

## Streszczenie popularnonaukowe

Najbardziej gęste znane nam obiekty w przestrzeni kosmicznej to czarne dziury i gwiazdy neutronowe - produkty uboczne ewolucji masywnej gwiazdy, która przechodzi przez wybuch supernowej. Czarna dziura jest tak zwarta, że wszystko, co na nią spada (nawet światło!), nie może uciec z powrotem w przestrzeń kosmiczną. Pod względem gęstości, zaraz za nimi, są gwiazdy neutronowe. Wierzymy, że ich wnętrze stanowi zupa cząsteczek, które na ziemi można spotkać tylko w akceleratorach cząstek. Bliżej powierzchni składają się z bardziej znanych nam elementów (protonów, neutronów i elektronów).

Te obiekty często żyją w parach z "normalnymi" gwiazdami, okrążając się wzajemnie w układzie podwójnym. W szczególnych warunkach, ta normalna gwiazda może zacząć tracić masę, która opada na czarną dziurę lub gwiazdę neutronową. Siły grawitacji w pobliżu ich powierzchni mogą osiągnąć wartości sto miliardów razy większe niż to, co znamy na Ziemi. Gaz, spadając w ich kierunku, tworzy dysk, poruszając się po spirali. Im bliżej wewnętrznych części dysku się znajduje, tym bardziej się ścieśnia i kompresuje, co przyczynia się do jego podgrzania. Gaz może być tak gorący (do kilku miliardów Kelwinów), że zaczyna emitować promieniowanie rentgenowskie. Takie obiekty nazywamy układami podwójnymi rentgenowskimi i są one tylko jednym z przykładów akrecji we Wszechświecie.

Akrecja na gwiazdę neutronową jest bardzo interesująca nie tylko ze względu na efekty ekstremalnej grawitacji, ale również ze względu na to, że (w przeciwieństwie do czarnych dziur), posiadają one twardą powierzchnię i pole magnetyczne. Interakcja pomiędzy opadającym gazem a powierzchnią i polem magnetycznym gwiazdy powoduje bardziej spektakularną emisję, niż w przypadku gazu opadającego na czarną dziurę.

Istnieje kilka interesujących zjawisk w akrecji na gwiazdę neutronową, które są trudne do wyjaśnienia. Jednym przykładem jest tak zwane ultrajasne źródło rentgenowskie (ULX od Ultraluminous X-ray Source). Uważa się, że odpowiada za nie akrecja na gwiazdę neutronową, ale obiekt ten emituje ekstremalnie silne promieniowanie rentgenowskie. Aby to osiągnąć, musi akreować olbrzymie ilości gazu, aż w którymś momencie, wysokoenergetyczne promieniowanie napiera na gaz. Inne ciekawe zjawisko można spotkać, gdy badamy zmienność w jasności akreującej gwiazdy neutronowej. Czasami jasność ta oscyluje w pobliżu szczególnej częstotliwości, kilkaset a nawet tysiąc razy na sekundę, co jest znane jako oscylacje kwazi-periodyczne (QPO od Quasi-Periodic Oscillation). Mechanizm, który je powoduje, nie jest dobrze znany. Ostatecznie, w szczególnych warunkach, dysk opisany powyżej może stać się niestabilny w jego wewnętrznych obszarach. Może się zapaść lub "rozdmuchać", jeśli temperatura zmieni się chociaż odrobinę. W naszym projekcie poświęcimy czas studiowaniu wszystkich tych procesów.

Naszym celem jest studiowanie akrecji na gwiazdę neutronową poprzez wykorzystanie symulacji numerycznych. Symulacje badają rozwiązania istotnych równań w danym punkcie w przestrzeni - im więcej punktów użyjemy, tym lepsza będzie rozdzielczość naszej symulacji i tym bliższe rzeczywistości będą nasze wyniki. Biorąc pod uwagę całą istotną fizykę, Ogólną Teorię Względności, magnetohydrodynamikę i procesy promieniste, potrzebujemy ogromnej mocy obliczeniowej, jeśli chcemy prawidłowo rozwiązać te najbardziej interesujące elementy systemu. Używając superkomputerów możemy uruchomić symulacje na setkach lub nawet tysiącach rdzeni (dla porównania, typowy domowy komputer ma ich w tym momencie cztery).

Do chwili obecnej było kilka projektów badających akrecję na gwiazdy neutronowe, ale tylko w niewielu z nich podjęto się badania wszystkich procesów omówionych powyżej. Chcemy być jedną z pierwszych grup, która się z tym zmierzy. Symulacje takie jak te pomogą nam zrozumieć fizykę panującą w tego typu układach, na przykład dlaczego świecą, tak jak świecą. Używając symulacji możemy testować i sprawdzać nasze ich rozumienie, możemy poszukiwać modeli, które wyjaśniają obserwowane zjawiska, a które nie. W którymś momencie możemy nawet zaobserwować nowe procesy, które pozwolą nam zbudować nowe modele. Symulacje procesów promieniowania takich, jakie planujemy wykonać, zostały już przeprowadzane dla czarnych dziur i chcemy rozszerzyć naszą wiedzę w tej dziedzinie na gwiazdy neutronowe. Możemy się dużo nauczyć o strukturze dysku akrecyjnego wokół gwiazdy neutronowej i spodziewamy się dowiedzieć więcej na temat procesów, które prowadzą do ich dziwnych zachowań, takich jak ULX-y czy QPO.