



Warszawa, 23 grudnia 2022

Trzy wymiary czasowe, jeden wymiar przestrzenny

Jak widzieliby nasz świat obserwatorzy poruszający się z prędkością większą niż światło w próżni? Byłby to obraz wyraźnie różny od tego, z czym stykamy się na co dzień. Można byłoby spodziewać się nie tylko zjawisk dziejących się spontanicznie bez żadnej przyczyny ale i cząstek podróżujących jednocześnie wieloma drogami, czyli tego, co znamy z teorii kwantowej – przekonują polscy i angielscy fizycy. Całkowitemu przenicowaniu uległaby także sama koncepcja czasu i przestrzeni – świat opisywany byłby trzema wymiarami czasowymi i jednym przestrzennym, a żeby nadać takiemu opisowi sens, trzeba by posługiwać się językiem teorii pola, który świetnie znamy. Obecność nadświatlnych obserwatorów nie prowadzi więc do niczego paradoksalnego, co więcej, jest niewykluczone, że obiekty nadświatłne rzeczywiście istnieją.

Na początku XX wieku Albert Einstein całkowicie zredefiniował sposób, w jaki postrzegamy czas i przestrzeń. Trójwymiarowa przestrzeń zyskała czwarty wymiar – czas, a pojęcia czasu i przestrzeni do tej pory odrębne zaczęły być traktowane jako całość. – W sformułowanej w 1905 r. przez Alberta Einsteina szczególnej teorii względności czas i przestrzeń różnią się jedynie ujemnym znakiem w równaniach, są więc szokująco podobne do siebie – tłumaczy prof. Andrzej Dragan, fizyk z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Narodowego Uniwersytetu w Singapurze. Szczególną teorię względności Einstein oparł na dwóch założeniach – zasadzie względności Galileusza i stałości prędkości światła. Jak dowodzi Andrzej Dragan kluczowa jest ta pierwsza z zasad, która zakłada, że w każdym układzie inercyjnym prawa fizyki są takie same, a każdy obserwator inercyjny jest tak samo równoprawny. – Zazwyczaj zasadę tę stosuje się do obserwatorów, którzy poruszają się względem siebie z prędkościami mniejszymi niż prędkość światła (c). Nie ma jednak fundamentalnego powodu, by nie podlegali jej także obserwatorzy poruszający się względem opisywanych układów fizycznych z prędkościami większymi niż prędkość światła – dowodzi Dragan.

Nadświatlna obserwacja świata

Co się stanie, gdy założymy – przynajmniej teoretycznie, że świat mógłby być obserwowalny z nadświatlnych układów odniesienia? Istnieje szansa, że pozwoliłoby to na włączenie do szczególnej teorii względności podstawowych zasad mechaniki kwantowej. Tę rewolucyjną hipotezę prof. Andrzej Dragan oraz prof. Artur Ekert z Uniwersytetu w Oksfordzie zaprezentowali po raz pierwszy w artykule „Quantum principle of relativity” („Kwantowa zasada względności”), opublikowanym dwa lata temu w czasopiśmie „New Journal of Physics”. Rozważyli tam przypadek obu rodzin obserwatorów w czasoprzestrzeni składającej się z dwóch wymiarów: jednego wymiaru przestrzennego i jednego czasowego. W najnowszej publikacji „Relativity of superluminal observers in 1 + 3 spacetime” grupa pięciu fizyków idzie o krok dalej – prezentując wnioski dotyczące pełnej

czasoprzestrzeni czterowymiarowej i formułując w niej pełną, rozszerzoną szczególną teorię względności. Autorzy wychodzą od koncepcji czasoprzestrzeni odpowiadającej naszej fizycznej rzeczywistości: z trzema wymiarami przestrzennymi i jednym czasowym. Jednak z punktu widzenia obserwatora „nadświatlnego” tylko jeden wymiar tego świata zachowuje charakter przestrzenny, ten wzdłuż którego może poruszać się cząstka. – Pozostałe trzy wymiary są wymiarami czasowymi – tłumaczy prof. Andrzej Dragan. – Z punktu widzenia takiego obserwatora cząstka „starzeje się” niezależnie w każdym z trzech czasów. Ale z naszej perspektywy – podświatlnych zjadaczy chleba – wygląda to jak jednoczesny ruch we wszystkich kierunkach przestrzeni, czyli rozchodzenie się związanej z cząstką kwantowomechanicznej fali kulistej – komentuje prof. Krzysztof Turzyński, współautor pracy. Jest to, jak tłumaczy prof. Dragan, zgodne ze sformułowaną już w XVIII wieku zasadą Huygensa, zgodnie z którą każdy punkt, do którego dotarła fala, staje się źródłem nowej fali kulistej. Zasada ta początkowo obejmowała tylko falę świetlną, ale mechanika kwantowa rozszerzyła tę zasadę na wszystkie inne formy materii.

Teoria pola opisem świata

Jak dowodzą autorzy publikacji, włączenie do opisu obserwatorów nadświatlnych wymaga stworzenia nowej definicji prędkości. – Ta nowa definicja zachowuje Einsteiński postulat stałości prędkości światła w próżni nawet dla obserwatorów nadświatlnych – dowodzą autorzy pracy. – Dlatego nasze rozszerzenie szczególnej teorii względności nie wydaje się pomysłem szczególnie ekstrawaganckim — dodaje Dragan.

Jak zmienia się opis świata, do którego wprowadzamy obserwatorów nadświatlnych? Po uwzględnieniu rozwiązań nadświatlnych świat staje się niedeterministyczny, cząstki zamiast po jednej zaczynają poruszać się po wielu trajektoriach naraz, zgodnie z kwantową zasadą superpozycji. – Dla obserwatora nadświatlnego klasyczna newtonowska cząstka punktowa przestaje mieć sens, a jedyną wielkością, która nadaje się do opisu świata fizycznego staje się pole. „Do niedawna uważano, że postulaty leżące u podstaw teorii kwantowej są fundamentalne i nie można ich wyprowadzić z niczego bardziej podstawowego. W tej pracy pokazaliśmy, że uzasadnienie teorii kwantowej za pomocą teorii względności rozszerzonej o nadświatlnych obserwatorów, może być w naturalny sposób uogólnione na pełną czterowymiarową czasoprzestrzeń i że takie rozszerzenie prowadzi do wniosków postulowanych w kwantowej teorii pola” piszą autorzy publikacji.

Czy oni realnie istnieją?

Wszystkie cząstki wydają się zatem mieć niezwykle – kwantowe! – własności w rozszerzonej teorii względności. Czy działa to w drugą stronę? Czy możemy wykryć cząstki zwykłe dla obserwatorów nadświatlnych, czyli poruszające się względem nas z prędkościami nadświatlnymi? – To nie takie proste – zamyśla się prof. Krzysztof Turzyński. – Samo doświadczalne odkrycie nowej cząstki fundamentalnej jest wyczynem wartym Nagrody Nobla i możliwym do realizacji w dużym zespole badawczym wykorzystującym najnowocześniejsze techniki eksperymentalne. Mamy jednak nadzieję zastosować nasze wyniki do lepszego zrozumienia zjawiska spontanicznego naruszenia symetrii związanego z masą cząstki Higgsa i innych cząstek w Modelu Standardowym, zwłaszcza we wczesnym Wszechświecie. Andrzej Dragan dodaje, że nieodzownym składnikiem mechanizmu naruszania symetrii jest pole tachionowe. Wydaje się więc, że zjawiska nadświatlne mogą odgrywać istotną rolę w mechanizmie Higgsa.

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego:

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 Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych Fizyki oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ponad 250 nauczycieli akademickich. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ponad 1100 studentów i ok. 170 doktorantów. Uniwersytet Warszawski w rankingu szanghajskim dla poszczególnych dziedzin (Shanghai's Global Ranking of Academic Subjects) znajduje się wśród 75 najlepszych na świecie jednostek, kształcących w dziedzinie fizyki.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

Andrzej Dragan, Kacper Dębski, Szymon Charzyński, Krzysztof Turzyński, Artur Ekert, *Relativity of superluminal observers in 1 + 3 spacetime*, *Classical and Quantum Gravity*

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6382/acad60>

KONTAKTY:

Prof. Andrzej Dragan,
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
email: dragan@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<https://www.fuw.edu.pl>

Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>

Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego