

UCIECZKA NA ATHENĘ

Już za kilka lat obecne w kosmosie obserwatoria rentgenowskie najprawdopodobniej przestaną działać. Bez nich astronomowie nie będą mogli badać Wszechświata w zakresie promieni X, gdyż za sprawą atmosfery te wysokoenergetyczne fale nie docierają do powierzchni Ziemi. Dalsze badania w zakresie fal rentgenowskich ma umożliwić kosmiczne obserwatorium Europejskiej Agencji Kosmicznej ATHENA, która zostanie wyniesiona na orbitę w 2028 r. W ambitnym projekcie biorą udział także polscy inżynierowie.

ATHENA - europejski wkład w badania Wszechświata

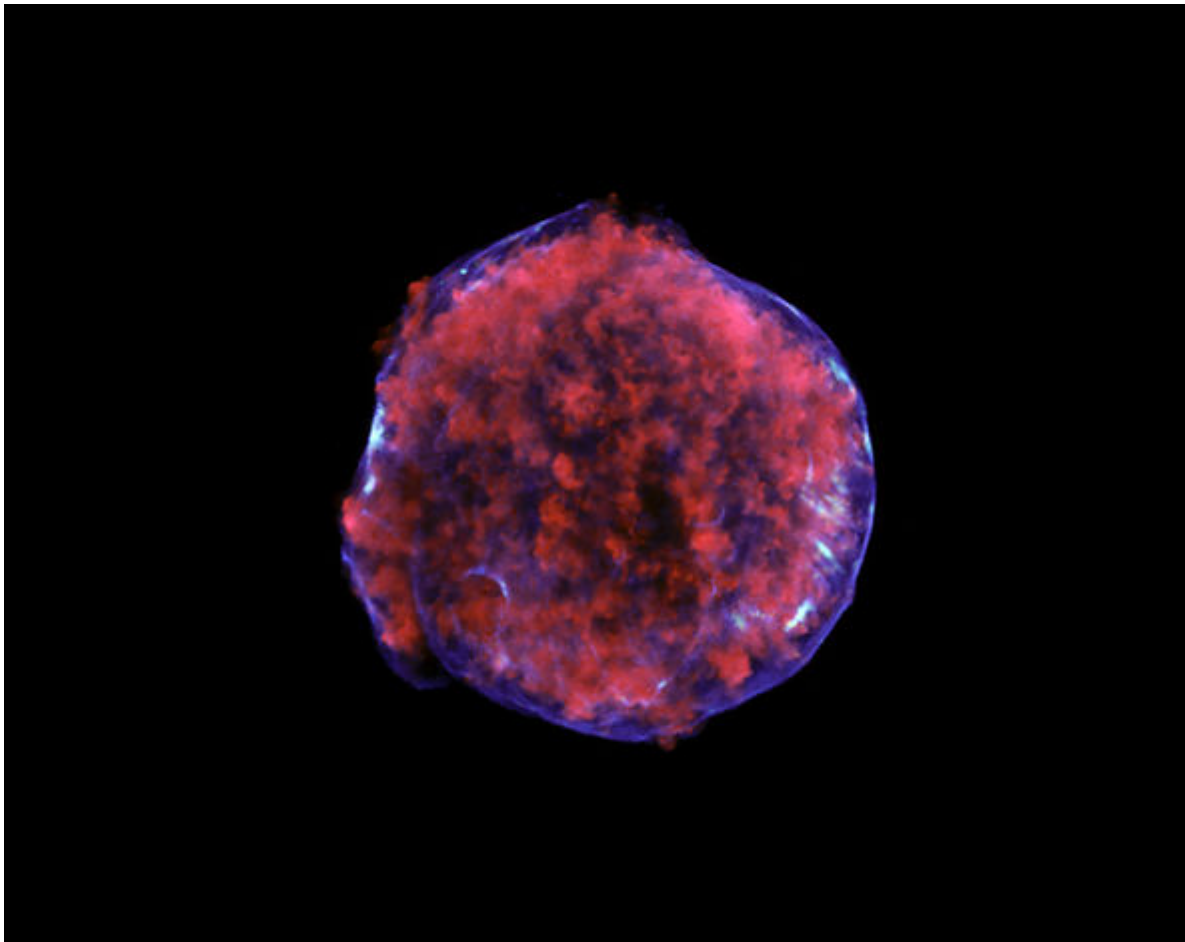
ATHENA to akronim od Advanced Telescope for High ENergy Astrophysics. Misja kosmiczna tego teleskopu została w 2014 r. zatwierdzona do realizacji jako druga po sondzie badającej układ planetarny Jowisza sondzie JUICE duża misja ESA w ramach programu badania przestrzeni kosmicznej Cosmic Vision. Obserwatorium będzie prowadziło swoje obserwacje w kategorii „Hot and Energetic Universe” wspomnianego programu.

Pierwotnie ESA planowała zaangażować się wspólnie z NASA oraz japońską agencją kosmiczną JAXA w budowę kosmicznego teleskopu rentgenowskiego International X-ray Observatory, jednak po wycofaniu się z pomysłu Amerykanów projekt upadł w 2010 r. ATHENA jest przedsięwzięciem europejskim, którego koszt szacowany jest na ponad 900 mln euro. Sonda ma polecieć w przestrzeń kosmiczną w roku 2028 z wykorzystaniem rakiety nośnej Ariane 6.

Naukowe cele misji

Badania ATHENY w dziedzinie „Hot and Energetic Universe” mają przynieść odpowiedzi na dwa zasadnicze pytania:

1. Jak obserwowana przez nas materia zbiera się we Wszechświecie w wielkoskalowe struktury, które dziś widzimy?
2. W jaki sposób czarne dziury rosną i kształtują swoje kosmiczne otoczenie?



Obraz wybuchu supernowej uzyskany przez obserwatorium Chandra należące do NASA, fot. NASA/CXC/Rutgers/K.Eriksen, Wikimedia

Blisko połowa materii jaką obserwujemy w kosmosie, tzw. materii barionowej, występuje w formie gorącego gazu o temperaturze rzędu milionów stopni. Ta rozgrzana materia emituje niewidzialne gołym okiem promieniowanie rentgenowskie. Do jego wykrycia wykorzystuje się specjalne detektory, których działanie umożliwia fakt, że promieniowanie X o energiach 0,1-9 keV w oddziaływaniu z materią produkuje linie emisyjne lub absorpcyjne pochodzące z jonizacji pierwiastków ciężkich. To pozwala z dużą precyzją badać zawartość pierwiastków ciężkich oraz ich chemiczną ewolucję w obiektach astrofizycznych. ATHENA będzie obserwować linie wielokrotnie zjonizowanego tlenu, węgla, magnezu i innych pierwiastków łącznie z żelazem, z największą jak dotąd precyzją. Obserwatorium pomoże też naukowcom lepiej poznać 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).

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. Oprócz możliwości obserwacji dalekiego Wszechświata ATHENA znakomicie będzie się nadawać do badań obiektów bliższych. Planuje się zatem "zdjęcia rentgenowskie" centrum naszej Galaktyki, rentgenowskich układów podwójnych oraz zjonizowanych wiatrów w koronach gorących gwiazd.

Unikalny teleskop kosmiczny

Teleskop będzie miał ponad 12 m długości. Uchwycenie cechujących się wysoką przenikalnością promieni X wymaga zastosowania w urządzeniu nie tyle klasycznego lustra, lecz raczej struktury nieco podobnej do gąbki, która umożliwi ich nieznaczne zakrzywienie prowadząc w efekcie do skupienia owych promieni w jednym punkcie. Owo porowate lustro będzie ważyło 1,2 tony i miało ponad 2 m średnicy.

Technologia SPO (sillicone pore optic) dotyczy lusterek umieszczonych na satelicie ATHENA. Lustra te są bardzo wyprofilowane, o kształcie hiperbolicznym i parabolicznym, i składają się z wielu warstw włożonych jedna w drugą. Będą one miały wiele wyźłobień, nacięć lub kanalików (czyli będą porowate), co pozwoli na lepsze ukierunkowanie padających fotonów. Takie lustro gwarantują znakomitą rozdzielczość kątową teleskopu ATHENA.

dr hab. Agata Różańska, CAMK PAN, koordynator prac polskich podmiotów
naukowych/inżynieryjnych w budowie misji ATHENA

Obserwatorium ATHENA zostanie umieszczone na orbicie wokół punktu Lagrange'a L2 układu Ziemia-Słońce, w odległości 1,5 mln km od Ziemi. Taka lokalizacja zapewni sondzie przyjazne warunki termiczne, dobrą widoczność nieba oraz dużą wydajność obserwacyjną. Szacuje się, że teleskop będzie wykonywał do 300, trwających od pół godziny do ponad 11 dni, obserwacji rocznie. Przewiduje się również, że planowe obserwacje mogą być niekiedy przerywane by przyglądać się wydarzeniom niespodziewanym, takim jak rozbłyski gamma czy zjawiska tranzytowe. Misja ATHENA ma planowo trwać pięć lat, z możliwością jej przedłużenia o kolejne pięć. Obserwatorium będzie miało zdolność automatycznego reagowania na niektóre nagłe zagrożenia, takie jak np. nasilenie promieniowania słonecznego. Przełączy się ono wówczas w tryb bezpieczny, by powrócić do wykonywania swych zadań naukowych niezwłocznie po ustabilizowaniu sytuacji.

Dwa główne detektory

ATHENA będzie miała dwa główne instrumenty badawcze: X-ray Integral Field Unit (X-IFU) oraz Wide Field Imager (WFI). Obydwa będą działały w podobnym zakresie energetycznym. Każdy z nich przypomina działaniem matrycę CCD, złożoną z wielu miniaturowych pikseli. Idealna detekcja promieniowania rentgenowskiego następuje kiedy poszczególne piksele rejestrują pojedyncze fotony. Większa liczba fotonów jednocześnie w pojedynczym pikselu uniemożliwia zmierzenie ich energii i taki pomiar jest automatycznie odrzucany. Każdy piksel matrycy mierzy bardzo małą różnicę temperatur (na poziomie milikelwinów) wywołaną wysokoenergetycznym fotonem rentgenowskim, który do niego wpada. Detektor musi być utrzymywany w niskiej temperaturze, co wymaga umieszczenia go w specjalnym kriogenicznym termosie. Większe (czterdziestokrotnie) pole widzenia zapewni ATHENA detektor WFI. Dzięki technice zwanej APS (z ang. *Active Pixel Sensor*) czas nadejścia fotonu będzie mierzony z dokładnością do 7 mikrosekund. Taka czasowa rozdzielczość pozwoli zbadać jasne i szybko zmienne obiekty rentgenowskie, w które obfituje Droga Mleczna. Pulsary czy układy podwójne z

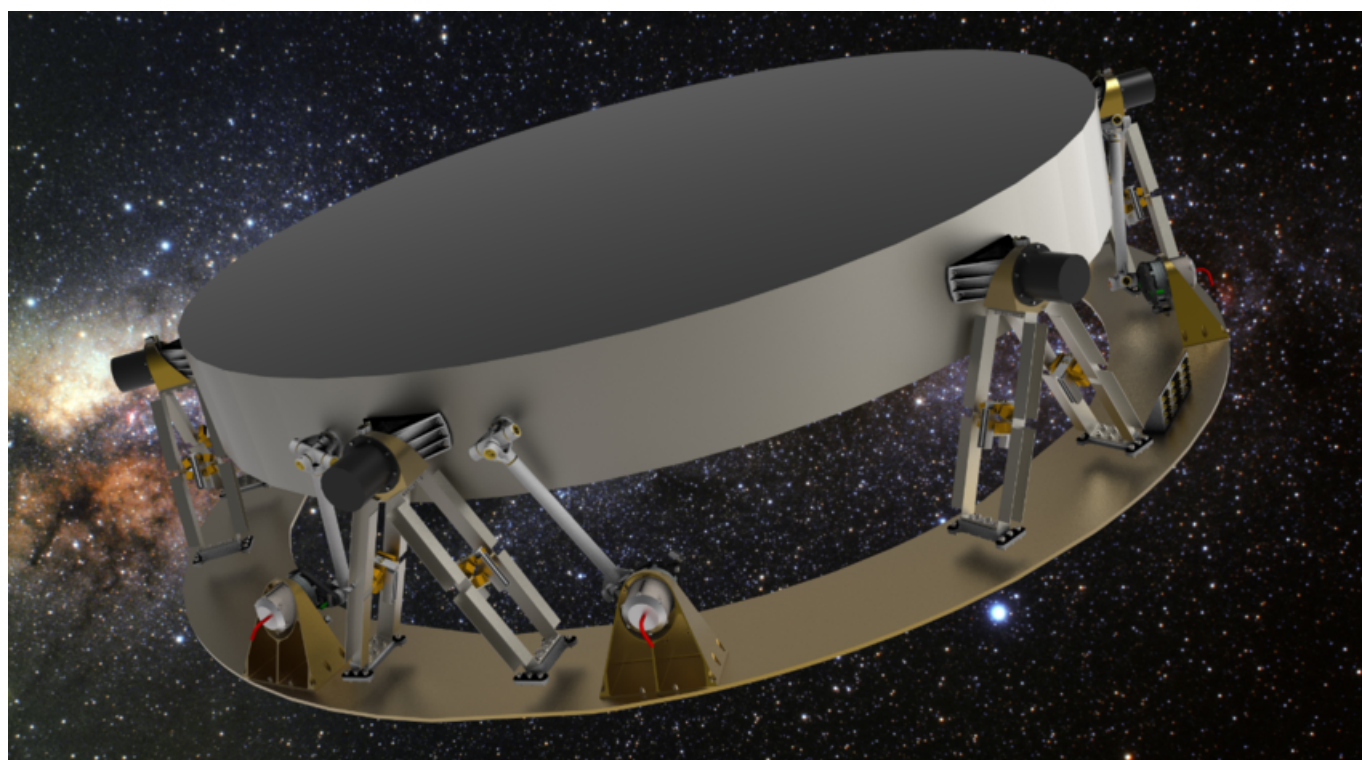
czarnymi dziurami lub gwiazdami neutronowymi wykazują zmienność w skali milisekund i taką właśnie zmienność będzie można mierzyć z niezwykłą precyzją.

X-IFU będzie działał na zasadzie mikrokalorymetru, czyli będzie mierzył minimalne zmiany temperatury, które spowoduje padający na materiał (półprzewodnik) foton rentgenowski. Ta technika daje znakomitą rozdzielczość energetyczną w widmie rentgenowskim, ale niestety pole widzenia jest niewielkie [5x5 minut łuku - PZ]. Natomiast WFI jest kamerą o dużym polu widzenia, ale sam sensor już nie jest tak czuły na padające fotony. Będzie on obserwował jaśniejsze obiekty, ale za to szybkozmiennie i będzie tworzył mapy promieniowania rentgenowskiego źródeł rozciągniętych.

dr hab. Agata Różańska, CAMK PAN, koordynator prac polskich podmiotów naukowych/inżynieryjnych w budowie misji ATHENA

Mechanizm Wyboru Instrumentu

Oba instrumenty badawcze, zarówno X-IFU, jak i WFI, będą naprzemiennie wykorzystywać to samo lustro. Poprzez zmianę jego położenia, w zależności od potrzeb obserwacyjnych, pole ogniskowej teleskopu będzie umieszczane w płaszczyźnie ogniskowej odpowiedniego instrumentu. Za projekt oraz wykonanie i przetestowanie prototypu Mechanizmu Wyboru Instrumentu (ang. Instrument Selection Mechanism - ISM) na rzecz tej misji ESA odpowiada firma SENER Polska.



Ilustracja: ESA

Wyzwaniami dla inżynierów będą ogromne obciążenie statyczne lustra i tłumienie jego wstrząsów podczas startu, a także stworzenie bardzo precyzyjnego systemu ruchu i kontroli siłowników ISM, tak

żeby nie przenosić zbyt dużych sił na teleskop podczas obrotu zwierciadła, co w warunkach zerowej grawitacji mogłoby doprowadzić do destabilizacji położenia sondy. Zbyt duże siły mogłyby też uszkodzić samo lustro. Co warto podkreślić prace nad tym urządzenie są prowadzone w Polsce.

Obecnie zespół inżynierów firmy SENER jest na etapie projektowania dwóch modułów: HDRM (hold down release mechanism), który chroni i utwierdza lustro w trakcie startu oraz aktuatorów, które umożliwiają dokładne pozycjonowanie lustra. Trwa finalizacja wstępnej fazy projektowej, w której wszystkie wybrane komponenty oraz projekt urządzenia (konfiguracja) oraz główne parametry są dokładnie analizowane.

Michał Górski, starszy konstruktor, SENER Polska

ISM będzie tzw. heksapodem, czyli strukturą opartą na sześciu siłownikach, która pozwoli na precyzyjne poruszanie lustrem w wielu płaszczyznach. Należy podkreślić, że zastosowanie ISM dla rotowania jednego lustra między dwoma osobnymi instrumentami badawczymi jest rozwiązaniem rzadko stosowanym w budowie sond kosmicznych, ze względu na jego znaczny stopień skomplikowania.

Czytaj też: [Dyrektor generalna SENER Polska: Sektor kosmiczny to branża fair play \[Wywiad\]](#)

Nowy rozdział

Kosmiczne obserwatorium rentgenowskie ATHENA będzie wspólnym dziełem naukowców z instytucji badawczych oraz inżynierów z agencji kosmicznych wielu krajów należących do ESA. Nowy teleskop zaoferuje możliwości badawcze i czułość na poziomie stukrotnie wyższym niż dzisiejsze obserwatoria orbitalne lustrujące Wszechświat w zakresie promieniowania X: Chandra oraz X-MM Newton. Moment, kiedy ATHENA rozpocznie swoją misję, otworzy dla badaczy nowy rozdział w historii poznawania gorącego i energetycznego Wszechświata.

Paweł Ziemnicki