

Czy czarna dziura śpi pod ciepłą kołdrą?

Dominik Gronkiewicz

Obiekty zwarte (czarne dziury, gwiazdy neutronowe) to najbardziej ekstremalne ciała we Wszechświecie. Ich egzotyczna natura sprawia, że próbując wytłumaczyć ich istnienie docieramy do granic współczesnej wiedzy fizycznej. Mimo ich różnych własności, mają jedną cechę wspólną: są niewielkie i bardzo gęste, przez co pole grawitacyjne w ich pobliżu jest wyjątkowo silne. Powoduje to sporo zamieszania: materia poruszająca się w pobliżu takiego obiektu będzie silnie przyciągana w jego kierunku.

Wbrew pozorom, w kosmosie gdzie nie ma tarcia nie jest tak łatwo spaść: dużo łatwiej jest znaleźć się na orbicie ciała niebieskiego niż trafić w jego powierzchnię. Ciało musi najpierw stracić swoją energię. Dlatego materia nie jest wsysana przez obiekt centralny jak przez odkurzacz, lecz podobnie do wiru tworzącego się nad odpływem wody, formuje strukturę zwaną **dyskiem akrecyjnym**. Zgodnie z prawem Keplera, taki gazowy dysk rotuje najszybciej w pobliżu obiektu centralnego: w wyniku tej różnicy prędkości, rozgrzewa się i świeci, oddając energię na zewnątrz. W przypadku **czarnych dziur**, temperatura opadającej materii może osiągnąć nawet dziesiątki milionów stopni Celsjusza zanim wpadnie do czarnej dziury!

O istnieniu dysków akrecyjnych wokół czarnych dziur wiemy z obserwacji optycznych i rentgenowskich, jednak to te drugie dostarczają najważniejszych informacji o najgorętszych obszarach w rejonie centralnym. W miarę rozwoju technologii i napływu coraz lepszych danych z obserwatoriów orbitalnych, szybko okazało się że w niektórych przypadkach dysk świeci *jaśniej* niż wynikałoby to z teorii, szczególnie na granicy promieniowania rentgenowskiego i nadfioletu. Zjawisko to nazwano **miękką nadwyżką rentgenowską** (ang. *Soft X-ray Excess, SXE*), i zaproponowano dwa scenariusze dla jej wytłumaczenia. Pierwszym z nich jest możliwość, że dysk jest dodatkowo oświetlany znajdującym się powyżej źródłem bardzo energetycznego promieniowania, i obserwowana nadwyżka jest odbiciem od dysku. Jednakże okazało się, że w przypadku wielu obiektów zewnętrzne oświetlenie dysku nie wystarcza, aby wyprodukować całą nadwyżkę rentgenowską. W scenariuszu, którym zajmujemy się w tym projekcie, dysk przykryty jest nieco gorętszą warstwą gazu (**ciepłą koroną**), która zwiększa energię promieniowania wypływającego z dysku, tym samym produkując nadwyżkę.

Z perspektywy obserwacji, obecnie oba modele zdają się dobrze tłumaczyć widma rentgenowskie. Jednak nadal niejasne są mechanizmy fizyczne, które miałyby je napędzać. Niedawno przeprowadziliśmy obliczenia struktury dysku, uwzględniając w nim pole magnetyczne, i okazało się że w przypadku silnego pola magnetycznego ciepła korona ponad dyskiem formuje się w sposób naturalny. Co więcej, jej właściwości – grubość i temperatura – są dokładnie takie, jak wymagają tego dane obserwacyjne!

Stanowi to ważny krok w wytłumaczeniu problemu miękkiej nadwyżki rentgenowskiej. Pierwszym celem projektu będzie obliczenie struktury ciepłej korony dla supermasywnych czarnych dziur. Kolejnym etapem badań będzie wyznaczenie typowych gęstości atmosfery dysku dla różnych modeli i mas czarnych dziur. Następnie chcielibyśmy dokładnie odtworzyć widmo w zakresie rentgenowskim, które zgodnie z naszym modelem wyemitowałyby dysk i korona. Takie obliczenia nigdy nie były przeprowadzone na bazie fizycznego modelu i korzystając z tak zaawansowanych narzędzi. W ostatnim kroku, przeanalizujemy dane obserwacyjne dla dwóch klas obiektów w których występuje miękka nadwyżka rentgenowska: czarnych dziur gwiazdowych, które charakteryzują się szybkim tempem zmienności, dzięki czemu będzie można prześledzić jak nadwyżka zależy od stanu jasności obiektu oraz supermasywnych czarnych dziur w centrach galaktyk, gdzie zjawisko nadwyżki jest o wiele silniejsze i powszechniejsze.

Podsumowując, w niniejszym projekcie badamy zagadnienie ciepłych koron dla różnych klas obiektów oraz na dwa różne sposoby: z podejściem obserwacyjnym i teoretycznym. W wyniku tego, znacznie poszerzymy wiedzę w tym temacie, oraz przybliżymy się do ostatecznej odpowiedzi na pytanie: jak powstaje miękka nadwyżka rentgenowska w dyskach akrecyjnych wokół czarnych dziur?