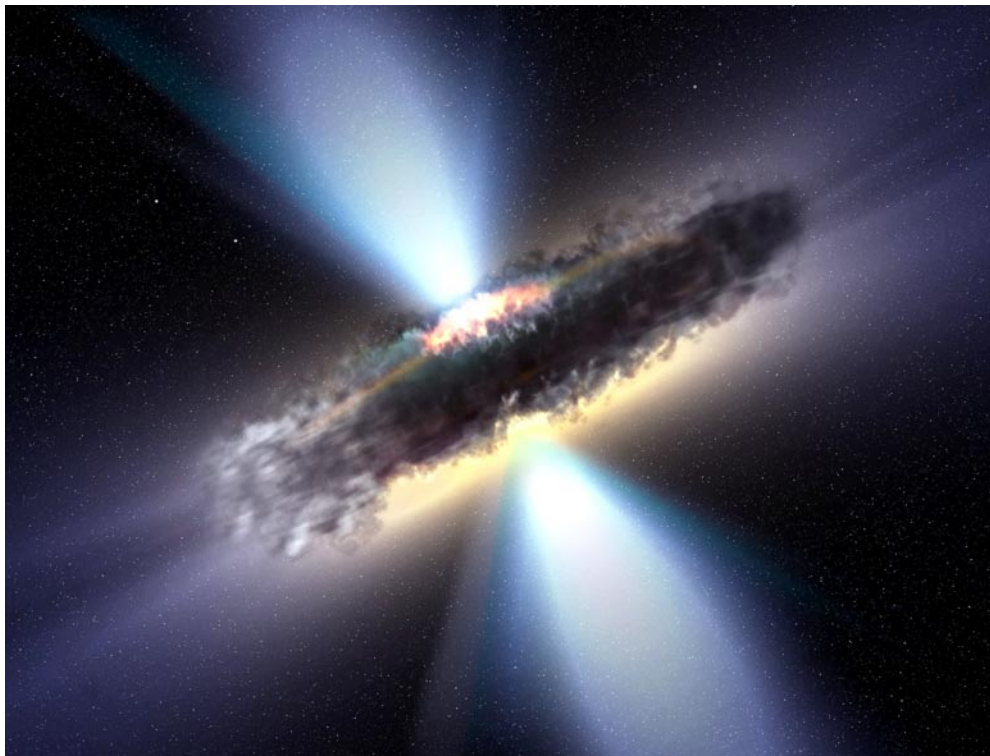


Ogólna Teoria Względności i Czarne Dziury

(dokończenie ze str. 2)

Komputerowy model grubego torusa z pyłu kosmicznego, jaki otacza super-masywne czarne dziury i ich dyski akrecyjne. Torus, widziany z boku, blokuje większość światła emitowanego przez dysk akrecyjny. Promienie X i gamma mogą przebić się przez torus, stąd obserwatoria satelitarne (np. INTEGRAL) mogą zlokalizować czarne dziury.

ESA / V. Beckmann (NASA-GSFC)



Wynik ten długo nie wzbudzał większego zainteresowania i dopiero odkrycia lat 1960. radykalnie zmieniły to nastawienie. W 1963 r. Roy P. Kerr znalazł uogólnienie metryki Schwarzschilda, uwzględniające rotację, a Maarten Schmidt odkrył kwazary (*quasars*). Już w roku następnym, niezależnie od siebie, Edwin Salpeter i Jakow B. Zeldowicz wysunęli hipotezę, że źródłem energii kwazarów jest akrecja materii na obiekty o bardzo dużej masie i małych rozmiarach. Pierwsze Teksaskie Sympozjum na temat Astrofizyki Relatywistycznej, poświęcone „Quasi-gwiazdowym obiektom i zapadaniu się grawitacyjnemu”, które odbyło się w grudniu 1963, można uznać za wprowadzenie czarnych dziur – wówczas jeszcze tak nie nazywanych – do głównego nurtu badań.

W 1969 r. Donald Lynden-Bell zauważył, że większość jąder galaktyk powinna zawierać super-masywne czarne dziury. Hipoteza ta została potwierdzona przez obserwacje prowadzone w ciągu następnych 40 lat; najlepiej zbadana super-masywna czarna dziura znajduje się w centrum naszej Galaktyki; ma ona masę rzędu miliona mas Słońca M_{\odot} . Odkryta w ostatnich latach uniwersalna zależność między masą centralnej czarnej dziury a dyspersją prędkości gwiazd w galaktyce nie została jeszcze wyjaśniona, ale zapewne jest odbiciem ewolucji struktur we Wszechświecie. Z drugiej strony, dzięki obserwacjom podwójnych układów rentgenowskich, odkryto dziesiątki czarnych dziur o masach gwiazdowych. Powstają one w wyniku zapadania się jąder gwiazd o masach przynajmniej kilkakrotnie większych od masy Słońca – gwiazd, które wypaliły całe dostępne paliwo jądrowe. W wyniku zapadania się gwiazd o mniejszych masach powstają gwiazdy neutronowe i białe karły.

Powierzchnia czarnej dziury – horyzont zdarzeń – ukrywa przed zewnętrznym obserwatorem osobliwość, w której wielkości fizyczne (w tym siły pływowe) stają się nieskończone. Roger Penrose wysunął hipotezę „kosmicznego cenzora”, zgodnie z którą wszystkie tego typu osobliwości we Wszechświecie są odkryte horyzontem.

Przewidywanie przez teorię klasyczną powstawania osobliwości interpretuje się zwykle jako znak, że trzeba tu uwzględnić zjawiska kwantowe, co stymuluje próby zbudowania kwantowej teorii grawitacji. W latach 1968–1975 pokazano, że stacjonarna czarna dziura jest całkowicie scharakteryzowana przez swoją masę, moment pędu i ładunek elektryczny. Gdy okazało się, że prawo rządzące zmianą powierzchni czarnej dziury ma postać podobną do pierwszego prawa termodynamiki, Jacob Bekenstein zaproponował w 1973 r., by pole powierzchni czarnej dziury zinterpretować jako jej entropię. Niedługo potem, Stephen Hawking, posługując się kwantową teorią pola, pokazał, że czarna dziura zachowuje się jak ciało doskonale promieniujące o temperaturze

$$hc^3/16\pi^2 kGM$$

czyli około $10^{-7}(M_{\odot}/M)$ stopni Kelvina (h i k – odpowiednio – stałe Plancka i Boltzmanna).

Promieniowanie termiczne czarnej dziury nie przeżyło własnościom horyzontu: wypromieniowywane cząstki powstają, na skutek zjawisk kwantowych, w silnym (klasycznym) polu grawitacyjnym w pobliżu horyzontu, ale na zewnątrz czarnej dziury. Ale tego promieniowania nie zaobserwowano: jego temperatura dla znanych czarnych dziur jest niesłychanie niska. Źródłem informacji o czarnych dziurach jest promieniowanie wysyłane przez cząstki poruszające się w dysku akrecyjnym i spadające na czarną dziurę.

Istotną rolę w opracowaniu teorii tych zjawisk odegrał Bohdan Paczyński (1940–2007) i jego współpracownicy.

JEAN-PIERRE LASOTA
ANDRZEJ TRAUTMAN

Kraków–Warszawa
czerwiec 2010

¹ zob. artykuł Wojciecha Dziembowskiego (PAUza 71, 4 marca 2010).