



Bociany, Łabędzie i Smoki

► 2

> Andrzej Kotarba

Międzynarodowa Stacja Kosmiczna, podobnie jak mieszkający na jej pokładzie astronauta, potrzebuje zapasów, by mogła istnieć. W jaki sposób i jakimi pojazdami kosmicznymi zaopatrywane jest najniezwyklejsze laboratorium w historii ludzkości?

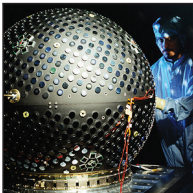


Stacja kosmiczna USA – marzenia i realia

► 14

> David S. F. Portree, tłumaczenie Orland Krzyżanowski

Mieszkać i pracować w kosmosie – spełnieniem tego marzenia są stacje orbitalne. Ich budowa jest kosztowna i ciągnie się latami. Historia stacji kosmicznej USA pokazuje, jak bardzo realia polityczne i ekonomiczne są w stanie wpływać na rozmach marzeń.



Odblaskowe satelity

► 21

> Konrad Antychowicz

Jest kulą, często pozbawioną jakichkolwiek systemów pokładowych, a jej jedyne zadanie to być i odbijać padające na nią światło lasera. Nie, to nie opis dyskotekowej kuli, lecz zaawansowanego satelity naukowego. Czym są i do czego służą odblaskowe satelity?



Polowanie na antymaterię z AMS-02

► 25

> Mariusz Sapiński

By badać promieniowanie kosmiczne fizycy muszą wznieść się ponad atmosferę. Pomaga im w tym AMS-02 – niezwykle instrument zmontowany na stacji kosmicznej. Czym jest AMS i w jaki sposób pomoże szukać antymaterii?



Nocne światła Ziemi

► 29

> Andrzej Kotarba

Gdy zachodzi Słońce, Ziemię okrywa mrok. Ludzkość walczy z nim oświetlając swój świat na dziesiątki różnych sposobów. Sztuczne światła coraz bardziej zaczynają interesować naukowców obserwujących Ziemię z orbity. Dlaczego? Co kryją nocne światła Ziemi?

Akademia: Zasilanie elektryczne sond i satelitów

► 33

Śledzimy pasażerów Vegi

► 34

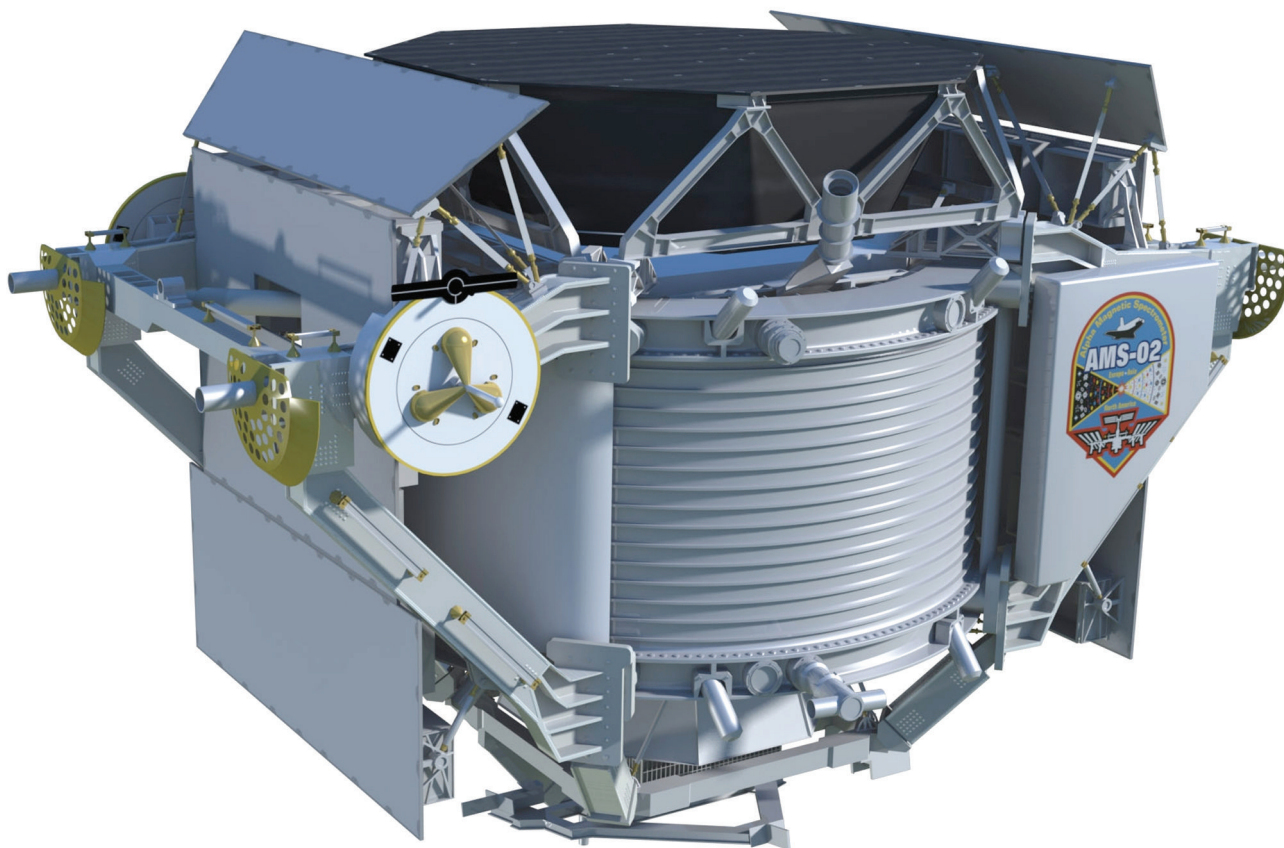
Misje planetarne

► 35

Nowi w kosmosie

► 40

Zi Yuan-3A · VesselSat-2 · Feng Yun-2F · USA-233 · Progress M-14M · Navid · LARES · ALMASat-1 · e-st@r · Goliat · Masat-1 · PW-Sat · Robusta · XaTcobeo · UniCubeSat-GG · SES-4 · Compass-G5 · MUOS-1



▲ Wygenerowany komputerowo obraz detektora Alpha Magnetic Spectrometer-02 (AMS-02). (Rys. NASA).

Polowanie na antymaterię z AMS-02

tekst: dr Mariusz Sapiński, CERN

Najbardziej oczywistym, znanym od zarania dziejów sposobem obserwacji kosmosu jest obserwacja światła dochodzącego do nas z ciał niebieskich, czyli obserwacja w widmie optycznym. W wieku XX rozszerzono zakres obserwacji astronomicznych na praktycznie całe widmo elektromagnetyczne, od fal radiowych aż po wysokoenergetyczne fotony gamma. Jednakże informacje z głębokiego kosmosu docierają na Ziemię także w postaci strumienia cząstek naładowanych zwanych promieniowaniem kosmicznym.

Promieniowanie kosmiczne składa się głównie z protonów (90%), ale też zawiera cząstki alfa (9%) oraz cięższe jądra atomowe oraz antyprotony, pozytrony i elektrony. Cząstki te docierają do ziemskiej atmosfery z odległych rejonów kosmosu. W przeciwieństwie

do światła nie możemy „zobaczyć” źródeł cząstek naładowanych, bowiem oddziałują one z galaktycznymi i pozagalaktycznymi polami magnetycznymi, a te zmieniają kierunki ruchu cząstek, powodując utratę informacji o położeniu źródeł.

Ponad atmosferę

Promieniowanie o najniższej energii nie dociera do powierzchni Ziemi w ogóle, bowiem jest odchylane przez ziemskie pole magnetyczne i zatrzymywane przez atmosferę (najczęściej spędza wcześniej trochę czasu złapane w pułapkę pasów Van Allena). Cząstki promieniowania kosmicznego o energii powyżej kilku gigaelektronowoltów (GeV) uderzają w cząstki gazów atmosferycznych i produkują tzw. pęki atmosferyczne, czyli

kaskady cząstek, z których część, głównie miony, docierają do powierzchni naszej planety. Kosmiczne cząstki są mierzone na powierzchni planety poprzez obserwację tychże mionów oraz poprzez światło, jakie produkują oddziałując z atmosferą (fluorescencja i promieniowanie czerenkowskie). Techniki detekcji jest wiele i wciąż rozwijane są nowe.

Atmosfera jest przeszkodą w badaniu promieniowania kosmicznego, bowiem cząstki pierwotne zaczynają z nią oddziaływać jeszcze zanim zostaną zmierzone. O naturze promieniowania można wnioskować pośrednio, analizując właściwości rezultatów takiego oddziaływania. By uchwycić cząstki jako pierwotne, zanim zdążą oddziaływać z atmosferą naukowcy lokalizują swe obserwatoria wysoko nad poziomem morza (np. eksperyment ARGO w Tybecie), w gondolach balonów stratosferycznych (eksperyment BESS) lub na orbicie okołoziemskiej. Rozważane jest nawet obserwatorium promieniowania kosmicznego zlokalizowane na powierzchni Księżyca.

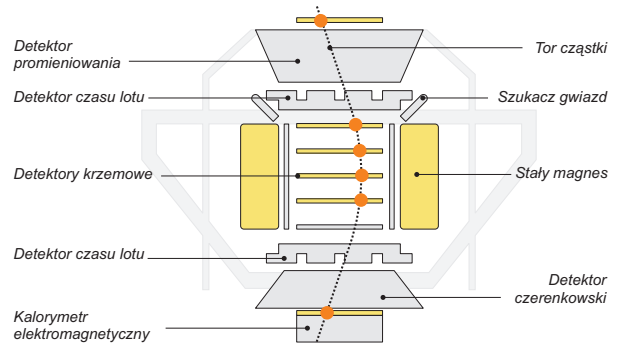
Największym i najnowocześniejszym instrumentem pomiarowym służącym do badania promieniowania kosmicznego z pułapu orbity jest AMS-02 (Alpha Magnetic Spectrometer-02). Jego historia sięga połowy lat 90. ubiegłego wieku, kiedy to profesor Samuel Ting (laureat Nagrody Nobla, do dzisiaj szef AMS-02) szukał dla siebie ciekawego zajęcia po wstrzymaniu przez Amerykański Kongres budowy gigantycznego akceleratora cząstek Superconducting Super Collider (SSC).

AMS po raz pierwszy

2 czerwca 1998 roku o godzinie 22:06 UTC z przylądka Canaveral wystartował amerykański wahadłowiec Discovery. Głównym celem misji, oznaczonej jako STS-91 i dowodzonej przez porucznika Charlsa Precourta, było ostatecznie dokowanie do rosyjskiej stacji kosmicznej Mir, zabranie stamtąd astronauty Andrew Thomasa oraz transport zaopatrzenia i materiałów naukowych.

W tyle ładowni Discovery, oprócz zaopatrzenia dla Mira, znajdował się też prototyp AMS (Alpha Magnetic Spectrometer). „Alpha” odwoływało się do Stacji Kosmicznej Alpha – nazwy, pod jaką znana była wtedy dzisiejsza Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS). AMS-01, jak obecnie określa się spektrometr z 1998 roku, składał się z kilku pracujących równolegle detektorów. Umożliwiały szybkie stwierdzenie obecności cząstki oraz zmierzenie jej prędkości (scyntylatory), toru ruchu (detektory krzemowe) i masy (licznik czerenkowski). Detektory otaczał stały magnes, którego pole zakrzywiało tory cząstek umożliwiając wyznaczenie ich pędów.

W czasie lotu STS-91 wahadłowiec okrążył Ziemię 154 razy, poruszając się na wysokości między 350 a 390 km nad powierzchnią planety. AMS-01 zarejestrował w tym czasie około 100 milionów cząstek, co po analizie pozwoliło uzyskać niezwykle ciekawe wyniki. Przede wszystkim odkryto protony, jądra helu i elektrony, o energiach około 1 GeV – większych niż spodziewano się w zaciśnym wnętrzu magnetosfery. Cząstki te więzione były przez ziemskie pole magnetyczne, podobnie jak w cząstki odleglejszych pasów Van Allena (odkrytych już w 1958 roku).



▲ Schemat budowy AMS-02 (Rys. CERN).

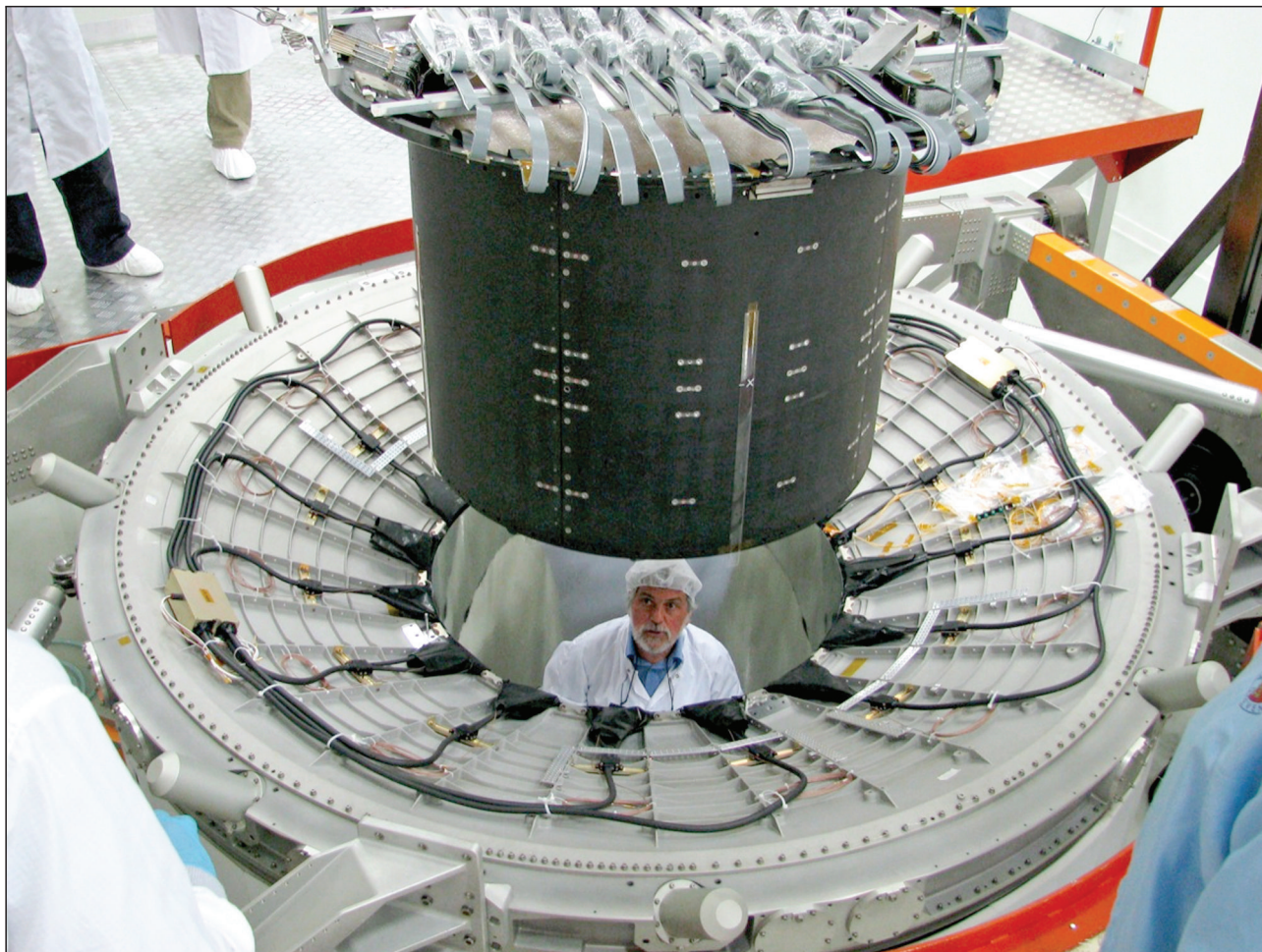
Stwierdzono, iż cząstki zaobserwowane przez AMS-01 to efekt oddziaływania promieniowania kosmicznego z górnymi warstwami atmosfery. Obecnie w literaturze ich skupisko często nazywa się „pasem AMS”. Od słynnych pasów Van Allena różni się on nie tylko odległością od powierzchni Ziemi, ale również składem oraz średnim czasem przebywania cząstek w pasie: w przypadku pasa AMS mówimy o kilku-kilkunastu sekundach, podczas gdy pasy Van Allena więżą cząstki miesiącami.

Czas niepewności

Udana misja STS-91 udowodniła, że technologie użyte przy konstrukcji AMS zadziałały zgodnie z oczekiwaniami. Dawało to zielone światło dla prac nad zaawansowaną wersją detektora, przewidzianą dla ISS.

23 marca 2001 roku Mir zostaje zdeorbitowany. Części stacji, które nie uległy spaleniowi w atmosferze, toną w odmętach Pacyfiku. Rozpoczyna się era Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Historia budowy ISS jest długa i obfituje w dramatyczne momenty, z których najtragicznym była niewątpliwie katastrofa promu Columbia w 2003 roku. Wraz z nią przyszłość wielu misji – w tym AMS – zawisała na włosku.

Historia powstawania samego spektrometru również napotykała na trudne chwile. Na pewnym etapie prace ze współfinansowania projektu wycofała się NASA



▲ Integracja AMS-02 w laboratoriach CERN. Czarny walec mieści krzemowe detektory ruchu cząstek. (Fot. CERN).

i dopiero lobbying w Kongresie USA przywrócił AMS do kalendarza lotów. Na kilka miesięcy przed wyniesieniem spektrometru na orbitę zdecydowano o uproszczeniu konstrukcji: rezygnacji z nadprzewodzącego magnesu i zastąpieniu go stałym magnesem z AMS-01. Ponieważ nastąpiło to krótko przed startem, zmiana przysporzyła inżynierom niewiarygodnie dużo pracy i stresu.

AMS-02 poleciał w kosmos 16 maja 2011 roku w ładowni promu Endeavour. Misję oznaczono STS-134 i był to ostatni w historii lot promu Endeavour, przedostatni lot w programie wahadłowców w ogóle. W skład załogi weszli: kapitan Mark Kelly i pilot Gregory H. Johnson oraz specjaliści misji: Michael Fincke, Greg Chamitoff, Andrew Feustel i Roberto Vittori. (Więcej o tej misji przeczytasz w 15 numerze AstroNautilus).

AMS po raz drugi

Dzięki zamianie magnesu nadprzewodzącego na stały, AMS-02 będzie zbierać dane przez kilka (może kilka-

naście) lat, a nie 3 lata, jak pierwotnie planowano. Nic za darmo: wydłużenie czasu obserwacji odbyło się kosztem czułości urządzenia, bowiem natężenie pola magnetycznego magnesu stałego jest siedem razy mniejsze, niż magnesu nadprzewodzącego.

Całkowita masa urządzenia wynosi przeszło sześć ton, a więc jest ponad trzy razy większa, niż masa AMS-01. Zasadnicza budowa detektora jest podobna jak wersji z 1998 roku, jednakże dodano wiele nowych elementów. Jednym z nich jest detektor promieniowania przejścia, wspomagający wykrywanie wysokoenergetycznych cząstek naładowanych. Nowością jest także niewielki kalorymetr elektromagnetyczny do pomiaru energii elektronów i fotonów. Pozostałe detektory przebudowano, zwiększając np. powierzchnię detektorów krzemowych z dwóch do siedmiu metrów kwadratowych.

Program badań fizycznych AMS-02 jest bardzo bogaty. Podstawowym celem pozostaje poszukiwanie antymaterii w promieniowaniu kosmicznym. Obecne teo-



▲ AMS-02 po osiągnięciu orbity i zainstalowaniu na stacji kosmicznej. Pełna gotowość do pracy. (Fot. NASA).

rie fizyczne wskazują, iż antymaterii we Wszechświecie powinno być sporo, tymczasem nie udało się dotąd jej zaobserwować. Zatem albo nasze teorie dotyczące powstania Wszechświata nie są słuszne, albo antymateria ukryła się gdzieś daleko od nas, w postaci odległych antygalaktyk. Jeśli takie antygalaktyki istnieją, to spodziewamy się, że strumień antymaterii w pobliżu Ziemi (choć niewielki) powinien być możliwy do zmierzenia.

AMS-01 nie znalazł ani jednego jądra antyhelu. AMS-02 będzie miał nieco łatwiej – jego czułość na antyhel jest kilkaset razy większa, niż u poprzednika. Eksperyment jest tak zaprojektowany, aby prawidłowo zmierzyć nawet jedno jądro antyhelu w przeciągu kilku lat obserwacji (pomijalnie małe tło).

Czekając na kaskadę odkryć

Oprócz antyhelu AMS-02 będzie też mierzył strumień innych cząstek naładowanych: protonów, elektronów, pozytronów, deuteronów i cięższych jąder. W wielu przypadkach będą to najdokładniejsze pomiary, jakie kiedykolwiek wykonano. Pozwolą na ustalenie skła-

du i widma promieniowania kosmicznego z nieporównywalną precyzją. Współczesne teorie przewidują, że w widmie będzie można dostrzec ślady anihilacji Ciemnej Materii. Na przykład dane zebrane przez detektor Pamela (wyszlony w 2006, około 300 razy mniejszy niż AMS) wskazują na nadmiar pozytronów o energiach 10-60 GeV, który można wyjaśnić obecnością Supersymetrycznej Ciemnej Materii.

Jak na razie detektor działa poprawnie, dostarczając ogromnych ilości danych (około 2000 cząstek na sekundę) i fizycy, którzy długo czekali na te żniwa, zacierają ręce. Już kilka miliardów cząstek zostało zarejestrowanych i zmierzonych. Pierwsze publikacje i prezentacje na konferencjach spodziewane są w 2012 roku. Może to być bardzo ciekawy rok dla fizyki promieniowania kosmicznego, a być może dla całej nauki o Wszechświecie. □

Dr Mariusz Sapiński w latach 2002-2006 pracował w projekcie Alpha Magnetic Spectrometer, badając potencjał eksperymentu w zakresie detekcji ciemnej materii.