

Przełomowe odkrycia i koncepcje po II wojnie światowej

Ogólna Teoria Względności i Czarne Dziury

JEAN-PIERRE LASOTA i ANDRZEJ TRAUTMAN

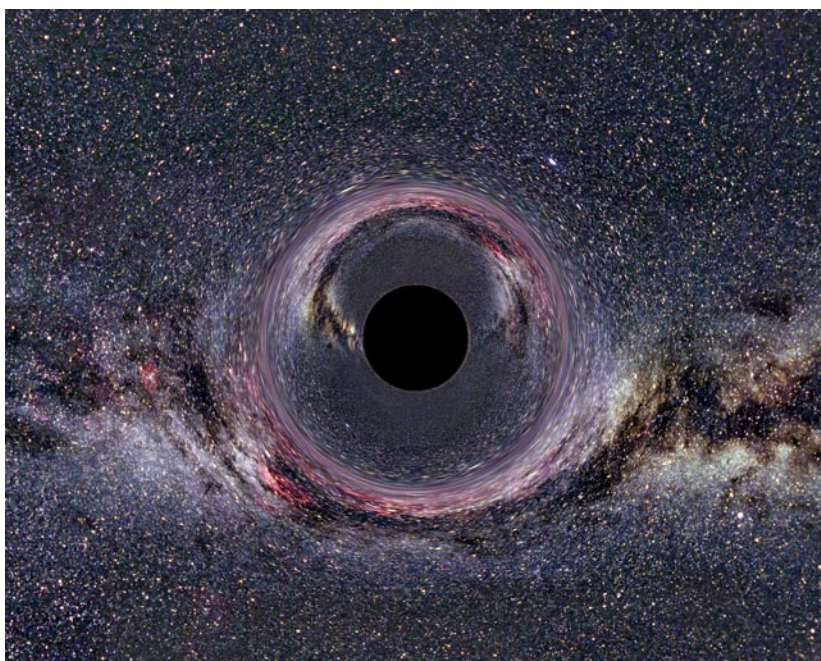
Szczególna Teoria Względności sformułowana przez Alberta Einsteina w 1905 r. połączyła opis zjawisk mechanicznych i elektromagnetycznych. Rozszerzenie tej teorii na grawitację doprowadziło do powstania (Einstein 1915) Ogólnej Teorii Względności (OTW), opartej na „zakrzywionej” czasoprzestrzeni (geometria Riemanna), dostosowanej do opisu zjawisk zachodzących w silnych polach grawitacyjnych i przy dużych prędkościach ciał.

Początkowo OTW została potwierdzona w niewielu i niezbyt precyzyjnych obserwacjach; najważniejszym osiągnięciem było wyjaśnienie anomalnej – tzn. nie dającej się otrzymać z teorii Newtona – składowej ruchu peryhelionowego Merkurego, wynoszącej zaledwie 42 sekundy kątowne na stulecie! OTW budziła zainteresowanie i podziw ze względu na swoje piękno i fundamentalny charakter, ale przez długi czas była na uboczu głównego nurtu fizyki i rozwijała się wyłącznie dzięki pracom teoretycznym. W Polsce, w międzywojennym dwudziestolecu, takie prace prowadzili Leopold Infeld, Jan Weyssenhoff i Myron Mathisson. Po II wojnie światowej powstało w USA i Europie kilka aktywnych ośrodków badań w dziedzinie OTW i rozpoczęto organizację, odbywających się co trzy lata, międzynarodowych konferencji poświęconych tej teorii. Jedną z pierwszych odbyła się w Polsce (Jabłonna 1962). Największe zainteresowanie budziły wtedy zagadnienia promieniowania grawitacyjnego, kosmologii oraz związków między grawitacją i zjawiskami kwantowymi. Odkrycie w 1965 r. mikrofalowego promieniowania tła potwierdziło *Wielki Wybuch* przewidywany przez relatywistyczną kosmologię Aleksandra A. Friedmanna (1922) i Georges Lemaitre'a (1927)¹. Ale dopiero prace teoretyczne nad czarnymi dziurami, a później ich obserwacje, wprowadziły OTW do głównego nurtu fizyki i przyczyniły się do powstania astrofizyki relatywistycznej.

Nazwa „czarna dziura” pojawiła się dopiero w 1967 r.: John A. Wheeler spopularyzował tę nazwę, zaproponowaną przez anonimowego słuchacza na jego wykładzie. Ale samą ideę czarnych dziur rozważano już w XVIII wieku, opierając się wyłącznie na teorii Newtona. John Mitchell i Pierre Simon de Laplace zwrócili uwagę na to, że według newtonowskiego prawa zachowania energii, aby cząstka mogła dowolnie daleko oddalić się od ciała o masie M i promieniu r , powinna poruszać się z prędkością o kwadracie większym niż $2GM/r$, gdzie G jest stałą grawitacyjną. Wynika stąd, że światło o prędkości c nie może opuścić ciała, którego promień jest mniejszy od jego promienia grawitacyjnego $R=2GM/c^2$. Dla „zwykłych” ciał promień grawitacyjny jest znacznie mniejszy od jego wymiarów; np. dla Słońca R wynosi około 3 kilometrów.

W 1915 r. Karl Schwarzschild, zajęty na froncie wschodnim artyleryjskimi rachunkami balistycznymi, znalazł pierwsze ściste rozwiązanie równań Einsteina. Jak się później okazało, opisuje ono sferyczną czarną dziurę. Początkowo, rozwiązanie Schwarzschilda potraktowano nieufnie. Niepokój budziła powierzchnia o promieniu $R=2GM/c^2$: wysyłane z niej światło, obserwowane przez odległego obserwatora, miałyby nieskończone przesunięcie ku czerwieni. Einstein uważał, że taka „osobliwość” nie ma sensu fizycznego i w 1939 r. opublikował pracę poświęconą niemożliwości jej powstania w rzeczywistym świecie. Jednakże w tym samym roku, Robert Oppenheimer i Hartland Snyder wykazali, że kurcząca się kula pyłu zapada się do wnętrza powierzchni o promieniu R , choć nie może to być dostrzeżone przez odległego obserwatora. Był to pierwszy opis powstawania czarnej dziury.

(dokończenie – str. 3)



Komputerowa symulacja widoku z odległości 600 km czarnej dziury przed Drogą Mleczną. Masa takiej mikro-czarnej-dziury wynosi 10 mas słonecznych M_{\odot} . Przyspieszenie 4×10^8 g jest niezbędne do stałego utrzymywania tej odległości. (NASA)