

Streszczenie

W widmach rentgenowskich układów podwójnych z czarną dziurą (Black Hole X-ray Binaries, BHXB) oraz aktywnych jąder galaktyk (Active Galactic Nuclei, AGN) obserwowana jest nadwyżka miękkich fotonów rentgenowskich w zakresie 1-5 keV (Soft X-ray Excess, SXE). Cechę tę można dobrze wytłumaczyć mechanizmem komptonizacji miękkich fotonów w ciepłej (około 1 keV) i optycznie grubej ($\tau = 10-50$) koronie nad dyskiem akrecyjnym. Zaproponowano również alternatywne wyjaśnienia, na przykład rozmyte relatywistycznie odbicie twardego promieniowania rentgenowskiego od częściowo zjonizowanego dysku. Prawdziwe pochodzenie SXE jest nadal przedmiotem aktywnej debaty naukowej, a niniejsza praca poświęcona jest badaniu scenariusza ciepłej, optycznie grubej korony zdominowanej przez rozpraszanie jako możliwego wytłumaczenia tego zjawiska. Teoretyczne i obserwacyjne tło tej pracy, cel badań oraz najważniejsze wnioski zostały przedstawione we [wstępie do pracy](#).

Dotychczasowe rozwiązania modeli fizycznych ciepłej korony sugerują, że do jej zasilenia wymagany jest mechanizm deponujący energię w atmosferze, który najprawdopodobniej jest związany z polem magnetycznym. W [Publikacji I](#) opisuję stworzony przeze mnie nowy kod numeryczny pozwalający na obliczenie struktury pionowej dysku akrecyjnego z uwzględnieniem wszystkich istotnych procesów fizycznych. Parametrami wejściowymi dla programu są masa czarnej dziury, tempo akrecji, promień oraz parametr dynamy magnetycznego. Kod oblicza: gęstość gazu, temperaturę, ciśnienie oraz strumień promieniowania, a także ciśnienie magnetyczne jako funkcja wysokości nad płaszczyzną równikową dysku. Zaimplementowana przeze mnie metoda relaksacji numerycznej pozwala na rozwiązanie nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych. W powyższej pracy pokazałem, że uwzględnienie grzania oraz ciśnienia magnetycznego w strukturze pionowej powoduje uformowanie ponad dyskiem akrecyjnym ciepłej korony o właściwościach zgodnych z obserwacjami BHXB. Przeprowadziłem obliczenia struktury pionowej gęstości oraz temperatury akreującej materii dla szerokiego zakresu parametrów.

Korzystając z mojego kodu, przeprowadziłem analogiczne obliczenia dla supermasywnych czarnych dziur w AGN. Wyniki przedstawiłem w [Publikacji II](#). Wykazałem, że nieprzezroczystość wolny-wolny u podstawy korony stwarza korzystne warunki do zajęcia lokalnej niestabilności termicznej, skutkującej zapaścią materii do postaci dwufazowej. Obliczyłem modele dysku z koroną dla bardzo szerokiego zakresu parametrów, takich jak masa czarnej dziury, siła pola magnetycznego i tempo akrecji. Określiłem, że zwiększenie magnetyzacji może stabilizować dysk akrecyjny, eliminując niestabilność ciśnienia promieniowania. Generując syntetyczną populację modeli dysków akrecyjnych udało mi się odtworzyć rozkład parametrów SXE w AGN, zgodnie z zależnościami wynikającymi z obserwacji publikowanych ostatnio w literaturze. Choć moje początkowe założenie, że minimum temperatury jest podstawą ciepłej korony, przeszacowywało optyczną głębokość ciepłej korony, częściowa jej zapaść z powodu niestabilności termicznej mogłaby usunąć tę rozbieżność.

Celem [Publikacji III](#) było obliczenie realistycznego widma wewnątrznie ogrzewanej ciepłej korony, jednocześnie oświetlanej przez twarde promieniowanie rentgenowskie. Użyłem kodu fotojonizacyjnego TITAN sprzężonego z kodem Monte Carlo NOAR do określenia struktury temperaturowej i jonizacyjnej płasko-równoległej warstwy o stałej założonej gęstości. Dzięki użyciu metody Monte Carlo byłem w stanie oddzielnie zbadać widmo odbicia od zjonizowanej atmosfery i ciepłej komptonizacji. Pokazałem, że widmo ciepłej komptonizacji jest pozbawione cech, takich jak linie emisyjne czy absorpcyjne. Poprzez obliczenie modeli dla dużej przestrzeni parametrów

wewnętrznego tempa ogrzewania i grubości optycznej warstwy, potwierdziłem, że występowanie dodatkowego ogrzewania oraz dominacja chłodzenia komptonowskiego w obrębie warstwy są niezbędne, aby uzyskać widmo SXE zgodne z obserwacjami.