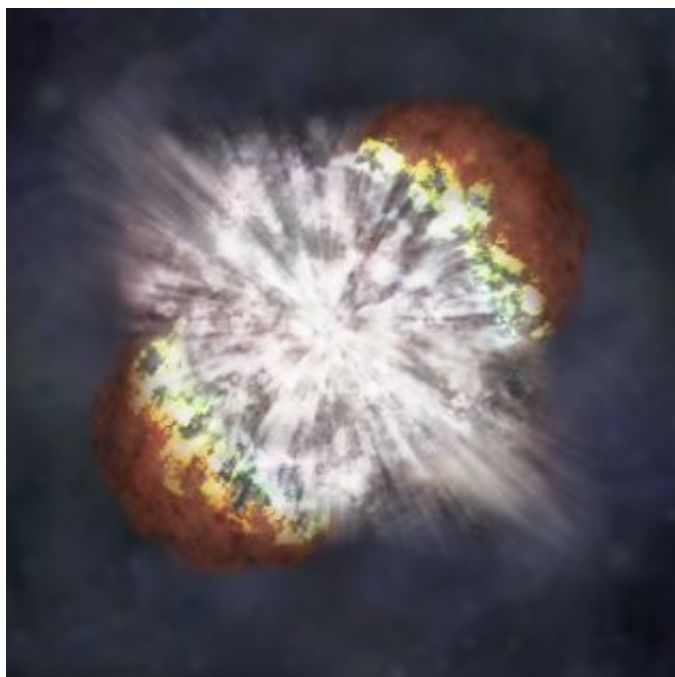


Rozwiązanie zagadki brakujących czarnych dziur odsłania mechanizm wybuchu supernowej

2013-02-27



Wizja artystyczna supernowej SN 2006gy (Źródło: NASA/CXC/M.Weiss)

Przez ponad 10 lat astronomowie próbowali zrozumieć, dlaczego brakuje gwiazd neutronowych oraz czarnych dziur w zakresie 2-5 mas Słońca. Ten zaskakujący fakt - jako że lżejsze gwiazdy neutronowe oraz cięższe czarne dziury występują w galaktykach - stanowił wyzwanie dla astronomów zajmujących się zarówno teorią, jak i obserwacjami.

Naukowcy z Obserwatorium Astronomicznego Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego we współpracy z astrofizykami amerykańskimi rozwiązali tę zagadkę oraz rzucili nowe światło na wewnętrzny mechanizm wybuchu supernowej.

W naszej Galaktyce jest około 100 miliardów gwiazd. Większość z nich, podobnie jak Słońce, znajduje się w spokojnych fazach ewolucji, a ich życie jest podtrzymywane fuzją lżejszych pierwiastków w cięższe. Jednakże dla wielu masywnych gwiazd, dla których fuzja przebiegała bardzo szybko, ewolucja już się zakończyła. Kres życia masywnej gwiazdy spowodowany jest zapadnięciem się jej środka, co prowadzi do utworzenia obiektu zwartego: gwiazdy neutronowej albo czarnej dziury. Zewnętrzne warstwy atmosfery gwiazdowej mogą (ale nie muszą) być odrzucone w gwałtownym wybuchu, tak zwanej supernowej.

Masy gwiazd pokrywają równomiernie zakres od 0,1 do 100 mas Słońca. Oczekiwano, że masy obiektów

zwartych, powstających w wyniku ewolucji gwiazd, będą należały również do całego zakresu mas. Okazuje się jednak, że ta jakże intuicyjna hipoteza nie znajduje poparcia w danych obserwacyjnych.

Gwałtownie rośnie liczba obiektów, których masy udało się wyznaczyć obserwacyjnie. Jednak w tych obserwacjach pojawiła się zaskakująca przerwa – na granicy pomiędzy gwiazdami neutronowymi i czarnymi dziurami. Zebrane dane wskazują, że najcięższe gwiazdy neutronowe osiągają maksymalnie 2 masy Słońca, a najlżejsze czarne dziury mają przynajmniej 5 mas Słońca.

Naukowcy z Obserwatorium Astronomicznego Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego we współpracy z astrofizykami amerykańskimi (z Narodowego Laboratorium Los Alamos, Uniwersytetu w Chicago oraz Uniwersytetu Northwestern), dzięki uwzględnieniu najnowszych teoretycznych modeli wybuchów supernowych w modelach ewolucyjnych gwiazd, wyjaśnili obecność przerwy w obserwowanych masach oraz oszacowali skalę czasową rozwoju wybuchu supernowej.

Mechanizm wybuchu supernowej przedstawia się następująco. W pierwszym kroku, po zakończeniu reakcji fuzji podtrzymujących gwiazdę, zapada się jądro gwiazdy i tworzy się gwiazda protoneutronowa, ważąca około 1 masy Słońca. Wokół gwiazdy protoneutronowej tworzy się ultra gorący obszar, który podtrzymuje resztę gwiazdy przed całkowitym zapadnięciem się. Niestabilności w ruchu materii w tym ultra gorącym obszarze inicjują konwekcję: silnie podgrzana materia zaczyna chaotyczny ruch, którego amplituda i siła rosną z czasem. Procesowi konwekcji towarzyszy szybkie powiększanie się masy gwiazdy protoneutronowej, spowodowane akrecją materii z leżących ponad nią warstw gwiazdy.

Przy sprzyjających warunkach, konwekcja jest w stanie pokonać ciężar zewnętrznych warstw gwiazdy i odrzucić je w gwałtownym wybuchu supernowej. Przypomina to gotującą się w garnku wodę, która kipiąc zrzuca pokrywkę.

Zespół dr. hab. Krzysztofa Belczyńskiego wykazał, że jeżeli konwekcja zostanie zainicjowana prawie natychmiast po utworzeniu się gwiazdy protoneutronowej (w ciągu 10-20 ms), wtedy, w przypadku mniej masywnych gwiazd, wybuch następuje bardzo szybko (po około 100-200 ms) i tworzą się małowasywne obiekty zwarte: gwiazdy neutronowe o masach 1-2 masy Słońca. Dla masywniejszych gwiazd zewnętrzne części gwiazdy są na tyle gęste, że konwekcja nie jest w stanie ich odrzucić. W tym przypadku cała gwiazda jest akreowana na gwiazdę protoneutronową i tworzy się wtedy czarna dziura o masie 5 mas Słońca lub więcej. Model, w którym proces ewolucji gwiazdy przebiega jedną z opisanych wyżej dwóch ścieżek (szybka supernowa mniej masywnej gwiazdy albo całkowite zapadnięcie się masywniejszej gwiazdy), w sposób naturalny tłumaczy istnienie przerwy w rozkładzie mas.

Wyniki zespołu K. Belczyńskiego zostały opublikowane w czasopiśmie „The Astrophysical Journal”.