując metody używane w geometrii nieprzemiennej, m.in. w kontekście Modelu Standardowego, w szczególności metody obliczania tzw. działania spektralnego, możemy wyprowadzić postać działania dla bimetrycznych modeli grawitacji. Ponadto metody te w znanych do tej pory zastosowaniach, głównie w fizyce cząstek elementarnych, pozwalają na uzyskanie informacji o współczynnikach występujących w tym działaniu, które dotąd były niedookreślone. Związki tych parametrów z wielkościami kosmologicznymi umożliwiają wyrażenie tych ostatnich poprzez wyliczone uprzednio współczynniki, a tym samym uzyskane metodami geometrii nieprzemiennej wartości parametrów bimetrycznych modeli grawitacji pozwolą na podanie konkretnych przewidywań teoretycznych co do zachowania się Wszechświata w uzyskanych scenariuszach kosmologicznych, a przewidywania te z kolei mogą być porównane z dostępnymi danymi z prowadzonych obecnie obserwacji astronomicznych.

Ponadto, konieczność przeniesienia znanych metod rachunkowych na przypadek interesujących nas trójek spektralnych wymaga stworzenia efektywnych metod wyliczania szeregu wielkości, a tym samym prowadzi do serii interesujących problemów matematycznych, których rozwiązania i uogólnienia mogą mieć znaczący wpływ na rozwój pozornie odległych dziedzin matematyki jak i fizyki.