

Połowa obserwowanej materii w Kosmosie występuje w formie gorącego gazu o temperaturze milionów stopni. Tak rozgrzana materia jest źródłem niewidzialnego gołym okiem promieniowania rentgenowskiego i tylko za pomocą specjalnych teleskopów możemy ją zbadać. Pierwsze obserwacje w rentgenowskiej dziedzinie widma pokazały naukowcom, że gorący gaz jest wszędzie. Występuje w centralnych obszarach gromad galaktyk, otacza pojedyncze galaktyki i ich aktywne jądra, oraz znajduje się w pobliżu czarnych dziur, czego przykładem jest ta w naszej Galaktyce – SgrA*. Ciepłe obszary międzygalaktyczne popularnie zwane WHIM (z ang. warm hot intergalactic medium) stanowi istotną część znanej nam materii, ale nie wiemy jak doszło do ich powstania. Wiadomo, że gorący gaz wypływa ze środków galaktyk w formie zjonizowanych wiatrów, których natury do końca nie rozumiemy. Kluczowe jest zbadanie jak dochodzi do kumulacji gorącej plazmy w galaktykach, gromadach gwiazd i galaktyk, i jaki ma ona wpływ na obecny kształt Wszechświata.

Najsilniej w promieniach X wiec aktywne jądra galaktyk (AGN) i galaktyczne układy podwójne. Obiekty te posiadają dyski akrecyjne, w których gaz opada na centralną masę dzięki silnemu polu grawitacyjnemu. Opadająca materia bardzo często jest rozgrzana do milionów stopni tworząc rodzaj korony nad dyskiem akrecyjnym. Niemniej naukowcy, podobnie jak w przypadku Słońca, nie do końca rozumieją mechanizm grzania tej korony. Zagadnienie rozkładu i kumulacji gorącego gazu w silnym polu grawitacyjnym ma kluczowe znaczenie w zrozumieniu ewolucji aktywnych galaktyk i sposobu wzrastania czarnych dziur.

Obserwacje Kosmosu w dziedzinie rentgenowskiej to najbardziej kosztowna działka współczesnej astrofizyki. Fotony w zakresie energii od 0,1 do 100 keV są całkowicie pochłaniane przez naszą atmosferę, więc aby spojrzeć na niebo w promieniach X, musimy zbudować teleskop satelitarny i wystrzelić go w przestrzeń kosmiczną. Z tego właśnie powodu astronomia rentgenowska miała szansę rozwinąć się dopiero w drugiej połowie XX wieku, kiedy nauczyli się wynosić detektory promieni wysokiej energii ponad warstwy atmosfery. W praktyce budowa teleskopu rentgenowskiego od momentu zaproponowania koncepcji naukowej do startu rakiety trwa około 15 lat.

Przy obecnym rozwoju technologii najlepiej radzimy sobie z promieniowaniem z widmowego przedziału od 0,1 do 10 keV. Dla fotonów o tej energii potrafimy określić kierunek z jakiego do nas dochodzi i moment ich nadejścia z największą dokładnością. W listopadzie 2013 roku projekt nowego teleskopu rentgenowskiego ATHENA (z ang. the Advanced Telescope for High Energy Astrophysics) uzyskał poparcie Europejskiej Agencji Kosmicznej z planowaną datą wyniesienia w 2028 roku. Teleskop ATHENA będzie wyposażony w najnowocześniejsze lustro rentgenowskie nachylone w taki sposób, by fotony rentgenowskie "lizały się" (odbijały pod małym kątem) po ich powierzchni. Dodatkowo, jak nigdy wcześniej, lustro będzie wyposażone w mikroskopijne kanaliki, które pomogą skupić padający sygnał. W projektowaniu i budowie teleskopu bierze udział polscy naukowcy i polskie instytucje badawcze.

ATHENA będzie wyposażona w dwa detektory, które w zależności od potrzeb obserwacyjnych będą umieszczane w ognisku teleskopu. Każde z nich to w zasadzie odpowiednik matrycy CCD znanej z aparatów fotograficznych, złożony z wielu miniaturowych pikseli.

X-IFU (z ang. X-ray Integral Field Unit) to bardzo nowatorski detektor, w którym pojedynczy piksel mierzy niesłychanie małą, rzędu milikelwinów, różnicę temperatur wywołaną wysokoenergetycznym fotonem rentgenowskim, który do niego wpada. Zmierzy on energię fotonów z nieosiągalną dokładnością. Drugi detektor, WFI (z ang. Wide Field Imager) zbudowany będzie z konwencjonalnych pikseli krzemowych, ale za to z nowoczesnej elektroniki zapewniając błyskawiczny odczyt sygnału. Opisana powyżej kombinacja instrumentów pozwala na sformułowanie zadań badawczych, które według ekspertów Europejskiej Agencji Kosmicznej są najistotniejsze z punktu widzenia współczesnej astrofizyki.

Dzięki obserwacjom rentgenowskim uczeni potrafią ocenić temperaturę, gęstość oraz masę gorącego gazu w danym obszarze nieba. Czasami udaje się wyznaczyć prędkość, z jaką porusza się materia oraz jej odległość od obserwatora. Te parametry fizyczne powiązane z czasem obserwacji dostarczają podstawowych informacji o morfologii i ewolucji obserwowanych obiektów, a co za tym idzie, związanej z nimi chłodniejszej, widzialnej części gazu. Dzięki przyszłym obserwacjom ATHENY dowiemy się więcej o dynamice i rozkładzie materii we Wszechświecie, zrozumiemy, jak rosną supermasywne czarne dziury i jak gorący gaz stabilizuje gromady galaktyk. Zbadamy dokładniej, bardzo istotny z astrofizycznego punktu widzenia, proces opadania materii na supermasywne czarne dziury, a w szczególności jego związek z procesem wypływu gorącego gazu z aktywnych jąder galaktyk (z ang. galaxy feedback).

Promieniowanie rentgenowskie ma na tyle krótkie długości fali, że głęboko wnika w strukturę atomów. W oddziaływaniu z materią produkuje liczne linie emisyjne lub absorpcyjne pochodzące z jonizacji atomów pierwiastków ciężkich. Dzięki tym liniom możemy precyzyjnie zbadać zawartość pierwiastków oraz ich chemiczną ewolucję w obiektach astrofizycznych. ATHENA będzie obserwowała linie wielokrotnie zjonizowanego tlenu, węgla, magnezu i innych "metali" a także helu, z największą jak dotąd precyzją. Oprócz możliwości obserwacji dalekiego Wszechświata ATHENA znakomicie będzie się nadawała do badania obiektów bliższych. Planuje się zatem "zdjęć rentgenowskie" centrum naszej Galaktyki, rentgenowskich układów podwójnych oraz zjonizowanych wiatrów w koronach gorących gwiazd.

Celem niniejszego projektu jest badanie mechanizmów powstawania i rozkładu gorącego gazu w kontekście różnych obiektów astrofizycznych. Zamierzamy policzyć ile jest ciepłych barionów w lokalnym Wszechświecie. Zbadamy rozkład i stabilność gorącego gazu w centrum naszej Galaktyki, a w szczególności to sprawdzimy, czy otrzymany rezultat stosuje się do innych galaktyk. Policzymy jak promieniuje gorący gaz wypływający z aktywnego jądra, dysk akrecyjny odbijający promieniowanie rentgenowskie z korony, oraz gorąca atmosfera gwiazdy neutronowej. Opracujemy nowy model magnetycznie grzanej korony nad dyskiem akrecyjnym. Będziemy rozwijać nowe teorie dotyczące powyższych zagadnień, tak aby dokładniej zinterpretować przyszłe wyniki misji ATHENA.

Polscy inżynierowie od lat budują elementy satelitarnych instrumentów astronomicznych. Wysoka ocena ekspertyzy środowiska naukowego i technicznego spowodowała, że zostali my zaproszeni przez naukowców z Instytutu Maxa Plancka do prac nad przygotowaniem detektora WFI satelity ATHENA. To olbrzymia szansa dla polskich naukowców na zdobycie poważnej roli decyzyjnej przy planowaniu obserwacji oraz bezpośredniego dostępu do ich wyników. Niniejszy projekt ma na celu konsolidację działań grupy uczonych w pracy nad lepszym zrozumieniem gorącego Wszechświata.