

## CZY CZARNE DZIURY MOGĄ PAROWAĆ?

(artykuł ukazał się w miesięczniku Inkluz)

Tytuł artykułu jest nieco przewrotny, ponieważ chyba 99% czytających popuka się w tym miejscu głowę i stwierdzi, że autorowi odbiło. Skoro nawet światło nie może opuścić czarnej dziury (o czym wiedzą widzowie popularnonaukowych programów Discovery), to o jakim parowaniu może być mowa? Rzecz nie jest jednak tak prosta, ale zanim się nad nią zastanowimy, przypomnijmy parę podstawowych wiadomości o czarnych dziurach (naprawdę podstawowych, więc ci, którzy znają zagadnienie, mogą spokojnie pominąć te kilka akapitów).

### Dziwna siła

Przede wszystkim musimy powtórzyć sobie to, co wiemy o jednej z najbardziej tajemniczych sił, jakie istnieją we wszechświecie. O grawitacji. Dobra, najwyraźniej znowu autor ściemnia, przecież grawitację znamy (co nie znaczy: Kochamy) już od bardzo dawna. Niejaki Newton, miłośnik i popularyzator sadownictwa, sformułował reguły rządzące tą siłą już kilkaset lat temu. Niby tak, ale...

Zacznijmy od tego, że Newton stwierdził, że wszystkie ciała posiadające masę się przyciągają. Stwierdzenie prawie banalne, ale głębsze zastanowienie się nad wspomnianym zdaniem doprowadza do postawienia dwóch zasadniczych pytań (ktoś powiedział, że nauka polega na stawianiu właściwych pytań). Dlaczego ciała wyłącznie się przyciągają? Czy wszystkie ciała posiadają masę?

Dlaczego tylko przyciąganie? Jesteśmy przyzwyczajeni do symetrii otaczającego nas świata. Podobne zjawiska zwykle podobnie się manifestują - zwłaszcza jeśli dotyczy to fundamentalnych praw rządzących Wszechświatem. Tymczasem drugie z najbardziej znanych oddziaływań, elektromagnetyzm, potrafi sprawiać, że cząstki będą się zarówno odpychać, jak i przyciągać (wszystko zależy od znaku ładunku). Dlaczego grawitacja jest tak bardzo "ułomna"? A może po prostu jeszcze nie odkryliśmy antygravitacji?

Czy wszystkie ciała posiadają masę? Zabawne - jak coś może nie mieć masy i istnieć? Otóż może. Przykładem takiej cząstki jest doskonale nam znany foton, czyli cząstka przenosząca oddziaływanie elektromagnetyczne (światło!). Ale musimy tu dorzucić jedno ważne zastrzeżenie - tylko pozostający w spoczynku foton może nie mieć masy. Jeśli ruszy z miejsca, natychmiast zacznie posiadać masę. Dzieje się tak dlatego, że im szybciej ciało się porusza, tym większą ma energię (łatwo sprawdzić, że z dwójga złego zdrowiej nam będzie wpaść na drzewo, niż na pędzącego rowerzystę), a wzrost energii ciała jest równoznaczny ze wzrostem jego masy ( $E=mc^2$ , jak mawiał Einstein). Ciekawym pytaniem jest, czy cząstki mogą mieć ujemną masę. Wszystko wskazuje na to, że nie - przynajmniej dotychczas tego nie zaobserwowaliśmy (antymateria ma również masę dodatnią). W każdym razie takie jest obecne stanowisko fizyków, choć posługują się oni jednocześnie pojęciem hipotetycznej cząstki, tachionu, który teoretycznie mógłby istnieć i posiadać ujemną masę...

### Masa masie (nie)równa

No dobrze, ale skupmy się raczej na tym, co wiemy, niż na tym, czego się tylko domyślamy. Siła

gravitacyjna oddziałuje na wszystkie cząstki i ma nieskończony zasięg, podobnie zresztą jak elektromagnetyzm. Tu pojawia się zagadnienie tzw. masy bezwładnej i masy gravitacyjnej. Masa gravitacyjna to miara siły, jaką oddziałują na siebie dwa ciała (to ona sprawia, że Ziemia krąży wokół Słońca, a nie wokół Księżyca). Masa bezwładna to miara "oporu", jaki stawiają ciała przy wprawianiu ich w ruch - dlatego znacznie łatwiej nam przesunąć kufel piwa niż Tira. W szkole dowiadujemy się, że obie masy są tożsame, ale w szkole ściemniają (wiadomo, spisek). Naukowcy wcale nie są pewni, że masa gravitacyjna i bezwładna są tym samym zjawiskiem. Obie zgadzają się do jedenastego miejsca po przecinku, więc dopóki nie wybudujemy lepszych laboratoriów, masa jest masą i masą zostanie. Istnieją też całkiem spójne teorie, które uzasadniają, że rzeczywiście masa gravitacyjna i masa bezwładna (inercyjna) to jedno i to samo zjawisko (na marginesie: czy zastanawialiście się czasem, dlaczego ciała mają masę?). Dla tych, którzy nie uważali na lekcjach fizyki, przypomnę tylko, że masa i ciężar to dwie różne rzeczy. Masa jest cechą każdego ciała i w związku z tym niezależnie od tego gdzie jesteśmy, masę mamy stałą. Ciężar to miara siły (gravitacyjnej), z jaką przyciąga nas Ziemia (lub inne ciało niebieskie), czyli zależy od tego, na jakiej planecie akurat się znaleźliśmy (doskonały sposób na szybkie odchudzanie to przeniesienie się np. na Księżyc).

### **Krótką dygresją: gravitacja, elektromagnetyzm i co jeszcze?**

Dobra, ale miało być o tym, co wiemy... Wiemy zaś tyle, że jak weźmiemy dwa dowolne ciała, to będą się przyciągały z siłą tym większą, im większe będą ich masy - i tym mniejszą, im większa będzie odległość między nimi (ciała o przeciwnej płci zasadniczo przyciągają się lepiej). Wszystko fajnie - tylko zejdźmy na chwilę na skalę bardzo małą: zajrzyjmy do wnętrza atomu. Ktoś pamięta, z czego się składa atom w środku? Wiadomo - elementarne (czyli: niepodzielne) protony i neutrony. Ha-ha! Znowu szkolna ściema, spisek Nilfgaardu oraz dym w oczy, wiedźminie... w protonach i neutronach można znaleźć coś jeszcze, ale o tym potem (albo w innym artykule). Na razie wyobraźmy sobie małą kulkę neutronów i protonów, gęsto ściśniętych i upakowanych jak porządnie ulepiona śnieżka. Nic nas nie dziwi? Zaraz, ejże! Przecież blisko siebie upakowane protony, posiadające dodatni ładunek, powinny natychmiast się rozpaść, jako że jednoimienne ładunki odpychają się elektrostatycznie (Romcio 'The Frankenstein Monster' Giertych byłby uszczęśliwiony taką atomową homofobią)! Bardzo dobrze, ale może gravitacja na tak bliskich odległościach jest już tak silna, że potrafi przełamać odpychanie ładunków? Niestety, zła odpowiedź - gravitacja jest tysiące razy słabsza niż elektromagnetyzm, nawet na tak bliskich odległościach... Okazuje się, że aby jądro atomu nie rozsypywało się, musi trzymać je w kupie coś więcej - tym "czymś" jest oddziaływanie słabe. Jest to taka dziwna krótkozasięgowa siła, którą (nawiasem mówiąc) przenoszą małe cząstki, nazywane bozonami (bozon  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z$ ). Żeby dokończyć dygresję, dodajmy tylko, że to trzecia z czterech sił rządzących naszym Uniwersum. Ostatnie to silne oddziaływanie jądrowe, które wiąże ze sobą kwarki - małe cząstki o ciekawych własnościach, (z tych cząstek składają się protony i neutrony).

### **Narodziny czarnych dziur**

Oszukajmy teraz na chwilę elektromagnetyzm i spróbujmy wziąć dużo elektrycznie obojętnych atomów. Będą się przyciągać gravitacyjnie, to jasne. A jak się będą przyciągać, to znajdą się bliżej. A jak ich będzie dużo, to się przyciągną naprawdę blisko. A im bliżej, tym bardziej się będą przyciągać - i tak dalej. W końcu będą naprawdę blisko i zaczną się ze sobą łączyć.

Zderzenie się dwóch jąder jest zjawiskiem efektownym i wyzwalającym dużo energii. Dla unaocznienia tego możecie zobaczyć, jak wysoko podskoczycie, po celnym uderzeniu, hmmm... centralnym (panie muszą nam uwierzyć na słowo). Tylko do not try it at home ;-). Ale poważnie: złączenie dwóch jąder powoduje powstanie trzeciego - lżejszego od składników reakcji. Co się dzieje z masą? Proste - zamienia się w energię! Jeśli uważacie, że ściemniam, popatrzcie w niebo w słoneczny dzień (byle nie przez lunetę, bo będziecie mieć ten widok przed oczami do końca waszych dni...). To, co będzie świeciło najjaśniej, to właśnie efekt wyzwala się kolosalnych ilości energii w największym, bliskim nam, syntezatorze jąder - na Słońcu.

Powstająca w reakcji syntezy energia rozpycha całą biorącą w niej udział gorącą pulpę i przeciwdziała grawitacyjnemu samościskaniu się. Po jakimś jednak czasie - tu pominiemy sobie masę nudnych założeń i od razu przejdziemy do nudnych wniosków - energia "wypala się" i nic już nie stoi na przeszkodzie, żeby pozostała kupka ciężkich jak cholera neutronów stała się swego rodzaju gronem wzajemnej adoracji. Tym resztkom gwiazdy nic nie przeszkodzi w konsekwentnym i nieodwracalnym procesie pogłębiania wzajemnego zbliżenia (taki grawitacyjny model stosunków pomiędzy republikami Kraju Rad). Rodzi się Czarna Dziura - dziwny obiekt, który charakteryzuje się kolosalnym upakowaniem masy (gęstością).

Dobra, podejrzewam, że to wszystko już wiecie - w końcu czarna dziura to temat tak ograny w fantastyce jak amant Rodrigo w latynoskiej telewenezueli. Podsumujmy więc krótko pewne informacje o czarnych dziurach. Mają potężne pole grawitacyjne, co sprawia, że oddziałują z olbrzymią mocą na wszystko, co je otacza. Wyobraźmy sobie cząstkę, która leci sobie przez otchłań kosmosu (gdzie nikt nie słyszy jej krzyku). Dolatuje sobie do pobliża czarnej dziury i nagle czuje, że coś ją ściąga w lewo. Jeśli cząstka będzie za blisko, to jej prędkość (energia!) nie pozwoli na przewyciężenie tej siły i koniec końców nasza cząstka wpadnie w pułapkę. Gdyby nawet próbowała opuścić fatalne miejsce, jej zachowanie będzie przypominało disneyowski film, z kaczoem Donaldem uciekającym z domu, ale trzymanym przez przytrzaśnięte w drzwiach majtki. Materiał się rozciąga, Donald ucieka coraz wolniej, w końcu czepiając się palcami trawy próbuje już tylko utrzymać się w miejscu, ale napięte gatki (grawitacja!) ściągają go z powrotem. Cała ta zabawa ma dwa ciekawe aspekty: po pierwsze, próbująca nawiać cząstka nie może mieć dowolnie wielkiej energii (bo limituje ją prędkość światła, której nie może przekroczyć), po drugie - każda cząstka, która wpadnie w czarną dziurę, dodaje swoją masę do niej i siła "trzymająca" robi się jeszcze większa. Jednym słowem - kanał.

### **Horyzont zdarzeń**

Wyobraźmy sobie czarną dziurę w przestrzeni. Jeśli znajdziemy się na terenie odpowiednio bliskim centrum czarnego potwora, to wpadniemy w pułapkę i niezależnie od tego, jak bardzo będziemy się starać - nie uciekniemy. Jeżeli będziemy trochę dalej, to jeszcze mamy szansę. Jeśli zaś poszukamy punktów granicznych pomiędzy obszarami "bezpiecznymi" i tymi, na których "mamy prze...ane", to otrzymamy tzw. horyzont zdarzeń. Że horyzont - to wiadomo, a dlaczego horyzont zdarzeń? Ano dlatego, że skoro z obszaru leżącego "poniżej" (wewnątrz) horyzontu NIC się NIGDY nie wydostanie, więc obserwator znajdujący się na zewnątrz NIGDY nie otrzyma ŻADNEJ informacji, co takiego dzieje się w środku pułapki grawitacyjnej.

All right, jak mawiają starożytni Germanie, czy w związku z tym pytanie o parowanie czarnych dziur nie jest pozbawione sensu? Okazuje się, że NIE - jakkolwiek brzmi to paradoksalnie - ponieważ czarne dziury istotnie parują, czyli stopniowo emitują pojedyncze cząstki. Jak to możliwe?

### **RPGowa teoria fizyki ...**

Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba odrzucić zarówno klasyczną mechanikę Newtonowską, jak i Einsteinowską teorię względności. Ta pierwsza znajduje bowiem zastosowanie w skali codziennych wielkości fizycznych, zaś druga opisuje świat w wymiarach kosmologicznych - gdzie występują wielkie masy i prędkości bliskie prędkości światła. Tymczasem w mikroskali musimy posługiwać się mechaniką kwantową, bowiem okazuje się, że im mniejsza jest skala zjawiska, tym większe znaczenie uzyskują efekty związane z Heisenbergowską zasadą nieoznaczoności. No tak, nowe nazwisko... dobra, spróbujmy krótko powiedzieć, co takiego wymyślił ten jegomość.

### **Nieoznaczoność Heisenberga**

Teoria pana Heisenberga sprowadza się właściwie do jednego wniosku: że nie możemy być pewni naszych obserwacji. Nigdy. Innymi słowy: nigdy, ale to nigdy (niezależnie od tego, jak dobre będą nasze przyrządy) nie będziemy jednocześnie w stanie zmierzyć zarówno prędkości, jak i położenia cząstki. Powodem tego jest fakt, że obserwacja zaburza sam eksperyment. Jak to się dzieje? Ano zastanówmy się nad pewnym doświadczeniem: chcemy zmierzyć prędkość i położenie jadącego samochodu. W tym celu wyposażamy patrol lotnej policji w znaną każdemu kierowcy "suszarkę" (dawniej stosowano stacjonarne radary, czule nazywane "grillem") i zaczajamy się wraz z nim za zakrętem (najlepiej w miejscu, gdzie droga skręca łukiem niemrawym jak inteligencja ministra Marka Pola, ale znaki ograniczają prędkość do 15 km/h). Spodiewając się płatnika, dzielny sierżant wyskakuje zza krzaka, wcelowuje suszarkę i wypuszcza w kierunku pojazdu strumień fotonów. Po odbiciu się od celu, wracają one do urządzenia pomiarowego i na podstawie odpowiednich obliczeń ustalana jest prędkość pojazdu (efekty rozpraszania na podwieszonych pod lusterkami płytach CD pomijamy). Wszystko to fajnie, ponieważ masa fotonu jest znacząco mniejsza od masy pojazdu (poruszający się foton, jak pamiętamy, posiada masę). Spróbujmy jednak zrobić inne doświadczenie - samochód zastąpimy białą kulą bilardową, a wiązkę fotonów - kulami innych kolorów. Oczywiście już po pierwszym uderzeniu przez kolorową bilę biała dostanie porządnego "kopa" w przeciwną stronę i nawet kubański uczoney stwierdziłby, że kula przed i po pomiarze porusza się w inny sposób. Podobnie sprawa wygląda w świecie cząstek elementarnych. Po prostu cząstki, które wykorzystujemy do badania obiektów, są "zbyt ciężkie". A nawet jeśli wymyślimy sobie mniejszą cząstkę - to powstanie pytanie, jak zmierzyć jej ruch...

W związku z tym do opisu mikroświata potrzebne było jakieś nowe narzędzie. Okazało się, że skoro nie jesteśmy czegoś pewni, możemy się posłużyć rachunkiem prawdopodobieństwa. Na przykład elektron możemy uznać za swego rodzaju... falę. Osobom, które nie uczyły się jeszcze o tzw. dualizmie cząsteczkowo-falowym może się to wydać dziwne (dziwaczne), ale spróbujmy to przedstawić we w miarę przyswajalnej postaci. Przecież elektron to taka mała, malutka kuleczka, a nie żadna fala (co tam miałyby falować???)

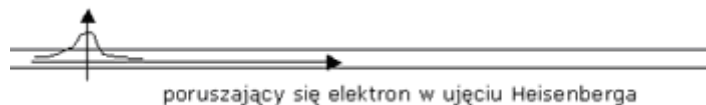
Wyobraźmy sobie cieniutką rurkę, w której może się poruszać elektron. Jesteśmy teraz "klasycznym" fizykiem, który chce w prosty sposób narysować takie doświadczenie. Możemy to zrobić na przykład tak:



Podpis pod rysunkiem mógłby brzmieć: elektron leci z prędkością  $0.25c$  ( $c$  to prędkość światła w próżni, czyli ok. 300.000 km/s) i właśnie znajduje się w odległości 1.34 m od początku rurki.

- Ha! - krzyknie teraz oświecony zwolennik Heisenberga - Ale przecież jeśli znamy prędkość elektronu, nie możemy być pewni w którym dokładnie miejscu się znajduje. No dobra, jesteśmy prawie pewni, że jest w tym punkcie, ale jest jednak szansa, że może być jakiś ułamek centymetra w lewo lub w prawo.

Słuszna uwaga. Wyobraźmy więc sobie, że porusza się w rurce nie mała, twarda kulka, za którą uważaliśmy dotychczas elektron, ale coś w rodzaju wykresu. Im "wyższy" jest wykres w danym punkcie, tym większa szansa, że elektron znajduje się właśnie tam. Oczywiście, tam gdzie wykres ma swój wierzchołek, jest największa szansa na znalezienie cząstki, a ponieważ "wykres" się porusza, więc wszystko wygląda tak jak na rysunku klasycznego fizyka (zasada nieoznaczoności to trochę tak jakbyśmy robili doświadczenia w źle dopasowanych okularach).



Zasada nieoznaczoności ma fundamentalne znaczenie dla fizyki i naszego rozumienia świata. Oznacz ona mniej więcej tyle, że nasz wszechświat nie jest stuprocentowo przewidywalny - zawsze gdzieś tam jest to nieszczęsne (a może szczęśliwe) prawdopodobieństwo. Nawet Einstein nie bardzo chciał zaakceptować takie widzenie świata, czemu dał wyraz w słynnym stwierdzeniu: "nie wierzę, że Bóg gra w kości ze wszechświatem" (jak widać Einstein nigdy nie grał w RPG). Pratchett powiedziałaby pewnie, że Einstein miał częściowo rację, bo Bóg nie gra w kości, tylko w pokera. W dodatku znaczonymi kartami.

Najważniejszą konsekwencją Heisenbergowskiej zasady nieoznaczoności jest stwierdzenie, że praktycznie większość zdarzeń w naszym wszechświecie jest - teoretycznie - możliwa, choć np. zdarzenie polegające na tym, że wszystkie atomy wchodzące w skład kartki papieru staną się nagle atomami złota jest oczywiście wysoce nieprawdopodobne (gdybyśmy próbowali obliczyć najbardziej prawdopodobny czas oczekiwania na takie zdarzenie, wyszłoby nam, że jest on wielokrotnie dłuższy od czasu istnienia wszechświata). Wszystko zależy od wielkości zjawisk: gdy obserwujemy pojedyncze cząstki i obracamy się w świecie subatomowym, mechanika kwantowa święci triumfy, ale im większa skala wchodzi w grę, tym dramatyczniej spada prawdopodobieństwo "dziwnych" zdarzeń. Sceptyk powiedziałaby zapewne, że równie dobrze cała teoria może być mocno naciągana i niesprawdzalna, ale okazuje się, że jest to zarzut fałszywy, a teoria Heisenberga daje się sprawdzać doświadczalnie.

Najlepsze jednak dopiero przed nami. Zamierzamy bowiem obalić jedną z fundamentalnych zasad, które włączano nam przez lata nauki szkolnej - zasadę zachowania energii. Przypomnijmy, że mówi ona mniej więcej tyle, że w dowolnym procesie suma energii jest w każdej chwili taka sama - energia w przyrodzie nie ginie ani nie pojawia się, może się jedynie przekształcać. Jasne? No to przypomnijmy jeszcze jeden proces fizyczny, często spotykany w s-f: anihilację.

### **Od anihilacji do cząstek wirtualnych**

Mamy parę cząstek - na przykład elektron i pozyton. Są to prawie takie same obiekty, różnią się jedynie znakiem ładunku elektrycznego. Elektron jest typowym przykładem znanej nam materii, natomiast jego dodatnio naładowany brat jest rdzennym "antymaterianinem". Kiedy się spotykają, dochodzi do anihilacji (wiadomo - z rodziną najlepiej na zdjęciu, i to też z boku, żeby się w razie czego odciąć). Obie cząstki znikają, pojawia się tylko czysta energia (w postaci fotonu). Na marginesie można powiedzieć, że jest to niesamowicie wydajny proces - cała masa przekształca się w energię. Dla porównania - w reakcji łańcuchowej przekształcenie dotyka jedynie znikomej części masy. Jeśli nie potrafimy sobie tego uzmysłowić, dodajmy, że tragedię Hiroszimy spowodował materiał rozszczepialny o masie kilku gramów. Gdyby był to proces anihilacji, prawdopodobnie zagładzie uległaby cała ludzkość.

Nagrajmy teraz na taśmie wideo (albo na płycie DVD) cały proces anihilacji. Dwie cząstki zbliżają się do siebie... następuje "buuum", cząstki nikną z naszego świata i pojawia się pędzący foton. Proste? Chyba tak. Ale spróbujmy puścić teraz taśmę od tyłu: widzimy jak lecący foton nagle ulega przekształceniu na parę cząstka-antycząstka. Z punktu widzenia zasady zachowania i w ogóle fizyki nie ma przeciwwskazań, aby coś takiego nastąpiło. Można powiedzieć, że cała energia fotonu została przeznaczona na utworzenie pary cząstek (a nadwyżka poszła na wprawienie ich w ruch). Dodajmy, że gdyby foton miał za małą energię, przemiana nie byłaby możliwa. Przynajmniej w myśl zasad fizyki nieheisenbergowskiej.

Całą sytuację można łatwo przyrównać do próby kupienia biletu do kina. Jeśli mamy wystarczającą energię (czyli kasę), stać nas, żeby pójść na seans, a jeśli dysponujemy pewną nadwyżką, możemy sobie kupić prędkość dodatkową - popcorn (co jest obrzydliwym zwyczajem i świadczy o kompletnym bezguście połączonym z zanikiem zmysłu węchu - popcorn śmierdzi jak stare skarpety). Jeśli nie mamy odpowiedniej ilości pieniędzy, to sorry Winnetou - do kina nie wejdziemy.

Założmy jednak, że po obejrzeniu filmu napiszemy do Inkluza genialną recenzję, za którą Rednacz (oby cycki jego wielbłądzic były zawsze pełne mleka, oby jego karawany zawsze znalazły drogę do oazy) uhonoruje nas nagrodą pieniężną w wysokości ceny biletu. Patrząc realnie - poszliśmy do kina za darmo, bo stan naszych oszczędności nie zmienił się po obejrzeniu filmu; musimy jednak pamiętać, że aby film obejrzeć, musimy dysponować "na dzień dobry" odpowiednią kasą: warunkiem nagrody jest obejrzenie filmu - czyli wcześniejszy zakup biletu. No dobra, ale jeśli Rednacz nam trochę ufa, to może wyłoży za nas pieniądze PRZED pójściem do kina? Rednacz może i by się na to zgodził, albowiem jest On wielki i miłosierny (a dzień bez przylizania się szefowi to dzień stracony), ale fizyka klasyczna jest nieubłagana i nieufna - cząstka bez odpowiedniej energii nie dostanie od nikogo pożyczki. I tego, drogie

dziatki, uczą Was w szkole podstępni agenci Nilfgaardu.

Prawda jest jednak trochę inna. Okazuje się, że Heisenbergowska zasada nieoznaczoności - i stojąca u jej podstaw mechanika kwantowa - dopuszcza bardzo ciekawe możliwości. Takie jak pożyczka energii. Tę potencjalną możliwość kryjącą się w probabilistyce kwantowej (fajny tekst, można zrobić nim wrażenie na jakiejś lasce, jeśli rzucimy go od niechcenia na pytanie, czym się interesujemy) nazywa się cząstkami wirtualnymi. Cząstki wirtualne wypełniają całą przestrzeń, łącznie z próżnią (choć z definicji NIC w niej nie ma). Ich pary mają sumaryczną energię równą zero, a do ich "urealnienia" potrzebna jest pewna energia. Może jej dostarczyć np. foton, ale okazuje się może też być... "pożyczona" z niczego. I oto, ku naszemu zdumieniu, nagle zostaje złamana zasada zachowania energii, pojawia się "coś z niczego". Ta energia powoduje, że w naszym świecie nagle i niespodziewanie pojawia się np. para elektron-pozyton (albo inna, jak neutrino-antineutrino). Ponieważ para taka prawie od razu anihiluje ze sobą, powstaje porcja energii, która jest natychmiast przeznaczona na "zwrot pożyczki" (dlatego w wyniku anihilacji nie powstaje swobodny foton). Nie wdając się w szczegóły, powiedzmy, że takie dziwne zdarzenia są całkiem możliwe, pod warunkiem że czas pożyczki jest ekstremalnie krótki. I kiedy mówimy: krótki, mamy na myśli: naprawdę krótki (w skalach heisenbergowskich)!

### **Ucieczka spod horyzontu**

Wróćmy na zakończenie do naszego horyzontu zdarzeń. Spróbujmy sobie wyobrazić, że zawieszeni w kosmicznym Niebycie unosimy się w okolicach czarnej dziury (w bezpiecznej odległości od niej). Cała przestrzeń jest wypełniona nieskończoną liczbą potencjalnie istniejących cząstek wirtualnych. I oto nagle następuje taka kreacja... na samym skraju horyzontu zdarzeń. Jedna z cząstek oczywiście natychmiast wpada w grawitacyjną studnię bez dna, ale druga ma bardzo malutki - praktycznie niemożliwy - ułamek procenta szans na to, że uda jej się opuścić przyciąganie molocha. Jest to zwykła cząstka, najzupełniej normalny kawałek materii. Aby spełniona była zasada zachowania energii, musimy zauważyć, że druga cząstka "zanosła" do czarnej dziury "niespłaconą pożyczkę", czyli coś na kształt ujemnej energii. Innymi słowy, masa czarnej dziury zmniejszyła się. Oczywiście, takie zdarzenie zachodziłoby raz na niewyobrażalnie długi czas, ale ponieważ cząstek wirtualnych jest dużo, a w skali kosmosu czasu jest zawsze dosyć (jak mawiał Christophen Walken w Armii Boga: Ja mogę czekać, aż wypalą się gwiazdy), więc czarne dziury stopniowo będą tracić masę - czyli parować. Co my, cierpliwi obserwatorzy, będziemy w stanie zauważyć i zmierzyć.

Wojciech St. Mościbrodzki

Artykuł zainspirowany został książkami:

L. Lederman "Boska cząstka"

S. Hawking "Teoria wszystkiego"

B. Brian "Piękno Wszechświata. Teoria superstrun"