

Warszawa, 9 lipca 2013

GR20/Amaldi10: Czasoprzestrzeń nie jest taka sama dla wszystkich

Przed Wielkim Wybuchem znana nam czasoprzestrzeń nie istniała. Jak się więc narodziła? Proces powstawania zwykłej czasoprzestrzeni z wcześniejszego stanu, zdominowanego przez kwantową grawitację, od lat badają teoretycy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Z najnowszych analiz wynika zaskakujący wniosek: nie wszystkie cząstki elementarne odczuwają taką samą czasoprzestrzeń.

Kilkanaście miliardów lat temu, w epoce bliskiej Wielkiemu Wybuchowi, Wszechświat był tak gęsty i tak gorący, że cząstki elementarne silnie odczuwały istnienie grawitacji. Fizycy na całym świecie od dziesięcioleci podejmują próby znalezienia praw kwantowej grawitacji, opisujących tę fazę ewolucji Wszechświata. Niedawno grupa prof. dr. hab. Jerzego Lewandowskiego z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW) zaproponowała własny model kwantowego Wszechświata. Najnowsze badania jego własności, przedstawiane m.in. podczas trwającej obecnie w Warszawie XX Międzynarodowej Konferencji Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji (GR20) połączonej z X Konferencją Edoardo Amaldiiego o Falach Grawitacyjnych (Amaldi10), zaskoczyły obu naukowców. Z analiz przeprowadzonych przez prof. Lewandowskiego i jego doktoranta Adrea Dapora wynika, że różne cząstki elementarne odczuwają istnienie różnych czasoprzestrzeni.

Jedną z prób opisu kwantowej grawitacji jest pętlowa grawitacja kwantowa (Loop Quantum Gravity, LQG). W teorii tej przyjmuje się, że czasoprzestrzeń ma budowę nieco podobną do tkaniny: składa się z bardzo wielu bardzo małych i splecionych w pętle włókien. Przez pole o powierzchni jednego centymetra kwadratowego przechodziłyby biliony trylionów trylionów (jeden i 66 zer) takich włókien. Trzy lata temu grupa prof. Lewandowskiego skonstruowała matematycznie spójny model łączący w ramach LQG mechanikę kwantową z ogólną teorią względności. W modelu założono istnienie dwóch oddziałujących ze sobą pól. Jednym jest pole grawitacyjne, które można utożsamiać z pewną przestrzenią (ponieważ zgodnie z ogólną teorią względności grawitacja zakrzywia czasoprzestrzeń, a zakrzywiona czasoprzestrzeń daje efekty grawitacyjne). Drugim polem w modelu jest pole (skalarne), które każdemu punktowi przestrzeni przyporządkowuje pewną liczbę. Pole to jest interpretowane jako najprostszy rodzaj materii.

Obraz rzeczywistości w modelu fizyków z FUW jest kwantowy, a więc ma cechy skrajnie odmienne od cech świata, z którym obcujemy na co dzień. „W tej sytuacji wydawało nam się naturalne, by postawić pytanie: jak z pierwotnych stanów kwantowej grawitacji wyłania się znana nam wszystkim czasoprzestrzeń? I skoro zwykła czasoprzestrzeń miałaby się rodzić w wyniku oddziaływania materii z kwantową grawitacją, to czy każdy typ materii na pewno odczuwa czasoprzestrzeń o tych samych własnościach?”, mówi prof. Lewandowski.

Aby znaleźć odpowiedzi na powyższe pytania, teoretycy najpierw wyprowadzili wzory opisujące efekty oddziaływania kwantowej grawitacji z materią dla dwóch matematycznie najłatwiejszych przypadków: dla cząstek pozbawionych masy spoczynkowej oraz dla prostych (skalarnych) cząstek obdarzonych taką masą. W Modelu Standardowym, opisującym we współczesnej fizyce cząstki elementarne i ich oddziaływania, odpowiednikiem cząstek bezmasowych byłyby fotony, a skalarnych cząstek z masą – słynne bozony Higgsa, odpowiedzialne za masy pozostałych cząstek: kwarków oraz elektronów, mionów, taonów i stowarzyszonych z nimi neutrin.

Po wyprowadzeniu równań przedstawiających zachowanie cząstek zgodne z prawami kwantowo-grawitacyjnego modelu, fizycy z F UW zaczęli sprawdzać, czy podobne wzory można otrzymać z użyciem zwykłych czasoprzestrzeni o różnych symetriach. Dla cząstek bezmasowych okazało się to możliwe. Odszukana czasoprzestrzeń była izotropowa, czyli miała takie same własności we wszystkich kierunkach.

„Według zbadanego przez nas, uproszczonego modelu, niezależnie od tego, czy foton ma większy pęd czy mniejszy, większą energię czy mniejszą, czasoprzestrzeń jawi mu się taka sama we wszystkich kierunkach”, wyjaśnia prof. Lewandowski.

Dla cząstek z masą sytuacja wyglądała inaczej. Istnienie masy nakłada bowiem pewien dodatkowy warunek na teorię. Fizycy z F UW wykazali, że klasycznej czasoprzestrzeni, która jednocześnie spełniałaby warunek z masą i miała jednakowe własności we wszystkich kierunkach, nie można skonstruować. Właściwą czasoprzestrzeń udało się znaleźć dopiero wśród czasoprzestrzeni anizotropowych. Wyróżnionym kierunkiem tych czasoprzestrzeni był kierunek ruchu cząstki.

„Cząstki z masą nie tylko odczuwają inną czasoprzestrzeń niż fotony, ale każda z nich widzi swoją własną, prywatną wersję czasoprzestrzeni, w zależności od kierunku, w którym się porusza. Ten wynik jest dla nas ogromnym zaskoczeniem”, mówi doktorant Andrea Dapor.

Czy najnowsze odkrycie oznacza, że Wszechświat cząstek z masą nie jest izotropowy? Fakt ten miałby ogromne znaczenie eksperymentalne i obserwacyjne. Odpowiedź brzmi jednak: nie, we Wszechświecie nie ma wyróżnionego kierunku. Jako obserwatorzy badający zachowanie cząstek elementarnych jesteśmy układami klasycznymi, a nie kwantowymi, i w pewnym sensie znajdujemy się „na zewnątrz” świata cząstek. Nie jest wtedy istotne, co każda z cząstek „myśli” o swojej czasoprzestrzeni. Niezależnie od kierunku nadlatywania, wszystkie cząstki zarejestrowane w laboratorium będą miały dokładnie te same cechy. Z tego powodu eksperymentalne potwierdzenie przewidywań teoretyków z F UW z pewnością nie będzie trywialne.

Prace grupy prof. Lewandowskiego były finansowane z grantów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowego Centrum Nauki.

Międzynarodowe Konferencje Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji są organizowane co trzy lata. Tegoroczna, dwudziesta konferencja (GR20), odbywająca się w Warszawie w dniach 7-13 lipca, została połączona z X Konferencją Edoardo Amaldi o Falach Grawitacyjnych (Amaldi10). Połączona konferencja GR20/Amaldi10 to wydarzenie bezprecedensowe. Przyciągnęło ono do Warszawy blisko 900 najwybitniejszych naukowców zajmujących się wszystkimi dziedzinami fizyki, matematyki i astronomii, w których efekty ogólnej teorii względności mają znaczenie, w tym teoriami grawitacji kwantowej oraz falami grawitacyjnymi. Organizatorami obecnej edycji konferencji są Polskie Towarzystwo Relatywistyczne oraz Uniwersytet Warszawski.

Międzynarodowa Konferencja Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji gości w Polsce po raz drugi. Historycznie trzecia konferencja tego typu, przeprowadzona w dniach 25-31 lipca 1962 roku, odbyła się bowiem w Warszawie i Jabłonie. Zorganizował ją wybitny polski fizyk Leopold Infeld, współpracownik Alberta Einsteina. Gośćmi konferencji byli m.in. tak znani fizycy jak Paul Dirac, Richard Feynman, John Archibald Wheeler i słynny obecnie Peter Higgs.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytut: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie

dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest niemal 80 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 140 doktorantów.

Polskie Towarzystwo Relatywistyczne (PTR) zajmuje się konsolidowaniem środowiska polskich relatywistów, propagowaniem na świecie informacji o osiągnięciach polskiej relatywistyki i sprowadzaniem do Polski wiedzy o dokonaniach innych środowisk w dziedzinie teorii względności. Do ważnych zadań PTR należy zapewnianie polskim studentom, doktorantom i młodym uczonym jak najlepszych warunków ułatwiających rozpoczęcie własnej pracy badawczej na najwyższym poziomie w nowoczesnych dziedzinach relatywistycznej fizyki i matematyki czasoprzestrzeni. Członkami honorowymi Towarzystwa są m.in. wybitni fizycy prof. Abhay Ashtekar oraz prof. Roger Penrose.

KONTAKTY DO NAUKOWCÓW:

prof. dr hab. **Jerzy Lewandowski**
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532302
email: jerzy.lewandowski@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://gr20-amaldi10.edu.pl/>
Strona konferencji GR20/Amaldi10.

<http://www.fuw.edu.pl/~potor/>
Strona Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego.

<http://www.fuw.edu.pl/>
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW130709b_fot01s.jpg

HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2013/FUW130709b_fot01.jpg

W matematycznym modelu, zbudowanym przez teoretyków z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, klasyczna czasoprzestrzeń powstaje wskutek oddziaływania materii z kwantową grawitacją. Proces nieco przypomina tworzenie się sieci krystalicznej lodu (symbolizującej klasyczną czasoprzestrzeń) z płynnej, zamarzającej wody (kwantowej grawitacji). Najnowsze badania modelu sugerują jednak, że dla różnych cząstek elementarnych powstające klasyczne czasoprzestrzenie będą różne. (Źródło: FUW)