

[Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)
[.net](#)
[Innowacje](#)
[Nauka](#)
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

Czarne dziury duże i małe



Z prof. Markiem Abramowiczem, astrofizykiem, rozmawia Marek Oramus

Ostatnio prasa w tonie sensacji doniosła, jakoby Stephen Hawking uznał, że nie ma czarnych dziur, tylko szare.

O tym, że czarne dziury mogą być w istocie szare, wiemy od roku 1974, kiedy Hawking w słynnym artykule w „Nature” opisał hipotezę „parowania” czarnych dziur. Otworzyła ona puszkę Pandory, ujawniając m.in. tkwiący w kwantowej teorii czarnych dziur „paradoks informacyjny”.

Na czym polega ten paradoks?

Na tym, że nic nie może wydostać się z wnętrza czarnej dziury, w szczególności informacja; oraz że czarne dziury kwantowo parują. Tych dwóch stwierdzeń nie daje się dotąd pogodzić. Zawsze jakieś istotne konsekwencje przyjmowanych założeń są sprzeczne albo z ogólną teorią względności, albo z mechaniką kwantową.

Czy oznacza to, że fenomen czarnych dziur wymaga przedefiniowania?

Na pewno przedefiniowanie dotyczyć będzie kwantowych hipotez czarnych dziur. Chcę jednak bardzo silnie podkreślić, że czarne dziury są odkrywane przez astrofizyków jako konkretne, realnie istniejące obiekty. Obserwowane własności tych „astrofizycznych” czarnych dziur dobrze się zgadzają z przewidywaniami ogólnej teorii względności Einsteina. Nie ma żadnych obserwacyjnych przesłanek sugerujących konieczność rewizji klasycznej teorii.

Natomiast w warunkach panujących w pobliżu powierzchni czarnych dziur kwantowa teoria czarnych dziur jest niekompletna i niespójna; tu hipotezy, jakie powinny być kwantowe własności czarnych dziur, prowadzą do paradoksów i sprzeczności, których nikt dziś nie potrafi wyjaśnić. Tych kwantowych hipotez nie można sprawdzić ani eksperymentalnie, ani obserwacyjnie. Na razie są to intelektualne spekulacje. Najpewniej nie mają praktycznego znaczenia dla rzeczywistych czarnych dziur, bo te są po prostu o wiele za duże. Efekty kwantowe mogą być natomiast dominujące dla bardzo małych czarnych dziur – jeśli takie istnieją.

Co to znaczy duże i małe czarne dziury?

Astrofizyczne czarne dziury bardzo się różnią indywidualnymi rozmiarami. Występują w dwóch zakresach mas i co za tym idzie – rozmiarów, bowiem rozmiar czarnej dziury jest proporcjonalny do masy: im masa większa, tym rozmiar większy. Czarne dziury nazywane „gwiazdowymi” mają około

10 mas Słońca i rozmiar około 30 km. Obserwowane są w układach podwójnych, w których czarna dziura i gwiazda krążą wokół wspólnego środka ciężkości. W naszej Galaktyce obserwujemy więcej niż dwa tuziny takich układów, kilka także w innych galaktykach. O wiele masywniejsze, zwykle pojedyncze, ale czasem podwójne czarne dziury rezydują w centrach galaktyk, również w centrum naszej Galaktyki. Nazywane są „supermasywnymi”, ponieważ mają masy od kilku milionów do kilku miliardów mas Słońca. Masy wielu czarnych dziur wyznaczono bardzo dokładnie z praw Keplera, mierząc ruch gwiazd lub obłoków gazu krążących wokół nich.

Czy wiemy, jak powstają gwiazdowe i supermasywne czarne dziury?

Tak. Najpierw omówię gwiazdowe czarne dziury. Następuje to pod koniec życia bardzo masywnej gwiazdy, gdy ciśnienie nie może sprostać grawitacji i wewnętrzne części gwiazdy ulegają kolapsowi grawitacyjnemu, czyli zmniejszaniu rozmiarów przy stałej masie. Może to być spowodowane wybuchem supernowej. Zapewne najpierw powstaje gwiazda neutronowa, na którą spadają zewnętrzne części gwiazdy. Dla gwiazd większych niż około 10 mas Słońca kończy się to powstaniem czarnej dziury. Trochę mniej masywne gwiazdy kończą w wyniku kolapsu jako gwiazdy neutronowe. Najmniej masywne gwiazdy, takie jak Słońce, nie wybuchają, ale po wyczerpaniu zapasów energii jądrowej przechodzą w stan białego karła i spokojnie stygną. Gwiazdowe czarne dziury nie są więc jakimiś wyjątkowymi dziwadłami, ale członkami gwiazdnej rodziny. Wiemy z teorii, że nie mogą istnieć białe karły o masie powyżej „masy Chandrasekhara”, tzn. około 1,4 masy Słońca. Przekroczenie tej granicy spowodowałoby kolaps i powstanie czarnej dziury. Dla gwiazd neutronowych także istnieje graniczna „masa maksymalna”, której przekroczenie prowadzi do kolapsu; jej wielkość wynosi na pewno kilka mas Słońca, ale nie jest jeszcze dokładnie ustalona. Istnienie tych granicznych mas potwierdzono przez bardzo dokładne pomiary mas gwiazd neutronowych i białych karłów.

Teoria przewiduje, że gwiazdowe czarne dziury tworzą się także przy zderzeniu się i połączeniu w jeden obiekt dwóch gwiazd neutronowych lub białych karłów, gdy graniczna masa zostaje przekroczona. Towarzyszy temu intensywna emisja fal grawitacyjnych. Wkrótce będziemy w stanie „obserwować” takie zjawiska za pomocą ciągle udoskonalanych anten do odbioru fal grawitacyjnych.

Coraz lepiej poznajemy istotną rolę czarnych dziur we Wszechświecie. Gdyby ich nie było, Wszechświat wyglądałby zupełnie inaczej. Dobrym przykładem są dyski akrecyjne, w których rotująca materia opada na centralną czarną dziurę. Jej uwolniona energia orbitalna (ogromna!) zamienia się w wyniku procesów dysypacyjnych w promieniowanie, które rejestrują nasze teleskopy. Opierając się na teorii czarnych dziur i standardowej astrofizyce dysków akrecyjnych, potrafimy wyjaśnić obserwowane własności wielu astrofizycznych obiektów, w tym kwazarów, czyli najpotężniejszych niewybuchowych źródeł energii we Wszechświecie. Rozumiemy także, iż superszybkie (np. 99% prędkości światła) dżety strzelające z kwazarów powstają w wyniku pewnej magnetycznej odmiany procesu Penrose’a, który zachodzi tylko w bezpośrednim pobliżu rotujących czarnych dziur.

Dlaczego więc fizycy uważają, że powinniśmy zrewidować koncept czarnej dziury?

Niepokoje nas nie tylko wspomniany paradoks informacyjny kwantowej teorii czarnych dziur, ale także przewidywane przez klasyczną teorię istnienie centralnej osobliwości. Przyczyna niepokoju jest tu fundamentalna: fizyka nie znosi osobliwości. Fizyka opisuje materialną rzeczywistość Wszechświata, zakładając, że rządzą nią niesprzeczne prawa, które jesteśmy zdolni odkryć i zrozumieć. Dlatego jeśli w jakiejś teorii napotykamy osobliwości, paradoksy lub sprzeczności, jesteśmy przekonani, że ich źródłem jest błąd w teorii. W przypadku czarnych dziur kłopoty związane są z pojęciem „horyzontu zdarzeń”.

Czarna dziura jest obszarem czasoprzestrzeni, z którego żaden sygnał świetlny nie może dotrzeć do „nieskończoności”. Granicą tego obszaru jest horyzont zdarzeń. Subtelność tej definicji wynika stąd, że występująca w niej „nieskończoność” dotyczy globalnych własności czasoprzestrzeni, zależnych od zdarzeń nieskończenie odległych w czasie i w przestrzeni, w tym także od zdarzeń przyszłych. Taka właśnie definicja okazała się bardzo skuteczna w dowodzeniu matematycznie ścisłych i praktycznie pożytecznych twierdzeń. Jednym z nich jest twierdzenie o centralnej osobliwości. Roger Penrose dowiódł, że jeśli materia spełnia dość oczywisty „warunek energetyczny”, tzn. ani jej gęstość, ani jej ciśnienie nie są nigdzie ujemne, to wewnątrz horyzontu musi koniecznie utworzyć się centralna osobliwość. Każdy wpadający do osobliwości obiekt przestaje istnieć. Trudno zgodzić się, że taka osobliwość może być elementem naszej rzeczywistości.

Nie wiadomo, czy kwantowa teoria grawitacji, gdy powstanie, usunie problem osobliwości. Na razie nie mamy kwantowej teorii grawitacji, mimo nieustannych prób jej stworzenia, podejmowanych przez najlepszych fizyków od kilku pokoleń. Z braku pełnej teorii kwantowej grawitacji postulowane są hipotezy. Wiele z nich zakłada, że horyzont zdarzeń wyróżniony jest przez lokalną fizykę. Przeczy to jednak zasadzie lokalnej równoważności, która jest fundamentalnym założeniem klasycznej ogólnej teorii względności Einsteina. Sprzeczność z zasadą równoważności dotyczy także „zapór ogniowych”, słynnych ostatnio z medialnych prezentacji. Zaproponowali je w 2012 r. Ahmed Almheiri, Donald Marolf, Joseph Polchinski i James Sully jako rozwiązanie paradoksu informacyjnego czarnych dziur. Ich zdaniem zapora ogniowa tworzy się tuż nad horyzontem zdarzeń jako ekstremalnie cienka (o grubości Plancka) i ekstremalnie gęsta (o gęstości Plancka) warstwa ekstremalnie energetycznych fotonów.

Czy astrofizycy dysponują obserwacyjnym dowodem na istnienie horyzontu zdarzeń?

Nie, zresztą zupełnie ścisły dowód nie jest możliwy.

Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie” nr [06/2015](#) »

<https://laboratoria.net/felieton/23724.html>

Informacje dnia: [Nowy wzór elektronicznej legitymacji studenckiej Kleszcz to tylko pośrednik Pod względem leczenia czerniaka Polska w czołówce Europy Przyszłość pszczół zależy od ochrony ich naturalnych siedlisk Powstała niewidzialna elektroda dla podczerwieni Choroby serca mogą zaczynać się już w czasie życia płodowego](#) [Nowy wzór elektronicznej legitymacji studenckiej Kleszcz to tylko pośrednik Pod względem leczenia czerniaka Polska w czołówce Europy Przyszłość pszczół zależy od ochrony ich naturalnych siedlisk Powstała niewidzialna elektroda dla podczerwieni Choroby serca mogą zaczynać się już w czasie życia płodowego](#) [Nowy wzór elektronicznej legitymacji studenckiej Kleszcz to tylko pośrednik Pod względem leczenia czerniaka Polska w czołówce Europy Przyszłość pszczół zależy od ochrony ich naturalnych siedlisk Powstała niewidzialna elektroda dla podczerwieni Choroby serca mogą zaczynać się już w czasie życia płodowego](#) [Nowy wzór elektronicznej legitymacji studenckiej Kleszcz to tylko pośrednik Pod względem leczenia czerniaka Polska w czołówce Europy Przyszłość pszczół zależy od ochrony ich naturalnych siedlisk Powstała niewidzialna elektroda dla podczerwieni Choroby serca mogą zaczynać się już w czasie życia płodowego](#)

Partnerzy