

Chandra – najnowszy teleskop rentgenowski

Tomasz KWAŚT

Dziś wiemy, że obiekty Wszechświata – z małymi wyjątkami – emitują energię we wszystkich zakresach promieniowania elektromagnetycznego, choć, oczywiście, nie zawsze jak ciało doskonale czarne. Świecą więc też w zakresie rentgenowskim, a na mocy poprzedniego zdania niebo w zakresie X może wyglądać całkiem inaczej niż w zakresie optycznym. Sprawa warta jest więc zbadania. Początek astronomii rentgenowskiej przypada na rok 1962 – wtedy czujniki umieszczone na raketach po raz pierwszy zarejestrowały promieniowanie X pochodzące spoza Układu Słonecznego (o tym, że Słońce jest źródłem m.in. promieniowania X, wiadano wcześniej), a rentgenowskie obrazy samego Słońca długo jeszcze otrzymywano za pomocą urządzenia typu *camera obscura*. Przez 40 lat sprawa posunęła się jednak wyraźnie naprzód.

Aby lustro teleskopu dawało obrazy zadowalającej jakości, jego powierzchnia nie może odbiegać od zadanego kształtu paraboloidalnego bardziej niż o ułamek fali świetlnej, na jakiej teleskop ma pracować. W praktyce poleruje się lustra z dokładnością nie gorszą niż do 1/10 fali i na potrzeby teleskopów optycznych technologia ta jest w pełni opanowana. W teleskopie rentgenowskim obraz powstaje w zasadzie tak samo, ale z dodatkowymi kłopotami, które nietrudno przewidzieć.

Po pierwsze, promieniowanie rentgenowskie chętniej przeniknęłoby przez lustro, niż odbiło się od niego. Aby uzyskać jednak odbicie, wiązkę promieniowania należy skierować niemal stycznie do powierzchni odbijającej, zatem lustrem rentgenowskim może być pierścień wycięty z paraboloidy daleko od jej wierzchołka. Skupiającą się po odbiciu wiązkę promieniowania ze względów praktycznych skupia się jeszcze bardziej, wykorzystując „prawie styczne” odbicie od odpowiednio dobranej hiperboloidy. Taki bowiem kształt zapewnia, że wiązka zbiegająca się w jednym z ognisk hiperboloidy skupi się po odbiciu w drugim jej ognisku, a więc też w punkcie. Po drugie, wypolerować lustro optyczne z dokładnością do 1/10 długości fali może nawet amator (długość fali około $0,5 \mu\text{m} = 500 \text{ nm}$), jest to natomiast bardzo trudne dla fali rentgenowskiej (np. $2 \text{ \AA} = 0,2 \text{ nm}$). Niedokładność obróbki lustra rzędu 10 \AA , a więc absolutnie niedostrzegalna w świetle optycznym, jest górną granicą dla promieniowania X. Po trzecie, obiektyw rentgenowski w postaci paraboloidalnego pierścienia ma cały środek pusty, bo zbiera promieniowanie tylko swoim brzegiem. Żeby więc wykorzystać przestrzeń, wewnątrz paraboloidalnego pierścienia umieszcza się współosiowo kilka pierścieni innych paraboloid – tak dobranych, by ogniska ich wszystkich pokrywały się (tak samo oczywiście z hiperboloidami). Rzecz jasna, współosiowość i współogniskowość odbijających powierzchni musi być uzyskana z ogromną dokładnością. Wreszcie po czwarte, cały teleskop musi się znaleźć poza ziemską atmosferą, która – wobec swojej grubości – dla promieniowania rentgenowskiego jest nieprzezroczysta.

Jak widać, uruchomienie teleskopu rentgenowskiego jest przedsięwzięciem trudnym technicznie, a więc także kosztownym. Pierwszym satelitą rentgenowskim był Uhuru (wystrzelony w 1970 r.), który wykonał przegląd całego nieba, mając rozdzielczość gorszą niż nieuzbrojone oko. Osiem lat później satelita Einstein obserwował niebo już z rozdzielczością, jaką mają małe teleskopy optyczne. Kolejny, Rosat (1990), przy średnicy obiektywu 84 cm i ogniskowej 240 cm miał rozdzielczość rzędu $5''$. Wreszcie pod koniec lipca 1999 r. za pomocą promu Columbia umieszczony został na orbicie okołozemskiej najnowszy teleskop rentgenowski nazwany w pierwotnie banalnie AXAF (od *Advanced X-ray Astrophysics Facility*), którą to nazwę wkrótce zmieniono na Chandra, na cześć Subrahmanyana Chandrasekhara (1910–1995), wybitnego teoretyka zajmującego się budową wewnętrzną gwiazd i dynamiką gwiazdową, laureata Nagrody Nobla z 1983 r.



Chandra jest urządzeniem o masie 4620 kg, długości 14 m i rozpiętości skrzydeł baterii słonecznych 20 m. Jego obiektyw ma średnicę 1,2 m i ogniskową 10 m. Składa się z czterech współosiowych fragmentów paraboloid i czterech hiperboloid z irydowymi powierzchniami odbijającymi. Przy takich rozmiarach i precyzji wykonania jego rozdzielczość wynosi pół sekundy łuku. Satelita został wprowadzony na silnie eliptyczną orbitę, która w perygeum przebiega 10 000 km nad Ziemią, w apogeum zaś osiąga 140 000 km. Czas obiegu orbity wynosi 64,2 h. Dzięki tak dużej odległości w apogeum (w pobliżu którego satelita spędza większość czasu) Ziemia przesłania znikomy fragment nieba (bo średnica jej tarczy widzianej z apogeum nie przekracza 5°), a to z kolei umożliwia sprawne kierowanie teleskopu w rozmaitych kierunkach.

Jakakolwiek dotychczasowa spektroskopia rentgenowska była w istocie szerokopasmową fotometrią w różnych zakresach, wybieranych przez ustawianie na drodze promieniowania różnych filtrów. Chandra jest pierwszym teleskopem rentgenowskim wyposażonym w transmisyjne siatki dyfrakcyjne, dzięki czemu możliwe stało się otrzymywanie autentycznych widm rentgenowskich z całym bogactwem linii. Aparatura pozwala na badanie promieniowania X w zakresie od 1 do 200 Å, czemu odpowiada zakres energii kwantów od 10 do 0,07 keV. W pobliżu energii 1 keV rozdzielczość widmowa pozwala na rozróżnienie kwantów o energiach różniących się o 1 eV.

Chyba nikt nie spodziewa się, że Chandra wykona obserwacje wywracające nasze szeroko pojęte „poglądy na świat”, podobnie jak nikt nie oczekiwał tego od Teleskopu Hubble’a. Niewątpliwie jednak Chandra stał się tym w astronomii rentgenowskiej, czym Teleskop Hubble’a w astronomii optycznej, mimo że od 2000 r. ma już dwóch towarzyszy „po fachu”: XMM (*X-ray Multimirror Mission*) oraz Astro E. Ich systematyczna praca właściwie dopiero się zaczęła.

Nieustający konkurs Wirtualnego Wszechświata i Delty!

Rozwiąż lipcowe (tak, lipcowe) zadanie z myszką i wygraj książkę z Wydawnictwa Prószyński i S-ka.

Więcej informacji:

<http://www.wiw.pl/delta/konkurs>



Zadania

Redaguje Łukasz WIECHECKI

M 991. Udowodnić, że jeśli pewien prostokąt można pokryć 100 kołami o promieniu 2, to można go również pokryć 400 kołami o promieniu 1. Rozwiązanie na str. 7

M 992. Udowodnić, że jeśli pewien trójkąt można pokryć 100 kołami o promieniu 2, to można go pokryć również 400 kołami o promieniu 1. Rozwiązanie na str. 7

M 993. Udowodnić, że jeśli 1000 kół o promieniu r wystarczy do pokrycia trójkąta o bokach 1, 2 i $\sqrt{5}$, to wystarczy też 5000 kół o promieniu $\frac{r}{\sqrt{5}}$. Rozwiązanie na str. 7

Redaguje Ewa CZUCHRY

F 573. Mamy zbiornik o przekroju poprzecznym S , wypełniony gazem o gęstości ρ i ciśnieniu p . Znaleźć prędkość v_0 ucieczki gazu przez wykonany w podstawie zbiornika otwór o przekroju S_0 . Pominąć zmiany ciśnienia gazu wraz z wysokością. Rozwiązanie na str. 16

F 574. Niech zbiornik z poprzedniego zadania będzie dyszą rakiety. Zakładając ciągłość przepływu masy przez zbiornik, wyznaczyć siłę ciągu rakiety. Rozwiązanie na str. 16