

# Błyski gamma

Zagadka najpotężniejszych wybuchów  
we Wszechświecie jest bliska rozwiązania

Gerald J. Fishman i Dieter H. Hartmann

Mniej więcej trzy razy dziennie nasze niebo rozświetlają potężne błyski promieni gamma, niedostrzegalne ludzkim wzrokiem, jednakże wykrywalne przez instrumenty astronomiczne. Źródła tego promieniowania prawdopodobnie w ciągu sekund lub minut wyświecają więcej energii niż Słońce w 10 mld lat, a więc w czasie całego swojego życia. Pytania: Gdzie znajdują się źródła tych błysków? W jaki sposób zgromadzić tak ogromną energię? – są zagadką, którą astronomowie próbują rozwiązać już od 30 lat. Zjawiska te stanowią jednak trudny orzech do zgryzienia. Błyski pojawiają się na niebie nieoczekiwanie i znikają, nie pozostawiając jak dotąd żadnych wykrywalnych śladów.

Poszczęściło się nam 28 lutego br. Jeden z takich błysków, trwający około 80 s, został wykryty przez włosko-hollandzkiego satelitę *Beppo-SAX*. Monitor promieni gamma ustalił z dokładnością do kilku minut łuku miejsce na niebie, gdzie pojawił się ów błysk (nazwany po prostu GRB 970228) w konstelacji Oriona mniej więcej w połowie odległości pomiędzy gwiazdami Alpha Tauri i Gamma Orionis. W ciągu ośmiu godzin obsługa satelity w Rzymie obróciła go tak, że można było obserwować ten sam obszar nieba teleskopem rentgenowskim. Wykryto tam gasnące źródło promieni rentgenowskich (fal elektromagnetycznych o energii nieco niższej niż promienie gamma) i udało

się wyznaczyć jego pozycję z dokładnością do jednej minuty łuku.

Nigdy dotychczas nie zlokalizowano błysku gamma tak szybko i na dodatek z tak dużą dokładnością, umożliwiającą poszukiwania potężnym teleskopom optycznym o polu widzenia wielkości paru sekund łuku. Na Wyspach Kanaryjskich grupa astronomów pod kierownictwem Jana van Paradijsa z Uniwersytetu w Amsterdamie i University of Alabama w Huntsville dowiedziała się o tym odkryciu pocztą elektroniczną. W tym czasie prowadzili oni obserwacje miejsc pochodzenia innych błysków za pomocą 4.2-metrowego teleskopu im. Williama Herschela. Zrobili oni zdjęcie obszaru nieba, skąd pochodził GRB 970228 zaledwie w 21 godzin po samym błysku. Osiem dni później powtórzyli obserwację i zauważyli, że jedna plamka zniknęła w porównaniu z poprzednią fotografią [ilustracja na stronie 39].

Ale na tym nie koniec. 13 marca New Technology Telescope (NTT) w La Silla w Chile przeprowadził długą obserwację tejże plamki i znalazł rozciąglą, nieregularną chmurkę. *Kosmiczny Teleskop Hubble'a* pokazał zaś, że składa się ona z jasnego źródła punktowego na tle nieco wydłużonej otoczki. Wielu naukowców sądzi, że jest to galaktyka, lecz w czasie pisania tego artykułu obiekt nie został jeszcze zidentyfikowany.

Jeśli byłaby to rzeczywiście galaktyka, jak wymagają bieżące teorie, musiałaby się znajdować w najdalszych za-

kątkach obserwowalnej przestrzeni. Znaczyłoby to, że błyski gamma związane są z najsilniejszymi wybuchami we Wszechświecie.

## Nie spełnione oczekiwania

Dla naukowców badających błyski gamma to odkrycie jest przysłowiowym „otarciem łez” po dwóch niedawnych porażkach. W listopadzie 1996 *High Energy Transient Explorer (HETE)*, satelita wyposażony w instrumenty do bardzo dokładnej lokalizacji błysków gamma, nie oddzielił się od rakiety, która wyniosła go na orbitę. Wkrótce potem w grudniu 1996 rosyjska sonda *Mars 96* wyposażona w kilka detektorów promieni gamma spadła do Pacyfiku po awarii rakiety nośnej. Te misje stanowiły część kampanii poszukującej źródeł błysków gamma. Spośród nowych satelitów wyposażonych w instrumenty do detekcji promieni gamma udało się jedynie *Beppo-SAX* (eksperymentem tym kierują Luigi Piro, Enrico Costa i John Heise), którego start nastąpił 20 kwietnia 1996.

**BŁYSK PROMIENIOWANIA** z głębin kosmosu pada na Ziemię i na detektory satelity *Beppo-SAX*. Mimo jego wielkiego natężenia nie można go zobaczyć, ponieważ jest zbyt wysokiej częstotliwości. Teleskopy skierowane w miejsce niedawnego błysku GRB 970228 wykryły poświatę w zakresie widzialnym, która utrzymywała się na niebie przez kilka tygodni.

Błyski gamma zostały odkryte przypadkowo w końcu lat sześćdziesiątych przez satelity serii *Vela* amerykańskiego Departamentu Obrony. Miały one za zadanie wykryć radzieckie tajne wybuchy nuklearne w przestrzeni kosmicznej – być może nawet ukryte po drugiej stronie Księżyca. Znalazły jednak błyski promieniowania pochodzenia pozaziemskiego. Po kilku latach analiz danych, w 1973 roku, naukowcy doszli do wniosku, że odkryli nowe zjawisko.

Wkrótce detektory umieszczone na innych statkach kosmicznych potwierdziły istnienie takich błysków. Te wstępne obserwacje pociągnęły za sobą lawinę spekulacji na temat pochodzenia błysków gamma; brano pod uwagę czarne dziury, supernowe czy też gęste i ciemne pozostałości gwiazdowe zwane gwiazdami neutronowymi. Zarówno wtedy, jak i teraz istniało wiele znaków zapytania. Nikt nie wiedział, czy

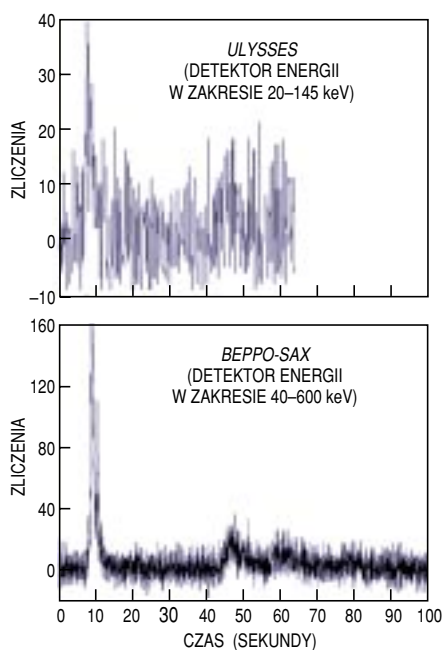
błyski znajdują się w odległości „zaledwie” stu, czy też kilku miliardów lat świetlnych. W konsekwencji można było tylko zgadywać, jak duża energia jest z nimi związana.

W połowie lat osiemdziesiątych naukowcy byli zgodni, że błyski gamma pochodzą z niedalekich gwiazd neutronowych w naszej Galaktyce. Teoretyków zaintrygowały zwłaszcza ciemne linie w widmach (widmo to promieniowanie rozłożone na poszczególne długości fali, jak np. światło widzialne rozszczepione przez pryzmat) niektórych błysków wskazujących na obecność silnych pól magnetycznych. Postulowano, że promienie gamma produkowane są przez elektrony rozpędzane do prędkości relatywistycznych, kiedy linie pola magnetycznego gwiazdy neutronowej się łączą. Podobne zjawisko, choć na mniejszą skalę, prowadzi do turbulencji słonecznych.

W kwietniu 1991 roku prom kosmiczny *Atlantis* wyniósł na orbitę *Compton Gamma Ray Observatory*, na pokładzie którego znajdował się Burst and Transient Source Experiment (BATSE). Już po roku BATSE rozczarował wszystkich oczekujących na szybkie rozwiązanie zagadki. Rozkład błysków gamma na niebie nie pokrywał się z Drogą Mleczną ani też błyski nie były związane z bliskimi galaktykami lub grupami galaktyk. W zamian za to były one rozmieszczone izotropowo, to znaczy po równo z każdego kierunku na niebie. Teoretycy napędzanie dostosowali do tego model galaktyczny: teraz błyski miały pochodzić z wielkiego sferycznego halo wokół naszej Galaktyki.

Jedyny problem takiej hipotezy polega na tym, że Ziemia leży na peryferiach naszej Galaktyki, mniej więcej 30 000 lat świetlnych od jej centrum. Jeżeli znaleźlibyśmy się w pobliżu środka galaktycz-





nego halo, musiałyby ono mieć ogromne rozmiary – jego promień wynosiłby co najmniej 600 000 lat świetlnych. Gdyby tak było, to wówczas halo Andromedy – naszej sąsiedniej galaktyki – byłoby równie rozciągnięte i powinno pojawić się w rozkładzie błysków na niebie. Jednakże tak się nie stało. (W specjalnych modelach, w których błyski są skolimowane w kierunku ruchu gwiazd neutronowych, ten problem nie istnieje.)

Ta jednorodność (izotropia) przekonała większość astrofizyków, że błyski dochodzą do nas z odległości kosmolo-

**KRZYWA BLASKU BŁYSKU GRB 970228, zmierzona przez satelity *Ulysses* i *Bepo-SAX*, charakteryzuje się krótkim i jasnym pulsem promieni gamma.**

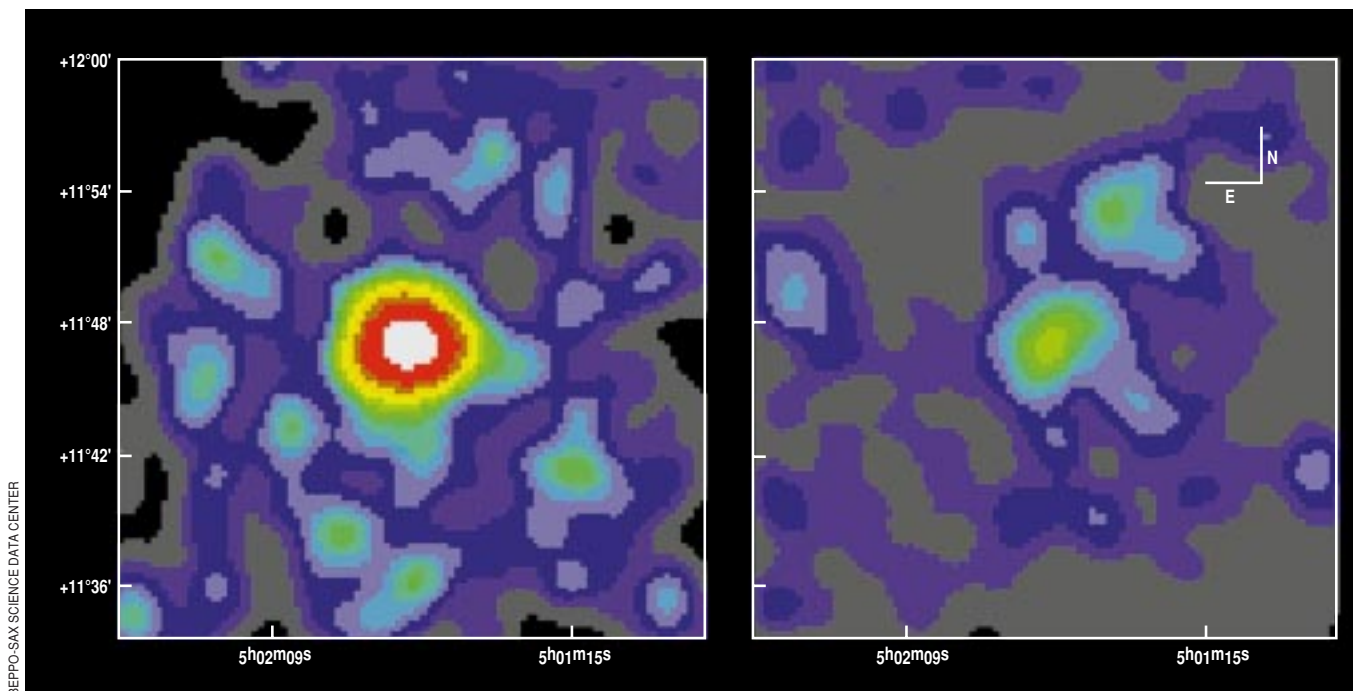
gicznych, czyli mniej więcej 3–10 mld lat świetlnych. Na takich odległościach błyski powinny wykazywać efekty związane z rozszerzaniem Wszechświata. Bardzo odległe galaktyki oddalają się od nas z dużymi prędkościami; wiemy o tym, ponieważ wysyłane przez nie światło przesunięte jest ku czerwieni, czyli ku niższym częstotliwościom. Podobnie błyski gamma powinny pokazać przesunięcie ku czerwieni, a także wydłużenie czasu ich trwania.

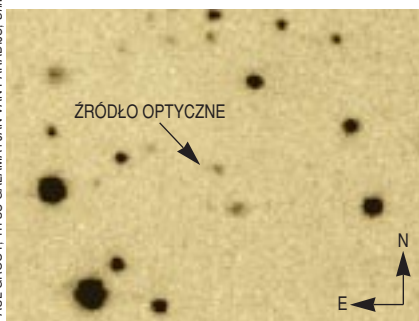
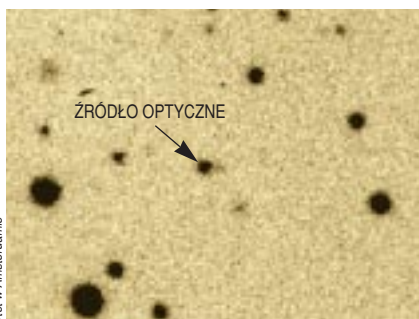
Niestety, BATSE nie dostrzegł w widmach błysków gamma jasnych lub ciemnych linii odpowiadających poszczególnym pierwiastkom. (Nie stwierdził też ciemnych linii znalezionych przez wcześniejsze satelity.) W kwietniu astronomowie uzyskali widmo poświaty po GRB 970228 za pomocą Teleskopu Kecka na Hawajach. Jest ono gładkie, stosunkowo czerwone i nie zawiera żadnych charakterystycznych linii. Jednakże Jay Norris z NASA Goddard Space Flight Center i Robert Mallozzi z University of Alabama w Huntsville przeprowadzili analizę statystyczną obserwowanych błysków, z której wynika, że najbliższe, a jednocześnie najdalsze błyski wykazują zarówno przesunięcie ku czerwieni, jak i trwają dłużej niż jasne, czyli bliskie, błyski. Istnieją jednak inne (kontrowersyjne) wyjaśnienia tych analiz.

Cecha charakterystyczna błysków, która najbardziej utrudnia ich wyjaśnienie, to wielka różnorodność. Błysk może trwać od 30 ms do prawie 1000 s; w jednym przypadku trwał nawet 1.6 godz. Jedne błyski odznaczają się krótkimi pulsami, pomiędzy którymi nie stwierdza się żadnej wykrywalnej emisji, natomiast inne mają gładkie krzywe blasku. Równie skomplikowane są ich widma, w gruncie rzeczy kolory, choć niewidoczne dla oka. Większość energii w błysku zawarta jest w widmie pomiędzy stoma tysiącami a milionem elektronowoltów, co wskazuje, że mamy do czynienia z bardzo gorącym źródłem. (Fotony w zakresie optycznym, głównie emitowane przez Słońce, mają energię kilku elektronowoltów.) Niektóre błyski ewoluują z czasem ku niższym częstotliwościom, jak w promieniach rentgenowskich. Mimo że taki ogon rentgenowski niesie mało energii, to jednak zawiera bardzo dużo fotonów.

Jeżeli błyski pochodzą z odległości kosmologicznych, to ich energia musi wynosić około  $10^{51}$  ergów. (Potrzeba około 1000 ergów, aby podnieść jeden gram na wysokość jednego centymetra.) Taka energia musi być wyemitowana w ciągu nie więcej niż kilku sekund

**ZDJĘCIE POŚWIATY BŁYSKU w promieniach rentgenowskich wykonane przez *Bepo-SAX* 28 lutego br. (z lewej) pomogło zlokalizować go z dokładnością do paru minut łuku, co pozwoliło na poszukiwania za pomocą teleskopów naziemnych. Źródło było znacznie słabsze 3 marca (z prawej).**





w bardzo małej objętości – około kilkudziesięciu kilometrów. Wydaje się, że mamy do czynienia z kulą ogniową.

### Kosmiczna katastrofa

Jak można wyobrazić sobie okoliczności, w których powstaje odpowiednio energetyczna kula ognista? Większość teoretyków opowiada się za scenariuszem, w którym kolapsuje układ podwójny gwiazd neutronowych [patrz: Tsvi Piran, „Podwójne gwiazdy neutronowe”; *Świat Nauki*, lipiec 1995]. W takich układach energia wiązania wydzielana jest w postaci promieniowania grawitacyjnego. W rezultacie gwiazdy poruszają się po spiralach i w końcu łączą się, tworząc czarną dziurę. Teoretycy oceniają, że wydarzenie takie w typowej galaktyce następuje mniej więcej raz na od dziesięciu do stu milionów lat. W przestrzeni obserwowanej przez BATSE znajduje się około 10 mld galaktyk; daje to mniej więcej 1000 błysków rocznie na niebie, co zgadza się z obserwacjami.

W innych wariantach tego scenariusza gwiazda neutronowa, zwykła gwiazda lub też biały karzeł zderza się z czarną dziurą. Szczegóły takich kolizji są przedmiotem intensywnych badań. Niemniej jednak teoretycy są zgodni, że zanim dwie gwiazdy neutronowe utworzą czarną dziurę, wydziela energię wielkości aż  $10^{53}$  ergów. Energia ta emitowana jest w postaci neutronów i antyneutronów, które jakoś muszą wyprodukować promienie gamma. Wymaga to łańcucha reakcji; neutrino zderza się z antyneutronami, tworząc pary elektronowo-pozytonowe, te z kolei anihilują,

ZDJĘCIA OPTYCZNE obszaru błysku wykonane przez teleskop im. Williama Herschela na Wyspach Kanaryjskich 28 lutego (u góry) i 8 marca (na dole). Jednego z punkcików widocznego na górnym zdjęciu nie ma na dolnym.

tworząc fotony. Niestety, taki proces jest bardzo mało wydajny i symulacje świadczą, że nie powstaje w ten sposób wystarczająca ilość fotonów.

Sytuacja się pogarsza, jeśli w kuli ognistej znajdzie się za dużo ciężkich cząstek, takich jak protony, ponieważ zmniejsza to energię promieni gamma. Należy oczekiwać takiego „zanieczyszczenia” protonami, ponieważ w wyniku kolizji gwiazd neutronowych wydzielają się multum cząstek. Cała energia jest zamieniana na energię kinetyczną protonów i niewiele pozostaje na promieniowanie. Wyjście z tego dylematu zaproponowali Peter Mészáros z Pennsylvania State University i Martin J. Rees z University of Cambridge. Rozszerzająca się kula ognista – w gruncie rzeczy gorące protony – uderza w sąsiadujące gazy, tworząc falę uderzeniową, a elektrony przyspieszane przez pola elektromagnetyczne w takiej fali emitują promienie gamma.

Powyższy scenariusz może zawierać urozmaicenia: tzw. wewnętrzne fale uderzeniowe, które pojawiają się, gdy poszczególne fragmenty kuli ognistej zderzają się ze sobą z prędkościami relatywistycznymi, wytwarzając promienie gamma. Oba modele przewidują, że po błysku nastąpi długa poświata w promieniach rentgenowskich i w świetle widzialnym. W szczególności Mario Vietri z Obserwatorium Astronomicznego w Rzymie przewidział wykrywalną poświatę w promieniach rentgenowskich trwającą miesiąc po błysku, a także stwierdził, że taka poświata się nie pojawia, jeśli błyski pochodzą z galaktycznego halo. GRB 970228 potwierdził te przewidywania. Jednakże nadal pozostają nie wyjaśnione pewne problemy: kolizja obiektów w układzie podwójnym następuje tylko raz, co nie tłumaczy niektórych długich błysków. Na przykład w zeszłym roku BATSE zaobserwował błysk trwający 1100 s, który na dodatek prawdopodobnie powtórzył się po dwóch dniach.

Istnieją też inne sposoby uzyskania promieni gamma. Nir Shaviv i Arnon

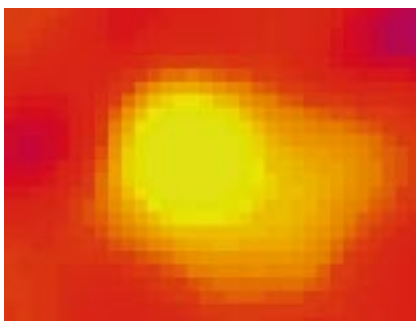
**GŁĘBOKIE ZDJĘCIA** optycznej poświaty po GRB 970228 wykonane przez *Kosmiczny Teleskop Hubble’a*. Poświata (blisko środka górnego zdjęcia), ma w tle słabą wydłużoną chmurkę, będącą być może galaktyką, w której wydarzył się błysk.

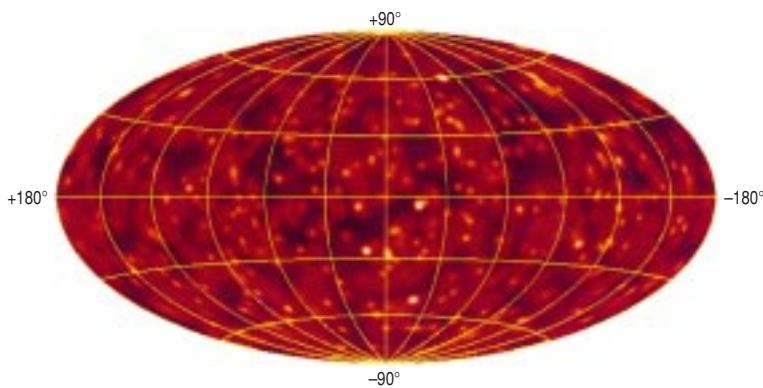
Dar z Izraelskiego Instytutu Technologicznego w Hajfie zaproponowali model z kulą ogniową o nieznanym pochodzeniu, ale zawierającą metale ciężkie. Gorące jony żelaza lub niklu mogłyby wyemitować wówczas promienie gamma w wyniku oddziaływania ze światłem pobliskich gwiazd. Symulacje pokazały, że krzywe blasku takich błysków są bardzo podobne do obserwowanych, jednakże istnienie kuli ogniowej złożonej z metali ciężkich wydaje się mało prawdopodobne.

Kolejny popularny model wykorzystuje potężne pola magnetyczne przypominające ogromne dynama, które napędzają środki galaktyk. Teoretycy postulują, że kolizja dwóch gwiazd dowolnego typu dałaby nie kulę ognistą, lecz czarną dziurę otoczoną grubym wirującym dyskiem z pozostałości gwiazdowych. Taki dysk istniałby bardzo krótko, ale pola magnetyczne byłyby w nim ogromne, nawet  $10^{15}$  razy wyższe niż ziemskie. W podobny sposób jak w zwykłym dynamie pole to zamieniałoby energię rotacji w dwa wypływy wzdłuż osi rotacji.

We wnętrzach takich wypływów (obszarach najbliższych osi obrotu) nie byłoby protonów. Relatywistyczne elektrony mogłyby więc wytworzyć skupione, intensywne pulsy promieni gamma. Mimo że jest jeszcze wiele szczegółów do rozpracowania, większość modeli wskazuje na to, że zderzenia gwiazd są na pierwszym miejscu w kolejce do wyjaśnienia błysków gamma.

Błyski gamma są tematem około 2500 artykułów naukowych; mniej więcej jed-





ROZKŁAD BŁYSKÓW GAMMA NA NIEBIE zmierzony przez Burst and Transient Source Experiment (BATSE) nie wykazuje korelacji z Drogą Mleczną (linia pozioma wzdłuż równika). BATSE znajduje się na pokładzie *Compton Gamma Ray Observatory*, tu pokazanym podczas umieszczania na orbicie (na zdjęciu z prawej).

na publikację przypada na każdy zarejestrowany błysk. Ich krótkotrwałość utrudnia prowadzenie obserwacji wieloma instrumentami, a znikomość danych obserwacyjnych prowadzi zwykle do mnogości teorii.

Jeśli któryś z satelitów zaobserwowałby soczewkowany błysk, to wówczas wiedzielibyśmy, że błyski występują na odległościach kosmologicznych. Mogłoby to się wydarzyć, gdyby jakaś galaktyka lub inne masywne ciało stało się soczewką grawitacyjną i zakrzywiło promienie gamma z błysku. Jeśli światło z odległej gwiazdy jest ogniskowane w ten sposób, to widzimy jej wiele obrazów ułożonych w postaci łuków wokół soczewki. Istniejące obecnie detektory nie są w stanie zlokalizować kierunku pochodzenia promieni gamma z tak dużą dokładnością.

Ponadto błyski to nie stałe źródła światła jak gwiazdy. Soczewkowany błysk dostrzegliśmy jako dwa błyski z tego samego miejsca na niebie, o identycznych widmach i krzywych blasku, ale o różnych natężeniach i w różnych odstępach czasu. Różnica w czasie detekcji byłaby związana z różnicą długości dróg optycznych przez soczewkę dla poszczególnych promieni.



AUTOMATYCZNE TELESKOPY na wzgórzu w pobliżu Lawrence Livermore National Laboratory poszukują błysków w ciągu sekund od ich zlokalizowania przez BATSE.

Potrzebne są obserwacje innego rodzaju promieniowania w czasie błysków, aby dokładniej określić ich pochodzenie. Jeszcze lepiej byłoby zidentyfikować samo źródło. Do czasu przypadkowej obserwacji GRB 970228, którego poświata trwała wystarczająco długo, aby móc ją zobaczyć, takie identyfikacje były bardzo niepewne. W celu znalezienia kolejnego źródła trzeba będzie bardzo dokładnie i szybko lokalizować błyski.

#### W oczekiwaniu na błyski

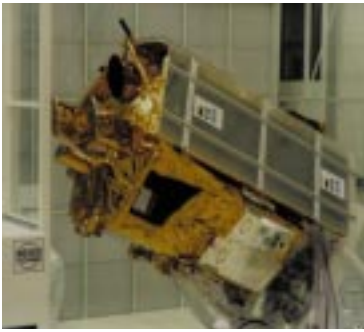
Już od wczesnych lat siedemdziesiątych Kevin Hurley z University of California w Berkeley i Thomas Cline z NASA Goddard Space Flight Center pracują nad utrzymaniem „międzyplanetarnej sieci” instrumentów gamma. Starają się oni zainstalować detektor promieni gamma na pokładzie każdego satelity, jeśli jest to tylko możliwe, lub też wysłać wyspecjalizowane sondy. Ich pomysł polega na tym, aby uzyskać pozycję z dokładnością do sekund łuku poprzez porównanie czasu przybycia błysku do satelitów znajdujących się w znacznych odległościach od siebie. Z roku na rok sieć ta wygląda lepiej lub gorzej w zależności od liczby satelitów biorących udział w tym programie, a także odległości pomiędzy nimi. W chwili obecnej jest pięć instrumentów: BATSE, *Beppo-SAX* i satelita wojskowy *DMSP*, wszystkie krążą wokół Ziemi; *Ulysses* wysoko ponad płaszczyzną Układu Słonecznego i *Wind* na orbicie słonecznej. Do triangulacji błysku GRB 970228 użyto danych z *Beppo-SAX*,

*Ulysses* i *Wind* (BATSE w tym czasie był przesłonięty Ziemią). Procedura jest niestety powolna, trwa w najlepszym razie 8 godzin.

Czas jest na wagę złota, jeśli mamy skierować różne teleskopy na błysk w czasie jego trwania. Scott Barthelmy z Universities Space Research Association w NASA Goddard Space Flight Center utworzył system zwany BACODINE (BATSE COordinates Distribution NETwork), by przekazywać dane o pozycjach błysków z BATSE do teleskopów naziemnych w ciągu kilku sekund.

BATSE to system ośmiu detektorów promieni gamma umieszczonych na ośmiu rogach satelity *Compton* i skierowanych w różne strony. Porównując natężenie promieniowania w tych detektorach, można uzyskać pozycję błysku z dokładnością do paru stopni w ciągu kilku sekund. Bardzo często BACODINE potrafi zlokalizować błysk jeszcze w czasie jego trwania. Pozycja błysku jest przekazywana przez Internet do kilkudziesięciu ośrodków na całej kuli ziemskiej. W pięć sekund później automatyczne teleskopy w Lawrence Livermore National Laboratory przekraczają się w kierunku błysku.

Niestety, jedynie szybkie, małe teleskopy, które nie mogą dostrzec słabych źródeł, biorą udział w tym przedsięwzięciu. Na przykład urządzenia z Livermore nie zobaczyłyby poświaty po GRB 970228, chyba że jasność optyczna zaraz po błysku jest dużo większa niż obserwowana później, jak to sugerują niektórzy naukowcy. Potrzebne są teleskopy sto razy czulsze. Takie średniej wielkości instrumenty musiałyby być automatycznie sterowane, aby móc szybko skierować się w stronę błysku. Musiałyby też mieć możliwość przeszukiwania dużych obszarów nieba. Jeśli dostrzegłyby poświatę, to wówczas wielkie teleskopy jak *Hubble* czy Keck szukałyby już samych źródeł.



Długa i słaba poświata, która nastąpiła po GRB 970228, wróży powodzenie takiej strategii. Satelita *HETE* pod kierownictwem George'a Ricker'a z Massachusetts Institute of Technology zostanie odbudowany i wyrzucany ponownie w ciągu dwóch lat. Tenże satelita będzie mógł zlokalizować błyski z dokładnością do kilku sekund łuku za pomocą detektorów rentgenowskich. Tak dokładne pozycje zostaną przekazane całej sieci teleskopów naziemnych, które rozpoczyna poszukiwania zmiennych obiektów.

Nie wiemy oczywiście, po jakiej części błysków następują wykrywalne poświaty; GRB 970228 może tu być wyjątkiem. Ponadto nawet w promieniu paru minut łuku znajduje się mnóstwo słabych obiektów, a to nie ułatwia poszukiwań. Byłoby wspaniale móc uzyskać bardzo dokładne pozycje w ułamku sekundy z samych tylko promieni gamma. Astronomowie zaproponowali nowe typy instrumentów, które potrafiłyby błyskawicznie umiejscowić błyski z dokładnością do sekund łuku.

Istnieje potrzeba obserwacji w rejonach o energiach niższych i wyższych niż promienie gamma, aby móc jeszcze lepiej zrozumieć błyski. Energetic Gamma Ray Experiment Telescope (EGRET), znajdujący się także na satelicie *Compton*, wykrył promieniowanie o energii aż do dziesięciu miliardów elektronowoltów, czasami trwające nawet parę godzin, w kilkunastu błyskach. Lepszych danych, pomocnych dla astrofi-

zyków, może dostarczyć *Gamma Ray Large Area Space Telescope (GLAST)*, przygotowywany przez międzynarodową grupę naukowców. Fotony o jeszcze wyższej energii, aż do biliona elektronowoltów, mogą zostać schwytane przez naziemne teleskopy gamma. Z drugiego krańca widma miękkie promienie rentgenowskie o energii do 1 keV są pomocne w testowaniu przewidywań modeli, a przede wszystkim w uzyskiwaniu dokładniejszych pozycji. W zakresie 0.1–10 keV istnieje szansa na wykrycie linii emisyjnych lub absorpcyjnych, które wiele wniosłyby do wiedzy o kulach ogniowych i ich polach magnetycznych. Takie linie mogą też nieść informację o przesunięciu ku czerwieni i, co za tym idzie, odległości do błysków. Czułe instrumenty do detekcji miękkich promieni gamma budowane są w wielu ośrodkach na całym świecie.

Kończąc pisanie tego artykułu, dowiedzieliśmy się o niezwykłym osiągnięciu. W nocy 8 maja operatorzy *Beppo-SAX* zlokalizowali 15-sekundowy błysk. Wkrótce potem Howard E. Bond ze Space Telescope Science Institute w Baltimore sfotografował ten obszar nieba 90-centymetrowym teleskopem na Kitt Peak. Następnej nocy punkcik światła pojaśniał. Inne teleskopy potwierdziły, że po osiągnięciu maksimum jasności 10 maja źródło to zaczęło gasnąć. Po raz pierwszy zaobserwowano, jak błysk osiąga najwyższą jasność optyczną, i to już dwa dni po osiągnięciu maksimum w zakresie gamma.

**RÓŻNE INSTRUMENTY**, za pomocą których prowadzi się badania pochodzenia błysków gamma. Satelita *Beppo-SAX* (z lewej), pokazany tu w czasie montażu, ma na swoim pokładzie detektory promieni gamma i rentgenowskich, które odegrały decydującą rolę w lokalizacji ostatnich błysków. Teleskop im. Williama Herschela na Wyspach Kanaryjskich sfotografował optyczne źródło związane z GRB 970228. Wielki układ radioteleskopów (Very Large Array) w Socorro (Nowy Meksyk) wykrył fale radiowe w poświacie po błysku z 8 maja.

Również wielki układ radioteleskopów (Very Large Array) w Nowym Meksyku znalazł 13 maja nie znany dotąd obiekt w miejscu źródła zmiennego optycznie. Co ciekawe, w widmie tego obiektu, które zmierzono 11 maja teleskopem Keck II na Hawajach, stwierdzono ciemne linie absorpcyjne na tle niebieskiego widma ciąglego. Astronomowie z California Institute of Technology zauważyli, że przesunięcie tych związanych z absorpcją żelaza i magnezu linii wskazuje na odległość rzędu kilku miliardów lat świetlnych. Jeśli wynik zostanie potwierdzony w kolejnych szczegółowych analizach, będzie to ostateczny dowód, że błysk nastąpił w odległości kosmologicznej. Wówczas, może już niezadługo, będziemy wiedzieć, jaka to katastrofa spowodowała ów błysk, a także ten, który być może rozjaśnia niebo w chwili, gdy czytasz te słowa.

Tłumaczył  
Tomasz Bulik

## Informacje o autorach

GERALD J. FISHMAN oraz DIETER H. HARTMANN do prac nad błyskami gamma wnoszą doskonale uzupełniające się umiejętności. Fishman jest fizykiem doświadczalnym – kierownikiem BATSE oraz profesorem w NASA Marshall Space Flight Center w Huntsville w Alabamie. Trzykrotnie został odznaczony Medalem NASA za wyjątkowe osiągnięcia naukowe, a w roku 1994 American Astronomical Society przyznało mu nagrodę im. Bruna Rossiego. Hartmann z kolei to astronom teoretyk pracujący w Clemson University w Południowej Karolinie; doktoryzował się w University of California w Santa Cruz w roku 1989. Poza błyskami gamma interesują go dynamika chemiczna oraz ewolucja gwiazd i galaktyk.

## Literatura uzupełniająca

THE GAMMA-RAY UNIVERSE. D. Kniffen, *American Scientist*, vol. 81, nr 4, ss. 342-350, VII/1993.  
OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA. Neil Gehrels, Carl E. Fichtel, Gerald J. Fishman, James D. Kurfess i Volker Schönfelder, *Świat Nauki*, ss. 36-44, II/1994  
THE GAMMA-RAY BURST MYSTERY. D.H. Hartmann, w: *The Lives of Neutron Stars*. Red. A. Alpar, Ü. Kiziloglu i J. van Paradijs. NATO Advanced Studies Institute; Kluwer Academic Publishers, 1994.  
GAMMA RAY BURSTS. G. J. Fishman i C. A. Meegan, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 33, ss. 415-458; 1995.  
Beppo-SAX Mission home page: <http://www.sdc.asi.it/>