

Opis popularno-naukowy

Rozbłyski gamma są zjawiskami astronomicznymi rejestrowanymi w zakresie najwyższych energii. Fotony gamma, o energiach rzędu megaelektronowoltów, nadchodzą do nas z punktowych źródeł rozłożonych równomiernie na całym niebie, a typowy rozbłysk ma formę krótkiego pulsu, trwającego około minutę. Ponieważ atmosfera Ziemi nie przepuszcza wysokoenergetycznego promieniowania, rozbłyski te rejestrowane są za pomocą teleskopów satelitarnych, umieszczonych na orbicie okołoziemskiej. Całkowita energetyka zjawiska, czyli zintegrowany strumień promieniowania na jednostkę powierzchni detektora, wskazuje na fakt, iż mamy tu do czynienia z niezwykle silnymi eksplozjami, w których w bardzo krótkim czasie wydzielana jest olbrzymia moc. W kosmosie istnieje tylko jeden sposób na uzyskanie tak wielkiej energii: rozerwanie gwiazdy.

Już od lat 1990-tych wiadomo, że rozbłyski gamma powstają najczęściej w odległych galaktykach, a wiele z nich jest powiązanych z wybuchami supernowych. Muszą to być jednak supernowe specjalnego typu (tylko około 10 procent z nich spełnia odpowiednie kryteria), ponieważ jądro zapadającej się gwiazdy powinno utworzyć czarną dziurę, otoczoną dyskiem utworzonym z resztek materii obracającej się otoczki. To właśnie akrecja materii na obracającą się czarną dziurę jest w stanie dostarczyć energii tak olbrzymiej, jak ta rejestrowana w wypadku rozbłysku gamma.

Przez kilka dziesięcioleci, przesłanki obserwacyjne potwierdzające model rozbłysku gamma zwany „kolapsarem” (kolaps = zapadanie się gwiazdy) były wystarczająco mocne w wypadku jednej klasy rozbłysków, tzw. Długich. Natomiast w przypadku rozbłysków krótkich, których czas trwania nie przekracza 2 sekund, nie było precyzyjnych informacji o ich astrofizycznym otoczeniu. Te informacje można czerpać obserwując tzw. Poświaty po rozbłysku, czyli emisję w coraz niższym zakresie energii: od rentgenowskiej, przez optyczną, po radiową, która powstaje wtedy gdy rozchodząca się fala uderzeniowa zderza się z ośrodkiem międzygwiazdowym.

Z przyczyn technicznych, poświaty takie jest bardzo trudno zarejestrować dla krótkich rozbłysków. Okazuje się jednak, że błyski krótkie pochodzą z innych części galaktyk macierzystych i są związane ze starymi populacjami gwiazdowymi. Z tego powodu, jak również w oparciu o argumenty teoretyczne (krótki czas trwania implikuje stosunkowo niewielki rozmiar i masę gwiazdy odpowiedzialnej za zjawisko), najpopularniejszym wyjaśnieniem ich pochodzenia stało się zderzenie dwóch gwiazd zwartych: pary gwiazd neutronowych lub gwiazdy neutronowej i czarnej dziury. Po takim zderzeniu, powstaje przejściowa struktura, często hipermasyczna gwiazda neutronowa, która jest niestabilna i pod wpływem grawitacji tworzy czarną dziurę. Otaczające ją resztki gęstej materii, pozostałej po zderzeniu, tworzą dysk, a proces dyskowej akrecji, z udziałem pola magnetycznego, podobnie jak w przypadku długich błysków, umożliwia uzyskanie energii rotacyjnej z czarnej dziury i wyrzut fali uderzeniowej. Fala ta, w postaci skolimowanej strugi (dżetu) rozchodzi się w ośrodku międzygwiazdowym i emituje wysokoenergetyczne promieniowanie gamma.

Piękne bezpośrednie potwierdzenie zjawiska zlania się pary gwiazd neutronowych otrzymaliśmy dopiero niedawno, w 2017 roku. Stało się to możliwe dzięki odkryciu fal grawitacyjnych, które są związane z procesem spiralowania i zlewania się ze sobą obiektów zwartych, takich jak gwiazdy neutronowe i czarne dziury. Fale te rozchodzą się jako rodzaj „zmarszczek” w czasoprzestrzeni, wywołanych niesferycznym szybko zmieniającym się rozkładem masy w bardzo małej objętości – co powoduje zakrzywienie się czasoprzestrzeni zgodnie z Ogólną Teorią Względności Alberta Einsteina. Zjawisko odnotowane jako GW-GRB 170817 potwierdziło istnienie fali grawitacyjnej, o kształcie zgodnym z przewidywaniami dla zderzenia gwiazd neutronowych. A w czasie 1,7 sekundy po maksimum fali grawitacyjnej, satelity gamma zaobserwowały rozbłysk gamma, pochodzący z tego samego regionu w kosmosie.

W naszym projekcie będziemy badać pochodzenie i powstawanie błysków gamma, zarówno długich jak i krótkich. Sprawdzimy, czy i w jakich warunkach błyski długie mogą być związane z falami grawitacyjnymi, oraz jakie inne elektromagnetyczne obserwacje (np. tzw. kilonowe zamiast supernowych), mogą przynieść istotne dane na temat błysków krótkich. Nasze badania będą prowadzone w oparciu o szczegółowe masywne symulacje komputerowe, dzięki którym poznamy strukturę progenitorów oraz centralnych silników w rozbłyskach gamma. Obliczenia te bazują na nowoczesnym aparacie teoretycznym: numerycznej relatywistyce, magnetohydrodynamice oraz fizyce jądrowej.