

Warszawa, 14 stycznia 2016

Czasoprzestrzeń jest jak biel, tęczę malowana

Gdy światło białe przepuścimy przez pryzmat, tęcza za nim ujawni bogatą paletę barw. Teoretycy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego udowodnili, że w modelach Wszechświata zbudowanych z użyciem dowolnej teorii kwantowej grawitacji także musi się pojawić tęcza, tyle że zbudowana nie z fotonów, a z różnych wersji czasoprzestrzeni. Zaprezentowany mechanizm przewiduje, że zamiast jednej, wspólnej czasoprzestrzeni, cząstki o różnych energiach „widzą” jej nieco zmodyfikowane wersje.

Ten eksperyment widzieliśmy chyba wszyscy: gdy światło białe przechodzi przez pryzmat, rozszczepia się tworząc tęczę. Dzieje się tak, ponieważ światło białe jest w rzeczywistości mieszaniną fotonów o różnych energiach, a im większa energia fotonu, tym wyraźniej jest on odchylany przez pryzmat. Zatem tęcza powstaje, ponieważ fotony o różnych energiach „widzą” pryzmat o nieco innych właściwościach. Od kilkunastu lat podejrzewano, że w kwantowych modelach Wszechświata cząstki o różnych energiach efektywnie odczuwają istnienie czasoprzestrzeni o nieco innej strukturze. Wcześniejsze hipotezy nie były jednak wyprowadzone z teorii kwantowej, lecz oparte na zgadywaniu. Obecnie grupa teoretyków z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW), kierowana przez prof. dr. hab. Jerzego Lewandowskiego, przedstawiła ogólny mechanizm odpowiedzialny za wyłanianie się czasoprzestrzennej tęczy.

„Dwa lata temu wykazaliśmy, że w naszych kwantowych modelach kosmologicznych cząstki różnych rodzajów powinny odczuwać istnienie czasoprzestrzeni o nieco innych właściwościach. Teraz okazuje się, że sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana. Odkryliśmy naprawdę ogólny mechanizm, który powoduje, że struktura czasoprzestrzeni odczuwanej przez cząstkę musi się zmieniać nie tylko w zależności od jej rodzaju, ale nawet od jej energii”, mówi prof. Lewandowski.

W obecnych rozważaniach warszawscy fizycy użyli modelu kosmologicznego zawierającego tylko dwa składniki: grawitację oraz reagującą na jej istnienie materię. Zgodnie z wnioskami z ogólnej teorii względności, pole grawitacyjne było tu tożsame z obecnością czasoprzestrzeni i jej odkształceniami. Materię przedstawiono w postaci innego pola, skalarnego (pole skalare to najprostszy typ pola, w którym każdemu punktowi przestrzeni przypisuje tylko jedną wartość).

„Obecnie istnieje wiele konkurujących ze sobą teorii grawitacji kwantowej. Dlatego nasz model sformułowaliśmy bardzo ogólnie, aby można go było zastosować do dowolnej teorii. Ktoś może więc wziąć pole grawitacyjne – czyli w praktyce czasoprzestrzeń – opisane jedną teorią kwantową, ktoś inny inną. W modelu zmieniają się wtedy pewne operatory matematyczne, ale nie zmienia się charakter występujących w nim zjawisk”, podkreśla doktorant Andrea Dapor (FUW).

Tak skonstruowany model poddano kwantowaniu, czyli procedurze, która wielkości ciągłe, mogące się zmieniać o dowolnie małą wartość, przekształca na wielkości dyskretne, o wartościach zmieniających się skokami (kwantami). Badania dynamiki skwantowanego modelu – a więc zachodzących w nim zmian – pozwoliły odkryć zadziwiający fakt. Okazało się, że procesy indukowane kwantową teorią na kwantowej czasoprzestrzeni mają taką samą dynamikę jak wtedy, gdy teoria kwantowa działa na pewnej czasoprzestrzeni klasycznej, ciągłej, czyli takiej, jaką znamy z codziennych doświadczeń.

„Ten wynik jest po prostu zadziwiający. Zaczynamy od świata geometrii kwantowej – a więc rozmytej, w której trudno nawet powiedzieć, co jest czasem, a co przestrzenią – a mimo to zjawiska zachodzące w naszym modelu kosmologicznym i tak wyglądają tak, jakby wszystko działało się w zwykłej czasoprzestrzeni!”, mówi doktorant Mehdi Assanioussi (FUW).

Sprawy przybrały jeszcze ciekawszy obrót, gdy fizycy przyjrzeni się wzbudzeniom pola skalarnego. Wzbudzenia pola materii interpretuje się jako cząstki. Obliczenia pokazały, że w badanym modelu cząstki różniące się energią nieco inaczej reagowały na obecność kwantowej czasoprzestrzeni – podobnie jak fotony o różnych energiach odrobinę inaczej „widziały” pryzmat. Wynik ten oznacza, że także efektywna, klasyczna czasoprzestrzeń, odczuwana przez poszczególne cząstki, musi mieć strukturę zależącą od ich energii.

Powstawanie zwykłej tęczy można wyjaśnić wprowadzając współczynnik załamania światła, którego wartość zmienia się w zależności od długości fali świetlnej. W przypadku tęczy czasoprzestrzennej także udało się wyznaczyć podobną zależność. Okazało się wtedy, że za różnice w strukturach klasycznych czasoprzestrzeni odczuwanych przez cząstki odpowiada pewna funkcja, którą oznaczono jako beta. Funkcja ta odzwierciedla stopień nieklasyczności stanu kwantowego czasoprzestrzeni: w stanach podobnych do klasycznych przyjmuje wartości bliskie zeru, w prawdziwie kwantowych – bliskie jedności. Dzisiejszy Wszechświat znajduje się w stanie klasyczno-podobnym, zatem obecnie wartość beta powinna być niewiele większa od zera. Oszacowania dokonane przez inne grupy fizyków sugerują, że nie powinna ona przekraczać jednej setnej. Tak niewielka wartość funkcji beta powoduje, że obecnie tęcza czasoprzestrzenna jest bardzo wąska i jej wykrycie w eksperymentach nie jest możliwe.

Badania teoretyków z FUW, sfinansowane z grantów Narodowego Centrum Nauki, doprowadziły do jeszcze jednego ciekawego wniosku. Tęcza czasoprzestrzenna to skutek działania kwantowej grawitacji. Wśród fizyków panuje dość powszechne przekonanie, że efekty tego typu stają się widoczne dopiero przy energiach rzędu energii Plancka, a więc gigantycznych, co najmniej miliony miliardów razy większych od energii cząstek rozpędzanych w akceleratorze LHC. Jednak wartość funkcji beta zależy od czasu i w chwilach bliskich Wielkiemu Wybuchowi mogła być znacznie większa. A gdy beta staje się bliska jedności, czasoprzestrzenna tęcza znacznie się poszerza. W rezultacie w takich warunkach tęczę – efekt kwantowej grawitacji – potencjalnie można byłoby zaobserwować nawet przy energiach cząstek setki razy mniejszych od energii protonów w LHC.

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 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Rainbow metric from quantum gravity”; M. Assanioussi, A. Dapor, J. Lewandowski;
Physics Letters B, vol. 751, 17 December 2015, pp 302–305; DOI: 10.1016/j.physletb.2015.10.043

KONTAKTY:

prof. dr hab. **Jerzy Lewandowski**
Instytut Fizyki Teoretycznej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532958
email: jerzy.lewandowski@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<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:

FUW160114b_fot01s.jpg

HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2016/FUW160114b_fot01.jpg

Cząstki kwantowe o różnych energiach powinny inaczej odczuwać właściwości czasoprzestrzeni. Zjawisko jest nieco podobne do rozszczepienia światła wynikającego z faktu, że fotony o różnych energiach odrobinę inaczej „widzą” właściwości ośrodka, przez który przechodzą. (Źródło: FUW, jch)