

Niniejszy projekt ma na celu próbę wypełnienia luki między sferą klasyczną i kwantową. Prawa rządzące codziennym życiem są w większości opisane przez fizykę klasyczną: ruch obiektów jest zgodny z prawami Newtona (lub, jeśli prędkości są duże, szczególną teorią względności Einsteina), zjawiska elektromagnetyczne są zgodne z równaniami Maxwella, a ruch planet można zrozumieć za pomocą prawa przyciągania Newtona (lub ogólnej teorii względności Einsteina, jeśli wymagana jest większa precyzja). Chociaż zasady te mogą być czasami dość skomplikowane, są one zgodne z naszą podstawową intuicją, że te same przyczyny prowadzą do tych samych skutków: są one deterministyczne. W skali mikroskopijnej świat nie podlega prawom fizyki klasycznej: nawet tak proste idee, jak np. trajektoria elektronu wokół protonu w atomie wodoru nie mogą być poprawnie zdefiniowane. Świat mikroskopijny możemy zrozumieć za pomocą narzędzi fizyki kwantowej, w której zjawiska mają charakter losowy, rozmyty i na ogół nie można przewidzieć z absolutną pewnością wyniku pomiaru. Widać, jak trudne do pogodzenia mogą być światy klasyczny i kwantowy...

Istnieją jednak zjawiska leżące właśnie na granicy między światem klasycznym i kwantowym. Dotyczą one często grawitacji. Nie pretendując do pełnego rozwinięcia teorii grawitacji kwantowej, przedstawiony projekt zakłada badanie problemów związanych z dwoma takimi zjawiskami.

Ogólna teoria względności Einsteina przewiduje na przykład, że wystarczająco ciężka gwiazda zakończy swój żywot zapadając się pod własnym ciężarem, prowadząc do powstania obszaru tak gęstego, że nawet światło nie może z niego uciec: czarnej dziury. Jest to egzotyczne, ale wciąż deterministyczne zjawisko -- czarne dziury są obiektami klasycznymi. Okazuje się jednak, że czarne dziury nie są całkowicie ciemne, jak zauważył Hawking. Mechanika kwantowa przewiduje, że cząstki i antycząstki kreowane są z próżni wszędzie wokół nas i żyją przez bardzo krótki czas, zanim anihilują ze sobą i znikają. Dzieje się tak również w pobliżu brzegu czarnej dziury (tzw. horyzontu zdarzeń), gdzie antycząstka może zostać zassana, umożliwiając ucieczkę jej partnerowi. Masa uwolnionej musi mieć jakieś efektywne źródło, a jedynym miejscem, z którego może ona pochodzić, jest sama czarna dziura. W efekcie czarna dziura powoli kurczy się -- wyparowuje losowo emitując cząstki. Oznacza to, że czarne dziury pochłaniają informację, ponieważ każda wiadomość, która do nich wpadnie, ostatecznie zostanie wyemitowana całkowicie zniekształcona. Fakt ten znany jest jako paradoks informacyjny czarnej dziury. Jedną z części tego projektu będzie miała na celu zrozumienie, w jaki sposób klasyczny obiekt (czarna dziura) wyparowuje poprzez tak zwane promieniowanie kwantowe i dlaczego informacje wydają się być tracone w tym procesie. Prace na ten temat wykorzystają techniki opracowane wcześniej przez kierownika projektu.

Do tego momentu zakładano, że grawitacja zachowuje się klasycznie, tak jak uczył nas Einstein. W rzeczywistości nie był on fanem fizyki kwantowej, słynnie wierząc, że Bóg nie gra w kości z Wszechświatem. Ale czy rzeczywiście tak jest? Obecnie wiemy na przykład, że światło (forma fali elektromagnetycznej) składa się z maleńkich cząstek elementarnych zwanych fotonami, które są również bardziej ogólnie odpowiedzialne za elektromagnetyzm. Czy to możliwe, że grawitacja jest również konsekwencją nieustannej pracy maleńkich cząstek zwanych grawitonami? Inna część tego projektu będzie próbowała znaleźć odpowiedź na to pytanie, badając fale grawitacyjne, te małe zmarszczki w tkaninie czasoprzestrzeni, które zostały przewidziane przez Einsteina i zostały wykryte sto lat później za pomocą gigantycznych i bardzo złożonych maszyn zwanych interferometrami laserowymi. Jeśli takie fale, podobnie jak światło, składają się z grawitonów, skąd mielibyśmy to wiedzieć? Niedawno PI wykazało, że przejawiałoby się to jako niewielkie źródło szumu w sygnale fal grawitacyjnych obserwowanym w interferometrach laserowych. W większości przypadków byłby on zbyt mały do zaobserwowania, ale mogą istnieć określone rodzaje fal grawitacyjnych, dla których ten szum grawitonowy mógłby być wystarczająco duży, aby można go było zaobserwować. Drugą część projektu będzie dalej badać tę kwestię, aby sprawdzić, czy jakiś obecny lub przyszły eksperyment mógłby ujawnić istnienie grawitonów. Byłby to oczywiście przełom, ponieważ byłby to pierwszy dowód na to, że grawitacja nie jest czysto klasyczna i że nawet wielka mądrość Einsteina nie może ochronić jej przed dziwactwami fizyki kwantowej.