017977/1994/ 38

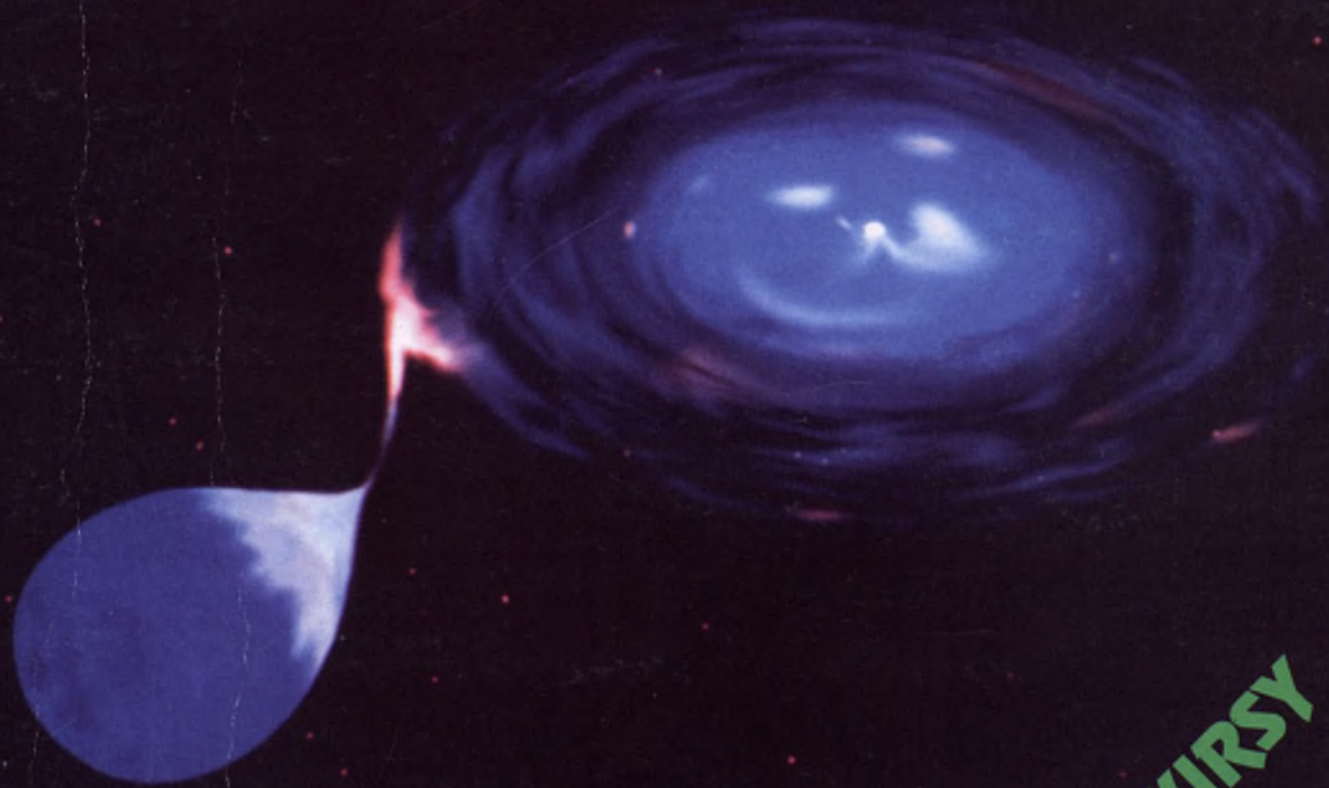
postępy astronomii

1/94

styczeń – marzec
tom 42

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Mergentaler o Słońcu
Iwanowska o Koperniku



Teleskop Hubble'a w naprawie

KONKURSY

Zdjęcie przedstawia odległą gromadę galaktyk CL 0939+4713 zrobione przy pomocy Telskopu Kosmicznego Hubble'a. Stanowi ono dowód silnej ewolucji galaktyk tworzących gromadę (patrz str. 31).

017977/1994

Teleskop Kosmiczny Hubble'a – zreperowany! Władzom NASA spadł kamień z serca. Wystrzelenie Teleskopu poprzedzała przecież szeroka kampania reklamowa, pełna samozachwytów na temat amerykańskiego programu kosmicznego, a potem taaaka plama... Reperacja na szczęście poszła sprawnie. Dysponujemy już pierwszymi zdjęciami z naprawionego Teleskopu, uzyskanymi jak zwykle dzięki uprzejmości pana Duccio Macchetto – można je obejrzeć na 4 stronie wkładki i na rozkładówce. O reperacji Teleskopu piszemy na str. 26.

Pani Profesor Wilhelminie Iwanowskiej zawdzięczamy tekst, który uczci 450 rocznicę ukazania się „De Revolutionibus". Zapewne powinniśmy byli opublikować odpowiedni materiał rocznicowy w roku ubiegłym, ale nie udało się; jakoś nikt specjalnie dla Postępów o Koperniku nie napisał. Ma chyba rację pan Parylewicz z Kanady, że Polacy bardzo zaniedbują tę przecież najwybitniejszą postać polskiej nauki...

Życie naszego stałego korespondenta, Profesora Jana Mergentalera to blisko dziewięć cykli aktywności słonecznej. Z pokorą przyjmujemy Jego krytykę (patrz listy), a z największą radością drukujemy Jego artykuł (str. 11). Polecamy go wielu młodszym profesorom. Prawdziwy Profesor – nie jak Słońce – zawsze aktywny!

Uwadze Czytelników polecamy też artykuł o czarnych dziurach (jak to wreszcie jest: są czy ich nie ma?), reportaż z oddania do użytku przepięknie odrestaurowanej zabytkowej kamieniczki – nowej siedziby toruńskiej filii Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika oraz artykuł o kłopotach z czasem.

Wreszcie chcieliśmy zwrócić uwagę Czytelników – w tym także zawodowych astronomów na esej Jerzego Kuczyńskiego. Stawia on pytanie, czy astronomia jest w ogóle jeszcze komuś do czegoś potrzebna. Tego pytania, naszym zdaniem, nie można zlekceważyć, zbyć słowami: „przecież to jasne". Nie jest bowiem wcale jasne, po co – a zatem jaka – ma być astronomia w szkole, w prasie codziennej, czy w książkach i pismach popularnonaukowych. Odpowiedź na to pytanie musi wyniknąć z dialogu między zawodowymi astronomami a resztą społeczeństwa. Ci pierwsi potrafią określić, co wiedzą i mogą powiedzieć innym o Wszechświecie, w którym żyjemy, a ci drudzy potrafią powiedzieć, co ich interesuje i na jakie pytania chcieliby znać odpowiedź. Zapraszamy więc do dyskusji.

017977

REDAKCJA

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU
E. 700/94

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Redaktor prowadzący:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)

Kolegium Redakcyjne:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)
Joanna Mikołajewska (CAMK Warszawa)

Żart rysunkowy: Jacek Drążkowski
Korekta: Małgorzata Śróbka–Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
tel. 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@VM.CC.TORUN.EDU.PL

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa
tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Opracowanie techniczne i druk oraz dystrybucja:
Wydawnictwo MIZAR, Grudziądz, ul. Piłsudskiego 14 przy współpracy Zakładu Poligraficznego pp. Neuman, Grudziądz ul. Filomatów 1a.
Tel. (0-51) 22794

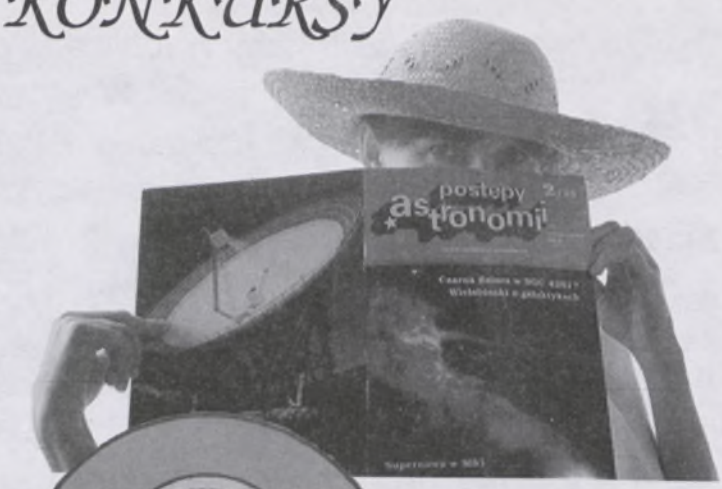
Oddano do druku 5 kwietnia 1994

O Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca O Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji O Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa O

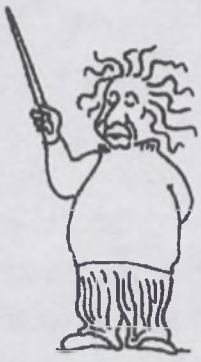
Pismo dofinansowane przez
Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1994

KONKURSY



Dodatkowy miesiąc dla Czytelników



Zgłoszenia do 30.04.1994

szczegóły wewnątrz numeru

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:
★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych ogłoszeń

ZDJĘCIA NA OKŁADCE PRZEDSTAWIAJĄ:

na pierwszej stronie – „artystyczną" wizję Dana Berry układu podwójnego, w sercu gromady kulistej NGC 6624, leżącej w gwiazdozbiorze Strzelca, odległej o 28 tysięcy lat świetlnych (patrz str. 23). Układ jest źródłem silnej emisji X, a ostatnio przy pomocy Teleskopu Kosmicznego zarejestrowano promieniowanie ultrafioletowe pochodzące z gorącego dysku akrecyjnego wokół gwiazdy neutronowej, która stopniowo pochłania swojego większego, choć mniej masywnego towarzysza – białego karła;
na ostatniej stronie – kamieniczkę przy ul. Rabiańskiej, nową siedzibę toruńskiej filii Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika (patrz str. 41)

W NUMERZE

4 **WSZECHŚWIAT MIKOŁAJA KOPERNIKA**

Wilhelmina Iwanowska

Kopernik wprowadził nowy, prawie inercjalny układ odniesienia, którego początek umieścił w Słońcu, a osie odniósł do gwiazd torując w ten sposób drogę swoim następcom: Keplerowi, Galileuszowi i Newtonowi do formułowania ogólnych praw kinematyki, dynamiki i struktury przestrzeni. On również stworzył wielki Wszechświat, przewidując drobne roczne ruchy paralaktyczne gwiazd, które zostały dostrzeżone dopiero w trzysta lat po jego śmierci.

11 **Prognozy słoneczne**

Jan Mergentaler

Jak się nie wie, jaki będzie dzień następny, próbuje się to przewidzieć na podstawie dni minionych. Takie przewidywanie, czyli „prognozowanie", wielokrotnie usiłowano zastosować do Słońca.

15 **Na co dzień i w astronomii (wszystko o czasie)**

Kazimierz M. Borkowski

Obroty Ziemi od prawieków wyznaczały rytm życia. I mimo, że dzień, noc i doba, pory roku i sam rok, wszystkie obejmują zmienne odcinki czasu, to rotacja naszej planety także we współczesnej nam erze zegarów atomowych ciągle pozostaje podstawą rachuby czasu. Rodziło to, i rodzi nadal, pewne komplikacje wiążące się z pojęciami przestępnych lat i sekund, równania czasu, granicy zmiany daty i innych. O niektórych z nich opowiemy w tym artykule.

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

Tajemnicze źródło rozbłysków rentenowskich w gromadzie kulistej NGC 6624 zidentyfikowane! (23), Snop światła z jądra galaktyki (24), Gwiazdy się rodzą (24), R 136 (25), η Carinae (25), Fachowcy w kosmosie (26), Komputerowy atlas nieba (30), Teleskop Kosmiczny Hubble'a odsłania sekrety ewolucji galaktyk (31).

35 **O CZARNYCH DZIURACH W OGÓLNOŚCI I NAJNOWSZYCH KANDYDATACH W SZCZEGÓLNOŚCI**

Michał Czerny

Często (szczególnie w literaturze popularnonaukowej) mówi się na przykład, że Ogólna Teoria Względności (OTW) przewiduje istnienie czarnych dziur. Jest to oczywista nieprawda: nie przewiduje, a jedynie dopuszcza ich istnienie. To bardzo istotna różnica! Aby obiekty te egzystowały gdzieś w przyrodzie nie wystarczy przecież, by OTW była poprawna; musimy dodatkowo mieć jakiś proces fizyczny, dzięki któremu czarne dziury mogłyby się formować.

32 Astronomia w szkole: Jak daleko stąd do Księżyca?

33 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***

34 *Listy Czytelników*

41 **W kraju:** Kamieniczka

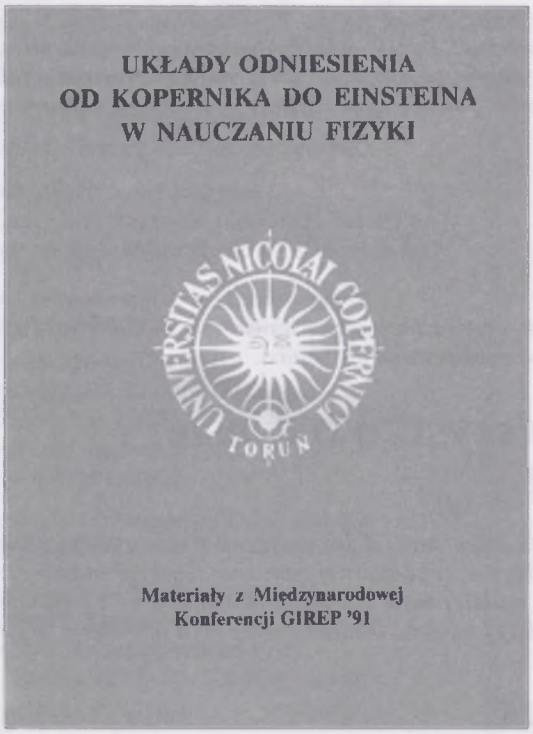
44 **Wywiady:** Przyszłość i teraźniejszość CAMK

45 **Polskie Towarzystwo Astronomiczne:** Nagroda im. Włodzimierza Zonna

46 **Esej, felieton:** *ASTRONOMIA ORTOGONALNA*

48 **Poradnik miłośnicy astronoma:** Jak wykrzesać dżet u Maxa Plancka?

450 lat De Revolutionibus



Układy Odniesienia od Kopernika do Einsteina w nauczaniu fizyki, wybrane Materiały Konferencji GIREP'91, red. Magdalena Staszel, Józefina Turło, Maria Berndt, UMK, Toruń, 1992.

W sierpniu 1991 roku w Toruniu odbyła się konferencja Międzynarodowej Grupy Badawczej Nauczania Fizyki (Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique – GIREP). Jak w przypadku wszystkich znaczących konferencji międzynarodowych, po jej zakończeniu wydano książkę zawierającą przedstawione na niej materiały w języku angielskim, w jakim odbywała się konferencja. Tym razem jednak wybrane referaty zostały również przetłumaczone na język polski i powstała unikatowa książka (niestety również pod względem nakładu – 320 egzemplarzy) godna polecenia wszystkim nauczającym fizyki i astrofizyki na każdym poziomie (patrz również Urania 12/92, str. 377). Korzystając z uprzejmości Edytorek oraz zgody Autorki tekstu, przedrukowujemy referat otwierający zarówno konferencję jak i książkę.

(m)

WSZECHŚWIAT MIKOŁAJA KOPERNIKA

Wilhelmina Iwanowska

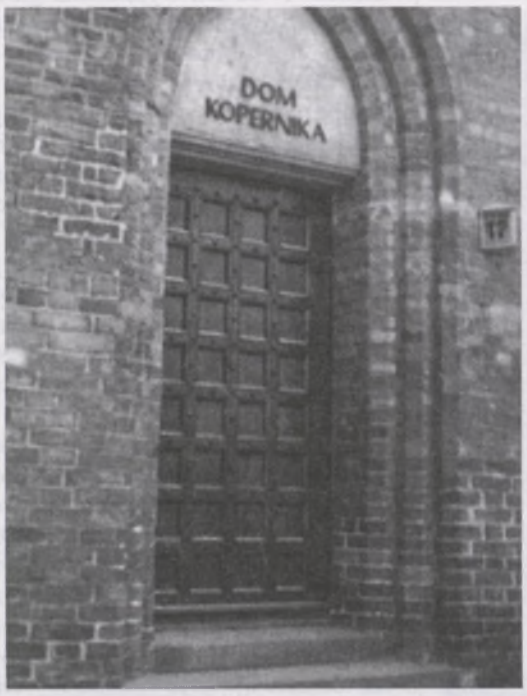
Kopernik wprowadził nowy, prawie inercjalny układ odniesienia, którego początek umieścił w Słońcu, a osie odniósł do gwiazd torując w ten sposób drogę swoim następcom: Keplerowi, Galileuszowi i Newtonowi do formułowania ogólnych praw kinematyki, dynamiki i struktury przestrzeni. On również stworzył wielki Wszechświat, przewidując drobne roczne ruchy paralaktyczne gwiazd, które zostały dostrzeżone dopiero w trzysta lat po jego śmierci.

1 Wstęp

Na długo przed Kopernikiem astronomia opierała się na geocentrycznym modelu Wszechświata, opracowanym przez Klaudiusza Ptolemeusza z Aleksandrii w II wieku naszej ery. Według tego modelu, nieruchoma Ziemia spoczywa w środku niebieskiej sfery, która obraca się ruchem jednostajnym dookoła Ziemi raz na dobę. Księżyc, Słońce i planety poruszają się po swych geocentrycznych orbitach złożonych z koła wiodącego (deferensu) i drugiego, pomocniczego koła (epicyklu), którego środek krążył po deferensie, a obwód był torowiskiem planety. Słońce odbywa swój geocentryczny ruch orbitalny w ciągu roku, Księżyc – w ciągu miesiąca, a Saturn – najdalsza wówczas znana planeta – w ciągu 30 lat.

Ten geocentryczny model Ptolemeusza, przedstawiony w jego dziele zwanym po grecku „Mathematikes Syntaxeos", a w tłumaczeniu arabskim „Almagest", był znakomitą syntezą obserwacji i poglądów jego własnych i poprzedników, np. Hipparcha (II w. przed Chr.). Model ten dominował w astronomii w ciągu czternastu stuleci, odpowiadał bowiem powszechnemu przeświadczeniu, że żyjemy na nieruchomej Ziemi pod sferą niebieską obracającą się dookoła nas równomiernie ze wschodu na zachód, z niektórymi błądzącymi wśród gwiazd ciałami, jak Księżyc, Słońce i pięć znanych

450 lat De Revolutionibus



Zdjęcie domu Kopernika w Toruniu (fragment)

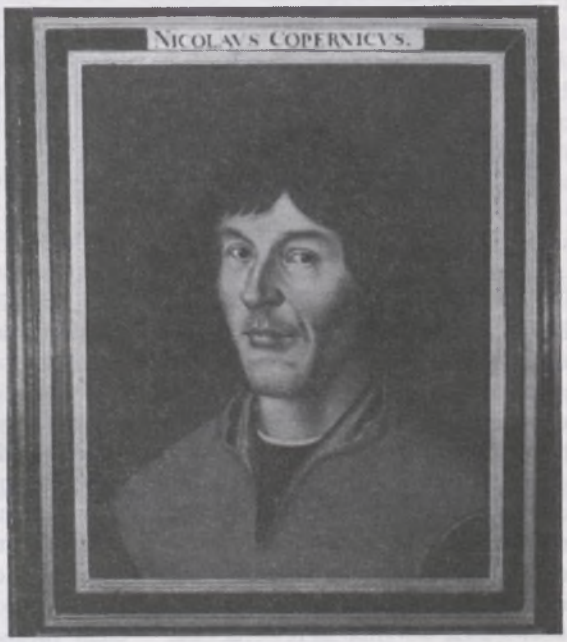
wówczas planet. Planety poruszają się wokół nas ruchem niejednostajnym z zachodu na wschód, zatrzymują się w pewnych momentach, cofają się przez pewien czas i dalej podążają na wschód opisując pętle, które w modelu odpowiadają epicyklom. Model Ptolemeusza dawał człowiekowi pewien komfort psychologiczny – świadomość znajdowania się w nieruchomym środku Wszechświata – był to model, rzec można, antropocentryczny.

Jeśli chodzi jednak o poprawność geometryczną i kinematyczną modelu Ptolemeusza, istniały pewne rozbieżności z obserwacjami widoczne od początku, jak np. to, że wg. modelu Księżyc musiał w swym miesięcznym obiegu wokół Ziemi zmieniać znacznie swą odległość od Ziemi, a więc również swoją pozorną średnicę kątową. Podczas swych studiów w Italii w roku 1497, Kopernik i astronom Domenico Maria Novara obserwowali wspólnie w Bolonii zjawisko zakrycia jasnej gwiazdy α Tauri przez Księżyc, aby przekonać się o tej niekonsystencji modelu Ptolemeusza. Inna niejasność dotyczyła położenia orbit Merkurego i Wenus: czy znajdują się one wewnątrz słonecznej orbity geocentrycznej, jak zakładał Ptolemeusz, czy na zewnątrz? Obie alternatywy prowadziły do niezgodności z obserwacjami. Te i inne niezgodności z obserwacjami modelu Ptolemeusza narastały z czasem: próbowano je złagodzić przez wprowadzanie dodatkowych epicykli, przez zmiany wartości niektórych parametrów. Te zabiegi komplikowały coraz bardziej model Ptolemeusza, nie przynosząc żadnej jego poprawy. Model ten stawał się również bezużyteczny w praktycznych zastosowaniach, jak reforma kalendarza, która w czasach Kopernika stała się pilną potrzebą w życiu cywilnym i kościelnym. Kopernik od wczesnych lat uświadomił sobie nieprzydatność geocentrycznego modelu do opisu rzeczywistego Wszechświata. W liście do papieża Pawła III, któremu dedykował swe dzieło „O Obrotach", wydane w języku łacińskim w roku 1543, nazywa model Ptolemeusza „monstrum", w którym poszczególne członki zostały poprawnie uformowane, ale połączone ze sobą w niewłaściwy sposób. Pisze dalej, że poszukując modelu, który byłby zgodny z wynikami obserwacji jego poprzedników i swoich własnych (zachowało się około 60 obserwacji Kopernika), doszedł do wniosku, że Ziemia nie jest nieruchoma.

2 Wstrzymał Słońce i niebo, ruszył Ziemię

W swym dziele „O obrotach" Kopernik przypisuje Ziemi trojaki ruch: jednostajny dzienny obrót dookoła własnej osi z zachodu na wschód, roczny obieg po orbicie prawie kołowej dookoła Słońca, skierowany również z zachodu na wschód i ruch powolny osi ziemskiej po powierzchni stożka, powodujący precesję punktów równonocy w kierunku na zachód. Dla uwzględnienia precesji Ptolemeusz wprowadził w swym modelu dziewiątą sferę, a jego następcy dodali jeszcze dziesiątą i jedenastą, aby poruszać sferę gwiazd dookoła osi ekliptyki. Kopernik wyjaśnił zjawisko precesji stożkowym ruchem osi ziemskiej podobnym do ruchu osi wirującego bąka, co później znalazło oparcie w zasadach dynamiki Newtona.

Dzieło Kopernika „O Obrotach" składa się z sześciu ksiąg. W księdze pierwszej Kopernik opisuje swój heliocentryczny model Wszechświata z ru-



Niestety nigdy nie będziemy pewni, jak naprawdę wyglądał Mikołaj Kopernik, ponieważ żaden jego portret namalowany jeszcze za jego życia nie dotrwał do naszych czasów. Wiemy, że Kopernik wykonał swój autoportret, z kwiatem konwalii, co w tamtych czasach symbolizowało jeden z zawodów Kopernika – lekarz. Chociaż oryginał tego autoportretu się nie zachował, to na szczęście właśnie z niego, niemiecki artysta Tobias Stimmer wymalował kopię, obecnie przechowywaną w Strassbourgu. Natomiast najbardziej znane w Polsce, anonimowe XVI-wieczne malowidło na desce, wystawione w muzeum w Toruniu, przedstawiające Kopernika w czerwonym „kubraczku" i z puklami loczków po bokach twarzy – również jest uznawane za oddające rzeczywisty wygląd wielkiego astronoma i faktycznie ma ono wiele podobieństw z obrazem Stimmera.

450 lat De Revolutionibus

Słońce jako centrum Układu Planetarnego – strona z rękopisu dzieła Kopernika *Mikołaj Kopernik, Dzieła wszytkie*, PWN 1972.

chomą Ziemią. W następnych księgach przeprowadza kolejne testy geometryczne swej teorii, wykazując jej zgodność z obserwowanymi pozornymi ruchami sfery gwiazd, Słońca, Księżyca i pięciu planet. Układ jego dzieła jest podobny do Almagestu Ptolemeusza; on również dopuszcza tylko ruchy kołowe, lub złożone z kołowych, ale jego założenia są kardynalnie różne od Ptolemeusza, a wyniki są rewolucyjne.

Założenia Kopernika są sformułowane w księdze pierwszej i zilustrowane na podstawowym rysunku modelu heliocentrycznego ze Słońcem rezydującym w środku i planetami obiegającymi Słońce po koncentrycznych orbitach kołowych, których promienie są proporcjonalne do okresów obiegu po orbitach w następującej kolejności: Merkury z okresem obiegu 80 dni, Wenus – 9 miesięcy, Ziemia z Księżycem jako swym satelitą, – jednego roku, Mars – dwóch lat, Jowisz – 12 lat i Saturn z okresem 30 lat. „Odnaleźliśmy zatem" – stwierdza Kopernik – „w tym porządku zadziwiający ład świata i ustalony, zharmonizowany związek między ruchem a wielkością sfer, jakiego w inny sposób odkryć niepodobna". Ten heliocentryczny system jest znacznie prostszy od systemu Ptolemeusza, skoro pętle zakreślone w pozornych ruchach planet są tylko odbiciem rocznego ruchu Ziemi dookoła Słońca i do ich wyjaśnienia główne epicykle Ptolemeusza nie są potrzebne. „Tu trzeba iść raczej za mądrością natury, która podobnie jak się pilnie ustrzegła tego, by nie stworzyć czegoś zbędnego i nieużytecznego, tak też niejednokrotnie raczej wyposażyła jedną rzecz w zdolność wywoływania wielorakich skutków." Wypada dodać, że Kopernik zachował małe epicykle pomocnicze dla uwzględnienia niejednostajności orbitalnych ruchów planet. Usunął je dopiero Kepler wprowadzając orbity eliptyczne zamiast kołowych.

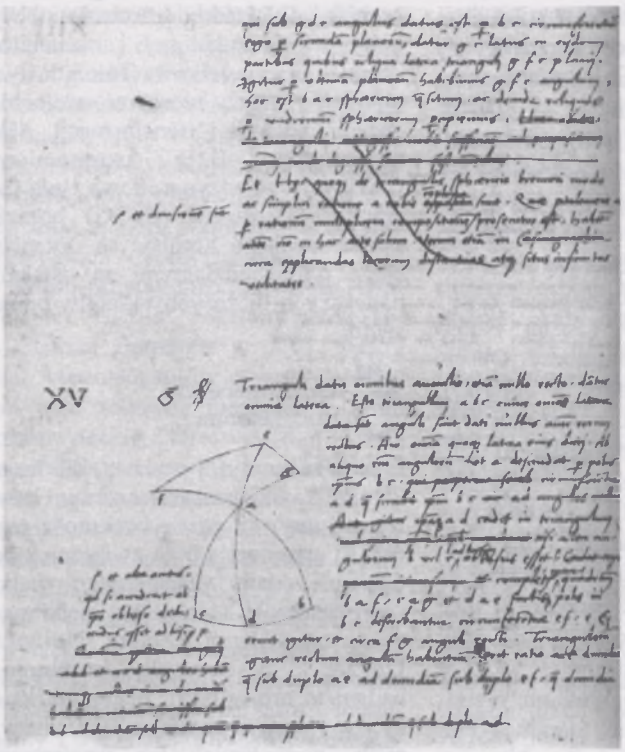
Centralne położenie Słońca w układzie planetarnym koresponduje z jego wyjątkową rolą potężnego źródła promieniowania oświetlającego wszystkie planety i Księżyc. Jak to określił Newton, wielka masa Słońca czyni zeń gwiazdę o silnym polu promieniowania i polu grawitacyjnym. Tę podwójnie dominującą rolę Słońca Kopernik podkreślił nazywając je „latarnią świata", która „może wszystko równocześnie oświetlać" i dalej: „jakby na tronie królewskim zasiadając, kieruje rodziną planet krzątających się dookoła". Wyjaśnił on również obserwowane zmiany jasności poszczególnych planet zmianami ich odległości i orientacji względem ruchomej Ziemi, co nie wynikało z modelu Ptolemeusza.

3 Stworzył wielki Wszechświat

Jest jeszcze jeden, może najważniejszy aspekt rewolucji Kopernika: on odkrył, że Wszechświat jest bardzo wielki, nie tylko w stosunku do rozmiarów Ziemi, o czym wielokrotnie mówi w swym dziele i co uzasadnia, ale też bardzo wielki w stosunku do odległości Ziemi od Słońca. Ptolemeusz potrzebował

...Wspomniano mi o nowym astrologu, który chciał dowieść, że Ziemia się porusza i chodzi wkoło, nie zaś firmament albo niebo, Słońce i Księżyc; zupełnie tak, jakby kto siedział na wozie, albo na statku ruchomym i myślał, że siedzi nieruchomo i spoczywa, a ziemia i drzewa idą i poruszają się. Ale tak to teraz już jest: kto chce być mądry, ten musi sobie coś swojego wymyślić, i najlepszym musi być to, co on zrobił! Ten głupiec chce wywrócić całą sztukę astronomii! Ale, jak wskazuje Pismo Święte, Jozue kazał Słońcu się zatrzymać, nie Ziemi!...

Wypowiedź Marcina Lutra, wg. Wł. Zonna, *Rewolucja Kopernikańska*, Iskry 1972.



Strona z rękopisu dzieła Kopernika, z licznymi poprawkami. Rękopis był w posiadaniu Mistrza aż do śmierci. Druk dzieła przygotowano na podstawie odpisu wykonanego przez Retyka. (*Mikołaj Kopernik, Dzieła wszystkie*, PWN 1972)

małego, bardzo małego Wszechświata, jeżeli on musiał obracać się dookoła Ziemi w ciągu doby: inaczej gwiazdy musiałyby mieć olbrzymie prędkości obrotowe. Ptolemeusz ścisnął swój Wszechświat do dwudziestu tysięcy promieni ziemskich. Kopernik przeciwnie, potrzebował dużego Wszechświata. Najpoważniejszym zarzutem przeciw jego systemowi, zarzutem naukowym, był ten, że gwiazdy są nieruchome, że nie odzwierciedlają rocznego ruchu orbitalnego Ziemi dookoła Słońca, jak to czynią planety, zakreślające pętle na swoich orbitach, pętle tym mniejsze im dalej od Słońca się znajdują. Kopernik miał odwagę powiedzieć, że gwiazdy również wykonują pozorne roczne oscylacje, będące odbiciem rocznego ruchu orbitalnego Ziemi, są to jednak oscylacje tak małe, że są niedostrzegalne, ponieważ gwiazdy są niezmiernie daleko od nas. „Fakt, że tych zjawisk nie obserwujemy w gwiazdach, świadczy o ich niezmiernym oddaleniu... Takie są zaiste rozmiary dzieła Wszechmocnego Boga." Kopernik nie wykluczał możliwości, że Wszechświat jest nieskończony, mówiąc: „pozostawmy tę kwestię filozofom przyrody." Przyjęcie bardzo wielkich rozmiarów Wszechświata było wówczas ryzykowną hipotezą i dopiero w trzysta lat po śmierci Kopernika i ogłoszeniu drukiem jego dzieła drobne roczne oscylacje (paralaksy) najbliższych gwiazd zostały pomierzone...

Sam Kopernik nie miał wątpliwości, że cała jego teoria jest koherentna i prowadzi do lepszego zrozumienia rzeczywistego Wszechświata. Byli w starożytności prekursorzy heliocentrycznej wizji Wszechświata, jak Arystarch z Samos (III/IV w. przed Chr.), czy niektórzy Pitagorejczycy. Kopernik ich wymienia, ale żaden z nich nie opracował konsystentnego modelu, który mógłby być porównany z obserwacjami. Uczynił to Kopernik i On utorował Keplerowi, Galileuszowi, Newtonowi i Einsteinowi drogę do rozwoju nauk matematyczno–przyrodniczych i kosmologii obserwacyjnej.

Przeniesienie człowieka z nieruchomego środka małego, zamkniętego świata na małą planetę w wielkim, może nieskończonym Wszechświecie oznacza również rewolucję w filozofii przyrody.

4 Zmienił kosmiczny układ odniesienia

W zakresie obecnej konferencji moglibyśmy powiedzieć krótko, że rewolucja kopernikańska polegała na zmianie kosmicznego układu odniesienia od geocentrycznego układu Ptolemeusza przyjmowanego powszechnie w ciągu 14 stuleci do heliocentrycznego układu Kopernika, przyjętego za podstawę kosmicznego układu współrzędnych zaledwie 450 lat temu. Początek tego układu w aktualnej formie znajduje się w środku masy Układu Słonecznego, bardzo blisko geometrycznego środka Słońca, a osie są odniesione do gwiazd. Kopernik używał jasnych gwiazd, widocznych gołym okiem, soczewek wówczas jeszcze nie znano. Teleskopy optyczne wyposażone w soczewki lub lustra pojawiły się dopiero w XVII wieku, były doskonalone i powiększane z czasem, także astrometria służąca do pomiarów położeń ciał niebieskich mogła stopniowo posuwać się do coraz słabszych, a więc coraz dalszych obiektów naszej Galaktyki i mierzyć ich pozycje z coraz większą

Michał Łomonosow

O RUCHU ZIEMI

Astronom z astronomem obiad razem jedli
I przy biesiadnym stole spór zawzięty wiedli.
Jeden twierdził, że ziemia wokół słońca dąży,
Drugi – że to nie ziemia, ale słońce krąży.
Jeden zwał się Kopernik, a drugi Ptolomej...
A spór, co jest ruchome, co zaś nieruchome,
Rozsądził kucharz – żartem. Spytał go gospodarz:
„Znasz bieg planet niebieskich? Jaki dowód podasz,
Kto z nas praw?" Na to kucharz: „Kopernik, nie Greczyn.
Wprawdziem na słońcu nie był, ale kto zaprzeczy
Tej prawdzie oczywistej, mężowie uczeni,
Że nikt pieca nie kręci dokoła pieczeni".

tłum. Julian Tuwim

450 lat De Revolutionibus

Portret nieznnego artysty wydany przez Satinusa Kauffmanna, drzeworyt, Wittemberga, ok. 1600. Konwalia symbolizuje medycynę; Kopernik był także lekarzem.

dokładnością. Klasyczny instrument astrometryczny, koło południkowe, jest do dziś używane w zmodernizowanej postaci w obserwatoriach służących astrometrii pozycyjnej. Wyniki tych pomiarów są kolejno publikowane w Fundamentalnych Katalogach (FK) położeń tysięcy gwiazd odniesienia. Dokładność wyznaczonych pozycji gwiazd jest w kolejnych katalogach coraz wyższa: jeżeli w FK4 wynosiła 0".1 (0.1 sekundy łuku), to w ostatnim katalogu FK5 wynosi 0".04. Dalszy postęp osiągnięto, mierząc położenie gwiazd ze sztucznych satelitów poza turbulencją ziemskiej atmosfery. Pierwsze pomiary położeń 50 000 gwiazd z niedawno wystrzelonego satelity HIPPARCOS osiągnęły dokładność 0".005.

Jeszcze wyższą precyzję (ponad 0."001) uzyskuje się obecnie w pomiarach położeń najdalszych pozagalaktycznych obiektów Wszechświata – kwazarów (Quasi–Stellar Objects = QSO's), gdy się je obserwuje na falach radiowych równocześnie w kilku lub kilkunastu obserwatoriach radioastronomicznych współpracujących w systemie interferometrii na bardzo długich bazach (Very Long Base Interferometry = VLBI). W programie obecnej Konferencji jest zaplanowane zwiedzenie Toruńskiego Obserwatorium Radioastronomicznego (Toruń Radio Astronomy Observatory = TRAO), które uczestniczy w europejskim i globalnym systemie VLBI, obserwując i badając kwazary, najdalsze obiekty w przestrzeni, a więc urodzone miliardy lat temu – wkrótce po Wielkim Wybuchu. Stanowią one idealne „latarnie" do wyznaczania kosmicznego układu odniesienia z najwyższą precyzją jeżeli ich położenia są mierzone w systemie VLBI. Obserwowane z Ziemi mają prawie punktowe jądra, zawierające potężne, jeszcze tajemnicze centralne źródła energii. Więcej informacji o tych obiektach i ich roli w układach odniesienia usłyszą Państwo od Prof. S. Gorgolewskiego, głównego organizatora TRAO i od jego współpracowników. Jednak ostateczny, kosmiczny układ odniesienia wiąże się z kosmicznym promieniowaniem tła (Cosmic Background Radiation = CBR), potężnym promieniowaniem wypełniającym Wszechświat, o widmowym rozkładzie energii odpowiadającym promieniowaniu ciała doskonale czarnego, obecnie o temperaturze T=2.736±0.017 K. Obecność tego promieniowania została odkryta przez Penziasa i Wilsona w roku 1965. To promieniowanie jest prawdopodobnie pozostałością po Wielkim Wybuchu, jego temperatura spada z czasem.

Wymieniliśmy główne obiekty odniesienia i kierunki w przestrzeni, na których mogą być oparte osie kosmicznego układu współrzędnych. Początek tego układu jest zlokalizowany w środku mas Układu Słonecznego. Jednak pomiary obiektów odniesienia są wykonywane z ruchomej i niestabilnej Ziemi lub jej satelitów. Toteż do tych pomiarów należy stosować wiele bieżących redukcji i transformacji. Międzynarodowa Unia Astronomiczna (IAU) oraz Międzynarodowa Unia Geodezji i Geofizyki (IUGG) poprzez swoje specjalne komisje są organizacjami odpowiedzialnymi za ustalenie najlepszych bieżących układów odniesienia.

5 Od Kopernika do Einsteina

Przebiegając myślą przez te 450 lat od Kopernika do naszych czasów, łatwo zauważymy, że przez większość tego okresu astronomia była związana z badaniami układu planetarnego (heliocentrycznego). Mechanika nieba znaczona nazwiskami Keplera, Newtona, Laplace'a, pasjonowała astronomów badaniem orbit planet, planetoid, księżyców i komet i perturbacji grawitacyjnych, wywołanych ich wzajemnym oddziaływaniem. Można by rzec, że aż do naszego stulecia astronomowie byli tak zajęci badaniem układu planetarnego, jakby zapomnieli, że Kopernik nie tylko wstrzymał Słońce i ruszył Ziemię ale też wołał o wielki Wszechświat...

Gdy zaczynałam być astronomem w roku 1927 na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie, tak się szczęśliwie złożyło, że nasz szef Profesor Władysław Dziewulski nie ograniczał się tylko do badań układu planetarnego: wprowadzał nas także do studiowania ruchów gwiazd w miarę jak były publikowane pomiary ich ruchów własnych, odległości i prędkości radialnych. W założonym przez siebie obserwatorium wprowadził również fotometrię gwiazd: wizualne i fotograficzne pomiary jasności gwiazd, głównie Cefeid. Wysłał mnie nawet na staż podoktorancki do Sztokholmskiego Obserwatorium w Saltsjöbaden dla zapoznania się ze spektroskopią gwiazd pod kierunkiem Profesora Bertila Lindblada na rok 1934/35.

Ale jeszcze jako studenci, dowiadywaliśmy się z referatów na seminariach, z prac publikowanych w Astrophysical Journal, że wielkie teleskopy amerykańskie obserwują nie tylko galaktyki, ale również ich widma, które – jak Edwin Hubble i jego współpracownicy odkryli – są przesunięte ku

450 lat De Revolutionibus

czerwieni, tym silniej im dalej się znajdują (prawo Hubble'a). Jeżeli to są przesunięcia dopplerowskie, oznacza to, że galaktyki uciekają od nas, że Wszechświat rozszerza się po Wielkim Wybuchu, który wydarzył się miliardy lat temu. Na wykładach powszechnych słyszeliśmy od profesorów fizyki teoretycznej o teorii względności opracowanej przez Alberta Einsteina.

Warto przypomnieć, że dawny Uniwersytet Wileński, założony przez króla Stefana Batorego w XVI wieku, miał wspaniałą tradycję w astronomii: tam było założone pierwsze w kraju uniwersyteckie Obserwatorium Astronomiczne (wcześniej niż w Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie). To przepiękne Obserwatorium istnieje do dziś jako muzeum. Jego sławny dyrektor, prof. Marcin Poczobut – Odlanicki, astronom królewski polsko – litewskiego państwa złączonego wówczas unią, wyposażył to obserwatorium w nowoczesne na owe czasy instrumenty i był sam gorliwym obserwatorem, pomimo że był obciążony wielu odpowiedzialnymi obowiązkami jako rektor Uniwersytetu Wileńskiego przez wiele niełatwych lat.

Kopernik uskarżał się, że rzadko mógł obserwować Merkurego, najbliższą Słońca planetę. Poczobut był tym, który zdołał dokonać wielu obserwacji pozycyjnych Merkurego. A że był europejskim astronomem, jako członek Towarzystwa Królewskiego (Royal Society) w Londynie i członek korespondent Paryskiej Akademii, miał bliskie kontakty z wybitnymi astronomami za granicą. Przekazał swe obserwacje Merkurego astronomowi francuskiemu Lalande, który je wykorzystał do obliczenia orbity Merkurego. Niedługo później, inny sławny astronom francuski, Leverrier wykrył, że orbita Merkurego nie jest stacjonarna, że jej perihelium obraca się. Ten fakt posłużył później jako kluczowy test teorii względności.

Żadne rewolucyjne odkrycie w nauce i w astronomii w szczególności, nie było zaakceptowane natychmiast i na zawsze. Kopernik wahał się z opublikowaniem swego dzieła przez wiele lat – nie z powodu braku argumentów, ale z obawy, że będzie ono wraz z nim potępione przez ignorantów, którzy nie zwrócą uwagi na fakty obserwowane i ich interpretację. Przekonany został przez swych przyjaciół, jak biskup Tiedemann Giese i Jerzy Joachim Retyk, matematyk z Uniwersytetu w Wittenberdze, który spędził we Fromborku przeszło rok, aby przestudiować jego dzieło i nakłonić Kopernika do jego wydania. Stało się to w ostatnim momencie przed jego śmiercią: gdy pierwszy egzemplarz dzieła „O obrotach" nadszedł do Fromborka wiosną 1543, Kopernik prawdopodobnie nie miał już pełnej świadomości. Nie mógł też zauważyć, że w tym pierwszym wydaniu jego własna przedmowa została usunięta i zastąpiona przez inną, napisaną przez Ossiandra, teologa protestanckiego z Norymbergi, który sugerował, że dzieło zawiera tylko hipotezy, nie pretendujące do opisu rzeczywistego Wszechświata. Marcin Luter nazwał Kopernika szaleńcem. Kościół katolicki początkowo zachęcał Kopernika do pracy, potrzebnej do reformy kalendarza, na początku wieku XVII jednak umieścił jego dzieło na indeksie dzieł zakazanych („Index librorum prohibitorum"), które mogą być studiowane, ale nie propagowane.

W tym samym czasie dzieło Kopernika było entuzjastycznie przyjmowane przez uczonych w pierwszym rzędzie przez Keplera i Galileusza, który jednakże był ciężko prześladowany przez Inkwizycję kościelną za propagowanie poglądów Kopernika. Ta zła opozycja ustała w wieku XVIII, być może na skutek tego, że odkrycie aberracji światła gwiazd przez Bradleya, a później odkrycie rocznych paralaks u naj-

Czy my – Polacy – dostatecznie doceniamy Kopernika?

Muszę przyznać, że nieprzyjemnie mnie uderzyło traktowanie Kopernika w literaturze polskiej. W kilku książkach czytałem o nim, jako o „wielkim uczonym". Co za nonsens! Wielkich uczonych było kilkuset, albo i więcej w ostatnich trzech tysiącach lat. A tu na Zachodzie, każdy sztubak wie, że Kopernik był ZAŁOŻYCIELEM NOWOCZESNEJ ASTRONOMII! A ilu było założycieli nowoczesnych nauk? Na palcach można policzyć!

Jeżeli chodzi o stosunek Zachodu do Kopernika, to przytoczę tylko parę przykładów z bardzo wielu. W 1917 roku, Max Planck (Teoria Kwantów) napisał entuzjastyczną krytykę Teorii Względności Einsteina, (Planck był jednym z niewielu, którzy tę teorię wtedy rozumieli) kończąc:

„Jeżeli ta teoria się sprawdzi, a nie widzę powodów, dla których nie miała by się sprawdzić, będziemy mogli nazwać Einsteina KOPERNIKIEM DWUDZIESTEGO STULECIA!"

To był najwyższy komplement dla Einsteina na który Planck mógł się zdobyć, a jeżeli każdy dziś uważa Einsteina za geniusza, to co z Kopernikiem?

W roku 1972 umieszczono na orbicie pierwsze na świecie obserwatorium astronomiczne z 81-cm teleskopem z Uniwersytetu Princeton i z brytyjskim detektorem promieni Roentgena. Niedługo zastanawiali się jak go nazwać. Pierwsze w historii orbitalne obserwatorium astronomiczne? Oczywiście, Copernicus! Między innymi ważnymi odkryciami, „Copernicus" przyczynił się do odkrycia że Cyg X–1 jest jednak „czarną dziurą", z czym zgadza się dzisiaj większość astrofizyków.

W roku 1973 Amerykańska Akademia Nauk urządziła w Waszyngtonie wielkie międzynarodowe obchody, konferencję naukową na uczczenie 500-lecia urodzin Kopernika.

Więc bardzo Państwa proszę, trochę należnego szacunku dla geniusza, nawet choćby on był „tylko" Polakiem!

Jerzy M. Parylewicz
Ocala, Floryda,
Luty 1993

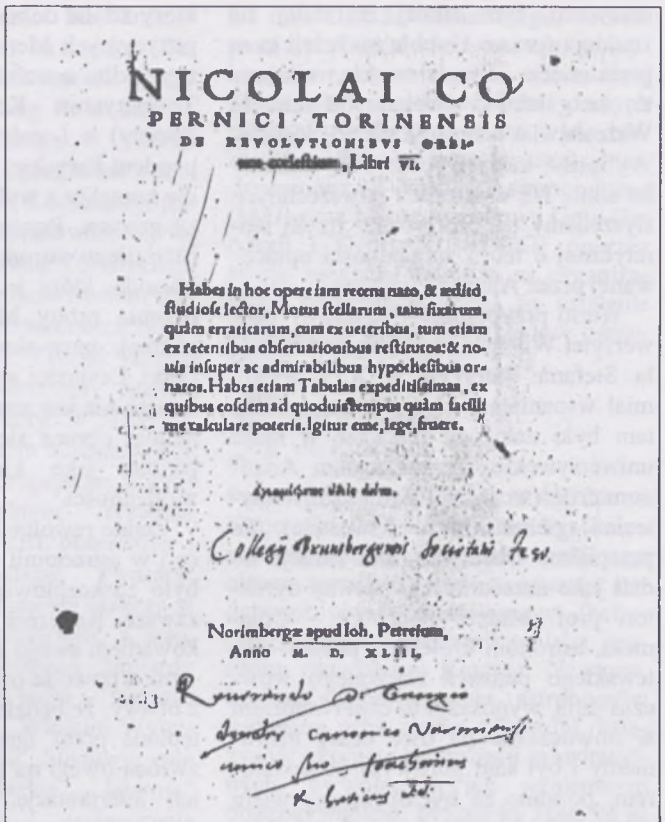
bliższych gwiazd potwierdziły realność orbitalnego ruchu Ziemi.

Również następne rewolucyjne odkrycie dokonane już w naszej epoce, Wielkiego Wybuchu i ekspansji Wszechświata nie było łatwo przyjęte przez ogół astronomów. Dopiero odkrycie promieniowania tła nieba przez Penziasa i Wilsona w roku 1965 większość astronomów uznała za pozostałość po Wielkim Wybuchu, co nie przeszkadza wielu kosmologom traktować Wielki Wybuch jako osobliwość i w grawitacji widzieć siłę sprawczą formującą gwiazdy, galaktyki i kwazary.

6 Osobowość Kopernika

Nie tylko osiągnięcia Kopernika w astronomii, ale on sam jest fenomenem w historii nauki. Dlatego zatrzymajmy się przez chwilę nad jego życiorysem. Urodzony w Toruniu 19 lutego 1473 roku, spędził większość swego pracowitego życia u wybrzeży Wisły, na terenach,które należały wówczas i należą obecnie do Polski. W roku 1491 udał się do Krakowa na pięcioletnie studia: Uniwersytet Jagielloński obchodzi obecnie pięćsetlecie studiów Mikołaja Kopernika. Na dalsze studia udał się do Italii: do Uniwersytetów w Bolonii, Padwie i Ferrarze aby studiować prawo kanoniczne, z którego uzyskał doktorat, medycynę i z własnego wyboru – astronomię, która interesowała go najbardziej. Ostatecznie powrócił do kraju w roku 1503, aby objąć stanowisko kanonika kapituły fromborskiej z polecenia swego wuja, biskupa warmińskiego, Łukasza Watzenrode. Kilkadzie- siąt lat swego życia Kopernik spę- dził we Fromborku, małym miasteczku nad Zalewem Wiślanym ze wspaniałą katedrą gotycką i murami obronnymi, które zachowały się do dziś. Tam Kopernik prowadził obserwacje, tam tworzył swe dzieło „O obrotach", tam też zmarł i został pochowany w podziemiach katedry.

Astrolabium arabskie z 1054 r., własność muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Należało do instrumentarium Marcina Bylicy z Olkusza. Kopernik z pewnością zetknął się z tym astrolabium podczas studiów w Krakowie (1491 – 1495).



NICOLAI CO
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBI-
um coeleſtium, Libri VI.

Habes in hoc opere tam recens nato, & edito, studioſe lector, Motus ſtellarum, tam fixarum, quàm erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obſeruationibus reſtitutos: & nouis inſuper ac admirabilibus hypotheſibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditiſſimas, ex quibus eoſdem ad quoduis tempus quàm facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

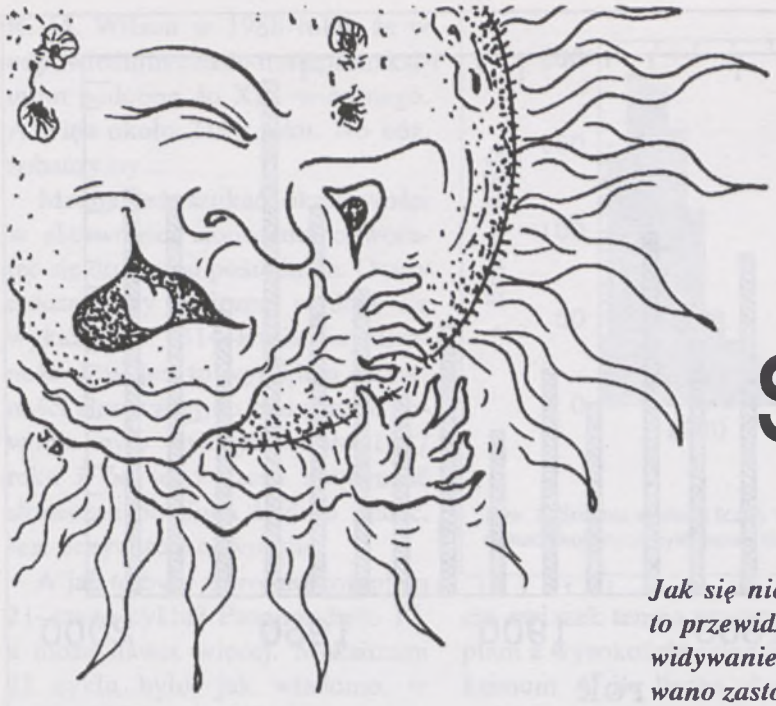
Norimbergæ apud Ioh. Petreium,
Anno M. D. XLIII.

Strona tytułowa I wydania drukiem dzieła Mikołaja Kopernika *De Revolutionibus*, wydrukowanego w Norymberdze w 1543 roku. Jej treść, w luźnym tłumaczeniu brzmi następująco: *„Gorliwy czytelniku, w tym nowym dziele znajdziesz ruchy gwiazd, zarówno stałych jak i błądzących, z nowymi i doskonałymi teoriami. Znajdziesz również użyteczne tabele, z których możesz wyliczyć pozycje na dowolny czas z najdalszą prostotą. Dlatego kup, czytaj i używaj."*

Jako kanonik pełnił wiele obowiązków w administracji i gospodarce na rozległych terenach dóbr kapitulnych, pełnił funkcję kanclerza kapituły, organizując fortyfikację Olsztyna przed atakami Krzyżaków, którzy splądrowali Frombork, niszcząc jego instrumenty obserwacyjne, własnoręcznie wykonane. Zakon Krzyżacki został ongiś sprowadzony przez księcia polskiego na te tereny dla nawracania plemion pogańskich, żyjących na rubieżach państwa. Krzyżacy nawracali je ogniem i mieczem, zabierali ich ziemię i wyniszczali te plemiona w najbardziej okrutny sposób, napadając również na ziemie królewskie i kapitulne. Obok już wymienionych obowiązków, Kopernik służył ludziom wielkim i małym pomocą lekarską, z którą się zapoznał na Uniwersytecie w Padwie.

Jak i kiedy mógł Kopernik koncentrować się na swych niełatwych dociekaniach astronomicznych wśród tak licznych i również niełatwych obowiązków, od których nie mógł się uchylać? – On był prawdziwym uczonym: tajemniczy wielki Wszechświat pasjonował go ponad wszystkie obowiązki i trudy jego życia. I był urodzonym geniuszem, który potrafił rozwiązać zagadkę struktury Układu Słonecznego i Wszechświata.

Pani Profesor Wilhelmina Iwanowska jest historią polskiej astronomii... i wciąż jej dniem dzisiejszym! Nie sposób jednym zdaniem tego podsumować i mamy nadzieję, że sylwetkę Pani Profesor uda nam się przedstawić w odrębnym artykule – może w formie wywiadu?



„U dnia, którego nie znam
stoję bram..."
E. Zegadłowicz, 1921

Prognozy słoneczne

Jan Mergentaler

Jak się nie wie, jaki będzie dzień następny, próbuje się to przewidzieć na podstawie dni minionych. Takie przewidywanie, czyli „prognozowanie", wielokrotnie usiłowano zastosować do Słońca.

Metoda ilościowego opisu aktywności słonecznej jest stara i prosta: zlicza się ciemne plamy na Słońcu. Plamy te są często widoczne nawet gołym okiem, a zawsze przy użyciu nawet małej lunety czy większej lornetki. Liczba plam na Słońcu jest systematycznie odnotowywana od połowy XVIII wieku, a pierwsze dokładnie wyznaczone minimum przypada na rok 1755 i od tej daty liczymy kolejne cykle słoneczne.

Liczba plam na Słońcu, a dokładniej – liczba Wolfa – osiąga maksimum typowo co 11 lat. Chciałoby się jednak umieć przewidywać nieco dokładniej tak moment osiągnięcia maksimum liczby Wolfa, jak i wartość tej liczby w maksimum. Bądź co bądź to nasza Gwiazda. Czy się to udaje?

Jedną z ciekawszych prób było to, co zrobił przed ponad 80 laty japoński matematyk Kimura, stosując modną w owym czasie metodę analizy harmonicznej. Metodą tą próbowano (bez powodzenia) w początku tego wieku opisać krzywą zmian blasku cefeid. Kimura opracował obserwacje słoneczne z lat 1750– 1910 i uzyskał doskonałą zgodność opisu z obserwacjami. Wszystkie maksima słoneczne i kształt krzywej w poszczególnych cyklach zostały teoretycznie opracowane tak dokładnie, że nie mogło być mowy o pomyłce. Niestety jednak już w 1911 roku wszystko się popsuło. To, co było dobre dla miniowych obserwacji, stało się całkowitą pomyłką dla następnych.

W latach późniejszych namnożyło się wiele prób prognozowania. Poza rozsądną metodą Waldmeiera, pozwalającą przewidzieć, jak będzie przebiegać reszta danego cyklu po zaobserwowaniu paru pierwszych lat jego trwania, starano się podać takie sposoby prognozy, które pozwoliłyby przewidzieć, co będzie za dziesiątki, a nawet setki lat. Oczywiście posługując się dotychczas zaobserwowanymi faktami.

Przyjęto więc na przykład, jako fakt, twierdzenie, jakoby cykle parzyste były niższe (nawet o 20–30%) od nieparzystych. W rzeczywistości tylko 7 z 11 obserwowanych cykli zachowuje się tak, jakby chciał autor tego twierdzenia. Ostatni cykl też nie potwierdził istnienia takiej asymetrii w wysokości cykli.

Inną regularnością, która miała pozwolić przewidywać czas i wysokość cykli była 80–letnia okresowość, jaką wykryto różnymi metodami – także i wysokiej klasy periodogramami. Nie muszę dodawać, że owe 80 lat też nie zawsze się sprawdza.

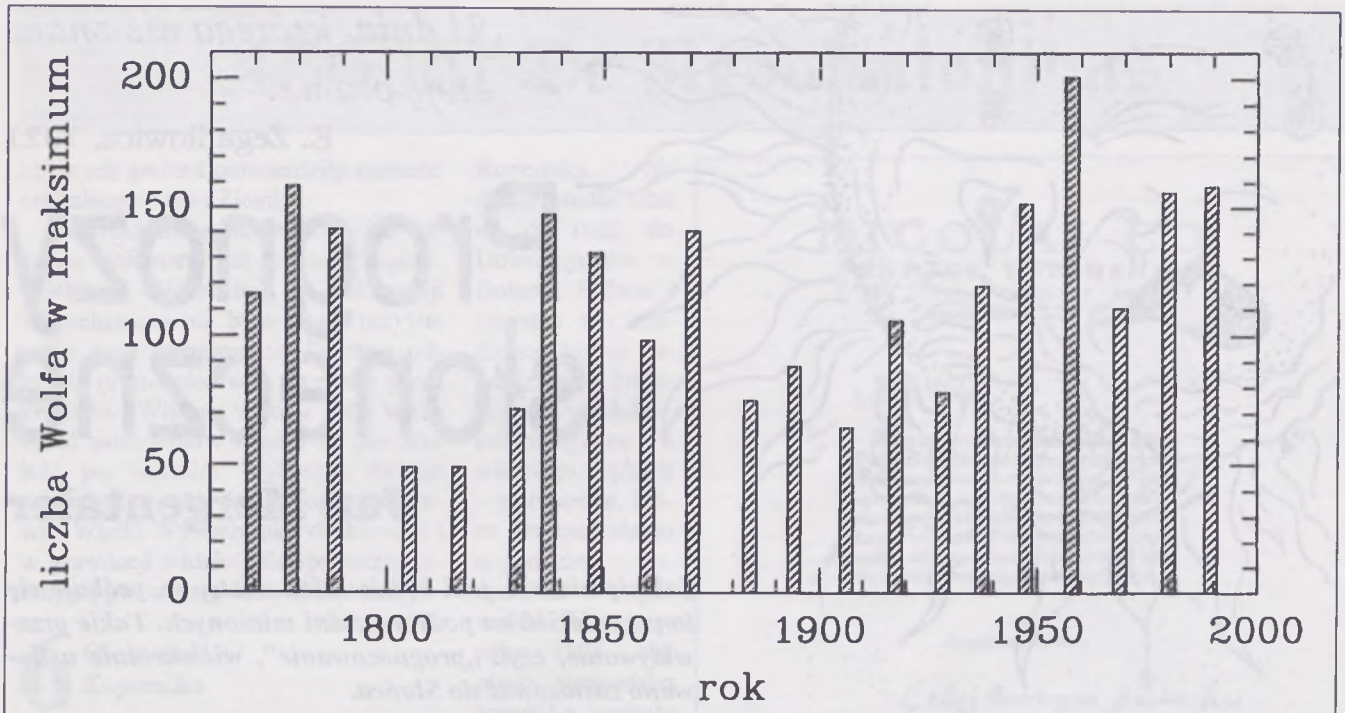
Szukano jednak i bardziej długookresowych zależności. Wiadomo, że w wieku XVII, w latach

Liczba Wolfa

Ponieważ łatwiej jest zaobserwować na tarczy słonecznej grupę plam niż pojedyncze plamy, to bardziej obiektywną ocenę stopnia „zaplamienia" Słońca otrzymuje się przypisując większą wagę właśnie grupom. Dlatego w zeszłym stuleciu Wolf zaproponował wprowadzenie wielkości

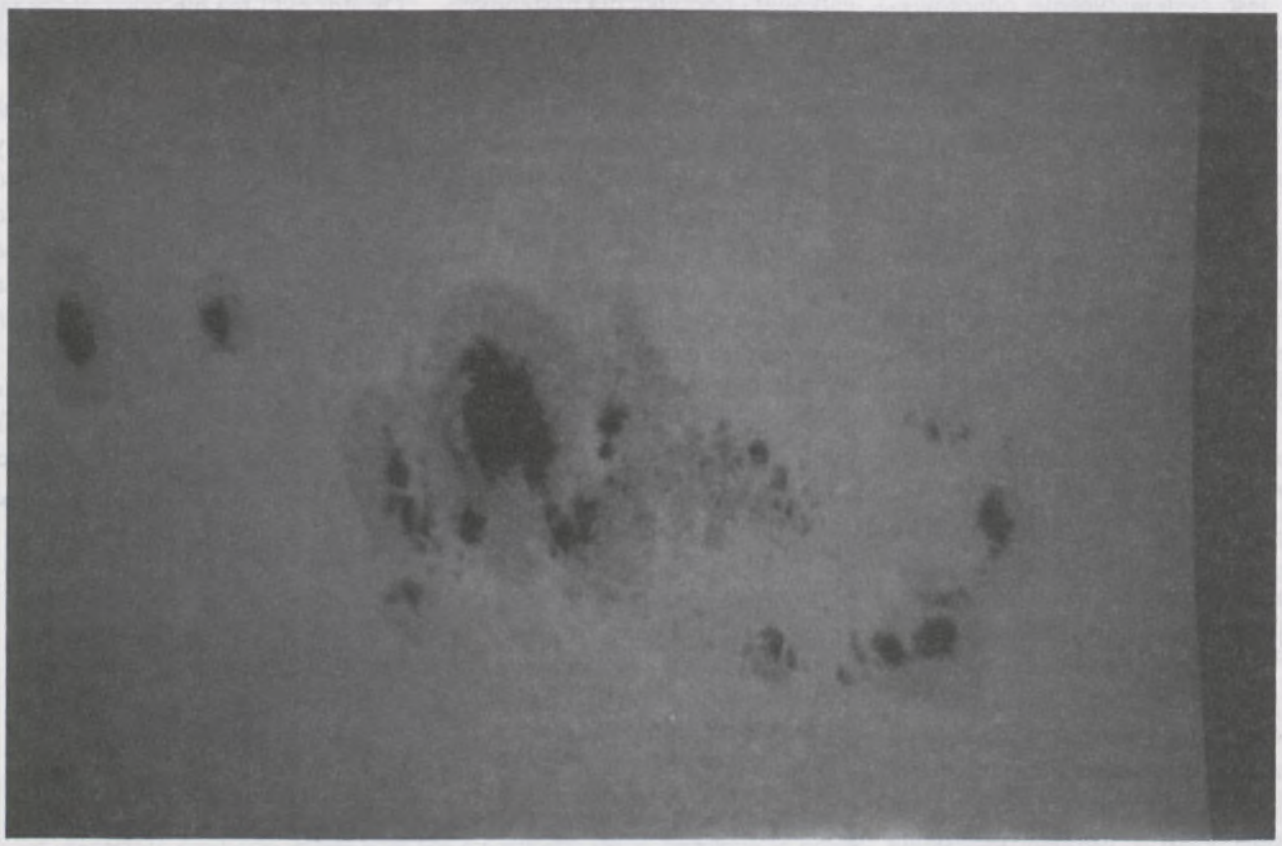
$$R=10\,g+p,$$

gdzie g oznacza liczbę zaobserwowanych grup, a p liczbę wszystkich pojedynczych plam, także tych wchodzących w skład grupy. Jest to właśnie słynna liczba Wolfa.



Rys. 1. Moment przypadania maksimum aktywności słonecznej i osiągana maksymalna wartość liczby Wolfa w kolejnych cyklach słonecznych.

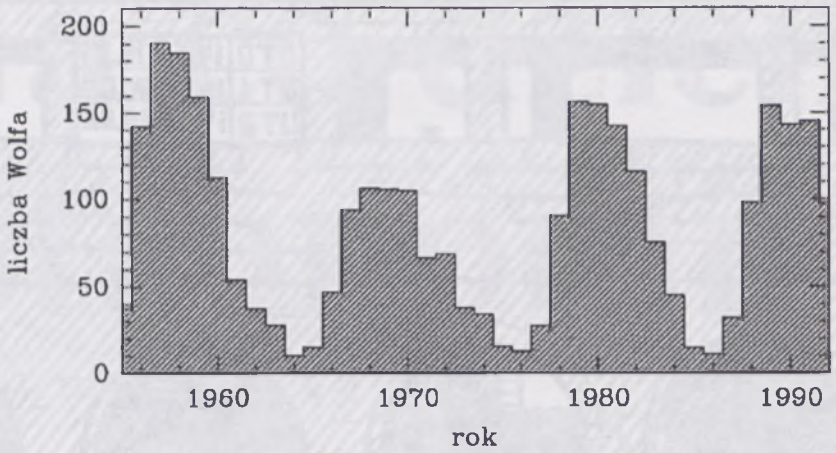
1645–1715 prawie nie było plam na Słońcu. Było to tak zwane minimum Maundera. Zdaje się jednak, że owe minimum było poprzedzone silnym wzrostem aktywności słonecznej około 1200 roku, a więc około 450 lat przed minimum Maundera. Stopniały wtedy częściowo lody na Grenlandii, a zmiana klimatu sprzyjała podobno najazdom Mongołów na Europę. Można więc przypuszczać, i tak robi



Grupa plam słonecznych. Zdjęcie wykonane w świetle linii H_α wodoru na Dużym Koronografie Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego przez prof. Bogdana Rompolta.

R. M. Wilson w 1988 roku, że w odpowiednim czasie nastąpi maksimum podobne do XIII–wiecznego. A więc około 2160 roku. No cóż, zobaczymy...

Można też szukać okresowości w aktywności słonecznej odwołując się do metod pośrednich. Osady rzeczne czy jeziorne wydają się wykazywać 314–letnią cykliczność. Jeśli jest to wynikiem aktywności słonecznej, to maksimum powinno było wystąpić około 1837 roku i od tego czasu aktywność słoneczna powinna średnio maleć. Jest oczywiście odwrotnie.



Rys. 2. Średnia wartość liczby Wolfa w latach 1955–1992. Wznoszenie się i opadanie w ramach kolejnych cykli wcale nie jest zbyt regularne.

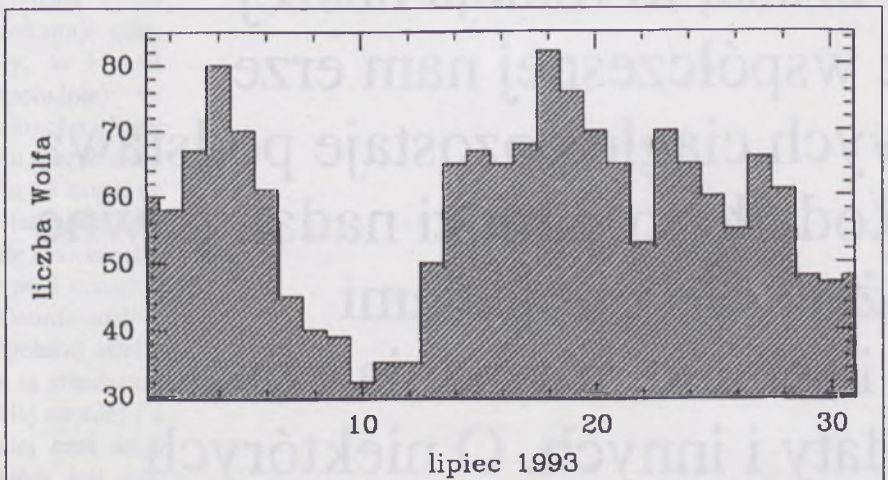
A jak to było z prognozowaniem 21–szego cyklu? Prognoz było 12, a może nawet więcej. Maksimum 21 cyklu było, jak wiadomo, w końcu 1979 roku. Natomiast prognozy przewidywały jego przypadanie w różnych terminach, w sumie pokrywających okres od 1976 do 1984 roku, a więc przedział czasu, w którym mógł się zmieścić cały cykl, a nie tylko maksimum. Trudno uznać taką dokładność za zadowalającą. Jeszcze chyba gorzej było z przewidywaniem wysokości maksimum – miało być albo bardzo wysokie, rzędu nawet 190, albo bardzo niskie, 70 czy nawet 50. Obserwowana wysokość była 156.3.

Nie lepiej było z prognozowaniem 22 cyklu[1]. Cóż, wydawało się, że przynajmniej jedna zależność jest niezawodna, a mianowicie związek tempa przyrostu ilości plam z wysokością osiąganego maksimum. O ile liczba plam rośnie szybko – maksimum zwykle jest wysokie, jeśli wzrost ilości plam z czasem jest powolny – maksimum jest niskie. Otóż ostatni, 22 cykl charakteryzował się tym, że wzrost ilości plam był szybszy niż kiedykolwiek obserwowano. W rekordowych cyklach 19–tym i 21–szym liczba Wolfa wynosiła 200.8 i 155.3. Obecny więc cykl – jak liczono – powinien osiągnąć w maksimum wartość liczby Wolfa znacznie ponad 200. A było tylko 158.5!

Zarówno ta „nielojalność" cyklu 22– giego, jak i dawniejsze niepowodzenia w prognozowaniu aktywności słonecznej doprowadziły do tego, że kilku heliofizyków, w tej liczbie przewodniczący 12 Komisji Unii Astronomicznej, J. O. Stenflo, doszli do wniosku, że aktywności słonecznej nie da się opisać poprzez żaden regularny oscylator, ponieważ zmiany mają charakter chaotyczny. Czy odwoływanie się do modnych obecnie metod matematycznych deterministycznego chaosu coś da? Trudno powiedzieć.

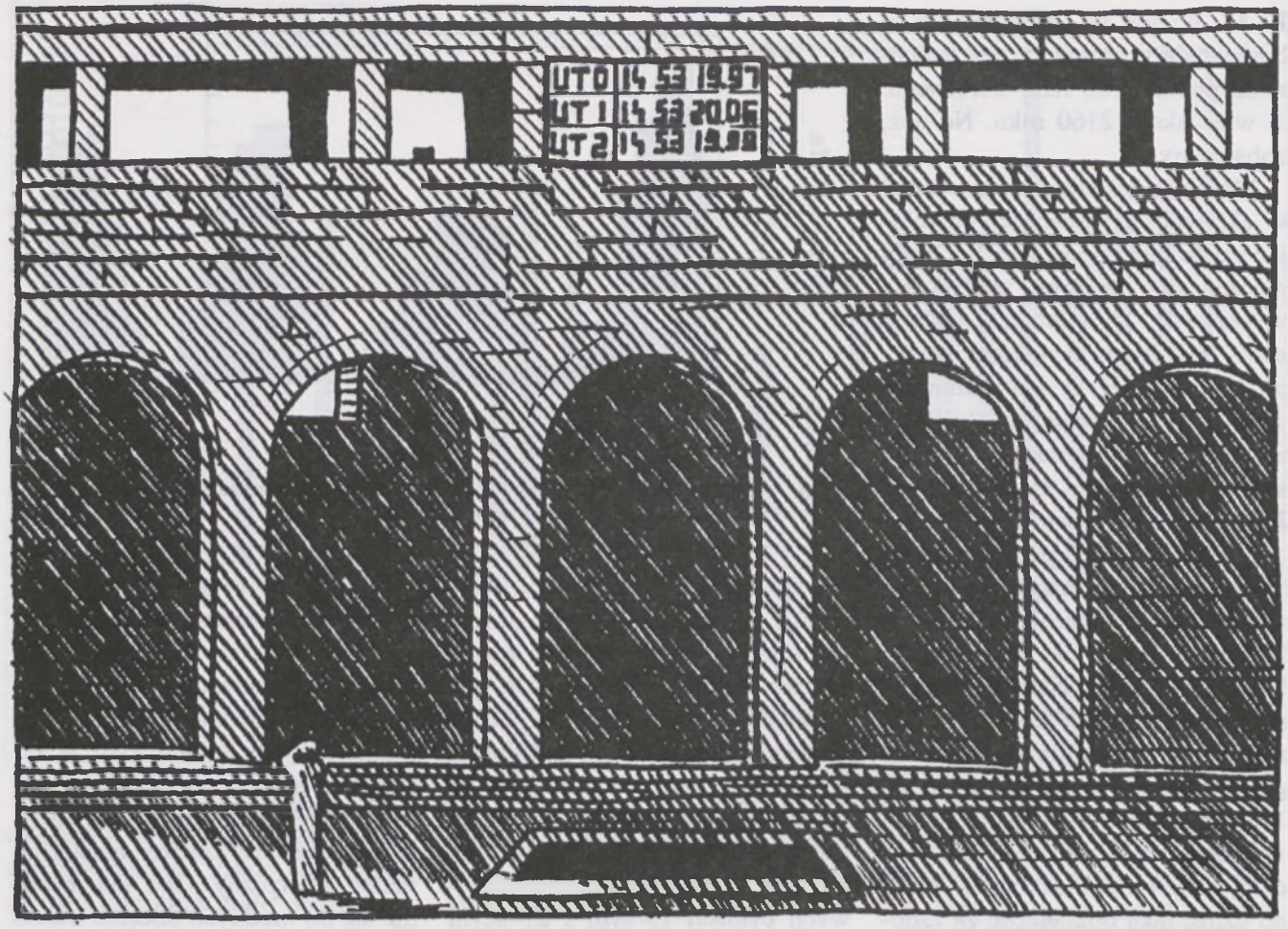
Wiele lat temu zarówno Waldmeier, jak i inni autorzy mówili zwyczajnie – nie można dobrze prognozować aktywności słonecznej, dopóki nie pozna się praw fizycznych rządzących tą aktywnością. Nie pomaga tworzenie konsekutywnych średnich. Nie pomoże powoływanie się na występowanie zórz polarnych, czy zmian klimatycznych. Brak nam dobrej fizycznej teorii zjawiska aktywności słonecznej, a sama statystyka, jak widać, nie wystarcza – i chyba nie wystarczy – do przewidywania. Ale czy można taką teorię stworzyć? Chyba w przyszłości tak. Z tą nadzieją można spokojnie czekać na następne cykle aktywności słonecznej.

[1] Dużo materiałów na temat 22–go maksimum słonecznego opublikowaliśmy w PA 4/1991. (red.)



Rys. 3. Znaczne nieregularności obserwuje się także śledząc zmiany aktywności słonecznej z dnia na dzień. Tak zachowywało się Słońce w lipcu 1993 (wg. M. Messerotti i P. Zlobec, L'Astronomia, grudzień 1993).

Profesor Jan Mergentaler to cała historia badań fizyki Słońca. Z okazji 90–lecia jego urodzin opublikowaliśmy wywiad z prof. Mergentalerem przeprowadzony przez prof. Tadeusza Jarzębowskiego – PA 3/1991, ukazujący niewielki fragment z życia tej ciekawej postaci.



> ZAGADKA GODZINY < WG CHIRICO RYS. J.D.

Obroty Ziemi od prawieków wyznaczały rytm życia. I mimo, że dzień, noc i doba, pory roku i sam rok, wszystkie obejmują zmienne odcinki czasu, to rotacja naszej planety także we współczesnej nam erze zegarów atomowych ciągle pozostaje podstawą rachuby czasu. Rodziło to, i rodzi nadal, pewne komplikacje wiążące się z pojęciami przestępnych lat i sekund, równania czasu, granicy zmiany daty i innych. O niektórych z nich opowiemy w tym artykule.

Wszystko o czasie (2)

Na co dzień i w astronomii*)

Kazimierz M. Borkowski

Zdjęcia zegarów słonecznych Karol Wenerski

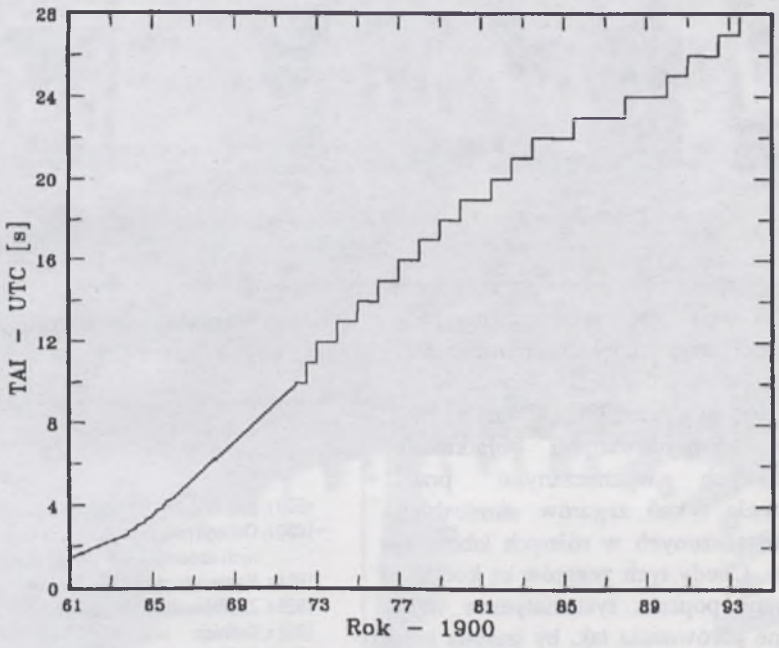
Nasz czas cywilny

Ogólnie dostępny czas w języku specjalistów nazywa się *czasem strefowym koordynowanym*. Jest on rozpowszechniany na falach radiowych – w pasmach specjalnie do tego celu przeznaczonych – przez wiele stacji prowadzących służbę czasu opartą o wzorce atomowe. Prywatne zegary synchronizujemy w zasadzie właśnie do tego czasu. Jednakże, chociaż w różnych krajach dostępny jest ten sam czas, to wskazania zegarów różnią się tam o wielokrotność pełnej godziny (wskazują ściśle te same minuty i sekundy).

Cała Ziemia podzielona jest na strefy czasowe określone granicami administracyjnymi (często państwowymi) z grubsza co 15 stopni w długości geograficznej. Jest to pozostałość tradycyjnych systemów liczenia czasu, w których południe kojarzono zwykle z godziną dwunastą. Ponieważ Ziemia dokonuje pełnego obrotu w 24 godziny, to i moment górowania Słońca (południe) wędruje po wszystkich długościach geograficznych (ze wschodu na zachód) z szybkością 360/24, albo 15 stopni na godzinę. Czas ze strefy otaczającej południk zerowy nazywa się *uniwersalnym czasem koordynowanym* i oznacza skrótem UTC (od ang. Coordinated Universal Time). Nasza (polska) strefa sąsiaduje bezpośrednio z tą standartową (leży po jej wschodniej stronie) i normalnie obowiązuje w niej czas środkowoeuropejski (CSE), który jest dokładnie o jedną godzinę późniejszy niż uniwersalny: CSE = UTC + 1 godz. W wielu państwach ze względów czysto ekonomicznych na półrocze letnie (zwykle okres między ostatnimi niedzielami marca i września) wprowadza się czas urzędowy, który jest o godzinę późniejszy od lokalnego czasu strefowego. U nas tym letnim czasem jest czas wschodnioeuropejski, CWE = UTC + 2 godz.

*) Artykuł ten jest kontynuacją tematu z zeszytu PA 2/92, str. 62.

Nieznośna sekunda



W tekście wspomina się o wprowadzaniu dodatkowych sekund na końcach niektórych półroczy. Zwykle na kilka miesięcy przedtem zamiar wprowadzenia sekundy przestępnej jest podawany do publicznej wiadomości. Ostatnia z takich sekund była wprowadzona w końcu czerwca 1992 r. Wtedy to przed północą uniwersalnego czasu koordynowanego, poprzedzającą 1 lipca, po godzinie 23:59:59 służby czasu nadały sygnał odpowiadający godzinie 23:59:60 i dopiero po tej sekundzie wybiła północ oznajmiająca początek następnego dnia kalendarzowego.

Zdawać by się mogło, że wprowadzanie sekund przestępnych nie powinno stanowić żadnego problemu. Okazuje się jednak, że po każdym ogłoszeniu zmiany relacji UTC – TAI około 60% użytkowników przestawia zegary w niewłaściwą stronę! (dowiedzieliśmy się o tym z dyskusji podczas ostatniego zjazdu Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Buenos Aires w lecie 1991 r., zapisanej na kartach *Highlights of Astronomy*). Czytelnicy PA oczywiście nie popełnią takiego błędu wiedząc, że wskazówkę sekundową ich zegara trzeba cofnąć o 1 podziałkę.

Zegar słoneczny. Technikum Kolejowe przy Ministerstwie Komunikacji, Bydgoszcz, ul. Kopernika.

Do roku 1964 czasy strefowe były czasami średnimi słonecznymi, zależnymi od rotacji Ziemi. Obecnie czasy urzędowe (w tym CSE i CWE) są czasami koordynowanymi południków strefowych wyznaczanymi przez zliczenia tykań zegarów atomowych rozmieszczonych w różnych laboratoriach. Chody tych zegarów są koordynowane poprzez systematyczne wzajemne porównania tak, by średnia jednostka była możliwie bliska średniej jednostce wynikającej z odstępów między górowaniami Słońca (doby średniej słonecznej).

Moglibyśmy więc powiedzieć, że na co dzień posługujemy się czasem atomowym. Jednak nie jest to w pełni prawdą i to z kilku powodów. Po pierwsze, „cywilne" służby czasu, do których zwykle dostrajamy nasze całkiem prywatne zegary, rzadko korzystają z własnych wzorców atomowych, zatem czas który odczytujemy w telewizji bądź na kolei nie koniecznie jest czasem strefowym, chociaż zwykle różnice będą nieistotne w codziennych zastosowaniach.

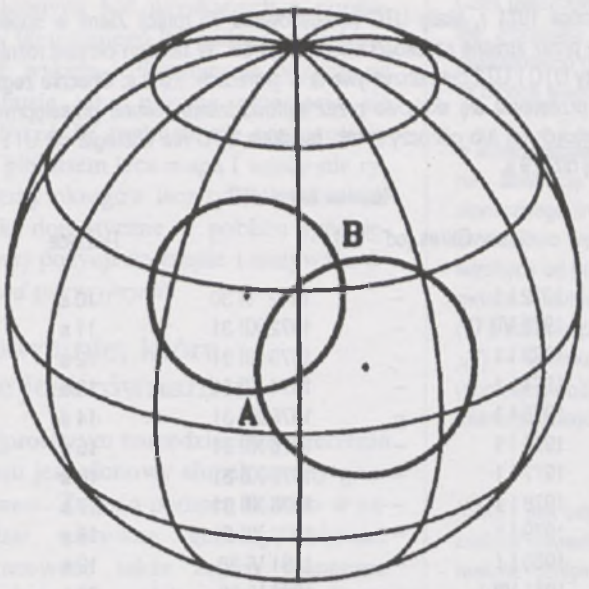
Po drugie, kiedy wypowiadamy przymiotnik „atomowy" w kontekście skali czasu, bez dalszych specyfikacji, to mamy na myśli *międzynarodowy czas atomowy* oznaczany skrótem TAI (od fr. Temps Atomique International), który istotnie różni się od UTC. W skali TAI wszystkie minuty, godziny i doby mają stałą długość, a sekundy atomowe są takie same, jak w czasie koordynowanym. W tym ostatnim, w UTC – a zatem we wszystkich czasach strefowych – niektóre minuty mają 61 sekund! Są to, z reguły, ostatnie minuty roku (31 grudnia od godz. 23:59) lub półrocza (30 czerwca). Ową dodatkową sekundę, zwaną *przestępną*, wprowadza się nieregularnie – tak, aby nasze zegary wskazywały czas możliwie dokładnie (w granicach 0.9 sekundy) zsynchronizowany z pewnym średnim czasem słonecznym odzwierciedlającym rzeczywisty kąt obrotu Ziemi względem Słońca i gwiazd. Jest to bardzo ważne w nawigacji, gdzie na podstawie obserwacji astronomicznych i odczytu czasu wyznacza się długość geograficzną. W praktyce, sygnały czasu UTC przesyła się wraz z kodem, który niesie dodatkowe informacje o różnicy między UTC i czasem astronomicznym oznaczanym jako UT1 – tak, by użytkownicy mieli zawsze dostęp do czasu astronomicznego z dokładnością 0.1 sekundy.

Po trzecie wreszcie, nawet TAI nie jest właściwym czasem atomowym,

Ważniejsze daty w historii rozwoju skal czasu

~500 r. p. n. e. Znane są już nieregularności czasu słonecznego prawdziwego
~1630 r. Od tego roku znany jest dokładny czas efemeryd (wyznaczony wstecz na podstawie historycznych obserwacji ciał Układu Słonecznego)
1884 r. Wprowadzenie GMT – średniego czasu słonecznego Greenwich liczonego od południa
1925 r. Zdefiniowanie czasu uniwersalnego, UT, jak GMT lecz liczonego od północy
1952 r. Definicja czasu efemeryd, ET
1955 r. Definicja średniego czasu uniwersalnego, UT1: czas obserwacyjny z wygładzonym ruchem bieguna Ziemi
1955 r. Początek regularnej służby czasu w oparciu o wzorce atomowe (cezowe)
1959 r. Koordynacja niektórych sygnałów czasu atomowego
1960 r. Przyjęcie sekundy ET do międzynarodowego układu jednostek (SI; pozostała tu przez 7 lat)
~1960 r. UT1 staje się parametrem (rotacyjnej) orientacji Ziemi
1965 r. Nawiązanie koordynowanego czasu uniwersalnego, UTC, do atomowego czasu BIH (Bureau International de l'Heure)
1967 r. Sekunda atomowa jest jednostką SI
1971 r. Czas atomowy BIH staje się międzynarodowym czasem atomowym, TAI
1972 r. Wprowadzenie sekund przestępnych do UTC
1976 r. Zdefiniowanie czasów dynamicznych: ziemskiego (TDT) i barycentrycznego (TDB)
1985 r. ET zostaje formalnie zastąpiony przez TDT i TDB

Wyznaczanie długości geograficznej



Ilustracja zasady wyznaczania długości geograficznej na podstawie prawie jednoczesnych pomiarów wysokości dwóch ciał. Punkty podgwiezdne znajdują się w środkach małych okręgów, a wyznaczana pozycja – na jednym z dwóch punktów przecięcia się tychże okręgów.

lecz pewną średnią ze wskazań wielu fizycznych realizacji zegarów atomowych rozmieszczonych w różnych laboratoriach na całym świecie (w 1990 r. użyto znacznie ponad 100 wzorców spośród około 350-ciu, którymi dysponują 53 stacje służby czasu). Do TAI mają wkład także polskie stacje prowadzone przez Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości w Warszawie oraz Astronomiczne Obserwatorium Szerokościowe w Borowcu (koło Poznania), które dysponują zegarami opartymi na wzorcach cezowych.

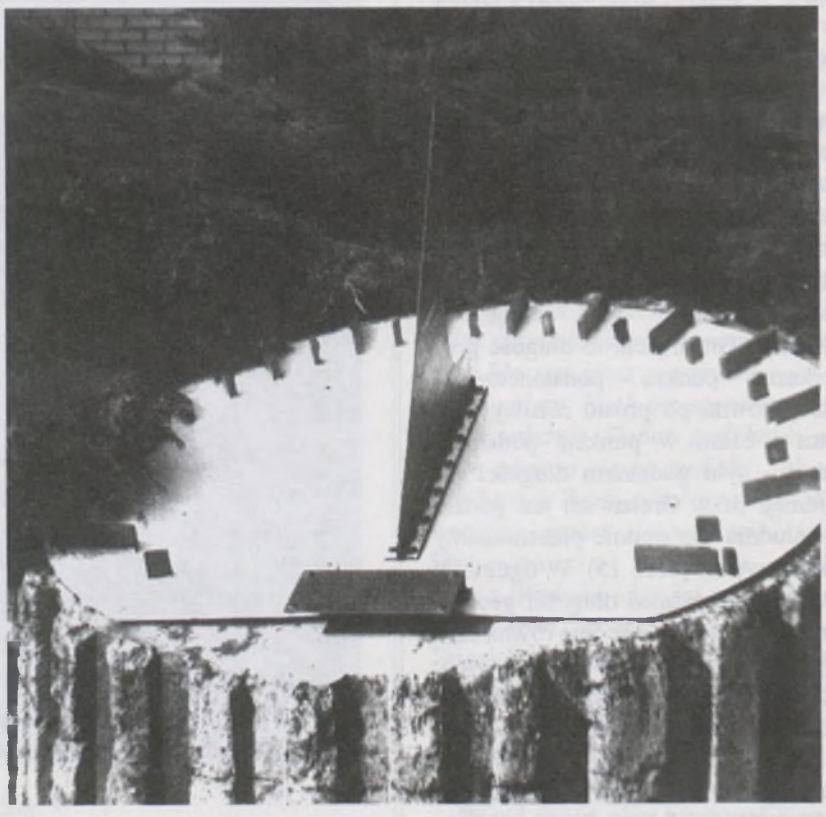
Nie należy mylić omawianego tutaj czasu koordynowanego z pojęciem określanym w literaturze przymiotnikiem *coordinate*. Ten drugi odnosi się do czegoś, co po polsku moglibyśmy nazwać *współrzędną czasową* w czterowymiarowej czasoprzestrzeni. W teoriach „ogólno-względnościowych" definiuje się go zwykle jako *właściwy* czas pewnego hipotetycznego zegara standartowego, który spoczywa w początku przestrzennego układu współrzędnych w wybranym systemie odniesienia. Wspomniany czas właściwy wyznaczany jest jedynie przez tykanie owego idealizowanego zegara atomowego odizolowanego od wszystkich możliwych czynników zewnętrznych (pole magnetyczne, temperatura i in.).

Czas a długość geograficzna

29 września 1707 r. 21 statków angielskiej floty wyruszyło z Gibraltaru do Anglii. Sztormy i deszcze nękały żeglarzy przez większość czasu podróży. 21 października niebo rozjaśniło się na tyle, że można było wykonać pomiary szerokości geograficznej i głębokości morza. Wszystko wskazywało, że armada znajduje się na skraju szelfu kontynentalnego. Następnego dnia 3 statki skierowały się do portu Falmouth (na południu Wielkiej Brytanii). Cały ten dzień Słońce nie wyjrzało zza chmur. Pozostałe 18 statków, uznając, że znajdują się u wejścia do kanału La Manche, skierowano na wschód. W tym samym dniu trzy statki wpadły na skaliste rafy wybrzeży Sycylii! Nieco później, jeszcze dwie inne jednostki zatonęły z podobnych przyczyn. Tragiczna strata statków i blisko 2000 ludzi głęboko wstrząsnęła Anglią. Za główną przyczynę uznano niemożność wyznaczenia długości geograficznej na morzu. W kilka lat po tym wydarzeniu, w 1714 r., parlament brytyjski ustanowił wysoką nagrodę (w przeliczeniu na dzisiejsze pieniądze byłoby to około pół miliona funtów szterlingów) dla wynalazcy sposobu określania długości geograficznej na statkach.

Lwia część nagrody przypadła J. Harrisonowi za skonstruowanie specjalnego zegara. Sama historia walki Harrisona o nagrodę jest długa i ciekawa. Wystarczy powiedzieć, że cała praca zajęła mu 48 lat i że wykonał on kilka zegarów. Pierwsze trzy modele ważyły po 30 – 50 kg, ale czwarty (z 1759 r., po 45 latach od uchwały parlamentu) był już prawie miniaturowy – miał średnicę 5 cali.

Wyznaczanie długości geograficznej opiera się na mierzeniu odległości zenitalnej dowolnego obiektu i zanotowaniu momentu pomiaru. Musimy przy tym znać współrzędne (rekta-



Zegar słoneczny w Piwnicach pod Toruniem.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

Zegar słoneczny.
Katedra we Włocławku.

Historia sekund przestępnych

Do końca 1971 r. skalę UTC koordynowano do rotacji Ziemi w sposób ciągły przez zmianę szybkości chodu zegarów. W tamtym okresie różnica między UTC i UT2 była utrzymywana w granicach ±0.2 s. Obecnie zegary UTC przestawia się skokowo przez wprowadzanie sekund przestępnych na końcach lat lub półroczy – tak, by skala UTC nie odbiegła od UT1 o więcej niż 0.9 s.

Różnice TAI – UTC

Okres (od – do)			Różnica
1972 I 1	–	1972 VI 30	10 s
1972 VII 1	–	1972 XII 31	11 s
1973 I 1	–	1973 XII 31	12 s
1974 I 1	–	1974 XII 31	13 s
1975 I 1	–	1975 XII 31	14 s
1976 I 1	–	1976 XII 31	15 s
1977 I 1	–	1977 XII 31	16 s
1978 I 1	–	1978 XII 31	17 s
1979 I 1	–	1979 XII 31	18 s
1980 I 1	–	1981 VI 30	19 s
1981 VII 1	–	1982 VI 30	20 s
1982 VII 1	–	1983 VI 30	21 s
1983 VII 1	–	1985 VI 30	22 s
1985 VII 1	–	1987 XII 31	23 s
1988 I 1	–	1989 XII 31	24 s
1990 I 1	–	1990 XII 31	25 s
1991 I 1	–	1992 VI 30	26 s
1992 VII 1	–		27 s

scensję i deklinację) danego obiektu. Idea wyznaczania sprowadza się do naniesienia na globus *punktu podgwiezdnego (podsłonecznego)*, tj. punktu na Ziemi, w którym nasz obiekt znajduje się w zenicie. Leży on na szerokości geograficznej równej deklinacji obiektu, zaś jego długość geograficzna jest funkcją momentu pomiaru i rektascensji. W przypadku, gdy obiektem jest Słońce, od razu wiemy, że w punkcie podsłonecznym jest południe, czyli 12 godz. czasu słonecznego prawdziwego. Gdyby nasz pokładowy zegar mierzył czas prawdziwy, jaki panuje na południku Greenwich, to długość geograficzna punktu podsłonecznego byłaby równa po prostu różnicy tego czasu i czasu w punkcie podsłonecznym – tylu godzinom długości zachodniej, ile w Greenwich jest godzin po południu (na stopnie przechodzimy mnożąc wynik przez 15). W ogólności powiemy, że różnica długości geograficznych dwóch miejsc jest równa różnicy dowolnych czasów miejscowych, z zastrzeżeniem, że na wschód od Greenwich długości mierzymy dodatnio. Jeśli w celach nawigacyjnych użyliśmy gwiazdy, a nie Słońca, to skorzystamy z faktu, że w punkcie podgwiezdnym jest wtedy godzina czasu gwiazdowego równa rektascensji obiektu. Kiedy już nanieśliśmy omawiany punkt na globusie, to wiemy, że nasz jacht (statek) znajduje się na okręgu małym o promieniu równym zmierzonej odległości zenitalnej nary-

Czas letni w Polsce

Dla oszczędności energii na okres letni (marzec/kwiecień – wrzesień/październik) w wielu krajach wprowadza się czas urzędowy o godzinę późniejszy (co oznacza liczbowo większe godziny) od strefowego (zwanego też w tym kontekście zimowym). Jeśli redukujemy czas jakiegoś zjawiska zaobserwowanego przez „cywilów", to musimy uwzględnić okoliczność, że prawdopodobnie posługiwali się oni czasem urzędowym. Poniższa tabelka może okazać się pomocna także dla astrologów, obliczających horoskopy urodzeniowe. Podajemy w niej momenty w czasie środkowoeuropejskim (CSE) przestawiania zegarów z czasu zimowego na letni i letniego na zimowy w Polsce. Dane do 1987 r. wzięliśmy z *Rocznika Astronomicznego 1988*.

r	m	d	h		m	d	h	r	m	d	h		m	d	h
1946	IV	14	0	–	X	7	2	1979	IV	1	1	–	IX	30	1
1947	V	4	2	–	X	5	2	1980	IV	6	1	–	IX	30	1
1948	IV	18	2	–	X	3	2	1981	III	29	1	–	IX	28	1
1949	IV	10	2	–	X	2	2	1982	III	28	1	–	IX	27	1
1957	VI	2	1	–	IX	29	1	1983	III	27	1	–	IX	26	1
1958	III	30	1	–	IX	28	1	1984	III	25	1	–	IX	25	1
1959	V	31	1	–	X	4	1	1985	III	31	1	–	IX	30	1
1960	IV	3	1	–	X	2	1	1986	III	30	1	–	IX	28	1
1961	V	28	1	–	X	1	1	1987	III	29	1	–	IX	27	1
1962	V	27	1	–	IX	30	1	1988	III	27	2	–	IX	25	2
1963	V	26	1	–	IX	29	1	1989	III	26	2	–	IX	24	2
1964	V	31	1	–	IX	27	1	1990	III	25	2	–	IX	30	2
1977	IV	3	1	–	IX	25	1	1991	III	31	2	–	IX	29	2
1978	IV	2	1	–	X	1	1	1992	III	29	2	–	IX	27	2

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA TORUŃ

sowanym wokół tego punktu. Jest to tzw. *koło Sumnera*. Dwa lub więcej podobnych kół uzyskanych z pomiarów tego samego lub kilku ciał niebieskich wskażą jednoznacznie pozycję na globusie jako miejsce przecięcia się tych kół. W praktyce nie posługujemy się globusem lecz mapą i wtedy nie rysujemy okręgów lecz tylko krótkie odcinki doń styczne w pobliżu spodziewanej pozycji na mapie i nazywane *liniami pozycyjnymi*.

Równanie, które nie jest równaniem

Najprostszym narzędziem do mierzenia czasu jest pionowy słupek zwany *gnomonem*. Za jego pomocą liczono w zasadzie nierówne godziny, chociaż opracowano także zegary słoneczne odmierzające godziny równe, wskazujące zatem czas słoneczny średni. Już do V w. p. n. e. gnomon pomógł stwierdzić, że wszystkie *pory roku* (ograniczane przez położenie Słońca w punktach równonocy i przesileń) trwają w przybliżeniu jednakowo długo. Jednocześnie jednak zauważono, że w pewnych okresach Słońce wędruje po niebie szybciej niż w innych. Dziś ruch Słońca znamy bardzo dobrze. Już Mikołaj Kopernik w swych *O obrotach* pisał, *że jest on trojaki. Pierwszy, który Grecy – jak powiedzieliśmy – nazywają nychthemerinos, tj. ruchem nocodziennym, jest obrotem swoistym i bezpośrednim dla dnia i nocy, dokonującym się dokoła osi ziemskiej z zachodu na wschód, wobec czego ma się wrażenie, że świat obraca się w przeciwnym kierunku; opisuje on koło równonocne, które niektórzy nazywają kołem równodziennym, idąc w tym za Grekami, u których nosi ono nazwę isemerinos. Drugi jest roczny ruch środka Ziemi, który zakreśla koło zodiaku dookoła Słońca, również z zachodu na wschód, tj. za porządkiem znaków zwierzyńca, przebiegając – jak powiedzieliśmy – pomiędzy Wenus i Marsem wraz ze wszystkim, co do Ziemi należy. Ruch ten sprawia, że na pozór właśnie Słońce podobnym ruchem posuwa się po zodiaku: tak np. gdy środek Ziemi przebiega znak Koziorożca odnosi się wrażenie, jakby Słońce szło przez znak Raka, a oglądane z Wodnika idzie po znaku Lwa, i tak po kolei, jak o tym była już mowa.* Trzeci ruch Kopernik widział w zmiennym (gdy patrzymy ze Słońca) położeniu osi rotacji Ziemi względem gwiazd, zauważając jednak, że w istocie oś ta ma stały kierunek.

Ponad to, co nam przekazał Kopernik, wiemy obecnie, że niewielkie róż-

Geneza obecnego związku GMST i UT1

Czas gwiazdowy jest kątem godzinnym dowolnego obiektu zwiększonym o jego rektascensję. Ponieważ czas słoneczny określa kąt godzinny Słońca (±12 godzin), relacja czasu gwiazdowego do słonecznego średniego wynika wprost z matematycznej definicji rektascensji Słońca średniego. Ta ostatnia definicja ma postać

$$\alpha_\odot = \alpha_0 + \mu T + p$$

w której uwzględniono efekt precesji układu współrzędnych (p, w tym tzw. precesja planetarna), aberrację światła (w stałej α_0) oraz liniowy człon proporcjonalny do upływu czasu słonecznego średniego (uniwersalnego, UT1), oznaczonego tutaj przez T dla wskazania, że zwyczajowo wyraża się go w innych jednostkach – w *stuleciach juliańskich* po 36525 dni liczonych od południa 1 stycznia 2000 r.; μ jest średnią szybkością ruchu Słońca względem gwiazd. Problem leży w tym, że precesję w rektascensji wyraża się w funkcji czasu efemeryd (T'), mówmy $p = aT' + bT'^2 + cT'^3$, gdzie a, b i c są znanymi stałymi, zaś ruch średni (człon μT) – w funkcji czasu rotacyjnego (T). W najnowszym określeniu czasu gwiazdowego (obowiązuje od 1984 r.) zaniedbano różnice między T i T' podając definicję w formie wielomianu trzeciego stopnia T

$$\mathrm{GMST} - \mathrm{UT1} = \alpha_\odot + 12^h =$$
$$= \alpha_0 + (\mu + a)T + bT^{-2} + cT^{-3} + 12^h$$

(GMST jest popularnym skrótem na Greenwich Mean Sidereal Time). Jak widać, drugi ze znaków równości w powyższej definicji jest „naciągany". W istocie, na przestrzeni niewielu wieków różnice $T–T'$ są zaniedbywalnie małe. Mimo to nową definicję czasu gwiazdowego trzeba uznać za koncepcyjnie niefortunną.

Prawdziwy czas gwiazdowy, GAST (Greenwich Apparent Sidereal Time), otrzymamy dodając do czasu średniego, GMST, poprawkę na efekt nutacji nazywaną nutacją w rektascensji albo *równaniem równonocy*: $\Delta\psi\cos\varepsilon$, gdzie $\Delta\psi$ jest nutacją w długości ekliptycznej, a ε – nachyleniem ekliptyki do równika niebieskiego (tj. ok. 23.5°).

Zegar słoneczny.
Gdańsk, Ratusz Staromiejski.

Ekspedycja Magellana i granica zmiany daty

Pierwszymi, którzy doświadczyli – dość boleśnie zresztą – potrzeby ustalenia południka zmiany daty, byli nieliczni, którzy powrócili z odkrywczej 5–fregatowej wyprawy Magellana (Fernão de Magalhães) wokół Ziemi. Po trzech latach (bez dwóch tygodni) podróży, 6 września 1522 r., jedyny ocalały statek – karawela „Victoria"" – pojawił się u ujścia Gwadalkiwiru w rodzinnej Hiszpanii bez samego Magellana i z zaledwie 18 ludźmi na pokładzie (ekspedycja liczyła 265 osób). Radosna wieść zmieszała się z nieukrywaną zgrozą kiedy okazało się, że mimo skrupulatnego prowadzenia dziennika pokładowego zgubiono w rachubie jeden dzień! Faktycznie już na dwa miesiące wcześniej, odwiedzając Wyspy Zielonego Przylądka w celu uzupełnienia zapasów, załoga dowiedziała się, że tubylcy mają czwartek, gdy na statku trwała dopiero środa. Pośpieszne błagalne modły wycieńczonych podróżników po osiągnięciu Sewilli wynikały nie z żalu straconego dnia, lecz z powodu domniemania obrazy Boga – wszak nie świętowano wielu, jeśli nie większości, z dni świątecznych przypadających w ciągu trzech lat.

Dzisiaj podróżnicy nie mają takich problemów, gdyż – oprócz, zda się, mniejszej bogobojności – na Ziemi, w pobliżu południka 180°, wyznaczono *granicę zmiany daty* i wszyscy przekraczający tę umowną linię mają obowiązek zmienić datę o jeden dzień w swoich rachunkach. Jeśli płyną lub lecą zgodnie z ruchem Słońca po nieboskłonie – niejako gonią zachodzące Słońce tak, jak ongiś Magellan, muszą wyrwać jedną ekstra kartkę z kalendarza. Gdy zaś przekraczają tę granicę podróżując z zachodu na wschód, np. z Azji w kierunku Ameryki, winni przez dwa dni pozostawać przy tej samej dacie.

Pozorna strata lub zysk jednego dnia wynika z tego, że podróżujący wokół wirującej Ziemi albo to wirowanie przyśpieszy, albo zwolni – skracając lub wydłużając własne doby. Różnice długości dób względem obserwatora spoczywającego sumują się dokładnie do pełnej doby po okrążeniu Ziemi. Gdyby podróżny cały czas używał np. zegarka z datownikiem i nie regulował jego wskazań, to po powrocie miałby poprawny czas i datę (zaniedbując oczywiście efekty relatywistyczne).

nice w długościach pór roku (np. lato u nas trwa 94 dni, a zima tylko 89) spowodowane są eliptycznością orbity Ziemi. To, że mała półoś tej orbity jest krótsza od wielkiej ledwie o 0,014 %, prowadzi do zmiennej prędkości Słońca – widzianego z Ziemi w ruchu na tle gwiazd – w granicach od 0.95 (latem na północnej półkuli Ziemi) do 1.02 stopnia na dobę (zimą – wtedy Ziemia jest najbliżej Słońca). Każdy przyrost prędkości Słońca *spowalnia* jego ruch mierzony przez obserwatora na powierzchni rotującej w tę samą stronę (ale znacznie szybciej) Ziemi. Oznacza to minimalne wprawdzie, ale jednak wydłużenie dnia czy doby. Zmiany te są w przybliżeniu sinusoidalne i oczywiście noszą znamię okresu orbitalnego – pełnego roku.

Wszakże nawet gdyby wokółsłoneczna orbita Matki Ziemi była idealnie kolista, to i tak odstęp między kolejnymi dołowaniami Słońca, czyli doba słoneczna, byłby zmienny z powodu nachylenia osi dobowego obrotu Ziemi względem płaszczyzny jej orbity (płaszczyzna ta przecina sferę niebieską wzdłuż ekliptyki). Efekt ten rozpoznamy równie łatwo jak poprzedni zauważając, że im bliżej bieguna nieba przebiega określony odcinek ekliptyki, tym więcej obejmuje południków (większy zakres *rektascensji*). Ponieważ dwukrotnie w ciągu roku Słońce osiąga punkty przesileń (jest wtedy najbliżej któregoś z biegunów), toteż możemy oczekiwać półrocznego okresu w sinusoidalnych zmianach długości doby spowodowanych tym czynnikiem.

Oba przyczynki – eliptyczność i nachylenie orbity Ziemi – sprawiają, że obserwowany ruch Słońca po nieboskłonie jest nierównomierny. W istocie do omówionej nierównomierności dodają się jeszcze inne, drobniejsze przyczynki spowodowane grawitacyjnym oddziaływaniem Księżyca i planet na ruch Ziemi. W sumie jednak odstępstwa od ruchu jednostajnego są niewielkie: czas (słoneczny) prawdziwy różni się od jednostajnego (słonecznego średniego) o co najwyżej kilkanaście minut. Ta zmienna różnica nazywana jest *równaniem czasu*. Nie jest to zatem równanie w sensie matematycznym, lecz wielkość wyrażająca nierównomierność upływu czasu słonecznego prawdziwego. Jeśli dodamy wartość równania czasu (odczytaną z rocznika astronomicznego) do czasu średniego (który wskazują nasze zegarki), to otrzymamy czas prawdziwy dla południka odpowiedniej strefy (którego długość geograficzna jest równa całkowitej wielokrotności 15 stopni).

Czasy rotacyjne

Tak nazywa się skale czasu oparte o rotację Ziemi liczoną względem gwiazd lub Słońca. Takimi były ongiś, jak już wspominaliśmy, czasy strefowe. Idea zegarów wskazujących czasy rotacyjne jest prosta. Posługując się wyobraźnią zamocujmy widzialną siatkę południków – takich samych, jak na szkolnym globusie – na sklepieniu nieba w miejscu biegunów nieba i w punkcie równonocy wiosennej (punkcie Barana) opisując na południkach podziałkę godzinową, od 0^h (w punkcie Barana) do 23^h, rosnąco w kierunku od zachodu ku wschodowi. Powstaje w ten sposób układ współrzędnych znany w astronomii jako równikowy (z rektascensją jako naszą podziałką godzinową).

Zainstalujmy teraz w miejscu obserwacji, sztywno do Ziemi, wskazówkę skierowaną gdzieś nad punkt południa na horyzoncie, tj. na *południk miejscowy* – najlepiej na równik niebieski, który znajduje się o szerokość geograficzną miejsca obserwacji poniżej zenitu w kierunku punktu południa. Wskazówka taka pokazuje *prawdziwy czas gwiazdowy*, który odczytujemy jako rektascensję południka przechodzącego właśnie przed wskazówką. Oczywiście, dokładnie w ciągu doby (gwiazdowej) przed wskazówką przedefilują wszystkie południki.

Analogicznie skonstruowalibyśmy zegar *prawdziwego czasu słonecznego* mocując siatkę południków niebieskich tak, by południk o rektascensji 12^h przechodził zawsze przez Słońce. Zegary czasów *średnich* różnią się tylko miejscem przywiązania siatki współrzędnych: do średniego punktu równonocy (czas gwiazdowy) bądź do tzw. *średniego słońca* (poruszającego się z okresem Słońca rzeczywistego, ale równomiernie i po równiku niebieskim, a nie po ekliptyce).

Mając w pamięci zaproponowany model z dziecinną łatwością dostrzega-

my, że np. różnica czasów lokalnych dwóch miejsc jest różnicą ich długości geograficznych (nasze zegary miejscowe używają tej samej „tarczy", zaś wskazówki są skierowane w płaszczyznach odpowiednich południków miejscowych, a więc i południków geograficznych). Ponieważ „tarcze" zegara słonecznego i gwiazdowego są obrócone względem siebie o rektascensję słońca średniego (albo prawdziwego) zwiększoną o 12^h, to dokładnie o tyle różnią się czasy słoneczne od gwiazdowych. Wystarczy zatem umieć obliczać rektascensję Słońca, by móc podać czas gwiazdowy. I rzeczywiście, astronomowie na co dzień posługują się matematyczną zależnością pozwalającą obliczać średni czas gwiazdowy w Greenwich, GMST (Greenwich Mean Sidereal Time), w funkcji czasu uniwersalnego, UT.

Rejestrując chwile (według dowolnej skali czasu) przejść gwiazd o znanych rektascensiach nad punktem południa możemy bezpośrednio powiązać owe chwile z czasem gwiazdowym. Na tej też zasadzie opiera się obserwacyjne wyznaczanie czasu gwiazdowego i jego związku z czasem uniwersalnym – czasem słonecznym średnim geograficznego południka Greenwich.

Zegar słoneczny.
Inowrocław. Rynek.

Ten dość prosty opis czasów rotacyjnych komplikuje się nieco wskutek ruchów osi rotacji Ziemi i samej Ziemi względem tej osi. Każdy ruch płyty tektonicznej, na której znajduje się obserwator, każde wahnięcie całego globu jest jednoznaczne z pewnym przesunięciem wskazówki naszego zegara, a więc z odstępstwem od oczekiwanego zliczania równomiernych interwałów czasu.

Czas obserwacyjny wynikający z rejestracji momentów kulminacji gwiazd można przeliczyć na czas słoneczny średni południka Greenwich przez proste odjęcie długości geograficznej miejsca obserwacji, λ. Oznacza się go wtedy przez UT0 i niekiedy nazywa *uniwersalnym prawdziwym*. Poprawienie UT0 na efekt ruchu bieguna Ziemi względem skorupy ziemskiej daje skalę nieco bardziej jednostajną – czas UT1, tj. czas *uniwersalny średni*. Jest to ten czas, który najczęściej mają na myśli astronomowie mówiąc o czasie uniwersalnym i który występuje m.in. we wspomnianej formule na czas gwiazdowy (GMST). Czasami wykorzystuje się też odmianę UT1R, w której nie ma efektu równoleżnikowych składowych pływów skorupy ziemskiej o wartościach dochodzących do 0.17^s. Wreszcie, UT1 poprawia się na niewielkie zmiany o rocznej cykliczności związane z sezonowymi przemieszczeniami mas powietrznych i wodnych naszej planety. Ten uniwersalny czas oznacza się przez UT2 i nazywa *quasi–jednostajnym*. To ta skala była podstawą sygnałów czasu do 1972 r.

O ile wyżej wymienione efekty zmieniały położenie wskazówki naszego wyimaginowanego zegara, to wpływ na czas rotacyjny ruchów osi obrotu Ziemi w przestrzeni – względem odległych gwiazd – niejako przemieszcza jego tarczę. Te ruchy to przede wszystkim *precesja* i *nutacja*. Precesja powoduje dość równomierny ruch osi świata (też: punktu Barana) wokół bieguna ekliptyki, zaś nutacja, to niewielkie oscylacje osi ziemskiej wokół położenia wyznaczonego jej precesją. O ile precesję uwzględnia się zawsze w rachunkach związanych z czasem rotacyjnym (poprzez związanie rektascensji z precesującym punktem Barana), o tyle nutacja ma wpływ jedynie na czasy *prawdziwe* (słoneczny i gwiazdowy), zaś jest pomijana w czasach *średnich*.

Skale czasu oparte o rotację Ziemi względem gwiazd i Słońca są, jak widzimy, niejednostajne. Nawet wygładzenie okresowych (periodycznych) zmian obserwowanej szybkości rotacji Ziemi pozostawia jeszcze systematyczny, słabo wyznaczony trend spowodowany wyhamowywaniem obrotów naszej planety przez pływy – głównie księżycowe. Problemem jest to, że nie znamy zadowalająco dokładnie wielkości owego spowalniania, gdyż jest ono nieregularne, a zatem raczej nieprzewidywalne na dalszą przyszłość. Również przeszłej historii obrotów Ziemi nie znamy zbyt dobrze.

Czas dynamiczny

W związku z tym, co powiedzieliśmy o czasach rotacyjnych wydaje się logiczniejsze oparcie rachuby czasu na bardziej stabilnym obiegu Ziemi wokół Słońca. Oczywiście, chodzi tutaj o pewien średni obieg, gdyż rzeczywisty ruch Ziemi po orbicie wokółsłonecznej jest niejednostajny, o czym już wspomniałem w kontekście równania czasu. Na nasze nieszczęście, także w ruchu słońca średniego obserwuje się składniki wolnozmienne (mówimy: wiekowe) – systematyczne odstępstwa od ruchu keplerowskiego wyrażające się nieokresowymi funkcjami wyższego rzędu. Z tego to powodu definicyjną sekundą efemerydalną – swego czasu jednostką SI – określono odpowiedni ułamek wskazanego, nie zaś dowolnego, roku zwrotnikowego (pamiętajmy, że np. rok 1993 będzie krótszy od 1900 o około pół sekundy).

Na marginesie tej dyskusji warto sprostować mniemanie, jakoby skracanie długości roku zwrotnikowego wynikało jedynie z wpływu rotacji układów współrzędnych (precesja) – jak to sugerował Ludwik Zajdler w

swej skądinąd godnej polecenia książce *Dzieje zegara*. Na długość tego roku składają się także wiekowe zmiany w średniej długości ekliptycznej Słońca liczonej względem układu inercjalnego (nieprecesującego).

Ruch Ziemi wokół Słońca, tak jak i ruch innych ciał niebieskich, opisują prawa fizyki – przede wszystkim ciążenie powszechne, ale także zjawiska takie, jak ciśnienie promieniowania, tarcia pływowe czy efekty relatywistyczne. Astronomia wypracowała bardzo dokładne teorie ruchu ciał Układu Słonecznego pozwalające przewidywać ich położenia na tysiące lat w przód i wstecz. Teorię analityczną czy półanalityczną możemy wyobrazić sobie jako zestaw dość złożonych (ilościowo, a prostych jakościowo) wzorów matematycznych, z których każdy wyraża jedną z trzech współrzędnych przestrzennych danego ciała w funkcji *czasu*. Chodzi tutaj o czas *jednostajny* – taki sam, jaki występuje w znanym nam ze szkoły wzorze na drogę: $gt^2/2$. Ponieważ jest on argumentem efemeryd, tj. tabel zawierających położenia planet w równych odstępach czasu (zwykle co dobę), i jest zarazem argumentem układów równań mechaniki nieba, z których wynikają wspomniane teorie ruchu dające te efemerydy, to nazwano go *czasem efemeryd*, ET (od Ephemeris Time). Mówi się o nim, że jest czasem dynamicznym, gdyż rządzi ruchem (poprzez układy równań ruchu). Że czas efemeryd jest rzeczywiście jednostajnym potwierdzają porównania z czasem atomowym. Niestety, porównania takie są ograniczone dokładnością pomiarów astronomicznych, która ustępuje znacznie precyzji pomiarów czasu atomowego.

Kiedy mówimy, że określonego dnia o takiej i takiej godzinie nastąpi złączenie takiej planety z inną, to jest to precyzyjne wskazanie momentu obserwowanego zjawiska. Obserwatorzy jednak stwierdzą, że ich zegary czasu uniwersalnego wskazały inną godzinę, niż podano w efemerydzie zjawiska. Różnica tych dwóch czasów, $\Delta T = ET - UT1$, jest dobrym miernikiem niejednostajności skali UT1 i naturalnie wcale nie musi świadczyć źle ani o ET, ani o solidności teorii astronomicznych. Na początku naszego wieku, i w całym XIX w., ΔT było bliskie zera lecz później powoli ale systematycznie rosło osiągając obecnie około 60 s. Także we wcześniejszych epokach różnica między czasem efemeryd i uniwersalnym była większa od zera i przybywało jej w przybliżeniu 25 s z kwadratem ilości wieków licząc od początku XIX w.

Zegar słoneczny.
Kościół Mariacki, Kraków.

Niestety, teorie ruchu ciał Układu Słonecznego, chociaż się nimi szczycimy, nie są jednak doskonałe. Niedokładności ujawniają się szczególnie wyraźnie na długich interwałach czasu – setek i tysięcy lat. Przy tym różne ciała mają różne błędy obliczanych pozycji. Niewątpliwie najlepiej znamy ruch Ziemi wokół Słońca. Wyznaczanie położenia Słońca na tle gwiazd jest jednak trudne i na dobitkę pozorny ruch tego obiektu jest zbyt powolny– około 1°/dobę albo 1/24″/s. Zauważamy stąd łatwo, że błąd 0.5″ w pozycji Słońca odpowiada zmianie argumentu teorii ruchu (tj. czasu efemeryd) o 12^s. Zatem, aby zmierzyć jakiś interwał ET z względną dokładnością 10^{-8} trzeba, aby ten interwał wynosił $12^s \cdot 10^8$ czyli około 38 lat.

Księżyc porusza się po niebie około 13 razy szybciej od Słońca, powinien więc być lepszym obiektem do wyznaczeń czasu efemeryd. Jest tak rzeczywiście, ale tutaj mamy także pewien szkopuł. Pływy wywołane na Ziemi przez Księżyc nie tylko wyhamowują rotację naszej planety, ale nadają także – poprzez oddziaływanie grawitacyjne – pewne przyśpieszenie w ruchu orbitalnym tego satelity. Przyśpieszenie to nieznacznie zwiększa rozmiary orbity Księżyca i efektywnie zmniejsza jego prędkość kątową. Wartość *deceleracji* (ujemnego przyśpieszenia) nie jest niestety dobrze wyznaczona: około -23″ według pomiarów współczesnych, a około -26″ na wiek w ciągu wieku, tj. na wiek do kwadratu, według obserwacji historycznych. Skale czasu efemeryd wyznaczane z ruchu naszego naturalnego satelity odróżnia się od skali słonecznej (ET) oznaczeniem ETi, gdzie wskaźnik i może przyjmować wartości 0, 1 lub 2, w zależności od użytej teorii ruchu Księżyca.

Astronomia pasożyt

Wszystkie kłopoty z jednostką czasu biorą się właśnie z jej astronomicznego aspektu. Z dostarczycielki miary czasu astronomia niespodziewanie stała się jej balastem! Jest też konsumentką tej usługi, i to konsumentką wymagającą.

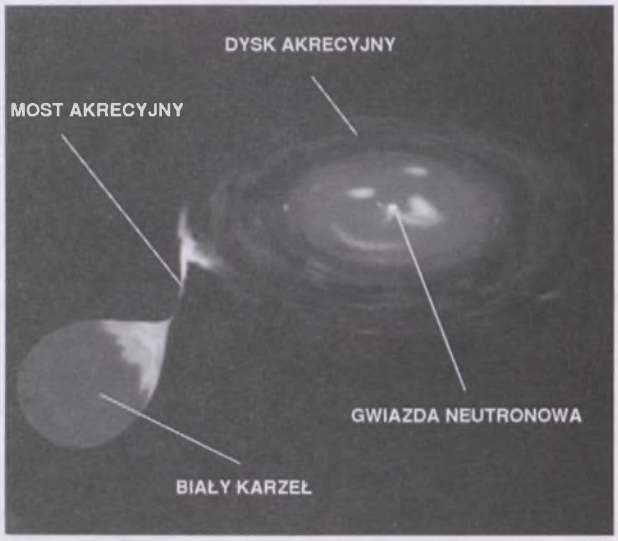
Większość obserwacji astronomicznych nie wymaga jakiejś szczególnej precyzji przy pomiarze czasu. Są jednak wyjątki – ale o tym innym razem.

Kazimierz M. Borkowski jest pracownikiem Katedry Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Bydgoski fotografik, Karol Wenerski jest znanym nie tylko w swoim mieście miłośnikiem astronomii, cenionym i lubianym opiekunem „astronomicznej" młodzieży.

Tajemnicze źródło rozbłysków rentgenowskich w gromadzie kulistej NGC 6624 zidentyfikowane!

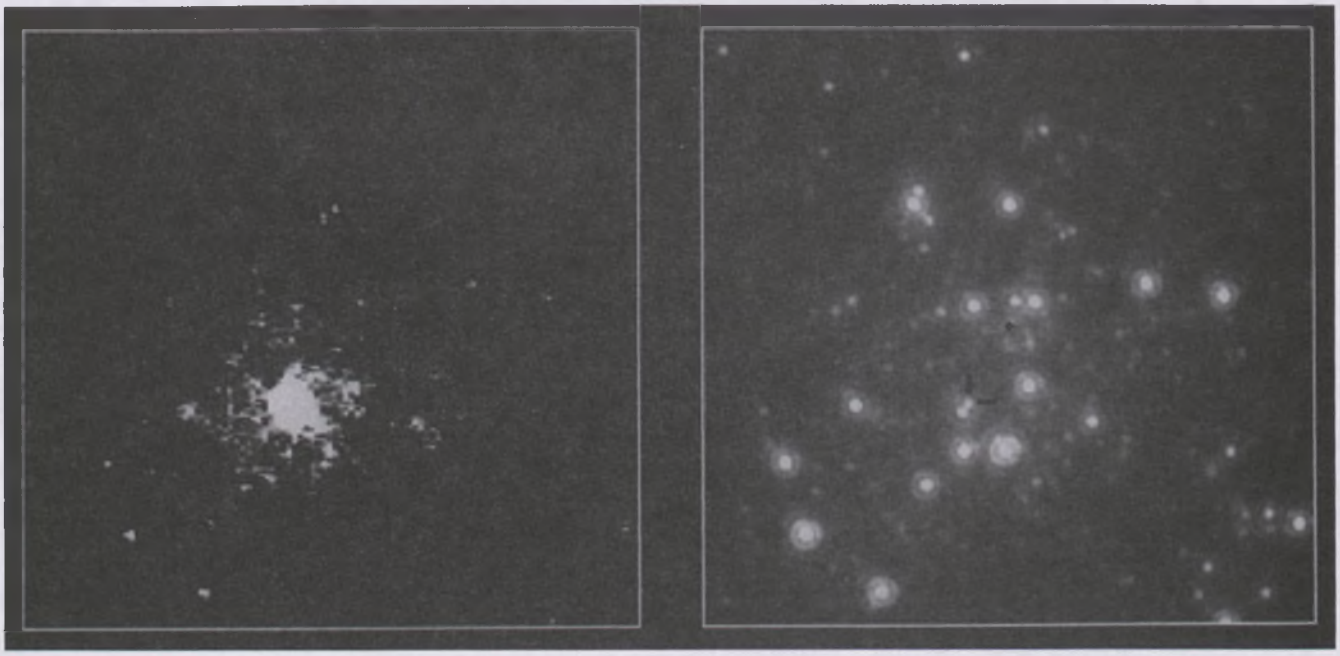
Jasne źródło rentgenowskie 4U 1820–30 zostało odkryte w latach 70-tych przy okazji przeglądu nieba prowadzonego za pomocą satelity rentgenowskiego UHURU. Obiekt ten należy do tzw. bersterów rentgenowskich i leży w sercu gromady kulistej NGC 6624, znajdującej się w gwiazdozbiorze Strzelca, w odległości 28 tysięcy lat świetlnych. Aczkolwiek astronomowie od dawna przypuszczali, że berstery występują w układach podwójnych gwiazd, jednakże ich lokalizacja w gęstych jądrach gromad kulistych praktycznie uniemożliwiała identyfikację ich optycznych odpowiedników.

Ostatnio sytuacja uległa zmianie. Dzięki porównaniu obrazów jądra NGC 6624, uzyskanych w widzialnym – niebieskim (zdjęcie z prawej) oraz w ultrafioletowym zakresie widma (zdjęcie z lewej), przy pomocy kamery FOC Teleskopu Kosmicznego, identyfikacja źródła 4U 1820–30 stała się faktem. Zdjęcie z lewej pokazuje, że jasność ultrafioletowa jednej z gwiazd wielokrotnie przewyższa jasności wszystkich pozostałych gwiazd w centrum gromady. Praktycznie wszystkie słabsze gwiazdy na tym zdjęciu pokrywają się z bardzo jasnymi gwiazdami na zdjęciu z prawej. Są to wszystko chłodne, czerwone gwiazdy. Pozycja naszego niezwykle jasnego w ultrafiolecie obiektu pokrywa się ze słabą gwiazdką (oznaczoną grubymi kreskami) na zdjęciu wykonanym w niebieskim zakresie widma. Jest to niewątpliwie najbardziej niebieska – a więc najgorętsza – gwiazda w gromadzie, a jej położenie odpowiada pozycji źródła 4U 1820–30. źródło to leży w odległości zaledwie 0.1 roku świetlnego od centrum gromady, oznaczonego krzyżykiem.



Nasz obiekt jest ciasnym układem podwójnym gwiazd, składającym się z gwiazdy neutronowej i białego karła (patrz okładka). Jego okres orbitalny wynosi zaledwie 11 minut, a odległość między składnikami, około 160 tysięcy kilometrów, stanowi mniej niż połowę odległości Ziemia–Księżyc. Materia wypływająca z białego karła (zniekształconego wskutek oddziaływań przypływowych) poprzez wąski *most akrecyjny* dociera do szybko rotującego *dysku akrecyjnego*. Energia wyzwalana w wyniku akrecji materii na gwiazdę neutronową jest emitowana w postaci promieniowania X, które ogrzewa materię w dysku do temperatur przekraczających 100 000 K. Silne promieniowanie ultrafioletowe zarejestrowane przez Teleskop Kosmiczny, pochodzi właśnie z dysku. Od czasu do czasu, gdy na powierzchni gwiazdy neutronowej zbierze się dość materii, dochodzi do zainicjowania reakcji termonuklearnych i w efekcie, przez parę sekund, obserwujemy potężny rozbłysk promieniowania X.

(j)



Obrazy jądra gromady NGC 6624 uzyskane w ultrafioletowym (z lewej) i widzialnym (niebieskim) zakresie widma (z prawej).

Snop światła z jądra aktywnej galaktyki

Obraz jądra galaktyki NGC 5728 uzyskany 4 września 1992 r. przy pomocy WF/PC kamery Teleskopu Kosmicznego ujawnił spektakularne struktury w kształcie podwójnego stożka, powstałe w wyniku jonizacji gazu w centralnych obszarach galaktyki przez skolimowane wiązki promieniowania wysyłane przez jądro galaktyki. Zdjęcie, prezentowane na wkładce obok, jest złożeniem obrazów wykonanych w liniach wzbronionych podwójnie zjonizowanego tlenu oraz neutralnego wodoru.

NGC 5728 jest tzw. galaktyką spiralną z poprzeczką, należącą do klasy aktywnych galaktyk Seyferta. Astronomowie przypuszczają, że jądra takich galaktyk zawierają bardzo masywne czarne dziury, otoczone gazowym dyskiem akrecyjnym*). Ten gorący dysk świeci głównie w ultrafioletowym zakresie widma. Jednocześnie dysk nie jest płaski, a jego zewnętrzne części to w rzeczywistości gruby i gęsty pierścień gazowo–pyłowy, skutecznie zasłaniający centralną czarną dziurę i gorące wewnętrzne obszary dysku. W tej sytuacji jonizujące promieniowanie jest wyświecane głównie w kierunku prostopadłym do dysku, tworząc dwa dobrze skolimowane snopy światła – stożki jonizujące – widoczne na prezentowanym zdjęciu.

(j)

*) O jądrach aktywnych galaktyk pisaliśmy m.in. w PA 1/91, str. 24; PA 3/91, str.121 i 122 oraz PA 2/93, str.73.

Gwiazdy się rodzą

Galaktyka NGC 1741, leżąca w gwiazdozbiorze Erydan, w odległości 150 milionów lat świetlnych, znana jest ze swego osobliwego kształtu. Ten osobliwy kształt, a zwłaszcza charakterystyczna dwupłatowa struktura, jest dowodem na to, że NGC 1741 jest w rzeczywistości parą zderzających się ze sobą galaktyk.

Zdjęcie na wkładce obok, wykonane w zakresie ultrafioletowym, przy pomocy kamery FOC Teleskopu Kosmicznego, przedstawia nowe, nieznane dotąd, szczegóły bardzo intensywnie przebiegających procesów powstawania gwiazd, będących rezultatem tego zderzenia. W NGC 1741 procesy te zachodzą w dwóch obszarach – centrach odległych od siebie o około 3000 lat świetlnych (4 sek łuku na zdjęciu). Dzięki wysokiej zdolności rozdzielczej Teleskopu Kosmicznego, na uzyskanych obrazach udało się wyróżnić kilkanaście bardzo młodych, zwartych supergromad*), o rozmiarach od 150 do 300 lat świetlnych, zanurzonych w dwupłatowej strukturze w pobliżu centrum NGC 1741. Każda z tych supergromad zawiera od kilkuset do tysiąca świeżo uformowanych, bardzo masywnych gwiazd. Obiekty te przypominają 30 Doradus w Wielkim Obłoku Magellana, znaną z równie gwałtownego tempa powstawania nowych masywnych gwiazd. Młode supergromady odkryte w NGC 1741 są jednak co najmniej o rząd wielkości jaśniejsze i zawierają dziesięciokrotnie więcej gwiazd niż 30 Doradus (patrz str. 25). Wcześniejsze, naziemne obserwacje pokazały, że wiek tych najbardziej masywnych gwiazd nie przekracza 10 milionów lat, a powstawanie tak masywnych gwiazd nie powinno trwać dłużej niż milion lat.

Astronomowie planują dalsze obserwacje młodych supergromad w NGC 1741, a w szczególności, po poprawieniu optyki Teleskopu Kosmicznego (o przebiegu tej skomplikowanej operacji piszemy na str. 26) mają nadzieję uzyskać widma poszczególnych punktowych obszarów. Pozwoli to m. in. na dokładne oszacowanie wieku gorących gwiazd w poszczególnych obszarach oraz stwierdzenie, czy powstały one wszystkie równocześnie, czy też kolejno.

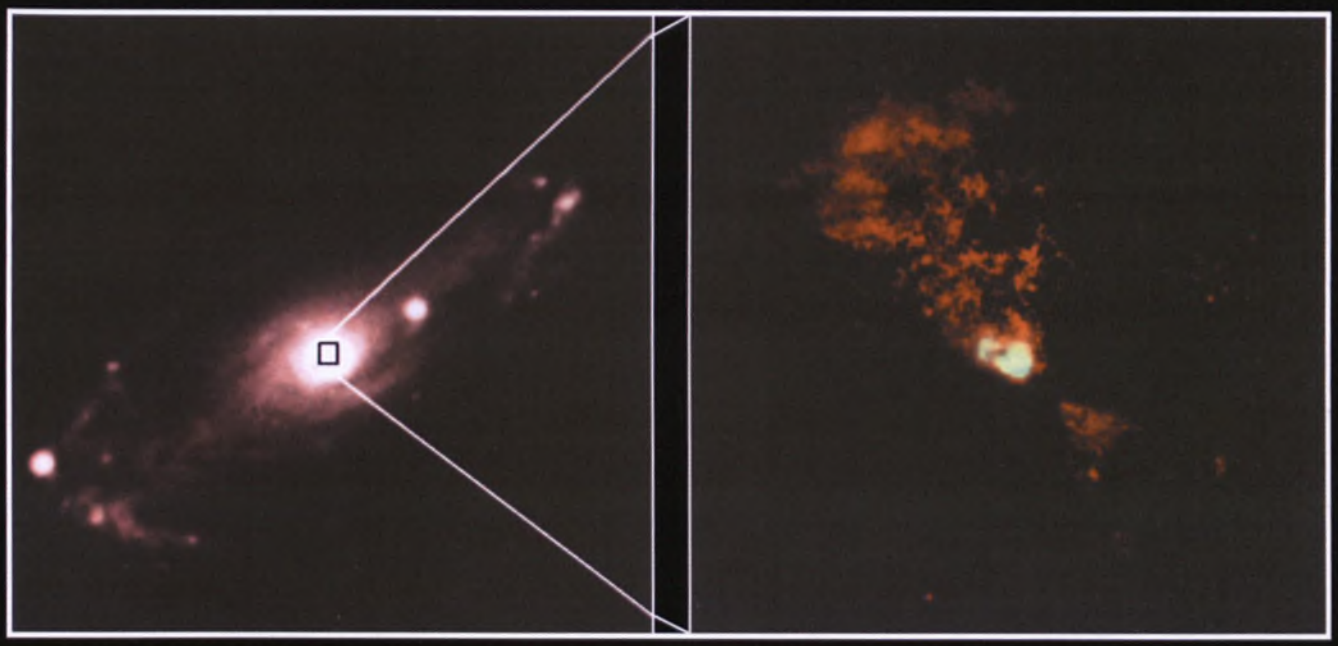
(j)

*) O podobnych młodych supergromadach odkrytych w centrum innej pary zderzających się galaktyk – Arp 220, pisaliśmy w PA 3–4/92, str.144.

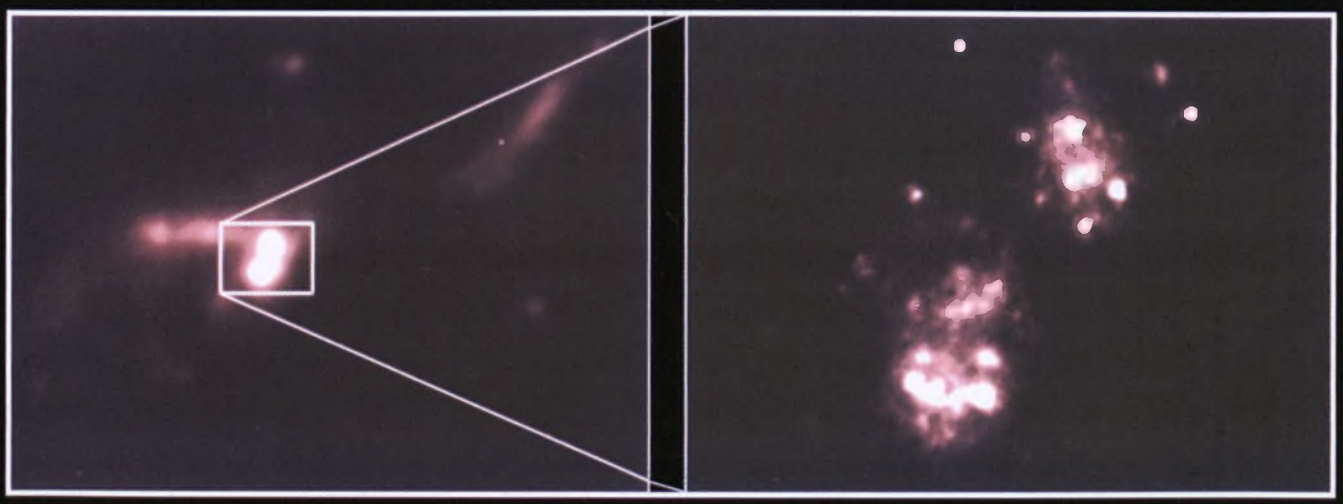
obserwuje

TELESKOP
KOSMICZNY
HUBBLE'A

NGC 5728

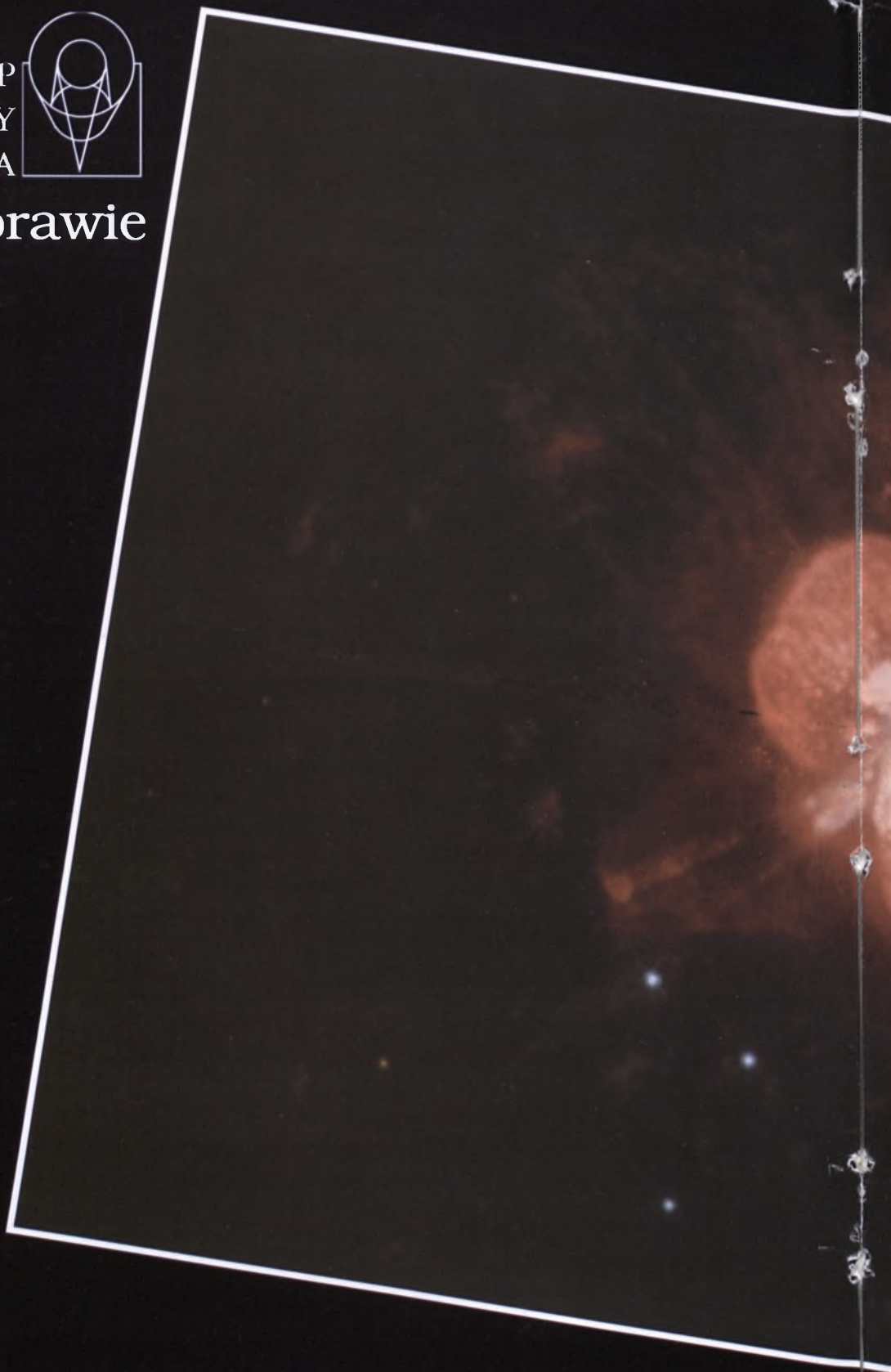


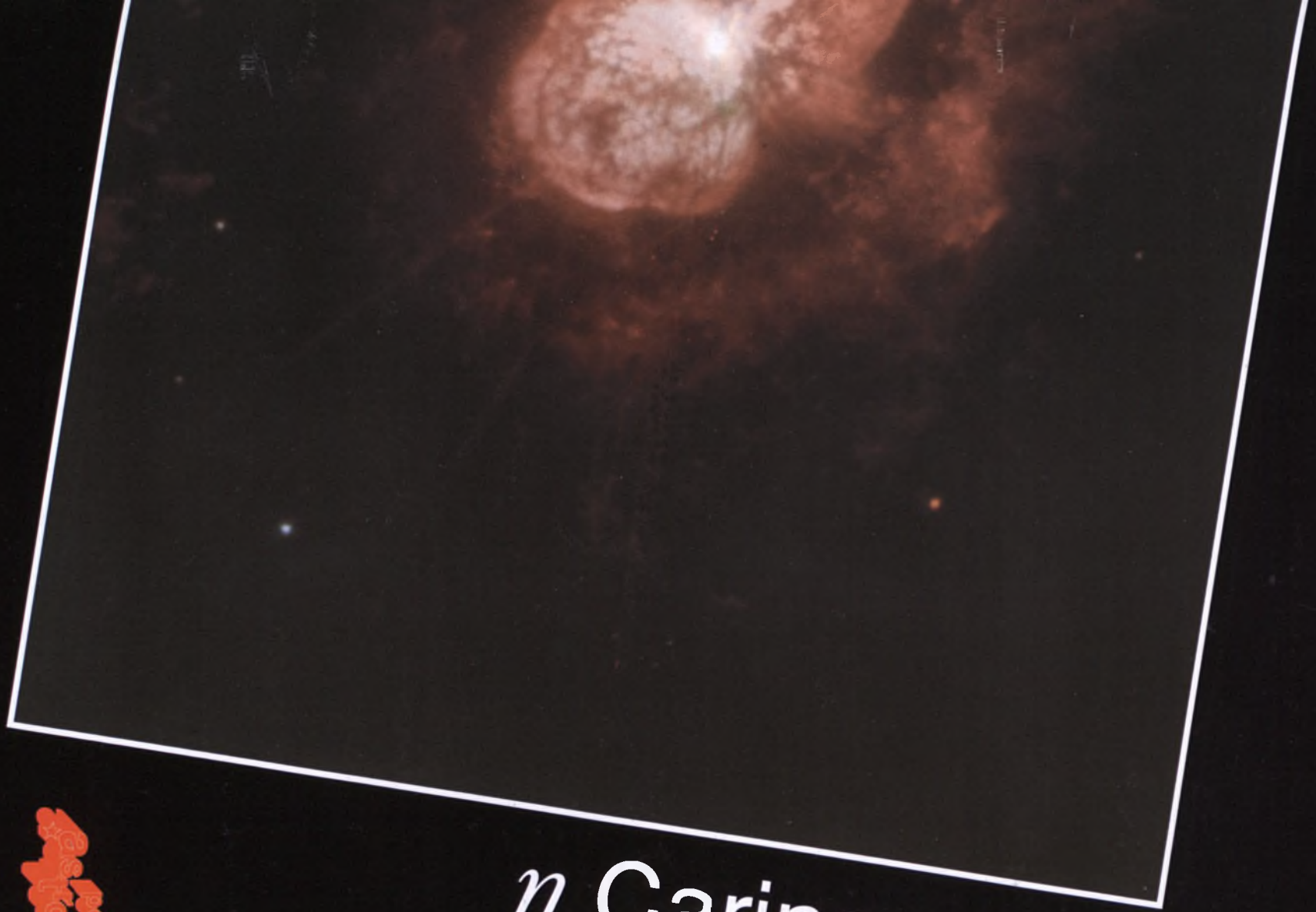
NGC 1741



TELESKOP
KOSMICZNY
HUBBLE'A

po naprawie



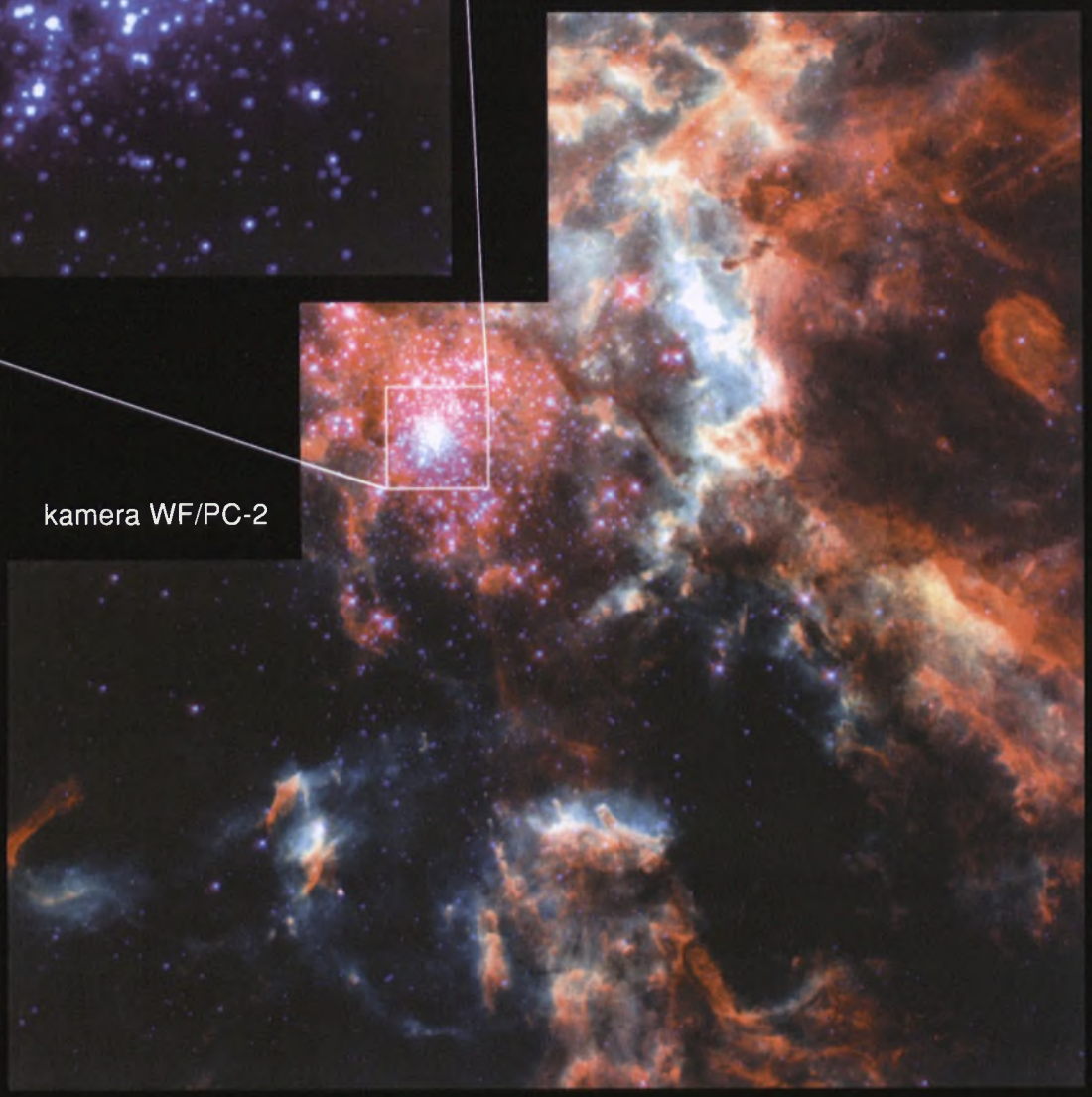


η Carinae

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

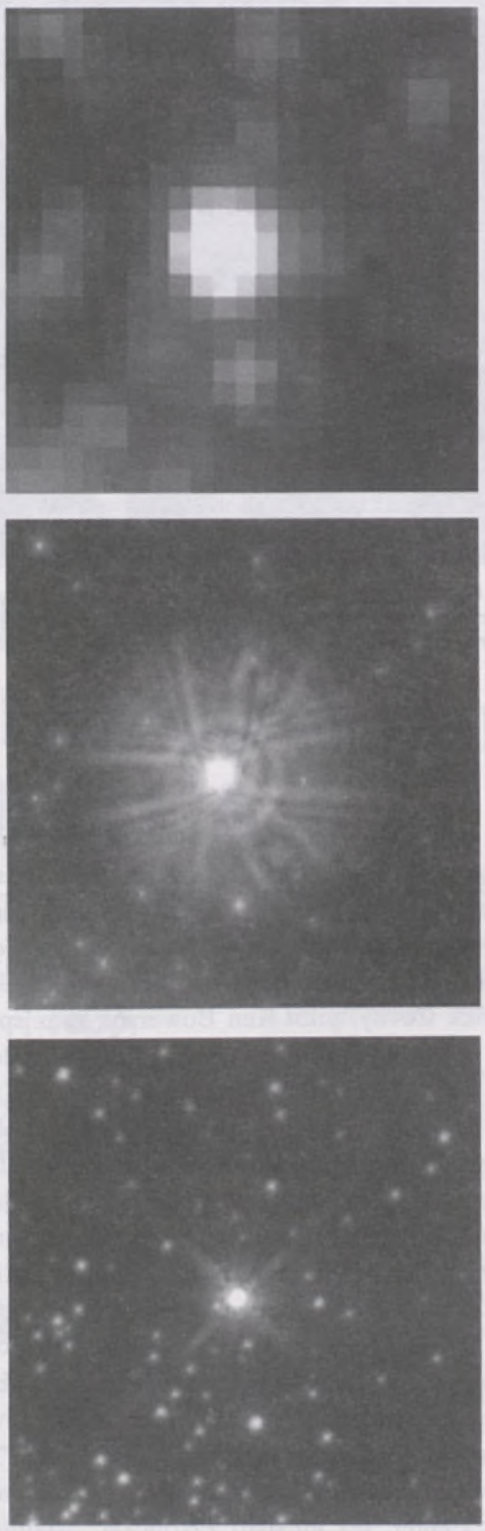
obserwuje

R 136 – gęsta gromada młodych gwiazd w centrum 30 Doradus



kamera WF/PC-2

30 Doradus w Wielkim Obłoku Magellana



Porównianie obserwacji gwiazd w 30 Doradus

R136

Zdjęcie na wkładce przedstawia mgławicę 30 Doradus w Dużym Obłoku Magellana. Mgławica ta jest szczególnie efektownym przykładem olbrzymiego obszaru HII. Ekstynkcja w kierunku gromady jest niewielka, co pozwala na rozdzielenie znaczącej części gwiazdowej populacji w jej jądrze.

Obszar centralny mgławicy jest zdominowany przez gromadę NGC 2070, będącą z kolei rodziną niezwykle ciasnych gromad gwiazd. Najjaśniejszą z tych „podgromad" jest właśnie R136. Najjaśniejsza część jądra tej gromady nosi nazwę R136a. Już dzięki zdjęciu uzyskanemu przed reperacją udało się rozdzielić to jądro na 12 składników (patrz PA 2/91, str. 78). Nie gwarantuje to jednak, że nie popełniamy błędów uznając dwie nie rozdzielone gwiazdy za jedną pojedynczą. Nowy obraz zweryfikuje nasz pogląd.

Gwiazdy, z których składa się R136a mają jasności i kolory typowe dla odewoluowanych gwiazd (przede wszystkim gwiazd Wolfa–Rayeta i niebieskich nadolbrzymów) oraz masywnych gwiazd ciągu głównego. Tak ogromna koncentracja gwiazd powoduje, że 30 Dor, a szczególnie R136, jest wymarzonym laboratorium do badań nad formowaniem się gwiazd masywnych. **(b)**

η Carinae

W ostatniej chwili przed oddaniem tego numeru Postępów Astronomii do druku ukazały się pierwsze zdjęcia wykonane już po naprawie Teleskopu! Na razie udostępniono tylko zdjęcia zrobione nową szerokokątną kamerą, która jest wyposażona we własny system korygujący wadę głównego zwierciadła. Nie wiadomo zatem jeszcze, jak działa COSTAR, korygujący optykę dla pozostałych przyrządów. Pierwszy sukces w każdym razie jest.

Na rozkładówce prezentujemy nowe zdjęcie bardzo znanej gwiazdy η Carinae. O gwieździe tej pisał T. Chlebowski w PA 1/1992, tam też, na str. 28 publikowaliśmy zdjęcie wykonane przed wymianą kamery.

Gwiazda ta jest niezwykle masywna – jej masa oceniana jest na ponad 100 mas Słońca – a zarazem wykazuje wiele podobieństw do tak zwanych mgławic bipolarnych. Ruch materii w pobliżu gwiazdy jest bardzo złożony i stanowi przedmiot intensywnych badań. Obserwujemy dżet, czyli wypływ materii; wypływający gaz oddziałując z otoczeniem tworzy wyraźną strukturę. Z kolei prostopadle do dżetu znajduje się wokółrównikowy torus, powstały najprawdopodobniej z materii odrzuconej w wyniku wybuchu, jaki nastąpił w 1843 roku. Obrazy o lepszej zdolności rozdzielczej pozwolą na lepsze zrozumienie charakteru zachodzących w pobliżu gwiazdy przepływów. **(b)**

Fachowcy w kosmosie

Teleskop Kosmiczny Hubble'a, z którego pochodzi tak wiele przepięknych zdjęć publikowanych w Postępach Astronomii, od grudnia jest w jeszcze lepszej formie. Jak pod koniec lutego wszystkie testy zostaną zakończone pozytywnie, kamień spadnie z serc astronomom, a może nawet bardziej pracownikom NASA.

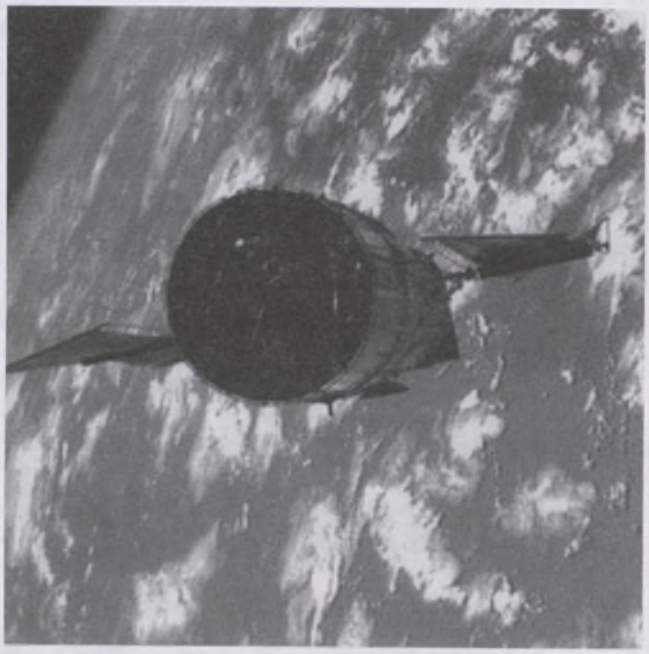
Kosztowne obserwatorium, jakim jest Teleskop Kosmiczny, zostało zaprojektowane i przygotowane z wielkim rozmachem i nie mniejszym rozgłosem. Jaka więc była konsternacja, gdy po umieszczeniu Teleskopu na orbicie okazało się, że przez zwykłe niedopatrzenie wadliwie wykonano główne lustro![1] Błąd w jego kształcie nie przekracza 0.002 mm, ale powoduje wyraźną aberrację.

Rozmycie obrazu do pewnego stopnia udawało się korygować poprzez odpowiednie komputerowe przetwarzanie otrzymywanego obrazu i dzięki temu uzyskiwano znaczące wyniki naukowe – i śliczne zdjęcia – ale sukces nie mógł być całkowity. Prestiż NASA, czyli instytucji odpowiedzialnej za całość przygotowań, wyraźnie przy tym ucierpiał. Rozważano różne możliwości wyjścia z sytuacji.

Najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem okazało się nie sprowadzenie Obserwatorium na Ziemię i zamontowanie nowego lustra głównego, a przygotowanie odpowiedniej optyki korekcyjnej i zamontowanie jej przez kosmonautów „na miejscu".

Trwająca 11 dni misja rozpoczęła się 2 grudnia i została zakończona pełnym sukcesem. Zamontowano nową, szerokokątną kamerę z własną optyką korygującą oraz specjalny optyczny układ korekcyjny (COSTAR) dla pozostałych trzech przyrządów: dwóch spektrografów i kamery obiektów słabych. Dzięki temu otrzymywane obrazy będą ostre, choć pewien problem może stanowić częściowa utrata czułości Teleskopu. Cóż, zobaczymy. W bieżącym numerze PA możemy pokazać niektóre zdjęcia z Hubble'a wykonane już po jego reperacji i Czytelnicy sami mogą ocenić rezultat...

[1] pisał o tym T. Jarzębowski w PA 2/1991).



Fot. 1 Kosmiczny Teleskop Hubble'a tuż przed przechwyceniem go przez załogę Endeavoura. Widać, że jedna z baterii słonecznych jest poważnie uszkodzona.

HISTORIA LOTU

Prom kosmiczny Endeavour wystartował 2 grudnia, o 4:47 w nocy czasu lokalnego, z Centrum Kosmicznego Kennedy'ego na Florydzie. Rozpoczęła się pierwsza w historii misja obsługi Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Załogę promu tworzyli: dowódca Commander Dick Covey, pilot Ken Bowersox oraz specjaliści misji – Kathy Thornton, Claude Nicollier, Jeff Hoffman, Story Musgrave i Tom Akers.

Kilka minut później prom kosmiczny osiągnął planowaną orbitę, a kosmonautka Kathy Thornton mogła wysłać urodzinowe życzenia dla swojej córki, dodając, że oprócz zwykłych świeczek na torcie dziś zapłonęły dla niej jeszcze światła silników rakiety!

Spotkanie z Teleskopem zostało zaplanowane na trzeci dzień lotu. Poprzedzić je musiały odpowiednie przygotowania: stopniowe dopasowywanie orbity statku oraz sprawdzanie sprzętu (jako że planowano aż pięć wyjść poza statek). Centrum operacyjne Teleskopu Kosmicznego, mieszczące się w Goddard Space Flight Center, też musiało zakończyć ostatnie obserwacje i przygotować Teleskop do remontu, zapewniając jego właściwe ustawienie względem Słońca oraz położenie anten.

w naprawie

Każdego (kosmicznego) poranka, aż do końca misji, kosmonautów budzono specjalnie dobraną muzyką, a więc był „Kosmos", „Nadchodzę", „Hymn dla szarego człowieka", „Z drobną pomocą przyjaciół", „Wylecz moje oczy", no i „Teraz widzę wyraźnie"...

Trzeciego dnia misji dowódca Dick Covey zbliżył Endeavoura na odległość niecałych 10 metrów do Teleskopu, a zadaniem Claude'a Nicollier było pochwycenie Hubble'a przy użyciu manipulatora pokładowego. Po niecałej godzinie dowódca mógł zameldować: „Houston, Endeavour właśnie uścisnął dłoń Mr. Hubble's Telescope".

Od czasu swego startu w kwietniu 1990 roku aż tego momentu Teleskop przewędrował ponad 800 milionów km i okrążył Ziemię blisko 20 000 razy!

Przyglądając się Teleskopowi zauważono, że jedna z baterii słonecznych jest nieco pogięta, ale ustalono, że mimo wszystko należy podjąć próbę zwinięcia i demontażu tych baterii już w czasie pierwszego spaceru kosmicznego planowanego na następny ranek. Zadanie było niełatwe, jako że obie baterie są obsadzone na ponad metrowej długości maszcie, a każde skrzydło baterii słonecznych ma długość około 12 metrów i szerokość niecałe 3 metry.

Fot. 2 Instalacja nowej baterii słonecznej. Wyżej – Kathy Thornton, niżej – Tom Akers.

Wyjście kosmonautów na zewnątrz promu nastąpiło czwartego dnia misji. Musgrave i Hoffman (jak zresztą Thornton i Akers) są doświadczonymi fachowcami w tym zakresie. W czasie trwającego 7 godzin i 54 minuty „spaceru" przygotowali oni Teleskop do mających nastąpić prac poprzez odpowiednie przykrycie tak delikatnych urządzeń jak antena czy konektor, zmienili też żyroskopy niezbędne do kierowania Teleskopem (sześć zatem działa teraz bez zarzutu) oraz osiem bezpieczników chroniących układy elektryczne.

Nie obyło się bez trudności: astronauci długo zmagali się z drzwiczkami, które po wymianie żyroskopów nie chciały się ponownie zamknąć. Nie obyło się bez użycia pewnej siły...

Kolejny dzień misji to spacer Toma Akersa i Kathy Thornton. Pracując w otwartej ładowni promu zdemontowali stare baterie słoneczne i zainstalowali dwa nowe zestawy baterii. „Ptak" (tak określiła to Kathy) uzyskał nowe skrzydła. Jedna z dwóch baterii (ta skrzywiona) została porzucona i gdzieś mniej więcej za rok wejdzie w gęstsze warstwy atmosfery i spłonie. Druga natomiast została zabrana na Ziemię w celu przeprowadzenia szczegółowych badań. Nowe baterie

KO(S)MICZNY TELESKOP HUBBLE'A

To już (chyba) ostatnia szansa, żeby się trochę pośmiać z biednego Hubble'a (The Hobbled Space Telescope, jak go określili amerykanie). Prezentujemy zatem najlepszy rysunek spośród przesłanych przez naszych Czytelników. Autorem jest p. Sławomir Stachniewicz z Krakowa. Mamy jednak nadzieję, że te żarty nie przyniosą pecha i po ostatecznych testach pod koniec lutego okaże się, że nareszcie mamy instrument, o jaki chodziło (i na jaki złożyli się amerykańscy podatnicy!)....

rys. **S. Stachniewicz**

Misja reperacji Teleskopu Kosmicznego Hubble'a w liczbach

Misja:	STS–61
	164–ty lot kosmiczny w historii
	89–ty lot amerykański
	59–ty lot promu kosmicznego
Pojazd:	OV–105 Endeavour, 5–ty lot
Start:	02.12.93 9:27 GMT
Lądowanie:	13.12.93 5:26 GMT
Czas trwania:	$10^d19^s59^m$ *)

Załoga:

Richard Covey	dowódca	4–ty lot
Kenneth Bowersox	ko–pilot	2–gi lot
Kathryn Thornton	specjalista misji 1	3–ci lot
Claude Nicollier	specjalista misji 2	2–gi lot
Jeffrey Hoffman	specjalista misji 3	4–ty lot
Story Musgrave	specjalista misji 4	5–ty lot
Thomas Akers	specjalista misji 5	3–ci lot

Całkowity czas spędzony w kosmosie (z misją STS–61 włącznie):

Covey	$26^d21^s08^m$
Bowersox	$24^d15^s29^m$
Thornton	$24^d17^s25^m$
Nicollier	$18^d19^s14^m$
Hoffman	$34^d18^s14^m$
Musgrave	$35^d18^s08^m$
Akers	$23^d21^s27^m$

Spacery w kosmosie (Extravehicular activity – w skrócie EVA):

05.12.93	Hoffman, Musgrave	7^h54^m
06.12.93	Thornton, Akers	6^h36^m
07.12.93	Hoffman, Musgrave	6^h47^m
08.12.93	Thornton, Akers	6^h50^m
09.12.93	Hoffman, Musgrave	7^h21^m

Całkowity czas EVA podczas misji: 35^h28^m (rekord wśród misji amerykańskich)

Poprzedni rekord amerykański: 25^s31^m w czasie 4 spacerów, misja STS–49 (Intelsat reboost)

Absolutny rekord w czasie jednej misji: 36^s10^m w czasie 7 spacerów, Siergiej Krikalew, misja Sojuz TM–12/MIR.

Misje z najdłuższym czasem EVA:

1.	Sojuz TM–12	1991/2	36^h10^m (7 spacerów; Krikalew), 31^h58^m (6 spacerów; Artsebarsky)
2.	STS–61**)	1993	35^h28^m (5 spacerów)
3.	STS–49***)	1992	25^h31^m (4 spacery)
4.	Apollo 17	1972	23^h11^m (4 spacery)
5.	Sojuz T–10/Salut 7	1984	22^h46^m (6 spacerów)
6.	Skylab 4	1973/4	22^h21^m (4 spacery)
7.	Apollo 16	1972	21^h27^m (4 spacery)
8.	Sojuz TM–11/MIR	1991	20^h45^m (4 spacery)

Całkowity czas EVA załogi STS–61 (łącznie z misją):

Akers	29^h40^m	(4 spacery)
Musgrave	26^h19^m	(4 spacery)
Hoffman	25^h08^m	(4 spacery)
Thornton	21^h11^m	(3 spacery)

Poprzedni rekord amerykańskiego kosmonauty: 24^h12^m w czasie 4 spacerów, Eugene Cernan

Rekord absolutny: 36^h10^m w czasie 7 spacerów, Siergiej Krikalew.

Kosmonauci z najdłuższym czasem EVA:

1.	Siergiej Krikalew	36^h10^m	(7 spacerów)
2.	Musa Manarow	34^h32^m	(7 spacerów)
3.	Anatolij Artsebarsky	31^h58^m	(6 spacerów)
4.	Leonid Kizim	31^h16^m	(8 spacerów)
5.	Władimir Soloviow	31^h16^m	(8 spacerów)
6.	Thomas Akers	29^h40^m	(4 spacery)
7.	Anatoly Soloviow	28^h52^m	(6 spacerów)
8.	Aleksandr Serebrow	27^h40^m	(9 spacerów)
9.	Story Musgrave	26^h19^m	(4 spacery)
10.	Jeffrey Hoffman	25^h08^m	(4 spacery)
11.	Eugene Cernan	24^h12^m	(4 spacery)

(dane na dzień 20 grudnia 1993)
zestawił: Paweł Moskalik

*) czas podany w postaci dni, godzin i minut
**) Endeavour, misja piąta
***) Endeavour, misja pierwsza

Fot. 3. Jeff Hoffman (po lewej) i Story Musgrave (po prawej).

nie zostały jednak od razu rozwinięte, gdyż przeszkadzałyby w dalszych pracach; to nastąpiło dopiero w czasie ostatniego, piątego spaceru.

Szósty dzień to pierwszy z dwóch, na które czekaliśmy: usunięcie starego urządzenia i założenie przez Jeffa Hoffmana nowej, ważącej około 300 kg szerokokątnej kamery (Wide Field/Planetary Camera II). Poprzednie urządzenie nie przekazywało na Ziemię ostrych obrazów, co wynikało z błędu popełnionego w czasie wykonywania głównego lustra. Nowa kamera posiada cztery lustra tak dobrane, by zogniskować obraz, czyli dokładnie skompensować rozmycie obrazu spowodowane wadliwym kształtem lustra.

Dodatkowo Hoffman i Musgrave zainstalowali także dwa nowe magnetometry, które mierzą pole magnetyczne w trzech kierunkach i wspomagają system orientacji Teleskopu.

Siódmy dzień to drugi spacer Toma Akersa i Kathy Thornton. Tym razem celem było zainstalowanie optyki korekcyjnej dla pozostałych urządzeń oraz koprocesora, czyli operacja na „mózgu i oku" Teleskopu. Usunięto szybki fotometr z Teleskopu i zastąpiono go COSTARem. Urządzenie COSTAR (the Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement unit) zostało tak zaprojektowane, by usunąć skutki sferycznej aberracji głównego lustra Teleskopu nim światło dotrze do przetwarzaczy obrazów. Instalacja nastąpiła sprawnie, zaledwie w 35 minut, zamiast przewidzianych trzech godzin. Następnie Thornton i Akers zainstalowali koprocesor, który usprawni i przyspieszy pracę komputera przetwarzającego dane. Wymagało to oczywiście czasowego odłączenia komputera, co spowodowało przejściowe trudności z pełnym przekazem danych.

Testy wykonane w ciągu sześciu–ośmiu tygodni wykażą, czy całość operacji się powiodła, ale aż 13 tygodni jest potrzebne na ponowne przetestowanie funkcjonowania Teleskopu jako całości.

Kolejny dzień misji był zarazem ostatnim dniem kosmicznych spacerów. Zamontowano nowy system sterujący bateriami słonecznymi. Story Musgrave i Jeff Hoffman asystowali przy automatycznym rozwinięciu baterii na sygnał z Ziemi. Obyło się bez większych problemów. Zainstalowali też kilka dodatkowych urządzeń pomocniczych. Zmartwieniem było tylko lekkie wygięcie jednej z baterii słonecznych, ale eksperci twierdzili, że to może samoistnie ustąpić.

Kolejny, dziewiąty już dzień operacji to rozstanie z Teleskopem. Zwolniono uścisk wysięgnika, a dowódca Dick Covey i pilot Ken Bowersox wykonali dwa delikatne manewry oddalające prom. Baterie słoneczne Hubble'a pochwyciły promienie słoneczne. Teleskop zaczął działać. Prezydent Clinton oraz wiceprezydent Gore bezzwłocznie pogratulowali załodze sukcesu.

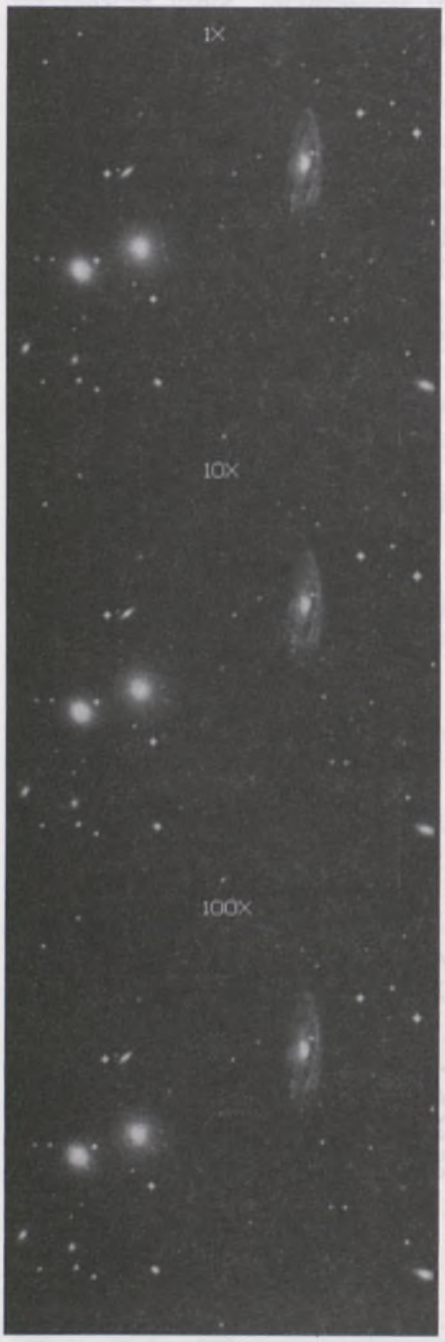
Dzień później dla załogi promu Teleskop błyszczący w Słońcu z oddali był już tylko „najjaśniejszą gwiazdą poranną"...

Jedenastego dnia misja zakończyła się pomyślnym lądowaniem na Florydzie.

Bożena Czerny
konsultacja: Paweł Moskalik

Komputerowy atlas nieba

Jednym z niezwykle ważnych przedsięwzięć naukowców ze Space Telescope Science Institute jest przygotowanie wielkiego przeglądu nieba. Dane przygotowane będą w postaci dysków optycznych, z których można korzystać z łatwością, mając do dyspozycji stację komputerową.



System taki zapewni posiadanie kompletnego przeglądu nieba przez każdy instytut naukowy, i to w bardzo wygodnej dla dalszej pracy komputerowej formie.

Prace nad przeglądem trwają już od ośmiu lat i w fazie pierwotnej miały za zadanie przygotowanie katalogu gwiazd odniesienia (Guide Star Catalog) służącego do naprowadzania Teleskopu na wybrany do obserwacji obiekt i utrzymywania tego obiektu w polu widzenia. W ciągu pięciu lat opracowano zatem komputerowo 2 100 klisz nieba, przekształcając je w gigantyczną bazę danych.

Fotografie do tego celu zostały wykonane na Mount Palomar (Kalifornia) oraz w Siding Spring (Australia). Znajduje się na nich około 100 milionów gwiazd oraz blisko 10 milionów galaktyk. Jest to bezcenne źródło do badań astronomicznych, ale zarazem opracowanie tak ogromnego materiału stanowi duży problem. Każda z 1 500 fotografii po przeskanowaniu składa się z 14 000 × 14 000 elementów (co odpowiada na niebie kwadratowi 1.7″×1.7″). Zestaw wszystkich nieprzetworzonych skanów mieści się na 400 dwustronnych, 12-calowych dyskach optycznych.

Opracowano następnie specjalny algorytm pozwalający na skompresowanie tej objętości o czynnik 10 bez znacznej utraty dokładności w określeniu pozycji i jasności gwiazd. Jest to możliwe dzięki obniżeniu zdolności rozdzielczej w tych obszarach, gdzie niebo jest ciemne, a zachowaniu jej tam, gdzie jest wiele obiektów. Tak przygotowana wersja przeglądu gotowa będzie za jakieś dwa lata i będzie sprzedawana bibliotekom w przewidywanej cenie około 2 000 $ za komplet dysków optycznych.

Tak skomputeryzowany przegląd znajdzie zastosowanie do rozlicznych celów. A oto przykłady:

★ zliczenia galaktyk; szczegółowe badania pozwalają na badanie grupowania się galaktyk (także odkrywania nowych odległych gromad galaktyk) oraz określania liczby galaktyk w zależności od ich jasności; służy to badaniom wielkoskalowej struktury Wszechświata

★ poszukiwanie supernowych i gwiazd zmiennych; w tym celu porównuje się nowo otrzymane obrazy nieba z obrazami z przeglądu

★ identyfikacja odpowiedników optycznych; ma to bardzo podstawowe znaczenie przy badaniach obiektów świecących np. radiowo, rentgenowsko czy w zakresie gamma

★ otrzymywanie precyzyjnych mapek do odnajdowania na niebie poszukiwanego obiektu.

Oprócz tej pośredniej wersji przygotowana będzie wersja przeglądu skompresowana o czynnik 100 i mieszcząca się bez trudności na 10 dyskach optycznych (koszt – około 100 $). Ta wersja raczej nie będzie nadawała się do badań naukowych, jako że pominie wszystkie obiekty słabsze niż 19 wielkość gwiazdowa, ale może być atrakcyjna dla celów edukacyjnych oraz dla astronomów – amatorów.

Przykład wszystkich trzech wersji przeglądu przedstawiony jest na zdjęciu obok. Fragment nieba to wycinek 11.3″ × 11.3″ w okolicy gromady galaktyk Wąż Wodny (Abell 1060), zawierający galaktykę spiralną NGC 3312, eliptyczną NGC 3312 (po prawej) i NGC 3309 (po lewej).

Obrazek górny to oryginalny skan, 400 × 400 elementów. Obrazek środkowy to wersja skompresowana o czynnik 10, natomiast obrazek dolny to wersja skompresowana o czynnik 100. Nawet na tym ostatnim obrazku morfologia jasnych galaktyk jest wyraźnie widoczna.

(b)

Teleskop Hubble'a odsłania sekrety ewolucji galaktyk

Obrazy galaktyk, jakie otrzymujemy z Teleskopu Hubble'a (nawet przed jego reperacją) są nieporównanie ostrzejsze niż z obserwacji naziemnych, a także jaśniejsze, gdyż obserwacje orbitalne zmniejszają efekt pochłaniania i rozpraszania światła w ziemskiej atmosferze. Dzięki temu otrzymujemy obrazy galaktyk niezwykle od nas odległych.

Odległe galaktyki to zarazem galaktyki młode, jako że światło potrzebuje czasu na dotarcie od galaktyki do obserwatora i otrzymywane zdjęcia są „nieaktualne". Stanowi to pewną trudność w badaniach statystycznych, ale zarazem stanowi wielką szansę obserwowania ewolucji galaktyk na własne oczy, o ile tylko nasze obserwacje sięgają dostatecznie daleko, aby różnica wieku między Wszechświatem „tu i teraz" a „tam i wtedy" była zauważalna.

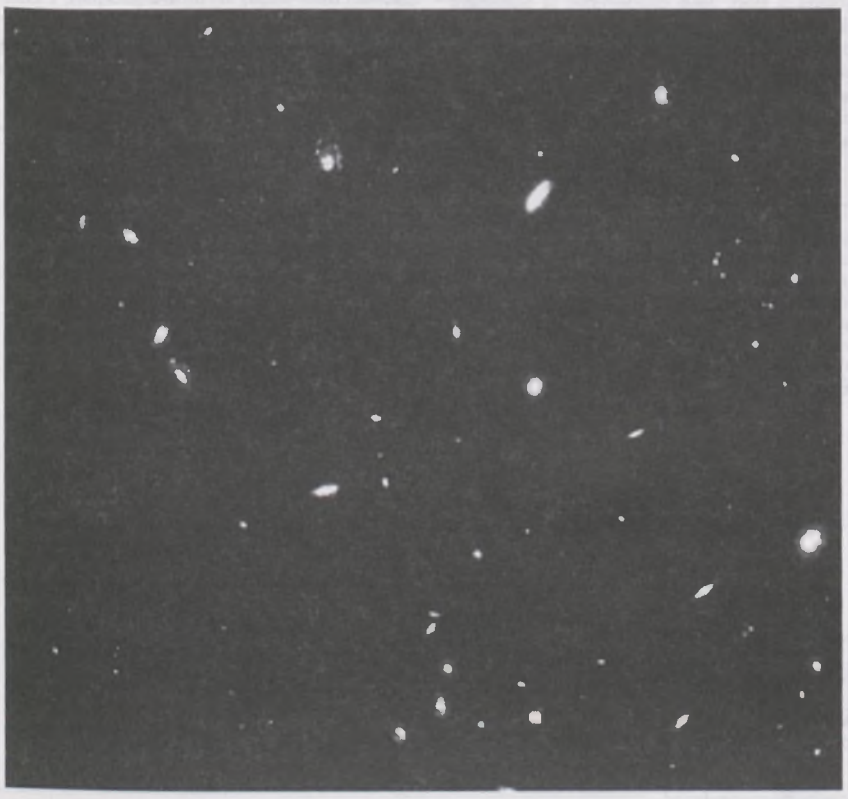
Najlepszą ilustracją tego, jak daleko sięgają obserwacje Teleskopu Kosmicznego jest zdjęcie przedstawione poniżej oraz na wewnętrznej stronie okładki. Przedstawia ono jedną z najdalszych zaobserwowanych dotychczas gromad galaktyk. Gromada ta (CL 0939 +4713) jest odległa od nas o około 4 miliardy lat świetlnych (przesunięcie ku czerwieni 0.4). Skoro wiek Wszechświata oceniamy na około 15 milardów lat, to gromadę tę widzimy taką, jaką była, gdy Wszechświat był o ponad 25% młodszy!

Zasadniczo przy pomocy Teleskopu Hubble'a można by zaobserwować gromadę galaktyk odległą nawet o 10 miliardów lat świetlnych, gdyby przez przypadek trafiła w pole widzenia Teleskopu. Jednak nawet ta obserwacja, którą dysponujemy, jest niezwykle cenna. Obraz uzyskany przy pomocy kamery szerokokątnej (Wide Field/Planetary Camera) jest na tyle ostry, że ujawnia morfologiczne typy galaktyk i dzięki temu możemy zobaczyć, jak kiedyś wyglądały galaktyki eliptyczne, spiralne i nieregularne.

Pierwsza istotna informacja uzyskana z tego zdjęcia to fakt istnienia w gromadzie bardzo wielu galaktyk spiralnych. W dzisiejszych gromadach galaktyk liczbowo zdecydowanie dominują galaktyki eliptyczne oraz galaktyki soczewkowate (podobne do spiralnych, ale bez rozwiniętych ramion). Natomiast – jak sugeruje zdjęcie – galaktyki spiralne były kiedyś w gromadach równie liczne jak dziś wśród galaktyk pola. Odkryto zatem wyraźny trend ewolucyjny.

Co może powodować znikanie galaktyk spiralnych? W oparciu o obecne wyniki z Hubble'a oraz wcześniejsze prace nad ewolucją gromad galaktyk podać można trzy mechanizmy: zlewanie się, rozrywanie i słabnięcie blasku.

Dwa pierwsze mechanizmy to efekt silnego dynamicznego oddziaływania galaktyk w gromadzie. Dwie przelatujące blisko siebie galaktyki spiralne w wyniku oddziaływania sił przypływowych mogą utworzyć jedną gigantyczną galaktykę eliptyczną (struktura ramion spiralnych znika przy tak silnym zaburzeniu) bądź mniejsza galaktyka może zostać rozerwana, a jej gaz w znacznej mierze rozproszony w przestrzeni międzygalaktycznej.



Obserwacje Teleskopem Hubble'a dostarczają bezpośrednich dowodów na zachodzenie tak gwałtownych procesów. Niektóre galaktyki mają silnie zaburzoną strukturę i często wyraźnie widoczne „ogony", spowodowane wyrwaniem części gwiazd i gazu przez przejście sąsiedniej galaktyki.

Trzeci możliwy do pomyślenia mechanizm, który może występować niezależnie od dwóch poprzednich, to gwałtowna ewolucja gwiazd w galaktykach spiralnych. Jeśli formowanie się gwiazd w galaktyce następowało zbyt szybko w przeszłości, to jasne gwiazdy powstały, wypaliły się i wygasły, a jasność galaktyki znacząco spadła i takiej galaktyki nie będziemy w stanie zaobserwować we współczesnej gromadzie.

Dzięki obrazom z Teleskopu Hubble' a możemy więc już testować rozmaite scenariusze ewolucji galaktyk w gromadach, a po reperacji Hubble'a możliwości obserwacyjne będą jeszcze większe.

(b)

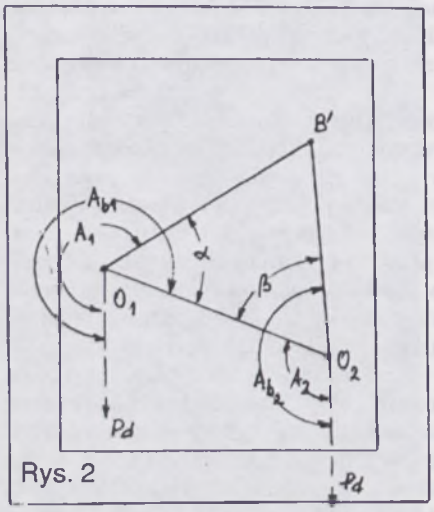
Astronomia w szkole

Jak daleko stąd do Księżyca?

Juliusz Domański

Z rozmowy z Aleksandrem Wolszczanem (POSTĘPY ASTRONOMII 2, 1992): „Był to bardzo jasny bolid. Leciał na ogromnej wysokości... całe zjawisko trwało ok. 20 sekund. Wielu ludzi widziało w obiekcie kosmiczny autobus, z okienkami, drzwiczkami etc. Zupełnie jak na filmie Mela Brooksa!".

Skąd wiadomo na jakiej wysokości? Jak można tę wysokość wyznaczyć? Okazuje się, że dość łatwo jeśli tylko współpracować będzie dwóch obserwatorów oddalonych o kilkadziesiąt kilometrów. Pokażemy jak można to zrobić. Wyniki obserwacji każdego z nich powinny pozwolić na określenie dwóch kątów wyznaczających miejsce wystąpienia interesującego nas zjawiska na sferze niebieskiej, np. odległości zenitalnej i azymutu. Przypomnijmy te pojęcia (ramka u dołu po lewej).



Rys. 2

Przypuśćmy, że wyznaczamy wysokość, na której zakończył się ślad przelatującego bolidu (rys. 1). O_1 i O_2 to miejsca na powierzchni Ziemi, z których obaj obserwatorzy dokonują pomiaru. B – koniec śladu bolidu, B' – punkt na powierzchni Ziemi, nad którym bolid „zgasł". Odcinek BB' = h, to szukana przez nas wysokość. Jak widać z rysunku do obliczenia wysokości h potrzebna będzie jeszcze znajomość kątów α i β oraz odcinka O_1O_2 = b zwanego odcinkiem bazowym lub bazą pomiaru. Spójrzmy teraz na mapę (rys. 2), na którą naniesiono punkty obserwacji O_1 i O_2. Odległość między nimi to właśnie odcinek bazowy b. Kąt α to różnica azymutów odcinka bazowego A_{b1} i zjawiska A_1 (oba azymuty mierzone przez obserwatora O_1). Jak widać $\alpha = A_{b1} - A_1$. Analogicznie na podstawie pomiarów obserwatora O_2 mamy $\beta = A_2 - A_{b2}$.

Na podstawie ogólnie znanych zależności trygonometrycznych możemy napisać:

$$h = O_1B' \operatorname{ctg} z_1 = O_2B' \operatorname{ctg} z_2$$

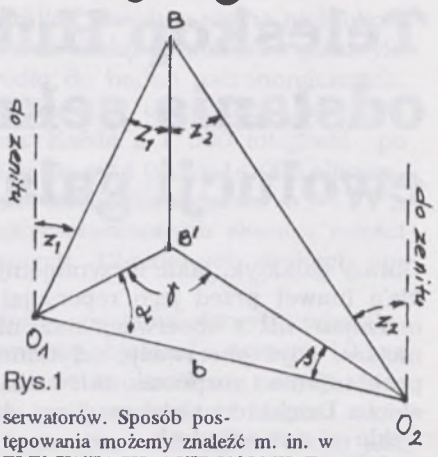
$$\frac{O_1B}{\sin\beta} = \frac{O_2B}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\gamma},$$

gdzie $\gamma = 180^0 - (\alpha + \beta)$.

Z układu tych równań otrzymujemy łatwo

$$h = b\frac{\sin\beta}{\sin\gamma}\operatorname{ctg} z_1 \quad \text{lub} \quad h = b\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}\operatorname{ctg} z_2$$

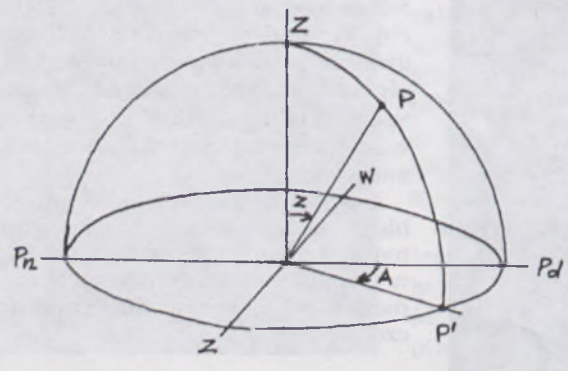
W praktyce zmierzenie kątów A i z nie jest zbyt łatwe (szczególnie, gdy nie jesteśmy do tego przygotowani). Wygodniej jest zanotować obserwację w postaci: ślad bolidu zakończył się w odległości 1½ średnicy tarczy Księżyca nad gwiazdą α Boo. Jeśli uzupełnimy ją podaniem dokładnego czasu i miejsca obserwacji (miejscowość lub współrzędne geograficzne) każdy astronom (nawet amator) na jej podstawie określi wszystkie dane niezbędne do wykonania obliczeń. Oczywiście informacje musi uzyskać od co najmniej dwóch obserwatorów. Sposób postępowania możemy znaleźć m. in. w ELEMENTACH ASTRONOMII Tadeusza Jarzębowskiego (podręcznik dla technikum geodezyjnego).



Rys.1

Dokładnie tą samą metodą, wykorzystując tylko odpowiednio dłuższą bazę (porównywalną ze średnicą Ziemi) wyznaczamy odległości najdalszych nawet obiektów w Układzie Słonecznym. Nosi ona wówczas nazwę metody paralaks dziennych. A jak z odległościami do gwiazd? Ze względu na znaczne ich odległości (najbliższa nam gwiazda znajduje się w odległości ponad 200 000 razy większej niż Słońce) baza pomiaru musi być odpowiednio dłuższa. Na szczęście, dzięki ruchowi obiegowemu Ziemi wokół Słońca przemieszcza się ona na odległość ok. 300 mln kilometrów. Pozwala to, jeśli wykonamy pomiary odpowiednich kątów w odstępie ½ roku, wyznaczyć odległości najbliższych gwiazd. W tym wypadku mówimy o metodzie paralaks rocznych. Tą metodą nieomal jednocześnie (1837-1838) W. Struve (Dorpat), T.Henderson (Capetown) i F. Bessel (Królewiec) wyznaczyli odległości do Wegi, α Cen i niepozornej gwiazdki 61 Cyg. A co z zapowiedzianą w tytule odległością do Księżyca? Zobacz poniżej.

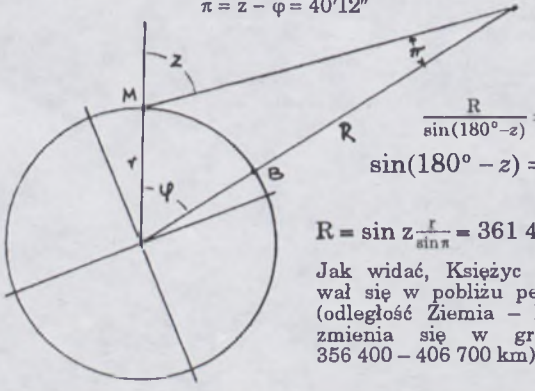
Wykreślmy w myśli koło wielkie na sferze niebieskiej przechodzące przez zenit Z i interesujący nas obiekt P. Koło to przetnie horyzont w punkcie P'. Kąt pomiędzy kierunkiem na południe a kierunkiem do punktu P' (mierzony zawsze od południa na zachód) to właśnie **kąt azymutu** A. Kąt pomiędzy półprostą poprowadzoną z miejsca obserwacji do zenitu (pionem) a półprostą poprowadzoną z tego punktu do obserwowanego obiektu – to **odległość zenitalna z.**



8 sierpnia 1992 r. w momencie $23^h\ 45^m$ w obserwatorium w Bogocie (λ_1 = 74°05', φ_1 = 4°36') stwierdzono, że Księżyc znajduje się dokładnie w zenicie. W tym samym czasie w obserwatorium w Montrealu (λ_2 = 73°35', φ_2 = 45°30') zmierzono odległość zenitalną Księżyca. Wynosiła ona 41°34'12". Jaka była wówczas odległość Ziemia – Księżyc? Promień Ziemi r_z=6370 km.

Jedynie dla pewnego uproszczenia zadania wybraliśmy obserwatoria położone praktycznie na tym samym południku.

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 40°54'$$
$$\pi = z - \varphi = 40'12''$$



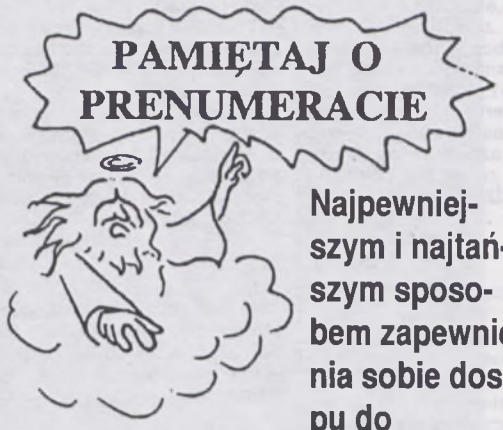
$$\frac{R}{\sin(180°-z)} = \frac{r}{\sin\pi}$$

$$\sin(180° - z) = \sin z$$

skąd

$$R = \sin z\frac{r}{\sin\pi} = 361\,460 \text{ km}$$

Jak widać, Księżyc znajdował się w pobliżu perigeum (odległość Ziemia – Księżyc zmienia się w granicach 356 400 – 406 700 km).



Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do

POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1994 wynosi 160.000 zł, a pojedynczego zeszytu 40.000 zł
- Można zamawiać jeszcze zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000 zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000 zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000 zł. Dostępne są również wszystkie cztery zeszyty 1-4/1993 w cenie 30.000 zł za zeszyt.
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%
- Wysyłka POSTĘPÓW ASTRONOMII do krajów pozaeuropejskich będzie realizowana pocztą lotniczą

Reklamacje

dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem:

Sławomir Kruczkowski,
ul. Królewska 3/22,
86-300 Grudziądz,
tel. (0-51) 22794

W następnych numerach Postępów astronomii

- Życie we Wszechświecie
- Astronomia w Zielonej Górze
- Powstawanie i ewolucja struktur we Wszechświecie
- Planety Wolszczana

Odcinek dla poczty

zł .....
Słownie złotych .....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
Dokładna nazwa na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa
nazwa banku BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A. Oddział w Grudziądzu
Nr r-ku 438601-19826-132
Pobrano opłatę zł .....
stempel Podpis przyjmującego

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł .....
Słownie złotych .....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
Dokładna nazwa na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa
nazwa banku BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A. Oddział w Grudziądzu
Nr r-ku 438601-19826-132
Pobrano opłatę zł .....
stempel Podpis przyjmującego

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł .....
Słownie złotych .....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
Dokładna nazwa na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa
nazwa banku BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A. Oddział w Grudziądzu
Nr r-ku 438601-19826-132
Pobrano opłatę zł .....
stempel Podpis przyjmującego

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

W URANII nr 11/1993 w rubryce NOWOŚCI WYDAWNICZE ukazała się recenzja redaktora Krzysztofa Ziołkowskiego dotycząca POSTĘPÓW ASTRONOMII w nowej formie. Osobiście jestem czytelnikiem obu czasopism i muszę przyznać, że smuci mnie fakt całkowitej niewyrozumiałości autora recenzji w stosunku do redakcji PA.

Oczywiście nie uważam, jakoby PA były pod każdym względem bezbłędne. Zdarzają się pewne uchybienia, czasem większe, czasem mniejsze. Nie widzę jednak powodu, by w komentarzach redakcyjnych, a także w niektórych tekstach i rysunkach dopatrywać się (jak to zrobił pan redaktor Ziołkowski) chamstwa ze strony zespołu redagującego pismo. Zgodzę się natomiast z tym, że komentarzy redakcyjnych jest stanowczo za dużo. Często drażni mnie usprawiedliwianie błędów „chochlikiem drukarskim" lub czymś innym, równie bezsensownym. Jednak taki stan rzeczy tłumaczę sobie po prostu bezradnością zespołu redakcyjnego i pozostaje mi mieć nadzieję, że to się zmieni.

A tak na marginesie, to chciałbym się dowiedzieć, jakie listy do redakcji pan Ziołkowski zalicza jako nie nadające się do publikacji i według jakich kryteriów w ten sposób je klasyfikuje?

Nie rozumiem także, dlaczego pan redaktor humorystyczne przedstawienie opisywanych w artykułach zdarzeń traktuje jako „prostackie próby rozweselenia Czytelnika", które wypaczają założenia pisma popularnonaukowego. Wydaje mi się, że wtrącanie w treść czasopisma humorystycznych wstawek nie podważa powagi poruszanych w nim tematów. Czy naprawdę przynależność do „elitarnej organizacji astronomów zawodowych" jaką jest PTA, zobowiązuje do pogrążania się w smutku i bezwzględnej powadze? W takim razie nie jestem pewien, czy uprawianie prawdziwej astronomii zawodowej nie jest szkodliwe dla zdrowia, jako że znane jest powszechnie stwierdzenie, iż śmiech to zdrowie.

Krzysztof Kida
– Elbląg

Red. Dziękujemy za słowa wsparcia. Walczymy, jak umiemy, z otaczającą nas beznadziejnością i niemocą. Chcemy, żeby wszystko – także astronomia – było ciekawe, zarazem fascynujące i zabawne. Żadna nauka, nawet ścisła, nie jest tak zupełnie oderwana od życia, bo z niego wyrasta, i to też warto pamiętać... Za potknięcia przepraszamy, postaramy się ich unikać!

Chciałbym się podzielić kilkoma uwagami na temat błędów w POSTĘPACH ASTRONOMII. Zrobię to na przykładzie numeru 4/1993.

Już na drugiej stronie okładki pierwsza wpadka – zdjęcia nie mogły być wykonane 29 listopada 1994 roku, gdyż tej daty jeszcze nie było. Na czwartej stronie wkładki mamy „początek zaćmienia **częciowego**". Być może są to błahe błędy, które wynikają z zamiany lub połknięcia jednej litery. Jednak później wychodzą śmieszne „**gwizdy** neutronowe jako soczewki grawitacyjne" (w dwóch miejscach na str. 192) lub smutne przekręcenie telefonu firmy UNIWERSAŁ na trzeciej stronie okładki, co może narazić wiele osób na niepotrzebne koszty związane z rozmowami międzymiastowymi. Oprócz P. Uniwersała abonent numeru 3364 w Żywcu również powinien zostać przeproszony przez redakcję.

Sparafrazuję nieco złośliwie Milne'a: „jestem redakcją PA (...) i zbyt długie zdania wprawiają mnie w zakłopotanie". Trzecie zdanie na stronie 145 należało jednak rozdzielić na dwa zdania.

Z kolei na stronie 180 panuje zupełne zamieszanie z przypisami. Właściwie to z jednym przypisem, bo drugiego w ogóle brak. Ten istniejący i tak nie odnosi się do tego miejsca, do którego powinien. A co najważniejsze – zawiera poważny błąd rzeczowy. Feli oznacza przecież żelazo zjonizowane jednokrotnie. I to wszystko dzieje się w dziale „Astronomia w szkole" – wstyd!

Ponadto w ramce na str. 149 w opisie COMPTEL'A użyto dwóch spójników pod rząd: „Jest też dobry do obserwacji (...) i **oraz** badania ...". W ramce na str. 150 na indeks widmowy użyto (w definicji tego indeksu) dwóch różnych oznaczeń: α **i a.**

Niezrozumiałe jest dla mnie dzielenie wyrazów wtedy, gdy się ich nie przenosi do następnego wiersza. Zdarza się to w tym numerze dwukrotnie – na str. 148 w trzecim wierszu od dołu, w prawej kolumnie (**precyzyj-niej- sza)** oraz na str. 161 w 13 wierszu w trzeciej kolumnie (**rozpo- czął**).

I ostatnia sprawa. W moim egzemplarzu mam powtarzające się strony – 151, 152, 185, 186. Po co mi one?

Tych kilka uwag powinno uczulić na błędy zarówno Redakcję, jak i Czytelników. Dlatego myślę, że wydrukowanie tej swoistej erraty będzie z pożytkiem dla wszystkich.

Lech Jaszowski
– Cieszyn

Red. Oj, uczula! Na szczęście mamy tak wspaniałych Czytelników, że potrafią nadrobić nasze niedociągnięcia. Za ERRATĘ dziękujemy!

Ponieważ w momencie wytykania błędów wszystkie oczy skierowane są na korektora, chciałabym wytłumaczyć, że popełnione i wytknięte powyżej błędy zostały przeze mnie zauważone i nie poprawione bądź przeszły poza korektą.

Małgorzata Śróbka - Kubiak

Tym razem będzie to coś w rodzaju „reprymendy". Na stronie 190 PA 4/1993 Szanowna Redakcja napisała: „Czytelnikom, którym zbyt ostry żart nie odpowiada...". A gdzie ten żart i w dodatku „ostry"? Spotkałem tylko kilka uczniowskich niedowarzonych, płaskich dowcipasów. I to nazywacie „ostrym żartem"? Dogadajmy się. Redaktor Naczelny uważa się za dowcipnego i to za takiego, który ostre żarty powinien drukować aż w POSTĘPACH. To pomyłka zasadnicza, To co drukował to ani żarty, ani ostre. Nie każdy opowiadający niby dowcipy jest dowcipny. Bardzo niewielu jest takich. Wydaje mi się, że proste załatwienie sprawy jest następujące: „Kiedy nie potrafisz, nie pchaj się na afisz". Dowcip dobry w druku – to bardzo rzadko pojawiające się zjawisko. Tym razem było całkowicie chybione. I rodzaj i jakość.

Piszę tak, bo jestem bardzo stary i widziałem, i słyszałem wiele. Nie obrażajcie się więc na mnie, ale zapamiętajcie dobrze, że nie ten jest dowcipny, któremu wydaje się, że nim jest.

Jan Mergentaler
– Wrocław

Red. Naczelnego długo wszyscy poklepywali: „świetnie, wspaniale, tylko tak dalej". Gdy ktoś zaczyna oczekiwać wyłącznie pochwał znaczy, że zwariował. Teraz jest cacy!

Do odpowiedzi Redakcji na list p. Jadwigi Białej (PA 4/1993) wkradł się błąd; chodziło o stronę 17, a nie 14. Nie jest nam jednak z tego powodu bardzo przykro. Wszystkie strony książki Umberto Ecco „Wahadło Foucaulta" nadają się do czytania!

Prenumerata Postępów Astronomii 1994

ilość prenumerat ☐ * 160.000 zł

Zamówienia na zeszyty z lat 1991-1993 (ceny na poprzedniej stronie)

rocznik zeszyt ilość egz. suma

Razem .....zł

Prenumerata Postępów Astronomii 1994

ilość prenumerat ☐ * 160.000 zł

Zamówienia na zeszyty z lat 1991-1993 (ceny na poprzedniej stronie)

rocznik zeszyt ilość egz. suma

Razem .....zł

Prenumerata Postępów Astronomii 1994

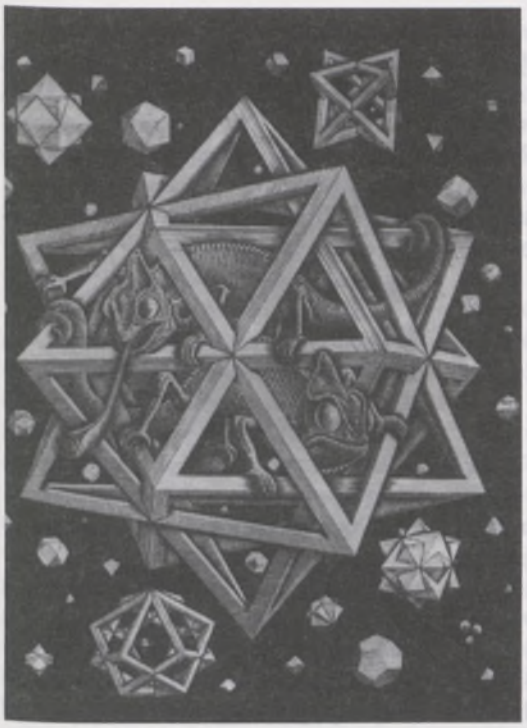
ilość prenumerat ☐ * 160.000 zł

Zamówienia na zeszyty z lat 1991-1993 (ceny na poprzedniej stronie)

rocznik zeszyt ilość egz. suma

Razem .....zł

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ



O CZARNYCH DZIURACH W OGÓLNOŚCI I NAJNOWSZYCH KANDYDATACH W SZCZEGÓLNOŚCI

Michał Czerny

Niech P. T. Czytelnicy pozwolą, że na początku zadam dość retoryczne pytanie:

dlaczego wszyscy tak fascynują się poszukiwaniem czarnych dziur?

Moim zdaniem odpowiedź jest następująca: są to jedne z najdziwaczniejszych obiektów (a może wręcz najdziwaczniejsze?), jakie wymyślił ludzki umysł; w dodatku kurioza te mogą rzeczywiście istnieć gdzieś we Wszechświecie! Idea czarnych dziur jest wałkowana w tę i nazad, nic więc dziwnego, że narosło wokół niej sporo nieporozumień.

Często (szczególnie w literaturze popularnonaukowej) mówi się na przykład, że Ogólna Teoria Względności (*OTW*) przewiduje istnienie czarnych dziur. Jest to oczywista nieprawda: *OTW* nie *przewiduje*, a jedynie *dopuszcza* ich istnienie. To bardzo istotna różnica! Aby obiekty te egzystowały gdzieś w przyrodzie nie wystarczy przecież, by *OTW* była poprawna; musimy dodatkowo mieć jakiś

proces fizyczny, dzięki któremu czarne dziury mogłyby się formować.

Innymi słowy: nie jest jasne *a priori*, czy natura nie wymyśliła mechanizmów – bezpieczników, zapobiegających powstawaniu czarnych dziur.

Problem ten wcale nie jest trywialny. Kiedyś sądzono, że każda masywna gwiazda (o masie początkowej większej niż – powiedzmy umownie – jakieś 20 $M_\odot$ zakończy swój żywot kolapsem grawitacyjnym i utworzeniem czarnej dziury. Obecnie wydaje się, iż tak chyba nie jest. Obliczenia na komputerach pokazały, że w ostatnich fazach swej ewolucji – tuż przed wybuchem supernowej – gwiazda wytwarza w swoim centrum małe, ale bardzo gęste jąderko, o masie około 1.4 $M_\odot$. W czasie wybuchu supernowej cała reszta materii jest wyrzucana w przestrzeń, natomiast z jąderka tworzy się gwiazda neutronowa, nie zaś czarna dziura. Taka sytuacja zachodzi nawet dla gwiazd o masie całkowitej równej około $60M_\odot$. Co prawda wniosek ten nie jest jeszcze absolutnie pewny, ponieważ nikt nie zdołał policzyć wybuchu supernowej w sposób zupełnie realistyczny, jednak wszystko wskazuje na to, iż z pojedynczych gwiazd nie można otrzymać czarnych dziur.[1)]

Znacznie bardziej prawdopodobnym miejscem powstawania czarnych dziur są układy podwójne. Wyglądałoby to mniej więcej tak: najpierw jeden ze składników wybucha jako supernowa i staje się gwiazdą neutronową. Po pewnym czasie zaczyna ona akreować, tzn. gromadzić materię, którą oddaje jej drugi składnik układu. Dzięki temu procesowi masa gwiazdy neutronowej rośnie, aż wreszcie osiąga pewną wartość, powyżej której gwiazda ta staje się niestabilna. Wtedy to następuje kolaps i powstaje czarna dziura.

Opisany scenariusz wygląda bardzo realistycznie, znowu mogą jednak pojawić się pewne wątpliwości. Podobnie jak w przypadku wybuchu supernowej, nie dysponujemy na razie pełnym matematycznym opisem kolapsu gwiazdy neutronowej do czarnej dziury. Oponenci idei czarnych dziur mogą zawsze wysunąć hipotezę, że istnieje jakiś mechanizm, o którym nikt do tej pory nie pomyślał, a który jednak jest w stanie odrzucać nadmiar masy z gwiazdy neutronowej. W ten sposób nie osiągnie ona nigdy „masy krytycznej". Ponieważ żaden szanujący się astrofizyk nie powie, że znamy dokładnie wszystkie procesy zachodzące w gwiazdach neutronowych, wydaje się, iż jedynym argumentem mogącym przekonać „niewiernych" jest wskazanie na niebie obiektu, który z całą pewnością musi być czarną dziurą.[2)]

W takim razie następnym pytaniem, jakie należy zadać, jest:

gdzie szukać czarnych dziur?

Najbardziej obiecującymi kandydatami są podwójne układy rentgenowskie.

[1)] Niektórzy uważają, że gwiazdy o masach początkowych przekraczających $80M_\odot$ zapadną się do czarnych dziur. Nie jest to jednak całkiem jasne.

[2)] Trzeba przyznać, że zatwardziały oponent czarnych dziur ma w zanadrzu argument nie do odparcia. Powie on: „Uwierzę w istnienie czarnych dziur dopiero wtedy, kiedy jedną taką zobaczę", co jest przecież – praktycznie z definicji – niemożliwe...

Aby materia mogła emitować silne promieniowanie *X*, musi być nagrzana do bardzo wysokiej temperatury, co najmniej kilka milionów kelwinów. Temperatury tego rzędu są osiągane w procesie akrecji na zwarte obiekty, tj. gwiazdy neutronowe i czarne dziury. Sytuacja taka ma miejsce, kiedy to gwiazda ciągu głównego lub olbrzym – niejednokrotnie widoczne w zakresie optycznym promieniowania elektromagnetycznego – przelewają materię na swych zwartych towarzyszy. (Co prawda obserwuje się emisję rentgenowską także z białych karłów, a nawet z „normalnych" gwiazd, ale jest ona ewidentnie słabsza.) Jak jednak odróżnić czarną dziurę od gwiazdy neutronowej?

Wiadomo, iż pewne obserwowane efekty, takie jak koherentne pulsacje czy tzw. bersty rentgenowskie, muszą być związane z gwiazdami neutronowymi. Efekty te są jednak tylko warunkiem wystarczającym, by dany obiekt był gwiazdą neutronową, nie są zaś warunkiem koniecznym. Mówiąc inaczej: fakt, iż źródło rentgenowskie nie emituje pulsów lub berstów nie oznacza jeszcze, że nie jest to gwiazda neutronowa. Stosunkowo łatwo jest więc nabrać pewności, iż dany obiekt jest gwiazdą neutronową; o wiele gorzej jest w przypadku czarnej dziury.

Stali czytelnicy *Postępów Astronomii* z pewnością pamiętają z artykułów B. Czerny i M. Mikołajewskiego (PA 1/1991, 2/1991) że praktycznie jedynym wyróżnikiem jest tu masa obiektu. Masy gwiazd neutronowych nie mogą przekraczać pewnej wartości; jest to właśnie ta „masa krytyczna", o której wspominałem w momencie opisu formowania się czarnych dziur. Tak więc jeżeli uda się pokazać, że jakieś źródło rentgenowskie ma masę większą od maksymalnej masy gwiazdy neutronowej, to będziemy mieć pewność, iż odkryliśmy czarną dziurę.

Problem polega na tym, że

maksymalna masa gwiazdy neutronowej

nie jest zbyt dobrze określona. Wiąże się to z niepewnością opisu supergęstej materii, z jakiej zbudowana jest gwiazda neutronowa. Dla tejże materii zaproponowano do tej pory chyba co najmniej setkę różnych równań stanu, tzn. równań opisujących zależność ciśnienia od gęstości. Każde z tych równań daje inną maksymalną masę, a nikt nie wie, które z nich jest najbliższe prawdy. Nie jest też jasne, co jeszcze naukowcy wymyślą w przyszłości!

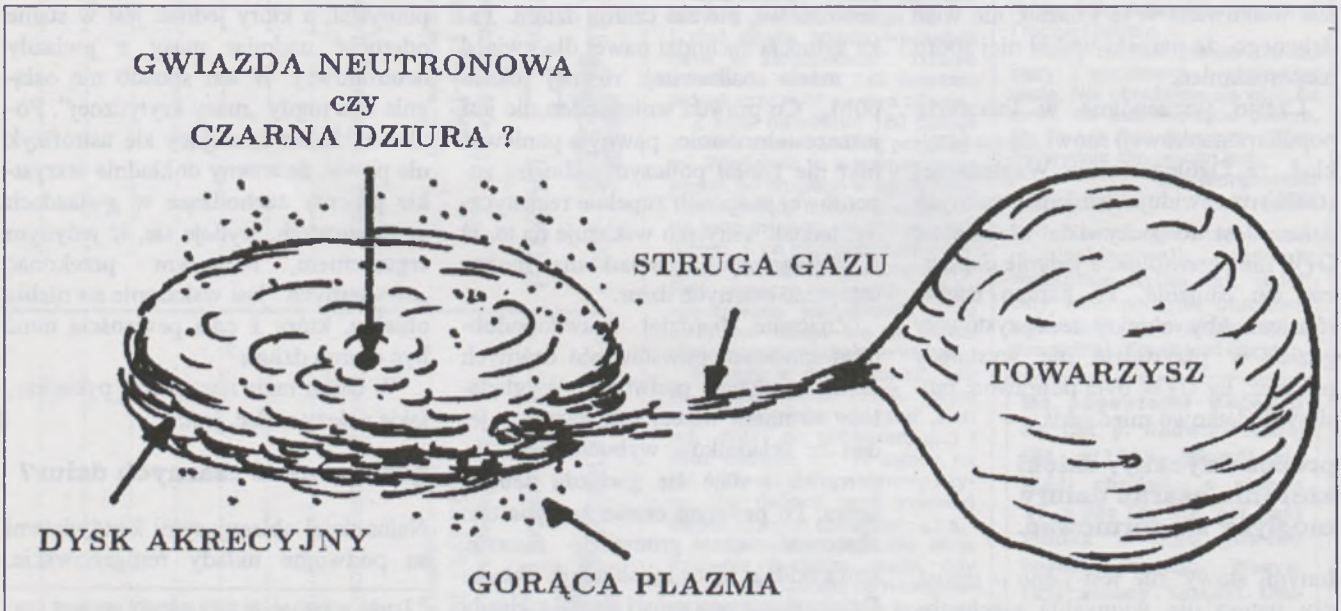
Problem ten próbowali obejść C. E. Rhoades i R. Ruffini. W 1974 roku opublikowali oni pracę *Phys. Rev. Letters, 32, 324*, w której pokazali, iż nawet nie znając szczegółów równania stanu można określić masę, jakiej gwiazda neutronowa nigdy nie przekroczy. Oparli się oni na następujących założeniach:

(i) materia spełnia warunek „mikroskopowej stabilności", tzn. ciśnienie p nie może maleć, gdy gęstość ρ rośnie;
(ii) zachowana jest przyczynowość, czyli prędkość dźwięku określona przez pochodną ciśnienia po gęstości nie przekracza prędkości światła;
(iii) *OTW* opisuje poprawnie oddziaływania grawitacyjne;
(iv) poniżej pewnej gęstości ρ_0 równanie stanu jest znane.

Spośród tych założeń dwa pierwsze są dosyć oczywiste i nie będę się przy nich zatrzymywał. Założenie trzecie jest bardzo ważne: postać jednego z podstawowych równań opisujących strukturę gwiazdy – równania równowagi hydrostatycznej – zależy od przyjętej teorii grawitacji. Co więcej, niektóre teorie grawitacji nie przewidują wręcz istnienia horyzontu zdarzeń, a tym samym czarnych dziur! Na szczęście jest jednak sporo argumentów przekonywujących nas, iż to właśnie OTW jest tym właściwym opisem grawitacji (por. artykuł T. Jarzębowskiego, PA 3/1991 i A. Wolszczana na temat ostatniej nagrody Nobla, PA 4/1993).

Równie ważne jest założenie czwarte. Zanim jednak przejdę do jego omawiania, pozwolę sobie na wyjaśnienie, w jaki sposób Rhoades i Ruffini otrzymali absolutne górne ograniczenie na masę gwiazdy neutronowej. Stosując metodę wariacyjną stwierdzili oni mianowicie, że w sytuacji, gdy spełnione są powyższe założenia, równaniem stanu maksymalizującym masę gwiazdy neutronowej jest:

$$p = p_0 + (\rho - \rho_0)c^2, \quad \rho \geq \rho_0$$



Rys. 1. Tak wygląda układ podwójny gwiazd wymieniających masę. Składnik zwarty jest głęboko zanurzony w dysku akrecyjnym i niełatwo jest odróżnić, czy to czarna dziura, czy gwiazda neutronowa.

p_0 – ciśnienie odpowiadające gęstości ρ_0 zgodnie z równaniem stanu obowiązującym dla niezbyt dużych gęstości (założenie (iv)).

Całkując równania struktury wewnętrznej gwiazdy w połączeniu z powyższym równaniem stanu, Rhoades i Ruffini mogli dostać maksymalną dopuszczalną masę gwiazdy neutronowej.

W tym miejscu widać znaczenie założenia (iv). Gdyby bowiem zastosować takie równanie stanu w całej gwieździe, tj. dla wszystkich gęstości, czyli położyć ρ_0 i p_0 równe zeru, dostalibyśmy gwiazdę o nieskończonej masie i nieskończonym promieniu. Aby wielkości te były skończone, ciśnienie musi maleć wraz ze zmniejszającą się gęstością szybciej niż liniowo, przynajmniej w pewnych obszarach gwiazdy. Dlatego dla stosunkowo małych gęstości należy stosować inne równanie stanu, najlepiej wyznaczone doświadczalnie.

Rhoades i Ruffini – jak ogromna większość badaczy tego tematu zresztą – przyjęli, iż równanie stanu znane jest dobrze dla gęstości odpowiadających gęstości jąder atomowych (rzędu 10^{14} g·cm^{-3}, no i oczywiście mniejszych. Jądra atomowe są przecież szczegółowo badane w laboratoriach, i sporo o nich wiemy. Biorąc to pod uwagę, ostateczny wynik na maksymalną dopuszczalną masę gwiazdy neutronowej wynosi:

$$M_{\max} = 3.2\left(\frac{\rho_0}{4.6\times10^{14}\,\mathrm{g\cdot cm^{-3}}}\right)^{-0.5} M_\odot$$

Wielkość 4.6×10^{14} g·cm^{-3} tylko niewiele przekracza gęstość jądrową, dlatego też liczbę $3.2M_\odot$ bardzo często podaje się jako absolutne maksimum masy gwiazdy neutronowej.

Niestety rezultat ten nie jest tak „nieprzemakalny", jakby niektórzy tego chcieli. Jeśli ktoś bardzo się uprze, to może go zakwestionować. Rzecz jasna nie równanie, gdyż jest ono wynikiem poprawnych obliczeń. Można jednak zastanawiać się nad zasadnością wyboru wartości ρ. Przed momentem napisałem, iż nasze przekonanie o znajomości równania stanu dla gęstości rzędu 10^{14} g·cm^{-3} wynika z eksperymentów przeprowadzanych na jądrach atomowych. Te jednak – jak wiadomo – zawierają najwyżej po kilkaset cząstek. Zachodzi zasadnicze pytanie, czy wolno ekstrapolować rezultaty doświadczeń z laboratoriów jądrowych na obiekty zbudowane z bilionów bilionów cząstek? Nie wiem, czy jest ktoś, kto mógłby z całkowitą pewnością odpowiedzieć „tak". A więc istnieje możliwość, że równanie stanu dla gęstości 10^{14} g·cm^{-3} i nawet mniejszych jest wyraźnie różne od standardowo stosowanych. Jeżeli przyroda jest szczególnie złośliwa, to może okazać się, iż w równaniu określającym masę gwiazdy należy podstawić znacznie mniejszą gęstość, i maksymalna masa gwiazdy neutronowej jest istotnie większa.

Żeby nie być gołosłownym: S. Bahcall, B. W. Lynn i S. B. Selipsky opublikowali w 1990 roku pracę (*Astrophys. J., 362, 251*), w której zaproponowali nowe realistyczne równanie stanu.[3)] Równanie to dopuszcza istnienie gwiazd neutronowych o masach wynoszących nawet $8M_\odot$! Wszystkie z punktów (i) – (iv) są tutaj spełnione, a efekt bierze się stąd, że założona zależność ciśnienia od gęstości (dla gęstości rzędu 10^{14}g·cm^{-3}) jest drastycznie różna od zwykle przyjmowanej.

Oczywiście może być też na odwrót, tzn. mimo iż prawdziwe równanie stanu jest bardzo różne od standardowo stosowanego, to maksymalna masa gwiazdy neutronowej jest stosunkowo mała. Cały problem w tym, że nie wiemy, jak jest naprawdę!

Tak więc problem największej dopuszczalnej masy gwiazdy neutronowej nadal nie jest rozwiązany. *Prawie* na pewno nie przekracza ona jakichś $3M_\odot$; drobne wątpliwości jednak pozostają...

Jeżeli teoria nie potrafi udzielić nam odpowiedzi, to może mogą to zrobić obserwacje? Niestety,

obserwacyjnie wyznaczone masy pulsarów

radiowych i rentgenowskich, czyli obiektów, o których z całą pewnością wiemy, że to gwiazdy neutronowe, nie są jeszcze – w większości wypadków – wystarczająco dokładne. Wyjątkiem są dwa pulsary radiowe: PSR 1913+16 i PSR 1534+12, mające odpowiednio masy 1.442 ± 0.003 i 1.32 ± 0.03 $M_\odot$ (pisał o nich T. Jarzębowski we wspomnianym artykule). Jednak dwa obiekty to zdecydowanie zbyt mało, by wnioskować o całej populacji. Są jeszcze pomiary mas dla pięciu czy sześciu pulsarów rentgenowskich. Wszystkie one dają wynik mniejszy od $2M_\odot$, ale błędy tych wyznaczeń są duże. W kilku przypadkach jest dopuszczalna – przynajmniej formalnie – możliwość, iż masa pulsara przekracza $3M_\odot$.

Z całej tej historii wynikają rozmaite wnioski. Najważniejszy z nich jest następujący: im większa masa źródła rentgenowskiego, tym większa szansa, że mamy do czynienia z czarną dziurą.

W astronomii używa się bardzo różnych metod do oceny mas obiektów niebieskich. Najpewniejszą z nich jest tzw.

funkcja masy,

o której szczegółowo pisał M. Mikołajewski (PA 2/1991). Pozwolę sobie przypomnieć, że zdefiniowana ona jest jako pewna kombinacja wielkości wyznaczalnych z obserwacji. Na mocy prawa Keplera dla orbity kołowej funkcja ta stanowi absolutne minimum dla m_1, tzn. dla masy składnika pierwotnego.

FUNKCJA MASY

$$f(m) \equiv \frac{PK_2^3}{2\pi G} = \frac{m_1^3 \sin^3 i}{(m_1+m_2)^2}$$

P – okres orbitalny (z obserwacji), K_2 – amplituda zmian prędkości radialnych linii widmowych jednego ze składników układu podwójnego (z obserwacji),[4)] m_1 – masa składnika pierwotnego (nieznana), m_2 – masa składnika wtórnego (towarzysza) (słabo znana bądź nieznana), i – kąt nachylenia orbity do kierunku z jakiego patrzymy (słabo znany bądź nieznany), G jest stałą grawitacji, a π =3.14159...

Równość $m_1=f(m)$ zachodzi tylko wówczas, gdy patrzymy na układ idealnie „z boku" ($\sin i = 1$), i jednocześnie gdy masa składnika wtórnego m_2 jest równa zeru. W każdym innym przypadku m_1 jest większa od wyznaczonej obserwacyjnie wartości $f(m)$.

Jeżeli mamy więc układ podwójny, który podejrzewamy o to, iż znajdujący się w nim zwarty obiekt (tj. składnik pierwotny) jest czarną dziurą,

[3)] Przez „realistyczne" rozumiem takie równanie stanu, które nie pojawiło się jak królik z kapelusza, lecz jest oparte na w miarę uzasadnionych założeniach. Nie znaczy to, że równanie takie jest z całą pewnością słuszne; w końcu największym problemem astrofizyki gwiazd neutronowych jest właśnie brak jasności, jakie założenia przyjąć...

[4)] Periodyczne zmiany długości fali linii widmowych są spowodowane efektem Dopplera działającym na światło emitowane przez obiekt obiegający środek masy układu podwójnego. Te zmiany można „przetłumaczyć" na prędkość obiektu.

należy w pierwszej kolejności określić okres orbitalny oraz znaleźć amplitudę przesunięć linii w widmie gwiazdy – towarzysza (tj. składnika wtórnego). Innymi słowy – trzeba zmierzyć funkcję masy. Niech Czytelnik nie myśli, że jest to bardzo łatwe zadanie. Często są spore kłopoty ze znalezieniem optycznego odpowiednika źródła rentgenowskiego. Gdy go wreszcie ktoś zidentyfikuje, zwykle okazuje się, iż jest to obiekt bardzo słaby i trudno przeprowadzać na nim pomiary. Co więcej, w wielu wypadkach promieniowanie optyczne zdominowane jest nie przez składnik wtórny, lecz przez materię akreującą na składnik pierwotny i tworzącą rodzaj dysku. Niełatwo jest wtedy określić amplitudę K_2. Gdy jednak wszystkie trudności zostaną pokonane oraz okaże się, że wyznaczona wartość funkcji masy jest duża, to mamy silnego kandydata na czarną dziurę.

Oczywiście mała wartość funkcji masy nie znaczy jeszcze, że badany obiekt jest z pewnością gwiazdą neutronową (jeśli nie mamy rzecz jasna innych powodów, aby tak sądzić). Może się bowiem okazać, że kąt nachylenia orbity *i* jest bardzo mały, lub masa składnika wtórnego jest duża. Tak *prawie* na pewno jest w przypadku sławnego kandydata na czarną dziurę *Cygnus X-1*, dla którego funkcja masy wynosi zaledwie $0.2M_{\odot}$. Są pewne sposoby oceny zarówno kąta nachylenia orbity, jak i masy gwiazdy – towarzysza. Dzięki nim można mieć ostrzejsze ograniczenia na masę zwartego obiektu. Aby jednak nie dać nikomu najmniejszego nawet pretekstu do posądzenia mnie o jakąkolwiek manipulację, nie będę z nich teraz korzystać. Jedynym kryterium pozostanie więc wartość funkcji masy.

Do niedawna rekordzistą, jeśli chodzi o wartość funkcji masy, a tym samym najlepszym kandydatem na czarną dziurę było źródło *A0620-00*, zwane także *Monoceros X-1*, *Nova Monoceroti 1975* oraz *V616 Mon* (znowu odsyłam Czytelnika do artykułu M. Mikołajewskiego). Wyznaczona przez J. E. McClintocka i R. A. Remillarda w 1986 roku wartość $f(m)$ dla tego obiektu wynosi $3.18\pm0.16\ M_{\odot}$. Ta liczba jest bardzo bliska standardowo przyjmowanej maksymalnej dopuszczalnej masie gwiazdy neutronowej.

Trzeba przyznać, że mamy z tym obiektem nieco szczęścia. Należy on do klasy źródeł, po angielsku zwanych *X-ray transients*, a po polsku czasami

rentgenowskie zmienne przejściowe.

Są to obiekty, które raz widać na rentgenowskim niebie, a raz nie; zwykle przez większość czasu zresztą nie. Wśród klasy zmiennych przejściowych można wyróżnić szereg grup, grupek i podgrupek; jedne z nich emitują bersty, inne pulsują (a więc muszą to być gwiazdy neutronowe); są też obiekty, w których nie odkryto żadnej z tych cech. Niniejszy artykuł nie ma za zadanie przeprowadzać szczegółowej klasyfikacji; ważny dla nas jest natomiast fakt, iż w źródłach przejściowych akrecja, która jest odpowiedzialna za emisję rentgenowską, na długie okresy czasu ustaje, bądź przynajmniej dramatycznie się zmniejsza. Oznacza to, że również w zakresie optycznym światło nie jest wówczas „zaśmiecane" promieniowaniem z dysku akrecyjnego i daje się zmierzyć przesunięcia w widmie linii wysyłanych przez składnik wtórny. Tak więc źródła przejściowe – ze względów czysto „technicznych" – nadają się szczególnie dobrze do poszukiwań czarnych dziur.

Rentgenowskie krzywe blasku różnych źródeł przejściowych różnią się zwykle między sobą dość znacznie kształtem. Jednak znane są aż trzy obiekty, których krzywe blasku są praktycznie kalkowymi kopiami krzywej *A0620-00* (patrz rysunek 2). Wszystkie te źródła osiągały maksimum jasności w jakiś tydzień od początku rozbłysku (tzn. od momentu pojawienia się obiektu na rentgenowskim niebie), po czym słabły w charakterystycznej skali czasowej czterdziestu kilku dni.[5] Nawet taki szczegół, jak drobne „zafalowanie" o kształcie siodełka, pojawiające się w krzywej blasku w kilkadziesiąt dni po maksimum, jest wspólne dla tych źródeł! Na razie nikt nie wie, jak te wszystkie efekty wytłumaczyć. Może jednak są to cechy charakterystyczne dla – przynajmniej niektórych – układów zawierających czarne dziury? Z całą pewnością warto jest przyjrzeć się poszczególnym obiektom należącym do tej podklasy.

Jednym z nich jest *GS2023+338*. Pojawienie się go zostało odkryte 21 maja 1989 roku przez japońskiego satelitę rentgenowskiego *Ginga*. Prawie natychmiast zauważono, że jego niezbyt dobrze określona pozycja jest konsystentna z położeniem gwiazdy zmiennej o nazwie

V404 Cyg.

Gwiazda ta rozbłysła optycznie w 1938 roku i od tego czasu była klasyfikowana jako klasyczna nowa.[6] Normalnie jest to słaby obiekt, jakiejś dziewiętnastej czy dwudziestej wielkości gwiazdowej. Z obserwacji optycznych przeprowadzonych w kilka dni po odkryciu rentgenowskim wynikało, iż pojaśniał on do dwunastej wielkości. W ten sposób stwierdzono, praktycznie ponad wszelką wątpliwość, że *V404 Cyg* jest rzeczywiście optycznym odpowiednikiem źródła rentgenowskiego.

Tak więc obiekt ten znany był już wcześniej; jednak ze względu na jego słabość nikomu nie chciało się wyznaczać jego parametrów. Zgodność kształtu rentgenowskich krzywych blasku *A0620-00* i *V404 Cyg* jest poszlaką, że są to obiekty bardzo podobne. Poszlaka to jednak nie dowód – przyroda lubi czasem być złośliwa i może okazać się, iż zupełnie różne przyczyny wywołują ten sam efekt. Dlatego trzeba przeegzaminować wszelkie możliwości. Zacznijmy od sugestii obserwatorów z 1938 roku, że *V404 Cyg* to nowa klasyczna.

Klasyczne nowe są to układy podwójne, w których składnikiem pierwotnym jest biały karzeł. Akreuje on materię przekazywaną przez gwiazdę – towarzysza. Gdy materii tej zbierze się wystarczająco dużo, następuje gigantyczny wybuch termojądrowy – coś w rodzaju superogromnej bomby wodorowej. Zjawisko to zachodzi w każdym układzie wielokrotnie, jednak okres między kolejnymi wybuchami liczy się w tysiącach lat. Tak więc rozbłyskująca co kilkadziesiąt lat *V404 Cyg* z całą pewnością nie jest nową klasyczną.[7]

Trzeba było z kolei rozważyć możliwości, iż interesujące nas źródło jest bądź to nową karłowatą, bądź też nową powrotną (obiekty te wybuchają znacznie częściej). Rozumiem, że niektórzy

[5] Charakterystyczna skala jest to czas, w którym źródło zmienia swą jasność o czynnik *e*.

[6] Rzecz jasna nikt w trakcie tego rozbłysku nie badał ewentualnej emisji promieniowania *X*, jako że astronomia rentgenowska jeszcze się wtedy nie narodziła.

[7] Z przeglądu klisz archiwalnych wynika, że *V404 Cyg* wybuchła także w latach 1956 i 1979.

Czytelnicy mogą się w tym miejscu poczuć nieco zagubieni w terminologii. Otóż nowe *klasyczne*, *karłowate* i *powrotne* są to wszystko układy podwójne zawierające akreujące białe karły, które co pewien czas gwałtownie rozbłyskują. Różne są natomiast mechanizmy wybuchów. O nowych klasycznych pisałem przed chwilą; w nowych karłowatych rozbłyski są skutkiem niestałego tempa akrecji, zaś przyczyna pojaśnień nowych powrotnych nie jest do końca wyjaśniona. Pewni astronomowie wśród rentgenowskich zmiennych przejściowych wyróżniają klasę nowych *rentgenowskich*; do niej to zresztą zaliczają m. in. *A0620-00* i kolegów. Są to więc akreujące gwiazdy neutronowe – lub czarne dziury!

Wracajmy jednak do naszych baranów, tj. do *V404 Cyg*. Czy może to być nowa powrotna albo karłowata? Wiadomo, że obiekty te nie są zbyt silnymi źródłami promieniowania *X*. A jaka była jasność rentgenowska *V404 Cyg* w maksimum rozbłysku? Mamy zmierzony przez satelitę strumień promieniowania przy powierzchni Ziemi; absolutną jasność rentgenowską L_x można wyrazić więc jako funkcję odległości do źródła *d*:

$$L_x = 1.5 \times 10^{38} \times \left(\frac{d}{1\text{kps}}\right)^2 \text{erg}\cdot\text{s}^{-1}$$

(„kps" oznacza kiloparsek). Z poczerwienienia widma optycznego wynika, że odległość do V*404 Cyg* wynosi *co najmniej* 1.5 – 2 kiloparseków.[8] Czyli – prawdziwa wartość L_x przekracza 3×10^{38} erg·s^{-1}; jest to bardzo duża wielkość, o ładnych parę rzędów przewyższająca jasności rentgenowskie nowych powrotnych i karłowatych. Interesujący nas obiekt nie może zatem być jedną z nich.

Tak więc metodą eliminacji przekonaliśmy się, że *V404 Cyg* nie jest układem zawierającym białego karła. Cóż nam pozostaje? Gwiazda neutronowa – albo czarna dziura!

Rzecz jasna po odkryciu rozbłysku rentgenowskiego wielu obserwatorów rzuciło się na ten obiekt, aby wyznaczyć jego parametry. Otrzymywano różne wyniki; np. pracownicy Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego A. Udalski i J. Kałużny w 1991 roku opublikowali pracę (*Publ. Astr. Soc. of the Pacific, 103, 198*), w której na podstawie obserwacji fotometrycznych (przeprowadzonych za granicą) sugerowali, że okres orbitalny wynosi bądź to nieco ponad 3 godziny, bądź dwa razy tyle, czyli niecałe siedem godzin. Jak się później okazało, nie był to jednak wynik poprawny.

Sukces odnieśli natomiast J. Casares, P. A. Charles i T. Naylor dokonujący obserwacji spektroskopowych na 4.2-metrowym teleskopie umieszczonym na Wyspach Kanaryjskich w obserwatorium o pięknej nazwie *Observatorio del Roque de los Muchachos*. Na początku 1992 roku ukazał się ich artykuł (*Nature, 355, 614*), w którym podali, że okres orbitalny *V404 Cyg* wynosi 6.47259±0.0009 dni, a amplituda prędkości radialnych – 210.6±4 km·s^{-1}. Czytelnik może łatwo sprawdzić, iż daje to funkcję masy 6.26±0.31 $M_\odot$! Tak więc jest to nowy, i w dodatku jak na razie

najlepszy kandydat na czarną dziurę.

Pojawiają się jednak czynniki komplikujące nieco obraz. Aby składnik wtórny mógł przekazywać materię składnikowi pierwotnemu, jego promień musi być praktycznie równy promieniowi tzw. powierzchni Roche'a; promień powierzchni Roche'a zależy zaś od mas obu komponentów oraz okresu orbitalnego. Dla okresu wynoszącego kilka dni, jak to ma miejsce w przypadku *V404 Cyg*, promień powierzchni Roche'a jest znacznie większy od promienia Słońca. Składnik wtórny musi być więc olbrzymem. Ale olbrzymy są przecież gwiazdami bardzo jasnymi. Porównując strumień obserwowany na Ziemi z absolutną jasnością olbrzyma o znanym typie widmowym (dla *V404 Cyg* jest to mniej więcej K0), i uwzględniając osłabienie światła skutkiem absorpcji przez materię międzygwiazdową, można ocenić odległość do źródła. W ten sposób Casares i koledzy dostali dla *V404 Cyg* minimalną wartość 11kps.

Jak mówią Anglosasi – *so far, so good*. Jedenaście kiloparseków to przecież nic takiego. Ta odległość plasuje *V404 Cyg* dobrze wewnątrz naszej Galaktyki. Stąd wynika, że jasność rentgenowska w maksimum rozbłysku z 1989 roku wynosiła co najmniej 1.8×10^{40} erg·s^{-1}! Nie znamy żadnego galaktycznego źródła rentgenowskiego, którego jasność choćby zbliżała się do tej wartości. Jasność maksymalna rozbłysku z *A0620-00* była równa ok. 1×10^{38} erg·s^{-1}. Ponieważ kształty krzywych blasku tych dwóch obiektów są tak do siebie podobne, więc wydaje się, że również jasności maksymalne nie powinny być zbyt różne.

Dla bardziej zaawansowanego Czytelnika mam jeszcze jeden argument. Jasność ~10^{40} erg·s^{-1} przewyższa o rząd wielkości jasność krytyczną (inaczej: jasność Eddingtona) dla obiektu o masie ~$10M_\odot$. Co prawda jasności krytycznej nie mogą przekroczyć jedynie sferycznie-symetryczne ciała promieniujące stacjonarnie (a więc limit ten formalnie nie dotyczy wybuchów), jednak *znaczące* złamanie tego ograniczenia jest mało prawdopodobne.

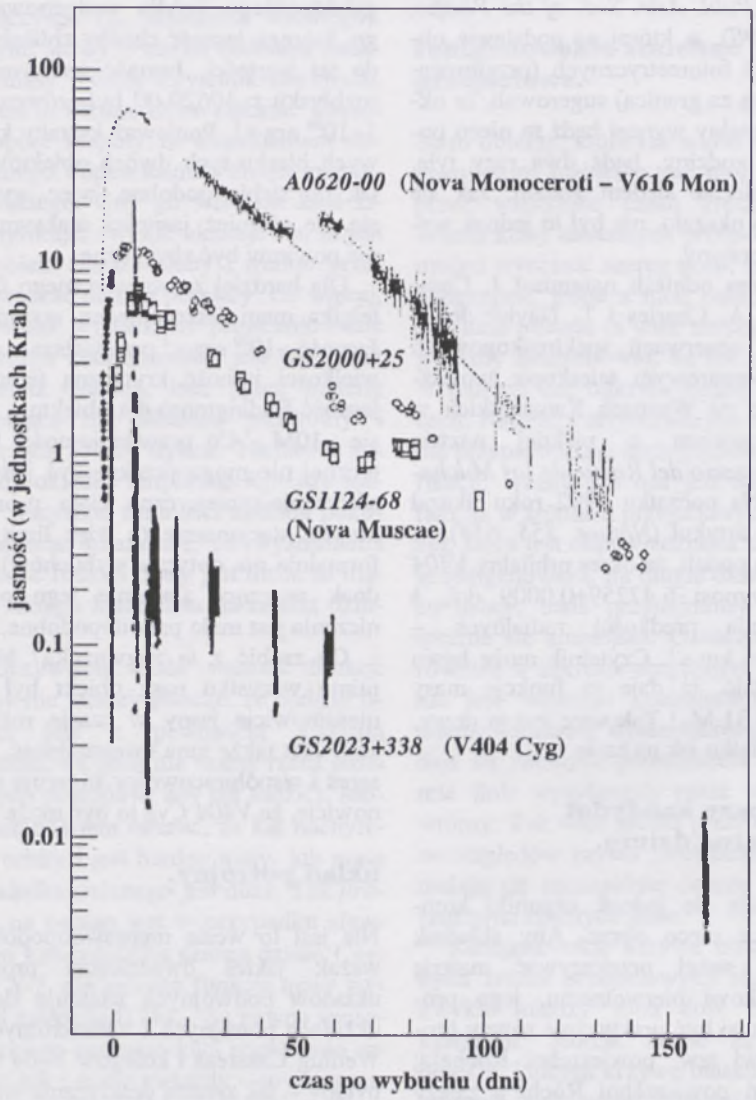
Co zrobić z tą zagwozdką? Może mimo wszystko nasz obiekt był tak niesamowicie jasny w czasie rozbłysku? Jest także inna ewentualność. Casares i współpracownicy sugerują mianowicie, że *V404 Cyg* to być może

układ potrójny.

Nie jest to wcale nieprawdopodobne; wszak jakieś dwadzieścia procent układów podwójnych znajduje się w układach potrójnych i wielokrotnych.[9] Według Casaresa i kolegów *V404 Cyg* byłaby – jak zresztą praktycznie wszystkie gwiazdy potrójne – układem hierarchicznym. Składałaby się ona z ciasnej („wewnętrznej") pary o okresie co najwyżej kilka godzin, i dość znacznie oddalonego od niej trzeciego „zewnętrznego" składnika, okrążającego ją co sześć i pół dnia. Zewnętrzny składnik miałby być gwiazdą ciągu głównego typu G8–K0, i to on byłby głównym źródłem emisji optycznej między wybuchami. Natomiast w parze wewnętrznej następowałaby okazjonalna akrecja materii ze składnika wtórnego na zwarty obiekt, i to byłoby przyczyną rozbłysków rentgenowskich i optycznych. Ponieważ gwiazdy ciągu głównego są oczywiście o wiele słabsze od olbrzymów, więc odległość do źródła jest wyraźnie mniejsza (bliska dolnemu ograniczeniu wynikającemu z

[8] Materia międzygwiazdowa chętniej pochłania promieniowanie o stosunkowo krótkich długościach fal, czyli z niebieskiej części widma optycznego, niż promieniowanie z części czerwonej. Obserwowane widmo gwiazdy jest przez to „poczerwienione", oczywiście tym silniej, im więcej jest materii na drodze między nami a badanym obiektem. Mierząc ilość tego poczerwienienia i znając rozkład materii w Galaktyce można ocenić odległość.

[9] Niektórzy z pewnych powodów uważają, że np. źródła rentgenowskie *4U1915-05*, *4U2129+47* i *GX17+2* są układami potrójnymi, aczkolwiek nie wszyscy się z tym zgadzają.



Rys. 2. Krzywe blasku dla kilku rentgenowskich zmiennych przejściowych. Ich zadziwiające podobieństwo jest nie wyjaśnione. Trzy spośród tych obiektów (V 404 Cyg, Nova Monoceroti i Nova Muscae) to najprawdopodobniej czarne dziury.

poczerwienienia widma), i absolutna jasność rentgenowska w maksimum wybuchu była znacznie bardziej „przyzwoita".

W tym miejscu ktoś może powiedzieć: no dobrze, ale jeśli to wszystko prawda, to funkcja masy jest miarą masy całej wewnętrznej pary, a nie tylko zwartego składnika. Czy nie możemy mieć do czynienia z sytuacją, że obiekt zwarty jest stosunkowo lekki, a większość masy jest umieszczona w składniku wtórnym? Odpowiedź na to pytanie brzmi: nie. Składnik wtórny musi być albo białym karłem, albo – co znacznie bardziej prawdopodobne – gwiazdą ciągu głównego; inne rodzaje gwiazd miałyby zbyt duże promienie, aby „wpasować się" w układ podwójny o tak krótkim okresie orbitalnym, a tym samym o małej separacji między komponentami. Masa białego karła nie może przewyższać tzw. masy Chandrasekhara, równej ok. $1.4M_{\odot}$. Z kolei jasność gwiazdy ciągu głównego bardzo silnie zależy od jej masy. Z tego powodu fakt, że ewentualnej gwiazdy – składnika wtórnego wewnętrznej pary – nie widać, mówi nam, iż jej masa jest mniejsza niż $\sim 0.5M_{\odot}$. W obu możliwych przypadkach masa obiektu zwartego musi być znaczna, i nadal mamy do czynienia z bardzo mocnym kandydatem na czarną dziurę. Oczywiście pojawia się problem, jakie były parametry początkowe i w jaki sposób przebiegała ewolucja układu, by w efekcie końcowym dać takie dziwo? Na razie nikt nie udzielił na to pytanie odpowiedzi.

Kiedy pisanie tegoż artykułu było już znacznie zaawansowane, po astronomicznym świecie rozeszła się wiadomość: mamy jeszcze jednego kandydata na czarną dziurę! Okazał się nim być... *GS1124-68*, zwany także

Nova Muscae,

a więc kolejny obiekt z rysunku 2! Jak podają J. McClintock, C. Bailyn i R. Remillard[10] w swojej pracy z końca 1992 roku (*Astrophys. J., 399, L145*), okres orbitalny tego obiektu wynosi 10.42±0.04 godzin, a amplituda prędkości radialnych – 411±21 km·s^{-1}. Daje to wartość funkcji masy równą 3.1 ± 0.5 $M_{\odot}$.

Jak widać, nie jest to wynik rekordowy – ten na razie nadal należy do *V404 Cyg*. Również błąd jest dosyć znaczny. Z drugiej strony *Nova Muscae* nie jest chyba obiektem aż tak kontrowersyjnym – wszystkie jej parametry (funkcja masy, okres, typ widmowy *etc.*) są bardzo zbliżone do parametrów *A0620-00*.

Tak więc wygląda na to, że liczba czarnych dziur na niebie rośnie... Co prawda żaden z kandydatów nie jest jeszcze absolutnie pewny, ale czy w dzisiejszych czasach człowiek może mieć stuprocentową pewność w jakiejkolwiek sprawie?! Najmocniejsi kandydaci należą do pewnej podklasy przejściowych zmiennych rentgenowskich o charakterystycznej krzywej zmian blasku. Może jest to przypadek? Czym spowodowany jest właśnie taki kształt krzywej blasku? Czy wynika on z natury składnika pierwotnego układu, czy też gwiazdy przekazującej mu materię? A może – z jednego i drugiego? Innymi słowy – czy sama krzywa zmian blasku jest sygnaturą wystarczającą do stwierdzenia, że mamy do czynienia z czarną dziurą? Niestety, na odpowiedzi na te pytania przyjdzie chyba poczekać...

Michał Czerny był cenionym specjalistą od rentgenowskich układów podwójnych. Piszemy „był", ponieważ całkiem niedawno pochłonęła go... firma prywatna „Tomasz Chlebowski" (też zresztą były nasz autor!), o czym z żalem zawiadamia redakcja.

[10] J. McClintock i R. Remillard to ci sami faceci, którzy wyznaczyli funkcję masy dla *A0620-00*. Trzeba przyznać, że niektórzy to mają szczęście!

Kamieniczka

Witraże mistrza Kozioła (fot. M. Zbyszewska)

Przepiękna zabytkowa kamieniczka przy ulicy Rabiańskiej 8 jest od niedawna nową siedzibą toruńskiej pracowni Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika. Oficjalne otwarcie – z udziałem przedstawicieli władz miasta, Polskiej Akademii Nauk, wykonawców oraz oczywiście Dyrekcji CAMK – miało miejsce 23 listopada 1993. Z Warszawy przyjechał cały autokar pracowników CAMK, bo i było na co popatrzeć.

Wyremontowana kamieniczka prezentuje się okazale. Wspaniała, wysoka sień; przed wiekami, a kamieniczka pochodzi z XIV bądź XV wieku, sień ta zapewne służyła bogatemu kupcowi do prezentacji posiadanych towarów, zawierania transakcji, przyjmowania gości. Charakter nadają jej gotyckie łuki, a wrażenie uzupełniają witraże wykonane przez mistrza Władysława Kozioła. Po schodach w dół schodzimy do podziemi, gdzie natrafiamy na naturalną studnię, niezbędną kiedyś kupcowi, a dziś zamienioną na fon-

Wstęgę podtrzymuje Pani Prof. W. Iwanowska, a przecina ją niezapomniany pan Jurczak z III Wydziału PAN...

Przed remontem...

niczki jest długa, zawiła i pełna zakrętów, a równie długa jest lista ludzi, którzy się do sukcesu przyczynili.

Sam pomysł wybrania starej zabytkowej kamieniczki na siedzibę toruńskiej filii CAMK narodził się w połowie lat siedemdziesiątych. Oczywiście można było myśleć raczej o wybudowaniu jakiegoś niedrogiego, obszernego baraku, ale idea zrobienia czegoś nie tylko dla siebie, ale dla miasta i dla polskiej kultury wydała się czymś szlachetniejszym. Zarazem pomysł był realistyczny, jako że w tym czasie w Toruniu dwie takie kamieniczki zamieniono na siedziby dwóch zespołów Akademii Nauk.

Od pomysłu do jego realizacji wiodła jednak „droga przez mękę". I nic dziwnego; zamiana ruiny o groszowej wartości w obiekt o wartości kilkunastu miliardów złotych nie odbywa się z

tannę. W tym uroczym kąciku wypoczynkowym można chwilę odsapnąć i ruszamy schodami w górę. Na pierwszym i drugim piętrze mieszczą się pracownie. Może nie są najwygodniejsze, ale trudno jest oprzeć się ich urokowi.

Jest też oficyna, a w niej także pracownie oraz pokoje gościnne. Astronomowie przyjeżdżający do Torunia będą tam mogli wygodnie nocować. Współpraca Torunia z innymi ośrodkami w Polsce (i nie tylko) będzie mogła rozkwitnąć.

Skąd się wzięło to cudo? Ot, kupiliśmy je w 1987 roku za 450 tys. złotych...

Nic jednak samo się nie dzieje. Także i w tym przypadku historia odremontowania kamie-

Po remoncie... Przepiękne, belkowane sklepienie i odsłonięte gotyckie łuki.

Jedna z pracowni.

użyciem czarodziejskiej różdżki. A więc najpierw były starania w Urzędzie Miasta i u Konserwatora Zabytków o wybór i przyznanie obiektu, wysiedlenie kilkunastu rodzin mieszkających tam w skandalicznych warunkach, wysiedlanie następnych, co się wprowadzili na dziko do już zwolnionego obiektu, ekspertyzy fundamentów (nóż się zawali...), rozebranie tego, co kiepsko stało i budowanie niemalże od początku, ale z zachowaniem możliwie jak najwięcej z pierwotnej substancji budynku. A wszystko wymagało pieniędzy, pieniędzy, pieniędzy...

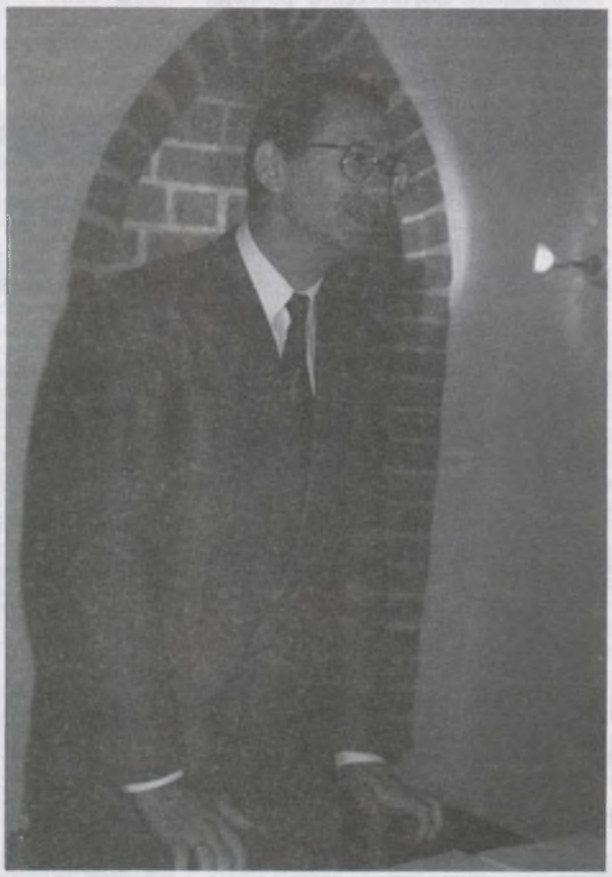
Komplet projektu architektonicznego był gotów w 1985 roku, w czasie, gdy kierownikiem pracowni był doc. Jan Hanasz, natomiast pieczę nad samą budową sprawował

Kolekcja postaci wybitnych i zasłużonych.

następny kierownik, prof. Jan Smoliński. Po drodze było wiele różnych trudnych decyzji do podjęcia, poczynając od tej najbardziej zasadniczej, że Centrum Astronomiczne poradzi sobie z koordynowaniem tego remontu i zdobywaniem odpowiednich funduszy (ta decyzja spadła na barki ówczesnego Dyrektora CAMK, prof. Dziembowskiego), a kończąc na ostatecznym kształcie kamieniczki, do czego całe serce włożył prof. Smoliński.

Zdobywano więc fundusze tak u Prezydenta Miasta i Wojewody (prof. Smoliński, dr Turło, pani Leszczyńska, no i nieoceniona pani prof. Iwanowska), jak i w Polskiej Akademii Nauk i Komitecie Badań Naukowych (doc. Ziółkowski). Całość remontu, ze względu na walor zabytkowy kamieniczki, pomimo jej straszliwego zniszczenia, prowadzona musiała być przez konserwatorów zabytków, a nie tanią ekipę remontową. Niezbędne były liczne szczegółowe ekspertyzy; jak słusznie twierdzi prof. Smoliński, budynek nie mógł stanąć bez solidnego osuszenia fundamentów i odpowiedzialnego poprowadzenia licznych (ze względu na komputery) przewodów elektrycznych. Z inicjatywy prof. Smolińskiego powstały piękne witraże mistrza Kozioła, zasłużonego przy odbudowie Zamku Królewskiego w Warszawie, a przedstawiające wybuch gwiazdy nowej. Konsultowany w tej sprawie prof. Giejsztor twierdził, że pomysł jest jak najbardziej w duchu epoki. Wiele innych osób też może wskazać swój, choćby mały, wkład w to, jak obiekt wygląda dziś i wszyscy możemy być z niego dumni.

Fronton kamieniczki przedstawiony jest na okładce. Wiele osób jest zaskoczona faktem, że kamienica została pomalowana. Ale tak miało być! W średniowieczu kamienice kupieckie były właśnie malowane (ale nie tynkowane), i tylko w miarę upływu czasu z wielu z nich farba zlazła.



Doc. Ziółkowski na tle gotyckiego łuku.

Co zrobić, by tak pięknie odremontowany obiekt w takim stanie zachować? Formujący się społeczny komitet postara się nad tym pomyśleć.

Prof. Smoliński i Prof. Iwanowska

tekst: **Bożena Czerny**
zdjęcia niesygnowane wykonano
na zlecenie prof. Smolińskiego

Przyszłość i teraźniejszość Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika

rozmowa z obecnym dyrektorem CAMK, profesorem **Markiem Demiańskim**

Red: Kiedy 20 lat temu pojawiła się koncepcja stworzenia CAMKu plany były bardzo rozległe, m. in. zakładano, że będzie to takie miejsce spotkań ludzi ze Wschodu i Zachodu. Obecnie, w nowych warunkach politycznych, taki pomost między Wschodem i Zachodem nie jest już potrzebny. Jakie zatem miejsce może i powinien CAMK zająć dziś w polskiej astronomii?

MD: Obecnie CAMK jest najpoważniejszym instytutem astronomicznym w Polsce. Wydaje mi się, że CAMK może i powinien, właśnie z tej racji, że potencjał, jaki posiada, jest taki ogromny i taki różnorodny, pełnić rolę inspiratora różnego rodzaju badań. Polska astronomia jest bardzo zatomizowana. CAMK mógłby tę sytuację drastycznie zmienić.

Red: Taka rola inspirująca jest dosyć trudna, jeżeli nie jest do końca sprecyzowana, ponieważ pojawiają się dwie trochę sprzeczne tendencje. Jedna, żeby przyciągać i na stałe zatrudniać tutaj najlepszych ludzi, a druga, żeby raczej patronować innym ośrodkom. Której z nich zwolennikiem byłby Pan?

MD: Ani jednej, ani drugiej. Wydaje mi się, że koncepcja aby CAMK był takim miejscem wsysającym byłaby szkodliwa i nie chciałbym też, żeby CAMK stał się ośrodkiem patronackim, takim bardzo patriarchalnym. Ja wolałbym, żeby losy tych innych ośrodków toczyły się niezależnie, chciałbym jednak, żeby CAMK był ośrodkiem ...

Red: ...nadającym po prostu pewien styl.

MD: To jest moje ukryte marzenie, żeby każdy, kto robi w Polsce doktorat z astronomii, przewinął się przez CAMK. Są dwie przyczyny, które utrudniały to dawniej. Po pierwsze, to jest problem finansowy. Trzeba sobie zdać sprawę z tego, że w ciągu ostatnich 3 lat, budżet CAMKu zmalał o 2/3. Jest jeszcze drugi problem. Otóż może się też pojawić opór tych mniejszych ośrodków, które mogą się bać o to, że my tu najpierw kogoś ściągniemy, niby na staż, a potem go zatrzymamy, czy po prostu jemu się tu spodoba i zechce zostać... Te obawy można rozwiać, na przykład gwarantując, że osoba, która tu przyjdzie na staż, nie będzie mogła być zatrudniona w CAMKu, powiedzmy przez następne 3 lata.

Red: Kontynuując ten wątek miejsca CAMKu w Polsce i naszej rzeczywistości w ogóle, zatrzymajmy się na kwestii oceny naszego ośrodka przez KBN. Jak rozumiem, ośrodek oceniany jest dobrze, ale nie bardzo dobrze.

MD: Tak. Otóż wydaje mi się, że ciągle jeszcze bardzo szwankuje w CAMKu działalność pokazująca, co się tutaj dzieje na poziomie krajowym. Tzn. my jesteśmy widoczni we współpracy z zagranicą, natomiast nie zauważają nas tutaj, na miejscu. Mam nadzieję, że to się zmieni. Wydaje mi się, że korzystając z tego ogromnego potencjału, który tu jest, moglibyśmy prowadzić znacznie więcej wykładów i to nie tylko na UW, znacznie więcej prac magisterskich, doktorskich, itd. Moglibyśmy włączyć się w proces kształcenia i dokształcania nauczycieli, w proces przygotowywania nowych programów szkolnych – ten proces ciągle przecież trwa.

Red: Należałoby pomyśleć również o jakimś systematycznym, regularnym kontakcie z prasą, TV ...

MD: To jest problem bardzo delikatny, dlatego, że z jednej strony warto byłoby takie kontakty z prasą, TV mieć, a z drugiej strony to stwarzałoby podejrzenie, że CAMK przyłączył się do pewnego ugrupowania, a ja chciałbym za wszelką cenę propagować taki pogląd, że my jesteśmy ośrodkiem naukowym nie związanym w żaden sposób, żadnymi niteczkami, z żadnym z funkcjonujących w tym kraju ugrupowań politycznych. To jest trudne, szczególnie w obecnej sytuacji.

Red: Jeżeli inicjatywa będzie wychodziła głównie z naszej strony, wówczas takiego niebezpieczeństwa nie będzie...

MD: Ja bym sobie to wyobrażał w taki sposób, że my byśmy systematycznie, np. co miesiąc, może dwa miesiące, rozsyłali do większych gazet, radia, TV, informacje o tym co się w CAMKu dzieje. Co oni z tym zrobią, to jest ich sprawa, ale my wysyłalibyśmy taką informację do wszystkich.

Red: Można w ten sposób spróbować doprowadzić do tego, żeby w gazetach pojawiły się kąciki, np. w niedzielnych wydaniach, także na temat astronomii.

MD: Na to jednak trzeba ludzi tutaj, czyli „nas", zainteresować taką działalnością.

Red: Czy przewidujesz też wydawanie rocznych sprawozdań, tak jak to robi wiele instytucji na świecie?

MD: Otóż to trzeba będzie zacząć robić. Przechodzimy teraz bardzo gruntowną zmianę nastawienia do nauki, do takich instytutów jak CAMK. W systemie byłym, nauka była pewnego rodzaju ornamentyką, która była potrzebna i – to było widać u naszych wschodnich sąsiadów, gdyby nie ich potencjał naukowy nie byłoby ich potencjału militarnego i oni świetnie zdawali sobie z tego sprawę – wobec tego pamiętało się o tym, że o naukę trzeba dbać. Teraz sytuacja jest diametralnie różna. Ja sobie mogę doskonale wyobrazić nasz kraj bez CAMKu i pewnie niewielu by to zabolało. My powinniśmy teraz uzasadniać konieczność i celowość naszego istnienia ostatecznie zawdzięczamy je polskiemu podatnikowi.

Red: Pomarzmy jednak jeszcze trochę: czy są jakieś szanse, żeby uzyskać choć częściowe finansowanie ze źródeł zewnętrznych...

MD: Takich źródeł ciągle szukamy. Niestety, w Polsce nie wykształciła się jeszcze grupa takich kapitalistów, którzy mogliby – i widzieli w tym swój cel – finansować takie instytucje jak CAMK. Ciągle jeszcze nie wyjaśnione są sprawy podatków – to wciąż jest mało korzystny sposób wydawania pieniędzy przez kogoś, kto zarabia bardzo dużo i mógłby mieć ulgi podatkowe gdyby część swoich dochodów przeznaczył na cele naukowe. Drugie źródło to są różne europejskie konsorcja. I tutaj widzę dwie możliwości: jedną jest Południowe Obserwatorium

NAGRODA IM. WŁODZIMIERZA ZONNA

Polskie Towarzystwo Astronomiczne co dwa lata przyznaje nagrodę im. Włodzimierza Zonna za popularyzację wiedzy o Wszechświecie. Jednym z ważnych kryteriów przy kwalifikacji do nagrody jest wysoki poziom merytoryczny popularyzacji. W 1993 roku nagrodę otrzymał zespół w składzie: Małgorzata Śróbka – Kubiak i Mirosław Kubiak z Planetarium w Grudziądzu oraz Kazimierz Schilling z Planetarium w Olsztynie.

Organizują oni od prawie 20 lat ogólnopolskie konkursy z astronomii i astronautyki dla młodzieży szkolnej. Uczestnicy konkursu przygotowują referaty na wybrany przez siebie temat. W czasie eliminacji wojewódzkich najlepsze referaty kwalifikowane są do finałowego etapu, który tradycyjnie odbywa się w Planetarium w Grudziądzu. Tak więc, młodzież uczestnicząca w konkursach nie tylko uczy się astronomii, ale poznaje uroki samodzielnego poszukiwania informacji, a najlepsi oswajają się z publicznym prezentowaniem referatów.

Przez lata trwania konkursów kilkanaście tysięcy młodych ludzi czynnie zainteresowało się astronomią. Wybitny popularyzator wiedzy, patron nagrody prof. Włodzimierz Zonn na pewno cieszyłby się widząc niekonwencjonalną, tak jakże ciekawą formę popularyzacji, stosowaną przez nagrodzony zespół.

Gratulacje laureatom!!!

Regulamin nagrody

Kandydata do nagrody im. W. Zonna może zgłosić każdy członek PTA podając uzasadnienie. Jury nagrody zasięga opinii ekspertów w każdej sprawie, następnie dokonuje oceny i zgłasza propozycje laureata. Ostateczną decyzję podejmuje Zarząd Główny PTA. Nagroda jest prestiżowa i ceniona w środowisku ze względu na „patrona". Laureat (lub zespół) nie otrzymują pieniędzy, jedynie specjalny medal.

Robert Głębocki
Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

Europejskie (ESO), a drugą – Wspólnota Europejska. Będąc w lutym w Rzymie, rozmawiałem z nowym dyr. ESO – prof. Giacconi. Prof. Giacconi mówi wyraźnie, że nie ma co liczyć na dotacje. Istnieje jednak możliwość, że CAMK włączy się do analizy danych z ESO. Będziemy wtedy realizowali pewien konkretny program w ramach działalności ESO, a za to będziemy mieli pieniądze...

Red: I to, jak rozumiem, pieniądze tutaj, które można będzie przeznaczyć na pensje, utrzymanie budynku, etc. Mnie się to podoba...

MD: Mnie też, ale pojawia się problem praktyczny: kto chce i będzie to robić. To jest w pewnym sensie wyrobnictwo, bo trzeba nauczyć się programów obróbki tych danych – oczywiście, jak coś ciekawego wyskoczy, można z tego skorzystać, ale powiedzmy sobie szczerze, to się rzadko zdarza. Jest to więc działalność aplikacyjna i nie widzę na razie chętnych, którzy chcieliby się w to aktywnie włączyć, a czas ucieka. Druga możliwość – Wspólnota Europejska daje tylko pewne szanse. Obecny szef Min. Badań Naukowych w Brukseli – prof. Ruberti, lansuje pogląd, że trzeba w Środkowej Europie stworzyć jakiś system współpracy z zachodnimi ośrodkami, opierając się na ośrodkach, które mają już odpowiedni poziom naukowy.

Red: Ich chyba bardziej interesują nauki stosowane niż badania podstawowe.

MD: Właśnie. Poza tym, niestety, będą przy wyborze decydować również pozamerytoryczne względy.

Red: ESO jest więc wprawdzie mniej atrakcyjne, ale o ile zgodzimy się na robienie pewnych rzeczy, będzie to korzystne dla obydwu stron i mniej będzie podlegało fluktuacjom przypadkowym. Sądzę, że ESO mogłoby też sporo skorzystać na takiej współpracy, dlatego, że ta instytucja ewoluuje – takie mam wrażenie – głównie w kierunku gromadzenia danych, pomijając lub ograniczając do minimum ich interpretację. My moglibyśmy im w tym pomóc. Musi jednak być odpowiedni „software" na miejscu, parę osób musiałoby się tego nauczyć i to na tyle, żeby mieć pomysły, a nie tylko mierzyć.

MD: Z programów, które już wkroczyły w fazę realizacji, jest współpraca z Francją. Poza tym, że nasi doktoranci mogą tam jeździć, to teraz zaakceptowano drugą część tego projektu, pozwalającą na wymianę pracowników naukowych, już bardziej samodzielnych. Jednakże nawet tak wspaniale rozwijająca się współpraca z Francją nie załatwi sprawy finansowania CAMKu, bo nikt nam nie dopłaci 1/3 naszego budżetu, ten problem trzeba rozwiązać lokalnie.

Red: A finansowo, jaka jest różnica między finansowaniem ośrodków „A+" i „A"?

MD: W tzw. ośrodkach „A+", finansowanie w 1993 r. będzie na tym samym poziomie co w 1992 biorąc pod uwagę inflację, natomiast w ośrodkach A (do których CAMK się zalicza) będzie o 20% niższe niż w roku 1992.

Red: Co więc można tu zrobić?

MD: Istnieją co najmniej 2 sposoby rozwiązania tego problemu. Pierwszy, to powiedzieć sobie otwarcie, że trzeba dokonać rzetelnej oceny wszystkich i tych, którzy nie spełniają kryteriów przekonywać, żeby od nas odeszli. Jest to bolesne, trudne.. i jeżeli sytuacja finansowa CAMKu w przyszłym roku nie ulegnie poprawie, trzeba będzie tę opcję rozważyć poważnie. Taka operacja podniesie średnią, a jednocześnie sytuacja finansowa nie będzie już tak dramatyczna. Trzeba pamiętać, że teraz fundusz płac stanowi niemal 60% całego budżetu. Być może uda się uniknąć tak drastycznego sposobu podnoszenia naszych wskaźników. Na razie, chciałbym zmienić system premiowania. Zarobki pracowników CAMK składają się z dwóch elementów: płacy zasadniczej oraz premii. Płaca zasadnicza jest ustalona tabelami, natomiast premia jest w gestii dyrektora. Chciałbym stworzyć taki system ustalania wysokości premii, który zależałby od wyników i efektywności pracy. Ja nie liczę na to, że ci którzy piszą prace, zaczną pisać ich więcej, bo dostaną więcej pieniędzy, ale poczują, że są doceniani. Natomiast ci, którzy nie produkują prac naukowych, w tym takich, które są cytowane, poczują, że powinni się sprężyć. Być może to zaowocuje, zobaczymy.

Red: Spójrzmy jednak bardziej merytorycznie na przyszłość naszej placówki. Czy Pan by widział CAMK jako instytut o profilu raczej teoretycznym, czy też powinniśmy spróbować więcej pracować z obserwacjami, czy raczej pozostawi Pan ludziom wolną rękę, niech każdy robi, co chce.

MD: W sytuacji, kiedy jest dobrobyt, to można być takim wspaniałomyślnym i pozostawiać każdemu zupełną swobodę. Natomiast teraz, kiedy jest tak trudno, trzeba będzie znaleźć jakiś mechanizm preferujący te kierunki, które przyniosą nam korzyści finansowe. Jeżeli dojdzie do poważnych rozmów z ESO na temat możliwości opracowywania ich danych, a nie znajdzie się nikt wśród naszych pracowników, ja byłbym skłonny przyjąć osoby, które chciałyby i umiały to robić.

Red: No a tak jak jest, to jakby Pan ocenił CAMK – powiedzmy – w Europie, jako średni ośrodek, dobry...?

MD: Z absolutną szczerością CAMK zakwalifikowałbym do średnich, nie do tych najlepszych, do średnich. To znaczy, ciągle jeszcze i to jest chyba moja największa boleść, nie widzę tutaj prawdziwego entuzjazmu do pracy. Są osoby, które tak funkcjonują, ale to ciągle jeszcze jest mniejszość. Otóż coś, co chciałbym zrobić, zdając sobie sprawę z tego, że efekt będzie gdzieś tam po latach, to spróbować to zmienić.

Red: Oby tak się stało. Dziękujemy za rozmowę.

Rozmawiały:
Joanna Mikołajewska
i Bożena Czerny

ASTRONOMIA ORTOGONALNA

Przygotowując do Planetarium Śląskiego seans na temat wierzeń ludowych o niebie, po zapoznaniu się ze stosowną literaturą etnograficzną doszedłem do wniosku, że warto by sprawdzić, czy współcześnie nie egzystują jakieś przesądy i wierzenia na ten temat.

Co prawda, to prawdopodobieństwo odkrycia jakichś bardzo rozpowszechnionych wierzeń związanych z ciałami niebieskimi wydawało się od początku dość nikłe, jako że literatura etnograficzna zgodnie informuje o sukcesywnym zmniejszaniu się wiedzy o niebie w ciągu ostatniego stulecia. I tak, jeżeli jeszcze Oskar Kolberg w dziewiętnastym stuleciu mógł stwierdzić niezłą znajomość przynajmniej kilku gwiazdozbiorów i układów gwiazd (Orion, obie Niedźwiedzice, Plejady), to już ankieta przeprowadzona w 1932 roku pod kierunkiem Kazimierza Moszyńskiego w 136 miejscowościach ówczesnej Polski przyniosła obraz zaniku tej wiedzy. Na przykład było tylko kilka poprawnych odpowiedzi na pytanie o Gwiazdę Polarną.

Tym niemniej, aby uniknąć przegapienia jakiegoś bardzo rozpowszechnionego przesądu, wydawało się rzeczą rozsądną zapytać kilkudziesięciu przedstawicieli okolicznych mieszkańców, co na ten temat sądzą. Mając cichą nadzieję znalezienia czegoś oryginalnego w tej materii, postanowiłem przeprowadzić niewielką ankietę. Ponieważ wydawało mi się, że największe szanse uzyskania ciekawych odpowiedzi są w przypadku dziewcząt (magia dla zakochanych !!) uznałem, że najbliższa Planetarium szkoła – silnie sfeminizowana Szkoła Ogrodnicza przy Wojewódzkim Parku Kultury i Wypoczynku będzie odpowiednim miejscem dla tego typu eksperymentu.

Napisałem więc kilka elementarnych pytań typu "wymień znane Ci gwiazdy i gwiazdozbiory" czy "co to jest nów, a co pełnia", dodając na końcu pytanie o rzeczywiście interesujące mnie zwyczaje i przesądy dotyczące nieba i ciał niebieskich. Pytania dotyczące astronomii napisałem w gruncie rzeczy tylko po to, by odsiać ewentualnego "fachowca" – miłośnika astronomii, jako że interesowały mnie przecież przesądy znane typowym przedstawicielom (przedstawicielkom) Śląska i rozpowszechniane metodą "propagandy szeptanej". Z tego też względu nie mogłem zadać tych pytań w uczonych przeze mnie klasach zawodowych, gdyż uczennice te były na dwugodzinnych zajęciach w Planetarium i siłą rzeczy ich wiedza na temat nieba była chwilowo dość bogata (nie mówiąc już o tym, że ankieta, wprawdzie anonimowa, mogła być potraktowana jako klasówka).

O pomoc poprosiłem uczącą w Szkole Ogrodniczej koleżankę. Polonistka Agata Obrzud zgodziła się (za co jej dziękuję) na swoich lekcjach przeprowadzić ankietę. Klasa, w której uczy, jest klasą specjalną, dla uczniów nie rokujących nadziei na ukończenie normalnej szkoły podstawowej. Tak się składa, że Agata poza uczeniem w Szkole Ogrodniczej prowadzi zajęcia na polonistyce w Uniwersytecie Śląskim, i mogła ankietę przeprowadzić zarówno w szkole, jak i wśród studentek. Nie chodziło o wielkie badania, więc ograniczyliśmy się do jednej klasy i jednej grupy studenckiej, razem osiem studentek drugiego roku i dziewiętnaście uczennic klasy siódmej.

Jak należało się spodziewać, niczego oryginalnego w ankietach nie udało się znaleźć (choć potwierdzono utrzymywanie się kilku znanych z literatury przesądów).

Nie byłoby więc żadnego powodu pisać o tej sprawie, gdyby nie to, że przeglądając ankiety zauważyłem trudności w odróżnianiu odpowiedzi udzielanych przez uczennice szkoły i studentki!

Poradziłem się kilku koleżanek i kolegów. Wszyscy stwierdzili, że odróżnienie studentek od uczennic jest trudne, a byłoby niemożliwe, gdyby nie drugorzędne cechy – charakter pisma i błędy ortograficzne (przypominam: studentki polonistyki i uczennice mające trudności z ukończeniem szkoły podstawowej).

Wyniki wydały mi się więc szokujące. Jeżeli ta ankieta jest reprezentatywna, to można sądzić, że nauka szkolna (różnica więcej niż o szkołę średnią) oraz codzienne życie (kilkuletnia różnica wieku) nie przynosi żadnej wiedzy astronomicznej. Można by powiedzieć, że "astronomia wydaje się być ortogonalna do nauki szkolnej i dnia codziennego".

A jakie stąd wynikają wnioski dla astronomów?

Przede wszystkim należy się liczyć z nikłym zainteresowaniem problemami tego zawodu. Można też zastanawiać się, czy fakt wyeliminowania z powszechnego obiegu astronomii (rozumianej jako znajomość podstawowych zjawisk zachodzących na niebie) jest podobnie nieodwracalny jak zanik rzemiosł typu bednarstwa i płatnerstwa. Może jednak da się tę wiedzę przywrócić do powszechnej świadomości – ale w jaki sposób? I czy w ogóle warto?!

Otóż jako wykwalifikowany nawigator (jachtowy kapitan żeglugi bałtyckiej) mogę dość autorytatywnie stwierdzić, że znajomość nieba nie jest niezbędna oficerowi marynarki i w praktyce, spośród znanych mi bliżej zawodowych nawigatorów (a to samo dotyczy oczywiście i kapitanów jachtowych) żaden nie zna nieba – okazuje się to zbędne do uzyskania astronomicznej linii pozycyjnej. Identyfikację gwiazd zapewnia tak zwany identyfikator gwiazdowy – mapa ze specjalnymi nakładkami umożliwiającymi zidentyfikowanie, jakiej to gwiazdy wysokość zmierzono.

Jeżeli więc w tak tradycyjnie "astronomicznym" zawodzie – jak marynarz – znajomość gwiazd, gwiazdozbiorów i ruchów planet jest zbędna, to chyba wiedza ta odeszła bezpowrotnie w przeszłość. Trochę jakby żal, ale chyba dobrze zdać sobie sprawę z tego faktu.

Jerzy Kuczyński

postępki astronomów

poradnik miłośnicy astronoma

JAK WYKRZESAĆ DŻET u Maxa Plancka?

Zacznę od post scriptum do poprzedniego odcinka poradnika (PA 3/93, str. 138). Stara to prawda, że zazdrość pozbawia jasności myślenia i z pola widzenia umknęła nam jeszcze jedna czyhająca na astronomów pokusa. To Ciało Doskonale Czarne, w skrócie CDC, (nie mylić z CCD, dla nas niegroźnym). CDC to ideał wszystkich astrofizyków. Nie ma dnia, żeby o nim nie myśleli. W Polsce na szczęście nie ma za wiele przedstawicielek czarnej rasy, ale latem zadziwiająco dużo dzierlatek chce mieć skórę jak czekoladka. Nie pomagają nawet alarmujące wieści o dziurze ozonowej. W związku z tą dziurą właśnie, nasuwa mi się pewne rozwiązanie naszego problemu. Modne są obecnie różne kremy i okulary z filtrami nie przepuszczającymi ultrafioletu. Nam potrzebne byłyby analogiczne specyfiki, tyle że na podczerwień. CDC bowiem o temperaturze 36.6°C promieniuje najintensywniej na długości fali 9.35 μm. Jeśli to będzie *gorąca* Murzyneczka, to trzeba by wyciąć jeszcze z pół mikrona w stronę fali o wyższej częstotliwości. I tu apel do optyków i farmaceutów – pomóżcie udręczonym kobietom i wypuśćcie na rynek tak potrzebny towar, zbyt gwarantowany na całym świecie! Nasz umiłowany wysmarowany takim kremem i zabezpieczony odpowiednimi okularami, będzie zupełnie nieczuły na fluidy wysyłane przez najdoskonalsze nawet ciało czarne, po prostu będzie na nie ślepy.

A teraz do rzeczy. Ze względu na ustawę o wartościach, lojalnie uprzedzam, że to tekst dla mężatek. Stare porzekadło uczy: przez żołądek do serca. Do wybranego przez Ciebie serca trafić trudniej, bo typowe potrawy tu nie zadziałają. To nie jest przecież „typowy" mężczyzna. Jaki bowiem normalny człowiek będzie zarywał noce, choćby wszystkie pod rząd, przez rok cały, aby wykryć na przykład, że jakaś tam gwiazda przestanie świecić za 2 miliardy lat, a nie obchodzi go wcale, że Ty przestaniesz błyszczeć już za lat kilka, a więc nie trwońmy czasu i do dzieła. Podaję przykładowy jadłospis, który zadowoli pod*niebienie* najwybredniejszego astronoma. Wszystkie posiłki możesz przygotować tanio i szybko w mikrofalowym promieniowaniu tła:

Śniadanie:

słoneczne granule na sypko przyprawione pyłem meteorytowym (zawiera mnóstwo niezbędnych mikroelementów).

Obiad:

jako aperitif alkohol pędzony z obłoków molekularnych, Koński Łeb w galarecie na przystawkę, zupa kwarkowo – elektronowa (bardzo energetyczna), karzeł w dysku akrecyjnym z surówką z cebuli kosmicznej, zamiast ziemniaków jądra komet – łudząco podobne, a na deser pola magnetyczne wmrożone w plazmę z k(o)lapsami.

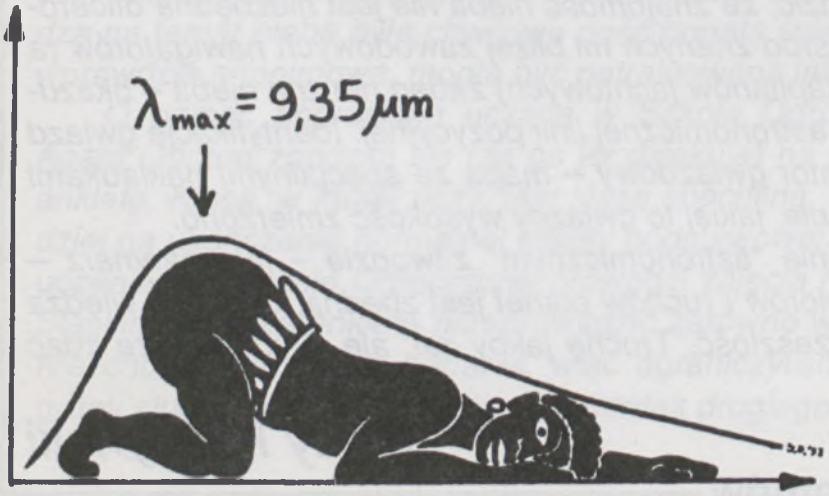
Podwieczorek:

na słodko – naleśniki Zeldowicza z konfiturą z jabłka Newtona.

Kolacja:

bigos w teorii; przed wyjściem do obserwatorium daj mu termos z kawą zaparzoną wodą z Erydanu oraz kilka batoników Mars lub Milky Way.

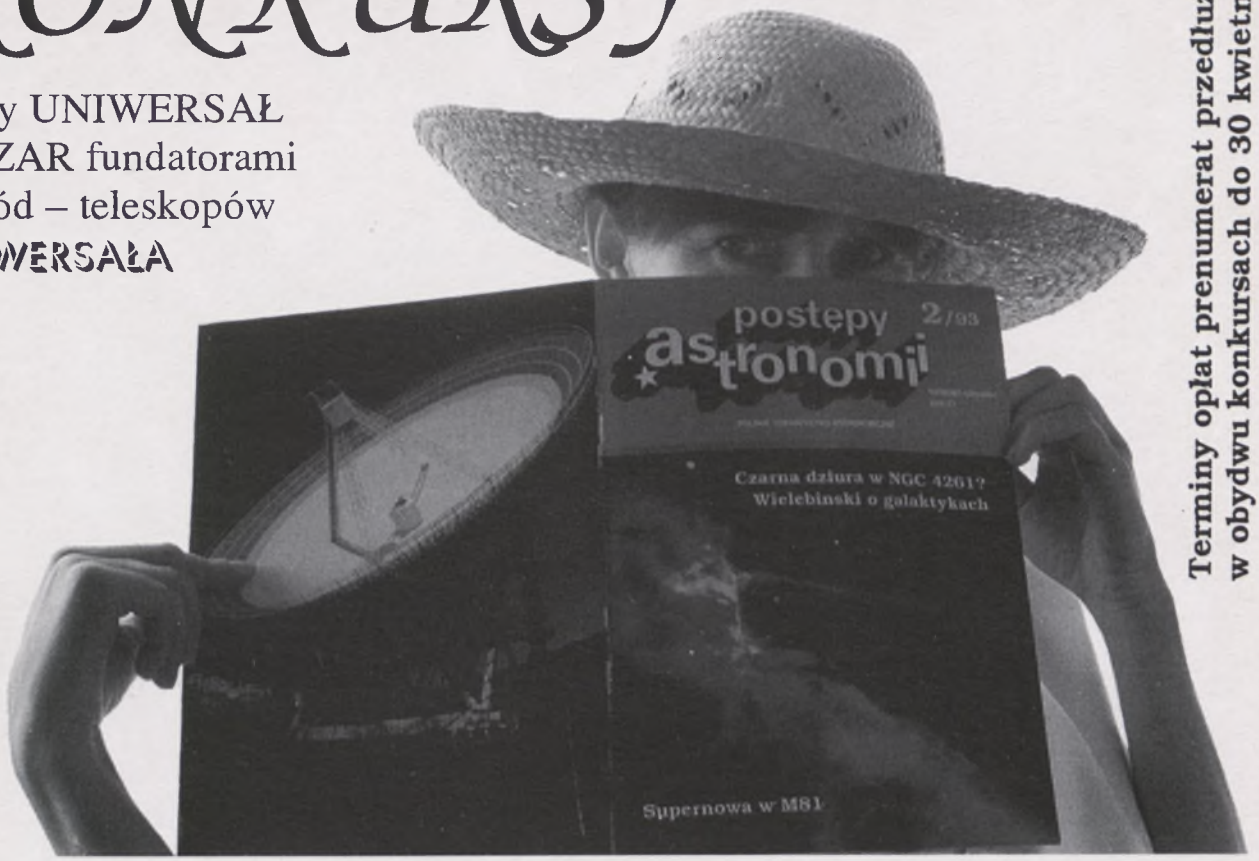
Jednak najważniejszym posiłkiem w Twoim domu powinien być zapomniany, a jakże potrzebny, staropolski *podkurek*. Kiedy mąż – astronom jak marcowy kocur do domu wróci o świcie, zmitrężony całonocną pracą, marzący tylko o wygodnym łóżku, przygotuj mu pyszne, kaloryczne danie. Wszak marzycie o tym samym. Proponuję filiżankę gorącego barszczyku z kwazara. Aby kolor był właściwy należy wybrać odpowiedni redshift, najlepsze są z>3.5, lecz tych jest mało. Przestrzegam przed kupowaniem redshiftów mniejszych od 1, te nadają się co najwyżej na pomidorową. Do barszczu podaj pasztecik nadziewane kwarkami, (nie za wiele ze względu na silny zapach). I to wszystko. Reszta, czyli... dżet, to już sprawa Twojego męża. Wtul się w jego spiralne ramiona. Wykwintny stół gwarantuje udany finał. Życzę dobrej nocy, czy raczej miłego poranka.



Ewa Janaszak

KONKURSY

Firmy UNIWERSAŁ
i MIZAR fundatorami
nagród – teleskopów
UNIWERSAŁA



Terminy opłat prenumerat przedłużamy w obydwu konkursach do 30 kwietnia

Prenumerata zbiorowa wyjątkowa sznsa dla

- szkół
- oddziałów PTMA
- formalnych i nieformalnych grup miłośników astronomii

Einstein w Postępach

Ile wizerunków Alberta Einsteina było opublikowanych w Postępach Astronomii w roku 1993?

Warunki Konkursu

1) W Konkursie może brać udział grupa prenumeratorów (szkoła, kółko astronomiczne, itp.) i każdy indywidualny Czytelnik (nauczyciel opiekun młodzieży);
2) Warunkiem przystąpienia do Konkursu jest opłacona (wystarczy pojedyncza) prenumerata Postępów Astronomii na rok 1993 (niekoniecznie opłacona w roku 1993 – może być opłacona wraz z przystąpieniem do Konkursu);
3) Minimalna ilość zgłoszonych do Konkursu prenumerat na rok 1994 wynosi 5;
4) Można przysyłać prenumeraty zbiorowe wypełnione na jednym przekazie pocztowym (wówczas jest automatycznym zgłoszeniem do Konkursu) lub przesłać listę prenumeratorów (opłacających prenumeraty indywidualnie) zorganizowanej przez biorącego udział w Konkursie:
   – listę należy przesłać na adres dystrybutora lub Redakcji;
   – powtarzające się nazwiska eliminują z Konkursu;
5) Numer konta i ceny prenumeraty podane są na stronie 33–34 wraz z przekazem;
6) Ostateczny termin wniesienia opłat na prenumeraty biorące udział w Konkursie oraz przesyłania zgłoszeń upływa 30 kwietnia 1994 roku (decyduje data stempla). Rostrzygnięcie Konkursu zostanie podane w trzecim (lipiec — wrzesień) zeszycie Postępów Astronomii 1994.
7) W przypadku jednakowej ilości prenumerat o przyznaniu nagrody decyduje losowanie.

Nagrodą w Konkursie jest NAJNOWSZY TELESKOP Firmy „Uniwersał":
- **średnica lustra 250 mm**
- **optyka w systemie Cassegraina**
- **ogniskowa 3400 mm**
- **długość tubusa 900 mm**

Regulamin:

1) Warunkiem przystąpienia do Konkursu jest prenumerata Postępów Astronomii na rok 1994, którą należy wpłacić do dnia 30 kwietnia 1994;
2) Termin nadsyłania odpowiedzi mija 30 czerwca 1994 roku (decyduje data stempla);
3) Odpowiedź na pytanie konkursowe musi zawierać pełną identyfikację każdego wizerunku: zeszyt, strona oraz ewentualnie, konieczne do identyfikacji uwagi;
4) Odpowiedzi można nadsyłać doRedakcji lub do dystrybutora w Grudziądzu (adresy na str. 3);
5) Rozstrzygnięcie Konkursu zostanie ogłoszone w zeszycie 3/94 (lipiec – wrzesień);
6) W przypadku jednakowej ilości „Einsteinów" o przyznaniu nagrody decyduje losowanie.

Nagrodę w Konkursie stanowi teleskop produkcji firmy „Uniwersał" (szukacz komet):
- **średnica lustra 150 mm**
- **ogniskowa 900 mm**
- **system Newtona**
- **powiększenie 450 razy**

Dla zwycięzcy – dodatkowa nagroda niespodzianka.

CENTRUM ASTRONOMICZNE

2/94

tom 42

kwiecień – czerwiec

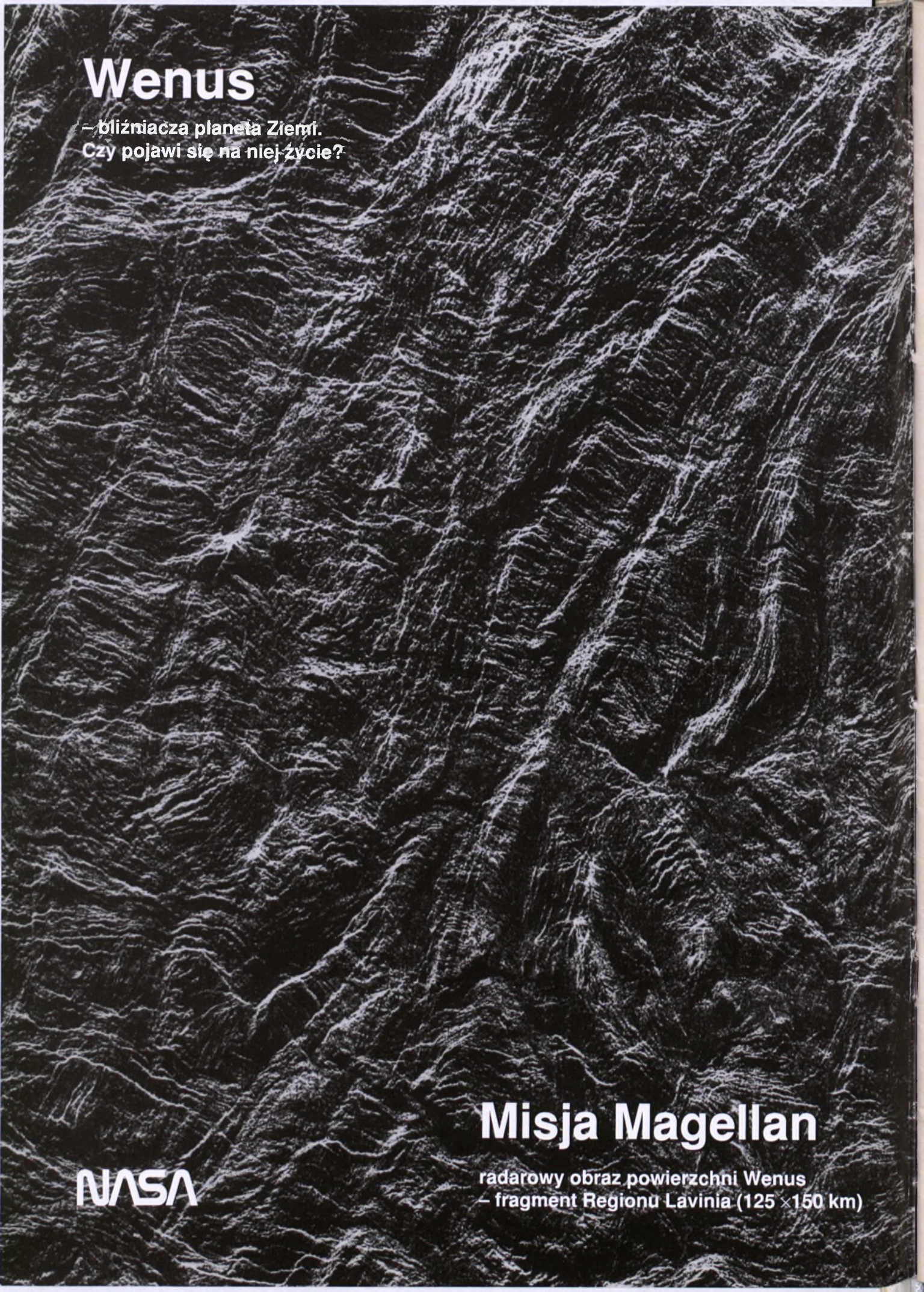
postępy astronomii

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Chrońmy niebo!

Życie we Wszechświecie

Zderzenie komety z Jowiszem


Wenus
– bliźniacza planeta Ziemi.
Czy pojawi się na niej życie?
Misja Magellan
radarowy obraz powierzchni Wenus
– fragment Regionu Lavinia (125 ×150 km)
NASA

Nie ma ludzi niezastąpionych. Ta uniwersalna prawda dotyczy również Redakcji Postępów Astronomii. W każdej działalności są chwile upadków i wzlotów, radości i przygnębienia. Radością okazały się wszelkie przejawy, że pismo żyje, nowo pozyskiwani, znakomici autorzy, nawet najbardziej krytyczne listy naszych Czytelników. Przygnębiały trapiące nas wciąż opóźnienia i ... zebrania Zarządu PTA, wydawcy pisma, atmosfera tam panująca i niedowład organizacyjny wokół pisma. W końcu przeważyło zwyczajne ludzkie zmęczenie – okazuje się, że nie można dowolnie długo zajmować się intensywnym uprawianiem nauki i jednocześnie redagować pismo popularnonaukowe na odpowiednio wysokim poziomie, który zresztą sami sobie określiliśmy wciąż podnosząc poprzeczkę. Mamy nadzieję, że Czytelnicy nam wybaczą, iż wybraliśmy ... naukę, a P.T. koledzy astronomowie przemyślą czy nie chcieliby nas zastąpić: Redakcja oczekuje propozycji przejęcia jej działalności w roku 1995. Ze swej strony możemy obiecać formalną i nieformalną pomoc, przynajmniej w pierwszym roku działalności nowej Redakcji.

Nim jednak przyjdzie czas pożegnań (w zeszycie 4/94) chcielibyśmy jakoś podsumować to co udało się nam do tej pory osiągnąć, stąd gorący apel do wszystkich Czytelników o wypełnienie zawartej w zeszycie ankiety. Mamy nadzieję, iż jej wyniki pomogą naszym następcom uniknąć naszych błędów i redagować jeszcze lepsze Postępy Astronomii. Niniejszy zeszyt drukujemy na lepszym papierze, co powinno poprawić jakość zdjęć czarno-białych, okładkę zaś czynimy cieńszą, co powinno pomóc w uniknięciu zgięć zawinionych przez pocztę i trapiących prenumeratorów.

A co drukujemy na tym papierze? Przede wszystkim anonsujemy książkę trzech Zbigniewów z Krakowa, której fragment na temat życia we Wszechświecie przedrukowujemy. W kontekście powszechnej, jak się wydaje obecności planet w Galaktyce, temat ten powoli przestaje być li tylko domeną literatury science-fiction. Jeszcze niedawno zupełną fikcją wydawałaby się możliwość obserwacji zderzenia dwóch ciał niebieskich, a jednak upadek komety na Jowisza w lipcu tego roku jest już chyba nieunikniony, o czym pisze Grzegorz Sitarski. Mamy nadzieję, że komety nie są zbudowane z antymaterii i Jowisz przeżyje to spotkanie.

Poglądy kontrowersyjne i dyskusyjne staramy się drukować w naszych felietonach, zwłaszcza gdy możemy się od nich odciąć poprzez publikację artykułu „ortodoksyjnie" traktującego Standardowy Model Wielkiego Wybuchu. W polemikach tego typu ścierają się zazwyczaj pokolenia. Dziwnie to jednak wygląda, gdy poglądy „standardowe" głoszą młodzi. Może po prostu mają rację? Zapraszamy do refleksji.

REDAKCJA

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Redaktor naczelny:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)
Joanna Mikołajewska (CAMK Warszawa)

Redaktor techniczny i żart rysunkowy: Jacek Drążkowski

Korekta: Małgorzata Śróbka-Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń

tel. 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@VM.CC.TORUN.EDU.PL

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa

tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Skład komputerowy, druk oraz dystrybucja:
Firma MIZAR, Sławomir Kruczkowski, Grudziądz, ul. Kulerskiego 11 przy współpracy Zakładu Poligraficznego pp. Neuman, Grudziądz ul. Filomatów 1a.

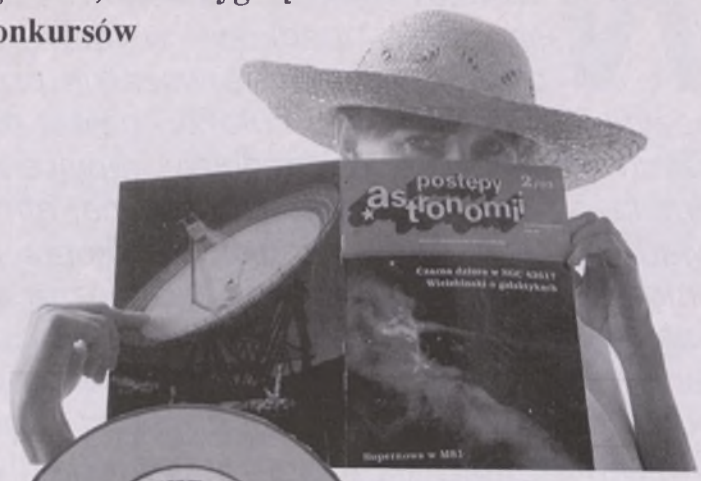
Oddano do druku 15 czerwca 1994

○ Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca ○ Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji ○ Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ○

Pismo dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1994

W związku z przesunięciem terminów nadsyłania zgłoszeń, rozstrzygnięcie konkursów



w następnym numerze:

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:
★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych ogłoszeń

ZDJĘCIA NA OKŁADCE PRZEDSTAWIAJĄ...

na pierwszej stronie – powiększenie obrazu centralnego obszaru jądra komety Shoemaker – Levy 9 (1993e), uzyskanego przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Jeżeli przyjrzeć się dokładnie, okazuje się, że najjaśniejszy fragment – niemal w środku obrazu – tak naprawdę składa się z co najmniej czterech mniejszych kawałków. Kometa przeszła dość blisko Jowisza latem 1992 i – wskutek oddziaływań sił przypływowych tej olbrzymiej planety – rozpadła się na kawałki. Między 16 a 22 lipca 1994, kometa – a właściwie jej poszczególne kawałki – wpadną w atmosferę Jowisza (patrz artykuł prof. Grzegorza Sitarskiego wewnątrz numeru);
na ostatniej stronie – Toruńskie Planetarium im. Władysława Dziewulskiego nocą (fot. Karol Wenerski). Niezwykłą historię – spisaną przez prof. Andrzeja Woszczyka – starań i wysiłków wielu ludzi, uwieńczonych w lutym 1994 otwarciem Planetarium, znajdzie Czytelnik wewnątrz numeru.

W NUMERZE:

53 **Życie we Wszechświecie**

Zbigniew Sołtys, T. Zbigniew Dworak

Dzięki badaniom gwiazd i materii międzygwiazdowej wykazano, że prawa chemii znane z ziemskich laboratoriów mają charakter uniwersalny, obowiązujący w całym Wszechświecie. Podobne badania życia pozaziemskiego powinny pozwolić na znalezienie uniwersalnych praw biologii.

61 **Powstawanie i ewolucja struktur we Wszechświecie**

Radek Stompor

Choć dziś ciągle brakuje zadawalającego rozwiązania, kilkanaście lat intensywnych badań, zarówno teoretycznych, jak i obserwacyjnych, przybliżyły astrofizyków do rozwiązania zagadki.

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A
Najdalsza galaktyka (69)

70 **Zderzenie komety z Jowiszem**

Grzegorz Sitarski

Świat astronomiczny z napięciem oczekuje na zderzenie się komety Shoemaker–Levy 9 (1993e) z Jowiszem, a właściwie serii zderzeń ponad 20 oddzielnych fragmentów tej komety wpadających kolejno w atmosferę Jowisza w dniach od 16 do 22 lipca b. r.

donosy ***krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:***

Chrońmy niebo gwiaździste (73), Orbitujący słup ogłoszeniowy (79), Światła nad Ameryką (79), Kosmiczna radość – planet przybywa (80), Zanieczyszczenia radiowe (80), Koniec świata odroczony (81), Polana w lesie Lymanna (81), Wpływ Księżyca (81), Bywa i tak... (81), Pocztówka znad krawędzi (81)

74 **Chrońmy niebo**

Andrzej Woszczyk

Działalność człowieka powoduje systematyczne pogarszanie się warunków obserwacji astronomicznych, a nawet stanowi zagrożenie dla dalszego istnienia wielu obserwatoriów astronomicznych.

82 **W KRAJU:** Toruńskie Planetarium

88 **Podróże:** Duńska przygoda z Tychonem Brahe

91 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***

92 *Listy Czytelników*

94 **Esej, felieton:** *O NIERUCHOMYCH GALAKTYKACH*

96 **Polskie Towarzystwo Astronomiczne:** Wyższa ranga i prestiż Nagrody Młodych PTA

Egzobiologia jest nauką o życiu pozaziemskim. Nazwa pojawiła się po raz pierwszy w publikacji z 1960 roku, a jej autorem jest Joshua Lederberg, który dwa lata wcześniej otrzymał nagrodę Nobla za badania nad genetyką bakterii. Lederberg starał się uzasadnić celowość takiej nauki, zwracając uwagę na korzyści, jakie dla chemii wynikły z badań kosmochemicznych. To dzięki badaniom gwiazd i materii międzygwiazdowej wykazano, że prawa chemii znane z ziemskich laboratoriów mają charakter uniwersalny, obowiązujący w całym Wszechświecie. Podobne badania życia pozaziemskiego powinny pozwolić na znalezienie uniwersalnych praw biologii.

Życie we Wszechświecie

Zbigniew Sołtys, T. Zbigniew Dworak

„Milczenie Wszechświata"

to tytuł nowej książki autorstwa Panów Zbigniewa Dworaka, Zbigniewa Sołtysa i Zbigniewa Paprotnego

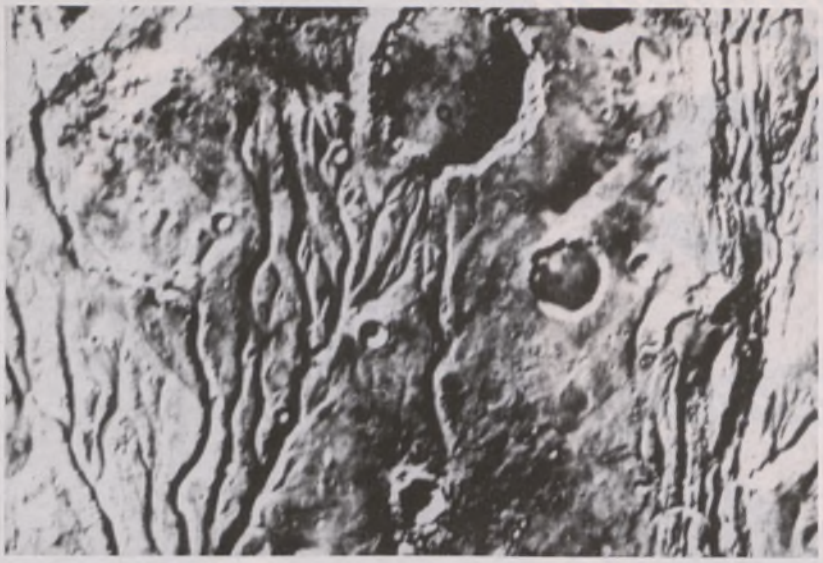
Książka jest od dłuższego czasu przygotowywana do wydania przez „Wiedzę Powszechną". Mamy nadzieję, że wkrótce to nastąpi. Spis treści pozwoli Państwu zorientować się w zakresie poruszanej tematyki:

1. Krótka historia problemu życia poza Ziemią
2. Ewolucja Wszechświata i cywilizacje pozaziemskie
3. Pozasłoneczne układy planetarne
4. Życie we Wszechświecie
5. Rozum we Wszechświecie
6. Strategie SETI
7. Programy SETI
8. Cywilizacje kosmiczne
9. Granice wiedzy i wyobraźni

Książkę uzupełnia spis zalecanej literatury. Zamieszczony obok artykuł to obszerne fragmenty rozdziału czwartego.

Zależności między chemią a kosmochemią oraz biologią a egzobiologią nie są jednak w pełni analogiczne. Dzięki spektroskopii można na odległość badać zjawiska chemiczne zachodzące na innych planetach, w odległych gwiazdach, mgławicach, galaktykach. Natomiast nie ma, jak dotąd, możliwości badania jakiegokolwiek życia pozaziemskiego. Co gorsza, w przeciwieństwie do chemii, biologia nie wytworzyła takich teorii, które mogłyby pretendować do miana uniwersalnych. Sam Lederberg podaje co prawda jako przykład takiej teorii darwinowską teorię ewolucji. Teoria ta, obecnie bardziej niż trzydzieści lat temu, jest uważana za niewystarczającą, zarówno ze względów merytorycznych, jak i metodologicznych, i zapewne upłynie jeszcze wiele lat, zanim osiągnie ona w pełni satysfakcjonującą postać.

Niemniej jednak Lederberg pisał swój artykuł w zasadniczo odmiennym czasie niż jego poprzednicy. Wprawdzie życie pozaziemskie nie było jeszcze znane – ale mogło zostać poz-



Fot. 1. Fragment powierzchni Marsa.

nane. Od kilku lat krążyły już wówczas wokół Ziemi sztuczne satelity. W laboratoriach NASA trwały intensywne prace nad pierwszymi próbnikami planetarnymi – już w roku następnym wystartował w kierunku Księżyca Ranger 1, wkrótce potem sondy w stronę dalszych planet. Problem życia na planetach przestawał być zagadnieniem czysto teoretycznym – lądowniki planetarne mogły przecież bezpośrednio spotkać się z przejawami obcego życia. I tu właśnie pojawiło się zadanie dla egzobiologów. Należało mianowicie opracować takie proste eksperymenty, które mogłyby zostać wykonane przez aparaturę lądowników i które mogłyby przynajmniej wykazać, czy na danej planecie istnieją organizmy żywe. Prace nad takimi projektami trwały wiele lat. Zostały wykorzystane w praktyce w ramach programu Viking. Był to pierwszy sprawdzian dla egzobiologii. I niestety trudno powiedzieć, żeby egzobiologia wyszła z tego sprawdzianu z tarczą.

1. MARS – PLANETA ROZCZAROWAŃ

Mars zasłużył sobie w pełni na to miano. Wielkie emocje wokół tej planety rozgorzały, gdy w 1877 roku Giovanni Schiaparelli odkrył marsjańskie kanały. Czy obserwujemy gigantyczny sztuczny system nawadniający? Gwoli ścisłości trzeba zaznaczyć, że pojedyncze kanały obserwowali i wcześniejsi astronomowie, również nazwa „canalli" została im uprzednio nadana przez A. Secchiego, ale to Schiaparelli stwierdził, że tworzą one regularną sieć prostych linii, pokrywających powierzchnię Marsa (podobnie jak na Księżycu lądami nazwano jasne, a morzami ciemne obszary Marsa). Od tego odkrycia datuje się początek wielkiej marsjańskiej debaty.

Decydujący cios zwolennikom kanałów zadał w 1926 roku Eugene Antoniadi, jeden z najbardziej zasłużonych obserwatorów Marsa. Jego argumentacja była tak prosta i oczywista, że zdumienie musi budzić fakt, że nikt jej nie przedstawił wcześniej. Otóż zgodnie z prawami geometrii i perspektywy krzywizna kanałów powinna zmieniać się w zależności od tego, w jakim położeniu obserwowana jest planeta. Kanał wyglądający jak linia prosta, gdy jest obserwowany na skraju planety, powinien być zakrzywiony, gdy znajdzie się w centrum tarczy. Tymczasem nic takiego nie obserwowano. Mimo, że kanały zmieniały swoje położenie w wyniku obrotu planety, ich kształt geometryczny nie ulegał zmianom. A więc musiały być złudzeniem optycznym.

Nie tylko kanały były podłożem dyskusji o życiu marsjańskim. W 1963 roku Secchi stwierdził, że marsjańskie morza podlegają sezonowym zmianom zabarwienia. W 1877 roku E. Liais wysunął przypuszczenie, że morza marsjańskie są obszarami porośniętymi roślinnością, odżywającą każdej wiosny w wyniku wzrostu temperatury i topnienia lodów w czapach biegunowych.

Nowy rozdział w historii badań życia na Marsie otworzyły badania astronautyczne tej planety. Pierwszy był Mariner 4. Sonda ta 14 lipca 1965 roku przeleciała w odległości 10 tysięcy kilometrów od Marsa, przesyłając na Ziemię wiele doskonałych fotografii. W 1971 roku Mariner 9 stał się sztucznym satelitą Marsa i wykonał pierwszą kompletną dokumentację fotograficzną tej planety. W tym samym roku na powierzchni Marsa wylądowały dwa sowieckie próbniki – Mars 2 i Mars 3. Aparatura Marsa 3 uległa uszkodzeniu, tak że nie dostarczył on żadnych informacji, natomiast Mars 2 w ogóle nie posiadał aparatury badawczej. Jego zadaniem było dostarczenie na powierzchnię Marsa godła Związku Radzieckiego. Być może miał być to pierwszy krok na drodze do powołania Marsjańskiej Republiki Radzieckiej?

Dzięki Marinerowi 9 okazało się, że powierzchnia Marsa jest znacznie mniej podobna do księżycowej niż przypuszczano i wykazuje ogromne zróżnicowanie. Liczne są kratery wulkaniczne. Największy z nich, Olympus Mons, ma u podstawy średnicę 550 km i wysokość 28 km. Parowy takie jak Valles Marines mają długość do 5 tysięcy km i głębokość 6 km. Prawdziwy raj dla alpinistów. Są też doliny, przypominające wyschnięte dorzecza rzek – ich obecność stała się podstawą do przypuszczeń, że w odległej przeszłości mogła istnieć na Marsie woda w stanie ciekłym.

Obecnie na powierchni Marsa nie ma wody. Nie pozwala na to zbyt niskie ciśnienie atmosfery (6.1 hPa), składającej się głównie z dwutlenku węgla (95 %). Nawet w tak śladowej atmosferze mogą jednak zachodzić gwałtowne zjawiska atmosferyczne. Występują chmury, powstające w wyniku kondesacji dwutlenku węgla i pary wodnej. Z powodu znacznych różnic temperatur pomiędzy dzienną a nocną półkulą na planecie często występują burze piaskowe, niekiedy o charakterze globalnym.

W 1976 roku na Marsie wylądowały kolejne próbniki. Viking 1 na Chryse Planitia, a Viking 2 na Utopia Planitia. Próbniki te przeprowadziły pierwsze w historii badania egzobiologiczne na obcej planecie. Wykonano trzy testy. Opiszemy je nieco bliżej, jako że ilustrują one typowe sposoby potencjalnego wykrywania pozaziemskiego życia za pomocą próbników.

1. Test GEx (Gaseous Exchange – wymiana gazów). Test ten polegał na mierzeniu zmian składu atmosfery nad pobraną przez lądownik próbką gruntu

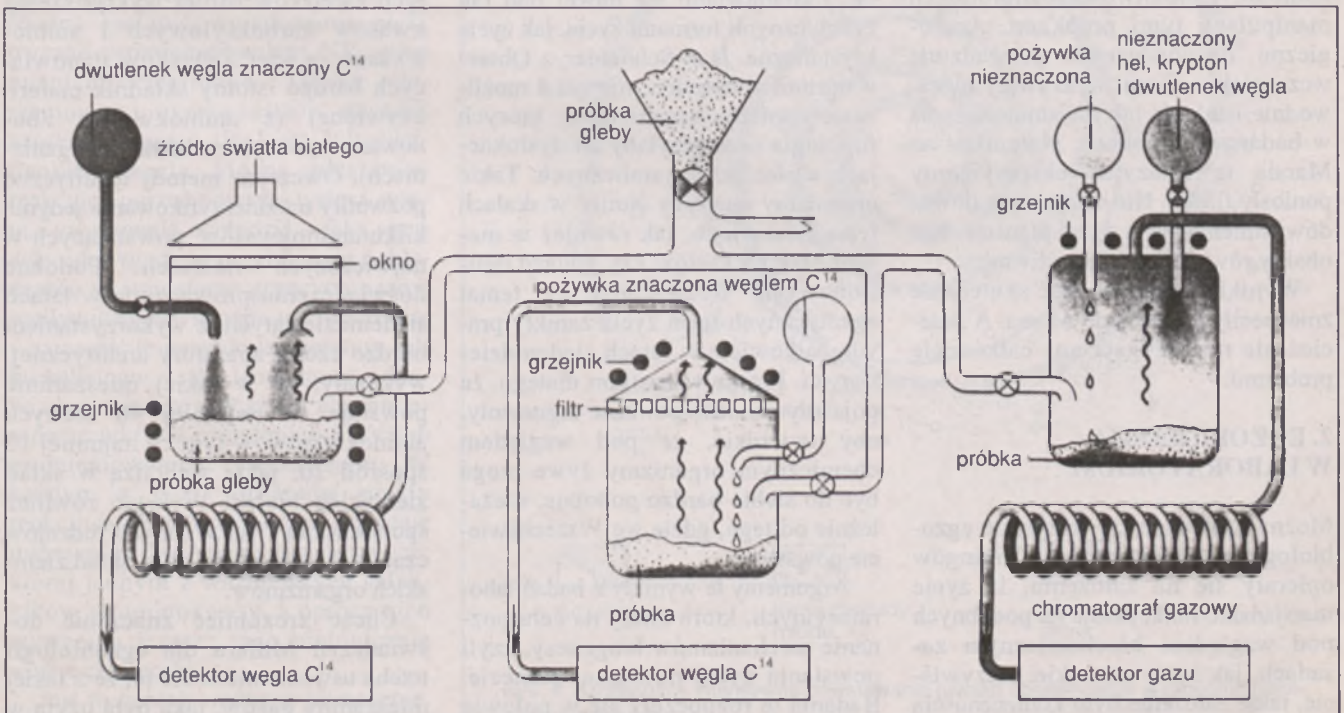
Fot. 2. Pobieranie próbek z powierzchni Marsa.

marsjańskiego zmieszaną z pożywką – wodnym roztworem związków organicznych. Pierwsza faza polegała na umieszczeniu próbki tak, aby nie kontaktowała się ona bezpośrednio z pożywką, a jedynie była zwilżana przez parę wodną. Druga faza polegała na bezpośrednim zmoczeniu próbki pożywką. Część próbek poddana była uprzedniej sterylizacji w 145°C. Gdyby w eksperymencie użyto próbki gruntu ziemskiego, to pożywka byłaby wykorzystana przez znajdujące się w niej mikroorganizmy. Wówczas można by obserwować wzrost zawartości tlenu lub dwutlenku węgla w powietrzu nad próbką, w zależności od tego, czy w glebie przeważałyby organizmy samożywne czy cudzożywne. Natomiast sterylizacja powinna znosić jakiekolwiek biogenne zjawiska.

Wyniki doświadczeń z gruntem marsjańskim były zaskakujące. W pierwszej fazie odnotowano bardzo silne, ale krótkotrwałe uwalnianie tlenu. Takiego zjawiska nie obserwowano przy doświadczeniach z żadnymi próbkami gruntu ziemskiego, ani księżycowego. Taki sam efekt występował, gdy próbki poddano uprzedniej sterylizacji. W drugiej fazie, po całkowitym zmoczeniu próbki pożywką obserwowano początkowo wchłanianie przez próbkę uwolnionego wcześniej tlenu oraz dwutlenku węgla z atmosfery. Dwutlenek węgla jest później ponownie uwalniany aż do poprzedniego poziomu.

Interpretacja zaobserwowanych reakcji nie jest łatwa. Przeciw hipotezie, że mogłyby być one spowodowane przez marsjańskie mikroorganizmy przemawia gwałtowność reakcji w początkowych fazach, a zwłaszcza niezależność reakcji od sterylizacji. Wysunięto hipotezę, że przyczyną obserwowanych zjawisk jest obecność w gruncie bardzo reaktywnych nadtlenków metali. Ich rozkład pod wpływem pary wodnej mógłby być przyczyną gwałtownego wydzielania tlenu w początkowej fazie eksperymentu.

2. Test LR (Labelled Release – uwalnianie znakowanych gazów). W tym eksperymencie pobrane próbki zwilżano pożywką zawierającą związki organiczne znakowane promieniotwórczym izotopem węgla ^{14}C. Gdyby w glebie znajdowały się jakieś organizmy, to mogłyby one wykorzystać te związki organiczne w swoim metabolizmie, czego efektem mogłoby być uwalnianie do atmosfery znakowanych gazów (dwutlenku węgla lub metanu w przypadku organizmów ziemskich). W istocie, odnotowano najpierw gwałtowne, potem wolniejsze uwalnianie znakowanych gazów. Efekty te nie występowały, jeśli próbkę uprzednio



Rys. 1. Trzy eksperymenty przeprowadzone przez lądowniki Vikingów, mające na celu wykrycie śladów życia na Marsie.

wysterylizowano, lub jeśli była ona po pobraniu przechowywana przez kilka miesięcy w niskiej temperaturze. Taki przebieg reakcji zdaje się dość dobrze pasować do hipotezy biologicznej, i zdaniem niektórych badaczy, gdyby nie wyniki pozostałych testów, świadczyłby za istnieniem marsjańskich mikroorganizmów.

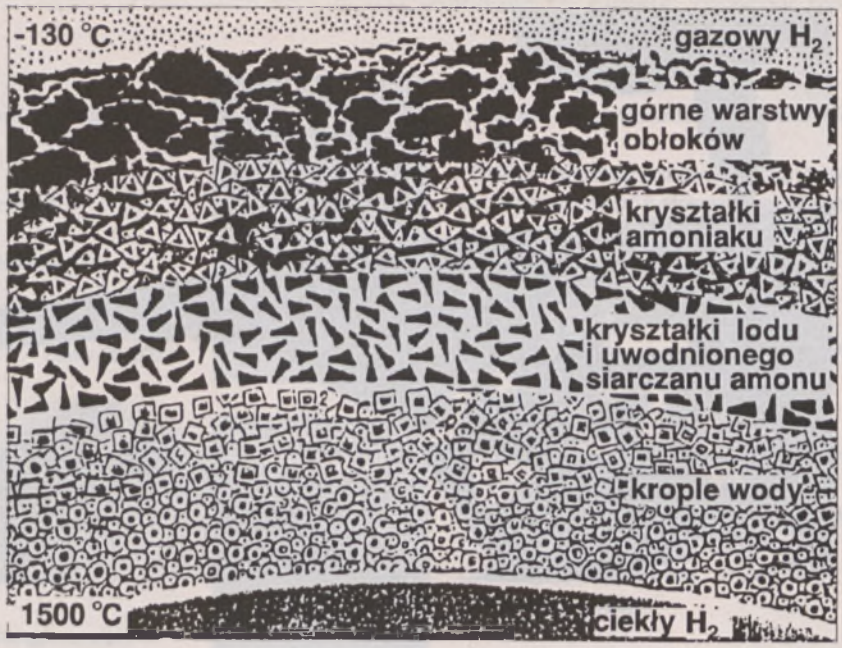
3. Test PR (Pyrolitic Release – pirolityczne uwalnianie gazów). Próbkę po pobraniu umieszczano w atmosferze zawierającej znakowany tlenek i dwutlenek węgla, następnie zwilżano ją parą wodną i oświetlano lampą ksenonową. Gdyby w glebie znajdowały się organizmy fotosyntezujące, o metaboliźmie podobnym do ziemskich roślin, wówczas pochłaniałyby one dwutlenek węgla, dzięki czemu próbka stawałaby się radioaktywna. W istocie takie zjawisko występowało. Przemawiałoby to za biologiczną interpretacją zjawiska. Jednakże sterylizacja w 90°C nie wpływała na tę reakcję zupełnie, a w 175°C tylko nieznacznie obniżała jej efektywność. Przechowywanie próbki w ciemności przez kilka miesięcy przed eksperymentem nie zmieniało przebiegu zachodzących procesów. Także wcześniejsze namoczenie i wysuszenie próbki (co powinno usunąć nadtlenki) nie wpływało na przebieg reakcji.

Jak więc widać, eksperymenty pomyślane były bardzo starannie. Lądowniki miały możliwość wielokrotnego pobierania próbek, zarówno z odsłoniętej powierzchni, jak i spod kamieni, i możliwość różnorodnych manipulacji tymi próbkami. Analogiczne doświadczenia prowadzone wcześniej na Ziemi wykrywały niezawodnie istnienie lub nieistnienie życia w badanych próbkach. Natomiast na Marsie te finezyjne eksperymenty poniosły fiasko. Nie dostarczyły dowodów istnienia życia na tej planecie. Nie obaliły również takiej możliwości.

Wyniki Vikingów dość skutecznie zniechęciły badaczy do Marsa. A przecież nie rozstrzygają one całkowicie problemu.

2. EGZOBIOLOGIA W LABORATORIUM

Można zauważyć, że wszystkie egzobiologiczne doświadczenia Vikingów opierały się na założeniu, iż życie marsjańskie funkcjonuje na podobnych pod względem biochemicznym zasadach, jak życie ziemskie. Oczywiście, takie założenie było koniecznością – trudno bowiem wykryć występowanie czegoś, jeśli nie ustalimy uprzednio, na czym to coś polega, a w tym przypadku życie ziemskie było jedynym wzorem. Czy jednak nie może funkcjonować życie oparte na innych związkach chemicznych niż życie ziemskie, w którym zachodzić będą odmienne procesy metaboliczne?

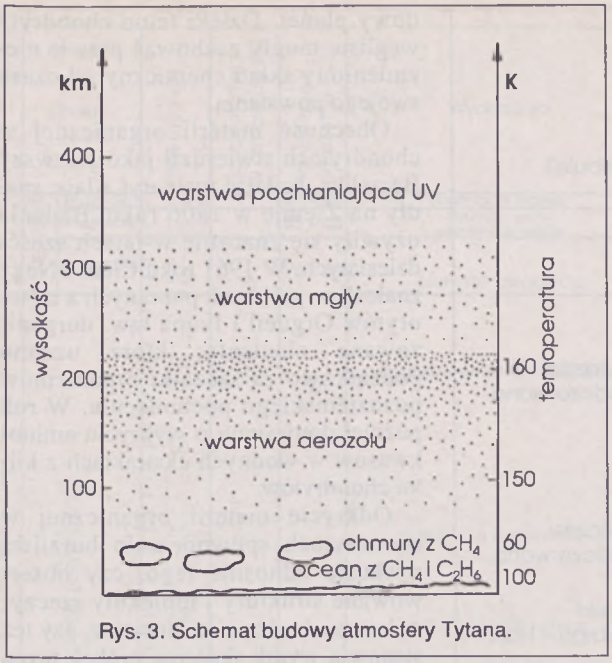


Rys. 2. Schemat budowy atmosfery Jowisza.

W latach sześćdziesiątych poświęcono takiej możliwości wiele uwagi, zastanawiając się nad życiem, w którym rolę węgla pełniłby krzem, rolę wody amoniak czy metan. Były to jednak wszystko dość swobodne spekulacje, słabo oparte na chemii czy fizyce. Zastanawiano się nawet nad tak egzotycznymi formami życia, jak życie krystaliczne. Jean Schneider, z Obserwatorium w Meudon, rozważał możliwość istnienia organizmów, których fizjologia oparta byłaby na dyslokacjach w sieciach krystalicznych. Takie organizmy mogłyby istnieć w skałach typu ziemskiego, jak również w materii białych karłów czy gwiazd neutronowych. Rozważania na temat egzotycznych form życia zanikły prawie całkowicie w latach siedemdziesiątych. Przede wszystkim dlatego, że pojawiły się dość poważne argumenty, aby twierdzić, że pod względem chemicznym organizmy żywe mogą być do siebie bardzo podobne, niezależnie od tego, gdzie we Wszechświecie powstały.

Argumenty te wynikły z badań laboratoryjnych, które miały na celu poznanie mechanizmów biogenezy, czyli powstania życia na naszej planecie. Badania te rozpoczęły się w połowie naszego stulecia. Stanley L. Miller, wówczas student chemii na Uniwersytecie w Chicago, przeprowadził doświadczenie będące niewątpliwie jednym z najważniejszych w naszym stuleciu. Otóż odtworzył on w laboratorium model przypuszczalnej pierwotnej atmosfery ziemskiej. Model to dużo powiedziane. W istocie była to po prostu mieszanina czterech gazów: metanu, amoniaku, wodoru i pary wodnej. Miller wykazał, że w takiej mieszaninie, pod wpływem wyładowań elektrycznych zachodzą reakcje chemiczne, których efektem jest powstanie związków organicznych. Wśród tych związków Miller wykrył szereg kwasów karboksylowych i aminokwasów, a więc związków stanowiących bardzo istotny składnik materii ożywionej (z aminokwasów zbudowane są wszystkie białka w organizmach). Ówczesne metody analityczne pozwoliły na zidentyfikowanie jedynie kilku aminokwasów, powstających w największych ilościach. Podobne doświadczenia prowadzone w latach siedemdziesiątych, z wykorzystaniem bardzo czułej aparatury analitycznej, wykazały, że w takiej mieszaninie powstaje co najmniej 40 różnych aminokwasów, w tym co najmniej 12 spośród 20, jakie wchodzą w skład ziemskich białek. Wykryto również spontaniczną syntezę innych rodzajów cząteczek, wchodzących w skład ziemskich organizmów.

Chcąc zrozumieć znaczenie doświadczeń Millera dla egzobiologii trzeba uświadomić sobie to, że z takiej mieszaniny gazów, jaka była użyta w jego doświadczeniach, teoretycznie powstać może nieskończona różnorod-



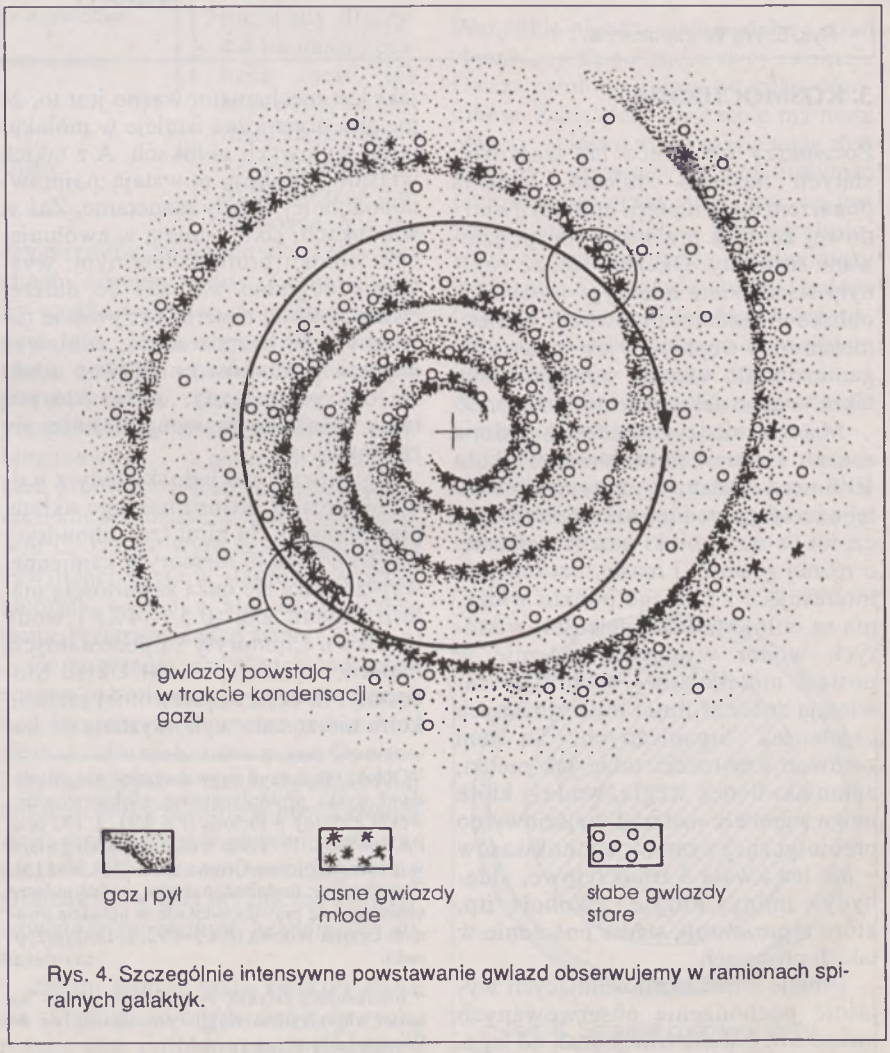
Rys. 3. Schemat budowy atmosfery Tytana.

ność związków organicznych. Tymczasem w doświadczeniu, mimo dość przypadkowo dobranych proporcji reagentów powstała niewielka grupa ważnych biologicznie związków. Czyżby przypadkiem udało się Millerowi trafić za pierwszym razem z doborem składników i warunków?

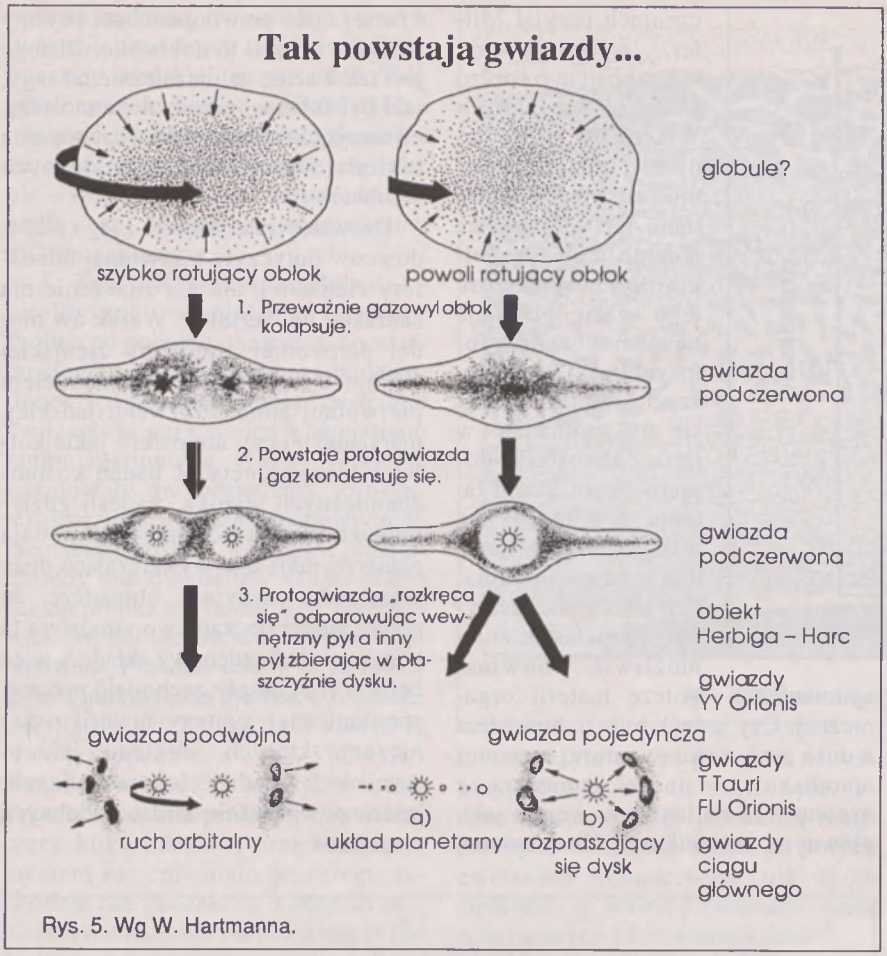
Z czasem okazało się, że przyczyna sukcesu jest inna. Przeprowadzone w następnych latach doświadczenia nad syntezą materii organicznej w warunkach imitujących te, jakie miały panować na pierwotnej Ziemi, wykazały, że wyniki są bardzo podobne, nawet jeśli doświadczenie przeprowadzane jest w skrajnie odmiennych warunkach. Można zastąpić wyładowania elektryczne promieniowaniem UV, strumieniami elektronów, falami uderzeniowymi; można zastąpić amoniak azotem, a metan tlenkiem lub dwutlenkiem węgla. Można mieszaninę reakcyjną ogrzać powyżej tysiąca stopni i gwałtownie ochłodzić – taka sytuacja odpowiada w przybliżeniu ochładzaniu w atmosferze gorących gazów wulkanicznych. Można też odwrotnie – zamrozić te gazy do temperatury kilku kelwinow – taka temperatura odpowiada próżni kosmicznej i napromieniować taki lód promieniami UV lub promieniowaniem kosmicznym. W każdym z tych wariantów efekty reakcji są bardzo podobne – powstaje mieszanina związków organicznych, której jednym z ważniejszych składników są aminokwasy, a oprócz nich występują jeszcze inne biologicznie ważne cząsteczki.

Jest to bardzo ważne spostrzeżenie. W istocie bowiem skład atmosfery, jaki w swoich pierwszych doświadczeniach przyjął Miller, wydedukowany był w oparciu o bardzo skąpe przesłanki. Wiadomo było jedynie, że była to atmosfera pozbawiona tlenu lub zawierająca jedynie jego niewielkie ilości. Większość tego gazu powstaje bowiem w wyniku fotosyntezy, i w większych ilościach zaczął się on gromadzić w naszej atmosferze dopiero około 2 mld lat temu. Jest to, jak się wydaje, istotny warunek powstania życia, tlen jako silnie reaktywny pierwiastek uniemożliwia bowiem spontaniczną syntezę materii organicznej. Czy jednak była to atmosfera z dużą zawartością wodoru, metanu i amoniaku? A może atmosfera z azotem i dwutlenkiem węgla jako głównymi składnikami? Nie wiadomo i raczej mało prawdopodobne, abyśmy kiedyś wiedzieli to dokładnie. Dlatego jest tak ważne, że niezależnie od tego, jaki był skład tej pierwotnej atmosfery, ewolucja chemiczna w niej zachodząca musiała doprowadzić do podobnych rezultatów.

Doświadczenia Millera i jego naśladowców dotyczyły pierwotnej atmosfery ziemskiej, ale ich znaczenie ma charakter uniwersalny. Wszak ów model pierwotnej atmosfery ziemskiej równie dobrze może być modelem pierwotnej atmosfery wenusjańskiej, marsjańskiej czy atmosfery jakiejkolwiek innej planety. Z badań kosmochemicznych wynika, że jeśli gdziekolwiek we Wszechświecie powstają planety i mają one wystarczająco dużą masę, aby utrzymać atmosferę, to przynajmniej początkowo atmosfera ta będzie miała beztlenowy skład. A więc będą w niej mogły zachodzić procesy spontanicznej syntezy materii organicznej, których efektem, jak to wynika z badań laboratoryjnych, będzie powstawanie bardzo podobnych cząsteczek.



Rys. 4. Szczególnie intensywne powstawanie gwiazd obserwujemy w ramionach spiralnych galaktyk.



Rys. 5. Wg W. Hartmanna.

3. KOSMOCHEMIA

Począwszy od końca lat sześćdziesiątych naszego stulecia, badania pozaziemskiej materii międzygwiazdowej zaczęły przynosić niespodziewane rezultaty. Okazało się, że istotnym składnikiem międzygwiazdowych obłoków gazowo–pyłowych, komet i meteorytów węglistych jest materia organiczna. Co więcej, występuje ona także w atmosferach niektórych planet.

Materia międzygwiazdowa, złożona z gazu i ziaren pyłu, stanowi około 10% masy Galaktyki, przy czym 98% tej materii to wodór i hel. Materia ta w części tworzy obłoki gazowo–pyłowe o różnej gęstości i masie. Szczególnie interesujące z naszego punktu widzenia są obłoki o dużej gęstości, w których wodór występuje głównie w postaci molekularnej. Obłoki te zawierają znaczne ilości dość złożonych cząsteczek organicznych. Są tam zarówno cząsteczki takie jak metan, amoniak, tlenek węgla, woda – które mogą stanowić materiał wyjściowy do prebiotycznej syntezy aminokwasów – jak też kwasy karboksylowe, aldehydy, aminy, nitryle, alkohole itp, które reprezentują stadia pośrednie w takich procesach.

Istnieje wiele teorii usiłujących wyjaśnić pochodzenie obserwowanych związków. Niezależnie jednak od tego, jaki jest mechanizm, ważne jest to, że materia organiczna istnieje w molekularno–pyłowych obłokach. A z takich właśnie obłoków powstają najprawdopodobniej układy planetarne. Zaś w warunkach, jakie istnieją w ewoluującym obłoku protoplanetarnym, występują dogodne warunki do dalszej ewolucji takiej materii. Oczywiście nie wiemy tego bezpośrednio, ponieważ dopiero stosunkowo niedawno udało się odkryć gwiazdy, wokół których takie obłoki najprawdopodobniej się znajdują[1].

Zachowały się jednak ślady z najwcześniejszej historii naszego układu planetarnego. Są nimi tzw. chondryty węgliste[2]. Są to meteoryty kamienne, wyróżniające się dużą zawartością materii organicznej (0.5 – 4%) i wody (2–22%). Chondryty są pozostałością materii, z jakiej powstał Układ Słoneczny, tą częścią pierwotnej materii, która nie została wykorzystana do budowy planet. Dzięki temu chondryty węgliste mogły zachować prawie niezmieniony skład chemiczny od czasu swojego powstania.

Obecność materii organicznej w chondrytach stwierdził jako pierwszy Berzelius, badając meteoryt Alais, spadły na Ziemię w 1806 roku. Badania ożywiły się znacznie w latach sześćdziesiątych. W 1961 roku Claus i Nagy znaleźli w próbkach pobranych z meteorytów Orgueil i Ivuna tzw. uorganizowane elementy, które uznano początkowo za szczątki organizmów pozaziemskiego pochodzenia. W rok później doniesiono o wykryciu aminokwasów w wodnych ekstraktach z kilku chondrytów.

Odkrycie materii organicznej w chondrytach spowodowało burzliwą dyskusję odnośnie tego, czy obserwowane struktury i molekuły rzeczywiście pochodzą z meteorytów, czy też stanowią wynik skażenia próbek przez ziemskie mikroorganizmy. Możliwość taka wydawała się prawdopodobna, jako że badane meteoryty spadły wiele lat przed omawianymi badaniami – Orgueil w 1864, a Ivuna w 1938 roku – i były przechowywane w kolekcjach muzealnych bez szczególnej troski o sterylne warunki.

W rozstrzygnięciu sporu pomógł szczęśliwy przypadek. We wrześniu 1969 roku w pobliżu miejscowości Murchison w Australii spadł chondryt węglisty, którego próbki wkrótce potem zostały poddane analizie w kilku niezależnych laboratoriach. Meteoryt Murchison zawierał swoistą materię organiczną, wśród niej ważne biologicznie związki takie jak aminokwasy, zasady azotowe, porfiryny, kwasy tłuszczowe i cukry. W latach siedemdziesiątych techniki badawcze były na tyle dokładne, że pozwoliły stwierdzić też, iż materia organiczna w chondrycie jest inna niż materia ziemska.

Badania chondrytów węglistych dostarczają dowodów na to, że materia, z jakiej powstawał Układ Słoneczny, była bogata w związki organiczne. Jest prawdopodobne, że istniała ciągłość ewolucji chemicznej począwszy od początków syntezy związków organicznych w obłokach gazowo – pyłowych, po powstanie pierwszych organizmów. Wprawdzie w początkowych stadiach ewolucji naszej planety jej temperatura była najprawdopodobniej bardzo wysoka, tak że wszystkie znajdujące się na niej związki organiczne musiały ulec rozkładowi, to jednak istnieją conajmniej dwie drogi, którymi ta materia mogła, a nawet musiała, dostawać się później na powierzchnię Ziemi, kiedy to jej temperatury były już na tyle niskie, aby nie ulegała ona całkowitemu rozkładowi.

[1] Obłoki takie, czyli nazwane przez nas *protydami* dyski protoplanetarne zaobserwowano wokół gwiazdy β Pictoris (PA 4/91, s. 172 oraz PA 3-4/92, s. 177) oraz wokół młodych gwiazd w gwiazdozbiorze Oriona (PA 3/93, s. 115). Powstawanie podobnego dysku wokół pulsara obserwuje się prawdopodobnie w układzie zwanym Czarną Wdową (PA 3-4/92, s. 168) (przyp. red.).

[2] Interesujący artykuł Andrzeja Pilskiego na temat chondrytów węglistych ukazał się w Wiedzy i Życiu. (przyp. red.)

Epoka		Czas (mld lat)	Zawartość tlenu w atmosferze (%)	Temperatura przeciętna (°C)	Wydarzenia
FANEROZOIK	kenozoik		21	17 – 20	dominacja ssaków
	mezozoik			35 – 40	dominacja gadów pojawienie się ssaków
	paleozoik	0.5	19	25 – 30	pierwsze kręgowce
PREKAMBR (KRYPTOZOIK)		1.0	2	52	pierwsze wielokomórkowce
		1.5	1		
		2.0	0.1		powstanie eukariontów
		2.5			tylko bakterie i sinice
		3.0	0.001	70	
		3.5			
		4.0			powstanie życia pierwsze zbiorniki wodne powstanie atmosfery
		4.5			powstanie Ziemi

Tab. 1. Formowanie się życia na Ziemi

Pierwszy sposób wiąże się z upadkami komet i meteorytów na powierzchnię naszej planety. Zjawisko to w początkach istnienia Ziemi musiało być wielokrotnie częstsze niż obecnie. Według szacunkowych obliczeń Brooksa, w okresie od 4.0 do 3.8 mld lat (a więc w ciągu 200 milionów lat) z samych tylko chondrytów dostało się na Ziemię 10^{12} ton materii organicznej.

Druga możliwość to akrecja bogatego w materię organiczną pyłu międzygwiazdowego podczas przechodzenia Układu Słonecznego przez obłoki gazowo–pyłowe w Galaktyce. Biorąc pod uwagę, że przejście Układu przez przeciętnej wielkości obłok trwa od 100 tysięcy do miliona lat, otrzymujemy łączną ilość materii organicznej równą $10^8 - 10^{10}$ ton, co przewyższa nawet współczesną biomasę Ziemi.

Oczywiście nie tylko Ziemia mogła otrzymywać duże ilości materii organicznej z Kosmosu. Dotyczy to w jednakowym stopniu każdej planety w Galaktyce. A więc wszystkie planety mają pod względem dostępu do materii organicznej niejako równy start. Przypomina się tu wypowiedź Metrodorosa z Chios. W istocie, Wszechświat wydaje się być sprawiedliwie obsiany, ale nie każde pole jest równie dobre pod zasiew...

4. WODA

Istnieją przekonywające powody, aby sądzić, iż zasadniczym warunkiem, jaki musi spełniać planeta, aby mogła być siedliskiem życia jest zdolność do przynajmniej okresowego utrzymywania wody w stanie ciekłym. Znaczenie wody dla życia na naszej planecie jest tak oczywiste, że bardziej szczegółowe uzasadnianie tego byłoby wręcz nietaktowne. Nie ma organizmów zdolnych do życia bez choćby odrobiny wody. Z drugiej strony można wykazać, że niemal wszędzie tam, gdzie występuje woda w stanie ciekłym, znajdują się jakieś organizmy żywe. Znajdowano je i w przechłodzonych zbiornikach podbiegunowych, i w gorących podmorskich źródłach, gdzie przy ogromnym ciśnieniu temperatura wody przekracza 300°C. Jak się wydaje, dopiero nasza cywilizacja była w stanie wytworzyć zbiorniki wodne, w których nie jest w stanie przetrwać żadne życie.

Ze znaczenia wody zdawano sobie sprawę już od samego początku badań nad biogenezą. Pierwsze teorie biogenezy, sformułowane przez Oparina i Haldane'a już w latach dwudziestych naszego stulecia, proces powstawania życia umieszczały w pierwotnym oceanie, w którym stopniowo miałyby się gromadzić związki organiczne syntetyzowane w pierwotnej, beztlenowej atmosferze.

Zanim jednak takie związki staną się składnikami organizmów żywych, muszą ulec polimeryzacji. Z aminokwasów muszą powstać białka, z nukleotydów – kwasy nukleinowe. I tu pojawił się problem. Jak wyliczono, koncentracja monomerów w globalnym oceanie osiągnęłaby w ciągu miliarda lat zaledwie około 1%, zbyt mało, aby związki te mogły efektywnie polimeryzować.

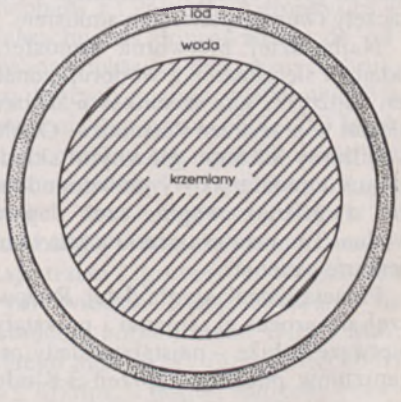
W latach siedemdziesiątych w Ośrodku Badawczym NASA w Moffet Field wykonano jednak następujące doświadczenie. Mieszaninę wodnego roztwotu aminokwasów i iłu poddano na przemian osuszaniu i nawilżaniu. Odpowiada to sytuacji, jaka mogła istnieć na plażach w strefie przypływów, albo w okresowo wysychających zbiornikach lądowych. Okazało się, że w takim wodno–iłowym zmiennym środowisku wydajność polimeryzacji aminokwasów była o wiele większa niż w doświadczeniach przeprowadzanych w stabilnym środowisku wodnym.

A więc do powstania życia nie są być może wcale potrzebne oceany. Być może wystarczą niewielkie, okresowo wysychające kałuże?

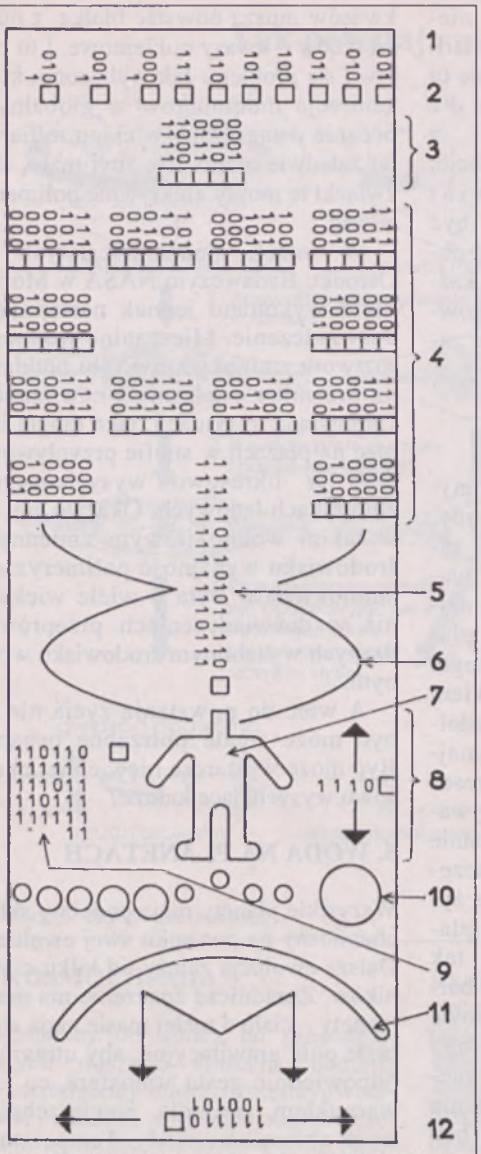
5. WODA NA PLANETACH

Wszystkie planety mają podobny skład chemiczny na początku swej ewolucji. Dalsza ewolucja zależy od kilku czynników. Zasadnicze znaczenie ma masa planety – ciała o małej masie mają zbyt małe pole grawitacyjne, aby utrzymać odpowiednio gęstą atmosferę, co jest warunkiem istnienia powierzchniowych zbiorników wody. Temperatury topnienia i wrzenia wody zależą bowiem silnie od panującego ciśnienia. Drugim, równie ważnym czynnikiem jest odległość planety od Słońca, a zatem ilość energii, jaką z tego źródła planeta otrzymuje.

Ogromne zbiorniki wodne na powierzchni naszej planety powstały w wyniku długotrwałej i skomplikowanej ewolucji.



Rys. 6. Schemat budowy Europy.



Rys. 7. Zakodowana depesza wysłana w Kosmos w 1975 roku przez radioteleskop w Arecibo w kierunku gromady kulistej M13 w Herkulesie.

Ziemia zaczęła tworzyć się z brył materii protoplanetarnej około 4.75 mld lat temu. Zlepianiu się brył towarzyszył wzrost temperatury z powodu kontrakcji grawitacyjnej i rozpadu pierwiastków promieniotwórczych. Następowało stopniowe przetopienie materii pierwotnej, a substancje lotne zaczęły tworzyć pierwotną atmosferę.

Najbardziej pierwotna atmosfera składała się głównie z wodoru, jednak ten najlżejszy gaz stosunkowo szybko uleciał w przestrzeń kosmiczną. Około 4 miliardy lat temu głównymi składnikami atmosfery były prawdopodobnie dwutlenek węgla, azot i para wodna. Temperatura przekraczała temperaturę wrzenia.

Planeta jednak stygła dalej. Rozpoczął się proces skraplania i powstały pierwsze kałuże – najstarsze ślady organizmów pochodzą sprzed 3.8 mld lat, i są to właśnie ślady organizmów wodnych.

Raz rozpoczęty proces skraplania uruchomił samonapędzającą się reakcję. Skraplanie zmniejszyło ilość pary wodnej w atmosferze, a także dwutlenku węgla rozpuszczalnego w wodzie. Oba te gazy mają silny wpływ na wywoływanie efektu cieplarnianego, zmniejszanie ich ilości powodowało obniżanie temperatury i sprzyjało dalszemu skraplaniu, choć proces był powolny.

Dlaczego podobny proces nie zaszedł na Wenus? Być może przyczyną tego była właśnie różnica ilości ciepła, jaką obie planety otrzymują od Słońca i na Wenus temperatura nigdy nie spadła poniżej poziomu, przy którym rozpoczęłoby się skraplanie i dalsze ochładzanie.

Na Marsie z kolei stygnięcie zachodziło zbyt szybko. Większa odległość od Słońca i zarazem mała masa planety spowodowały, że efekt cieplarniany nie był wydajny. Niskie ciśnienie atmosfery nie sprzyjało utrzymaniu ciekłej wody na powierzchni. Część pary wodnej zatem uciekła, reszta zamieniła się w lód. Zatem przejściowo woda miała swój udział w kształtowaniu powierzchni planety, jak na to wskazują obserwacje geomorfologiczne. Obecnie jednak lód występuje jedynie na dużych szerokościach geograficznych, częściowo przykryty warstwą zamarzniętego dwutlenku węgla, natomiast grunt bliżej równika jest pozbawiony wody aż do głębokości kilkuset metrów.

6. EKOSFERY, GAJA I POSZUKIWANIE ANOMALII

Wymyślona w latach pięćdziesiątych koncepcja ekosfer zyskała w swoim czasie ogromną popularność. Ekosfera to miała być sfera wokół gwiazdy, w której miałyby panować warunki umożliwiające istnienie życia. W ekosferze naszego Słońca znajdowały się oprócz Ziemi także Mars i Wenus.

Błędność koncepcji ekosfer wynika z faktu, że próbuje ona sprowadzić całe zagadnienie jedynie do kwestii ilości energii, jaką planeta otrzymuje z gwiazdy. Tymczasem także masa planety ma ogromny wpływ na możliwość utrzymania atmosfery i wytworzenia powierzchniowych zbiorników wody. Duży wpływ mogą mieć także niewielkie nawet różnice w składzie chemicznym obłoków gazowo–pyłowych, z jakich tworzą się poszczególne układy planetarne. I nie sądzę, żeby koncepcję ekosfer mogły uratować bardziej precyzyjne obliczenia, takie jak Michaela M. Harta, który wyliczył niedawno, że ekosfera Słońca jest bardzo wąska – liczy zaledwie kilkanaście milionów km i obejmuje tylko Ziemię.

Wszystkie takie uproszczone teorie w gruncie rzeczy stanowią próbę uzasadnienia apriorycznie przyjętej tezy, która jest podawana jako wynik obliczeń. Model Ziemi jako planety o optymalnych warunkach tkwi we wszystkich takich rozważaniach, choć rzadko ich autorzy się do tego przyznają. Tymczasem nie całkiem prawdziwe jest twierdzenie, że na Ziemi istnieje życie, ponieważ są na niej sprzyjające warunki. Bardziej prawdziwe jest twierdzenie odwrotne – dlatego panują na Ziemi takie warunki, ponieważ istnieje na niej życie.

Powstanie biosfery odegrało istotną rolę w kształtowaniu się panujących na Ziemi warunków. Jak istotną – trudno ocenić. James B. Lovelock, autor głośnej w ostatnich latach hipotezy Gai uważa, że życie wkrótce po powstaniu uzyskało kontrolę nad warunkami środowiskowymi na naszej planecie tworząc coś w rodzaju gigantycznego systemu homeostatycznego, utrzymującego odpowiednie dla życia warunki i ewoluującego w kierunku ich optymalizacji.

Jednym z przykładów może być powstanie warstwy ozonowej. Ozon chroni powierzchnię naszej planety przed promieniowaniem ultrafioletowym, dzięki niemu zatem możliwe jest życie na lądzie, ponadto chroni także parę wodną przed fotolitycznym rozkładem. A ozon powstaje przecież z tlenu, wytworzonego w procesach fotosyntezy.

Być może Lovelock w swoich wnioskach posuwa się za daleko. Faktem jest jednak , że nie można kwestionować wpływu biosfery na kształtowanie się warunków na naszej planecie. Powinniśmy zatem, jak sugeruje Lovelock, badać atmosfery innych planet właśnie zwracając uwagę na te składniki, które w warunkach abiotycznych nie powinny występować. Tak prowadzone badanie składu atmosfery odległej planety i wykrywanie takich anomalii może nam posłużyć jako wskaźnik, że na danej planecie może istnieć życie.

Zbigniewa Sołtysa – biologa z Uniwersytetu Jagiellońskiego i Zbigniewa Dworaka – astronoma pracującego w Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie, łączy wspólna pasja: popularyzacja nauki. Czytelnicy mogą tylko na tym skorzystać.

Powstawanie i ewolucja struktur we Wszechświecie

Radek Stompor

Autor i Jego muza ... w Paryżu (fot. M. Chodorowski)

„Ucieczka galaktyk", mikrofalowe promieniowanie tła i jego niezwykła izotropia, obfitości lekkich pierwiastków to najważniejsze z faktów obserwacyjnych, które legły u podstaw modelu Wielkiego Wybuchu, stanowiąc o jego popularności wśród kosmologów. Oprócz znaczących sukcesów nie brak jednak i problemów. Największy z nich to niewątpliwie problem pochodzenia struktur we Wszechświecie. I choć dziś ciągle brakuje zadawalającego rozwiązania, kilkanaście lat intensywnych badań, zarówno teoretycznych, jak i obserwacyjnych, przybliżyły astrofizyków do rozwiązania zagadki.

MODEL CZY MODELE?

W latach dwudziestych obecnego stulecia amerykański astronom Edwin Hubble dokonał pierwszego z wielkich odkryć współczesnej kosmologii odnotowując fakt oddalania się dalekich obiektów z prędkościami proporcjonalnymi do ich odległości od nas. Zjawisko to, popularnie nazywane „ucieczką galaktyk", w kosmologii zyskało sobie nazwę *prawa Hubble'a*. Obraz ekspandującego Wszechświata jest zgodny z przewidywaniami ogólnej teorii względności Einsteina; pokazały to już pierwsze teoretyczne prace Lemaître'a i Friedmanna, poświęcone ewolucji jednorodnego i izotropowego rozkładu materii. Jedną z konsekwencji takiego modelu jest bardzo gęsta i gorąca wczesna faza ewolucji, stąd został on nazwany modelem *Wielkiego Wybuchu*. (To przewidywanie sugestywnie zostało potwierdzone w 1965 roku w rezultacie odkrycia przez Penziasa i Wilsona mikrofalowego promieniowania tła.)

I choć po ponad 70 latach, które minęły od tego czasu, nasza znajomość Wszechświata jest znacznie głębsza, jak dotąd żadne z obserwacyjnych odkryć nie skłoniło większości kosmologów do porzucenia powyższych założeń (gdzie jednorodność i izotropia obowiązują jedynie po „uśrednieniu", choć paradoksalnie wartość współczynnika proporcjonalności w prawie Hubble'a – tzw. stałej Hubble'a – „zmalała" w tym czasie o czynnik ponad 10), zaś Model Wielkiego Wybuchu, po szeregu spektakularnych sukcesów, (np. nukleosynteza – syntezy lekkich pierwiastków na wczesnych etapach ewolucji Wszechświata), osiągnął rangę najpopularniejszego modelu współczesnej kosmologii.

Problem dopiero pojawia się w momencie, gdy zaczynamy bliżej przyglądać się rozkładowi materii we Wszechświecie. 'Bliżej' – znaczy w tym wypadku dokładniej, bardziej drobiazgowo. Co wtedy widzimy?

Materia przede wszystkim skupiona jest w gwiazdach; niewielka tylko jej część jest w postaci gazu i pyłu. Gwiazdy, gaz i pył tworzą galaktyki (konglomeraty ok. 10^9 gwiazd, o rozmiarach do kilkunastu kps), te z kolei często wchodzą w skład gromad galaktyk (skupiska 50 i więcej galaktyk rozciągające się nawet aż do kilku Mps). Na tym wcale nie koniec! Systematyczne przeglądy nieba prowadzone od połowy lat 80 przez astronomów z Center for Astrophysics w Massachusetts doprowadziły do odkryć największych dziś znanych struktur, których rozmiary stanowią 5% promienia horyzontu (około 150 Mps). Są to obiekty tak spektakularne jak ogromne „ściany" – skupiska galaktyk, których dwa wymiary („długość" i „szerokość") wielokrotnie przewyższają trzeci („grubość"). Wśród nich prym wiedzie zaobserwowany na północnej półkuli nieba Wielki Mur, którego największy rozmiar dochodzi do 170 Mps, a jest on zaniżony prawdopodobnie przez zbyt małą szerokość

przeglądu. Na półkuli południowej dominują gromady Perseusza i Ryb tworząc długi na kilkadziesiąt megaparseków łańcuch galaktyk. Łańcuchy i ściany otaczają obszary prawie całkowitych pustek, w których najczulsze detektory nie wypatrzyły nic poza pojedynczymi, sporadycznie porozrzucanymi galaktykami. Pustki, odmiennie od skupisk, są prawie sferyczne o promieniach dochodzących do 50 Mps. Piękną ilustracją tej struktury jest przegląd galaktyk nieba południowego, przedstawiony na stronie 67.

Czy jest zatem sens wogóle mówić o jednorodnym Wszechświecie? Jest (na szczęście dla kosmologów!), a dzieje się tak dlatego, że struktury coraz wyższego rzędu są coraz słabiej wyodrębnione z ogólnego tła. Rozkład materii tym bardziej przypomina rozkład jednorodny, im większe przestrzenie badamy, uśredniając gęstość. Ilustruje to doskonale obserwowany rozkład radioźródeł (patrz rysunek).

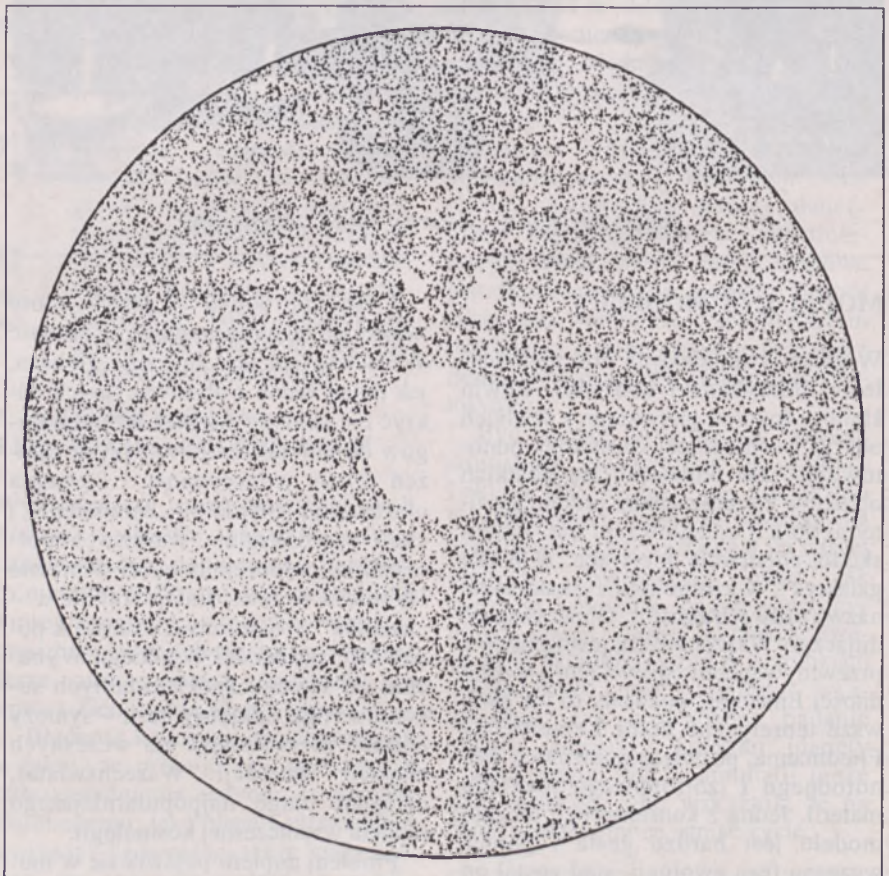
Precyzyjniej odpowiedni warunek można sformułować następująco: Wszechświat można traktować jako, *średnio* rzecz biorąc, izotropowy i jednorodny, dopóki przestrzenne rozmiary niejednorodności są małe w porównaniu z rozmiarem horyzontu (~ 3000 Mps).

Kosmologia ma jednak za zadanie nie tylko opis uśrednionego Wszechświata, ale także opis powstawania obserwowanych niejednorodności oraz wpływu ich obecności na ewolucję Wszechświata. Wiadomo, że odpowiedni do tego model Wszechświata musi być zatem bardziej precyzyjny. Spór o te szczegóły właśnie się toczy. Wciąż trwają wśród kosmologów zacięte dyskusje, jak opisać w modelu te niejednorodności i propozycji jest wiele. W chwili obecnej poprawniej jest doszukiwać się pod nazwą „model Wielkiego Wybuchu" całego zespołu modeli, przewidujących taką samą ewolucję uśrednionych po odpowiednio wielkim obszarze parametrów, niż próbować identyfikować ją z jednym dobrze zdefiniowanym „gotowym" modelem. Bogactwo możliwości jest tak ogromne, a postęp, jaki dokonał się w ciągu ostatnich lat tak znaczny, że cel, czyli wyjaśnienie powstania struktur, jest już blisko.

DYNAMICZNE ZNACZENIE NIEJEDNORODNOŚCI

Niejednorodnościom rozkładu materii odpowiadają odstępstwa od prawa Hubble'a. Dzieje się tak, ponieważ skupiska materii przyciągają grawitacyjnie obiekty ze swojego otoczenia. Indukowane odstępstwa od prawa Hubble'a są tym większe im większa jest masa niejednorodności. Różnicę pomiędzy prawdziwą (tzn. tą zmierzoną przez obserwatora) prędkością galaktyki a prędkością, którą powinna ona mieć w wyniku ekspansji Wszechświata (tzn. hubblowskiej prędkości mierzonej względem obserwatora), nazywamy jej *prędkością własną*. Zgodnie z modelem Wielkiego Wybuchu, promieniowanie tła – relikt epoki, gdy gęstość i temperatura Wszechświata były wielokrotnie wyższe niż dziś – podlega zasadniczo tylko czysto hubblowskiej ekspansji. Prędkości własne określają więc prędkości obiektów względem promieniowania tła. Detektor poruszający się względem układu spoczynkowego promieniowania (tzn. takiego, w którym jest ono izotropowe) widzi jego temperaturę nieco wyższą od średniej (T_0=2.735 K) w kierunku względnego ruchu i nieco niższą w kierunku przeciwnym. Jest to konsekwencją zjawiska Dopplera. Precyzyjny pomiar różnicy temperatur pozwolił zmierzyć obliczyć prędkość Ziemi – a po odjęciu jej prędkości względem Słońca i Słońca względem centrum Galaktyki – także prędkość Galaktyki w układzie spoczynkowym promieniowania tła. Wynikiem tego pomiaru jest wartość 600 km/s.

Metoda przedstawiona powyżej jest zupełnie nieprzydatna przy pomiarach prędkości innych galaktyk – niemożliwe jest umieszczenie detektora nawet na najbliższych obiektach tego typu. Zamiast niej wykorzystuje się pewne fenomenologiczne związki wiążące odległość z jasnością i prędkością rotacji (dla galaktyk spiralnych – tzw. metoda *Tully–Fischera*) czy też z dyspersją prędkości (dla galaktyk eliptycznych – metoda *Faber–Jacksona*). Umożliwiają one wyznaczenie odległości, a w konsekwencji także hubblowskich prędkości obiektów. Radialne składowe prędkości (w układzie spoczynkowym Ziemi) otrzymujemy na podstawie pomiaru przesunięć ku czerwieni linii obserwowanych w widmie obiektów (znowu efekt Dopplera). Prędkości własne – a właściwie ich składowe radialne – wyznaczone tą drogą obar-



Ilustracja przedstawia przegląd około 31 000 najjaśniejszych radioźródeł wykonany przez Condona na fali 6 cm. Źródła te to jasne radiogalaktyki i radiowo głośne kwazary, dlatego przegląd ten sięga bardzo głęboko, aż na odległości bliskie horyzontu. W tak wielkiej skali Wszechświat jest doskonale jednorodny; niewielkie niejednorodności obserwowane na rysunku pochodzą od bardzo bliskich, jasnych radioźródeł znajdujących się w Mlecznej Drodze (wg Gregory i Condon 1991).

czone są dużymi błędami dochodzącymi nawet do 20%, a ich nieradialne składowe pozostają nieznane. Przeprowadzone pomiary pozwoliły jednak zaobserwować wielkoskalowy przepływ galaktyk. Okazało się, że większość galaktyk z naszego bezpośredniego sąsiedztwa (rozumianego tu jako obszar o promieniu około 40 Mps) porusza się w tym samym kierunku. Prędkości tego ruchu są niekiedy nawet większe niż prędkość Drogi Mlecznej i osiągają wartość 1000 km/s, jak np. dla gromady Centaura (co stanowi około 20% hubblowskiej prędkości tego obiektu).

Przyczyn tak dobrze skoordynowanego na tak ogromnej skali przepływu kosmologowie doszukują się w obecności masywnego obiektu (o masie $5 \cdot 10^{15} M_{\odot}$ leżącego około 40 Mps od Lokalnej Grupy – gromady do której należy i nasza Galaktyka) nazwanego *Wielkim Atraktorem*, a będącego prawdopodobnie skupiskiem kilku masywnych gromad galaktyk (choć istnieją i bardziej egzotyczne przypuszczenia). Dzięki tak ogromnej masie grawitacja tego dość tajemniczego obiektu zdominowałaby ruchy galaktyk z naszego otoczenia, tak jak masywne Słońce determinuje ruch mniej masywnych planet.

EWOLUCJA STRUKTUR WE WSZECHŚWIECIE

Systematyczne przeglądy nieba – zliczenia galaktyk oraz badanie ich dynamiki – pokazują nam, jak wygląda obserwowany Wszechświat w chwili obecnej. Rozwój technik obserwacyjnych pozwala jednak także na spojrzenie „pod prąd czasu" i badanie Wszechświata na wczesnych etapach ewolucji. Dzięki skończonej prędkości światła (i równej $3 \cdot 10^5$km/s), patrząc coraz dalej widzimy obiekty coraz to młodszego Wszechświata.

Najdalszy zaobserwowany do tej pory obiekt to kwazar o przesunięciu ku czerwieni $z \approx 4.897$. Badanie widm kwazarów pozwoliło wykryć obecność cięższych niż hel pierwiastków (takich jak węgiel czy azot), i to zarówno w samych kwazarach, jak i w otaczającym je ośrodku. Świadczy to, że już wówczas istniały gwiazdy, bowiem ich obecność wydaje się niezbędna do powstania cięższych pierwiastków. (Jak się przypuszcza do syntezy azotu potrzeba dwóch populacji gwiazd!) Gwałtowne procesy zachodzące w trakcie ewolucji gwiazd (np. wybuchy nowych i supernowych, gwiezdne wiatry) mogły rozprzestrzenić tworzone w nich pierwiastki do międzygwiezdnego ośrodka.

Odbierane przez nas obecnie światło najdalszego kwazara zostało wyemitowane w momencie, gdy Wszechświat był dziesięciokrotnie młodszy. Pokazuje to, że już wtedy istniały bądź formowały się pierwsze galaktyki, a rozkład materii był już silnie niejednorodny.

Widmo kwazara jest zarazem swoistym zapisem „historii podróży" fotonów od źródła do detektora. W rzeczywistości zaledwie niewielka część z nich odbywa całą tę drogę. Biegnące fotony mogą być pochłonięte lub rozproszone przez napotykane atomy czy jony. Takie spotkania zostawiają swój ślad w widmie promieniowania. Najczęstsze przeszkody to atomy pierwotnego wodoru i helu (ale także np. węgiel i azot – patrz poniżej), a widmo pozwala na rozszyfrowanie ich rozmieszczenia w przestrzeni. Gdy obserwowany obiekt leży wystarczająco daleko można badać też zmiany jakim podlegało to rozmieszczenie wraz z ewolucją Wszechświata. Okazuje się, że obłoki (tzw. *obłoki Lyman* α) wodoru są bardzo często napotykane przez promieniowanie. Dzieje się to jednak znacznie rzadziej na początku drogi od kwazara niż na jej końcu (patrz artykuł St. Bajtlika , PA 3/1991). Przypuszczalnie wskazuje to na proces tworzenia się obłoków gdzieś przy przesunięciach ku czerwieni $z \sim 3 \div 4$.

Specyfika tych „teleskopowych podróży w czasie" uniemożliwia ujrzenie tego samego obiektu na różnych etapach ewolucji. Nie możemy zobaczyć Drogi Mlecznej dwukrotnie młodszej niż obecnie, czy bliskiej nam galaktyki M31 w chwili narodzin. Nie znane pozostaną też dla nas losy najdalszego kwazara. Możemy jednak obserwować inne dalekie galaktyki, znacznie młodsze niż te widziane w naszym otoczeniu. Galaktyki są znacznie słabszymi źródłami promieniowania niż kwazary. Obserwacje ich są więc dużo trudniejsze i czasochłonne. Najdalsza zaobserwowana galaktyka to radiogalaktyka 4C 41.17, o przesunięciu ku czerwieni $z = 3.8$ (patrz ramka ze zdjęciem z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a). Informacje, które o niej posiadamy, pochodzą z okresu, gdy Wszechświat był około trzy razy młodszy niż obecnie. Jeśli Wszechświat podlega ewolucji, to średnio rzecz biorąc galaktyki o $z \sim 1$ powinny być wyraźnie młodsze niż te z naszego bliskiego otoczenia, a w ich wnętrzach powinny znacznie intensywniej tworzyć się młode gwia-

Kontrasty gęstości

10^{29}

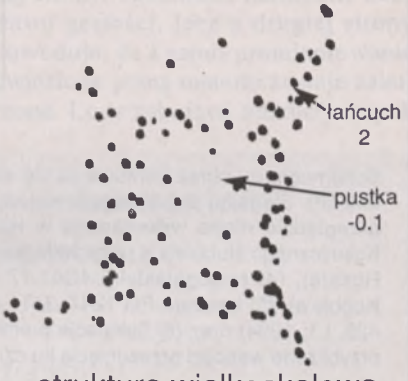
Słońce

5×10^5

Galaktyka
(okolice Słońca)

10

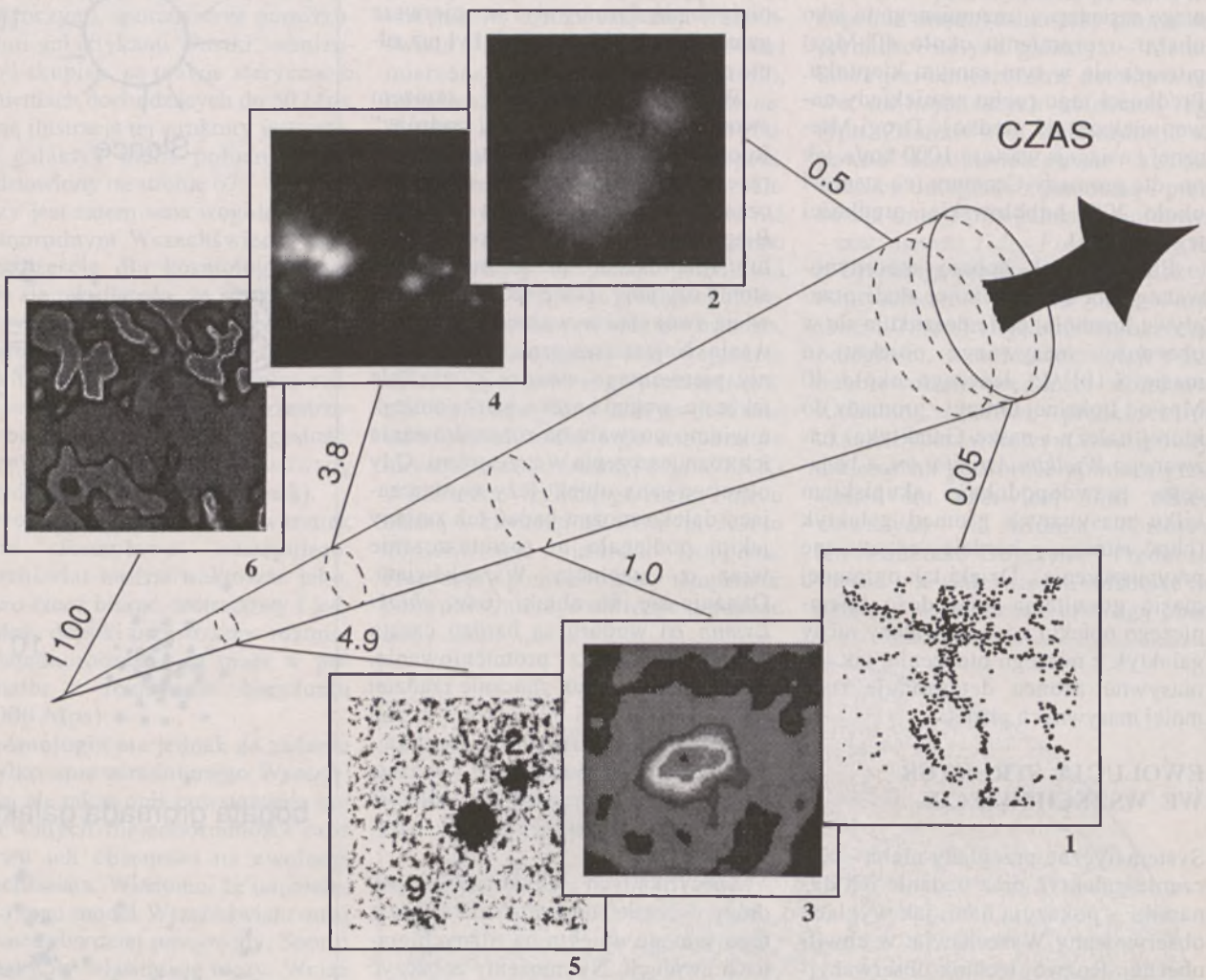
bogata gromada galaktyk



struktura wielkoskalowa
dla ~ 50 Mps

Kontrast gęstości to stosunek różnicy gęstości obiektu i średniej gęstości Wszechświata do średniej gęstości Wszechświata. Przyjęta warość średniej gęstości Wszechświata 10^{-29} g/cm^3 odpowiada modelowi Wszechświata płaskiego i wartości stałej Hubble'a równej 75 km/s/Mps.

Ewolucja Wszechświata



Schematyczny obraz formowania się struktur we Wszechświecie. Oś czasu biegnie od Wielkiego Wybuchu do chwili obecnej (~ 16 mld lat). Sięgając obserwacjami wstecz, widzimy kolejno: (1) fragment wielkoskalowej struktury w rozkładzie galaktyk widocznej w przeglądzie nieba wykonanego w Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics, (2) młodą galaktykę (zdjęcie z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a – patrz wkładka do PA 2/1993), (3) gromadę galaktyk Abell 2256 (obraz w zakresie rentgenowskim, zdjęcie z Rosata), (4) radiogalaktykę 4C41.17 – najdalszą spośród dotychczas odkrytych galaktyk (zdjęcie z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a), (5) kwazara PG 1247+341– rekordzistę odległości wśród kwazarów (zdjęcie w barwie K w podczerwieni, Soifer i in., Ap.J. 420, L1, 1994) oraz (6) fluktuacje promieniowania tła – fragment nieba widzianego przez satelitę COBE. Na rysunku zaznaczone są przybliżone wartości przesunięcia ku czerwieni, odpowiadające kolejnym epokom.

zdy. Efekt taki rzeczywiście został zaobserwowany. (Zdjęcia młodych galaktyk otrzymane przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a można znaleźć na wewnętrznej stronie okładki PA 1/1994). Nadwyżka niebieskiego światła w widmie galaktyk o dużych z jest oznaką znacznie obfitszej działalności gwiazdotwórczej niż to obserwujemy obecnie.

Ponadto obserwacje wskazują na ogromną liczbę galaktyk o bardzo małej jasności. Obrazy ich na kliszach fotograficznych prawie przecinają się. Ponieważ nie znamy odległości tych obiektów, trudno o jednoznaczną interpretację tego faktu. Jedna z możliwości zakłada, że ich niezwykle małe jasności pozorne spowodowane są ich ogromnymi od nas odległościami. Jeśli tak, to koncentracja galaktyk musiała istotnie zmaleć, po to by osiągnąć stan podobny do obecnego. Mogło się tak stać za sprawą zderzeń galaktyk prowadzących do ich połączeń. Potwierdzenie tego istotnego wniosku wymaga jednak pomiarów przesunięć ku czerwieni linii w widmach tych niezwykle słabych obiektów.

Obserwacje dostarczają też dowodów na ewolucję gromad galaktyk. Galaktyki odległych bogatych gromad – a więc średnio młodsze – są bardziej niebieskie niż te w typowych gromadach z sąsiedztwa. Oznacza to, że zawierają znacznie więcej młodych gwiazd. Widma około 30% galaktyk gromady o $z \sim 0.5$ wykazują nadwyżkę niebieskiego światła, podczas gdy dla

Comy (niezbyt odległej od nas bogatej gromady) tylko 5%. Co więcej, około 50% galaktyk odległych gromad ($z \sim 0.5$) przeżyło okres bardzo gwałtownej działalności gwiazdotwórczej związanej prawdopodobnie z zderzeniami galaktyk gromady między sobą lub oddziaływaniem ich z gęstym i gorącym gazem zalegającym w środku bogatych gromad. Prawie wszystkie informacje o ewolucji galaktyk (łącznie z tą ostatnią) pochodzą z analizy widm odległych obiektów. Rozdzielczość współczesnych detektorów nie pozwala bowiem na bezpośrednią analizę ich budowy czy kształtu. Ta fundamentalna trudność uniemożliwia na przykład odpowiedź na pytanie, czy niektóre ze znanych typów galaktyk odpowiadają różnym etapom ich ewolucji.

FLUKTUACJE PROMIENIOWANIA TŁA

Z odległości jeszcze dalszych niż najdalsze kwazary dociera do nas promieniowanie tła. To promieniowanie o średniej temperaturze T_0= 2.735K dobiegające do nas ze wszystkich kierunków jest niebywale izotropowe (po uwzględnieniu ruchu Lokalnej Grupy względem promieniowania tła i efektu Dopplera). Nie ma zatem mowy o żadnych „obiektach"; względne różnice temperatur fotonów przybiegających z różnych kierunków wynoszą zaledwie około $\Delta T/T \sim 10^{-5}$. Tak mała wartość była powodem fiaska licznych prób ich detekcji; dopiero w 1992 roku ta „czarna passa" została przerwana przez satelitę *COBE*.

Fotony te zostały wyemitowane przez stygnącą materię jakieś 100 000 lat po Wielkim Wybuchu i docierają do nas z odległości, odpowiadającej przesunięciu ku czerwieni $z \sim 1100$!

Ponieważ fotony promieniowania tła niosą informacje o bardzo wczesnym Wszechświecie, wynik ten narzuca bardzo silne ograniczenie na wielkość obecnych wtedy zaburzeń. Ponadto zależność strumienia energii fotonów od ich częstości z niezwykłą precyzją (0.1%) przypomina widmo częstości dla ciała doskonale czarnego (widmo Plancka). Procesy powstawania struktur nie pozostawiły w nim prawie żadnych śladów. W tak szerokim zakresie długości fal (od 100 μm do 1 cm) jest to najlepszy wzorzec ciała doskonale czarnego jakim dysponują obecnie obserwatorzy!

Wyniki obserwacyjne są jak widać dość fragmentaryczne, przypominając mało ze sobą związane elementy układanki, zostawiają dużo miejsca na fantazje teoretyków. W epoce $z \sim 1100$ Wszechświat jest niemal doskonale jednorodny, w epoce $z \sim 5$ są już gwiazdy i galaktyki, a pomiędzy tymi dwiema epokami jest gigantyczna obserwacyjna dziura. Nic więc dziwnego, że liczba modeli zachodzących procesów jest ogromna. Część z nich ma wyznawców tylko w osobach ich autorów, inne zdobyły sobie szersze uznanie. I choć zapewne żaden z obecnie popularnych modeli nie może pretendować do bycia w pełni prawdziwym, niewątpliwie istotnie przybliżyły one ludzi do zrozumienia natury zachodzących zjawisk. W tym artykule ograniczymy się jedynie do modeli opartych o *grawitacyjną niestabilność*, pomijając milczeniem inne bardziej egzotyczne.

GRAWITACYJNE NARASTANIE NIESTABILNOŚCI: ETAP LINIOWY

Modele grawitacyjnej niestabilności doszukują się źródeł obserwowanej obecnie struktury w pierwotnych zaburzeniach o niezwykle małej amplitudzie obecnych w bardzo wczesnym Wszechświecie. Najczęściej zakłada się, że zaburzona była zarówno materia, jak i promieniowanie w proporcjach niezależnych od położenia. Ten typ zaburzeń nazywamy zaburzeniami *adiabatycznymi*; występowania takich właśnie zaburzeń spodziewają się zwolennicy atrakcyjnej teorii bardzo wczesnego Wszechświata określanej mianem *inflacji*.

Choć początkowo zaburzenia te są znikomo małe, to szybko rosną dzięki samograwitacji, dając w ostatecznym wyniku skomplikowany obraz dziś obserwowanych struktur. Warunki panujące we Wszechświecie w trakcie jego ewolucji ulegają zmianom, zmienia się też szybkość narastania zaburzeń. Część z nich bezpowrotnie niknie, podczas gdy inne rosną znacząco, osiągając gęstości znacznie większe od gęstości średniej.

Stosunkowo dobrze poznany jest początkowy etap ich ewolucji. Gęstość zaburzenia jest wtedy tylko nieznacznie większa od średniej. Etap ten, nazywany *liniowym*, trwa aż do momentu, gdy gęstość obszaru zaburzanego jest już powiedzmy o czynnik dwa większa od gęstości średniej.

W czasie trwania etapu liniowego zaburzenia o tak nieznacznie podwyższonej gęstości nadal jeszcze biorą udział w hubblowskiej ekspansji. Ich rozmiary rosną, a samograwitacja jedynie spowalnia tempo narastania. W konsekwencji gęstość zaburzenia maleje, ale wolniej niż średnia gęstość Wszechświata. *Względne* zaburzenie gęstości rośnie!

Tempo narastania kontrastu gęstości zależy od stanu materii. Wysokie temperatury panujące na początku tego etapu powodują, że cała materia we Wszechświecie znajduje się w stanie zjonizowanym. Fotony promieniowania tła silnie z nią oddziaływują. Z jednej strony, opóźnia to narastanie kontrastu gęstości, lecz z drugiej strony powoduje, że i samo promieniowanie uwięzione przez materię zostaje zaburzone. Losy zaburzeń adiabatycznych

Związek pomiędzy zaburzeniem gęstości i temperatury

Średnia gęstość materii: ρ_{sred}

Gęstość materii w obszarze zaburzonym: ρ_{zab}

Kontrast gęstości w zaburzeniu: $\Delta\rho/\rho$

Względna amplituda fluktuacji promieniowania tła: $\Delta T/T$

Związek zaburzeń gęstości i temperatury:

$$\Delta\rho/\rho \approx 3\Delta T/T$$

Związek ten jest prawdziwy dla zaburzeń adiabatycznych.

Z obserwowanych fluktuacji temperatury promieniowania tła wynika, że w epoce rekombinacji,

$$\Delta\rho/\rho \approx \text{kilka} \cdot 10^{-5}$$

zależą bardzo istotnie od ich rozmiaru, czyli masy obszaru o podwyższonej gęstości. Największe zaburzenia (te o masach większych niż masa bogatej gromady) narastają przez cały ten etap, inne, o masach typowych galaktyk i mniejszych, rosną tylko początkowo, przechodząc następnie okres oscylacji podobnych do stojących fal akustycznych. Najmniejsze z nich w trakcie oscylacji są wydajnie tłumione i przy $z \sim 1100$ nadwyżka ich gęstości jest praktycznie równa zero.

Przy $z \sim 1300$ temperatura spada poniżej temperatury jonizacji dla wodoru ($T_{rek} \approx 4000$K). Swobodne elektrony są szybko przyłączane przez jądra atomowe (proces ten nazywa się *rekombinacją*) i Wszechświat od $z \sim 1100$ jest dla fotonów prawie przezroczysty. Dziś absorbowane przez detektory fotony promieniowania tła niosą więc informację o tej właśnie epoce! W szczególności obecne wtedy zaburzenia powinny zostawić ślad w postaci dzisiejszej anizotropii promieniowania. Na dużych skalach kątowych (większych niż 10° łuku) anizotropia taka została niedawno zaobserwowane przez *COBE*, dla znacznie mniejszych kątów (i bardziej interesujących) brak jednak ciągle przekonywujących detekcji. Eksperymentalne ograniczenia na względne temperatury fotonów dają nam oszacowanie amplitudy zaburzeń materii w chwili rekombinacji: gęstości w obszarach zaburzonych są wyższe zaledwie o kilka setnych promila od gęstości średniej!

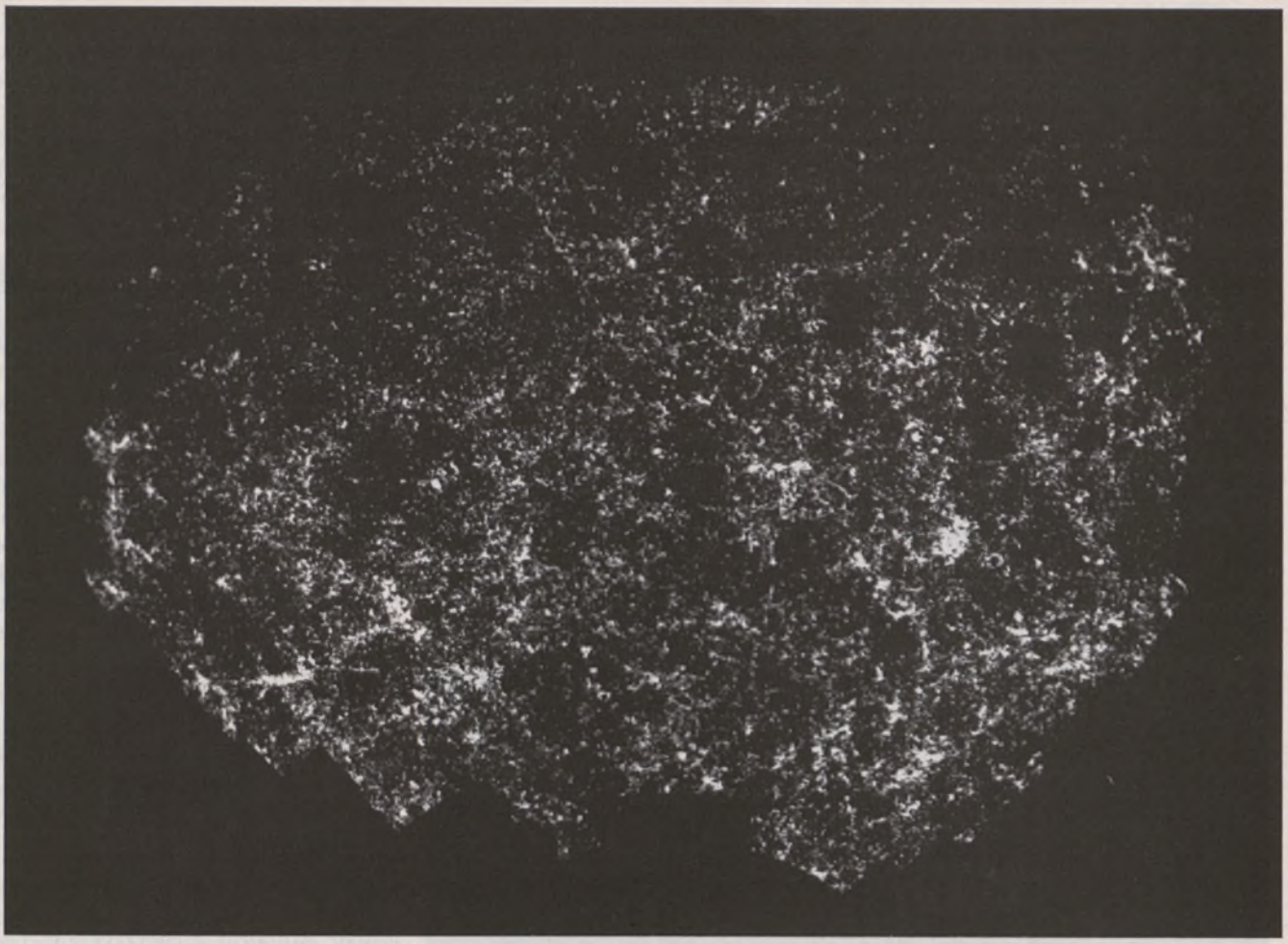
To oznacza, że Wszechświat był wtedy niezwykle gładki i problematyczne, a dla wielu modeli niemożliwe, staje się wytłumaczenie jak w stosunkowo krótkim przecież czasie powstały obserwowane struktury.

Te niewielkie zaburzenia muszą, w przeciągu czasu od epoki rekombinacji do epoki istnienia dalekich kwazarów, narosnąć dostatecznie silnie, by znaleźć się w zakresie wyraźnie nieliniowym, umożliwiającym powstawanie galaktyk. Czas ten, niewielki ułamek obecnego wieku Wszechświata, jest bardzo krótki. Niełatwo modelom spełnić taki warunek.

Jeśli rozważamy Wszechświat wypełniony tylko zwykłą materią barionową, a pierwotne zaburzenia miały charakter adiabatyczny, to w epoce najdalszych kwazarów zaburzenia nie osiągają nawet kresu etapu liniowego, a do powstania galaktyk w modelu jest jeszcze bardzo daleko.

Jedno z możliwych rozwiązań to wprowadzenie do modelu (w oparciu o pewne pośrednie wyniki obserwacyjne) drugiego rodzaju materii, oprócz zwykłej materii barionowej. Ta inna materia, nieświecąca, a zatem niewidoczna, nosi nazwę *ciemnej materii*. Ze zwykłą materią oddziałuje ona wyłącznie grawitacyjnie. Składnik taki mógłby być zaburzony przed rekombinacją znacznie bardziej niż zwykła, oddziaływująca także elektromagnetycznie, materia. I choć obecność ciemnej materii nie jest całkowicie obojętna dla fotonów promieniowania tła (tzw. efekt *Sachsa–Wolfe'a*), pozwala ona istotnie zredukować wielkość generowanych anizotropii. W standardowym modelu z *ciemną, zimną materią* względne różnice temperatury fotonów promieniowania tła biegnących z różnych kierunków też muszą spełniać warunek $\Delta T/T \sim 10^{-5}$, narzucony przez obserwacje. Po rekombinacji przyciąganie grawitacyjne zaburzeń ciemnej materii przyspiesza jednak narastanie zaburzeń zwykłej materii w stopniu wystarczającym do utworzenia galaktyk w chwili obecnej.

Nie jest to jedyny sposób obejścia tego zasadniczego ograniczenia na wielkość zaburzeń. Można założyć, że we wczesnym Wszechświecie zaburzona była tylko materia, a promieniowanie było jednorodne (tzw. zaburzenia *izotermiczne*) albo też, że zaburzone były co prawda oba składniki, ale w ten sposób, by całkowita gęstość była taka sama w każdym punkcie przestrzeni (zaburzenia o *stałej krzywiźnie*). W modelach tych zaburzenia narastają znacznie szybciej po okresie rekombinacji niż w modelu bez ciemnej materii. Współczesny stan wiedzy o bardzo wczesnym Wszechświecie nie pozwala jednak znaleźć efektywnego mechanizmu mogącego zaburzyć tylko jeden składnik lub dwa, ale za to w całkowicie różny sposób. Jest to niewątpliwie jeden z zasadniczych powodów większej popularności modeli z ciemną materią i adiabatycznymi zaburzeniami.



Zdjęcie przedstawia wielkoskalową strukturę w rozkładzie galaktyk. W wyniku przeglądu nieba (APM Galaxy Survey) powstał katalog 4 mln galaktyk, obejmujący ok. 1/10 południowego nieba (dokładniejsze współrzędne: rektascensja od 21^h do 5^h, deklinacja od $-72.5°$ do $-17.5°$) i zawierający wszystkie galaktyki z tego obszaru jaśniejsze niż 20.5 wielkości gwiazdowej. Przegląd ten pozwala efektywnie badać rozkład galaktyk aż do odległości około 500 Mps, czyli około 20% odległości do horyzontu! Dzięki takim danym możemy dokładnie ilościowo badać zmniejszanie się kontrastu gęstości wraz ze zwiększaniem badanej skali; maleje od wartości 0.5 w skali 20 Mps do 0.1 w skali 100 Mps. W jeszcze większych skalach Wszechświat jest doskonale jednorodny.

GRAWITACYJNE NARASTANIE NIESTABILNOŚCI: ETAP NIELINIOWY

Po etapie liniowym zaburzenia, mając gęstości wyraźnie większe od średniej gęstości Wszechświata, wchodzą w fazę *nieliniowego* wzrostu. Grawitacja zaburzenia jest już wystarczająco silna, by mogło ono definitywnie zaprzestać udziału w hubblowskiej ekspansji i zacząć się rzeczywiście zapadać. Sferycznie symetryczne zaburzenie zmniejsza w tej fazie swój promień około dwukrotnie, a gęstość zaburzenia wzrasta ośmiokrotnie w porównaniu z sytuacją przed kontrakcją. Jednocześnie ma miejsce gwałtowna przemiana energii potencjalnej w kinetyczną (zwana *wirializacją*).

W standardowym modelu z ciemną, zimną materią zaburzenia o mniejszych rozmiarach wcześniej rozpoczynają etap nieliniowej ewolucji. Ma więc miejsce *hierarchiczne* grupowanie się obiektów, grupują się najpierw obiekty mniejsze w ramach większych zaburzeń. Scenariusz ten istotnie zależy jednak od rozważanego modelu. Na przykład w modelu z tzw. *gorącą ciemną materią* jako pierwsze tworzą się ogromne obiekty o masach znacznie większych od masy gromady galaktyk, a następnie w trakcie dalszej ewolucji podlegają one podziałowi na drobniejsze części. Oszacowania czasu niezbędnego do zajścia takiego podziału wydają się jednak eliminować ten model. Proces taki trwa po prostu zbyt długo.

Warto podkreślić, że założenie o sferyczności omawianych zaburzeń jest oczywiście tylko wygodnym rachunkowo przybliżeniem. W rzeczywistości zaburzenia są niesferyczne i zapadają się zdecydowanie szybciej wzdłuż jednej osi niż wzdłuż dwóch pozostałych. W efekcie otrzymujemy bardzo spłaszczony obiekt zwany *„naleśnikiem Zeldowicza"*. Oddziaływanie zaburzenia z innymi obiektami z otoczenia zaniedbane w powyższych rozważaniach także może przynieść pewne istotne zmiany.

Opis matematyczny tego okresu jest bardzo skomplikowany. Napotykane trudności można przezwyciężyć używając symulacji komputerowych. I tu jednak, mimo ogromnego stopnia złożoności zarówno technik numerycznych jak i wykorzystywanych komputerów, jedynym oddziaływaniem, które udaje się w pełni uwzględnić jest grawitacja. (Warto wspomnieć, że pierwsze kroki w komputerowej analizie dynamiki gazu na użytek kosmologii zostały już poczynione.) Ponieważ grawitacja jest dominującym oddziaływaniem przy powstawaniu największych struktur takich jak „ściany" czy pustki, to komputery

są niewątpliwie w stanie pomóc kosmologom w znalezieniu odpowiedzi na pytanie o ich pochodzenie. Wyniki uzyskane do tej pory zależą bardzo od konkretnego modelu. Najczęściej symulacje są wykonywane dla modelu z ciemną, zimną materią. (Ta materia oddziaływuje tylko grawitacyjnie, siłą rzeczy ograniczenie symulacji tylko do grawitacji nie jest tu tak bolesne). Rezultaty wskazują, że wytworzenie tak wielkich struktur w symulacjach, choć niezbyt częste, jest w zasadzie możliwe. Sugeruje to, że sama grawitacja jest w stanie wyjaśnić pochodzenie ogromnych pustek i niemniejszych skupisk materii. Nie trzeba koniecznie postulować egzotycznych mechanizmów takich jak ogromne wybuchy (np. kolektywne wybuchy supernowych), które wyrzucałyby materię z dużymi prędkościami wymiatając w jej rozkładzie dziury o rozmiarach obserwowanych pustek. Skupiska galaktyk w takim modelu powstawałyby w miejscach spotkania się frontów fal uderzeniowych pochodzących od różnych wybuchów. Największe trudności tego modelu związane są z przewidywanymi anizotropiami promieniowania tła. Wybuchy mające miejsce po rekombinacji jonizowałyby powtórnie ośrodek. Oddziaływanie elektromagnetyczne fotonów promieniowania tła ze swobodnymi elektronami (tzw. *zderzenia Comptona*) powodowałoby znaczne odstępstwa widma promieniowania od widma Plancka i w rezultacie anizotropie przewyższające eksperymentalne ograniczenia (efekt *Suniajewa–Zeldowicza*).

Pozostaje jeden, ale za to zasadniczy problem. Otóż etap ewolucji nieliniowej w modelach tych zaczyna się przy $z \sim 5$. To wystarcza, aby modele z ciemną materią były w stanie zadowalająco wytłumaczyć wielkoskalową strukturę o charakterystycznych rozmiarach rzędu kilkuset czy kilkudziesięciu Mps oraz istnienie galaktyk w chwili obecnej. Nie wystarcza to jednak, aby odpowiedzieć na pytanie o pochodzenie kwazarów i najdalszych galaktyk. Istnienie takich obiektów wymaga osiągnięcia kontrastów gęstości rzędu 10^6 (a nie 2) już w epoce $z \sim 5$. Jak dotąd problem ten nie znalazł dostatecznego wyjaśnienia w ramach modelu z ciemną, zimną materią.

POWSTAWANIE GALAKTYK

Jakie są dalsze losy zaburzeń, których masa jest rzędu $10^{11}\ M_\odot$, a więc tych, które powinny dać początek przyszłym galaktykom? Po opisanym powyżej procesie wirializacji zwykła materia takiej protogalaktyki musi ulec dalszej kontrakcji, by móc utworzyć zwartą strukturę. Nie jest to jednak możliwe dopóki nie straci ona części swojej energii i momentu pędu. Stać się to może na przykład w wyniku emisji promieniowania (atomy wzbudzane w rezultacie zderzeń, tracą energię poprzez emisję fotonów) lub poprzez oddziaływanie z fotonami promieniowania tła (swobodne elektrony zderzając się z fotonami oddają im część swojej energii). Wydajność takiego „chłodzenia" istotnie zależy od składu chemicznego ośrodka, w szczególności od obecności cięższych pierwiastków. Charakterystyczny czas trwania takiego procesu musi być oczywiście wystarczająco krótki, by powstały galaktyki takie jakie widzimy dzisiaj.

Losy części zaburzenia złożonej z ciemnej materii są inne. Zgodnie z założeniem nie oddziaływuje ona (poza grawitacją) z innymi składnikami Wszechświata. Nie może więc się ochłodzić i skolapsować do rozmiarów zaburzenia zwykłej materii. Wynikiem końcowym jest odseparowanie się obu składników. Rdzeń zbudowany ze zwykłej materii zanurzony jest w rozleglejszym zaburzeniu ciemnej materii tworzącym tzw. *halo galaktyczne*. Taką strukturę budowy galaktyk zdają się potwierdzać obserwacje analizujące ich dynamikę (np. ruch obrotowy). Jest to jeden z mocnych argumentów za obecnością ciemnej materii i w konsekwencji za tego typu modelami powstawania struktur.

Nie jest to jedyny popularny scenariusz formowania się galaktyk. Inne modele, takie jak model z izotermicznymi zaburzeniami, oferują możliwości powstania galaktyk bez dominującej roli procesów dyssypacyjnych (takich jak gwałtowna wirializacja czy też chłodzenie barionów). To bardzo pociągająca, z punktu widzenia teorii, możliwość. Opis procesów dyssypacyjnych stanowi często zasadniczą trudność uniemożliwiającą dokładną analizę problemu. W modelach tych decydującą rolę odgrywają gwiazdy najstarszej, trzeciej populacji tzn. takie, które powstałyby wkrótce po rekombinacji (dla $z > 100$). Pod wpływem grawitacyjnego przyciągania tworzyłyby one coraz to gęstsze grupy, ulegające z czasem wirializacji. Powstające w ten sposób obiekty przypominałyby masą, stopniem zwirializowania czy nawet kształtem galaktyki eliptyczne. Zasadnicza trudność tego typu scenariuszy to pochodzenie galaktyk spiralnych (albo ogólniej gałaktyk z rozwiniętym *dyskiem galaktycznym*). Nie mniejsza, to brak argumentów obserwacyjnych za istnieniem gwiazd trzeciej populacji.

Wiedza o powstaniu galaktyk jest w dalszym ciągu bardzo skromna. Nie wiemy na przykład, na czym polegają różnice pomiędzy zaburzeniami, które powodują, że część z nich daje początek galaktykom spiralnym, podczas gdy inne eliptycznym. Być może problem tkwi w momencie pędu protogalaktyki, albo też w ilości energii oddanej w trakcie kolapsu. Możliwe jest wreszcie, że znane typy galaktyk to różne stadia ewolucyjne lub też, że ich postać ukształtowana jest, w znacznie większej mierze niż do tej pory przypuszczano, poprzez otoczenie. (Mogłoby to tłumaczyć np. odmienne upodobania do grupowania się galaktyk spiralnych i eliptycznych.) Niejasna jest też rola procesów gwiazdotwórczych w powstawaniu protogalaktyk. Niewiele też wiemy o procesach takich jak *powtórna jonizacja* ośrodka przez gwiazdy trzeciej populacji, mogących wygładzać anizotropie promieniowania tła już po rekombinacji. Procesy takie mogłyby pomóc w wyjaśnieniu zasadniczej trudności, czyli niezwykle gładkiego promieniowania tła i silnie zaburzonej materii (nawet w bardzo wczesnym Wszechświecie).

Nie znamy jednoznacznych i przekonywujących odpowiedzi na te i wiele innych pytań. I choć wiele z obserwowanych faktów znalazło już przynajmniej jakościowe wytłumaczenie, większość z popularnych modeli nie jest ciągle w stanie sprostać ilościowym wymaganiom. Dotyczy to w szczególności najpopularniejszego do niedawna modelu z ciemną zimną materią, który przewiduje m. in. zbyt wiele bogatych gromad galaktyk (tzw. *gromad Abell'a*) i za duże prędkości względne galaktyk.

Mimo tego, jakościowe sukcesy wzbudzają nadzieje, że postawienie na grawitacyjną niestabilność doprowadzi w końcu do szukanego rozwiązania.

Radek Stompor jest jednym z najmłodszych pracowników Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. Ostatnio jednak częściej można go spotkać w Institut d'Astrophysique w Paryżu.

Najdalsza galaktyka

Rekord odległości wśród galaktyk należy do radiogalaktyki o nazwie 4C 41.17. Jej przesunięcie ku czerwieni 3.8 stawia ją w jednym rzędzie z odległymi kwazarami.

Zdjęcie obok zostało otrzymane 15 stycznia 1992 roku przy pomocy kamery szerokokątnej (Wide Field Camera). Pozwala ono po raz pierwszy zobaczyć przestrzennie rozdzielony, prawdziwy „obraz" galaktyki; kątowa zdolność rozdzielcza instrumentu (0.1″) odpowiada w tej odległości rozdzielczości liniowej rzędu 440 ps.

Najbardziej rzucającym się w oczy wnioskiem z tego zdjęcia jest bardzo wyraźna kłakowata struktura; około 35% całej jasności pochodzi z obszaru rozciągłego o rozmiarach rzędu 0.5×2 kps. Obszar ten pokrywa się w dużej mierze z obszarem emisji radiowej.

Najprawdopodobniej tak silna niejednorodność emisji odpowiada równie silnej niejednorodności ośrodka w centralnych częściach galaktyki. Jeśli pojaśnienia są wynikiem świecenia gwiazd, to każde z nich zawiera masę około $10^{11}\ M_{\odot}$ (czyli rzędu masy Galaktyki) w obszarze o przekroju zaledwie 500 ps!

Galaktyka ta świeci również silnie w zakresie podczerwieni. To może sugerować intensywne formowanie się nowych gwiazd.

Dalsze badania są jednak niezbędne, aby wyjaśnić pochodzenie znacznej części emisji, tak radiowej jak optycznej i podczerwonej z tego samego obszaru. Nie jest bowiem wykluczone, że galaktyka ta zawiera w sobie aktywne jądro i emisja rozciągła nie jest spowodowana świeceniem gwiazd, a efektem reprocesowania (reemisji i rozpraszania) promieniowania pierwotnego wyprodukowanego głęboko w jądrze.

(b)

Świat astronomiczny z napięciem oczekuje na zderzenie się komety Shoemaker–Levy 9 (1993e) z Jowiszem, a właściwie serii zderzeń ponad 20 oddzielnych fragmentów tej komety wpadających kolejno w atmosferę Jowisza w dniach od 16 do 22 lipca b.r.

Zderzenie komety z Jowiszem

Grzegorz Sitarski

Tę niezwykłą kometę odkryli pod koniec marca 1993 r. za pomocą półmetrowego teleskopu Schmidta na Mount Palomar znani obserwatorzy komet, małżeństwo Carolyn i Eugene Shoemaker oraz David Levy. Okazało się, że kometa 1993e nie ma pojedynczego jądra, lecz zespół wielu oddzielnych jąder położonych blisko siebie na wspólnej orbicie. Widać to na pięknym zdjęciu otrzymanym 28 marca 1993 r. przez Wiesława Wiśniewskiego, niedawno zmarłego polskiego astronoma, w obserwatorium Kitt Peak w Arizonie, USA.

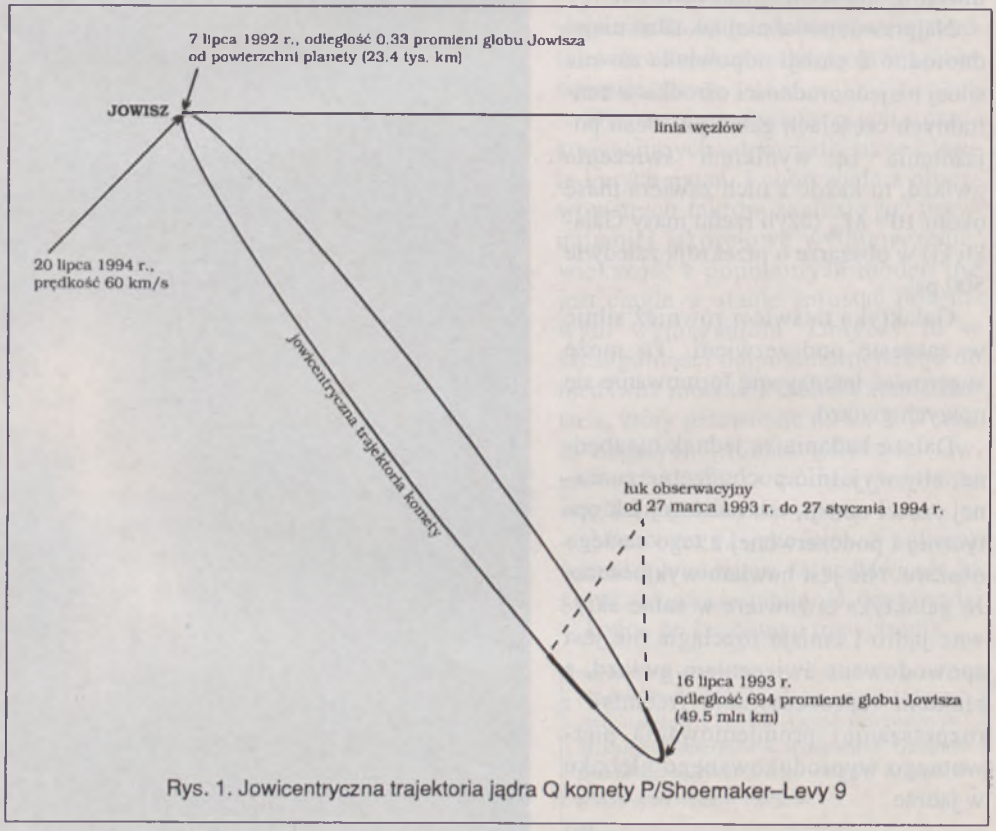
Najdziwniejsza jest jednak orbita komety Shoemaker–Levy 9 (1993e).

Kometa została odkryta dość blisko Jowisza i stale przebywała na niebie w pobliżu planety. Heliocentryczną orbitę komety wyznaczył Brian G. Marsden w Minor Planet Center w Cambridge, USA. Orbita była poprawiana w miarę napływania nowych obserwacji i już w maju 1993 r. było wiadomo, że kometa Shoemaker–Levy 9 jest w istocie satelitą Jowisza obiegającym planetę na bardzo wydłużonej orbicie z okresem około dwóch lat. W lipcu 1992 r. kometa przeszła blisko powierzchni Jowisza przez tzw. strefę Roche'a i pod działaniem sił przypływowych olbrzymiej masy Jowisza musiała rozpaść się na wiele części. W lipcu 1994 r. rozerwana kometa znów zbliży się do Jowisza, ale że jej jowicentryczna orbita jest silnie zakłócana przez Słońce, tym razem żywot komety musi zakończyć się zderzeniem z planetą!

W lipcu 1993 r. obserwacje komety zostały przerwane na kilka miesięcy na skutek złączenia Jowisza – a więc i komety – ze Słońcem na sferze niebieskiej. Nowe obserwacje pojawiły się w grudniu 1993 r., ale dotyczyły już oddzielnych kilkunastu jąder komety. Poszczególne fragmenty komety Shoemaker–Levy 9 oznaczone zostały literami alfabetu od A do W w kolejności ich zbliżania się do Jowisza. W *Minor Planet Circular* wydawanym w Cambridge, USA, opublikowane zostały pozycyjne obserwacje 17 jąder komety, pozwalające obliczyć oddzielne orbity dla tych fragmentów komety.

W Zakładzie Mechaniki Nieba CBK obliczyliśmy heliocentryczne elementy orbit dla oddzielnych fragmentów komety Shoemaker–Levy 9 na datę bliską pierwszych obserwacji komety. Następnie heliocentryczne równania ruchu zostały przecałkowane do przodu i wstecz do momentu największego zbliżenia się fragmentów komety do Jowisza, a wyniki heliocentrycznych obliczeń zostały przetransformowane do jowicentrycznego układu współrzędnych.

Tabele 1 i 2 zawierają jowicentryczne elementy orbit 17 fragmentów komety Shoemaker–Levy 9. Połowa wielkiej osi orbity a podana jest w jednostkach astronomicznych (AU), a odległość peryjowium q w promieniach globu Jowisza (RJ); elementy kątowe ω, Ω, i odniesione do ekliptyki i równonocy 2000.0 podane są w stop-



Rys. 1. Jowicentryczna trajektoria jądra Q komety P/Shoemaker–Levy 9

Tab. 1. Elementy jowicentrycznych orbit 17 fragmentów komety P/Shoemaker–Levy 9 dla dat ich przejścia przez peryjowium w lipcu 1992r.

	T_{per} 1992 lipiec	a(AU)	e	q(RJ)	ω	Ω	i	Liczba obs.
A:	7.85	0.18498	0.99644	1.37957	47.889	260.877	69.169	10
B:	7.85	0.18504	0.99648	1.36330	47.703	261.411	69.614	12
C:	7.86	0.18512	0.99639	1.40115	48.208	259.990	68.421	13
D:	7.86	0.18516	0.99645	1.37889	47.898	260.847	69.146	10
E:	7.85	0.18515	0.99658	1.32571	47.347	262.429	70.511	80
F:	7.88	0.18528	0.99650	1.35912	47.708	261.392	69.600	19
G:	7.85	0.18534	0.99656	1.33637	47.454	262.117	70.240	91
H:	7.84	0.18546	0.99658	1.32975	47.382	262.329	70.422	91
K:	7.86	0.18563	0.99656	1.33757	47.473	262.058	70.189	98
L:	7.84	0.18575	0.99662	1.31491	47.255	262.703	70.754	96
P:	7.82	0.18593	0.99653	1.35370	47.719	261.333	69.565	19
Q:	7.85	0.18599	0.99659	1.32778	47.361	262.397	70.478	99
R:	7.88	0.18611	0.99658	1.33518	47.472	262.056	70.191	50
S:	7.84	0.18621	0.99660	1.32784	47.367	262.375	70.464	98
T:	7.83	0.18634	0.99619	1.48715	48.936	258.158	66.879	13
V:	7.85	0.18639	0.99647	1.37701	47.829	261.059	69.317	6
W:	7.85	0.18637	0.99663	1.31651	47.212	262.844	70.874	78

niach. Ostatnia kolumna tab. 1 zawiera liczbę obserwacji, na podstawie których wyznaczana była heliocentryczna orbita danego fragmentu komety. Dla każdego fragmentu obserwacje pokrywają ten sam łuk orbity w przedziale czasowym od 27 marca 1993 r. do 27 stycznia 1994 r. Tak więc orbity poszczególnych fragmentów obliczane były na podstawie materiału obserwacyjnego różniącego się znacznie tylko liczebnością, ale przedział obserwacyjny, którego długość najsilniej wpływa na dokładność wyznaczenia orbity, był dla wszystkich fragmentów taki sam.

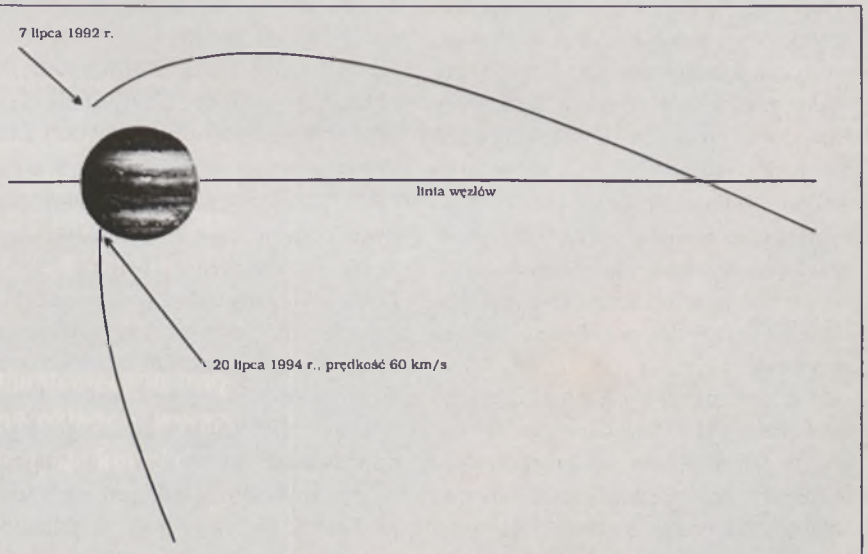
Ciekawe jest porównanie danych zawartych w tabelach 1 i 2. Pierwsza kolumna podaje oznaczenie fragmentu komety, natomiast druga zawiera moment przejścia przez peryjowium w tab. 1, bądź moment zderzenia się z Jowiszem w tab. 2; momenty podane są w ułamkach doby w czasie uniwersalnym. W tab. 1 widać, że wszystkie fragmenty komety Shoemaker–Levy 9 przeszły przez peryjowium prawie w tym samym czasie i w tej samej odległości od Jowisza. Stąd hipoteza o rozpadzie komety w strefie Rochae'a planety znajduje potwierdzenie w wynikach badań ruchu poszczególnych fragmentów komety. W miarę oddalania się od Jowisza fragmenty komety coraz bardziej oddalały się od siebie. Po dwóch latach docierają do Jowisza, ale prawie tydzień będą bombardować planetę, co widać w tab. 2. Porównanie innych elementów orbity w tab. 1 i 2 pokazuje, jak perturbacje słoneczne zmieniły wartości jowicentrycznych elementów orbity w ciągu dwóch lat.

Najjaśniejszym, zapewne więc i największym fragmentem komety Shoemaker–Levy 9 jest jądro Q. Na rys. 1 pokazujemy jowicentryczną trajektorię jądra Q, a rys. 2 przedstawia powiększoną 75 razy okolicę trajektorii w pobliżu Jowisza. Zderzenie nastąpi na niewidocznej z Ziemi stronie globu Jowisza, ale na skutek rotacji Jowisza (okres wynosi ok. 10 godzin) już za półtorej godziny miejsce zderzenia pojawi się na tarczy planety, a po czterech godzinach osiągnie centralny południk tarczy. Tak więc nie można będzie obserwować z Ziemi bezpośrednich skutków zderzenia, jedynie jakieś ślady w atmosferze Jowisza, o ile po kilku godzinach jeszcze pozostaną.

Skutki zderzenia jądra kometarnego z atmosferą Jowisza zależą od rozmiarów bryły i jej prędkości w chwili uderzenia. Wiadomo, że prędkość będzie ogromna, bo prawie 60 km/sek! Natomiast rozmiary poszczególnych fragmentów komety można oszacować jedynie na podstawie ich obserwowanych jasności, co jest znacznie utrudnione, ponieważ każde jądro jest otoczone gazowo–pyłową otoczką.

Komputerowa analiza zdjęć komety Shoemaker–Levy 9 otrzymanych z teleskopu kosmicznego Hubble'a (patrz zdjęcia na 1 str. okładki i 1 str. wkładki) pozwoliła oszacować jasności 11 fragmentów komety. Przyjmując wartość albedo dla każdego jądra równą 0.04, czyli taką, jak dla jądra komety Halleya, stwierdzono, że średnice poszczególnych jąder komety Shoemaker–Levy 9 wynoszą od 2.5 do 4.3 km. Gdyby jednak przyjąć, że albedo wynosi 0.9 (jest to największa obecnie wartość, jaką znamy dla ciał w Układzie Słonecznym), wówczas wartości średnic należy zmniejszyć o czynnik 4.7, a więc byłyby one mniejsze od 1 km.

Bryła o średnicy 1 km i gęstości



Rys. 2. Fragment jowicentrycznej trajektorii jądra Q komety P/Shoemaker–Levy 9 w pobliżu Jpwisza.

Tab. 2. Elementy jowicentrycznych orbit 17 fragmentów komety P/Shoemaker–Levy 9 dla dat ich zderzenia się z atmosferą Jowisza w lipcu 1994 r.

	T_{zde} 1994 lipiec	a(AU)	e	q(RJ)	ω	Ω	i	Średnica [km]
A:	16.77	0.18288	0.99871	0.49376	43.324	287.258	90.603	
B:	17.08	0.18296	0.99871	0.49412	43.329	287.884	91.217	
C:	17.20	0.18297	0.99873	0.48724	43.326	286.542	89.881	2.5
D:	17.43	0.18302	0.99872	0.49092	43.333	287.658	91.010	
E:	17.62	0.18306	0.99872	0.49216	43.401	289.735	93.109	3.0
F:	18.00	0.18315	0.99873	0.48924	43.351	288.493	91.836	2.9
G:	18.29	0.18321	0.99872	0.49045	43.405	289.737	93.110	3.8
H:	18.79	0.18333	0.99872	0.48986	43.434	290.248	93.620	3.1
K:	19.41	0.18345	0.99873	0.48764	43.445	290.336	93.712	3.9
L:	19.92	0.18357	0.99873	0.48740	43.527	291.472	94.853	3.9
P:	20.42	0.18368	0.99875	0.47994	43.441	290.188	93.567	
Q:	20.79	0.18377	0.99874	0.48629	43.524	291.424	94.789	4.3
R:	21.22	0.18385	0.99875	0.48328	43.536	291.498	94.880	3.4
S:	21.63	0.18396	0.99874	0.48476	43.576	291.975	95.345	3.4
T:	21.60	0.18400	0.99875	0.48083	43.353	285.831	89.083	
V:	22.13	0.18408	0.99875	0.48216	43.458	290.382	93.729	
W:	22.31	0.18410	0.99874	0.48728	43.663	292.867	96.229	3.1

1 g/cm^3 wpadając do atmosfery Jowisza z prędkością 60 km/sek wyzwoliłaby energię kinetyczną równą 10^{28} ergów, co odpowiada energii 250 tys. megaton TNT; zwiększenie średnicy do 5 km wyzwala energię kinetyczną ponad 600 razy większą.

Zderzenie lodowej bryły o średnicy 1 km z atmosferą Jowisza, która składa się z wodoru, amoniaku i metanu, poddano symulacji komputerowej. Bryła wpadnie w atmosferę Jowisza od strony południowej pod kątem około 45°. W ciągu kilku sekund przebije warstwę chmur, fala uderzeniowa ogrzeje gazy atmosferyczne do dziesiątków tysięcy stopni, wpadająca masa gwałtownie wyhamuje i wybuchnie, a gigantyczny bąbel plazmy i rozżarzonych gazów wystrzeli z atmosfery Jowisza w postaci kilkusekundowego rozbłysku. Ale jest też inny scenariusz, według którego wpadająca bryła straci niemal całą energię na wybicie w atmosferze Jowisza głębokiego cylindrycznego tunelu i żadnego spektakularnego rozbłysku oczekiwać nie powinniśmy.

Tak czy inaczej, z Ziemi zderzenia nie będzie widać bezpośrednio. Gdyby jednak istotnie nastąpił krótkotrwały rozbłysk na niewidocznej stronie Jowisza, to można by oczekiwać jego odbicia na księżycach Jowisza, zwłaszcza tych, które będą akurat ukryte w cieniu planety. Natomiast dwie sondy kosmiczne będą w chwili zderzenia widziały nocną stronę Jowisza. GALILEO mógłby zaobserwować zderzenie tuż przy brzegu tarczy Jowisza, natomiast VOYAGER 2 jest teraz w okolicach orbity Plutona w odległości około 6 miliardów km od Ziemi i od czterech lat jego kamery niczego nie obserwowały, zatem uruchomienie ich i skierowanie na Jowisza wymagałoby wielu zabiegów technicznych.

Kometa Shoemaker–Levy 9 jest niewątpliwie wyjątkową kometą spośród wszystkich dotychczas obserwowanych. Są jednak pewne wskazówki, że w przeszłości zapewne niejedna kometa zderzyła się z Jowiszem. H. B. Hammel z Cambridge i R. M. Nelson z Pasadeny, USA, donieśli, że analizowali obserwacje jasności księżyców Jowisza w chwilach końca zaćmień tych księżyców. I oto zauważyli nagłe pojaśnienie o 50% księżyca Io, 6 minut po zaćmieniu 26 lipca 1983 r. Powodem tego mógł być jakiś efekt instrumentalny, albo jakieś zjawisko na Io, albo też był to refleks rozbłysku na ciemnej stronie globu Jowisza. Gruntowna analiza danych obserwacyjnych doprowadza do wniosku, że najbardziej prawdopodobna jest ta trzecia możliwość. Serią uderzeń fragmentów komet w powierzchnię satelitów Jowisza można by też wytłumaczyć pochodzenie zagadkowych łańcuszków kraterów zaobserwowanych przez sondę VOYAGER na powierzchni Kallisto i Ganimeda.

Od połowy lipca b.r. Jowisz będzie obiektem szczególnego zainteresowania. Wszystkie obserwatoria na świecie przeznaczą w tym okresie czas swoich instrumentów na obserwacje Jowisza. Opracowano specjalny program obserwacji pod nazwą International Jupiter Watch, podobnie jak to było w przypadku kampanii obserwacyjnej komety Halleya. W październiku 1993 r. odbyła się sesja naukowa poświęcona komecie podczas dorocznego zjazdu Oddziału Badań Planetarnych Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego w Boulder (Colorado USA), a w dniach 10 i 11 stycznia b.r. problemy dotyczące komety Shoemaker–Levy 9 omawiano na specjalnej konferencji naukowej w University of Maryland (USA).

Interesujące jest pytanie o pochodzenie komety Shoemaker–Levy 9. Aby na nie odpowiedzieć, trzeba poczekać na pełny materiał obserwacyjny poszczególnych fragmentów komety. Można będzie wówczas podjąć próbę ustalenia czasu i miejsca rozpadu w lipcu 1992 r. oraz oszacować pierwotną masę i prędkość komety, a następnie prześledzić numerycznie jej losy przed rozpadem. Dokładność danych orbitalnych uzyskanych z obserwacji pozycyjnych jest dość wysoka i już dziś możemy wyznaczyć momenty zderzeń poszczególnych fragmentów z dokładnością do kilkunastu minut. W każdym razie nie ulega wątpliwości, że zderzenie komety z Jowiszem musi nastąpić. Nie powinniśmy jednak oczekiwać jakichś znaczących skutków tej katastrofy, bo zderzenie Jowisza z bryłą mniejszą od niego prawie sto tysięcy razy nie może przecież wyrządzić tej ogromnej planecie żadnej widocznej szkody.

Lektura dodatkowa:

Nature, vol. **366**, s.117 (Nov'93)
Sky&Telescope, Jan'94, s.40
Science, vol. **263**, s.787 (Feb'94)

Profesor Grzegorz Sitarski jest kierownikiem Zakładu Mechaniki Nieba Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół ruchów komet i innych ciał układu planetarnego.

Kometa Shoemaker-Levy9 (1993e) „SZNUR PEREŁ"

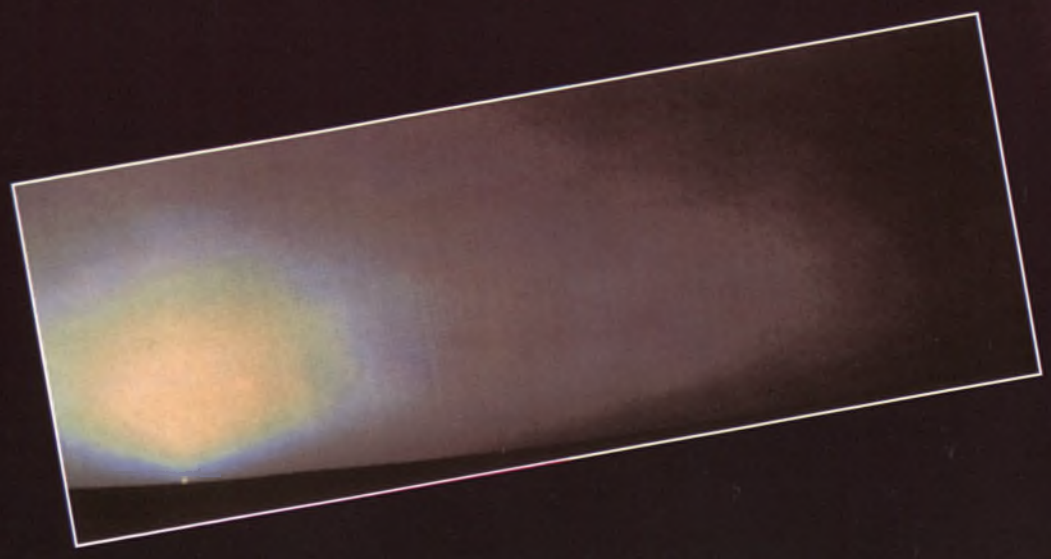
△ Zdjęcie komety (górne) – wykonane 30 marca 1993, kamerą *Spacewatch* Uniwersytetu Stanowego w Arizonie. Obszar przedstawiony na zdjęciu ma rozmiary około 1 min km. Jasna „smuga", niemal w centrum, składa się z wielu fragmentów, z których każdy posiada swój warkocz i komę.

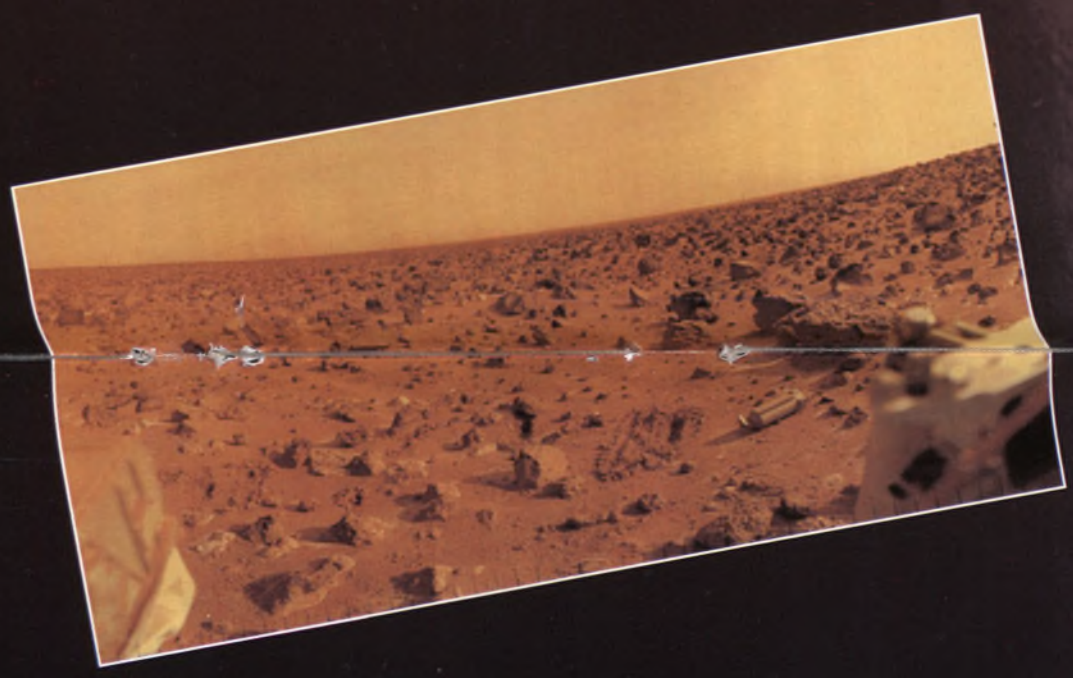
Zdjęcie, uzyskane 1 lipca 1993 przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (środkowe), pokazuje tę samą jasną „smugę" (o rozmiarach około 160 tys. km) z dużo większą dokładnością. Wygląd tej rozerwanej na kawałki komety, przypomina „sznur pereł". △

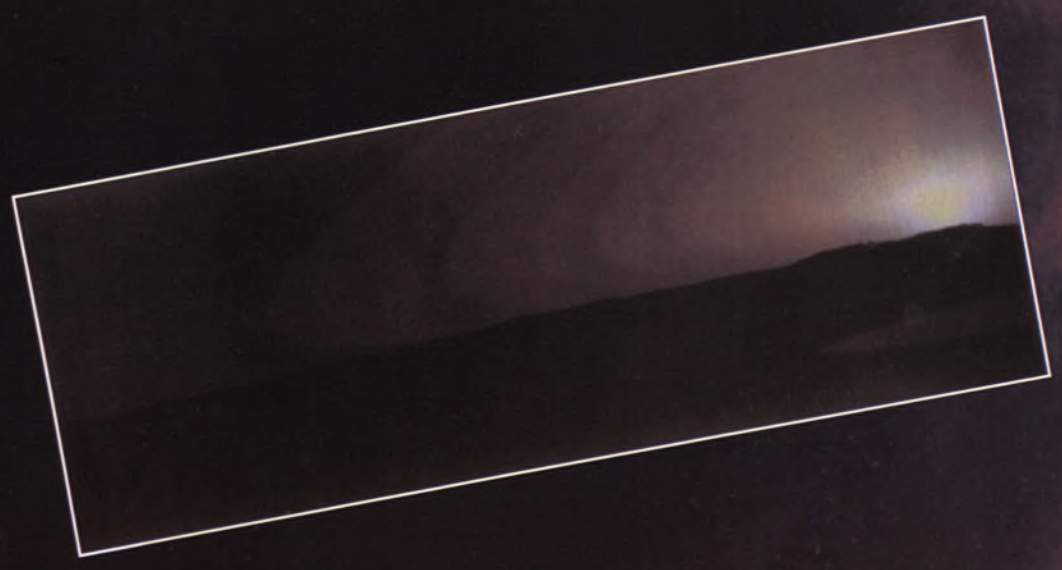
Na powiększonym 2.5 × obrazie najjaśniejszego fragmentu – prezentowanym również na okładce, wyraźnie, że składają się nań 4 jeszcze mniejsze kawałki. ▷

(Zdjęcia uzyskane dzięki uprzejmości dr Duccio Macchetto i Space Telescope Science Institute w Baltimore, USA).

Misja Viking
w poszukiwaniu życia
na Marsie...







wschód...
środek dnia,
... zachód
Słońca na Marsie

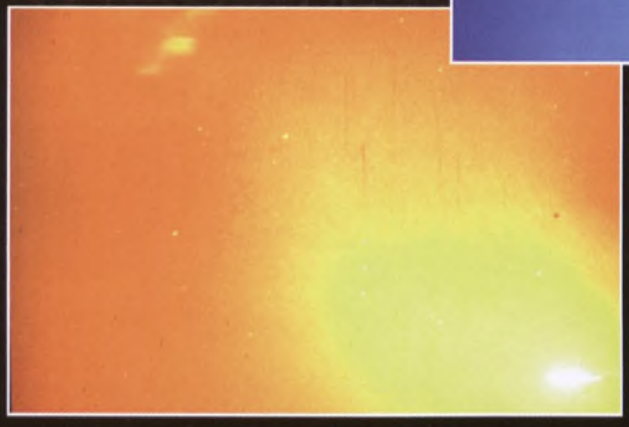
NASA

postępy astronomii

Tak chroni się niebo gwiaździste w Tucson...

Przed...

Po...



... a tak w Piwnicach

(fot. K. Rumiński)

Chrońmy niebo gwiaździste

Pięć lat temu, ochrona nocnego nieba przed nadmiernym oświetleniem przybrała formę zorganizowaną – w r. 1988 powstało stowarzyszenie International Dark–Sky Association. Spiritus movens całego przedsięwzięcia i jednocześnie prezesem IDA jest David L. Crawford, astronom z Kitt Peak National Observatory w Tucson (Arizona). Nie jest to przypadek, gdyż w Tucson kontrolę oświetlenia ulic i budynków prowadzi się już od 20 lat. Zadowoleni są ponoć wszyscy: władze miejskie, bo zaoszczędzają kilka milionów dolarów rocznie; mieszkańcy, bo mają lepiej niż w innych miastach oświetlone ulice; miłośnicy astronomii, bo w liczącym blisko 700 tysięcy mieszkańców Tucson mogą oglądać Drogę Mleczną; wreszcie astronomowie z Kitt Peak, oceniający, że dzięki kontroli oświetlenia niebo nad obserwatorium jest trzykrotnie ciemniejsze.

W tych czterech punktach zawierają się główne wyznaczniki taktyki walki o zminimalizowanie zanieczyszczenia nieba światłem (ang. light pollution) i bodaj wszystkie powody, dla których jest prowadzona. Co do tych ostatnich, to astronomom i miłośnikom astronomii nie trzeba specjalnie wyłuszczać zalet posiadania nad głową ciemnego nocnego nieba. Także argument o szczególnym miejscu nieba gwiaździstego w naszej (ziemskiej) kulturze jest oczywisty dla władających językiem, w którym została napisana księga ósma „Pana Tadeusza".

Przyjęta przez IDA taktyka forsuje używanie niskoprężnych lamp sodowych (dają niemal monochromatyczne światło) w odpowiednich oprawach (przy typowych 30% światła ucieka w niebo). Te czysto „astronomiczne" zalety wspierają argumenty ekonomiczne – niskoprężne lampy sodowe są najtańsze w eksploatacji i użytkowe – pomarańczowe światło tych lamp jest przyjemne dla oka ludzkiego, pozwala oświetlić dany obiekt nie tworząc stref głębokiego cienia, a zatem lepiej i bezpieczniej (obszerniej problemy te przedstawiłem w artykule zamieszczonym w numerze 5/1993 „Wiedzy i Życia"). Według mojego dość powierzchownego rozeznania, niemal zupełny monopolista na polskim rynku oświetleniowym, Philips, ma bogatą ofertę ulicznych lamp sodowych, choć w tradycyjnych oprawach.

Aby nie dopuszczać do nadmiernego oświetlania nieba nad obszarami zurbanizowanymi – chroniąc miejsca dotąd ciemne, inicjując powstawanie przepisów regulujących problem właściwego oświetlenia oraz opracowując długofalowy program redukcji oświetlenia nieba nad miastami – IDA zabiega, by w jej szeregach współpracowali zawodowi astronomowie i miłośnicy astronomii wraz z projektantami i producentami lamp. W marcu 1993 r. stowarzyszenie liczyło ponad 1300 członków z 52 krajów całego świata, przy czym 118 z nich to członkowie zbiorowi – obserwatoria, kluby miłośników astronomii, a nawet przedsiębiorstwa zajmujące się oświetleniem. Roczna opłata członkowska wynosi $20 dla osób i $100 dla organizacji.[1)]

W czasie pięcioletniej działalności IDA wydała kilkanaście biuletynów i ponad 50 ulotek informacyjnych, które poruszały między innymi i takie tematy: „Dlaczego nie lubimy lamp rtęciowych", „Świetlna łuna a duże teleskopy", „Jak rozmawiać z sąsiadem, który źle oświetla swój dom", czy „Oświetlenie a przestępczość". IDA dysponuje również zestawem 20 kolorowych slajdów (niektóre z nich reprodukujemy na wkładce obok), będących doskonałą pomocą przy popularyzacji idei stowarzyszenia. Poza dorocznymi spotkaniami (ostatnie, piąte odbyło się w maju 1993 r. w Los Angeles) IDA inicjuje takie spektakularne wydarzenia, jak trzydniowa konferencja „Niepomyślne wpływy środowiska na astronomię", zorganizowana w r. 1992 w Paryżu pod auspicjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej i UNESCO. Problem nadmiernego oświetlenia nocnego nieba podjęto na niej razem z dyskusją podobnych kłopotów dotykających radioastronomię (lawina szumów radiowych i sygnałów ziemskiego pochodzenia) i badania kosmiczne (orbitujące śmieci).

Jarosław Włodarczyk

[1)] Bardziej szczegółowe informacje można uzyskać pod adresem:
International Dark–Sky Association
3545 N. Stewart
Tucson, AZ 85716, USA

ZDJĘCIA OBOK:
U góry: Właściwe oświetlenie to powrót rozgwieżdżonego nieba, i oszczędność ... Lampa sodowa (środkowe zdjęcie) o mocy 35 W oświetla równie dobrze jak lampa rtęciowa o mocy 175 W. Początkowy koszt instalacji szybko się zwraca. A rezultat? Główna aleja na terenie uniwersytetu w Tucson, Arizona, po wymianie lamp oświetlona jest znacznie lepiej i znikły cienie za palmami i krzewami, podnosząc znacznie poczucie bezpieczeństwa przechodniów. Astronomom też jest łatwiej współżyć z lampą sodową dzięki temu, że świeci ona w stosunkowo wąskim zakresie widma. Co prawda stojąc bezpośrednio pod taką lampą nadal trudno jest sfotografować gwiazdy (zdjęcie po lewej), ale wystarczy filtr sodowy i kolejne zdjęcie zrobione z tego samego miejsca ukazuje nam niebo takim, jakby wokół panował mrok.
Poniżej: Niestety, w Piwnicach najłatwiej obserwować ... łunę nad budynkiem Katedry Radioastronomii i budowanym, nowym radioteleskopem (patrz tekst A. Woszczyka str. 74).

Nowoczesna astronomia obserwacyjna pragnie sięgać do coraz to słabszych obiektów. Tymczasem, działalność człowieka powoduje systematyczne pogarszanie się warunków obserwacji astronomicznych, a nawet stanowi zagrożenie dla dalszego istnienia wielu obserwatoriów astronomicznych.

Chrońmy niebo!

Andrzej Woszczyk

W swej krótkiej notatce „Chrońmy niebo gwiaździste" (str. 73) pan Jarosław Włodarczyk przedstawia powstałe 5 lat temu w Arizonie Stowarzyszenie Ciemnego Nieba i problem skażenia nocnego nieba światłem. Znacznie wcześniej – od wielu dziesiątków lat – zajmuje się tym również Międzynarodowa Unia Astronomiczna. Generalnie chodzi nie tylko o ochronę ciemnego nieba, ale ochronę atmosfery i bezpośredniego otoczenia Ziemi przed powodowanymi przez człowieka zanieczyszczeniami światłem, pyłami i innymi wydzielinami przemysłu ziemskiego, falami radiowymi i szczątkami pojazdów kosmicznych oraz o szczególną ochronę istniejących i potencjalnych miejsc obserwacji astronomicznych. Początkowo, już od lat 50–tych, instytucjonalnie funkcję tę pełniły Komisje 9 (w dziedzinie widzialnej widma) i 40 (w dziedzinie fal radiowych) MUA. Następnie, po pełniejszym rozpoznaniu problemu w związku z poszukiwaniem lokalizacji nowych wielkich międzynarodowych obserwatoriów astronomicznych i radioastronomicznych, Międzynarodowa Unia Astronomiczna powołała Komisję 50 „Identification and Protection of Astronomical Observing Sites". Komisja ta od początku lat 70–tych zajmuje się instytucjonalnie problemami ochrony nocnego nieba przed wszelką działalnością człowieka, która powodowałaby pogarszanie warunków badań astronomicznych. Komisja ta wypracowała odpowiednie normy i standardy dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń oraz metody ich badań i kontroli. Interweniuje w wypadku zagrożeń stwarzanych przez wojskowych i cywilnych „racjonalizatorów" pragnących rozświetlić nocny mrok, uszczęśliwić ludzkość elektrowniami atomowymi na orbitach okołoziemskich lub umieścić tam urny z prochami „szczególnie" zasłużonych obywateli, czy centralne ziemskie wysypisko śmieci. Bierze w obronę istniejące obserwatoria, których istnieniu zagrażają pomysły lokalizacji w ich bezpośrednim sąsiedztwie lotnisk (tak było w przypadku Kitt Peak), wież wiertniczych (jak to było w wypadku Obserwatorium Wiedeńskiego w Wienerwaldzie) czy silnych nadajników telewizyjnych i radiowych. Pierwszym przewodniczącym Komisji 50 był prof. M. F. Walker z Obserwatorium Licka. Później funkcję tę pełnili prof. F. Graham Smith z Królewskiego Obserwatorium w Greenwich i Obserwatorium Radioastronomicznego w Jodrell Bank, prof. A. Hoag z Obserwatorium Lowella we Flagstaff, prof. Sidney van den Berh z Dominion Astrophysical Observatory w Kanadzie i prof. David L. Crawford z Narodowego Obserwatorium Optycznego Kitt Peak. Obecnie funkcję Prezydenta Komisji 50 pełni prof. D. P. Murdin z Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w Edynburgu, ten sam, który na zjeździe w Toruniu w sierpniu 1993 został wybrany Prezesem Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego. Cytuję te nazwiska, żeby pokazać jak wielkie autorytety naukowe są aktywnie zaangażowane w walkę o czyste i ciemne niebo, które jest podstawowym warunkiem dalszego uprawiania badań astronomicznych z Ziemi i jej najbliższego otoczenia.

Jedną z form działań astronomów na rzecz ochrony nocnego nieba jest właśnie wyrosłe z wcześniejszych doświadczeń Międzynarodowej Unii Astronomicznej i Obserwatorium na Kitt Peak Towarzystwo Ciemnego Nieba, którego fundatorem był ówczesny przewodniczący Komisji 50 MUA David L. Crawford. Sama Komisja działa przez inspirowanie badań warunków środowiskowych, w których prowadzone są obserwacje astronomiczne, organizowanie konferencji i sympozjów poświęconych problemom skażenia atmosfery światłem, promieniowaniem radiowym i szczątkami pojazdów kosmicznych. Inicjuje powstawanie regulacji prawnych dotyczących właściwego nocnego oświetlenia miast i obiektów na Ziemi. Zajmuje się wydawaniem materiałów informacyjnych dotyczących tych problemów, wypracowywaniem odpowiednich norm i zwracaniem uwagi społecznej i organów władz administracyjnych na potrzeby obecnych i przyszłych badań astronomicznych, poprzez między innymi odpowiednie rezolucje Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Nowoczesna astronomia obserwacyjna pragnie sięgać do coraz to słabszych obiektów, które wymagają coraz większych teleskopów ulokowanych w

starannie wyselekcjonowanych miejscach. Charakterystyki takiego miejsca obejmują:

1. Możliwie największą ilość bezchmurnych dni i nocy.
2. Maksymalną liczbę godzin nocy astronomicznej.
3. Ciemne niebo.
4. Wysoką przezroczystość atmosfery.
5. Minimalną turbulencję atmosferyczną.
6. Lokalizację gwarantującą minimalne w przyszłości pogorszenie się tych warunków przez wzrost ilości rozproszonego światła i ogólnego skażenia atmosfery.

Dla obserwatorium radiowego, ważny jest głównie brak silnego promieniowania radiowego ziemskich stacji radiowych i telewizyjnych (nie jest to też problem obojętny dla obserwatorium optycznego) oraz całkowite wyłączenie z pracy naziemnych i orbitalnych stacji radiowych częstości, na których „przemawia" do nas Wszechświat. Ważna też jest eliminacja wszelkich możliwych interferencji częstości radioastronomicznych z częstościami zbudowanych przez człowieka nadajników.

O ile ilość bezchmurnych nocy i ogólna liczba godzin przebywania Słońca dostatecznie głęboko pod horyzontem, zależą od konkretnej lokalizacji geograficznej obserwatorium, o tyle na pozostałe czynniki w dużej mierze może wpływać działalność człowieka.

Niebo nocne na Ziemi nigdy nie jest absolutnie czarne. W ciągu dnia rozproszone na gazach atmosfery promieniowanie słoneczne powoduje istnienie niebieskiego tła i tak wielką jego jasność, że przestają być widoczne najjaśniejsze nawet gwiazdy. W nocy rozpraszane jest światło gwiazd i samoistnie świecą gazy zawarte w atmosferze, ale też następuje rozproszenie światła używanego do oświetlania miast i obiektów ziemskich. Efekty rozpraszania są zwielokrotniane obecnością w atmosferze pyłów i cząsteczek skondensowanej pary wodnej. Oba te źródła, naturalne i sztuczne, jasności tła, na którym widzimy gwiazdy mają swe składowe ciągłe i liniowe. I obie te składowe zanieczyszczeń atmosfery światłem muszą być kontrolowane i ograniczane. Przyjęto uznawać za dopuszczalny poziom sztucznego pojaśnienia nieba sięgający 10% jego naturalnej jasności w całym zakresie widma widzialnego od 300 do 1000 nm. Naturalny poziom promieniowania ciągłego ciemnego nieba w zenicie tzw. dobrze zlokalizowanego obserwatorium jest ok. 10 Rayleigh'ów na nm, co równa się 2.0×10^{-8} stilbów czyli 2.0×10^{-4} cd na metr kwadratowy i odpowiada 1 gwieździe o jasności 21.6 mag. na kwadratową sekundę łuku. Skażenie nieba widmem liniowym jest na ogół bardziej „szkodliwe" niż wpływ widma ciągłego. Szczególnie nielubiane jest przez astronomów skażenie atmosfery światłem lamp rtęciowych (emitują one m.in. bardzo wiele linii o złożonej strukturze), a tolerowane (i zalecane jako najmniej szkodzące) światło niskoprężnych lamp sodowych. Poziom pojaśnienia nieba na długościach fali dubletu sodowego (Fraunhoferowska linia D) od 588.8 do 589.8 nm nie powinien przekraczać minimalnej jasności naturalnego świecenia atmosfery w tych długościach fali. Ogólne efekty rozpraszania światła w atmosferze mogą być skutecznie minimalizowane przez odpowiednie osłony źródeł światła tak, aby oświetlały określony przedmiot, a nie świeciły w niebo. Daje to też oczywiste efekty ekonomiczne, o czym przekonało się już szereg miast (nie tylko amerykańskich), które pozytywnie odpowiedziały na prośby i apele astronomów (pierwszym z nich było Flagstaff w Arizonie już w roku 1958). Ale w dalszym ciągu konieczne są ciągłe i skoordynowane działania astronomów dla ochrony nieba lokalnych obserwatoriów.

Doświadczenia wielu istniejących optycznych obserwatoriów astronomicznych dowodzą, że nawet dla nich obecność sygnałów radiowych z pobliskich nadajników i przekaźników czy nawet wyładowania z pobliskich linii wysokiego napięcia mogą wręcz uniemożliwić prowadzenie obserwacji przy pomocy nowoczesnych odbiorników promieniowania czy używanie sprzężonych z nimi kom-

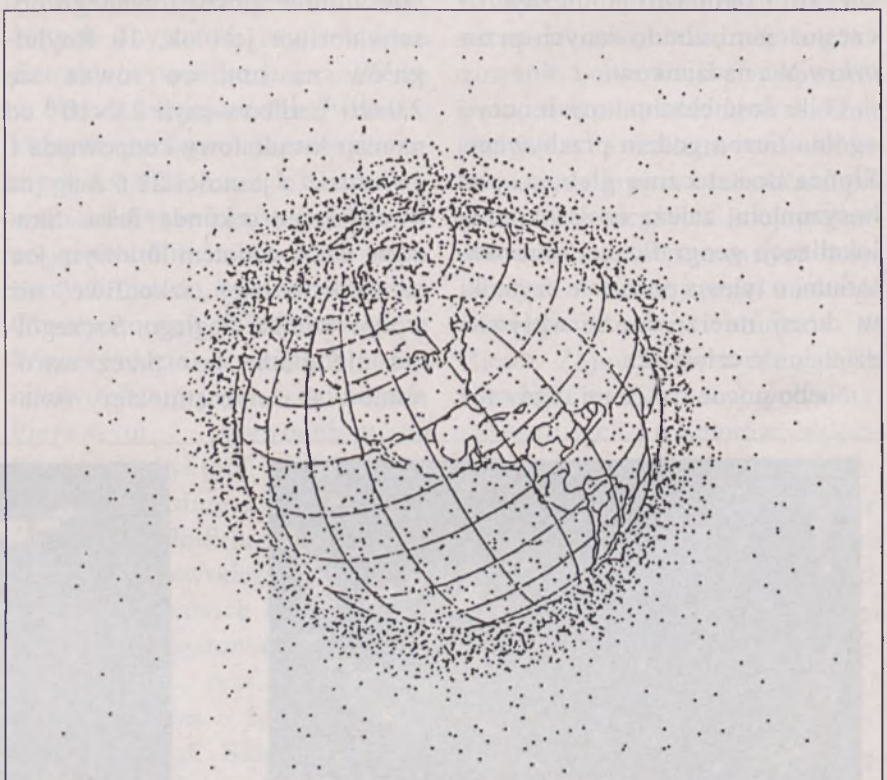
Rys.1. Stany Zjednoczone (z lewej) i Ziemia (z prawej) nocą. Zdjęcia ze zbiorów IDA (patrz tekst J. Włodarczyka na str. 73).

puterów. Tym bardziej to dotyczy obserwacji radioastronomicznych. W wypadku optycznych obserwatoriów, za dopuszczalny poziom radiacji przyjęto 2×10^{-6} W/m^2. Odpowiada to maksimum mocy promieniowania nadawczej stacji radiowej używającej dipolowej anteny i nadajnika o mocy 1 kW znajdującego się w odległości 8 km od obserwatorium.

W dziedzinie częstości radiowych Międzynarodowa Unia Telekomunikacyjna czuwa niejako nad pewnym „porządkiem w eterze" w skali całego ziemskiego globu. Poprzez World Administrative Radio Conferences (WARC) dokonuje przydziału zakresów tzw. pasywnych i aktywnych częstości radiowych dla różnych potrzeb działalności ludzkiej w tym dla radioastronomów.

Ziemska atmosfera w dziedzinie fal radiowych przepuszcza, przynajmniej częściowo, promieniowanie w zakresie od ok. 10 MHz (30 m do 300 GHz (1 mm). W konsekwencji w tym też zakresie częstości mogą być obserwowane na Ziemi niebieskie źródła promieniowania radiowego. Promieniowanie tych źródeł charakteryzuje się swoją składową ciągłą i liniową. Z charakteru zmiany natężenia promieniowania z długością fali, astronomowie wyznaczają tzw. indeks widmowy, który wiele mówi o naturze źródła promieniowania – czy jest ono termiczne, czy synchrotronowe, czy ośrodek promieniujący jest optycznie gruby, czy cienki, itp. Dla pomiarów widma ciągłego idealnie by było dysponować „ciszą radiową" w całym radioastronomicznym oknie radiowym. Niestety tak nie jest. Widmo radiowe ma szereg pasm przyznanych radioastronomii, ale stopień ich protekcji zmienia się od pasma do pasma i co gorsze, coraz więcej nadajników ziemskich i orbitalnych wdziera się w ten zakres. Na częstościach radiowych odkryto dotychczas ok. 350 linii widmowych, ale umowami międzynarodowymi ochroną dla radioastronomii objęto zaledwie kilka. Chroniona od dawna jest linia 21 cm neutralnego wodoru (1420 MHz), ale linie rodnika OH w sąsiedztwie 18 cm (1612, 1665, 1667 i 1720 MHz), które przyniosły nam fundamentalne dane o budowie centrum naszej i innych galaktyk uzyskały prawną ochronę dopiero w 1992 roku! Radioastronomia postuluje zachowanie absolutnej ciszy radiowej na ok. 40 innych częstościach i ciągle jeszcze musi walczyć o zrozumienie swych racji. Pracując poprzez nasłuch, nie powoduje zakłóceń innym użytkownikom eteru, a przez to jej istnienie jest przez niektórych niezauważane. Stąd wypływa konieczność ciągłego uświadamiania społeczeństwom wagi i roli tego rodzaju badań w poznaniu natury naszego kosmicznego środowiska i jego historii.

Przezroczystość atmosfery, zarówno w oknie widzialnym jak i radiowym, jest zagrożona działalnością człowieka. Głośna sprawa tzw. dziury ozonowej uzmysławia nam wagę tego problemu i musi mobilizować nie tylko do walki o czystą atmosferę dla badań astronomicznych, ale generalnie do ochrony tego naturalnego środowiska życia człowieka. Astronomom przeszkadza zwiększona emisja do atmosfery takich gazów jak CO_2, CH_4, i N_2O, które powodują spadek przezroczystości atmosfery, głównie w podczerwieni. Nie są obojętne produkowane przez różne przemysły SO_2, H_2S, HCl, CFC i tlenki azotu. Zwiększona emisja pyłów i innych źródeł kondensacji pary wodnej, wpływa z jednej strony na wzrost jasności tła nieba, a z drugiej na zmniejszenie się przezroczystości atmosfery. Dostarczanie do atmosfery zwiększonych ilości ciepła powoduje unoszenie na duże wysokości produkowanych w pobliżu powierzchni Ziemi zanieczyszczeń, zmiany w położeniu warstwy tzw. inwersji i turbulencję atmosferyczną znacznie pogarszającą jakość obrazów obiektów niebieskich.

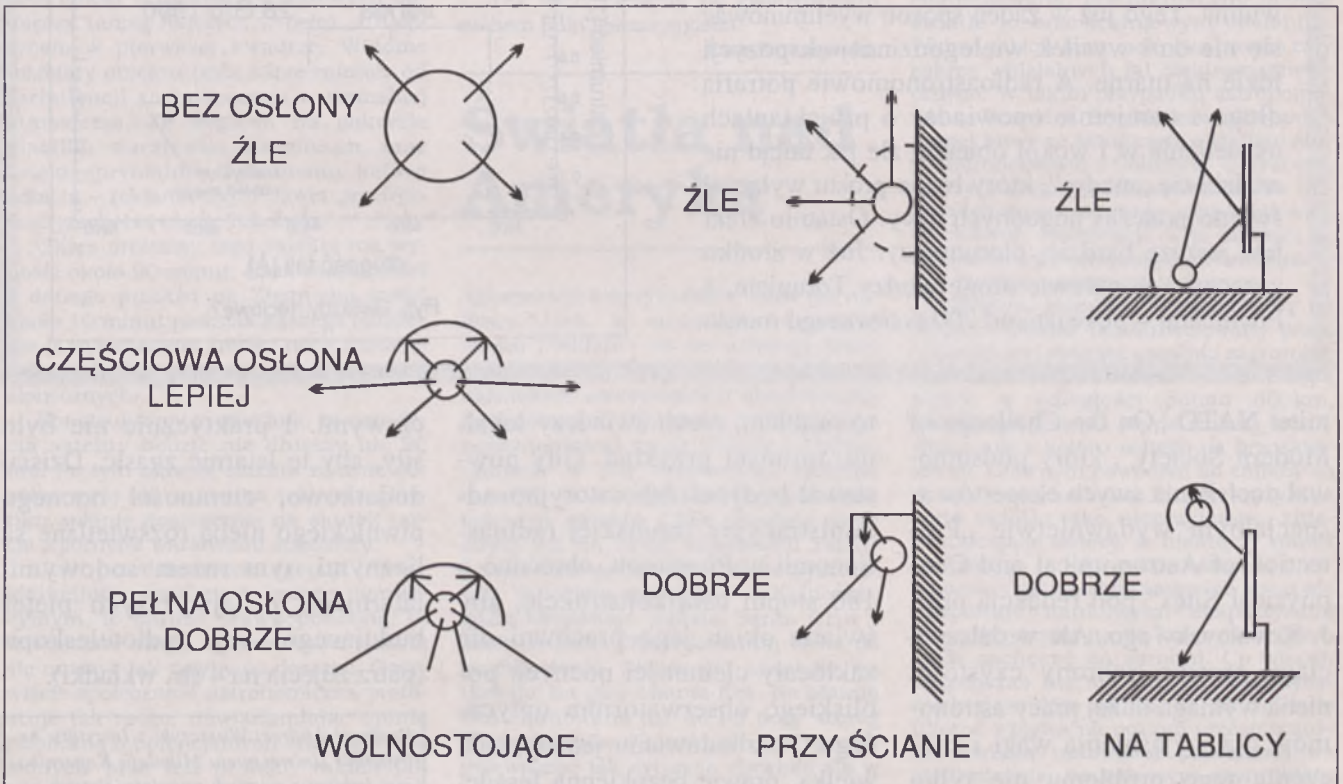


Rys. 2. Graficzna prezentacja położeń wszystkich skatalogowanych sztucznych satelitów Ziemi – stan w lipcu 1987 (wykonanie – Teledyne Brown Engineering).

Przelatujące nad horyzontem teleskopów samoloty, efektami kondensacji powstałej na wydalanych przez nie spalinach, mogą wręcz uniemożliwić prowadzenie obserwacji w danym obserwatorium.

Od czasu wprowadzenia w 1957 roku na orbitę okołoziemską pierwszego Sputnika, znalazło się tam ok. 4000 innych tego typu obiektów. Połowa z nich spadła na Ziemię, ale pozostałe, razem ze szczątkami innych tworzą dziś potężną chmurę okalającą Ziemię. Monitorowanych jest 7000 obiektów o rozmiarach większych niż 10 cm, ale szacuje się, że ilość obiektów o rozmiarach od 1 do 10 cm jest 5 do 10 razy większa. Nie można już dzisiaj zrobić zdjęcia nieba szerokokątną kamerą Schmidta, aby nie zarejestrować paru śladów sztucznych satelitów Ziemi. Ze wzrostem czułości odbiorników, problem ten będzie narastał w bardzo szybkim tempie. A więc i w tej dziedzinie jest bardzo wiele do zrobienia dla ochrony czystości nieba i zachowania tego środowiska i to nie tylko dla badaczy ciał niebieskich.

W roku 1992 Międzynarodowa Unia Astronomiczna wraz z UNESCO i ICSU zorganizowała w siedzibie UNESCO w Paryżu duże międzynarodowe sympozjum i wystawę na temat "Niepomyślne wpływy środowiska na astronomię". Miało to na celu uświadomienie społeczeństwom i rządom wagę i znaczenia problemów, o których tutaj mowa. Przyjęto tam deklarację, w której m. in. czytamy: „We the participants at the IAU/ICSU/ UNESCO Exposition on Adverse Environmental Impacts on Astronomy declare that Night Sky with its beautiful stars and its message of our place in the Universe is a precious treasure of all humanity, on which we rely for our knowledge and understanding of our origins and destiny and that Astronomy is one of the most fundamental, appreciated and accessible of sciences." I dalej, deklaracja wzywa rządy, organizacje międzynarodowe, agencje kosmiczne, itp. do podjęcia wszelkich możliwych wysiłków dla ochrony i zachowania czystości nieba. Wcześniej, w roku 1980, Międzynarodowa Unia Astronomiczna wraz z Międzynarodową Komisją Oświetlenia, też pod egidą UNESCO, wydały specjalną broszurę–przewodnik „Guide Lines for Minimizing Urban Sky Glow near Astronomical Observatories". Autorzy szczegółowo wyjaśniają w niej problem zanieczyszczenia atmosfery światłem i udzielają praktycznych wskazówek, jak zminimalizować uciążliwość tego zjawiska dla astronomów oraz podają przykłady aktów prawnych już wydanych w celu ochrony nocnego nieba. W roku 1988 odbyło się w Waszyngtonie Kolokwium MUA na temat „Light pollution, Radio Interference and Space Debris", które dostarczyło wielu naukowych danych dla ilościowego ujęcia istniejących zagrożeń, ich oceny i proponowanych zabezpieczeń. Wreszcie, wypada wspomnieć o opracowaniu, w 1992, tego zagadnienia przez Ko-

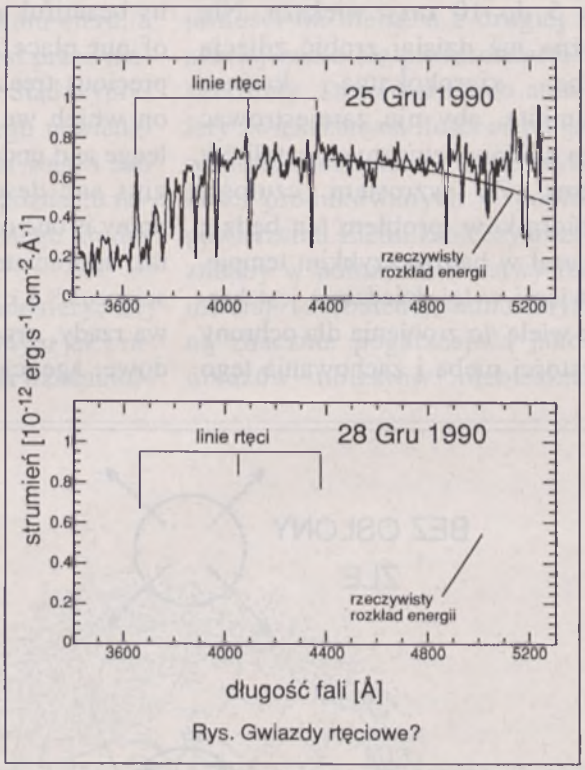


Rys.3. Przykłady „dobrego" i „złego" sposobu oświetlania ulic i ścian. Rzecz w tym, aby oświetlać te miejsca, w których ma być jasno, zamiast „świecić Panu Bogu w okno".

GWIAZDY RTĘCIOWE
czyli
RADIOASTRONOMIA NA CENZUROWANYM

W debiutanckim zeszycie 1/91 (str.30) „nowych" Postępów przedstawiliśmy krótko unikatowy obiekt MWC 560. Jest oczywiste, że taki obiekt za wszelką cenę – mimo, ze taki słaby i nisko nad horyzontem – próbowaliśmy obserwować. Opisana w tym samym zeszycie PA specjalna konstrukcja toruńskiego Spektrografu Kanadyjskiego, teoretycznie daje możliwość uzyskania absolutnych rozkładów energii w widmach gwiazd. „Teoretycznie" – gdyż w przypadku tego słabego obiektu nazbyt znaczna ilość światła pochodziła nie z odległej o 2 kiloparseki MWC 560, a z odległej o... 200 metrów Katedry Radioastronomii. Ową „przepiękną" iluminację pokazaliśmy na 4 stronie okładki PA 3/93, a jej efekt można „podziwiać" na pokazanych tu widmach. Niestety, MWC 560 nie okazała się gwiazdą rtęciową (co być może wyjaśniłoby wiele jej osobliwości), a silne linie rtęci pochodzą od świecących za miedzą lamp. Jeszcze groźniejsze jest pochodzące z tego samego źródła rozproszone światło, tworzące widmo ciągłe i całkowicie psujące rozkład energii w żółtej części widma. Tego już w żaden sposób wyeliminować się nie da i wysiłek wielogodzinnej ekspozycji idzie na marne. A radioastronomowie potrafią długo i namiętnie opowiadać o projektantach oświetlenia w i wokół obiektu, ale jak dotąd nie znalazł się „mądry", który by po prostu wyłączał światło podczas pogodnych nocy. Ostatnio efekt jest jeszcze bardziej piorunujący. Już w środku puszczy – w połowie drogi między Toruniem, a Piwnicami – poświata od 200 tysięcznego miasta niknie przy łunie nad... obserwatorium. Jak choinka bożonarodzeniowa, rozbłysła potężnymi lampami sodowymi konstrukcja budowanego radioteleskopu. Być może dopiero kiedy astrofizycy – optycy skonstruują skuteczne nadajniki na ulubione pasma radioastronomów (np. 6, 18, 21 i 50 mm) dojdzie do porozumienia i ktoś sobie przypomni gdzie jest kontakt...

MaMi



Rys. Gwiazdy rtęciowe?

mitet NATO „On the Challenge of Modern Society", który podsumował dociekania swych ekspertów w specjalnym wydawnictwie „Protection of Astronomical and Geophysical Sites" pod redakcją prof. J. Kovalevsky'ego. Ale w dalszym ciągu sprawa ochrony czystości nieba wymaga dużej pracy astronomów dla wyjaśnienia wagi i znaczenia tego problemu nie tylko społeczeństwom współobywateli, ale i samym sobie. Jak trudny jest to problem, niech świadczy lokalny, toruński przykład. Gdy powstawał budynek laboratoryjno–administracyjny toruńskiej radioastronomii w Piwnicach, obrócono o 180 stopni całą konstrukcję, aby światła okien jego pracowni nie zakłócały ciemności nocnych pobliskiego obserwatorium optycznego. Po zbudowaniu jednak, całą wielką, prawie bezokienną fasadę, zwróconą w kierunku teleskopów, rzęsiście oświetlono lampami rtęciowymi. I praktycznie nie było siły, aby te latarnie zgasić. Dzisiaj dodatkowo, ciemności nocnego piwnickiego nieba rozświetlane są licznymi, tym razem sodowymi, latarniami z najwyższych pięter budującego się radioteleskopu (patrz zdjęcia na 4 str. wkładki).

Profesor Andrzej Woszczyk, z Instytutu Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, jest jednym z naszych najwierniejszych autorów. Na codzień zajmuje się astrofizyką ciał układu słonecznego.

Orbitujący słup ogłoszeniowy

Nocne koszmary zaczną się być może śnić astronomom w 1996 roku. Stać się to może za sprawą agencji o nazwie Space Marketing Inc. of Roswell, z Georgii, we współpracy z Lawrence Livermore National Laboratory z Kalifornii (które to laboratorium zajmowało się bronią nuklearną podczas zimnej wojny), oraz University of Colorado.

Instytucje te planują na rok 1996 wystrzelenie satelity reklamowego na orbitę wokółziemską. Ma być to panel w kształcie liter lub symboli, zbudowany z bardzo cienkiej warstwy plastiku o nazwie Mylar, o szerokości około półtora kilometra. Panel ma świecić światłem odbitym od Słońca. Przed startem z Ziemi cała kostrukcja ma zostać zrolowana, tak aby nie zajmowała wiele miejsca i mogła być wystrzelona przy użyciu niewielkiej rakiety nośnej, np. Delta lub Conestoga. Dopiero na orbicie plastikowy panel byłby nadmuchany gazem. Wysokość orbity tego satelity (około 300 km) została tak dobrana, aby znaki reklamy były jeszcze czytelne gołym okiem.

Reklama ma być widoczna z Ziemi jako obiekt o rozmiarach kątowych pomiędzy tarczą Księżyca w pełni, a Księżycem w pierwszej kwadrze. Widome rozmiary obiektu będą silnie zależały od turbulencji zachodzących w ziemskiej atmosferze. Ze względu na pokrycie plastiku warstewką aluminium, oraz dzięki optymalnie dobranemu kątowi odbicia – reklama może nawet przewyższać jasnością tarczę Księżyca.

Okres orbitalny tego satelity ma wynosić około 90 minut. Czas widzialności z danego punktu na Ziemi ma trwać około 10 minut podczas każdego okrążenia (z wyłączeniem środka nocy, kiedy to satelita będzie poza zasięgiem promieni słonecznych).

Konstruktorzy przewidują, że czas życia satelity będzie nie dłuższy niż 20 dni. Po tym okresie satelita zacznie obniżać swój lot, a cienka warstwa plastiku spłonie doszczętnie na skutek tarcia z górnymi warstwami atmosfery.

Jeśli przedsięwzięcie agencji „Space Marketing" okaże się sukcesem komercyjnym, to bardzo prawdopodobne, że kosmiczne słupy ogłoszeniowe zaczną się mnożyć jak grzyby po deszczu. Oczywiście społeczność astronomiczna protestuje jak może, uświadamiając opinię publiczną o potencjalnych szkodach niesionych prze ten projekt, takich jak lokalne podwyższenie jasności tła nieba (w konsekwencji obniżający zasięg teleskopów), czy też oczywiste przesłanianie niebagatelnego wycinka nieboskłonu.

W odpowiedzi na takie zarzuty, prezydent „Space Marketingu" Mike Lawson zaprzeczył jakoby ich satelita miałby w ciągu swej 20-dniowej eksploatacji okazać się większym utrudnieniem dla astronomów niż istniejące już do tej pory samoloty i satelity przelatujące od czasu do czasu prze pole widzenia teleskopów.

Jak na ironię – satelita ma nosić nazwę „Environmental Space Platform", czyli Środowiskowa Platforma Kosmiczna, a na jego pokładzie mają się znajdować instrumenty do badań atmosfery (wykonane przez Livermore National Laboratory). Tak więc, „Space Marketing" obiecuje geofizykom i meteorologom korzystanie z tego projektu nieomal za darmo, bez żadnych dotacji państwowych. Firmy sponsorujące całe to przedsięwzięcie zyskają prawo używania symbolu wyświetlanego przez satelitę w swojej własnej działalności promocyjnej, całkiem podobnie jak 5 kółek olimpijskich drukowanych na wyrobach Kodaka, czy innych oficjalnych sponsorów Igrzysk Olimpijskich.

Na szczęście, poparcie dla astronomów zgłaszają ekolodzy i organizacje konsumenckie, opowiadające się za jak najbardziej naturalnym wyglądem sfery niebieskiej. Niestety, nie jest pewne czy poparcie to będzie w stanie zablokować silne lobby przemysłowo – handlowe. (O wydaniu zezwolenia na wystrzelenie satelity decyduje w USA Ministerstwo Transportu.)

Tak więc, cieszmy się gwiaździstym niebem póki jeszcze można.

Ewa Kuczawska

Światła nad Ameryką

Aglomeracje amerykańskie, takie jak np. Nowy Jork, z mnóstwem drapaczy chmur i reklam – co noc zalewają niebo łuną świateł. Toteż nic dziwnego, że największe amerykańskie obserwatoria astronomiczne stopniowo wycofują się z kontynentalnej części Stanów Zjednoczonych w jak najbardziej odludne zakątki, w szczególności w północne łańcuchy górskie Chile (niestety coraz mniej już na Ziemi odludnych zakątków...) Szczególnie silne zanieczyszczenie światłem występuje w Kalifornii, gdzie ekspansja miasta Santa Cruz i okolic zmusiła Obserwatorium Licka do przeniesienia większości zasobów na Hawaje, na górę Mauna Kea. Na Mauna Kea zbudowano już do tej pory szereg obserwatoriów. Oczywiście nie sposób przewidzieć jak sytuacja rozwinie się w przyszłości, lecz na razie władze Hawajów utrzymują dość rygorystyczne przepisy odnośnie oświetlenia na zewnątrz budynków. Lokalne społeczności redukują zbędną poświatę między innymi poprzez montowanie daszków nad latarniami i innymi zewnętrznymi źródłami światła. Mówiąc o astronomii w Kalifornii, nie sposób pominąć obserwatorium na Mount Wilson, koło Pasadeny, założone w 1917 roku i wyposażone w ogromny jak na tamte czasy teleskop 2.5 metrowy, który w 1930 roku umożliwił Hubble'owi odkrycie ucieczki galaktyk. Niestety światła Pasadeny stały się na tyle dokuczliwe, że w 1985 roku Carnegie Institution of Washington zdecydował się zamknąć teleskop. I chociaż co prawda astronomowie i miłośnicy astronomii uruchomili akcję zbierania funduszy w celu ponownego otwarcia obserwatorium, to jednak teleskop stucalowy na Mount Wilson nigdy już nie będzie w stanie prowadzić obserwacji pozagalaktycznych.

Nieco lepiej wygląda sytuacja na Kitt Peak National Observatory w Arizonie, a to dzięki dobrej współpracy obserwatorium z władzami miasta Tuscon, które stara się oświetlać miasto głównie niskociśnieniowymi lampami sodowymi. Lampy te produkują żółte światło, złożone z jedynie 2 wąskich linii sodu. Dzięki temu astronomowie mogą szybko zidentyfikować światło takich lamp na spektrogramach. Linie te mogą posłużyć jako markery laboratoryjnych długości fali sodu, lub też mogą zostać całkowicie wycięte przy użyciu filtrów wąskopasmowych. Gorzej jest, gdy miasta są oświetlone sodowymi lampami wysokociśnieniowymi, produkującymi bielsze światło (o brzoskwiniowym odcieniu). Widmo takich lamp pokrywa prawie cały zakres widzialnych fal elektromagnetycznych. W takim przypadku astronomowie są bezradni. Przykładem takiej przegranej bitwy ze sztucznym światłem służą astronomowie z Columbia University, którzy pomimo posiadania całkiem dużego teleskopu nie mogą prowadzić wartościowych obserwacji, a to dlatego, że miasto Nowy Jork przyjęło oświetlenie o standardzie wysokociśnieniowym...

Ogromny teleskop 5-cio metrowy na Mount Palomar (administrowany przez Caltech) jest również ostatnio zagrożony; najbliższe wielkie miasto – San Diego, leżące w odległości ponad 60 km, właśnie przymierza się do zmiany oświetlenia ulic z koloru żółtego na brzoskwiniowy. Głównym powodem do zmiany są opinie mieszkańców, którzy krytykują żółte światło jako nieprzyjemne, zniekształcające kolory, a niektórzy nawet postrzegają je jako zachęcające do przestępstw. Jak na razie żadna ze stron nie dysponuje naukowymi ekspertyzami stwierdzającymi na ile kolor oświetlenia może zachęcać do zbrodni. Co więcej, dotychczas nie ma silnych statystycznych dowodów na to, że oświetlenie uliczne wpływa na poziom przestępczości. Istnieją natomiast przesłanki do stwierdzenia, że głównym czynnikiem poprawiającym poczucie bezpieczeństwa jest nie natężeniew ani kolor, lecz raczej jednorodność oświetlenia.

Ewa Kuczawska

Kosmiczna radość – planet przybywa

Ostatnio pulsary są bardzo popularnym tematem wśród astronomów. Ta popularność polega na tym, że można je wykorzystać do testowania różnych teorii, począwszy od Ogólnej Teorii Względności Einsteina, a skończywszy na fundamentalnym problemie istnienia innych układów planetarnych.

Wszystkich ucieszyła wiadomość o odkryciu planet przez profesora Aleksandra Wolszczana. Obiekty krążą wokół PSR 1257+12. Odkrycie to budziło jednak wiele kontrowersji, sceptycy uważali, że planet nie ma, a regularne residua, które widzimy są wynikiem precesji osi rotacji. Nie rozstrzygnięte też było istnienie trzeciej najmniejszej planety. Obecnie wszystkie wątpliwości zostały rozwiane! Niepodważalnego dowodu dostarczyło zaobserwowanie perturbacji pomiędzy planetami. Są one widoczne w postaci residuów ze zmienną periodycznie amplitudą, które otrzymuje się przez odjęcie od modelu efektów związanych z planetami. Maksymalna amplituda zaburzenia obserwowana jest w momencie gdy planety znajdują się w koniunkcji. Aktualna czasowa zdolność rozdzielcza obserwacji pulsarów prowadzonych w Arecibo jest rzędu 3 μs. Profesor Wolszczan poinformował[1] jednak, że chcą zwiększyć rozdzielczość do 1 μs (lepsze usunięcie dyspersji sygnału przez zwiększenie ilości kanałów odbiorczych), a wówczas mogą uwidocznić się bardziej subtelne szczegóły budowy układu planetarnego.

Jeszcze nie zdążyliśmy nacieszyć się planetami wokół PRS 1257+12, a już w kolejce czekają następne odkrycia (*New Scientist*, 19.02.1994, s.16). Kolejnym podejrzanym o „ojcostwo" jest PSR 0329+54. Jest to obiekt w gwiazdozbiorze Żyrafy. Planety zostały odkryte, kiedy T. V. Shabanova z Obserwatorium Radioastronomicznego w Puszkino analizowała dane chronometrażowe zgromadzone w czasie 25 lat obserwacji prowadzonych przez amerykańskie i rosyjskie obserwatoria. Analiza residuów pokazuje, że mamy do czynienia z dwoma obiektami o okresach 1110 oraz 6140 dni. Shabanova obliczyła, że wewnętrzna planeta jest oddalona o 2.3 j.a., a jej masa oszacowana została na 0.3 masy Ziemi. Natomiast druga, zewnętrzna jest 2 razy masywniejsza od Ziemi i krąży po orbicie 7.3 j.a.

Pulsar w Żyrafie jest stosunkowo młody. Jego charakterystyczny wiek, wyznaczony na podstawie okresu pulsacji i pierwszej pochodnej okresu względem czasu, szacowany jest na 5 mln lat. Jest to zbyt krótki przedział czasu, aby mogły powstać planety; oznacza to, że obiekty, które są obserwowane istniały przed wybuchem supernowej. Można się domyślać, że przetrwały dzięki asymetrii wybuchu oraz sprzyjającej geometrii orbit.

Hipotezę „survivalu" (ang. survival – przetrwanie) zdaje się potwierdzać fakt, iż duża planeta posiada bardzo ekscentryczną orbitę o mimośrodzie 0.23. Jest to całkowicie zrozumiałe gdy przyjmiemy, że przetrwała ona kataklizm. Potrzebne są jednak dalsze systematyczne obserwacje, aby potwierdzić prawdziwość odkrycia. Będzie trzeba na to poczekać od 10 do 15 lat.

Dla tych Czytelników, którzy nie chcą czekać tak długo podajemy sensacyjną wiadomość dotyczącą pewnego młodego pulsara o wieku 10^5 lat. Nieoficjalnie wiadomo, że zostały odkryte wokół niego aż trzy (!!!) planety.

Oficjalna informacja zostanie podana przez autora tego odkrycia po upewnieniu się o jego prawdziwości. Trzymajmy za niego kciuki.

Sebastian Soberski

[1] Aleksander Wolszczan przebywał w maju na miesięcznym kontrakcie na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu z serią wykładów dla studentów. Autor notki jest jednym z wielu słuchaczy tych wykładów. (red.)

Zanieczyszczenia radiowe

Zabłąkane sztuczne światła to tylko jedna z bolączek dręczących współczesną astronomię. Kolejną jest gęstniejący smog interferencji radiowych. Fale radiowe stanowią bardzo cenny dla astronomii fragment widma elektromagnetycznego; między innymi niosą one informację od obłoków neutralnego wodoru, jak również promieniowanie z najdalszych zakątków dostępnego nam kosmosu (bowiem wskutek kosmologicznej ekspansji Wszechświata i zjawiska przesunięcia Dopplera – światło emitowane przez najdalsze i równocześnie najstarsze obiekty dociera na Ziemię w postaci fal radiowych). Niestety, zakłócenia radiowe ziemskiego pochodzenia, głównie zakłócenia cywilizacyjne, coraz bardziej utrudniają pracę radioastronomów. Co prawda istnieją międzynarodowe konwencje przydzielające poszczególne częstości różnym grupom użytkowników, i radioastronomowie również mają zarezerwowane pasma o szczególnej dla nich ważności (jak np. w obrębie neutralnego wodoru, na długości 21 cm), to jednak nie sposób zapobiec dość przypadkowej kakofonii fal radiowych produkowanych prze takie urządzenia jak spawarki,systemy zapłonowe, lampy fluorescencyjne, silniki elektryczne, czy nieco nowsze wynalazki jak np. komputery samochodowe, czy też radiowo sterowane drzwi do garażu. Paradoksalnie, okazuje się, że mocne ziemskie źródła radiowe (stacje nadawcze) są łatwiejsze do zidentyfikowania i „wyczyszczenia" podczas obróbki danych niż roproszone, słabe urządzenia codziennego użytku, które mieszają się z tłem radiowym i są praktycznie nie do odseparowania od sygnałów z Kosmosu.

Przyszłość naziemnych obserwacji radioastronomicznych jawi się dziś tym gorzej, ponieważ już wkrótce planuje się

stworzenie skoordynowanej sieci 77 satelitów komunikacyjnych na orbicie wokółziemskiej, które mają służyć jako przekaźniki komunikacji radiotelefonicznej, co dodatkowo zagłuszy sygnały radiowe spoza Ziemi. Wygląda więc na to, że zarówno astronomowie optyczni jak i radiowi zostaną w końcu przegonieni na Księżyc, jeśli nadal będą chcieli prowadzić obserwacje...

Ewa Kuczawska

Koniec świata odroczony

W październiku 1992 (PA 3-4/92, str. 100) głośno było o końcu świata wyznaczonym (z dokładnością co do dnia) na rok 2126, kiedy to kometa Swift–Tuttle'a miałaby uderzyć w Ziemię. Jednak dokładna analiza trajektorii tej komety, wykonana w oparciu o jej ostatnie przejście w pobliżu Ziemi w grudniu 1992, wykazała, że alarm był przedwczesny. Przy następnym obiegu kometa ominie naszą planetę w odległości 24 mln km.

Tymczasem, na spotkaniu Amerykańskiej Unii Geofizycznej w San Francisco, Michael Rampino z New York University i Verne Oberbeck z NASA, Ames Research Center, zasugerował, że wyodrębnianie się poszczególnych kontynentów oraz ich dryft możemy zawdzięczać kosmicznej katastrofie sprzed 250 mln lat, kiedy to bryła o średnicy od 10 do 20 km uderzyła w Ziemię. Gdyby ich teoria okazała się być słuszną, to miałoby to poważny wpływ na obecnie przyjmowane poglądy geologiczne, jak na przykład rola przypisywana jak na razie lodowcom w powstawaniu niektórych minerałów. Póki co, nowa teoria spotyka się ze sceptycznym przyjęciem.

Najnowsze modele komputerowe wykonywane prze naukowców z NASA rzucają nowe światło na tzw. katastrofę Tunguską, jaka wydarzyła się na Syberii w roku 1908. Otóż przyczyną tego wydarzenia nie był statek obcej cywilizacji, ani zabłąkana czarna dziura, lecz najprawdopodobniej kamienny asteroid o średnicy 30 m, który eksplodował ponad Ziemią.

E. K.

Polana w lesie Lymanna

Duże obłoki gazu rozrzucone w przestrzeni międzygalaktycznej są dość wyjątkową formą materii wypełniającej Wszechświat. Masy obłoków rzędu $10^8 M_\odot$, a promienie rzędu kilkudziesięciu kiloparseków. Obecność tych obłoków uwidacznia się dzięki temu, że widma odległych kwazarów, przy przejściu przez poszczególne obłoki, wzbogacają się o charakterystyczne linie absorpcyjne wodoru (Ly_α). A ponieważ obłoki znajdują się w różnych odległościach, powstające w nich linie, mają różne przesunięcia ku czerwieni – tak tworzy się *las Lymanna*.

Badania wykazały, że obłoki te są rozłożone w przestrzeni niezwykle równomiernie, znacznie bardziej równomiernie, niż galaktyki. Dlatego niezwykłe zainteresownie wzbudziło znalezienie *polany* w tym lesie – obszaru w przestrzeni o średnicy około 10 Mps, całkowicie pozbawionego obłoków. Odkryto ją, badając las Lymanna w widmie kwazara Q0302-003 (z = 3.285), a autorami tego odkrycia są Adam Dobrzycki z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Warzsawie i Jill Bechtold z Obserwatorium Stewarda w Tucson, w Arizonie. Pustka ta, może być spowodowana oddziaływaniem kwazara Q0301-005. leżącego blisko linii widzenia, ale wyjaśnienie to nie jest w pełni zadowalające. Zagadka czeka na rozwiązanie.

(b)

Wpływ Księżyca

Jak wynika z symulacji komputerowych opublikowanych na początku tego roku w „Science" i w „Nature", planety pozbawione w miarę masywnego satelity, takie jak np. Mars, muszą zmieniać nachylenie swojej osi obrotowej w znaczący sposób, na przestrzeni kilku milionów lat.

Na nasze szczęście, żyjemy na planecie której towarzyszy Księżyc, co zapewnia względną stabilność pór roku.

W przeciwnym bowiem razie, tak gwałtowne i dramatyczne zmiany klimatyczne uniemożliwiałyby rozwój życia na Ziemi.

E. K.

Bywa i tak...

O tym, że życie astronoma nie zawsze jest usłane różami, i że aby dokonać odkrycia czegoś nowego trzeba najpierw bardzo skrupulatnie wykluczyć wszelkie inne ewentualności, przekonali się K. Denner i M. Kurster, którzy w telegramie Unii Astronomicznej nr 5714 donosili o odkryciu pulsara rentgenowskiego w pozostałości po supernowej N63A w Wielkim Obłoku Magellana. W rzeczywistości obserwowane pulsacje były spowodowane efektem instrumentalnym: satelita rejestrujący dane sam podlegał pewnym drganiom, a pech chciał, że środek obrazu N63A wypadł akurat na skrzyżowaniu nitek siatki wzmacniającej (wielkość odstępów w siatce równa 2'.9). Źródło porównania nie było niczym okresowo przesłaniane, co zaowocowało błędną interpretacją, że N63A musi zawierać pulsar rentgenowski...

E. K.

Pocztówka znad krawędzi

Pomimo wad w optyce, Kosmiczny Teleskop Hubble'a dostarcza nam cennych informacji o najdalszych zakątkach Wszechświata. Ostatnim odkryciem (patrz pierwsza strona wkładki PA 2/93) był obraz optyczny galaktyki odległej o 10 mld lat świetlnych od Ziemi. Jest to najdalsza gromada galaktyk jaką znamy. Co ciekawe, składa się ona z galaktyk nieregularnych, przy równoczesnym braku galaktyk spiralnych czy eliptycznych. Wytłumaczenie tego może leżeć w fakcie, że światło które dociera do nas z tak dalekiej odległości musi pochodzić z bardzo zamierzchłych czasów, kiedy to galaktyki właśnie się rodziły, a to co obserwujemy nie jest obrazem całych galaktyk, lecz tylko tych najjaśniejszych fragmentów, gdzie w szybkim tempie rodziły się gwiazdy...

W niewielkiej odległości kątowej od tego obiektu, teleskop Hubble'a odkrył kolejną nową gromadę galaktyk odległą od nas o około jedyne 5 mld lat świetlnych. Obiekt ten składa się z około 70 galaktyk, z czego aż około 30% to galaktyki spiralne, a pozostałe to galaktyki eliptyczne. Dla porównania przeciętny udział galaktyk spiralnych w bliższym otoczeniu Drogi Mlecznej stanowi jedynie około 5%. Wytłumaczeniem tej różnicy może znowu być długi wiek tej gromady – ponieważ jest ona tak stara, to znacznie więcej galaktyk spiralnych zdążyło tam ulec zderzeniom podczas których spiralne struktury zatracają się i galaktyka przybiera kształt eliptyczny.

E. K.

Toruńskie Planetarium im. Władysława Dziewulskiego stanęło w wyśmienitym miejscu – samym sercu przepięknej Starówki, musiało się jednak zmieścić w istniejącej skorupie murów...

Fot. Karol Wenerski

Fot. Regionalny Ośrodek Studiów i Ochrony Środowiska Kulturalnego w Toruniu

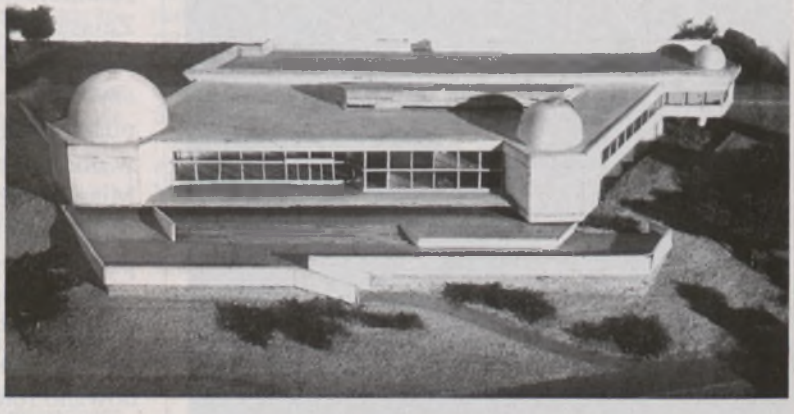
Toruńskie Planetarium

Andrzej Woszczyk

Rodzina polskich planetariów powiększyła się ostatnio o kolejną placówkę. W przeddzień 521 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika w dniu 17 lutego 1994 r. w Toruniu uroczyście otwarto Planetarium nazwane imieniem prof. Władysława Dziewulskiego. Jest to obiekt średnio duży, obok Chorzowa i Olsztyna, należący do grupy trzech największych planetariów polskich. Jego aparatura projekcyjna i rozmiar kopuły są identyczne jak w Olsztynie, a na sali projekcyjnej jednorazowo oglądać może niebo prawie 160 osób.

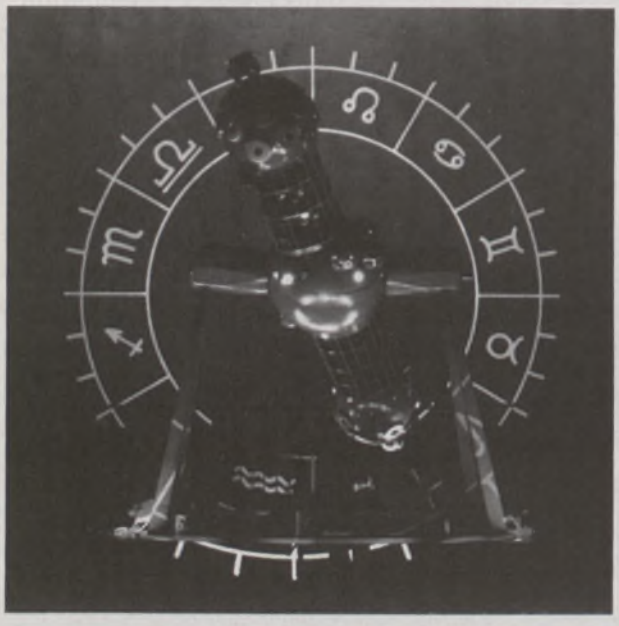
Starania o planetarium w Toruniu trwały od kilku dziesięcioleci. Idea rodziła się w środowisku toruńskich astronomów i miłośników astronomii w połowie lat 50–tych (pierwszy dokument w tej sprawie w toruńskim PTMA nosi datę 22 marca 1954 r.), ale jej korzenie sięgają daleko głębiej w czasie, do Kółka Astronomicznego w Gimnazjum Toruńskim działającego w okresie międzywojennym (patrz ramka). Staraniem Toruńskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii myśl ta przybrała postać dojrzałej koncepcji i założeń projektowych, które stały się później punktem wyjścia do prac projektowych i realizacji kilku polskich placówek planetaryjnych. Idea toruńska opierała się na łączeniu funkcji miłośniczego obserwatorium astronomicznego i funkcji czysto planetaryjnych, trochę na wzór popularnych już wtedy w Czechosłowacji Ludowych Obserwatoriów Astronomicznych i Planetariów. Oficjalnie, na forum publicznym, koncepcja ta ujrzała światło na zorganizowanym w dniu 27 września 1961 r. przez Toruńskie PTMA spotkaniu przedstawicieli bydgoskich władz wojewódzkich (w tym czasie Toruń był częścią województwa bydgoskiego) i toruńskich władz miejskich oraz bydgoskich i toruńskich władz partii politycznych, instytucji naukowych i oświatowych, wojska i stowarzyszeń społecznych w sprawie przygotowania w Toruniu „Obchodów 500–nej rocznicy Urodzin Mikołaja Kopernika". Utworzono na tym spotkaniu odpowiedni Komitet Obchodów i uchwalono m. in., „jednym z naczelnych wydarzeń obchodów 500–nej rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika w Toruniu" będzie „otwarcie Ludowego Obserwatorium Astronomicznego i Planetarium, jako żywego i twórczego pomnika M. Kopernika w naszym mieście". Od tego momentu budowa LOAiP w Toruniu stanowiła dyżurny punkt lokalnych (wojewódzkich i miejskich) programów wyborczych we wszystkich chyba kolejnych wyborach parlamentarnych i samorządowych w PRL. Ale też i trwały kolejne przymiarki w sprawach lokalizacji i formy architektonicznej obiektu, który coraz częściej przybierał nazwę Publicznego lub Toruńskiego Obserwatorium Astronomicznego i Planetarium.

Koncepcja toruńska opierała się najpierw na idei obserwatorium i planetarium jako samodzielnej placówki o charakterze specjalistycznego domu kultury. Początkowo rozważano lokalizację tego obiektu na wysokiej skarpie wiślanej przy ul. Lubickiej na tzw. Winnicy, lub na ówczesnym skraju miasta, na Rubinkowie, w rejonie fortów wykorzystywanych przez Centralne Piwnice Win Importowych i pięknego zakola Wisły, gdzie rzeka zmienia swój bieg z kierunku północnego na zachodni. Później zwyciężyła koncepcja lokalizacji tego obiektu na terenie obszernego parku miejskiego na Bydgoskim Przedmieściu. Na zlecenie Prezydium Miejskiej Rady Narodowej w Toruniu z dnia 31 marca 1966 r., w Pracowni Urbanistyczno–Architektonicznej S–77 przy Katedrze Podstaw Budowy Miast na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej, opracowano trzy architektoniczne projekty koncepcyjne Ludowego Obserwatorium Astronomicznego i Planetarium w Toruniu. Do dalszego opracowania wytypowano pro-



Fot. 1. Makieta Ludowego Obserwatorium Astronomicznego i Planetarium, którego budowę planowano w latach 60–tych w parku miejskim w Toruniu.

jekt mgr inż. arch. Marka Różańskiego, wykonany pod kierunkiem doc. dr arch. Ryszarda Karłowicza (generalnego projektanta toruńskiego miasteczka uniwersyteckiego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika) w pracowni kierowanej przez mgr inż. arch. Wincentego Szobera. W ogólnej kubaturze 4125 m^3 półtora kondygnacyjnego obiektu, o powierzchni użytkowej 925 m^2 mieściły się 4 pracownie młodzieżowe, biblioteka, audytoryjna sala wykładowa oraz 2 kopuły obserwacyjne (średnice 3 i 5 m) dla teleskopów i kopuła planetaryjna o średnicy 10 m. Makieta (fot. 1) wykonana według tego projektu (na zlecenie Wydziału Oświaty MRN), została publicznie przedstawiona społeczeństwu Torunia w Ratuszu Staromiejskim, w dniu 25 listopada 1968, w czasie specjalnej sesji popularnonaukowej poświęconej roli i funkcji takiego obiektu. Później makieta ta była eksponowana na wielu wystawach, konferencjach i naradach mających na celu z jednej strony wyjaśnianie wagi i znaczenia takiej placówki dla szerzenia wiedzy naukowej i rozumienia zjawisk otaczającego nas świata, a z drugiej zdobywania światłych zwolenników i ewentualnych „sponsorów" jej budowy w Toruniu. Wszyscy byli „za": władze administracyjne województwa i miasta, władze partyjne, środowiska naukowe z władzami Uniwersytetu na czele i środowiska oświatowe. Tym niemniej nie udało się tego projektu wprowadzić do ogólnopolskiego programu Obchodów Kopernikowskich. Mając na uwadze uwarunkowania tamtych czasów i wagę centralnego finansowania budowy miasteczka uniwersyteckiego UMK jako głównego rocznicowego pomnika, trudno mieć pretensję do ówczesnych władz toruńskich, że za łatwo przyjęły opinię władz centralnych, iż Planetarium powinno być raczej inwestycją w programie lokalnym, a nie centralnym, Obchodów Kopernikowskich. Możemy tylko mieć satysfakcję, że nasze wysiłki i przemyślenia przyczyniły się istotnie do rozwinięcia inicjatyw i odpowiednich opracowań w innych miastach, w tym m. in. w Krakowie i w Poznaniu, a zrealizowane inwestycje w Grudziądzu i Olsztynie wprost wywodzą się z naszych opracowań.



Fot. 2. Aparatura projekcyjna Planetarium Toruńskiego na tle znaków zodiaku (fot. K. Wenerski).

Szukano różnych rozwiązań, lokalizacji i inwestorów. Czasem wydawało się, że większe szanse ma realizacja tego projektu pod patronatem resortu oświaty, a kiedy indziej resortu kultury. Szczególnym zapałem i pomysłowością wykazywali się w tym toruński Wydział Oświaty z jego kierownikiem inspektorem mgr Teodorem Raschem oraz architekt miejski mgr inż. Kazimierz Gregorkiewicz. Próbowano rozszerzyć projekty inwestycyjne budowanych wówczas szkół, m. in. technikum melioracyjnego, zespołu szkół budowlanych, zespołu szkół chemicznych oraz adaptować niektóre z licznych w Toruniu fortów. Myślano o terenie i programie zagospodarowania porządkowanych wówczas terenów ruin zamku krzyżackiego, włączano planetarium i obserwatorium do programu inwestycyjnego planowanego Domu Kultury Chemika, który miał być budowany przez Toruńskie Zakłady Tworzyw Sztucznych „Elana". Od końca lat 70–tych, sprawę planetarium w Toruniu włączyło do programu swych działań muzeum „Dom Kopernika", uznając ją za dopełnienie swej działalności wystawienniczej i pełniejszą realizację misji świadczenia o osobie i dziele Mikołaja Kopernika. W ten sposób znalazła się instytucja, która mogła być określona mianem inwestora. Ale też i stało się coś więcej. Los planetarium znalazł się w rękach kustosza – kierownika Muzeum Kopernika w Toruniu, pani mgr Janiny Mazurkiewicz, osoby, która całe swoje życie poświęca szerzeniu kultu Kopernika.

Ważnym etapem starań o planetarium w Toruniu, było uzyskanie (odkupienie) w 1978 r. przez Muzeum Kopernika w Toruniu od Muzeum Kopernika we Fromborku, wyeksploatowanej już tam w wieży Radziejowskiego, aparatury małego planetarium Zeissa ZKP–1. Posiadanie aparatury projekcyjnej, serca planetarium, było ważnym argumentem w dalszych staraniach. Koncentrowały się one najpierw na poszukiwaniu odpowiednich strychów i dziedzińców w obrębie historycznej zabudowy toruńskiego Starego Miasta, gdzie można by wcisnąć choćby samą kopułę o średnicy 8 – 10 m do pokazów nieba i wyjaśniania podstawowych jego mechanizmów.

W obrębie Starego Miasta, na terenie niegdyś należącym do Franciszkanów, obok kościoła Najświętszej Marii Panny, w pierwszej połowie XIX wieku zbudowano rotundę ze zbiornikiem gazowym mającym na celu wyrównywanie ciśnienia w sieci gazowej. Od lat zbiornik ten nie był wykorzystywany i znajdował się w stanie ruiny. W drugiej połowie lat siedemdziesiątych obiektem tym zainteresowała się młodzież,

Toruńskie tradycje astronomiczne
Kółko Astronomiczne w Gimnazjum Toruńskim

Od wieków, Toruń był nie tylko ważnym ośrodkiem gospodarczym, handlowym i militarnym, ale również intelektualnym. Liczne są tego dowody w lokalnej architekturze i sztuce. I choć długo musiał czekać na swą pierwszą wyższą uczelnię, to na pewno pochwalić się może rzadko spotykanym w Polsce Gimnazjum o poziomie akademickim, działającym tu już od roku 1568, czyli przeszło 400 lat. W tym to Gimnazjum męskim, już od pierwszych lat po odrodzeniu Polski (w Toruniu wyzwolenie nastąpiło po Traktacie Wersalskim, a wojska generała Hallera weszły do Torunia dopiero w 1920 r.), dzięki światłym profesorom, rozumiejącym doniosłość odkryć Wielkiego Toruńczyka oraz spragnionej wiedzy polskiej młodzieży, rozwijała się aktywna postawa wobec zjawisk zachodzących na sklepieniu nieba.

Niewątpliwie znaczącym impulsem, ożywiającym jeszcze te zainteresowania, była wielka patriotyczna manifestacja zorganizowana pod pomnikiem Kopernika w 450 rocznicę jego urodzin i pierwszy w historii zjazd astronomów polskich, który odbył się w Toruniu 19 lutego 1923 r., w 450 rocznicę urodzin Kopernika. Na tym zjeździe astronomowie zawiązali Polskie Towarzystwo Astronomiczne, oraz podjęli uchwałę o konieczności organizacji (budowy) Narodowego Instytutu Astronomicznego. Rok później, we wrześniu 1924, w Gimnazjum Toruńskim zawiązało się Kółko Astronomiczne, zrzeszające uczniów starszych klas. Pierwszym przewodniczącym był Jan Mikulski, uczeń 6 klasy, a opiekunem – profesor fizyki, Józef Zagórski. Celem Kółka były obserwacje nieba przy pomocy posiadanej przez szkołę 12 cm lunety (na płaskim, pokrytym trawą dachu szkoły), zdobywanie i pogłębianie wiadomości z astronomii oraz zrozumienie zjawisk zachodzących na niebie. Odbywano regularne zebrania (15 do 26 spotkań rocznie) z referatami uczniów i nauczycieli fizyki, urządzano pokazy nieba przez lunetę oraz prowadzono własne obserwacje Słońca i gwiazd zmiennych. Sam naczelnik Szkół średnich w Kuratorium w Toruniu, Inspektor Jan Świderski, przez kilka lat prowadził regularne obserwacje plam słonecznych.

1 marca 1928 r., z inspiracji jednego z opiekunów Kółka – prof. Jana Szyca oraz dzięki pracy oświatowej Kółka nad poznawaniem życia i dzieła Wielkiego Toruńczyka, decyzją Ministerstwa Oświaty z 1927 r., Gimnazjum Toruńskiemu nadano oficjalnie imię Mikołaja Kopernika. Wyrazem szczególnej czci dla Kopernika były uroczyste akademie, organizowane dorocznie – począwszy od 1931 r. – w rocznicę jego urodzin, obchodzoną jako święto szkolne. Wyrazem tego kultu był też sztandar szkolny, ufundowany w 1931 r., którego jedną stronę zajmował wyhaftowany portret Kopernika. W 1932 r., na budynku B Gimnazjum, gdzie mieściło się ognisko metodyczne fizyki, zorganizowane przez prof. Szyca – od 1933 r. opiekuna Kółka, wybudowano mały (5×5 m) taras obserwacyjny. Gdy w 1933 r. weszła w życie reforma szkolna, w wyniku której astronomia stała się odrębnym przedmiotem, nauczanie tego przedmiotu w Gimnazjum im. Mikołaja Kopernika było na naprawdę dobrym poziomie. Już wtedy, marzeniem nauczycieli Gimnazjum było posługiwanie się w procesie dydaktycznym aparaturą planetaryjną, która dopiero zaczynała się pojawiać w dojrzałej formie.

Jak wspomnieliśmy wyżej, przedmiotem zainteresowania Kółka było życie i dzieło Mikołaja Kopernika. Kopernik urodził się w Toruniu, ale gdzie, w którym domu? Odpowiedź na to pytanie nie była wtedy ani prosta, ani jednoznaczna, a i obecnie istnieją różne zdania na ten temat. Gdy cesarz Napoleon odwiedzał Toruń, w czasie swego marszu na Moskwę w 1812 r., pokazano mu jako miejsce urodzenia Kopernika dom nr 30 na rogu ówczesnej ul. Starotoruńskiej i Piekar. Na tym też domu, w 1871 r., Copernicus–Verein wmurował niemiecką tablicę głoszącą: „Tu urodził się Mikołaj Kopernik". 19 lutego 1923 r., w odrodzonej już Ojczyźnie, na fasadzie domu nr 17 przy tej samej ulicy – wtedy Kopernika, polskie władze miejskie wmurowały tablicę pamiątkową mającą zaświadczać, że to właśnie w tym domu urodził się Wielki Astronom, którego „wydało polskie plemię". Młodzież i profesorowie żywo interesowali się tym problemem i byli absolutnie przekonani, że dom urodzin Kopernika trzeba otoczyć specjalną troską i nie pozwalać na bezczeszczenie go statusem zwykłej czynszowej kamienicy.

Pracą Kółka „opiekował się" również sam Kopernik, obecny w Gimnazjum Toruńskim już od paru wieków, w postaci namalowanego temperą na drewnianej desce, portretu. To właśnie ten portret, znamy dzisiaj jako portret toruński i najbardziej prawdopodobny wizerunek Kopernika. Profesor technik malarskich Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, dr Leonard Torwirt (ten sam, który badał obraz Czarnej Madonny z Jasnej Góry i zrobił jego wędrującą później po Polsce kopię) udowodnił w początku lat 50–tych, że portret został namalowany w XVI wieku i postawił tezę, że być może sam Kopernik do niego pozował.

Piękną działalność szkolnego Kółka i jego opiekunów przerwała wojna. Rozproszony został całkiem pokaźny księgozbiór astronomiczno–fizyczny szkoły i Kółka, zginęła luneta, zdewastowane zostało wyposażenie pracowni dydaktycznej fizyki. Sztandar szkolny został odnaleziony później poza Toruniem i zwrócony szkole. Uszkodzony portret Kopernika odnaleziono w Wąbrzeźnie. Po obozowej tułaczce powrócił też do szkoły prof. Szyc i we wrześniu 1946 r. reaktywował pracę Kółka Astronomicznego. Wznowiono tradycję szkolnych Obchodów Kopernikowskich – pierwsze po wojnie odbyły się 19 lutego 1947 r. Później ta tradycja uzyskała rangę imprezy ogólnomiejskiej, której, przez wiele lat, głównym organizatorem był Toruński Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Do dziś jest ona kultywowana, jako Wieczornica Kopernikowska, organizowana w wielkiej sali mieszczańskiej Ratusza Staromiejskiego, wspólnie przez PTMA, Muzeum Kopernika i Wydział Kultury Zarządu Miasta.

Samo I Liceum Ogólnokształcące im. M. Kopernika w Toruniu do tradycji Kółka Astronomicznego nawiązało w okresie obchodów 400–lecia istnienia Szkoły i zbliżającej się rocznicy 500–lecia urodzin jej Patrona. W 1968 roku, roku 400–lecia, na szkolnej Akademii Kopernikowskiej, Towarzystwo Przyjaźni Duńsko – Polskiej przekazało Liceum Kopernika teleskop astronomiczny. Był to refraktor o średnicy obiektywu 75 mm i ogniskowej 120 cm firmy UNITRON zmontowany w układzie paralaktycznym i wyposażony w napęd godzinowy. Stał się on podstawą do zorganizowania na nowo szkolnego obserwatorium astronomicznego. Później, w 499 rocznicę urodzin Patrona Szkoły, obserwatorium takie zostało rzeczywiście uruchomione na strychu i dachu Liceum w ramach szkolnego „gabinetu kopernikowskiego". Gabinet ten był w istocie szkolną pracownią fizyczno – astronomiczną dość bogato wyposażoną w różnoraki sprzęt i pomoce dydaktyczne. Opiekunami tych działań szkoły byli nauczyciele fizyki, profesor Józef Antonowicz i pani profesor Gabriela Kuźnicka, pod której opieką ten gabinet przez wiele lat funkcjonował.

Toruński Oddział PTMA powstał w gabinecie prof. Władysława Dziewulskiego[1)] w czerwcu 1952 r., a jego pierwszym prezesem został prof. Jan Szyc. Zapał był tak wielki, że przez pierwszych parę lat, w okresie jesienno–zimowym, organizowano cotygodniowe referatowe zebrania samokształceniowe, pokazy nieba i projekcje filmów popularnonaukowych. Do dziś odbywają się w historycznym Ratuszu Staromiejskim regularne cykle publicznych wykładów poświęcone aktualnym problemom astronomii i astronautyki, przy prawie zawsze pełnej sali wykładowej.

Do idei urządzenia w domu urodzin Kopernika muzeum Jego imienia powrócono zaraz po wojnie. Głównym jej orędownikiem był prof. Jan Szyc, późniejszy prezes PTMA i Toruński Oddział PTMA. W tych staraniach wspomagało go Toruńskie Towarzystwo Naukowe i Uniwersytet Mikołaja Kopernika. W 1953 r. Prezydium Miejskiej Rady Narodowej przyznało PTMA lokal, w jednym z opróżnionych właśnie mieszkań w domu Kopernika, a od 1958 r. PTMA było już gospodarzem całego gmachu. Łatwiej więc było realnie myśleć o Muzeum Kopernika w domu Jego narodzin. W międzyczasie powołano Komitet Organizacji Muzeum Kopernika w Toruniu i w kwietniu 1960 r. prof. Szyc mógł mu przekazać wywalczony przez siebie, na ten tak godny i wymarzony cel, obiekt. Jesienią 1960 r. otwarto tu pierwszą wystawę kopernikowską, a dzisiaj już nie możemy sobie wyobrazić Torunia bez Muzeum Kopernika, w domu kiedyś uznanym za dom Jego urodzin. I zadowolenia z faktu istnienia tego muzeum, nie mogą zaburzyć nowe odkrycia historyków. Kolejne bowiem lata badań starych dokumentów miejskich wskazują, że niekoniecznie miał rację prof. Karol Górski, dowodząc, że właśnie dom nr 17 przy, wówczas, ul. św. Anny był domem urodzin Kopernika. Nowsze badania przemawiają raczej za bardziej okazałą kamienicą, położoną w Rynku Staromiejskim, pod nr 36, naprzeciw wschodniej ściany Ratusza, nieopodal stojącego tu pomnika Wielkiego Astronoma.

[1)] Twórcy i kierownika Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Jego sylwetka została przedstawiona w PA 1/93.

Fot. 3. Profesor Wilhelmina Iwanowska, doc. Wacław Dziewulski i dr Jerzy Wieczorek – Prezydent Torunia, na chwilę przed symbolicznym odsłonięciem tablicy pamiątkowej, na uroczystości inauguracji działalności Planetarium Toruńskiego (fot. K. Wenerski).

która pod patronatem ZMS pragnęła urządzić tu najpierw swój klub i dyskotekę, a później Centrum Sztuki Młodych. Energii młodzieży starczyło na wstępne oczyszczenie ruiny ze stalowych konstrukcji zbiornika. Dlaczego jednak nie wykorzystać tego obiektu dla umieszczenia w nim planetarium?

Miasto przystało na taką propozycję w 1981 r., a Pracownie Konserwacji Zabytków opracowały odpowiednią dokumentację i projekty adaptacji tego bądź co bądź zabytku budownictwa przemysłowego ubiegłego wieku. Wiele inicjatywy i pomysłowości wykazali w tym dziele inżynierowie architekci Jerzy Tusiacki i Piotr Dąbrowski. Projekt tego ostatniego został zrealizowany.

Kolejnym ważnym etapem w procesie narodzin Toruńskiego Planetarium było uzyskanie obecnie zainstalowanej tu aparatury projekcyjnej. Niemały udział w tym miała Inspekcja Robotniczo–Chłopska, niechlubnej pamięci IRCHA.

W programie przygotowań do obchodów 500–nej Rocznicy Urodzin Mikołaja Kopernika Poznań zamierzał zbudować cały kompleks kulturalno – sportowy, którego jednym z elementów było też planetarium. Roboty rozpoczęły się z wielkim rozmachem, szybko zbudowano część sportową – poznańską Arenę i z odpowiednim wyprzedzeniem zamówiono potrzebne wyposażenie i aparaturę, w tym projektor planetaryjny. Aparatura planetarium Space Master (taka sama jak olsztyńska, nazwana tam „planetarium lotów kosmicznych") wraz z kopułą nadeszła do Poznania w 1974 r., ale wtedy nie było już ani środków, ani „siły napędowej" dla realizacji pierwotnych zamiarów. Inspekcja IRCHy wiosną 1982 odkryła zalegającą w magazynach miejskich aparaturę i zaleciła „zrobienie z nią czegoś". Profesor Hieronim Hurnik, kierownik Obserwatorium Poznańskiego, wiedział o żywych ciągle, planetaryjnych aspiracjach Torunia i był tak dobry, że powiadomił autora tej notatki o problemach Poznania z IRCHą. Następnie delegaci Torunia mogli negocjować z władzami Poznania warunki i procedurę uzyskania tej aparatury. Aparatura projekcyjna planetarium, wraz z konstrukcją i pokryciem sferycznego ekranu, zapakowana w 117 skrzyń, jako przyjacielski dar Poznania dla miasta Kopernika, została szczęśliwie sprowadzona do Torunia we wrześniu 1982 r. I od tego czasu, pieczołowicie chroniona, w magazynach ELMETu oczekiwała na montaż, aż do roku 1993.

Następnych kilka lat upłynęło na potykaniu się, mimo zapewnień władz i różnych kompetentnych czynników o życzliwości dla tej idei, o mur niemożności, na magicznych zaklęciach i symbolicznych aktach. Dopracowuje się dokumentację techniczną i wzbogaca przemyślenia odnośnie dodatkowego wyposażenia technicznego i funkcjonowania przyszłej placówki. W kwietniu 1984 położono tu symboliczny kamień węgielny i postanowiono nazwać tę placówkę imieniem profesora Władysława Dziewulskiego, wybitnego astronoma, profesora Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, odnowiciela Obserwatorium Wileńskiego i twórcy Obserwatorium Astronomicznego UMK w Piwnicach koło Torunia (zob. PA Nr 1/1993). Ale dopiero rok 1990 przynosi ożywienie inwestycyjne. Powstaje Fundacja Przyjaciół Planetarium i Muzeum Kopernika, której Miasto przekazuje obiekt dawnego zbiornika gazowego w użytkowanie. Następnie Miasto Toruń, Fundacja Odbudowy Zabytków Torunia, Fundacja Współpracy Polsko–Niemieckiej i inni, każde wedle swych możliwości dają trochę grosza na kolejne etapy prac budowlanych, instalacyjnych, montażowych i wyposażeniowych. Roboty budowlane prowadzą Toruńskie Zakłady Budownictwa Przemysłowego i w październiku 1993 oddają obiekt inwestorowi. Specjaliści od Zeissa sprawdzają stan zachowania aparatury. Jest idealny. Ale specjaliści niemieccy są zbyt kosztowni, aby im można było zlecić jej instalację i montaż. Robią to technicy z Planetarium Śląskiego, jesienią 1993 r. Wiele czasu i dyskusji wywołuje sprawa foteli w sali projekcyjnej – ich forma i gęstość ustawienia – oraz siedzeń i ekranu w sali konferencyjno – wykładowej. Konfrontują się marzenia odnośnie wyposażenia audio–wizualnego, sali projekcyjnej i sali wykładowej, z realnymi możliwościami finansowymi. Trzeba podejmować decyzje

gdzie kłaść płytki marmurowe, a gdzie można na nich zaoszczędzić i rozwiązywać setki podobnych problemów.

Tak krawiec kraje, jak mu materii staje. Toruńskie Planetarium stanęło w wyśmienitym miejscu w strukturze miasta, ale musiało się zmieścić w istniejącej już skorupie murów (patrz również zdjęcie na ostatniej stronie okładki). Skorupie w kształcie rotundy o średnicy 21 m, w której wnętrzu zagospodarowano 3 kondygnacje nadziemne i 2 podziemne. Kubatura całego obiektu ma 9455 m^3, a powierzchnia całkowita 1675 m^2. W tej przestrzeni, na najwyższej kondygnacji, mieści się planetaryjna sala projekcyjna o średnicy 17,5 m ze sferycznym ekranem o średnicy 15 m. Sala ta posiada 156 wygodnych, luźno rozmieszczonych foteli. Dumą Dyrekcji jest w tej sali urządzenie tzw. wędrującego dźwięku, które pozwala na wywoływanie dość specjalnych efektów akustycznych. Pod salą planetaryjną znajduje się sala konferencyjno–wykładowa na 109 miejsc z pełnym wyposażeniem audio – wizualnym, szerokim ekranem, projektorem video i aparaturą umożliwiającą symultaniczne tłumaczenia. Doskonałe miejsce na małe konferencje i narady, szkolenia, a nawet kameralne spektakle teatralne itp. Te dwa podstawowe pomieszczenia otoczone są mniejszymi lokalami mieszczącymi bibliotekę, pomieszczenia administracyjne i techniczne oraz magazyny. Na wejściu jest gustowny hall z szatnią i foyer. Jest też sala oczekiwań na seans i mała sala wystaw oraz stosowne co do ilości i wielkości sanitariaty. Od strony wschodniej rotunda została trochę poszerzona, do styku z sąsiednią kamienicą, co dało powierzchnię dodatkowych 104 m^2. Na płaskim dachu tego łącznika planuje się urządzić mini dostrzegalnię astronomiczną. Większość powierzchni piwnic zajmuje energetyczny węzeł cieplny, obsługujący całą Starówkę. Jak już mówiliśmy wyżej, aparatem projekcyjnym jest planetarium Space Master Zeissa (fot. 2), wzbogacone szeregiem dodatkowych rzutników i komputerowym sterowaniem. Obok budynku jest jeszcze należący do Planetarium placyk z resztkami murów miejskich, gdzie planuje się urządzić letnią kawiarenkę i koncerty orkiestry kameralnej.

Planetarium jest własnością Miasta (gminy) Toruń, które oddało je w użytkowanie Fundacji Przyjaciół Planetarium i Muzeum Kopernika na zasadzie umowy o użyczenie. Załoga Planetarium składa się z 4 pracowników pełnoetatowych (w tym jeden astronom) i kilku (obecnie 8, w tym 2 astronomów) na kontraktach godzinowych. Ambicją kierownictwa jest, aby była to placówka samofinansująca się. Położenie tego obiektu w samym sercu historycznej zabudowy Starego Miasta, na szlaku przemierzanym przez liczne wycieczki, sprawi zapewne, że Planetarium stanie się wielką atrakcją turystyczną Torunia.

Nadszedł wreszcie upragniony czas otwarcia, czas inauguracji. Wyznaczono go na 2 dni przed kolejną, 521 rocznicą urodzin Kopernika, aby nie zaburzać zwykłego już w Toruniu festiwalu imprez kopernikowskich organizowanych około daty urodzin Wielkiego Toruńczyka. Zaproszono 180 osób. Przybyli przedstawiciele lokalnych władz, przedstawiciele różnych środowisk społecznych, naukowych, oświatowych i kulturalnych. Był Biskup Toruński i Wojewoda, Rektor Uniwersytetu M. Kopernika, przedstawiciele PTA i PTMA oraz wielu ośrodków astronomicznych i planetariów polskich. Był pierwszy polski kosmonauta gen. M. Hermaszewski i prof. H. Hurnik. Byli przedstawiciele wykonawców i dobroczyńców tej placówki. Pamiątkową tablicę odsłonił syn prof. Dziewulskiego, doc. dr inż. Wacław Dziewulski w towarzystwie nestora polskich astronomów prof. Wilhelminy Iwanowskiej i prezydenta miasta Torunia dr Jerzego Wieczorka (fot. 3), który największe, chyba, ma zasługi dla powstania Planetarium. Po wręczeniu przysłowiowego kwiatka osobom zasłużonym dla budowy tego obiektu, goście zwiedzili go i z zadowoleniem obejrzeli inauguracyjną projekcję zatytułowaną słowami Galileusza „A jednak się kręci". Nowej placówce pogratulować wypada szczęśliwych wreszcie narodzin i złożyć życzenia dalszego rozwoju oraz dobrej służby zarówno Astronomii, jak i społeczeństwu Torunia i Polski.

Fot. 4. Ojciec i syn. Docent Wacław Dziewulski przed portretem swego Ojca Profesora Władysława Dziewulskiego – Patrona Planetarium (fot. K. Wenerski).

Duńska przygoda z Tychonem Brahe

Gdybyś, Drogi Czytelniku POSTĘPÓW ASTRONOMII przypadkiem wybierał się do Danii, pragniemy Ci zaproponować zwiedzenie ciekawych, naszym zdaniem, miejsc i obiektów astronomicznych. Miejsc, w których byliśmy (my, tzn. autorzy niniejszej relacji i Sławek Kruczkowski), które podziwialiśmy i uznaliśmy za godne polecenia. A celem naszym była... Ale o tym później.

Pierwszym polecanym obiektem jest ORION PLANETARIUM w malutkiej i malowniczej miejscowości Jels, leżacej ok. 30 km na zachód od miejscowości Ribe, w połowie drogi pomiędzy Ribe a Kolding na półwyspie Jutlandzkim. Jeżeli bez problemu dojedziesz do Jels, to do samego planetarium doprowadzą Cię znaki informacyjne. ORION PLANETARIUM, wyposażone w najnowszą, zeissowską aparaturę ZKP 3, zostało otwarte 1 lipca 1993 roku. Planetarium proponuje 2 seanse multimedialne (video, lasery i różne bajery). Od gospodarzy dowiedzieliśmy się, że seanse multimedialne cieszą się znacznie większą popularnością od tradycyjnych astronomicznych. Dzięki uprzejmości gospodarzy obejrzeliśmy gratis multimedialny seans, który nie zrobił na nas specjalnego wrażenia – jesteśmy tradycjonalistami. Seans rozpoczyna się co godzinę i trwa ok. 45 minut. Seans jest „grany" nawet dla kilku osób. Planetarium jest samofinansujące się, zatem musi robić ukłon w stronę publiczności. Dozór merytoryczny sprawuje astronom oddelegowany z Kopenhagi. Od września 1993 r. miał być uruchomiony specjalny program astronomiczny przeznaczony dla szkół. W holu planetarium znajduje się ciekawa wystawa astronomiczna, jest również sklepik z różnymi pamiątkami astronomicznymi i maleńka kawiarenka. Wstęp na seans 55 koron duńskich (ok. 13 $ US) dorośli i 25 koron dzieci. Obiekt otwarty jest od godz. 10 do 21 przez wszystkie dni. Obok planetarium zbudowano kopułę obserwatorium astronomicznego, gdzie ma być zainstalowany amatorski teleskop. W Jels znajduje się camping i schronisko, które jest czynne cały rok. Planetarium zostało wybudowane i wyposażone z funduszy EWG.

Drugim obiektem, wartym zwiedzania jest TYCHO BRAHE PLANETARIUM w Kopenhadze, położone w centrum miasta, przy ulicy Gammel Kongevej 10. Jest to duży nowoczesny obiekt z kopułą o średnicy ok. 23 metrów na 275 miejsc. W dużym holu planetarium znajduje się sklepik z różnymi, nie tylko astronomicznymi pamiątkami (można zakupić dużo różnych kamieni półszlachetnych) oraz duża wystawa poświęcona nowoczesnej astronomii. Jest również wydzielony fragment wystawy poświęcony patronowi Tychonowi Brahe. Elegancka restauracja Cassiopeia uzupełnia funkcjonalność obiektu. Wstęp 100 koron dorośli i 65 koron dzieci. Strasznie drogo! Niestety nie byliśmy w samym planetarium. Szkoda!

W Kopenhadze warto również zobaczyć Ratusz (Radhus), w którym znajduje się interesująca atrakcja: unikalny „zegar świata" kopenhaskiego zegarmistrza Jensa Olsena (patrz ramka). Ta niezliczona ilość wskazówek i tarcz to zegar astronomiczny z kalendarzem na 570 000 lat (?!!!), odmierzającym zaćmienia Słońca i Księżyca, wskazujący czasy strefowe, czas słoneczny i gwiazdowy z olbrzymią dokładością. Wstęp – dorośli 10 koron, dzieci 5. Warto zobaczyć!

Na koniec pozostał rodzynek, który polecamy szczególnie. Ten rodzynek to leżaca w Sundzie, niedaleko Kopenhagi, między Danią a Szwecją, dawna duńska a obecnie szwedzka maleńka wyspa Ven (Hven), gdzie astronom duński Tycho Brahe miał swoje obserwatorium. Pomysł odwiedzenia tej wyspy narodził się po obejrzeniu ok. 3 min sekwecji w filmie *Dzień, w którym zmienił się Wszechświat* autorstwa Jamesa Burke'a, prezentowanego przez TVP. Na

Fot. 1. „Zegar świata" z 1902 roku skonstruowany przez Jensa Olsena, znajdujący się w Ratuszu Miejskim w Kopenhadze (na zdjęciu współautorka z synem).

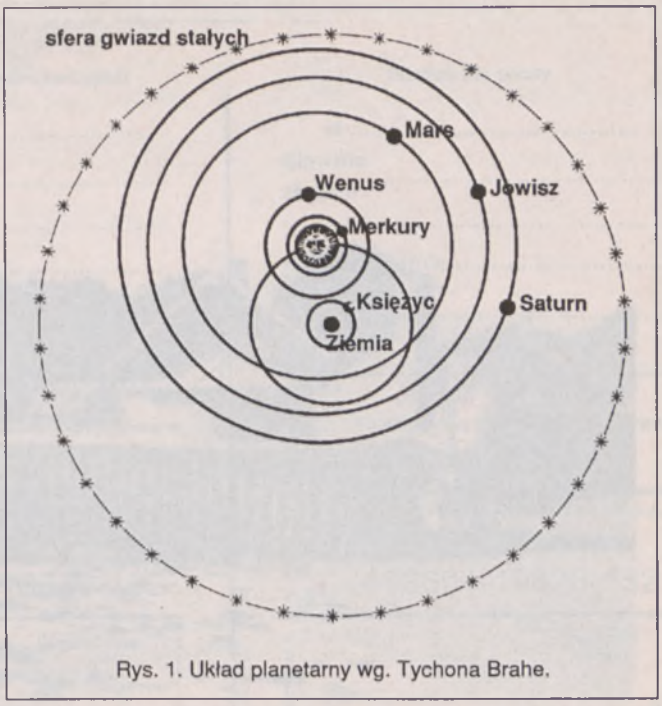
tej małej uroczej wysepce (2 km × 4 km), powstało w 1580 r. pierwsze na świecie wielkie obserwatorium astronomiczne, zbudowane przez Tychona Brahe, a ufundowane przez króla duńskiego, Fryderyka II.

W 1576 r. Tycho Brahe, sławny już wówczas astronom z obserwacji gwiazdy nowej w Kasjopei, otrzymał w lenno wyspę Ven, pieniądze na zbudowanie obserwatorium astronomicznego, majątki dostarczające środków na jego utrzymanie oraz wysokie wynagrodzenie. W centrum wyspy, na wzniesieniu zbudował Brahe wg własnego projektu obserwatorium, które nazwał URANIBORG, czyli pałac Uranii. Uraniborg, z otaczającymi go ogrodami i murami, był wspaniałą rezydencją magnacką, pałacem mieszczącym nie tylko piękne komnaty, pokoje gościnne (z bieżącą wodą)

Fot. 2. Pomnik Tychona Brahe znajdujący się na wyspie Ven (na zdjęciu także autorzy i Sławomir Kruczkowski).

i obserwatorium astr. z okresu przedteleskopowego z tarasami, a również bibliotekę, pracownię alchemiczną, warsztaty, w których budowano przyrządy, drukarnię i fabrykę papieru. Niestety, po tym cudownym pałacu, będącym w owym czasie centrum astronomicznym Europy, odwiedzanym przez uczonych, mężów stanu, a nawet królów, nie pozostało ani śladu.

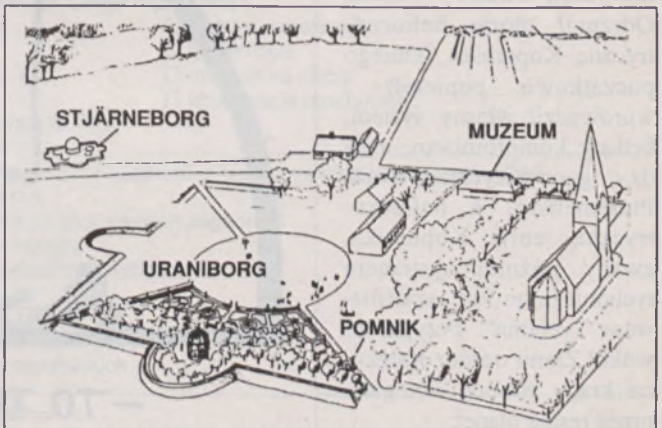
Zrekonstruowano jedynie 1/4 część ogrodów i północną część murów obronnych otaczających rezydencję. Stoi tu również pomnik Brahego wpatrującego się w niebo. Pomnik został odsłonięty w czterechsetną rocznicę urodzin astronoma. Ponieważ codzienne życie Uraniborga – drgania gruntu – i silne wiejące na wyspie wiatry utrudniały pozycyjne



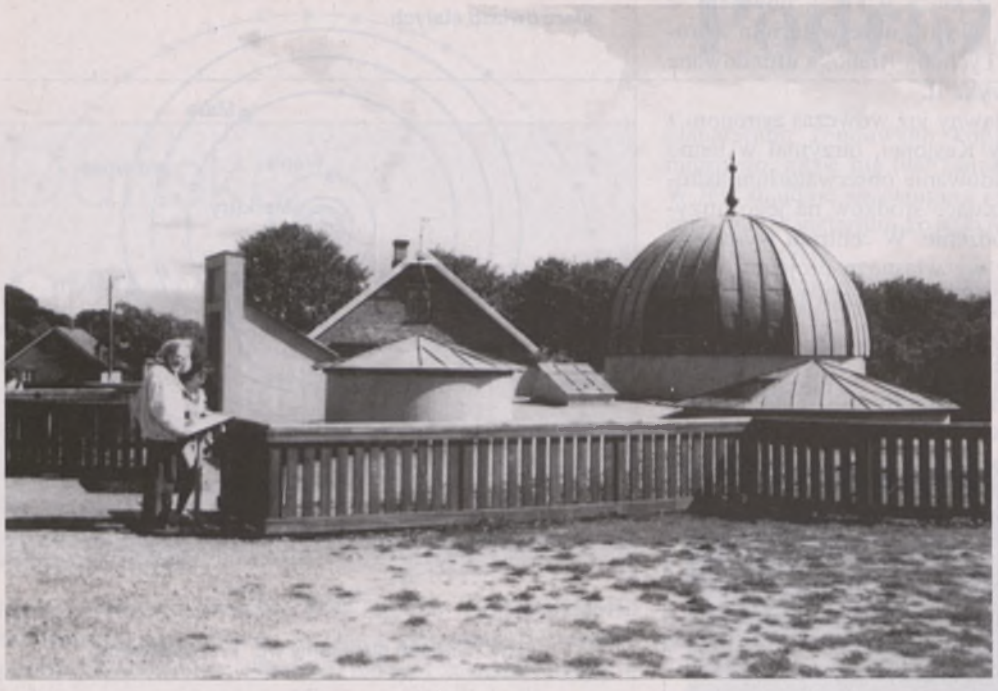
Rys. 1. Układ planetarny wg. Tychona Brahe.

obserwacje astronomiczne, Tycho Brahe postanowił wybudować w 1584 r. w zagłębieniu tuż obok swojej rezydencji drugie obserwatorium „podziemne", które nazwał STJÄRNEBORG, czyli „pałac gwiazd ". Zrekonstruowane w 1951 r. jest niedostępne dla zwiedzających. Można zajrzeć do wnętrza tylko z góry przez oszklone otwory w kopułach. Wnętrze można obejrzeć jedynie na filmie wzmiankowanym wcześniej. W swojej książce „Danmark i Skane" Palle Lauring opisuje kamienny słup, znajdujący się w piwnicy obserwatorium Stjärneborg: *W centrum stoi kamienny słup, który wygląda solidniej niż cokolwiek innego na wyspie. Stoi nieruchomo, na górze znajdują się głębokie otwory od uchwytów mocujących instrument.*

Tuż obok Uraniborga znaduje się w chacie krytej strzechą muzeum Tychona Brahe (wstęp: dorośli 10 koron duńskich lub szwedzkich, dzieci 5 koron), gdzie można zobaczyć ciekawą kolekcję portetów uczonego, pamiątki i rekonstrukcje. W ostatnim pomieszczeniu można obejrzeć kilkunastominutowy film video, niestety w języku szwedzkim, przedstawiający postać astronoma z nawiązaniem do współczesnej astronomii. Tycho Brahe był najsławniejszym astronomem owej epoki. Ustalił w sposób idealny pozycje



Rys. 2. Rysunek przedstawia schematyczny plan położenia pałacu i obserwatorium astronomicznego Tychona Brahe na wyspie Ven.



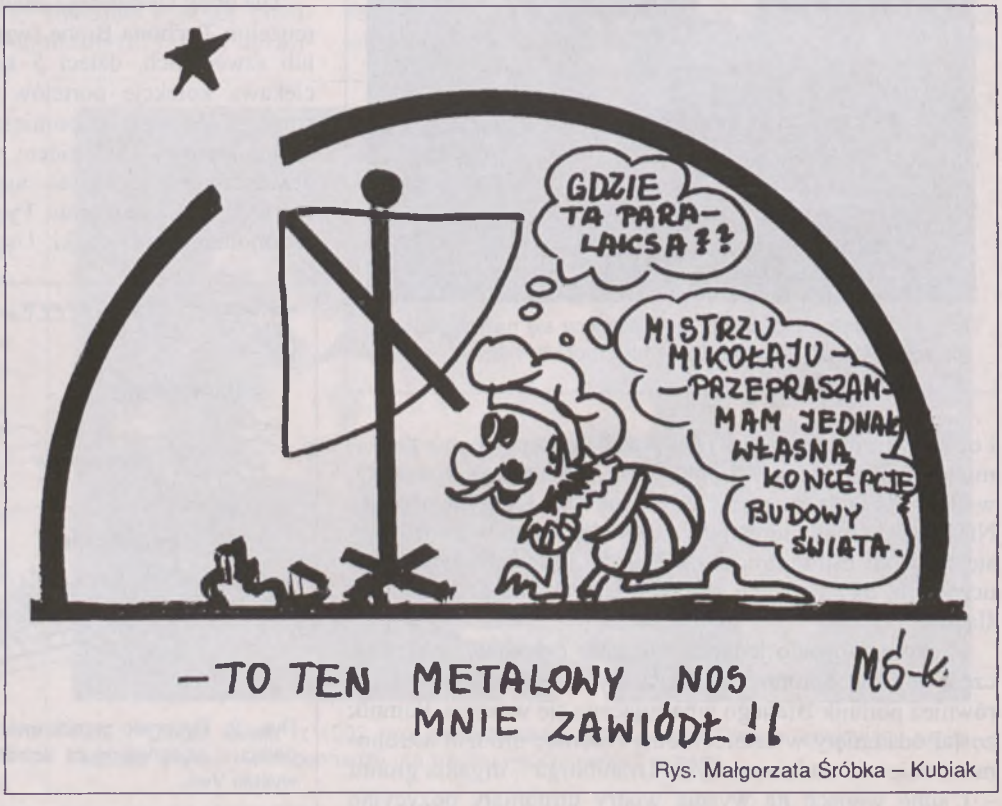
Fot. 3. Tak wygląda zrekonstruowane STJÄRNEBORG dziś.Obserwatorium Tychona jest zabezpieczone przed ciekawskimi. Można je obejrzeć tylko przez małe okienka w dachu.

ok. 1000 gwiazd, dostarczając późniejszym astronomom, m.in. Keplerowi dokładnych i absolutnie godnych zaufania obserwacji. Przyrządy, w które wyposażył swoje obserwatorium, sam projektował i budował. Były doskonałe, skonstruowane i wyskalowane z największą starannością. Najbardziej znanym był kwadrant, jeden z największych przyrządów, umieszczony na ścianie pracowni (o promieniu 2 m) oraz globus rozmiarów człowieka, na którego powierzchni zaznaczano gwiazdy przez 25 lat.

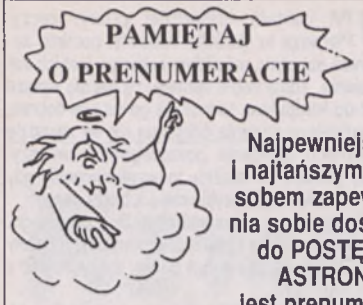
Wybitny talent obserwacyjny Brahego i doskonałe instrumenty zaowocowały obszernym materiałem obserwacyjnym o niebywałej jak na tamte czasy dokładności 1′. Obserwacje swoje zamierzał Brahe wykorzystać do ułożenia nowych tablic (które rozpoczął, a dzieła dokończył Kepler) oraz sprawdzenia teorii budowy świata. Odrzucił teorię heliocentryczną Kopernika (którego początkowo popierał) i wprowadził własny system, będący kompromisem, między geocentryczną teorią Ptolemeusza, a heliocentryczną teorią Kopernika, zwany później systemem tychonicznym lub „szaleństwem Tychona". Przyjął, że wokół Ziemi oprócz Księżyca krąży Słońce obiegane przez resztę planet.

Pomimo luksusowych warunków do prowadzenia obserwacji astronomicznych, po 21 latach pracy na wyspie, na skutek intryg na dworze po śmierci jego protektora, Fryderyka II, opuszcza Danię i udaje się do Pragi, gdzie umiera w 1601 roku w wieku 55 lat. Brahe miał gwałtowny charakter i niełatwe usposobienie. Za młodu stracił nos w pojedynku, po sprzeczce, podobno na tematy matematyczne. Od tamtego czasu nosił metalową protezę nosa. Na malowniczą wyspę Ven można dostać się z terenu Szwecji z miasta Landskrona lub z Kopenhagi podróżując promem osobowym. Kursuje on na trasie Kopenhaga – Ven – Landskrona tylko w sezonie letnim. Czas podróży z Kopenhagi ok. 30 minut. Bilet w obie strony: dorośli 90 koron duńskich dzieci 60. Jeżeli udajemy się rodziną lub zorganizowaną grupą, to możemy dostać pewną zniżkę. Prom płynie kilka razy dziennie i wypływa tuż obok stanowiska promowego do Świnoujcia. Ta mała, piękna wysepka Ven, była celem naszej podróży i nie zawiodła naszych oczekiwań. To miejsce naprawdę trzeba koniecznie zobaczyć!

Małgorzata Śróbka – Kubiak
Mirosław Kubiak



Rys. Małgorzata Śróbka – Kubiak



Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1994 wynosi 120.000 zł, a pojedynczego zeszytu 30.000 zł
- Wszyscy prenumeratorzy, którzy opłacili do tej pory prenumeraty w wyższej wysokości mają już w ten sposób opłacony zeszyt 1/95
- Można zamawiać jeszcze zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000 zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000 zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000 zł. Dostępne są również wszystkie cztery zeszyty 1-4/1993 w cenie 30.000 zł za zeszyt.
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%
- Wysyłka postępów astronomii do krajów pozaeuropejskich będzie realizowana pocztą lotniczą
- Wpłaty można dokonywać na konto: **Polskie Towarzystwo Astronomiczne, BBK S.A. O/Grudziądz, 438601-19826-132**

Reklamacje dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem:
Sławomir Kruczkowski,
ul. Kulerskiego11,
86-300 Grudziądz,
tel. (0-51) 26650

ANKIETA postępów astronomii

Prosimy zakreślić odpowiedni kwadrat lub wpisać informację

1. Wiek..... Płeć: ☐ kobieta ☐ mężczyzna
2. Miejsce zamieszkania:
   ☐ wieś
   ☐ miasto do 30 tys. mieszkańców
   ☐ miasto od 30 do 100 tys. mieszkańców
   ☐ miasto powyżej 100 tys. mieszkańców
3. Wykształcenie:
   ☐ podstawowe ☐ średnie ☐ wyższe
4. Zawód wykonywany.....
   Dla niepracujących:
   ☐ uczeń ☐ student ☐ gospodyni domowa
   ☐ rencista, emeryt ☐ bezrobotny
5. Przynależność do towarzystw, klubów astronomicznych:
   ☐ PTA ☐ PTMA ☐ inne (jakie?).....
6. W jaki sposób otrzymujesz PA obecnie?
   ☐ poprzez prenumeratę
   ☐ kupuję w planetarium, obserwatorium astronomicznym w .....
   ☐ kupuję w księgarni w .....
   ☐ dostaję z drugiej ręki
   ☐ czytam w czytelni, bibliotece w .....
7. Od jak dawna czytasz PA?
   ☐ dopiero zacząłem ☐ od 1 – 2 lat
   ☐ od 1991 roku ☐ dłużej niż cztery lata
8. Czy czytasz PA regularnie?
   ☐ tak ☐ prawie zawsze ☐ sporadycznie
9. Ile osób czyta poza Tobą każdy numer?
   ☐ tylko ja sam ☐ jedna osoba ☐ więcej niż 5 osób
10. Jakie inne czasopisma zawierające tematykę astronomiczną czytasz oprócz PA?
    .....
11. Czy PA są Tobie przydatne?
    w pracy: ☐ często ☐ rzadko ☐ wcale
    w nauce: ☐ często ☐ rzadko ☐ wcale
    inaczej (jak?):.....
12. Jaki jest Twoim zdaniem poziom prezentowanych w PA zagadnień:
    ☐ zbyt trudny ☐ zbyt łatwy
    ☐ właściwy ☐ trudno powiedzieć
13. Jak oceniasz w PA stałe działy i cykle?
    (0 - niepotrzebny, 1 - zły, 2 - słaby, 3 - może być, 4 - dobry, 5 - bardzo dobry, 6 - świetny, N - nie czytałem)
    - ☞ artykuły .....
    - ☞ donosy .....
    - ☞ Teleskop Kosmiczny Hubble'a .....
    - ☞ w kraju .....
    - ☞ sylwetki .....
    - ☞ listy czytelników .....
    - ☞ wywiady .....
    - ☞ umykające fenomeny obserwacyjne .....
    - ☞ miłośnicza fotografia nieba .....
    - ☞ poradnik miłośnicy astronoma .....
    - ☞ astronomia w szkole .....
    - ☞ esej, felieton .....
    - ☞ plakat, rozkładówka .....
14. Jakiej tematyki jest Twoim zdaniem w PA:
    za mało:.....
    za dużo:.....
15. Jaka tematyka interesuje Ciebie najbardziej?
    ☐ Układ Słoneczny ☐ historia astronomii
    ☐ Słońce ☐ kosmologia
    ☐ gwiazdy, pulsary, etc. ☐ mechanika nieba
    ☐ Galaktyka ☐ obserwacje amatorskie
    ☐ czarne dziury, kwazary, etc.
    ☐ inne (podać jakie?) .....
16. Jakie formy prezentacji tych zagadnień chciał(a)byś widzieć częściej w PA?
    ☐ artykuły przekrojowe
    ☐ szczegółowe opracowanie wąskich zagadnień
    ☐ krótkie noty informacyjne
    ☐ komentarze do aktualnych wydarzeń
    ☐ felietony, eseje
    ☐ reportaże
    ☐ wywiady z astronomami
    ☐ prezentacja prac amatorskich
    ☐ inne (jakie?).....
17. Czy podoba się Tobie w PA:
    opracowanie graficzne: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
    okładka, winieta PA: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
    żart rysunkowy: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
    artykuły wstępne
    i komentarze redakcyjne: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć

18. Czy uważasz, że zmiana papieru, na którym drukowane są PA wyszła na lepsze?
☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
19. Czy Twoim zdaniem należy rozkładówkę (plakat) drukować na grubszym papierze i nie zszywać z całym zeszytem?
☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
20. Czy kupował(a)byś PA gdyby były pismem pełnokolorowym, o większej objętości, ale odpowiednio droższe?
☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
21. Czy chciał(a)byś, aby PA ukazywały się częściej jako:
☐ dwumiesięcznik ☐ miesięcznik
22. Co byś zmieniła(a) w PA będąc ich redaktorem?

.....

.....

.....

23. Inne uwagi dotyczące PA (można dołączyć na osobnej kartce i wysłać razem z ankietą w kopercie.

.....

.....

.....

.....

.....

tu skleić

tu zagiąć

Nadawca:

.....

.....

.....

□□-□□□.....

Wśród podających swój adres zostanie rozlosowanych pięć bezpłatnych prenumerat Postępów Astronomii na rok 1995.

tu zagiąć

DRUKI

3000 zł

Redakcja
Postępów Astronomii

ul. Chopina 12/18
87-100 TORUŃ

W PA martwią najbardziej cztery rzeczy. Pierwsza to literówki. Niestety, pomimo zapewnień poprawy, w każdym numerze jest ich zatrzęsienie. Zdaję sobie sprawę, że jak się wpisze tekst do komputera, to zna się go na tyle dobrze, że późniejsze czytania odbywają się na zasadzie pobieżnego oglądania poszczególnych wierszy. Myślę jednak, że można to wyeliminować, gdy wpisany tekst będą czytać dwie lub trzy osoby.

Druga rzecz to rysunki p. J. Drążkowskiego. Są one prymitywne i prezentują humor typu Benny Hilla. Proponuję, dla dobra pisma, zrezygnować z usług tego pana.

Kolejna rzecz to osoba pana redaktora M. Mikołajewskiego. Zdaję sobie sprawę, że lubi on od czasu do czasu uszczypnąć w pewną część ciała jakąś nastolatkę, ale czy musi pisać na ten temat w czasopiśmie skądinąd naukowym (vide S(u)pernowo w Piwnicach)? Nie jest to co najgorsze jedyny tego typu występek. Pan Mikołajewski wprost uwielbia pisać teksty zbereźno-astronomiczne, przy czym czasami drukuje listy czytelników o podobnych upodobaniach (np. list p. J. Soszyńskiego w PA 3-4/92). Z tego co wiem, ten proceder odstrasza od PA wiele poważnych osób. Myślę, że dla dobra tego czasopisma nie wystarczy wysłanie naczelnego do Paryża. Zawsze istnieje groźba, że wróci i spłodzi (przepraszam za wyrażenie) kolejne teksty w swoim stylu.

Są pewne granice, których przekraczać nie wolno. Stanowisko redaktora czasopisma popularnonaukowego polega m.in. na umiejętności wyczucia czy poruszamy się jeszcze w obszarze żartu, czy już wkroczyliśmy na teren niesmaku i wulgarności. Panu Mikołajewskiemu tego wyczucia, niestety, brakuje. Ostatni mankament, który chciałbym wytknąć to momenty ukazywania się PA. Prosiłbym o ściślejsze trzymanie się efemeryd. Już raz była sytuacja, że trzeba było ratować twarz wydając numer podwójny. Teraz zanosi się na coś podobnego. Życzenia Wesołych Świąt Bożego Narodzenia dostaję od Redakcji w lutym. Trochę późno... A może to już życzenia z okazji Świąt Wielkanocnych? W takim razie jednak, we wstępniaku do z. 4/93 niepotrzebne są wzmianki o Nowym Roku i Gwieździe Betlejemskiej.

Arkadiusz Olech
– Pruszcz Gdański

Donos! Szanowna Redakcjo, uprzejmie donoszę, choć na pewno już o tym wiecie, że Wasze (i nasze) pismo zostało brutalnie zaatakowane na łamach "Uranii" 11/93, w artykule pana Krzysztofa Ziołkowskiego. Chciałbym jednocześnie zaznaczyć, że nie podzielam zawartych w nim pogladów oraz, że Wasze poczucie humoru nie rozmija się np. z moim w „kwestii smaku", co zasugerował pan Ziołkowski. Spodziewam się stosownej tzn. delikatnej choć stanowczej odpowiedzi na zarzuty w jednym z najbliższych zeszytów PA.

Jaroslaw Bandurowski
– Zabrze

Drogi Czytelniku!

Zwracamy się z uprzejmą prośbą o wypełnienie zamieszczonej obok ankiety po wycięciu, odpowiednim zagięciu i sklejeniu, wysłanie jej do nas.

Odpowiedzi na zamieszczone pytania będą dla nas cenną wskazówką w dalszym redagowaniu pisma.

O wynikach ankiety poinformujemy na łamach PA 4/94.

Listy Czytelników

Z pewnym niepokojem spoglądam na ostatnie „poczynania" Szanownych Redakcji zarówno „Uranii" jak i „Postępów Astronomii". W dobie rozlicznych trudności (głównie natury finansowej) walka o czytelnika nie zawsze bywa fair, ale NA LITOŚĆ BOSKĄ – przecież Państwo nie reprezentujecie prowincjonalnych brukowców typu „Wieści Kieleckie", żeby uciekać się do tak prymitywnych sposobów!

Polska Astronomia miłośnicza podupada, z zawodową (chyba?...) też nie jest najlepiej, a tutaj Pan Ziołkowski pastwi się nad poczuciem humoru biednego red. Drążkowskiego, tak jakby w „Uranii" nie było ważniejszych spraw do załatwienia.

O tym, że Redakcja PA (i mam nadzieję większość polskich astronomów) ma poczucie humoru niech świadczy chociażby konkurs fotograficzny na złączenie Wenus, Jowisza i Księżyca z nr 1/92. Jeśli chodzi o Jacka Drążkowskiego, to można przyjąć, iż jego żarty rysunkowe spełniają jakąś „poglądową" funkcję w czasopiśmie i na pewno nie ma w nich nic uwłaczającego. Swoją drogą ciekawe, czy stanowisko PTA w sprawie nowych PA obejmuje również możliwość wykluczenia Kolegium Redakcyjnego z szeregów tegoż za pikanterię typu „S(u)pernowo w Piwnicach" (i to ma być „infantylne świntuszenie"?), bo w najnowszym numerze niczego podobnego nie znalazłem chyba, że kontynuacją ma być artykuł o kłopotach (?!) z „pewnym" dżetem w „Poradniku Miłośnicy Astronoma" (jeśli tak, to brawo za konsekwencję).

Osobiście nie mam nic przeciwko, jeśli ktoś doznał astroorgazmu w Piwnicach (to normalna reakcja „astrofila" pod takimi zwierciadłami, w towarzystwie dwóch licealistek i S(U)PERNOWĄ w perspektywie). Istotne jest to, że „Postępy Astronomii" znakomicie popularyzują tak wdzięczną dziedzinę nauki jaką jest astronomia, a odrobina humoru jeszcze nikomu nie zaszkodziła. W obecnych czasach kwartalnikowi należą się słowa wsparcia ze strony czytelników, bo jego istnienie i dalszy rozwój leżą w interesie nas wszystkich!

Janusz Synowiec
– Kraków

Red. *Za reklamę w Uranii dziękujemy. Sami bardzo lubimy Uranię i zawsze polecamy naszym Czytelnikom. Nie możemy wspomnianego artykułu uznać za „brutalny atak". A „w kwestii smaku", świat się po prostu zmienia. Kto nie wierzy, niech idzie do opery. Najlepiej na „Króla Ubu" Penderecckiego w ostatniej inscenizacji Teatru Wielkiego w Łodzi. Naprawdę wspaniałej! Skoro jest więc możliwe „dupcenie w operze", jak nie uszczypnąć nastolatki w obserwatorium? Albo chociaż pomarzyć... Mamy nadzieję w ten sposób zakończyć dyskusję na temat erotycznych wizji Naczelnego, zwłaszcza, że Czytelnicy niebezpiecznie je rozwijają. Odsyłamy do pism specjalistycznych.*

Przesyłam wydanie specjalne „Fizyki na wesoło" – nieregularnika aperiodycznego redagowanego przeze mnie. Ukazało się już 19 numerów (najnowszy numer można zawsze zobaczyć na tablicy Naukowego Koła Fizyków w Instytucie Fizyki UJ, ul. Reymonta 4, Kraków). Wybrałem rysunki o tematyce astrofizycznej. Rysunki powstają podczas wykładów (niekoniecznie nudnych), najczęściej jako komentarz do właśnie usłyszanego zdania. Oprócz rysunków zamieszczam również co ciekawsze cytaty i ewentualnie komentarze (w nawiasach kwadratowych). Może się przydadzą w którymś z następnych numerów PA (wbrew śmiertelnie poważnej krytyce, zamieszczonej w Uranii nr 11 (623)/1993). Życzę powodzenia i Wielu czytelników.

Sławomir Stachniewicz
– Kraków

Red. *My nie jesteśmy „śmiertelnie poważni" i gazetkę reprodukujemy powyżej.*

Droga Bożenko, Mam nadzieję, że nie obrazisz sie zanadto, jeśli skomentuję Twój stanowczy osąd dotyczący nazwy projektu OGLE. „OGLE" to nie tylko skrót od Optical G... L... Ex...", a po prostu po angielsku znaczy nie mniej ni wiecej jak „puszczać oczko". Wydaje się więc, że jest to zupełnie uzasadniona nazwa dla projektu szukającego unikalnych gwiazd puszczających nam „perskie oczka". Na ogół też wzbudza pozytywny uśmiech. Aby nie być gołosłownym zacytuję tytuł atykułu sprzed mniej więcej roku (bodajże z Physics World lub coś w tym rodzaju), dotyczącego poszukiwań ciemnej materii: „OGLEing MACHOs". Bardzo ładna gra słów!

A. Udalski
– Warszawa

Red. *Jak widać każdy pretekst dobry, by puścić oko do którejś z Redaktorek, za plecami Naczelnego.*

O NIERUCHOMYCH GALAKTYKACH [1)]

Nietypowym ludziom i nietypowym instytucjom nie jest łatwo żyć na świecie. A że nietypowi ludzie wiążą się z nietypowymi instytucjami, przez co egzystencja i jednych i drugich dodatkowo się komplikuje, więc aż dziwne, że Krakowskie Letnie Szkoły Kosmologii dotrwały do naszych czasów.

Pierwszą z nich zorganizował w Opolu w roku 1968 Andrzej Zięba.

Andrzej Zięba zajmował się rzeczami nietypowymi. W matematyce przyczepił się do rozwoju teorii gier różniczkowych (spróbujcie zagrać w taką grę opartą na całkach i rachunku wariacyjnym!), w astronomii stworzył, wraz z gronem współpracowników metodę redukcji statystycznej (metoda badania rozmieszczenia punktów w przestrzeni o dowolnej liczbie wymiarów, bez żadnych założeń dotyczących sposobu rozmieszczenia), jako kosmolog stworzył model Wszechświata Strefowego (nieskończonego w przestrzeni, a skończonego w czasie). Zostawszy profesorem w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Zięba nie tylko zapoczątkował tu wykłady z relatywistycznej astrofizyki, ale wprowadził jako obowiązkową dla wszystkich studentów astronomii znajomość teorii względności (nie tylko szczególnej, ale i tej trudniejszej, ogólnej!).

Gdy zazdrośni o konkurencję zaczęli nękać na różne sposoby jego uczniów, wyjechał do Austrii zostawiając ówczesnemu rektorowi UJ-tu prośbę o urlop bezpłatny aż do zmiany ustroju w Polsce i w polskiej nauce. Nic dziwnego, że wiele osób do dziś go nie lubi, czemu dają wyraz w słowie i w piśmie.

Organizowane systematycznie co dwa lata (również po śmierci Zięby) Krakowskie Letnie Szkoły Kosmologii są równie nietypowe, jak ich inicjator. Odbywały się już w różnych miejscowościach: oprócz Krakowa – w Opolu, Jabłonnie, Jodłowym Dworze. Opowiadano na nich o jakiś zewnętrznych formach różniczkowych, o ogólnym gromadzeniu się galaktyk zamiast o przyzwoitych gromadach galaktyk, krytykowano metodologię samego Peebles'a i wykładano różne inne herezje. Nic więc dziwnego, że wielu poważnych polskich astronomów zaczęło je bojkotować, lub brać udział tylko nieformalnie (bo ciekawe było tych osobliwości posłuchać, ale żeby czasem kto nie pomyślał ...), natomiast zaczęło na nie przyjeżdżać coraz więcej i wykładowców i słuchaczy z zagranicy.

XIII Szkoła odbyła się w Łodzi w dniach 7 – 11 września 1992 pod nazwą „Postępy w nowych kosmologiach" („Progress in new Cosmologies") i była rekordowa pod względem liczby uczestników: 108, z 11 krajów: Brazylli, Finlandii, Hiszpanii, Kanady, Niemiec, Polski, Rosji, Stanów Zjednoczonych, Ukrainy, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

Nazwisko Haltona Arpa, który stał na czele szkoły mówi dla wtajemniczonych samo za siebie. Była to najbardziej dysydencka ze wszystkich dotychczasowych szkół krakowskich (więc i pod tym względem rekord!). Mówiono na niej o tych faktach obserwacyjnych, które się nie mieszczą w paradygmacie modelu standardowego i hipotezy Prawybuchu (Big Bangu). Należy tu zjawisko wzajemnej nieruchomości członków zwartych, wielokrotnych grup galaktyk (tzw. kwintetów i kwartetów), która wynika ze statystyki położeń członków wewnątrz różnych grup w rzucie na sferę, mimo, iż ci członkowie wykazują różne przesunięcie ku czerwieni. Wynikałoby stąd, że te przesunięcia nie świadczą o prędkościach, nie są zjawiskiem Dopplera. Podobnie nie mieści się w dotychczasowych wyobrażeniach fakt, że w takich grupach największa kątowo galaktyka ma z reguły najmniejsze przesunięcie ku czerwieni. Jeśli to traktować jako efekt kosmologiczny, wynikałoby stąd, że największy obiekt jest zawsze nam najbliższy (uwaga: to nie jest efekt zmniejszenia perspektywicznego). Jeśli zaś przesunięcia ku czerwieni traktować

jako efekt Dopplera mówiący o wzajemnych prędkościach swoistych, to należy przyjąć, że w takich grupach galaktyka największa najwolniej się od nas oddala. I w jednym i w drugim przypadku położenie „nasze" byłoby wyróżnione w świecie; nasza Galaktyka byłaby w uprzywilejowanym centrum Wszechświata. Prościej przyjąć, że po prostu przesunięcia ku czerwieni są związane z wewnętrznymi właściwościami galaktyk a nie z ich ruchami.

Za takim zrozumieniem widmowych przesunięć ku czerwieni przemawia też odkryty już prawie 30 lat temu, ale coraz dokładniej poznawany efekt periodyzacji czyli kwantyzacji przesunięć widmowych galaktyk i kwazarów. Oprócz znanego dotychczas okresu 72 km/s znaleziono ostatnie okresy drobniejsze wynoszące 1/2 i 1/3 tego okresu podstawowego, to jest 36 i 24 km/s. Statystyka wskazywałaby, że rozmycie tego kwantowego efektu odpowiada ściśle dokładności (raczej niedokładności) pomiarów. Jeśliby utrzymać, że przesunięcie ku czerwieni jest efektem rozszerzania Wszechświata, to trzeba by przyjąć, że wszystkie galaktyki są umieszczone na krystalicznych sferach (sferach o ściśle określonych, dyskretnych promieniach), których odległości odpowiadają liczbom kwantowym. Jeśli się efekt ścisłej kwantyzacji widmowych przesunięć potwierdzi[2], to proponowane dotychczas tłumaczenie periodyzacji przez fluktuacje czasowe stałej Hubble'a nie będzie się mogło ostać.

W czasie szkoły proponowano też nowe teoretyczne wytłumaczenia wymienionych tu, i podobnych zjawisk. Trzeba przyznać, że o ile niektóre z podanych faktów są już wystarczająco potwierdzone, a ostateczne potwierdzenie innych wydaje się bardzo prawdopodobne, o tyle też żadna z prezentowanych hipotez te fakty tłumaczących nie budzi zaufania. I to jest chyba główny powód, dla którego większość kosmologów woli również i faktów jako takich tymczasem nie brać pod uwagę. Wygodniej rozważać fakty zgodne z teoriami.

Jaki będzie dalej rozwój obserwacji (potwierdzeń i zaprzeczeń) faktów przedstawionych w czasie szkoły i jakie teorie się rozwiną dla ich powiązania, dowiemy się śledząc literaturę naukową. Kto chce bliżej poznać stan obecny tych rzeczy, będzie mógł o nich przeczytać w tomie sprawozdań ze szkoły (redaktorzy: Arp, Keys i Rudnicki), który się zapewne ukaże nakładem wydawnictwa „Plenum" w Nowym Jorku, zanim się ta notatka zdąży pojawić w „Postępach".

[1] Tekst pierwotnie przeznaczony do innej rubryki, drukujemy jako „podstępy astronomii" po dokonaniu niewielkich skrótów, jednak nieistotnych dla oddania dysydenckiego charakteru spotkania, o którym mowa. (red.)

[2] Nie potwierdzi się. (red.)

Konrad Rudnicki

postępki astronomów

Wyższa ranga i prestiż Nagrody Młodych PTA

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

Działając zgodnie z sugestią ostatniego Walnego Zebrania, Zarząd Główny PTA powołał Komisję w składzie kol. kol. A. Kruszewski, M. J. Sarna i K. Stępień w celu opracowania nowego regulaminu „Nagrody Młodych PTA". Na zebraniu ZG PTA w dniu 15 lutego 1994 regulamin został zatwierdzony. Główne zmiany w porównaniu z porzednim polegają na tym, że nagroda będzie przyznawana za wybitny, indywidualny dorobek naukowy w dziedzinie astronomii, uzyskany podczas całej pracy naukowej, astronomowi posiadającemu obywatelstwo polskie i nie przekroczony wiek 35 lat. Nagroda będzie przyznawana (lub nie) raz na dwa lata, a wręczana podczas Zjazdu PTA.

Regulamin[1)]

1. Inicjatorem i fundatorem nagrody w Konkursie o Nagrodę Młodych jest Polskie Towarzystwo Astronomiczne.

2. Konkurs o Nagrodę Młodych rozpisywany jest co dwa lata, każdorazowo na mocy uchwały Zarządu Głównego PTA, która jednocześnie określa wysokość nagrody.

3. Nagroda Młodych jest nagrodą indywidualną. Przyznawana jest astronomowi posiadającemu obywatelstwo polskie, który do końca roku, w którym następuje przyznanie nagrody nie ukończył 35 lat życia. Nagroda przyznawana jest za wybitny , indywidualny dorobek naukowy w dziedzinie astronomii, uzyskany podczas całej pracy naukowej, lub, w przypadku wcześniejszego laureata Nagrody, od roku następnego po dacie jej otrzymania. Za dorobek indywidualny należy uważać prace jednoautorskie, oraz te z prac wieloautorskich, w których wkład kandydata może być łatwo określony.

4. Kandydatów do nagrody może zgłosić każdy członek PTA. Wniosek powinien zawierać podstawowe dane osobowe kandydata, wraz z krótkim uzasadnieniem i odbitkami ważniejszych publikacji. Wniosek należy złożyć w dwóch egzemplarzach.

5. Zarząd Główny PTA publikuje w „Postępach Astronomii" komunikat o rozpisaniu konkursu, w którym podaje warunki Konkursu, skład jury oraz termin przyznania nagrody.

6. Zarząd Główny PTA powołuje pięciosoobowe jury Konkursu (w tym przewodniczącego jury). Kadencja jury trwa dwa lata. Przewodniczący zwołuje zebranie jury i przewodniczy mu. Decyzje jury odnoszące się do przyznania nagrody – zapadają większością głosów, przy obecności co najmniej połowy członków jury. W przypadku równej liczby głosów decyduje głos przewodniczącego jury. Jury powinno dokonać przyznania nagrody do 31 sierpnia w roku Zjazdu PTA. Jury może nikomu nie przyznać nagrody. Wręczenie nagrody odbywa się na Zjeździe PTA w dniu otwarcia.

7. Decyzje jury Konkursu podlegają zatwierdzeniu przez Zarząd Główny PTA.

8. Wypłata nagrody odbywa się na zlecenie Skarbnika PTA, działającego w oparciu o uchwałę Zarządu Głównego PTA.

9. Sekretarz PTA odpowiedzialny jest za opublikowanie w „Postępach Astronomii" komunikatu jury o przyznaniu zatwierdzonej przez Zarząd Główny PTA nagrody. W komunikacie podać należy nazwisko laureata wraz z krótkim uzasadnieniem przyznania nagrody.

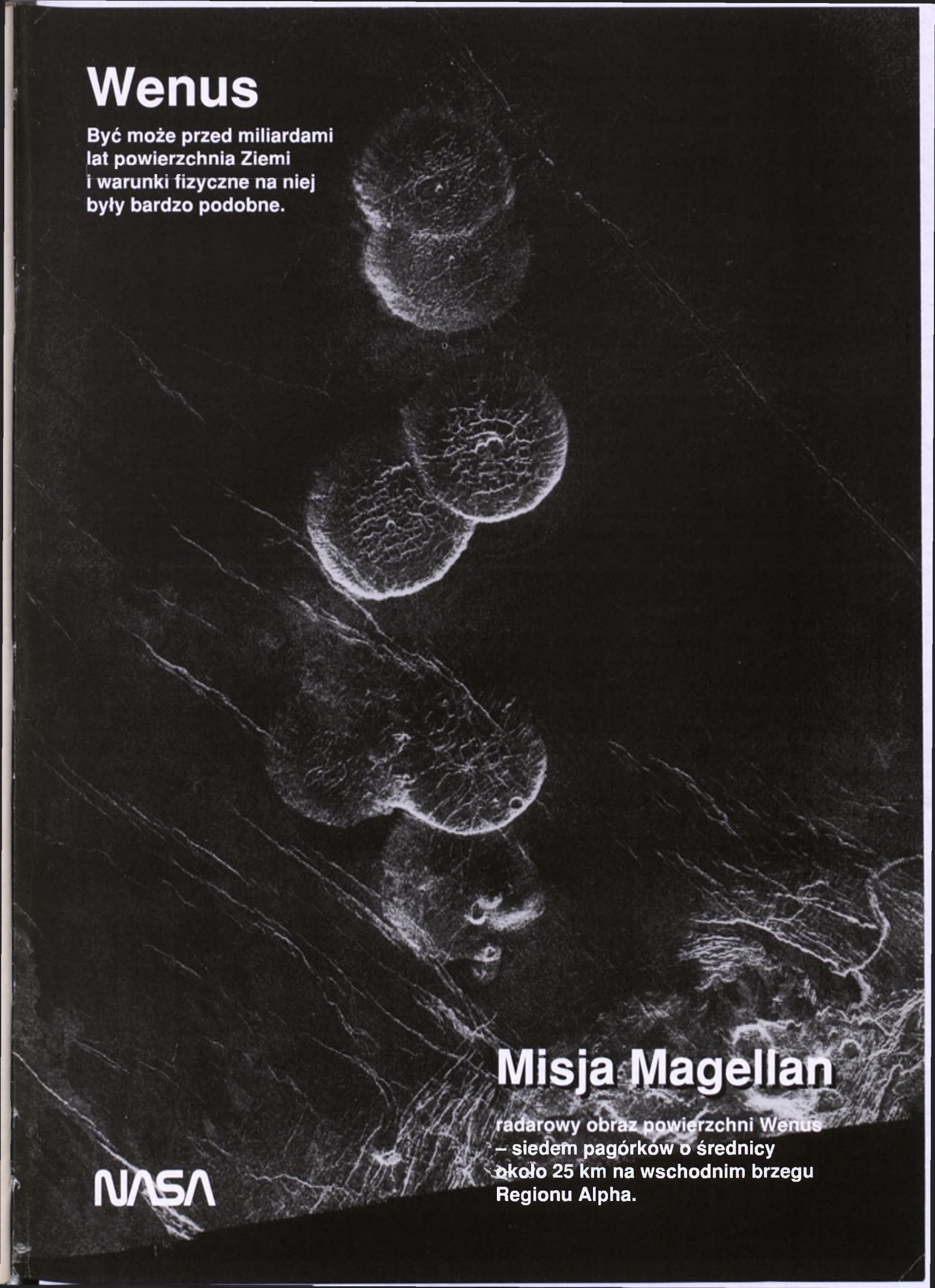
10. Wszelkie zmiany w regulaminie Konkursu o Nagrodę Młodych mogą być dokonywane jedynie w trybie uchwały Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Warszawa, dnia 15 lutego 1994 roku.

[1)] Porównaj ze starym regulaminem w PA 2/92 str. 96 (red.).

Wenus

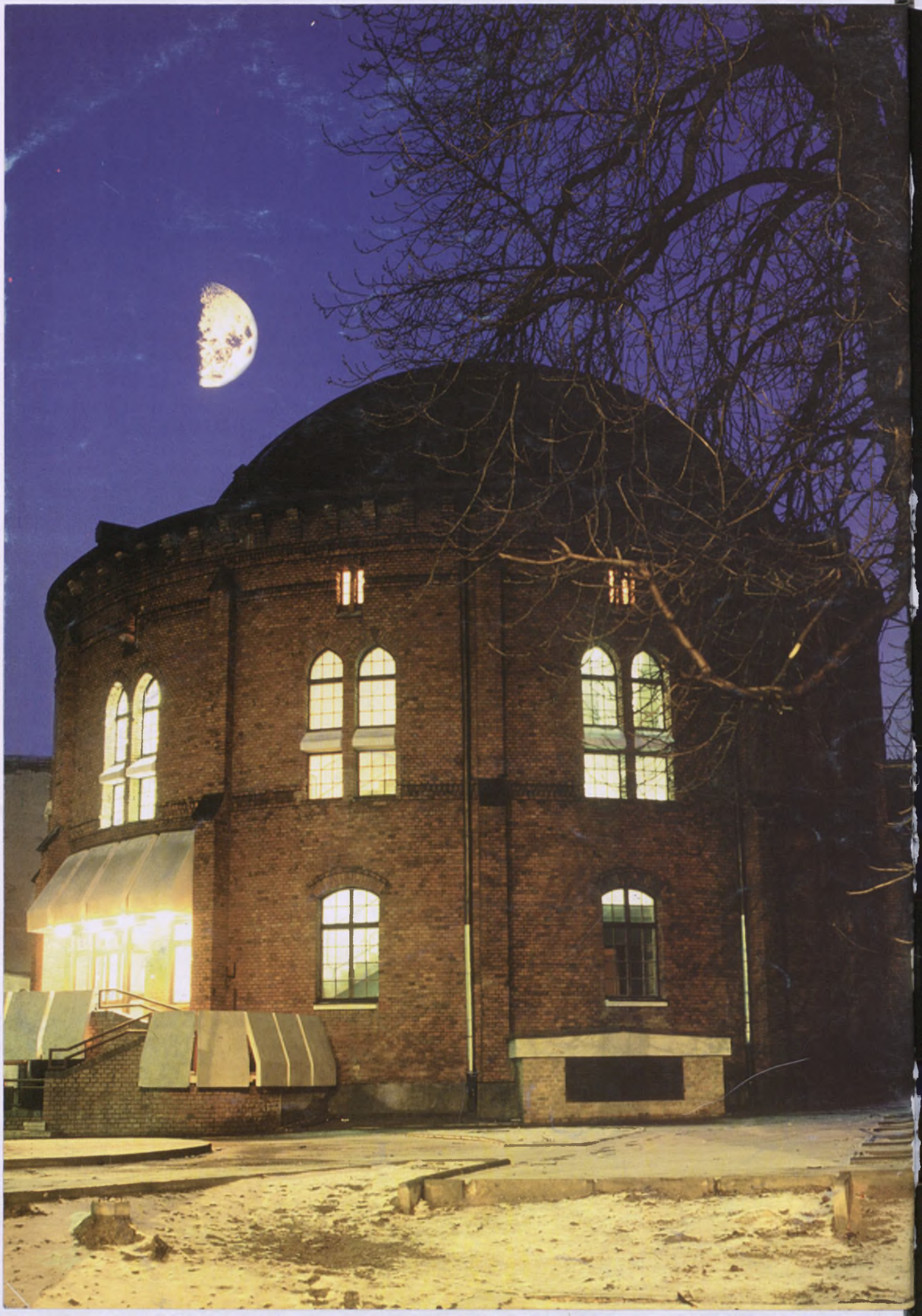
Być może przed miliardami lat powierzchnia Ziemi i warunki fizyczne na niej były bardzo podobne.



Misja Magellan

radarowy obraz powierzchni Wenus – siedem pagórków o średnicy około 25 km na wschodnim brzegu Regionu Alpha.

NASA



3/94

tom 42

lipiec – wrzesień

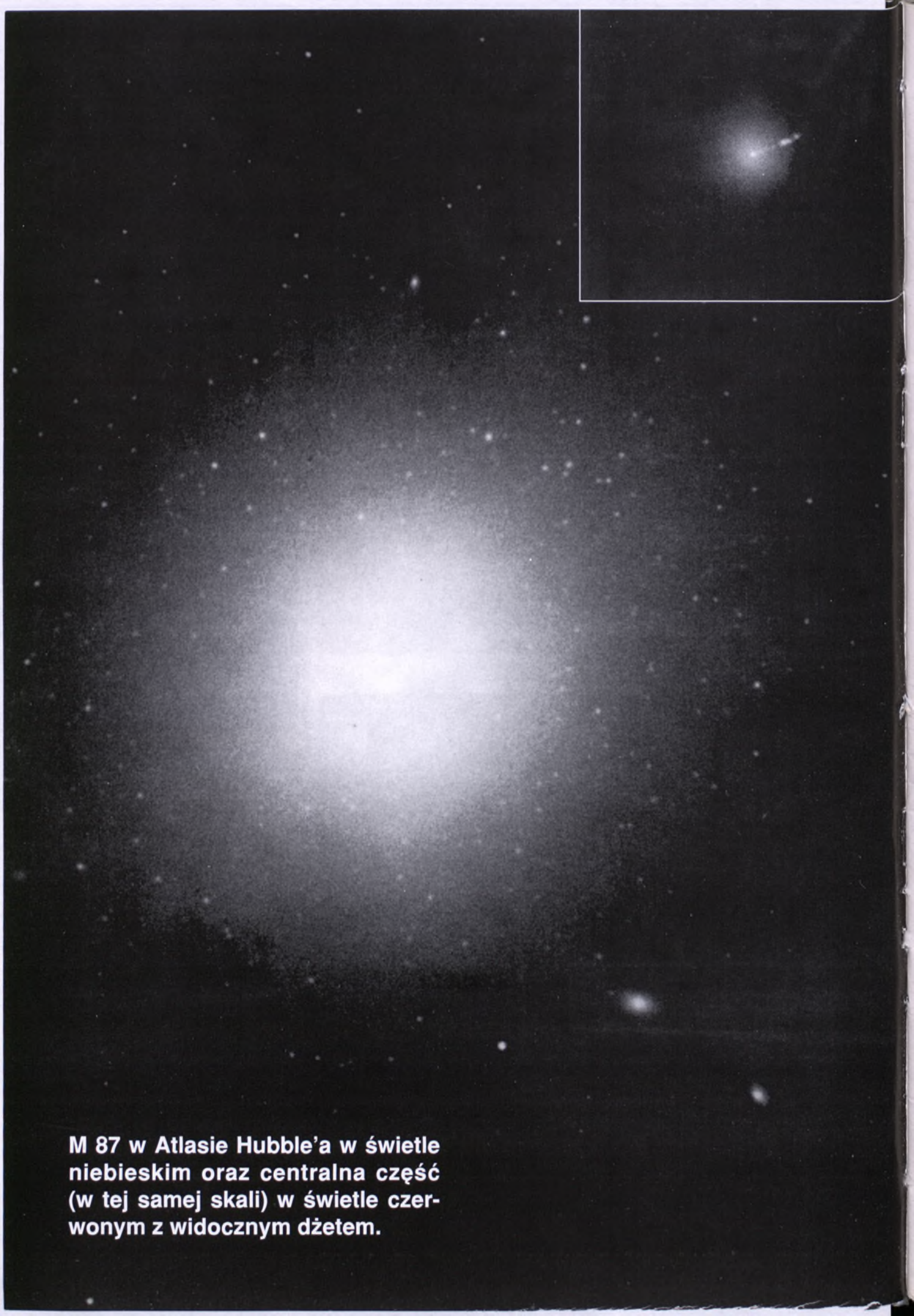
postępy astronomii

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Gwiazdy nowe

Wielkie bombardowanie Jowisza

Supermasywna czarna dziura w M 87



M 87 w Atlasie Hubble'a w świetle niebieskim oraz centralna część (w tej samej skali) w świetle czerwonym z widocznym dżetem.

Kometa Shoemaker – Levy 9 (1993 e) zgodnie z przewidywaniami, o których pisaliśmy w poprzednim zeszycie, w ciągu kilku lipcowych dni bombardowała „powierzchnię" Jowisza. Efekty tych zderzeń przeszły najśmielsze oczekiwania i ich obserwacje mogą stanowić bezcenny wkład zarówno do poznania natury komet jak i kolejnych warstw atmosfer planet – olbrzymów. Jest to największa kosmiczna katastrofa, jaką udało się do tej pory ściśle przewidzieć i którą można było pieczołowicie śledzić i obserwować. Opóźnienie zeszytu pozwoliło nam zamieścić obszerny artykuł Andrzeja Woszczyka na ten temat. Czy Ziemi również grozi podobny kataklizm? Do tego nawiązują kolejne teksty: donosy, felieton Ewy Kuczawskiej oraz bogaty, choć kontrowersyjny materiał zebrany przez Krzysztofa Włodarczyka i dwóch amatorów z Krakowa, Janusza Płeszkę i Tomasza Ścieżora, na temat tzw. wydarzenia jerzmanowickiego. Czy mieliśmy rzeczywiście do czynienia z meteorytem, czy ze zjawiskami wtórnymi po przelocie bolidu, czy wreszcie ze zwykłą ale gwałtowną burzą, wcale nie jest pewne. Materiał jest jednak cenny ze względu na staranne udokumentowanie zjawiska (zapisy sejsmografów, specjalna spektroskopia próbek, zeznania świadków), że przy okazji tego co wydarzyło się na Jowiszu zdecydowaliśmy się go opublikować. Unikatowe zdjęcia skały sprzed zdarzenia pokazują, że tam naprawdę coś „huknęło", a córka mieszkającego obok rolnika, bardzo się nam podoba. Dziękujemy za te zdjęcia!

Kolejny temat niniejszego zeszytu też nawiązuje do kosmicznych katastrof, tym razem jednak nie dotyczących upadku lecz gwałtownej ekspansji otoczek wybuchających gwiazd nowych. Oczywiście wcześniej, ta wybuchająca termojądrowo materia musiała być zaakreowana na powierzchnię białego karła w układzie podwójnym, ale to już zupełnie inna sprawa a pytanie co było najpierw, ekspansja czy spadek, przypomina słynne pytanie o jajko i kurę. O gwiazdach nowych pisze Michael Friedjung z Paryskiego Instytutu Astrofizycznego, jeden z najlepszych specjalistów od otoczek gwiazdowych na świecie. Artykuł jest, w pewnym sensie, owocem rozwijającej się ostatnio współpracy astronomów polskich i francuskich, zainicjowanej przez Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika w Warszawie i właśnie Instytut Astrofizyczny w Paryżu.

Przed masywnymi czarnymi dziurami w centrach kwazarów i jądrach aktywnych galaktyk, jak się wydaje, nie ma ucieczki. Naprawiony Teleskop Kosmiczny przyjrzał się dokładnie centrum galaktyki M87 i można chyba powiedzieć, że taką czarną dziurę odkrył.

Zeszyt ukazuje się niestety znowu z kilkumiesięcznym opóźnieniem, zarówno z winy będącej w wiecznych rozjazdach naukowych Redakcji, jak i Zarządu PTA, który nie przekazał w uzgodnionych terminach pieniędzy za druk poprzedniego zeszytu. Redakcja sama doszła do wniosku, że najwyższy czas (po 4 latach działalności) ją zmienić. Ciekawe czy Zarządowi i członkom PTA nie nasuwają się myśli o innych zmianach? Z ubolewaniem natomiast stwierdzamy, że na ponad 100 przesłanych nam do tej pory ankiet, tylko 3 pochodzą od członków Towarzystwa. Czyżby astronomów Postępy w gruncie rzeczy nie obchodziły? Jeszcze raz gorąco zachęcamy wszystkich Czytelników do wypełnienia i przesyłania ankiet. Przy okazji dziękujemy za przysyłane zarówno słowa krytyki, jak i ciepłe wyrazy sympatii.

REDAKCJA

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Redaktor naczelny:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)
Joanna Mikołajewska (CAMK Warszawa)

Redakcja techniczna i żart rysunkowy:
Jacek Drążkowski

Korekta: Małgorzata Śróbka–Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń

tel. 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@astro.uni.torun.pl

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa

tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Skład komputerowy, druk oraz dystrybucja:
Firma MIZAR, Sławomir Kruczkowski, Grudziądz, ul. Kulerskiego 11 przy współpracy Zakładu Poligraficznego pp. Neuman, Grudziądz ul. Filomatów 1a.

Oddano do druku 21 listopada 1994

○ Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca ○ Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji ○ Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ○

Pismo dofinansowane przez
Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1994

Einstein w POSTĘPACH

Rozstrzygnięcie konkursów
str. 138

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:
★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych ogłoszeń

ZDJĘCIA NA OKŁADCE PRZEDSTAWIAJĄ...

na pierwszej stronie – kolorowy obraz fragmentu Jowisza, będący kompozycją zdjęć wykonanych Teleskopem Kosmicznym w trzech filtrach. Na powierzchni widać osiem śladów po upadku fragmentów komety P/Shoemaker-Levy 9. Wszystkie ślady zmieniają kształty i ewoluują w skali czasowej godzin i dni. Więcej informacji na temat tej kosmicznej katastrofy, spisanych przez Andrzeja Woszczyka, znajdzie Czytelnik wewnątrz numeru na str. 100.;
na ostatniej stronie – widok Wieży Braniborskiej w Zielonej Górze. Na tarasie, na szczycie wieży zainstalowany jest 25-cm teleskop używany do pokazów nieba. W projektach wieża ta miałaby być fragmentem kompleksu Zielonogórskiego Centrum Astronomicznego. Na stronie 135 Stanisław Wrona prezentuje historię i dzień dzisiejszy zielonogórskiej astronomii.

W NUMERZE:

100 **Bombardowanie Jowisza**

Andrzej Woszczyk

Ostatnio astronomowie wiele dyskutowali na temat prawdopodobieństwa upadku na Ziemię dużego meteoroidu i nawet zderzenia Ziemi z planetoidą. A tu natura przedstawia nam rzeczywisty scenariusz takiego zdarzenia i jego skutków! Czyż na niebie nie dzieją się rzeczy, które nawet nie śniły się filozofom?

donosy ***krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:***

Bolid Tunguski, Bolid Allende, Meteoryty na Antarktydzie, Murchison, Ahnighito, Cenniejsze niż złoto, Meteoryt Hoba, Mikrometeoryty (110), Krater w Arizonie, Krater we Fromborku?, Mapa kraterów ziemskich (111)

113 **Gwiazdy kataklizmiczne zwane nowymi**

Michael Friedjung

Od czasu do czasu, słaba zazwyczaj gwiazdka jaśnieje w widzialnym zakresie widma o czynnik rzędu 10 000. Jasność wizualna naszej gwiazdy nowej – bo o niej tu mowa – dość szybko osiąga maksimum, by następnie, już w znacznie dłuższej skali czasowej, powrócić do stanu pierwotnego. A zatem mimo mylącej nazwy, gwiazda nowa, tak naprawdę, wcale nie jest taka nowa.

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

Nowa Cygni 1992, „G" i „D" na Jowiszu (120), Odkrycie czarnej dziury w jądrze galaktyki M87? (121)

112 **Wspomnienia: CZŁOWIEK NA KSIĘŻYCU**

OBSERWACJE: **Zdarzenie w Jerzmanowicach w oczach miłośnika astronomii** (124), **Bolid nad Jerzmanowicami** (133),

135 **W KRAJU: Wieża Braniborska**

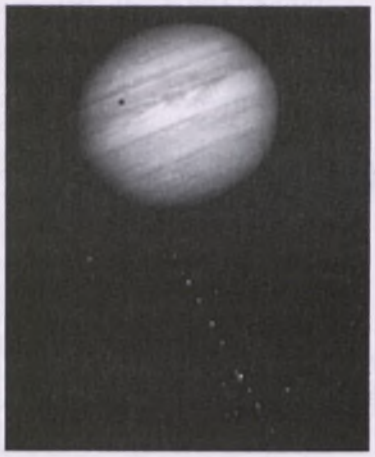
138 **Rozstrzygnięcie konkursów**

139 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***

140 *Listy Czytelników*

142 **Esej, felieton: GWIEZDNE WOJNY**

144 **W KRAJU: Granty**



Fot. 1. Kometa Shoemaker–Levy 9 w drodze do Jowisza (patrz również rozładówka).

Montaż zdjęć Jowisza i komety. Zdjęcie Jowisza zostało uzyskane w dniu 18 maja 1994 przy pomocu szerokokątnej kamery planetarnej 2 (WFPC–2) teleskopu kosmicznego Hubble'a. Odległość planety od Ziemi wynosiła wtedy 670 min km. Wykonano 3 „czarno–białe" zdjęcia w świetle niebieskim, zielonym i czerwonym i złożono je w jeden obraz zgodnie z krzywą czułości spektralnej oka ludzkiego. Otrzymaliśmy w ten sposób obraz Jowisza w „prawdziwych" kolorach. Rozdzielczość szczegółów struktury chmur sięga 320 km.

Ciemna plama na tarczy Jowisza to cień jego satelity Io, który widoczny jest na prawo od swego cienia na tle pasa chmur. Niebieska i czerwona poświata odpowiednio na wschodniej i zachodniej krawędzi planety spowodowana jest obrotem Jowisza między ekspozycjami w barwach niebieskiej i czerwonej.

Zdjęcie komety zostało wykonane w świetle czerwonym w dniu 17 maja 1994. Wtedy 21 lodowych fragmentów komety rozpościerało się na przestrzeni 1.1 min km (3 razy odległość Ziemia – Księżyc). Trzeba było wykonać aż 6 ekspozycji kamerą WFPC–2 wzdłuż trajektorii komety aby objąć jej wszystkie fragmenty.

Skala względna wielkości Jowisza i komety oraz ich kątowa separacja zostały zmienione dla celów ilustracyjnych.

Kometa Shoemaker–Levy 9 „gwiazda" roku 1994

Kometa Shoemaker–Levy 9 była naprawdę wyjątkową kometą. Została odkryta z rozczłonkowanym jądrem 24 marca 1993 roku, a już w maju tego samego roku było wiadomo, że nie krąży wokół Słońca, jak wszystkie znane dotychczas komety, ale jest „satelitą" Jowisza. Po raz pierwszy zetknęliśmy się z taką kometą. Jakby tego było mało, parę miesięcy później, Brian Marsden z Minor Planet Center w Cambridge (USA) odkrył, że odległość peryjowium w czasie najbliższego przejścia komety w sąsiedztwie Jowisza w lipcu 1994 r. będzie mniejsza od promienia Jowisza, czyli kometa zderzy się z tą planetą. A to już jest sensacja dużego kalibru. Ostatnio astronomowie wiele dyskutowali na temat prawdopodobieństwa spadku na Ziemię dużego meteoroidu i nawet zderzenia Ziemi z planetoidą. A tu Natura przedstawia nam rzeczywisty scenariusz takiego zdarzenia i jego skutków! Czyż na niebie nie dzieją się rzeczy, które nawet nie śniły się filozofom ?

Bombardowanie Jowisza

Andrzej Woszczyk

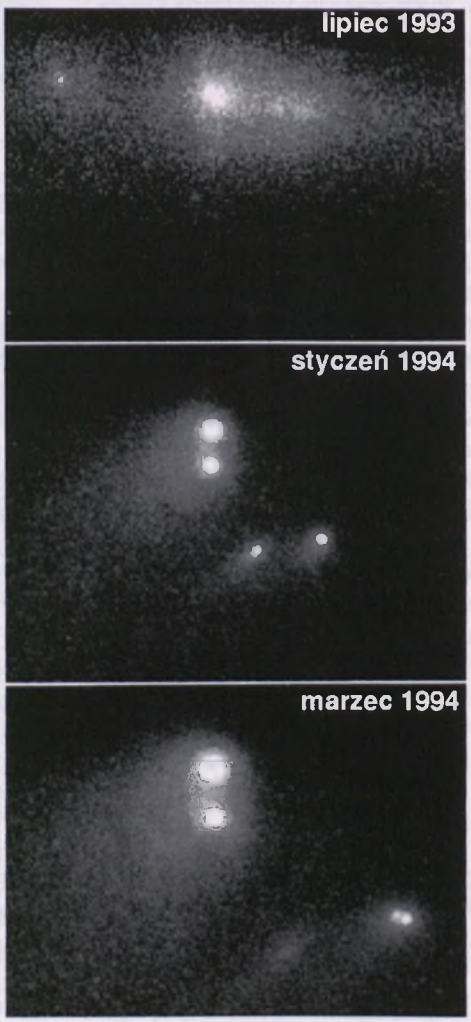
Rzeczywiście, zjawisko komety Shoemaker–Levy 9, oraz historia jej powstania i śmierci w katastrofie kosmicznej są niezwykłe. Pierwsze informacje o tym obiekcie, jego parametry dynamiczne i możliwe scenariusze zderzenia komety z Jowiszem przedstawiły „Postępy Astronomii" w nr 2/94 (prof. G. Sitarski). Przypomnijmy, że przewidywane zderzenie komety P/Shoemaker–Levy 9 miało nastąpić (i nastąpiło!) na niewidocznej z Ziemi stronie globu Jowisza w dniach od 16 do 22 lipca 1994 na południowej półkuli (szerokość jowiszograficzna l = – 44°). Na skutek szybkiej rotacji planety (okres obrotu 9^h50^m) już po półtorej godzinie miejsca zderzenia miały pojawiać się na widocznej z Ziemi tarczy Jowisza, a cztery godziny później przechodzić przez centralny południk planety. Będą widoczne z Ziemi więc „jedynie jakieś ślady w atmosferze Jowisza, o ile po kilku godzinach jeszcze pozostaną" – takie było najczęściej prezentowane pesymistyczne zdanie. Skutki zderzenia jądra kometarnego z atmosferą Jowisza przerosły jednak wszelkie oczekiwania. Ślady upadków pozostały w atmosferze naszej największej planety nie tylko w skali czasowej godzin, ale i wielu dni. Efekty zderzenia zależą oczywiście od rozmiarów poszczególnych fragmentów jądra, ich gęstości i prędkości w chwili zderzenia. Z tych parametrów znana była tylko prędkość, ogromna zresztą, bo wynosząca 60 km/sek. O rozmiarach poszczególnych jąder wnosić można było tylko pośrednio, oceniając ich jasność i przyjmując jakąś „rozsądną" wartość albedo. Ale jak tu wyznaczyć ten parametr skoro poszczególne jądra otoczone są kokonem pyłu? Korzystając z dotychczasowej wiedzy w tej materii i zakładając albedo 0.04 (takie jakie miało jądro komety Halleya) oceniono, że poszczególne fragmenty mają średnice co najwyżej od kilkuset metrów do około 4 km. Gdyby albedo było większe, rozmiary jąder będą mniejsze, a więc i efekty zderzenia też znacznie mniejsze. Rozważania teoretyczne prowadziły na ogół do wniosku, że gęstości materii w poszczególnych jądrach są w granicach od 0.4 do 0.9 g/cm^3 . Ale czy wszystkie są zwartymi bryłami, a nie np. skupiskami wielu małych bryłek? E. Asphaug z NASA i W. Benz z Obserwatorium Stewarda w Tucson wręcz uważali, że poszczególne fragmenty jądra komety Shoemaker–Levy 9 są właśnie aglomeratami luźnych bloków meteorytowych i ich spadek na Jowisza spowoduje tylko spektakularny deszcz jasnych bolidów.

Dziś jesteśmy już po tej kosmicznej katastrofie, po upadku sznura kometarnych pereł na największą planetę Systemu Słonecznego. I też po intensy-

Fot. 2. Panoramiczne zdjęcie komety P/Shoemaker–Levy 9. Fotografia została uzyskana elektronicznie 17 maja 1994 w świetle czerwonym (to samo zdjęcie zostało wykorzystane w montażu fot.1) przy pomocy kamery WFPC–2 teleskopu Hubble'a. Widoczne jest 21 fragmentów komety. Kometa była wówczas w odległości 660 mln km od Ziemi.

wnych i skoordynowanych obserwacjach tego zjawiska. Ślady zderzenia obserwowano z powierzchni Ziemi i z orbit okołoziemskich, a samo zderzenie ze stacji kosmicznych GALILEO, VOYAGER 2 i ULYSSES znajdujących się w przestrzeni międzyplanetarnej. Obserwowano w skrajnym ultrafiolecie, promieniowaniu widzialnym, podczerwonym, mikrofalowym i radiowym. Słowem w prawie wszystkich dziedzinach widma. Obserwuje się ciągle jeszcze (przełom sierpnia i września), teraz w nadziei uchwycenia efektów spadku na Jowisza drobnej materii rozproszonej wzdłuż orbity komety. Pierwsze podsumowanie obserwacji zderzenia komety z Jowiszem nastąpiło w czasie Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Hadze w sierpniu 1994. Zorganizowano specjalne dwie południowe sesje poświęcone omówieniu pierwszych, jeszcze gorących i niepełnych, zaledwie wstępnych rezultatów. Był to prawdziwy festiwal nowych i unikatowych, ale czasem i kontrowersyjnych danych, z których niewiele było dotychczas właściwie zredukowanych i zinterpretowanych. Z tych powodów i niniejszy artykuł nie może być kompletnym opisem zjawiska, a jest szkicem przedstawiającym skrótowo pierwsze, spisane na gorąco, prawie bezpośrednio po pracowitych dniach i nocach obserwacji, rezultaty. Jak bardzo niepełne są dane jakimi obecnie dysponujemy niech świadczy fakt, że mamy dopiero zaledwie kilka pojedynczych obrazów jedynego świadka bezpośrednich upadków komety na Jowisza uzyskanych przez sondę kosmiczną GALILEO. Stacja ta obserwowała całe zjawisko z najbliższej ze wszystkich „obserwatorów" odległości (240 mln km), zarejestrowała je na swoich pokładowych „magnetowidach" i będzie powoli, aż do stycznia 1995, przekazywała je na Ziemię. Niemniej jednak już na listopad 1994 planowana jest kolejna, kilkudniowa konferencja naukowa poświęcona rezultatom badań tego niezwykłego zjawiska niebieskiego, a na grudzień zbiorowe wydanie pierwszych analiz materiałów obserwacyjnych .

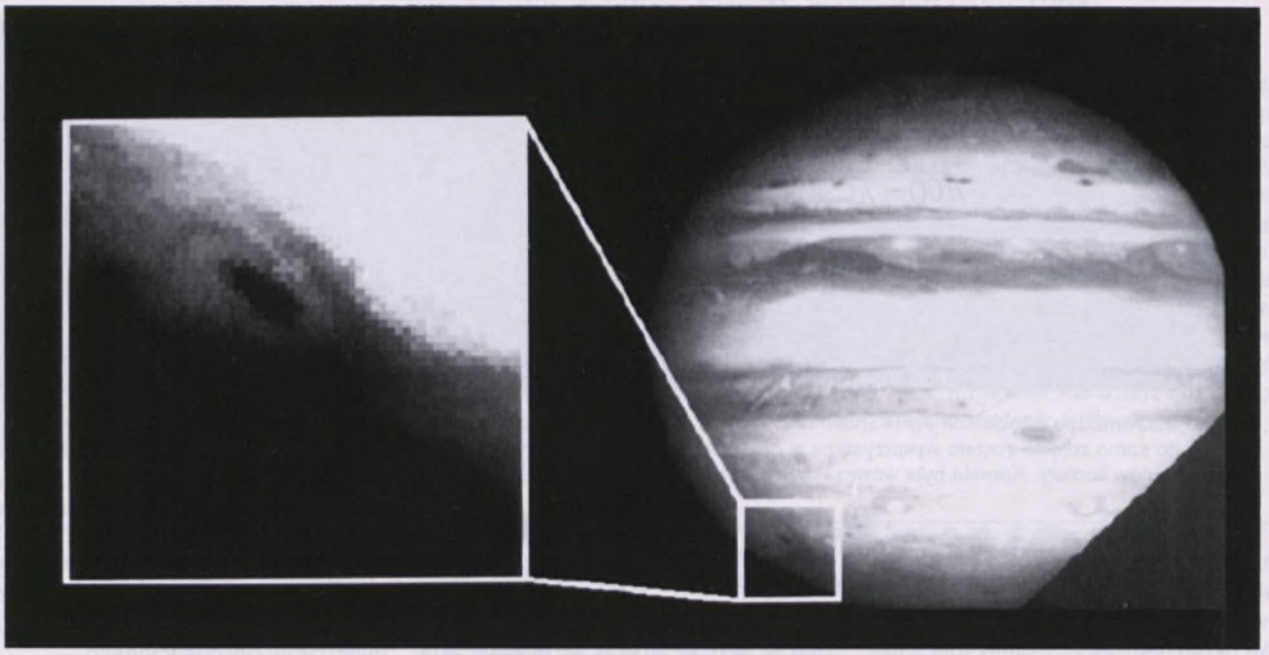
Musimy uświadomić sobie, że zjawisko, którego byliśmy świadkami w lipcu 1994 dostarczyło nowej wiedzy w następujących dziedzinach:



Fot. 3. Ewolucja najjaśniejszego obszaru komety P/S–L 9 w (okresie od 1 lipca 1993 do 30 marca 1994. Górne zdjęcie (jeszcze przed naprawą Teleskopu Kosmicznego) pokazuje podwójność centralnego, najjaśniejszego obiektu. Odległość kątowa obu fragmentów jest 0".3, więc dla ziemskich teleskopów był to obiekt pojedyńczy. Na prawo od niego znajduje się lekko wydłużony obiekt, ledwo widoczny z powodu aberracji sferycznej teleskopu.

Zdjęcie środkowe uzyskane 24 stycznia 1994, po naprawie teleskopu Hubble'a, pokazuje, że 2 najjaśniejsze fragmenty znajdują się teraz w odległości 1" i że 2 słabsze fragmenty są znacznie lepiej widoczne i przesunięte w stosunku do dwóch pierwszych. Światło wokół najsłabszego fragmentu nie jest tak skoncentrowane jak wokół innych i jest wydłużone w kierunku ogona komety.

Zdjęcie dolne uzyskane 30 marca 1994 pokazuje, że najsłabszy obiekt praktycznie zniknął, a jego „towarzysz" zaczął rozpadać się na dwie części. Takie dzielenie się poszczególnych „jąder" komety zmniejsza oczywiście siłę wybuchu, jakiej możemy się spodziewać w czasie upadku komety na Jowisza. Jednak większość fragmentów jądra komety P/S–L 9 okazało się obiektami dość trwałymi i nie ulegała rozpadowi w czasie przeszło rocznego okresu obserwacji, od odkrycia do zderzenia z Jowiszem (patrz również rozkładówka)



Fot. 4. Obraz upadku pierwszego fragmentu komety P/S–L 9, fragmentu „A", na Jowisza. Zdjęcie zostało wykonane przy pomocy kamery WFPC–2 teleskopu Hubble'a w świetle fioletowym (410 nm) w dniu 16 lipca 1994 o $21^h\ 32^m$ UT czyli w półtorej godziny po przewidywanym upadku. Miejsce zderzenia jest widoczne jako ciemna smuga i półksiężycowy cień w lewej, dolnej części obrazu. Rozmiary tych śladów sięgają kilku tysięcy km. Kometa wpadła do atmosfery Jowisza od strony południowej z kierunku widocznej smugi, pod kątem ok. 45° do pionu w tym miejscu. Półksiężycowaty cień może być pozostałością po opadnięciu na górne warstwy chmur materii „wybitej" z nich w czasie penetracji komety wgłąb atmosfery Jowisza oraz cząsteczek pochodzących z rozpadu spadającego fragmentu jądra komety.

– wewnętrznej struktury i składu jądra kometarnego;
– składu i struktury głębszych warstw atmosfery jowiszowej;
– wewnętrznej struktury Jowisza;
– ogólnych efektów związanych z takim zderzeniem.

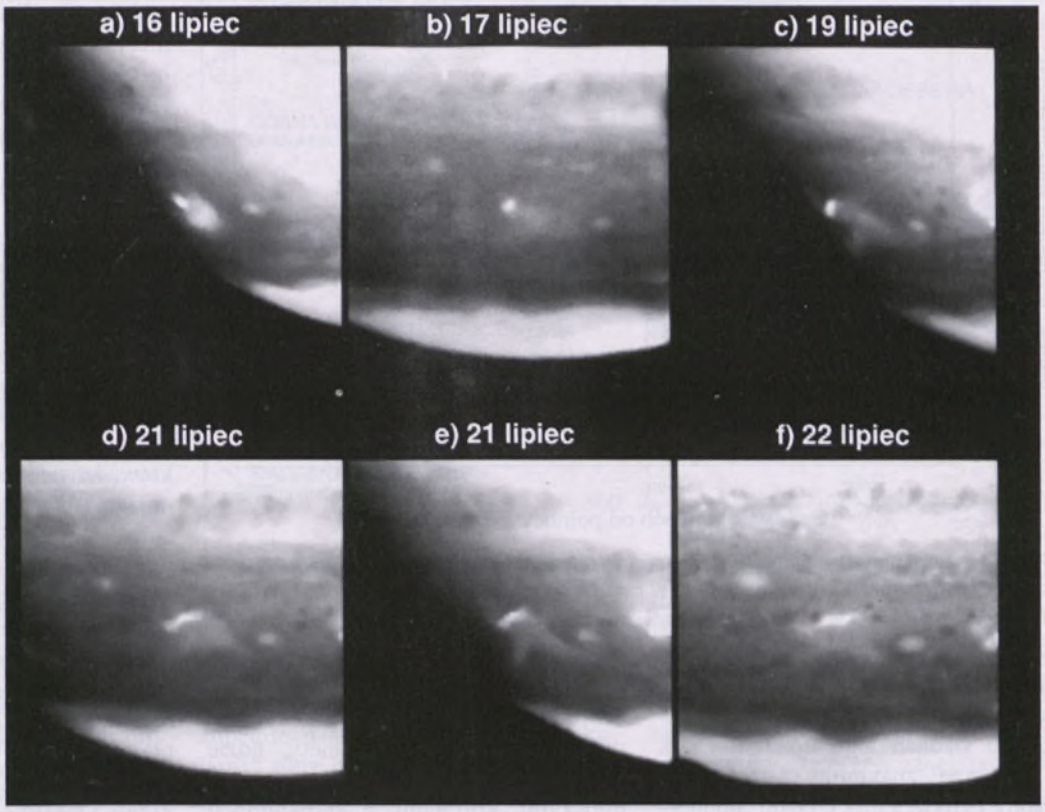
Nie jest to jednak wiedza, którą już w kilka zaledwie tygodni po tragicznej śmierci komety posiadamy. Musimy ją wydobyć dopiero z bezprecedensowej ilości danych, które zostały zebrane w czasie trwania zjawiska, poprzez ich uważną ocenę i analizę naukową, która wymaga pewnego czasu.

Choć wszystkie te problemy są bardzo ważne z naukowego punktu widzenia, to ostatni punkt tej listy musi stanowić przedmiot szczególnego zainteresowania mieszkańców Ziemi z czysto praktycznych powodów. Wielokrotnie już bowiem komety i meteoryty zderzały się z Ziemią i możliwe są podobne zderzenia w przyszłości. Ba, możliwe jest nawet zderzenie Ziemi z asteroidem przed czym astronomowie od pewnego czasu lojalnie przestrzegają. Lipcowa katastrofa kosmiczna stanowi wielką demonstrację naturalnych sił przyrody i raz jeszcze dowodzi, że komety rzeczywiście zderzają się z planetami. Bezpośrednim efektem tego zjawiska była... decyzja Izby Reprezentantów Stanów Zjednoczonych przyznająca NASA dodatkowe środki na poszukiwania asteroidów i komet, które mogą zagrażać Ziemi.

Pierwszym problemem z jakim zetknęli się wszyscy potencjalni obserwatorzy zderzenia komety z Jowiszem był moment zderzenia. Co parę dni obliczane były nowe elementy orbit poszczególnych fragmentów i nowe efemerydy. Na parę godzin przed spadkiem na Jowisza pierwszego fragmentu, P. W. Chodas i D. K. Yeomans z Jet Propulsion Laboratory w Pasadenie podali „końcową", ostateczną efemerydę, która przewidywała momenty zderzenia obu ciał z dokładnością ±0.003 dnia, czyli ok. 4.5 min. (Tab. 1). Rzeczywiste momenty zderzeń miały miejsce na ogół od kilku do kilkunastu minut później niż czas przewidywany. Powodem tego faktu były dwie przyczyny. Pierwsza polegała na precyzji wyznaczenia położenia poszczególnych jąder komety wśród gwiazd. Jądra kometarne nie były widoczne bezpośrednio, a otoczone chmurą pyłu prezentowały się jako rozmyte plamy. Drugim powodem była precyzja, z jaką znaliśmy współrzędne gwiazd, względem których wyznaczana była pozycja komety. Współrzędne tych gwiazd pochodziły z Guide Star Catalog, katalogu ok. 20 mln gwiazd używanego do sterowania teleskopu kosmicznego. Średnio pozycje gwiazd w tym katalogu mają dokładność 0.3 sek. łuku, ale poszczególne gwiazdy mogą mieć błędy pozycji sięgające 1 sek. łuku. I to jest uważane za podstawowy powód, dlaczego przewidywany czas zderzenia był o kilka minut wcześniejszy niż czas rzeczywistego upadku poszczególnych fragmentów komety na Jowisza. W czasie samego spadku poszczególnych fragmentów D. Yeomans liczył przewidywane momenty upadków na Jowisza kolejnych fragmentów wykorzystując pomiary (głównie w podczerwieni) ich położenia w bardzo bliskich

odległościach od Jowisza (niektóre jądra obserwowano na godzinę przed upadkiem) dokonywane przez wielu astronomów. W ten sposób powstawały coraz to bardziej „finalne" efemerydy. Pozderzeniowa analiza danych dostarczyła informacji o zderzeniach z dokładnością ±1.5 minuty.

Jak już powiedzieliśmy wyżej, kometa P/S–L 9 obserwowana była z Ziemi i przestrzeni kosmicznej we wszystkich chyba przedziałach długości fali. W tej akcji miały swój udział prawie wszystkie duże obserwatoria astronomiczne i radioastronomiczne oraz rzesze miłośników astronomii na całym ziemskim globie. Obserwatoria na południowej półkuli były wyraźnie uprzywilejowane dogodniejszym położeniem Jowisza na niebie (deklinacja Jowisza –10°), ale chyba najdzielniej pracowali obserwatorzy w antarktycznym obserwatorium położonym dokładnie na biegunie południowym. Żyli i pracowali w warunkach permamentnej polarnej nocy, a podczas realizacji ich południowobiegunowego eksperymentu w podczerwieni (SPIREX), parokrotnie zaskoczeni zostali (w czasie obserwacji) nagłą i gwałtowną śnieżycą. Trzeba było odkopywać teleskop ze śniegu i prowadzić obserwacje przy silnym wietrze i temperaturze –60° C.



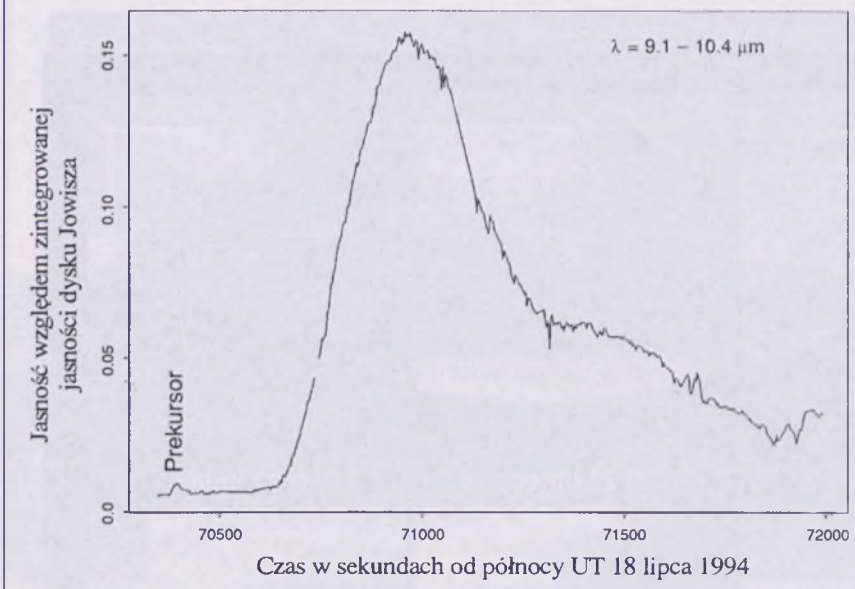
Fot. 5. Ewolucja obszaru upadku fragmentu „A" komety P/S–L 9 z biegiem czasu. Zdjęcia b – f pokazują kolejno obrazy obszaru upadku fragmentu „A" w 19,5, 59,6, 90,4, 109,5 i 129,5 godzin po dokonaniu zdjęcia a. Zdjęcia a, c i e pokazują miejsce upadku na krawędzi obrazu planety gdzie geometria widzenia powoduje wzmocnienie struktury jasnych chmur. Ślad po upadku jądra „A" pozostawał widoczny w atmosferze Jowisza przez około 2 tygodnie.

Doniesienia o pierwszych obserwacjach zderzeń przede wszystkim radośnie upajały się faktem, że zderzenia rzeczywiście nastąpiły i że są tego ślady i to jakie! Później dopiero przychodziła ocena samego zjawiska i próba interpretacji tego co rzeczywiście obserwowano.

Trzeba od razu powiedzieć, że obserwowane efekty zderzeń były bardzo źle skorelowane z wcześniejszą oceną wielkości poszczególnych jąder. O ile np. fragment „A" dostarczył pewną ilość dość spektakularnych zjawisk, to już znacznie jaśniejszy od niego i uważany za większy fragment „B" całkowicie prawie zawiódł oczekiwania i efekty jego zderzenia były tak słabe, że nie widział ich nawet teleskop 5–metrowy na Mt Palomar. Nie najjaś-

Fragment	Moment upadku UT	Fragment	Moment upadku UT
A	$16^d19^h59^m40^s$	N	$20^d10^h20^m02^s$
B	17 02 54 13	P (P2)	20 15 11 55
C	17 07 02 14	Q (Q2)	20 19 31 43
D	17 11 47 00	Q (Q1)	20 19 59 10
E	17 15 05 31	R	21 05 25 56
F	18 00 29 21	S	21 15 10 22
G	18 07 28 32	T	21 18 03 45
H	18 19 25 53	U	21 21 48 30
K	19 10 18 32	V	22 04 16 53
L	19 22 08 53	W	22 07 57 36

Tab. 1. Przewidywane momenty zderzeń komety Shoemaker–Levy 9 z Jowiszem w/g „finalnej" efemerydy P. W. Chodasa i D. K. Yeomansa z 16 lipca 1994.



Rys. 1. Krzywa blasku wybuchu związanego ze spadkiem jądra „H" w promieniowaniu podczerwonym (ok. 10 μm) otrzymana w Europejskim Obserwatorium Południowym w dniu 18 lipca 1994 ok. 19^h26^m UT.

niejszy fragment „G" natomiast spowodował skutki najbardziej spektakularne. O śladach tego upadku, Clark R. Chapman, znakomity astrofizyk z Arizony i znawca ciał Układu Słonecznego (w czasie zderzenia lider zespołów obserwujących Jowisza ze stacji GALILEO i na teleskopie 2.1 m na Kitt Peak) rozesłał do obserwatorów tego zjawiska specjalne „oświadczenie". Jako znawca wszystkich chyba historycznych opisów obserwacji Jowisza, opisów Hooke'a i Cassiniego, relacji 19 i 20–wiecznych obserwatorów zawartych w kronikach Brytyjskiego Towarzystwa Astronomicznego i obserwator Jowisza od czasów swojej młodości, pragnął stwierdzić, że upadek jądra „G" wywołał na tarczy Jowisza „the most visually prominent discrete spot ever observed on Jupiter" i że jesteśmy świadkami prawdziwie historycznego momentu. Spodziewano się jeszcze silniejszych „wrażeń" w czasie spadku największego i najjaśniejszego fragmentu komety, fragmentu „Q", ale niestety, ten upadek nie spełnił oczekiwań. Natomiast fragment „L" spowodował dość jasny rozbłysk, a ślad po jego upadku trwał przez wiele tygodni. Stosunkowo niewielki fragment „W" uderzył w jasny pas planety, gdzie atmosfera była już podgrzana wcześniejszymi kolizjami i spowodował gigantyczny rozbłysk, który szybko, po 7 sekundach, zgasł.

Żaden z wcześniejszych modeli mającego nastąpić zjawiska nie był całkowicie poprawny. Najbliższy obserwowanej rzeczywistości był chyba model Kevina Zahnle'a z NASA i Mordecai–Marka MacLowa z Chicago. Model ten przewidywał wejście monolitycznego jądra kometarnego w głąb atmosfery, jego rozgrzanie i wybuch wynoszący na i nad „powierzchnię" planety gorącą materię z wnętrza jej atmosfery zmieszaną z pozostałościami wybuchu jądra kometarnego.

Najpiękniej historię zderzenia komety P/Shoemaker–Levy 9 z Jowiszem przedstawiają prezentowane w tym zeszycie Postępów Astronomii zdjęcia wykonane teleskopem kosmicznym Hubble'a[1]. Obszerne komentarze zawarte w podpisach do tych zdjęć stanowią dość wyczerpujący opis obserwowanych zjawisk.

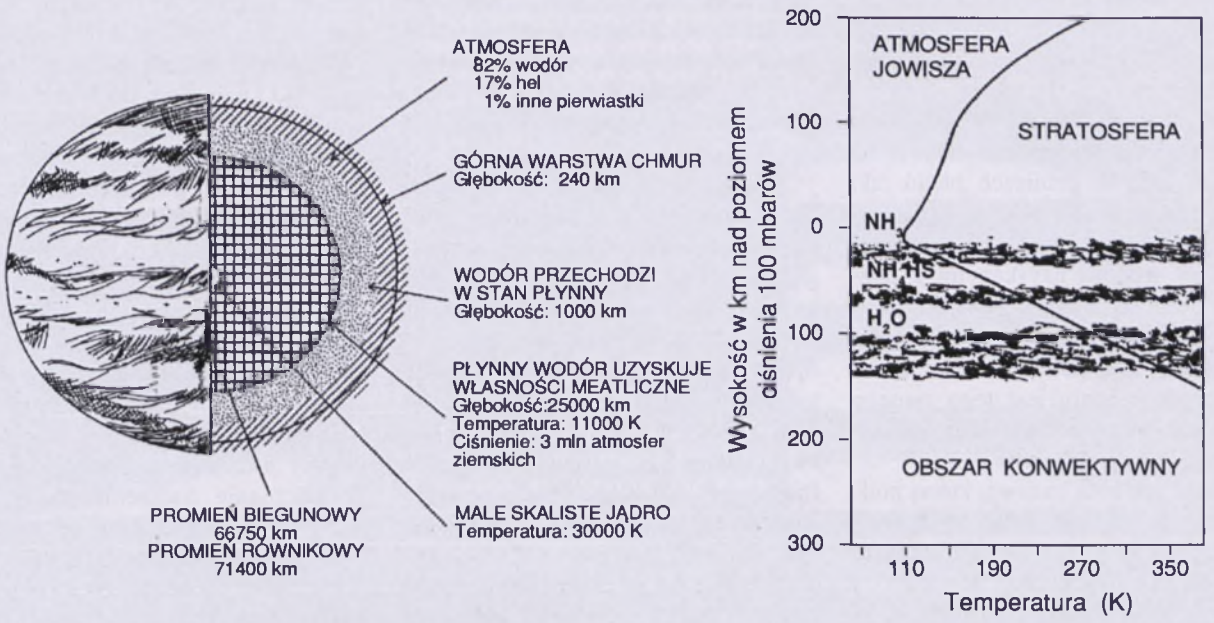
Wszystkie zderzenia nastąpiły prawie w tym samym miejscu planety względem jej środka. Wszystkie fragmenty zbliżały się do planety od jej południowej strony i wpadały do atmosfery pod kątem około 45°. Miejsce upadku było położone na szerokości planetograficznej południowej –44°—45° i od 4° do 9° w długości za wschodnim brzegiem tarczy Jowisza widzianej z Ziemi, po jego nocnej stronie. Ponieważ Jowisz obraca się dookoła własnej osi, miejsca upadku utworzyły plamisty pas wokół planety.

Scenariusz zjawiska wyglądał następująco. W momencie upadku T_0 następował rozbłysk widoczny tylko ze stacji GALILEO. Po 1 minucie rozbłysk ten był widoczny z Ziemi na skutek odbić w atmosferze Jowisza. Po następnych 5 minutach pojawiał się dla obserwatorów z Ziemi wierzchołek pióropusza (po angielsku: plume) materii wyrzuconej w czasie wybuchu. Pióropusz ten był całkowicie widoczny na krawędzi tarczy Jowisza już po 10 minutach, aby w ok. 20 minut po wybuchu osiągnąć swój maksymalny blask w podczerwieni, a po 60 minutach swe największe rozprzestrzenienie. Zapadający się pióropusz tworzył płaską strukturę nazwaną „naleśnikiem", która trwała przez szereg dni i powoli rozpływała się w atmosferze. Rozmiary tej płaskiej struktury były nieraz porównywalne lub nawet większe od rozmiarów Ziemi. Obserwowano je dla wszystkich fragmentów zderzającej się komety, z wyjątkiem fragmentów „T" i „U". Niektóre z pióropuszy osiągały wysokość ok. 2000 km powyżej warstwy amoniakalnych chmur jowiszowych. W stosunku do wcześniejszych modeli, pióropusze albo wznosiły się na większe wysokości, albo pozostawały bardziej nieprzezroczyste, a więc łatwiej odbijające światło słoneczne niż przewidywano. Są dowody na to (np. obecność nadtonowych emisyjnych pasm CO w zakresie 2.2 – 2.4 μm, czy obserwacje w zakresie 10 mikrometrów), że były to struktury gorące, w których temperatura dochodziła nawet do tysięcy stopni, ale stosunkowo szybko opadała. Rozkład tej temperatury z długością fali nie odpowiadał rozkładowi energii ciała doskonale czarnego, miał raczej charakter płaski i wskazywał na to, że struktury te były utworzone z zamarzniętych cząstek gazowych.

W różnych długościach fali zjawisko tu opisane miało trochę inny przebieg. W szczególności np. pióropusz „opadał" szybciej w dłuższych falach podczerwonych niż w krótszych i był przezroczysty w zakresie optycznym i ultrafioletowym.

W zakresie optycznym i w UV widzieliśmy natomiast struktury podobne do kraterów w chmurach jowiszowych. Obserwowano też pierścienie tworzące

[1] poza fotografiami 6, 7, 9.



Rys. 2. Struktura wewnętrzna Jowisza i profil jego atmosfery.

się i rozchodzące, często asymetrycznie, od miejsca upadku. Centralny „otwór" krateru wydawał się bardzo głęboki, był bardzo ciemny, zawierał bowiem materiał o bardzo małej zdolności odbijania promieniowania ultrafioletowego.

Charakterystycznym fenomenem obserwowanym w czasie spadku komety P/S–L 9 na Jowisza był brak zjawisk podobnych do spadku meteorytów w ziemskiej atmosferze – śladów „spadających gwiazd". Były natomiast rozbłyski związane z wybuchami poszczególnych jąder i fontanny materii wyrzucanej wysoko w atmosferę (opisane powyżej pióropusze) oraz chmury tworzące się z opadającej po wybuchu materii. Spodziewano się, że zachodzące na planecie wybuchy znajdą swoje odbicie w zmianach jasności księżyców Jowisza. Duże nadzieje wiązano z obserwacjami tego zjawiska zwłaszcza na charakteryzującym się dużą zdolnością odbijającą lodowatym satelicie Europa. W istocie jednak chyba nie zanotowano żadnego wiarygodnego stwierdzenia takiego faktu. Dla jednego ze zderzeń obserwowano trwającą kilka minut zmianę koloru satelity Io, ale to spowodowane było nie przez rozbłysk w czasie zderzenia, ale raczej przez rozwijający się pióropusz. W kilku przypadkach, w czasie upadku niektórych fragmentów obserwowano w podczerwieni jak gdyby podwójny wybuch. Najpierw pojawiał się wstępny wybuch o małej mocy (prekursor) trwający kilka sekund, a gdy on prawie zupełnie osłabł następował spektakularny, silny błysk trwający kilkanaście sekund. Rys. 1 przedstawia krzywą blasku takiego zjawiska obserwowanego w Europejskim Obserwatorium Południowym (ESO) w podczerwieni, na fali ok. 10 mikrometrów, w czasie spadku jądra „H". Po 15 minutach od upadku fragmentu „H" jasność powierzchniowa pióropusza w paśmie 9.1 – 10.4 μm osiągnęła wartość 50 razy większą od jasności planety. Natomiast jego całkowita jasność była porównywalna z jasnością Jowisza, a średnica osiągnęła 20 tysięcy kilometrów. Najefektowniej zjawisko prekursora wystąpiło przy spadku fragmentu „K" na fali 2.3 mikrometra.

Bardzo ważnym i ciekawym zagadnieniem było pytanie, jak głęboko jądra kometarne mogą penetrować w atmosferę Jowisza zanim eksplodują. Jeśli poszczególne fragmenty byłyby duże i monolityczne, mogłyby wejść głębiej, a ich wybuchy spowodować wydostanie się na powierzchnię i do stratosfery Jowisza materii jego wnętrza, a w szczególności hipotetycznej wody zawartej w głębszych pokładach chmur tej planety. Ta materia mogłaby być mierzalna spektroskopowo. Głęboka penetracja mogłaby również spowodować falę sejsmiczną, która po przejściu przez wnętrze planety dawałaby widoczne efekty na powierzchni. Gdyby natomiast poszczególne fragmenty komety były luźnymi skupiskami brył materii meteorytowej, spowodowałyby raczej efekt bliższy zjawisku deszczu meteorytów, bez znaczącej penetracji wgłąb planety. Lipcowe obserwacje pokazały jasno, że mieliśmy do czynienia raczej z monolitycznymi jądrami w postaci zwartych brył materii, której gęstość wynosiła ok. 0.5 g/cm^3 (jak śnieg zmieszany z pyłem i ściśnięty w twardą śnieżkę). Niemniej jednak fragmenty „B", „F", „U" i „V" wydają się dość zagadkowe. Jest zaledwie kilka marginalnych komunikatów o efektach ich upadków na Jowisza. Zapewne więc nie wszystkie fragmenty jądra komety P/Shoemaker–Levy 9 były takie same. Monolityczne jądra często przebijały warstwy chmur krystalicznego NH_3, ale nie naruszyły najgłębiej położonych warstw H_2O.

Schematycznie naszą wiedzę o strukturze wewnętrznej Jowisza i jego atmosfery przedstawia Rys. 2. Jesteśmy przekonani, że Jowisz musi posiadać

ciągle jeszcze skład pierwotnej mgławicy, z której utworzył się System Słoneczny, bowiem masa planety jest dostatecznie duża, aby utrzymać wszystkie pierwiastki lekkie, w tym i wodór. Dotychczasowe wyznaczenia stosunku obfitości wodoru do helu na Jowiszu dają w granicach błędu taki sam stosunek jak na Słońcu. Tak samo jest ze stosunkami węgla do wodoru i azotu do wodoru uzyskanymi z poznanej obfitości metanu (CH_4) i amoniaku (NH_3) w atmosferze Jowisza. Ponadto wydaje się, że stosunek ilości deuteru do wodoru jest tego samego rzędu co w ośrodku międzygwiazdowym.

Jowisz jest kulą gazową, której podstawowymi składnikami są wodór (82%) i hel (17%). Pozostałe związki stanowią zaledwie około 1% składu tej planety. W jej wnętrzu, na głębokości zaledwie kilka tysięcy kilometrów poniżej widocznej warstwy chmur, ciśnienie staje się tak wielkie, że wodór zmienia swój stan z gazowego na płynny. Jeszcze głębiej ten płynny wodór przyjmuje własności metaliczne. W samym centrum planety znajduje się małe, lodowato–skaliste jądro, a jego temperatura sięga 30 tysięcy stopni.

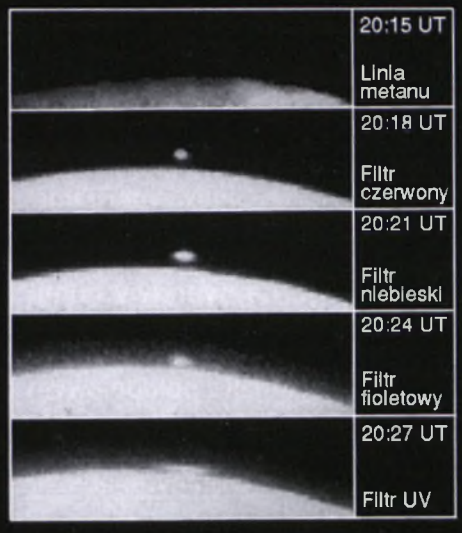
Oprócz amoniaku i metanu, których obecność jako głównych składników atmosfery Jowisza była znana od dawna, odkryto w atmosferze tej planety, na ogół w niewielkich ilościach, następujące związki: H_2O, PH_3, HCN, GeH_4, CO, C_2H_2, C_2H_4, C_2H_6, $^{13}CH_4$, HD i CH_3D. W tej atmosferze, na poziomie ciśnienia około 1 do 0.1 bara znajduje się dolna podstawa najwyższej warstwy chmur utworzonych głównie z kryształków NH_3. Górną granicę tych chmur (poziom ciśnienia około 100 milibarów) uważamy za „powierzchnię" planety. Niżej, na poziomie ciśnienia równym paru barom (około 50 km głębiej) znajduje się kolejna warstwa chmur, tym razem złożona z krystalicznego NH_4SH. Związek ten jest zapewne pochodną amoniaku (NH_3) i siarczku wodoru (H_2S). Najgłębiej, około 100 km (kilka, do 10 barów) pod „powierzchnią" zalegają chmury, których głównym składnikiem jest woda w postaci kryształków lodu lub nawet płynnych kropel.

Mamy więc dość precyzyjne pojęcie o głębokości jaką w atmosferze Jowisza penetrowały jądra komety. Były to głębokości na poziomach ciśnień sięgające od milibarów do najwyżej kilku barów. Natomiast pozostające na tarczy Jowisza plamy, czasem nawet tak wielkie jak słynna „Czerwona Plama" (na ogół większe w UV niż w IR), na przykład chmury CH_4 powstałe po upadku fragmentu „A" zalegały dużo wyżej w atmosferze, na poziomie kilku milibarów. Upadek fragmentu „A" prawdopodobnie nie sięgnął nawet poziomu chmur NH_3, gdyż amoniak nie został wyrzucony do stratosfery przez eksplozję jądra. Ślady po upadku fragmentu „A" pozostawały w atmosferze Jowisza przez 2 tygodnie.

Jaką była materia wyrzucana z Jowisza w czasie kometarnych wybuchów? Odpowiedzieć na to pytanie miały obserwacje spektroskopowe. Myślą przewodnią tych obserwacji była chęć uchwycenia zmian, poprzez pomiary linii widmowych czułych na zmianę składu chemicznego atmosfery Jowisza. Obserwacje te prowadzone różnymi metodami i w różnych zakresach spektralnych stwierdziły występowanie w śladach zderzeń następujących atomów: Na, Li, Mg, MgII, Mn, Fe, Si, SiII i S oraz molekuł CH_4, NH_3, H_2, N_2, CO, H_2O, HCN, CH_2, H_2S, CS, CS_2, S_2, CH_3D, OH^+ i H_3^+. Obfitość poszczególnych gazów zmieniała się od miejsca do miejsca sugerując z jednej strony, że różne fragmenty komety penetrowały atmosferę Jowisza do różnych głębokości, a z drugiej, że fragmenty te różniły się między sobą. Większość zauważonych zmian i „nowych" w atmosferze Jowisza atomów i molekuł może być wytłumaczona poprzez obecność w niej materii kometarnej. Linie atomowe na przykład pochodzą zapewne ze wzbudzenia materiału zawartego w jądrach komety. Niektóre z tych pierwiastków (z wyjątkiem litu) obserwuje się w czasie bardzo wielkich zbliżeń komet do Słońca. Typowym przykładem jest tu kometa Ikeya–Seki (1965 VIII), która przeszła w odległości zaledwie około 0.04 jednostki astronomicznej od naszej dziennej gwiazdy. Wodę odkryto w pióropuszu fragmentów „G" i „K" w stratosferze Jowisza. Występowała od momentu pojawienia się odpowiednich pióropuszy i znikała po około 30 minutach. H_2O na pewno pochodzi z komety, podobnie jak OH^+ (co dodatkowo jest silnym argumentem za kometarną naturą spadającego ciała), a H_2S raczej z drugiej warstwy chmur jowiszowych, choć też niedawno odkryto ten związek w widmach komet. S_2 prezentował silne pasma absorpcyjne w zakresie λ 255 – 293 nm. NH_3 jest zwykle uważany za molekułę macierzystą dla obserwowanych w kometach rodników NH_2 i NH, ale przecież jest to też główny składnik atmosfery Jowisza. Wzmocnienie natężenia pasm NH_3, H_2S i S mogło być wynikiem ogrzania i odparowania chmur NH_4SH i NH_3. Jeżeli siarka pochodziłaby z komety, to powinniśmy oczekiwać zwiększenia obfitości molekuł zawierających węgiel i tlen. Wodór molekularny H_2 obserwowany był w jego liniach kwadrupolowych, a H_3^+ w postaci bogatej struktury linii emisyjnych wokół λ 3.534 mikrometra. Struktura rotacyjna widma tego jonu wskazywała na temperaturę ok. 1000 stopni i podlegała dramatycznym zmianom. Szerokość połówkowa obserwowanych linii widmowych wskazuje na turbulencje rzędu od 2 do 5 km/s, (wyjątkowo do 10 km/s) w obszarach występowania odpowiednich emisji. Niektóre z obserwowanych molekuł nie były wcześniej znane ani w atmosferze Jowisza, ani w kometach. Ich pojawienie się związane jest niewątpliwie z bombardowaniem Jowisza przez kometę. Niektóre jądra miały chyba dużą zawartość węgla. Poszukiwano i nie znaleziono następujących związków: SO, SO_2, CO^+, CH_3OH i HC_3N.

W czasie upadków ostatnich fragmentów komety obserwowano pojawienie się na podczerwonych zakresach fal struktur na północnej półkuli Jowisza, dokładnie na przeciw dużych śladów upadków na półkuli południowej. Chociaż jest możliwość, że są to fale sejsmiczne, które przewędrowały przez planetę, na ogół uważa się, że struktury te zostały utworzone przez materiał wyniesiony na skutek eksplozji w górne warstwy atmosfery, który został przetransportowany do północnej półkuli przez bardzo silne pole magnetyczne Jowisza. Spowodowało to aktywność zorzową w tych małych szerokościach planetograficznych. Zjawisko podob-

Fot. 6. Pióropusz materii widoczny podczas uderzenia fragmentu „A" (Sterne und Weltraum 10/94).

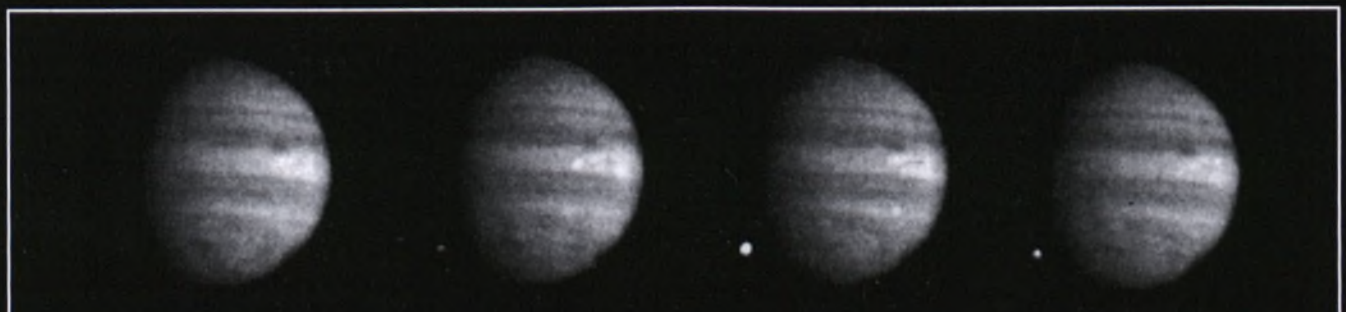


Fot. 7. Pióropusz materii widoczny podczas uderzenia fragmentu „G" (Sterne und Weltraum 10/94).

Fot. 8. Fotografie obok przedstawiają miejsce upadku fragmentów „D" i „G" komety Shoemaker–Levy 9 na Jowisza. Najsilniejszy ślad pozostał po upadku fragmentu „G", który nastąpił 18 lipca o 7^h28^m UT. Fragment ten wpadł do atmosfery Jowisza od strony południowej pod kątem 45° w stosunku do pionu w miejscu upadku i spowodował „wyrzut" materii z Jowisza w kierunku przeciwnym do kierunku upadku. Mniejszy ślad na lewo od śladu fragmentu „G" został utworzony w dniu 17 lipca 94 o 11^h45^m UT przez upadek fragmentu „D".

Obraz lewy został uzyskany przez filtr zielony (555 nm) w 1 godzinę i 45 minut po zderzeniu się fragmentu „G" z planetą. Ślad fragmentu „G" ma centralną ciemną plamę, której średnica wynosi ok. 2500 km. Plama ta jest otoczona koncentrycznymi ciemnymi pierścieniami: cienki, wewnętrzny pierścień ma średnicę 7500 km, a zewnętrzny, gruby pierścień ma średnicę 12000 km czyli jest tak duży jak glob ziemski. Ten półksiężycowaty obiekt został oczywiście utworzony przez materię wyrzuconą wysoko do stratosfery Jowisza wczasie eksplozji spowodowanej upadkiem fragmentu „G". Prawdopodobnie składać się może z drobnych cząsteczek siarki powstałych w czasie eksplozji. Natomiast cienki pierścień wewnętrzny może być falą rozchodzącą się od miejsca wybuchu.

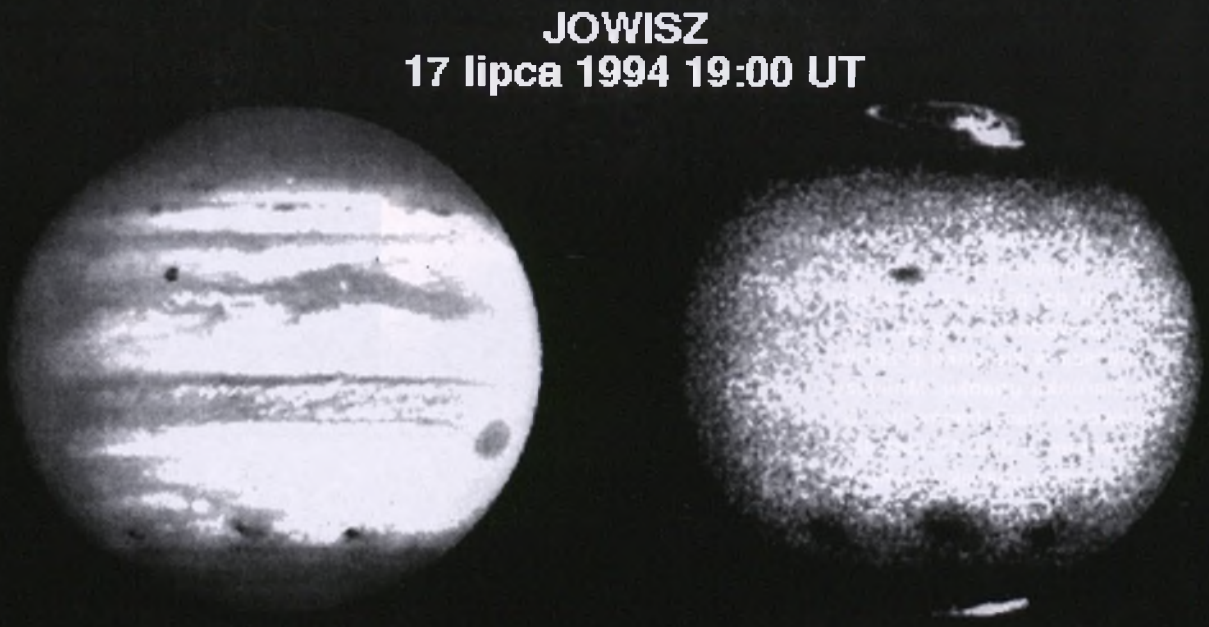
Prawy obraz pokazuje ten sam region w świetle podczerwonym pasm metanu (889 nm). Ciemna przestrzeń wokół jasnego miejsca upadku zdradza obecność chmur metanowych, które absorbują światło słoneczne na fali 889 nm. Miejsce upadku ukazuje się jako bardzo jasna plama z powodu odbicia światła słonecznego od materiału, głównie aerozoli, wyrzuconych znacznie powyżej warstw chmur metanowych.



Fot. 9. Sekwencja czterech zdjęć pokazująca upadek fragmentu „W". Zdjęcia wykonano 22 lipca 1994 z pokładu sondy kosmicznej GALILEO (Sterne und Weltraum 10/94).

Fot. 10. Obrazy Jowisza w świetle ultrafioletowym. Przedstawione tu obrazy zostały uzyskane kamerą planetarną WFPC–2 Teleskopu Kosmicznego Hubble'a odpowiednio w widzialnym świetle ultrafioletowym (UV 310 – 360 nm) i w tzw. dalekim ultrafiolecie FUV (140 – 210 nm) w odstępie 20 minut w dniu 17 lipca 1994 około godz. 19–tej UT. Widzimy na nich ślady po miejscach upadku fragmentów (od lewej do prawej strony) „C", „A" i „E" odpowiednio w 12, 23 i 4 godziny od momentu zderzenia. Ciemna plama lekko powyżej i na lewo od środka dysku to satelita Jowisza Io. Słynna Wielka Czerwona Plama (jej rozmiary sięgają 13 x 20 tys km) znajduje się blisko wschodniego brzegu planety na obrazie w UV.

W obu barwach widzimy planetę w świetle odbitym przez atmosferę. Światło fioletowe (UV) sięga do górnej warstwy chmur jowiszowych, natomiast daleki ultrafiolet (FUV) osiąga tylko stratosferę około 100 km powyżej warstwy chmur. Ziarnista struktura obrazu Jowisza w FUV jest spowodowana słabym blaskiem planety w tej barwie. W rejonach biegunowych planety, zarówno na północnym jak i południowym biegunie, na obrazie w FUV widzimy jasne obszary zorzowe. To świecenie powstaje, gdy naładowane elektrycznie wysokoenergetyczne cząstki z magnetosfery jowiszowej zderzają się z molekularnym wodorem w wysokiej atmosferze. Zorze sąsiadują bezpośrednio z ciemnymi obszarami wokółbiegunowymi. Te obszary są świadectwem występowania tam mgieł.



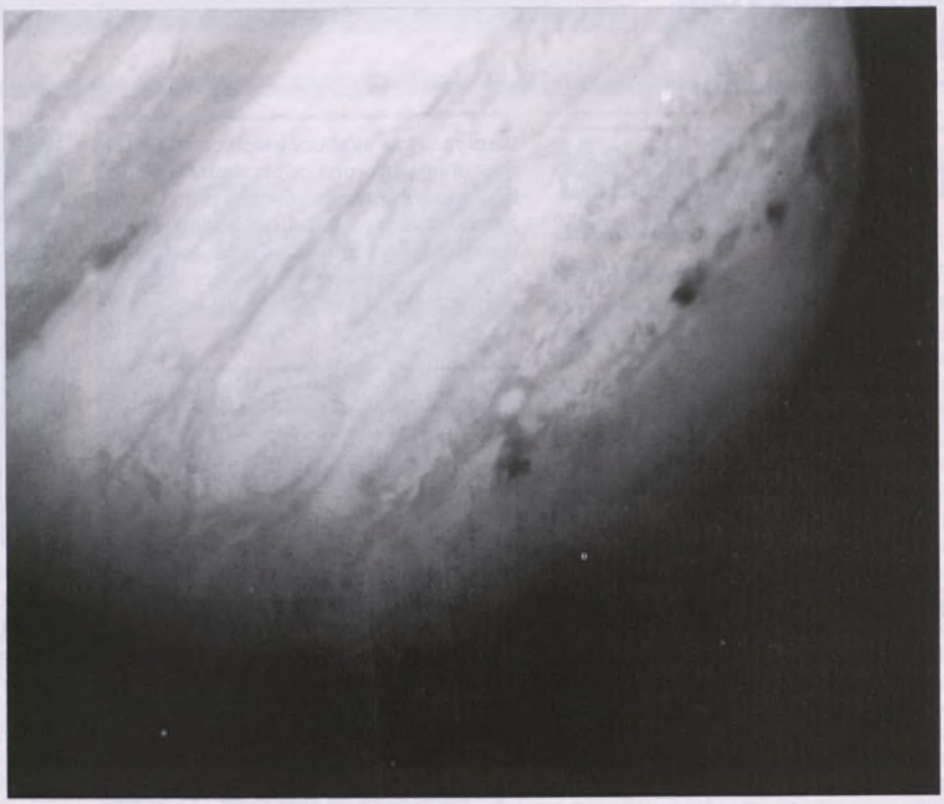
W widzialnym UV miejsca upadku fragmentów komety widoczne są jako ciemne plamy z półcieniowymi (dyfuzyjnymi) otoczkami. W świetle FUV miejsca upadku wydają się większe i ciemniejsze. Spowodowane to jest faktem, że światło FUV jest bardziej czułe na małą nawet ilość cząsteczek oraz być może również tym, że poziome wiatry w wysokiej atmosferze Jowisza mają większą szybkość. Głębsza czerń tych miejsc jest też spowodowana obecnością większej ilości molekuł absorbujących w dalekim UV oraz rozproszonych mgieł i pyłów. Materiał ten jest zapewne złożony z gazów pochodzących z niższej atmosfery Jowisza, jak również lotnych produktów rozpadu komety. W czasie uderzenia komety w Jowisza produkty zderzenia zostały niewątpliwie wybite z głębszych warstw atmosfery planety i wyrzucone do jej stratosfery i termosfery. Ponadto pozostały w wyższych warstwach atmosfery, wzdłuż trajektorii spadających ciał, produkty ablacji poszczególnych fragmentów jądra kometarnego i otaczających je pyłów i gazów.

Śledzenie rozwoju ciemnych plam na obrazach w FUV dostarczyło po raz pierwszy informacji o wielkości i kierunkach wiatrów wiejących w górnych warstwach atmosfery Jowisza. Natomiast monitorowanie obszarów zorzowych przez kamery WFPC–2 i FOC teleskopu kosmicznego prowadzone było w nadziei znalezienia wpływów przejścia komety przez magnetosferę jowiszową i zmian spowodowanych przez nią w górnej atmosferze. Efekty tych zmian mogą być związane ze zmianami w promieniowaniu radiowym Jowisza.

nej natury zostało też zaobserwowane 45 minut po upadku fragmentu „K", ale w ultrafiolecie i bliżej bieguna północnego. Badania w zakresie podczerwonym wskazują, że bardzo drobne cząsteczki pyłu pozostają zawieszone w atmosferze, wysoko nad miejscami upadków, przez wiele tygodni. Wysoka atmosfera stygła zwykle do normalnej temperatury w czasie paru dni, natomiast w niższej atmosferze miejsca upadku pozostawały długo trochę cieplejsze niż ich okolice.

Przewidywano zmiany w emisji radiowej Jowisza gdy kometarny pył wtargnie do jego atmosfery, ale przy spadku pierwszych kilku jąder nie było doniesień o zauważeniu takich efektów. Dopiero przy upadku fragmentu „G" zauważono znaczne zmiany. Na 31 minut przed przewidywanym momentem upadku w Chinach i w Indiach obserwowano silny, trwający około godziny, wybuch na częstościach dekametrowych (20 – 26 MHz). Zinterpretowano go jako emisję cyklotronową, gdy dużych rozmiarów fragment „G" wpadał z dużą prędkością do dolnej magnetosfery Jowisza. Moc wybuchu była na poziomie jasności galaktycznego promieniowania tła. Gdy jądro „G" przechodziło przez magnetosferę Jowisza obserwowano również emisję linii MgII. Generalnie, w czasie upadków poszczególnych fragmentów komety na Jowisza mieliśmy średnio niewielki (20 do 30 %) wzrost promieniowania synchrotronowego tej planety.

ULYSSES obserwował Jowisza ze swej drogi nad południowy biegun Słońca w częstościach radiowych od 1 kHz do 1 MHz przy pomocy swego bardzo czułego odbiornika fal radiowych i plazmowych (URAP). Stwierdził dużą aktywność (ale nie wychodzącą poza „normę") zarówno Jowisza jak i Słońca w tym zakresie promieniowania, ale nie zarejestrował emisji radiowych związanych ze spadkami poszczególnych jąder (nawet jądra „G").



Fot. 11. Obraz Jowisza z dnia 21 lipca 1994 po upadku na tę planetę wielu fragmentów komety P/S–L 9. Widocznych jest 8 śladów zderzeń. Od lewej strony do prawej mamy: na skraju planety, ledwo widoczny ślad po upadku fragmentów „E" i „F", następnie w formie wieloramiennej gwiazdy ślad na miejscu upadku fragmentu „H", dalej słaby ślad po upadku drobnego „N", „Q1", małego „Q2" i „R", a na prawym skraju kompleks fragmentów „D" i „G". Ten ostatni kompleks ukazuje również rozległą „mgłę" sięgającą aż do krańca obrazu planety. Wszystkie te ślady zmieniają swe kształty, ewoluują, w skali czasowej godzin i dni. Zdjęcie kolorowe zostało uzyskane ze złożenia czarno–białych zdjęć zrobionych w pasmach 410, 555 i 953 nm. Jego zdolność rozdzielcza jest lepsza niż 200 km na planecie.

VOYAGER 2 obserwował Jowisza od 8 lipca do 17 sierpnia 94 ultrafioletowym spektrometrem w zakresie λ od 50 do 170 nm. Wstępna analiza tych obserwacji nie wykryła żadnych znaczących śladów rejestracji zderzeń komety z Jowiszem. Odległość Voyagera 2 od Jowisza w czasie obserwacji wynosiła przeszło 6 miliardów kilometrów.

Nie obserwowano żadnych zmian w pyłowych pierścieniach Jowisza, ani w torusie związanym z satelitą Io wypełnionym materiałem będącym rezultatem aktywności wulkanicznej tego satelity. Spadek komety na Jowisza nie spowodował żadnych zaburzeń orbity tej planety ani jej rotacji wokół osi. Żaden z padających fragmentów nie przebił się do środka planety, ani nie spowodował na niej wybuchów nuklearnych. Nie miała też ta katastrofa żadnego wpływu na życie na Ziemi, jeśli nie liczyć nie przespanych nocy i pracowitych dni tych istot, które pilnie śledziły ten niezwykły spektakl. Ale nasze rozumienie fizyki atmosfery Jowisza i fizyki jej zderzenia z innym ciałem będzie musiało ulec gruntownej rewizji. W nowej analizie będziemy musieli uwzględnić zarówno wszystko to co obserwowaliśmy, jak i to czego, wbrew przewidywaniom, nie zdołaliśmy dostrzec w lipcowym widowisku.

Andrzej Woszczyk – astrofizyk z Instytutu Astronomii UMK w Toruniu – z prawdziwą pasją poświęcił półtora miesiąca swojego cennego, profesorskiego czasu na pieczołowite zbieranie informacji na temat opisanego w artykule wydarzenia. Iście benedyktyńska to była praca, gdyż w tym czasie niedostępne były jakiekolwiek inne publikacje przeglądowe, utonąć natomiast można było w powodzi suchych, często ze sobą sprzecznych komunikatów i informacji. Poza tym Autor artykułu zajmował się ostatnio (niekoniecznie zgodnie z własną wolą) intensywną hodowlą kociąt rasy... europejskiej czarnej, pręgowonej i łaciatej. Gdyby ktoś z Czytelników zechciał zaopiekować się którymś z przemiłych dachowców, na pewno ucieszy to Profesora.

Bolid Tunguski

Ten najsłynniejszy bolid zaobserwowano rankiem 30 czerwca 1908 roku na Syberii. Wybuch nastąpił w atmosferze i nie pozostawił żadnego krateru ani większych odłamków, jedynie mikroskopowej wielkości kropelki zastygłego materiału oraz wielkie połacie powalonych drzew. Przypuszcza się, że bolid ten był fragmentem komety Encke'go.

E. K.

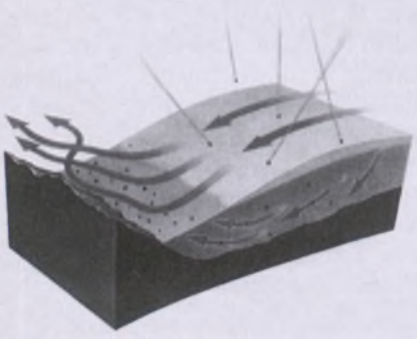
Bolid Allende

Allende spadł w nocy 8 lutego 1969 r, w stanie Chihuahua, Meksyk. Był widoczny na całym południu USA. Rozpadł się w locie na tysiące odłamków. Nazajutrz zebrano prawie 2 tony meteorytów. Okazało się, że należą do rzadkiej grupy chondrytów węglistych.

E. K.

Meteoryty na Antarktydzie

Okazuje się, że rajem dla zbieraczy meteorytów jest Antarktyda, gdzie meteoryty „zbierają się same". Ruch lodowca napotyka czasem na blokadę skał, które go wypychają do góry, lód sublimuje pod wpływem silnych wiatrów, a obecne w nim ewentualnie grudki meteorytów



akumulują się w jednym praktycznie miejscu. Dzięki temu na Antarktydzie zebrano już wiele tysięcy „czarnych kamieni", a w tym szereg rzadkich okazów: cztery spośród nich mają skład identyczny ze skałami księżycowymi, tak więc mogą być one odpryskami z upadków meteorytów na powierzchnię naszego naturalnego satelity. Podobnie też inny meteoryt znaleziony na Antarktydzie jest posądzany o marsjańskie pochodzenie.

E. K.

Murchison

Niebywałym zbiegiem okoliczności był w 1969 roku spadek chondrytu węglistego w Murchison (Australia) i równoczesne przygotowania laboratoriów amerykańskich do badania gruntu księżycowego. Wyniki badania tego meteorytu dały wręcz rewelacyjne rezultaty! Wykryto w nim takie związki organiczne jak: węglowodory, kwasy tłuszczowe i dwukarboksylowe, alkohole, aldehydy, aminy i aminokwasy. Tych ostatnich zidentyfikowano przeszło 70 z czego tylko 19 spotyka się na Ziemi. Ze względu na zawartość wody (ok. 12%) podejrzewa się kometarne pochodzenie tego meteorytu.

J.D.

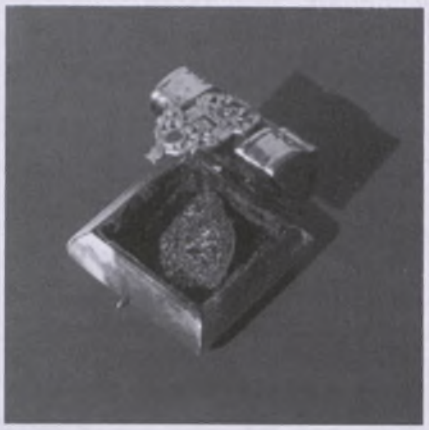
Ahnighito

Ahnighito, inaczej „Namiot" jest znany Eskimosom z północnej Grenlandii co najmniej od roku 1818. Jego masa wynosi 34 tony. Przypuszcza się, że spadł na Ziemię 10000 lat temu. Jego mniejsze odłamki znane są pod nazwą „żelazo z Cape York", które służyło Eskimosom od niepamiętnych czasów do wyrobu ostrzy harpunów i noży. W 1897 roku podróżnik Robert E. Pery zdołał przetransportować kolosa do brzegu, załadować na swój statek i przewieźć do Nowego Jorku. Nawigacja podczas tej podróży była bardzo utrudniona, bowiem kompas odmawiał posłuszeństwa, kiedy na pokładzie była taka góra żelaza.

E. K.

Cenniejsze niż złoto

W 1920 roku, gdy profesor biologii Harvey Nininger rozpoczynał kolekcjonowanie meteorytów, ich cena wynosiła około jednego dolara za funt (453.6 g).



Obecnie ceny u handlarzy meteorytami kształtują się w przedziale od jednego do kilkudziesięciu dolarów za gram! Najdroższe są chondryty z grupy SNC podejrzane o marsjański rodowód. Okruch takiego meteorytu (shergottyt Zagami, 3 gramy) można zobaczyć w Polsce tylko w Planetarium Olsztyńskim.

J. D.

Meteoryt Hoba

Największy na świecie pojedynczy egzemplarz meteorytu, wciąż leży częściowo zagrzebany w miejscu swojego upadku – na farmie niedaleko Grootfontein, północna Namibia. Jego waga to 66 ton, zbudowany jest głównie z żelaza, rozmiary: ok. 3m × 3m × 1m. Znaleziony został w 1920r. Bardzo gruba skorupa rdzy świadczy, że spadł on tysiące lat temu. Nie jest on stowarzyszony z żadnym kraterem, co być może można tłumaczyć bardzo małym kątem upadku.

E. K.

Mikrometeoryty

Jeśli jadłeś dziś na obiad sałatę, to prawdopodobnie zjadłeś kilka meteorytów" – powiada prof. Donald Brownlee z Univ. of Washington, zajmujący się pyłem pochodzenia pozaziemskiego. Bardzo małe ziarenka materii, np. z warkoczy komet, bardzo szybko wytracają swoją prędkość już w zewnętrznych warstwach ziemskiej atmosfery i wobec tego spadają bardzo powoli, bez zjawiska świecenia czy też topienia się ich zewnętrznej warstewki. Na co dzień spadają na Ziemię setki ton materiału meteorytowego i właśnie 99% tej ilości

to pyłki nie przekraczające rozmiarami ziarenek piasku. Jedną z metod zbierania pyłów pochodzenia kosmicznego jest wystawianie specjalnych taśm samoprzylepnych z pokładów samolotów lecących na dużej wysokości. Inna metoda to przeciąganie silnymi magnesami po dnie oceanu dla schwytania mikrometeorytów zawierających żelazo.

E. K.

Krater w Arizonie

Ten najsłynniejszy krater meteorytowy powstał jakieś 50000 lat temu. Znajduje się on w pobliżu kanionu Diablo, pomiędzy miejscowościami Winstow a Flagstaff. Ma szerokość ok. 1 km, otoczony jest wałem o wysokości 37 m w stosunku do otaczającej go równiny i 175 m w stosunku do dna. Do jego powstania przyczyniła się fala uderzeniowa towarzysząca spadkowi bryły żelazoniklowej o wadze 300000 ton i rozmiarze 400 metrów, lecącej z prędkością ponad 30 km/s. Siła wybuchu wynosiła 15 megaton. W latach trzydziestych, w obszarze kilkudziesięciu kilometrów wokół krateru, zebrano odłamki meteorytu o

całkowitej masie rzędu ton. Do tego celu użyto wówczas urządzenie będące sprytną kombinacją siewnika rolniczego i silnych elektromagnesów.

E. K.

Krater we Fromborku?

Meteorytowe pochodzenie domniemanych kraterów fromborskich po dokładnym przyjrzeniu się im przez geologów, okazało się tylko pobożnym życzeniem. A szkoda!

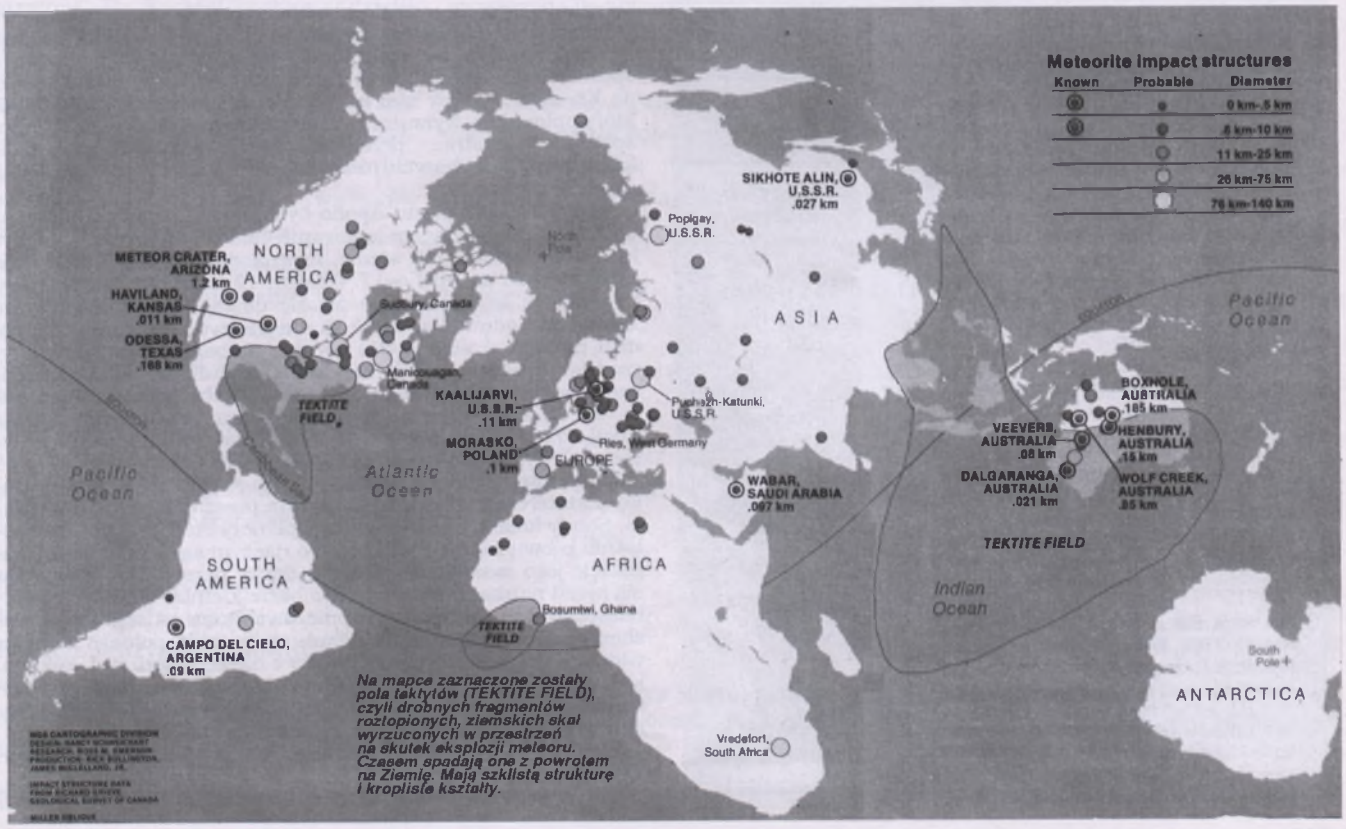
J. D.

Mapa kraterów ziemskich

Przypuszczalnie wkrótce po ostygnięciu skorupy naszej planety jej powierzchnia była w równym stopniu „upstrzona" kraterami co dzisiejszy Księżyc. Potem jednakże erozja i ruchy tektoniczne zaczęły zamazywać brzegi kraterów. Tylko trzynaście spośród kraterów zaznaczonych na mapie jest bezsprzecznie związanych z meteorytami, a nie na przykład aktywnością wulkaniczną. Jednak również i pozostałe zaznaczone kratery można zaliczyć do meteorytowych, pomimo że nie znaleziono w ich sąsiedztwie odłamków oryginalnych meteorytów, ponieważ zawierają one specyficzne kryształki kwarcu, powstające jedynie pod ciśnieniem 20000 razy przewyższającym ciśnienie atmosferyczne. Inną poszlaką może być też specyficzny kształt stożka krateru, świadczący o obecności silnej fali uderzeniowej. Bardzo stare kratery, które zdążyły ulegnąć silnej erozji uwidaczniają się dopiero na zdjęciach lotniczych.

E. K.

donosili
Ewa Kuczawska
Jacek Drążkowski



Tab. 1.
Program Apollo – część I

Statek	Załoga	Data lotu	Cel
Apollo–1	—	26.02.66	lot balistyczny
Apollo–2	—	5.07.66	lot balistyczny
Apollo–3	V. Grissom E. White R. Chaffee	27.01.67	pożar statku na wyrzutni, śmierć załogi
Apollo–4	—	9.11.67	orbita sat. wokół Ziemi
Apollo–5	—	26.12.67	LM na orbicie wokół Ziemi
Apollo–6	—	4.04.68	orbita sat. wokół Ziemi
Apollo–7	W. Schirra, R. Cunningham D. Eisele	11–22.10.68	j.w. (bez lądownika księżycowego –LM)
Apollo–8	F. Borman J. Lovell W. Anders	21–27.12.68	lot wokół Księżyca, bez LM
Apollo–9	J. McDivitt D. Scott R. Schweickart	3–13.03.69	Apollo+LM na orbicie satelitarnej Ziemi
Apollo–10	Th. Stafford E. Cernan J. Young	18–26.05.69	pełen scenariusz lotu na Księżyc, lecz bez lądowania

Tab. 2.
Program Apollo – część II
Loty załogowe na Księżyc

Statek	Załoga	Data lotu na Księżycu	Czas pobytu
Apollo–11 Eagle	N. Armstrong E. Aldrin M. Collins	16.07.–24.07.69	20.07–21.07 (21g36m)
Apollo–12 Interpid	Ch. Conrad A. Bean R. Gordon	14.11.–24.11.69	19.11–20.11 (31g31m)
Apollo–14 Antares	A. Shepard E. Mitchell S. Roosa	31.01.–09.02.71	05.02–06.02 (33g31m)
Apollo–15 Falkon	D.Scott J. Irwin A. Worden	26.07.–07.08.71	30.07–02.08 (66g55m)
Apollo–16 Orion	J. Young Ch. Duke Th. Mattinghly	16.04.–27.04.72	21.04–24.04 (71g06m)
Apollo–17 Challenger	E. Cernan H. Schmitt R. Evans	07.12.–19.12.72	11.12–14.12 (74g59m)

CZŁOWIEK NA KSIĘŻYCU

O locie na Księżyc ludzie marzyli od tysiącleci, we wszystkich chyba kulturach są podania o człowieku na Księżycu. Za pierwszy realny krok ku realizacji tych marzeń uważa się zdanie wypowiedziane w miesiąc po locie Gagarina, 26 maja 1961 r., przez prezydenta J. F. Kennedy'ego przed kongresem amerykańskim : "...this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the Moon and returning him safely to the Earth." (... ten naród powinien postawić sobie cel, aby przed końcem tej dekady człowiek wylądował na Księżycu i bezpiecznie wrócił na Ziemię .) Ten najśmielszy w dziejach nauki zamiar ochrzczono imieniem boga Słońca – Apollo. I choć prezydent nie dożył tej chwili, to słowo jego stało się ciałem. Po ośmiu latach 20 lipca 1969 roku ślad ludzkiej stopy,czy raczej masywnego buciora, został odciśnięty na srebrnym globie.

Ze wzruszeniem wspominamy tamtą noc, jak pełni napięcia przed ekranami telewizorów, oczekiwaliśmy opóźniającej się transmisji prosto z Księżyca. Orzeł już tam wylądował , o godz. 20:17:43 UT, w tumanie pyłu, w świetle Słońca i własnych reflektorów. W jego wnętrzu znajdowali się dwaj ludzie, o których dziś myślał cały świat – Neil Armstrong i Edwin Aldrin. Trzeci uczestnik wyprawy, Michael Collins krążył samotnie wokół Księżyca w kabinie statku Apollo – 11. W nerwach, nie wiedząc dlaczego zaplanowany w najdrobniejszych szczegółach program się nie zaczyna, zaciskając kciuki, obawialiśmy się najgorszego. Wreszcie jest obraz, skaczący i zaśnieżony, wśród trzasków trudno zrozumieć słowa, ale to nikomu nie przeszkadza. Neil Armstrong trochę niezgrabny w wielkim, trójwarstwowym kombinezonie, schodzi po drabince, staje na talerzowatej stopie Orła, kilka centymetrów dzieli go od Księżyca i nagle, niespodziewanie wskakuje z powrotem na drabinkę. Co się stało? – miliony serc na Ziemi zamarło. Dużo później dowiemy się, że Armstrong chciał tylko sprawdzić, czy łatwo będzie wrócić . A co naprawdę przeżywał ? Za chwilę stoi już na Księżycu, porusza się jakby w zwolnionym tempie, skacze. Jest godzina 2:56 UT, u nas wstał już nowy dzień, noc minęła niepostrzeżenie. I jeszcze to słynne zdanie, które ponad sekundę leciało z Księżyca, by za pomocą telewizji obiec potem całą Ziemię:

„To mały krok dla człowieka – wielki dla ludzkości."

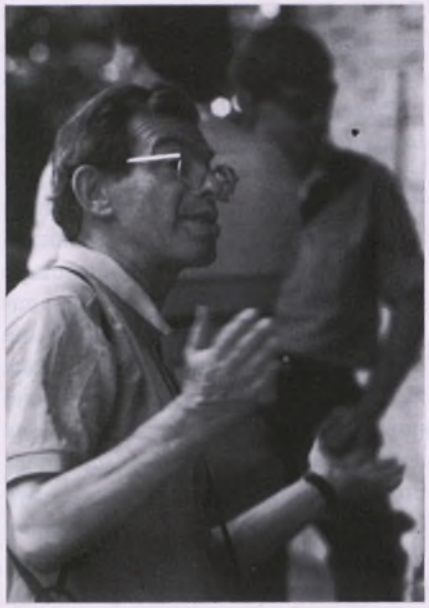
To zdanie–legenda zawarło w sobie wszystkie emocje sprawców i świadków tamtego wydarzenia, pracę pół miliona anonimowych naukowców, techników i robotników i godną podziwu sprawność i odwagę astronautów, którzy poważyli się stanąć na Księżycu. Jest w nim też tragiczna śmierć załogi Apollo–3, który spłonął na wyrzutni i Wigilia Bożego Narodzenia 68 roku spędzona samotnie przez śmiałków z Apollo–8 na orbicie księżycowej, pierwszych ludzi, którzy na własne oczy oglądali „plecy" Księżyca.

W planach programu Apollo było jeszcze dziewięć lotów, aż do Apollo–20 (miejscem lądowania ostatniej wyprawy miał być krater Kopernik). Jak wiemy, ze względu na cięcia budżetowe, skończyło się na Apollo–17. Ogółem 12 ludzi było na Księżycu (Apollo–13 ze względu na awarię dostał rozkaz powrotu na Ziemię bez lądowania – i jak tu nie wierzyć w przesądy ?), spędzili na nim w sumie 160 godzin, pozostawiając wiele przyrządów pomiarowych (i nie mniej odpadków).Długość spacerów wzrosła od 100 m, które pieszo przebyli pierwsi lunonauci, do 35 km, które na pojeździe Rover przemierzyła załoga Apollo–17. Na Ziemię przywieziono prawie 400 kg skał księżycowych, wykonano ponad 30 tysięcy zdjęć .

Od pamiętnego lotu Apollo–11 mija w tym roku ćwierć wieku. Zainteresowanie naszym satelitą przez te lata jakby zmalało. Sondy kosmiczne badają inne planety i ich księżyce. Ale ostatnio znowu zaczyna się mówić o naszym sąsiedzie i to w kontekście jego zasiedlenia. Jakże ciekawe perspektywy otwierają się przed nauką (interferometr o bazie Ziemia – Księżyc, radioteleskopy na odwróconej stronie uwolnione od szumów z niezliczonych nadajników na Ziemi, obserwacje pełnego zakresu widma – to tylko część przykładów z naszej dziedziny). Póki co, kilku cwaniaków sprzedaje parcele księżycowe, wysyłając naiwnym certyfikaty własności. Czy kiedykolwiek uda się „księżycowym obszarnikom" stanąć na swoich działkach?

Pierwszy krok został postawiony przed 25 laty, kiedy przyjdzie czas na skok ludzkości?

(ej)



Aczkolwiek mniej widowiskowe niż ich „wielkie siostry" – supernowe, klasyczne gwiazdy nowe są wciąż ekscytujące...

Gwiazdy kataklizmiczne zwane nowymi

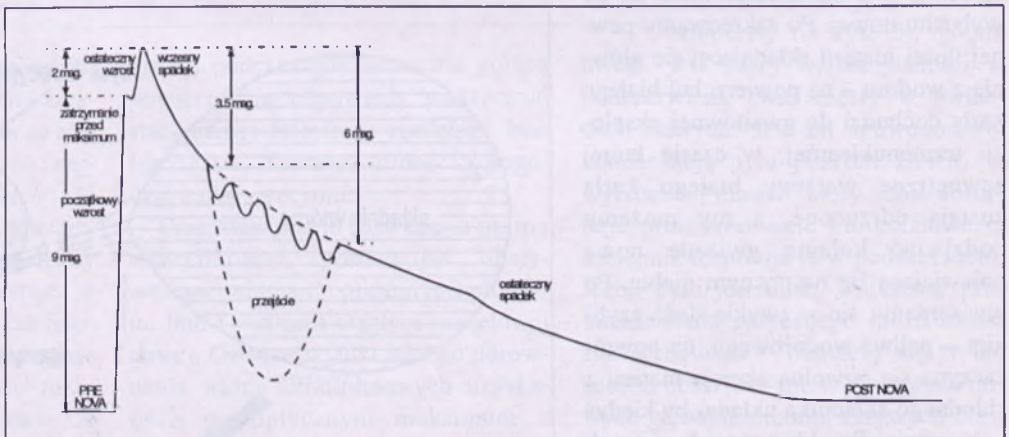
Michael Friedjung

Wstęp

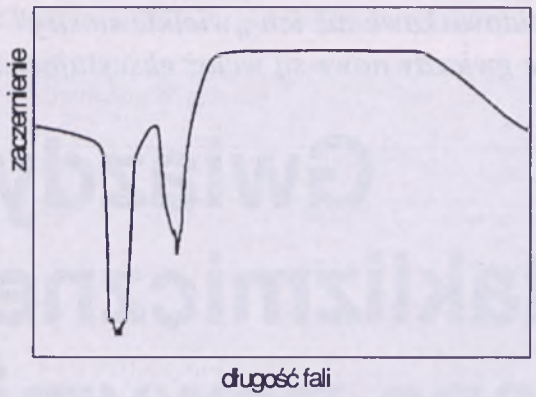
Od czasu do czasu, słaba zazwyczaj gwiazdka, jaśnieje w widzialnym zakresie widma o czynnik rzędu 10000 (10 wielkości gwiazdowych!). Jasność wizualna naszej gwiazdy *nowej* – bo o niej tu mowa – dość szybko osiąga maksimum, by następnie, już w znacznie dłuższej skali czasowej, powrócić do stanu pierwotnego. A zatem, mimo mylącej nazwy, *gwiazda nowa*, tak naprawdę, wcale nie jest taka nowa. Jasność gwiazdy nowej przechodzi przez różne charakterystyczne stadia rozwoju. D. B. McLaughin podzielił typową krzywą blasku wybuchu klasycznej nowej na 8 takich stadiów (rys.1), które mniej więcej oddają zmiany zachodzące w gwieździe. Wystarczy spojrzeć na tę krzywą, aby sobie uświadomić, że zjawisko wybuchu nowej jest dość skomplikowane. Różne nowe będą przechodziły przez te same stadia rozwoju w różnym tempie; niektóre tak szybko, że zyskały miano szybkich nowych, inne – rozwijają się na tyle powoli, że nazwano je powolnymi. Wyniki ostatnich lat sugerują przynależność różnych typów – szybkich i powolnych – nowych, do różnych populacji gwiazdowych: szybkie nowe wydają się bardziej skupiać w płaszczyźnie Galaktyki niż te powolne.

Wraz ze zmieniającą się jasnością zmienia się i widmo nowej. We wczesnych stadiach spadku blasku, linie widmowe będą miały bardzo skomplikowane profile, złożone z części absorpcyjnej i emisyjnej (rys. 2.), które można wytłumaczyć superpozycją składników o różnych przesunięciach Dopplera, pochodzących z poruszających się z różnymi prędkościami warstw otoczki wyrzuconej w czasie wybuchu. Absorpcyjne składniki profili linii widmowych będą zanikały w miarę spadku blasku nowej, a widmo odrzuconej otoczki będzie coraz bardziej przypominało widma mgławic gazowych. Tę ekspandującą mgławicę, zwykle daleką od symetrii sferycznej, z widocznymi czapami polarnymi i pierścieniami równikowymi, można zobaczyć na zdjęciach wykonanych z dostatecznie dużą przestrzenną zdolnością rozdzielczą (Fot. 1. i pierwsza strona wkładki). Swiecenie materii otoczki stopniowo zanika, pozostawiając widoczny obiekt centralny.

Obecnie panuje przekonanie, że tym centralnym obiektem jest oddziałujący układ podwójny gwiazd, należący do klasy układów kataklizmicznych. Zauważmy, że znakomita część prac poświęconych gwiazdom kataklizmicznym jest dziełem polskich astronomów. Oprócz klasycznych nowych, do układów kataklizmicznych należą jeszcze tzw. „nowe karłowate" i gwiazdy „nowopodobne". Nowe karłowate charakteryzują się znacznie łagodniejszymi wybuchami, o amplitudach rzędu kilku wielkości gwiazdowych, pojawiających się w odstępach czasowych rzędu tygodni, podczas gdy gwiazdy nowopodobne przypominają w pewnym stopniu klasyczne nowe



Rys. 1. Schematyczna krzywa blasku gwiazdy nowej, na której zostały zaznaczone charakterystyczne fazy rozwoju wybuchu. Skala czasowa nie jest jednolita – wczesne fazy zostały wydłużone.



Rys. 2. Profil linii H–delta nowej V533 Her.

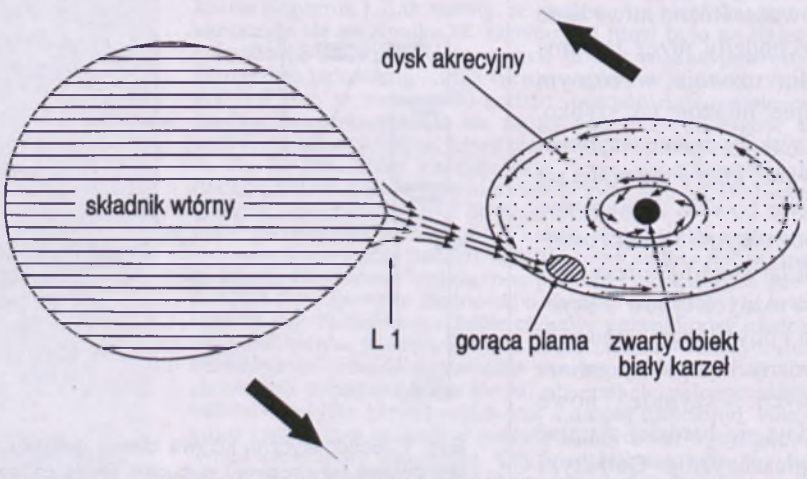
kilkadziesiąt lat po wybuchu. Definicja układu kataklizmicznego (rys. 3.) zakłada obecność chłodnego składnika, zwykle zbliżonego do normalnej gwiazdy ciągu głównego, o rozmiarach przekraczających maksymalną objętość jaką może mieć gwiazda w układzie podwójnym nie tracąc masy. Materia wypływa z tego składnika poprzez tzw. wewnętrzny punkt Lagrange'a. Ta materia jest następnie przechwytywana przez towarzysza – białego karła, zanim jednak osiągnie jego powierzchnię, traci swój moment pędu w dysku akrecyjnym, chyba, że biały karzeł posiada silne pole magnetyczne. Pole magnetyczne może zniszczyć wewnętrzne części dysku, akrecja odbywa się wtedy poprzez kolumny akrecyjne, a jeżeli pole jest bardzo silne, może w ogóle uniemożliwić powstanie dysku – z taką sytuacją spotykamy się w układach typu AM Her (inaczej: polarach). Dysk akrecyjny w gwiazdach nowych, o ile w ogóle może powstać, jest zwykle odpowiedzialny za optyczne promieniowanie, emitowane wiele lat po wybuchu nowej. Po zakreowaniu pewnej ilości materii składającej się głównie z wodoru – na powierzchni białego karła dochodzi do gwałtownej eksplozji termonuklearnej, w czasie której zewnętrzne warstwy białego karła zostają odrzucone, a my możemy podziwiać kolejną gwiazdę nową pojawiającą się na nocnym niebie. Po wyczerpaniu się – zwykle dość szybkim – paliwa wodorowego, na powrót zaczyna się powolna akrecja materii z chłodnego składnika układu, by kiedyś – w przypadku klasycznych nowych trwa to wiele tysięcy lat – znów na krótko mogła rozbłysnąć gwiazda nowa.

Trzeba jednak podkreślić, że mimo ogólnej zgody co do – opisanego powyżej – scenariusza prowadzącego do wybuchu nowej, na szczegółowy opis procesów fizycznych jakie wówczas zachodzą, wciąż jeszcze czekamy. Zdarza się, że niektóre fakty obserwacyjne są ignorowane przez teoretyków, zwłaszcza, gdy nie pasują do... pracowicie obliczanych modeli. W następnych rozdziałach zajmiemy się fizyczną interpretacją właśnie takich fascynujących detali wybuchów i cech gwiazd nowych charakteryzujących długie okresy pomiędzy wybuchami.

Co mówią nam obserwacje wybuchów gwiazd nowych?

Ogromny postęp technologiczny w technikach obserwacji astronomicznych w ostatnich dekadach, umożliwiający pomiary w całym zakresie widma elektromagnetycznego, od fal radiowych, poprzez podczerwień, zakres optyczny i ultrafiolet, aż do twardego promieniowania X i gamma, przyniósł znaczący postęp w badaniach nowych. Jednym z ważnych odkryć sprzed mniej więcej 20 lat, jest stwierdzenie, że po osiągnięciu optycznego maksimum, całkowita dzielność promieniowania nowej maleje znacznie wolniej niż jasność wizualna. W tym okresie, promieniowanie jest emitowane na coraz krótszych długościach fali, tak, że maksimum rozkładu energii w widmie przesuwa się z zakresu optycznego do ultrafioletu, a następnie do zakresu promieniowania X. Rys. 4. przedstawia to zjawisko dla nowej FH Ser, a rys. 5. – dla nowej V1668 Cyg. dzielność promieniowania nowej V1668 Cyg zmieniała się bardzo powoli, na przestrzeni tygodni, a gdyby uwzględnić promieniowanie w dalekim ultrafiolecie i zakresie rentgenowskim, w którym nie prowadzono obserwacji, okazałoby się, że dzielność promieniowania tej nowej pozostawała praktycznie niezmieniona znacznie dłużej. Całkowita dzielność promieniowania nowej wydaje się być bliska lub nieco powyżej tzw. „granicy Eddingtona"; jeżeli jasność gwiazdy przekracza tę wielkość graniczną, ciśnienie promieniowania przewyższa siły grawitacji i gwiazda rozpada się! Gwiazdy nowe obserwowane kilka dekad po wybuchu są zwykle dużo słabsze, aczkolwiek obserwacje nowej GQ Mus (1983), wykonane w zakresie rentgenowskim przez ROSATa, pokazują, że dzielność promieniowania tej nowej nie zmieniła się znacznie w ciągu dziesięciolecia, jakie upłynęło od jej wybuchu.

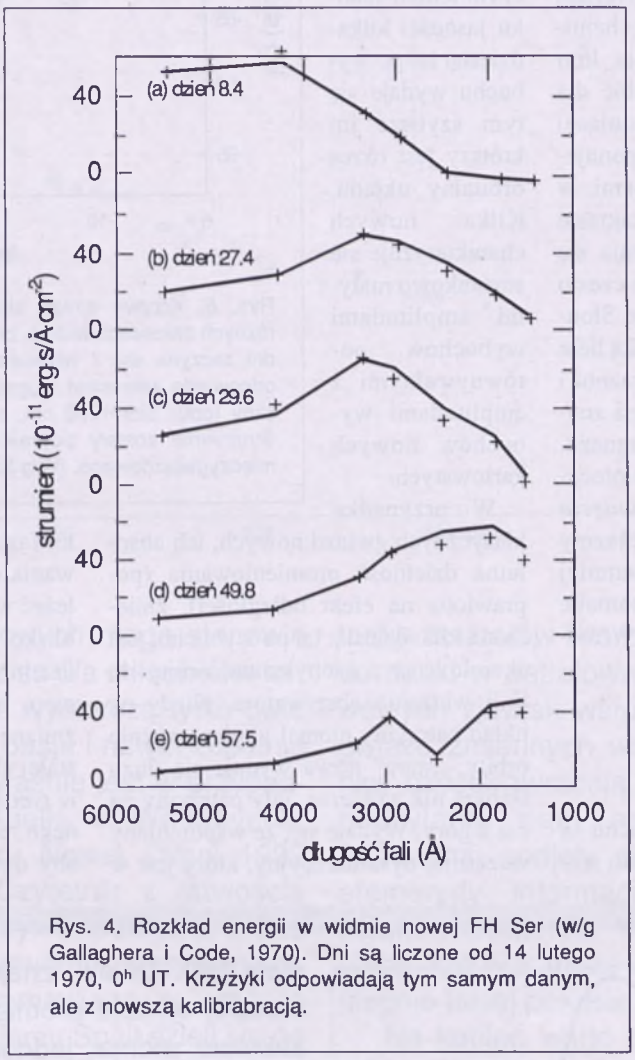
Łatwo zrozumieć co takie zachowanie oznacza, jeżeli się zauważy, że rozkład energii w widmie nowej (w tym wypadku FH Ser), we wczesnym stadium po optycznym maksimum, nie różni się istotnie od widma ciała doskonale czarnego. To zaś oznacza, że promieniowanie jest emitowane z gorącej, nieprzezroczystej powierzchni, inaczej fotosfery, która – po osiągnięciu przez nową optycznego maksimum – kurczy się. Kiedy tempo



Rys 3: Model typowego układu kataklizmicznego.

spadku mocy promieniowania jest niższe niż tempo kurczenia się fotosfery, każda jednostka powierzchni emituje więcej energii, temperatura fotosfery rośnie, emitując promieniowanie o coraz krótszych długościach fali.

Spróbujmy teraz odpowiedzieć na pytanie o naturę powierzchni nowej. W tym celu musimy się dokładniej przyjrzeć widmu. Wspomnieliśmy już wcześniej, że profile linii widmowych składają się ze składników emisyjnych i absorpcyjnych. Możemy przyjąć, że każdy ze składników absorpcyjnych pochodzi z warstwy wyrzuconej z jakąś prędkością. Jeżeli, dodatkowo, warstwa ta jest sferycznie symetryczna względem obiektu centralnego odpowiedzialnego za wybuch, mamy do czynienia z tzw. „profilem typu P Cygni", złożonym z centralnej emisji i przesuniętej w stronę krótkofalową absorpcji. Wprawdzie założenie symetrii sferycznej jest trochę na wyrost, widać jednak w jaki sposób obecność różnych warstw prowadzi do powstania złożonych profili linii w widmach gwiazd nowych (patrz ramka). Warunki fizyczne w różnych warstwach są różne i dlatego natężenia odpowiadających im składników linii mogą się też różnić, a nawet w niektórych warstwach dana linia może w ogóle nie powstawać. Szczegółowe badania dostarczają szeregu argumentów przekonywujących, że we wczesnych stadiach po optycznym maksimum, warstwy o wysokim stopniu jonizacji i zarazem najwyższych prędkościach, *są zlokalizowane w najgłębszych, co najmniej częściowo przezroczystych obszarach, w pobliżu gorącej „powierzchni"*. A zatem to, co nazwaliśmy „powierzchnią" nowej, powstaje w ekspandującej materii, nie tak, jak fotosfera w normalnej gwieździe, gdzie prędkości są niewielkie. Takie rozumowanie prowadzi do wniosku, że niemal na pewno w nowej zachodzi ciągły wyrzut materii w postaci nieprzezroczystego (grubego optycznie) wiatru, aczkolwiek nie wszyscy astronomowie się z tą opinią zgadzają. Prędkość tego wiatru jest rzędu prędkości wynikającej z maksymalnego przesunięcia (wskutek efektu Dopplera) absorpcyjnych składników linii widmowych. Niektórzy astronomowie, przeciwni takiej interpretacji, zakładają, że przynajmniej w bardzo wczesnych fazach rozwoju wybuchu nowej, wiatr jest przezroczysty (cienki optycznie), podczas gdy widoczna gorąca powierzchnia odpowiada praktycznie stacjonarnej fotosferze rozdętego białego karła. Niestety, trudno to pogodzić z obserwacjami.



Rys. 4. Rozkład energii w widmie nowej FH Ser (w/g Gallaghera i Code, 1970). Dni są liczone od 14 lutego 1970, 0^h UT. Krzyżyki odpowiadają tym samym danym, ale z nowszą kalibrabracją.

Przedstawione tu rozważania można zweryfikować, porównując obserwowane widma z policzonymi profilami linii i widmem ciągłym modelowej nowej. Ostatnie wyniki takiego porównania widm ultrafioletowych uzyskanych po optycznym maksimum z rachunkami modelowymi, opartymi na wciąż bardzo uproszczonych założeniach, potwierdzają istnienie wiatru, którego prędkość i tempo wypływu słabo zmienia się z czasem, ale być może, niedostateczna zdolność rozdzielcza dostępnych widm nie pozwala wykryć obecności różnych warstw. Najnowsze wyniki podobnych porównań widm nowej V1974 Cyg (1992) wykonanych *przed* optycznym maksimum, pokazują inną sytuację. Prędkości ekspansji otoczki są duże na dużych odległościach radialnych i małe w pobliżu centrum. Taki rozkład prędkości może być skutkiem fali uderzeniowej powstałej w początkowej fazie wybuchu. Otoczki nowych wyrzucone przed maksimum, przeważnie mają niższe prędkości niż wiatr; zatem można oczekiwać, że wiatr wymiecie wolniej poruszającą się otoczkę i w efekcie powstanie cienka warstwa, wewnątrz której może powstać gorąca plazma. Istnieją dowody obserwacyjne, że znaczna część, o ile nie większość, wyrzuconej materii, w końcu znajdzie się w takiej warstwie, której prędkość pokrywa się z prędkością ekspansji mgławicy, podczas gdy obserwacje radiowe dwóch nowych również wykazały obecność gorącej plazmy. Nie jest jednak łatwo wyjaśnić obecność wielu (być może nawet bardzo wielu) warstw. Różne niestabilności mogą prowadzić do powstawania oddzielnych obłoków, niezbędne są jednak szczegółowe rachunki hydrodynamiczne, aby to potwierdzić.

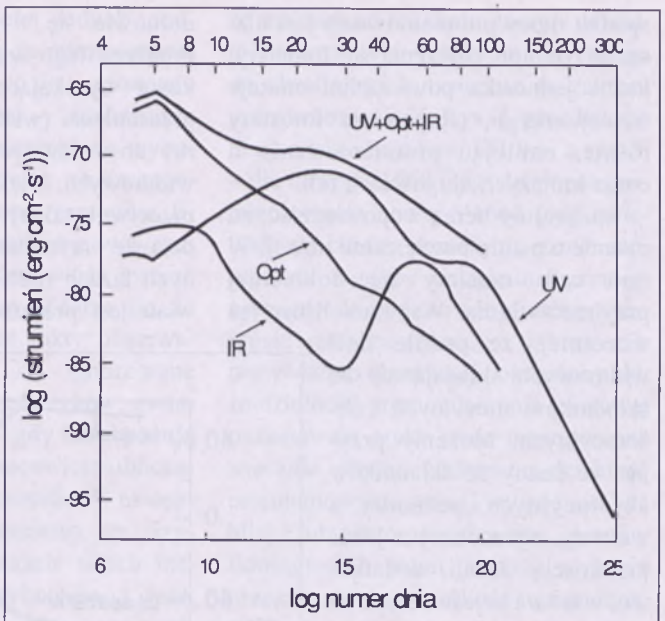
Inną zadziwiającą strukturą widoczną na rys. 5., godną uwagi, jest nagły wzrost jasności w podczerwieni, dość częsty w gwiazdach nowych. Jest on spowodowany kondensacją pyłu (stałych ziaren) w wyrzuconej materii, który silnie absorbuje promieniowanie krótkofalowe, a następnie reemituje je w podczerwieni. Jeżeli pyłu jest dużo, większość promieniowania optycznego może zostać zaabsorbowana – tłumaczy się w ten sposób obserwowane w niektórych nowych głębokie minima krzywych blasku (rys. 1). Z analizy widm podczerwonych wynika, że skład chemiczny pyłu może być bardzo zróżnicowany – grafit, krzemiany, itd. – nawet dla tej

samej nowej! Fizyczne przyczyny tego zjawiska są słabo znane. Kondensacja i destrukcja pyłu zachodzi w wielu sytuacjach astrofizycznych i badania otoczek gwiazd nowych, mogą być bardzo pomocne w pełnym zrozumieniu tych procesów. Co więcej, niektóre składniki meteorytów mogły powstać z ziaren pyłu uformowanych w materii wyrzuconej przez nowe.

Bardzo ważne wskazówki dotyczące fizyki pochodzą z oceny składu chemicznego, w oparciu o natężenia linii widmowych. Najłatwiej to zrobić dla linii powstających w ekspandującej mgławicy, zwłaszcza gdy dysponujemy jednoczesnymi obserwacjami w optycznym i ultrafioletowym zakresie widma. Skład chemiczny zmienia się od nowej do nowej, różniąc się często znacznie od składu chemicznego Słońca, zwłaszcza niewielką nadwyżką helu oraz znaczną nadwyżką węgla, azotu i tlenu. Czasem występuje również znaczna nadobfitość neonu i magnezu. Wprawdzie kondensacja pyłu w otoczce może doprowadzić do *usunięcia* niektórych pierwiastków z plazmy tworzącej mgławicę, tym niemniej wydaje się, że wspomniane anomalie składu chemicznego są realne. Wrócimy jeszcze do tej interpretacji.

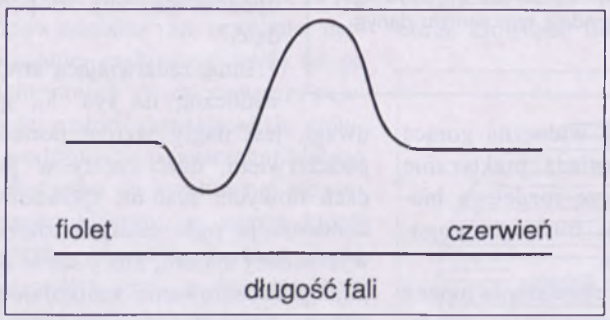
Cechy gwiazd nowych długo po wybuchu

Chociaż nowe wiele lat po wybuchu są mniej widowiskowe – również i to stadium dostarcza wielu nierozwiązanych, choć niewątpliwie ważnych, problemów. Faza spadku blasku po wybuchu, dla większości nowych trwa bardzo długo, przy czym tempo spadku jasności kilkadziesiąt lat po wybuchu wydaje się tym szybsze im krótszy jest okres orbitalny układu. Kilka nowych charakteryzuje się stosunkowo małymi amplitudami wybuchów, porównywalnymi z amplitudami wybuchów nowych karłowatych.



Rys. 5. Krzywe zmian strumieni energii, emitowanych w różnych zakresach widma, przez nową V1668 Cyg. Numeracja dni zaczyna się 7 września 1978, 12^h UT. Ultrafiolet (UV) odpowiada zakresowi długości fal 114–329 nm, zakres optyczny (opt): 329–1200 nm, podczerwień (IR): 1.2–19.5 mm. Strumienie zostały poprawione na wpływ poczerwienienia międzygwiazdowego. (W/g Stickland i in. 1981).

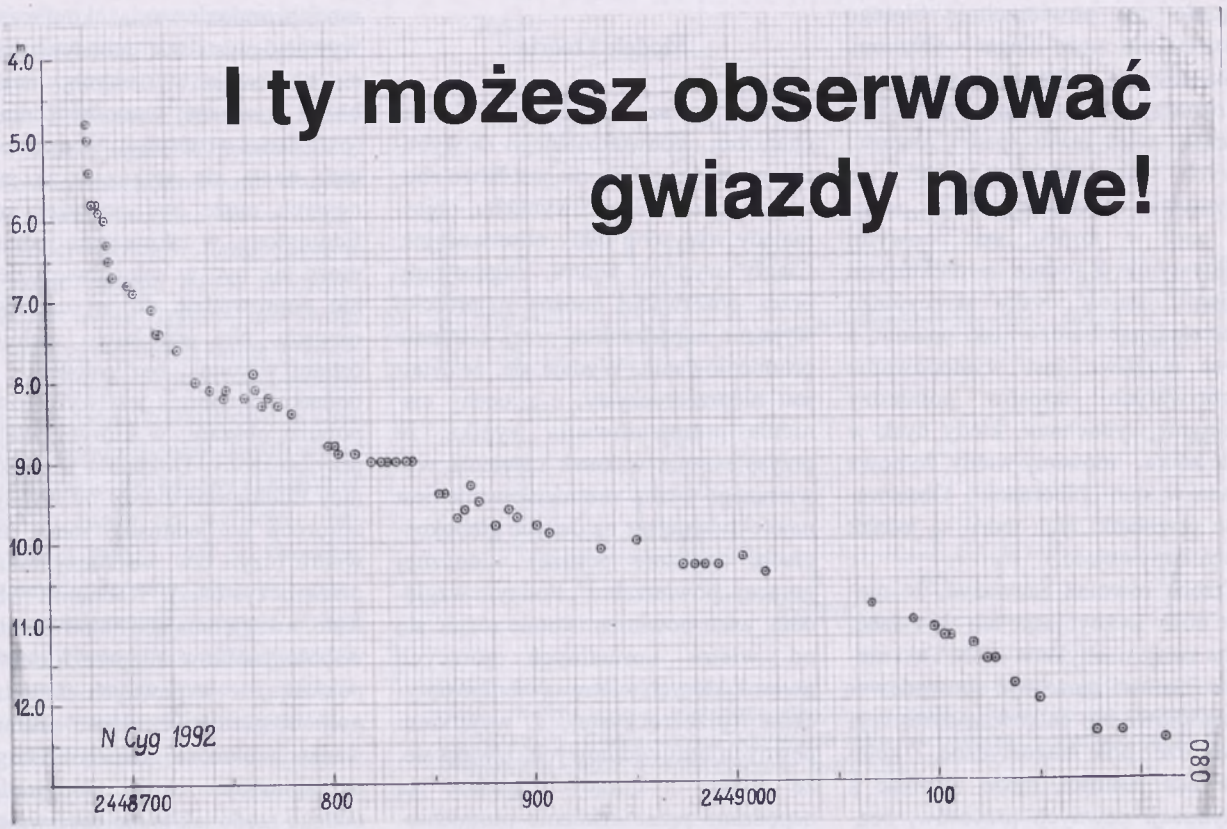
W przypadku klasycznych gwiazd nowych, ich absolutna dzielność promieniowania (poprawiona na efekt odległości), zmierzona kilkadziesiąt lat po wybuchu, jest skorelowana z nachyleniem orbity do linii widzenia obserwatora. Kiedy na układ patrzymy niemal w płaszczyźnie orbity, „stara" nowa wydaje się dużo słabsza niż wówczas, gdy patrzymy na nią z góry. Wydaje się, że wspomniany wcześniej dysk akrecyjny, który jest w tej fazie głównym źródłem promieniowania w optycznej części widma, musi leżeć w płaszczyźnie orbity (lub bardzo blisko niej). Można wówczas zmiany dzielności promieniowania z nachyleniem orbity, zrozumieć jako pozorną zmianę jasności dysku o mniej więcej stałej absolutnej mocy promieniowania *w tym stadium rozwoju nowej*, oglądanego pod różnymi kątami. Zarazem, aby dysk miał mniej więcej stałą jas-



Profil typu P Cygni

Taki profil linii widmowej powstaje w wyniku nałożenia się emisji i absorpcji po stronie niebieskiej (co odpowiada krótszym długościom fali). Obiekt, znajdujący się w centrum otoczki, emituje promieniowanie w szerokim zakresie widma, jednorodnie we wszystkich kierunkach. Otaczająca go, rozszerzająca się otoczka świeci w wybranych liniach widmowych. Wskutek efektu Dopplera, te części otoczki, które oddalają się od obserwatora emitują promieniowanie przesunięte ku czerwieni, a te, które się zbliżają – przesunięte ku fioletowi. Prowadzi to do poszerzenia linii widmowej. Warstwy otoczki leżące pomiędzy obserwatorem a źródłem promieniowania w jej centrum, zbliżające się do obserwatora, pochłaniają promieniowanie emitowane przez to źródło i powstaje linia absorpcyjna, po fioletowej stronie emisji.

I ty możesz obserwować gwiazdy nowe!



Obserwacje gwiazd nowych mogą stanowić wdzięczne pole do popisu dla miłośników astronomii. Aby to zrobić wystarczą tylko dwie rzeczy, bardzo wielka pasja i nawet zupełnie niewielka luneta. To właśnie jest w przypadku pana Jerzego Speila z Wałbrzycha, którego krzywą blasku Nowej Cygni 1992 tutaj prezentujemy. Czytelnik z łatwością znajduje na niej (krzywa pokrywa okres ponad 500 dni od wybuchu) charakterystyczne fazy wybuchu omawiane w artykule Michaela Friedjunga. Jerzy Speil dzieli się od czasu do czasu swoimi doświadczeniami i materiałami pomocniczymi (mapki, jasności gwiazd porównania) na łamach „Uranii", a w ramach Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii działa Sekcja Obserwatorów Gwiazd Zmiennych (Jerzy Speil, Zamek Książ ul. Piastów Śl. 3, 58-306 Wałbrzych). Ilość dużych, profesjonalnych teleskopów, przeznaczonych często do bardzo specjalistycznych zadań zawsze będzie mniejsza od ilości ciekawych gwiazd na niebie. To ogromna szansa dla miłośnika astronomii! Są na świecie (USA, Francja) organizacje, które wysiłkiem często wieluset obserwatorów amatorów tworzą bardzo istotny wkład do nauki w patrolowaniu wielu nieprzewidywalnych zjawisk wśród ogromnej menażerii gwiazd zmiennych wszelkiej maści. Czytelnicy często zwracają się do nas (choćby w nadsyłanej nam ankiecie) by Postępy Astronomii podjęły się koordynacji (mapki, efemerydy, informacje o odkryciach etc.) działań amatorów miłośniczej obserwacji nieba. Kto wie, może w przyszłości Redakcja ulegnie takiej pokusie.

Na koniec warto zaznaczyć, że również odkrycie wielu gwiazd nowych i podobnych nieprzewidywalnych zjawisk na niebie, często przydarzało się amatorom, podczas gdy astronomowie częściej dziś śledzą ekran komputera, niż żywe niebo. Do takiego odkrycia może wystarczyć trochę szczęścia i bardzo dobra znajomość nieba. Gdyby coś takiego przydarzyło się któremuś z naszych Czytelników, najlepiej powiadomić któryś z najbliższych ośrodków astronomicznych – chociażby skorzystać z podanych w stopce numerów telefonów instytucji goszczących Redakcję „Postępów Astronomii".

(m)

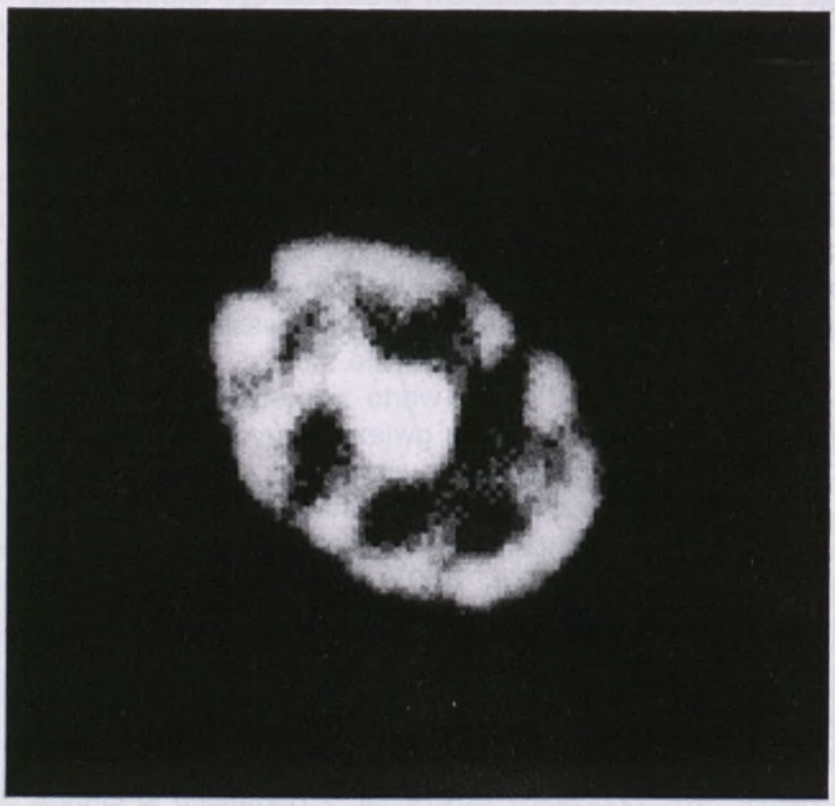
ność absolutną, tempo przepływu materii – akrecji – w dysku, zanim osiągnie ona powierzchnię białego karła, też nie może ulegać wahaniom. Dyski nowych karłowatych są słabsze, co oznacza niższe tempo akrecji w dysku, a więc jeżeli spadek jasności nowych klasycznych będzie się utrzymywał dostatecznie długo, mogą się one w końcu stać nowymi karłowatymi. Zgodnie z niektórymi teoriami, jasność dysku akrecyjnego może osiągnąć bardzo niski poziom, a nawet możliwe jest występowanie długotrwałych okresów pomiędzy kolejnymi wybuchami, kiedy dysk w ogóle znika – mówimy wtedy, że nowa zapada w stan „hibernacji". Obserwacyjne przesłanki tych teorii są jednak nieprzekonywujące.

Trzeba również zauważyć, że niektóre nowe są zbyt jasne lub zbyt słabe, jak na swoje nachylenia orbit. Taki niedobór jasności może być spowodowany częściową lub całkowitą destrukcją dysku przez pole magnetyczne. Z kolei nadwyżka jasności, może wynikać z kontynuacji pewnych procesów, bezpośrednio związanych z wybuchem, który kiedyś tam miał miejsce.

Modele i teorie

Pomimo powszechnej zgody co do mechanizmu odpowiedzialnego za wybuchy gwiazd nowych, nie jest łatwo zbudować model takiego wybuchu, objaśniający wszystkie fakty obserwacyjne. Ciągły wypływ wiatru, sugerowany przez obserwacje, można najprościej wyjaśnić napędzaniem przez ciśnienie promieniowania. Wydaje się, że wiatr jest nieprzezroczysty, a z oceny ciśnienia promieniowania wynika, że przyspieszanie wskutek ciśnienia wywieranego przez promieniowanie jest najefektywniejsze na dużych głębokościach, znacznie poniżej widocznej gorącej „powierzchni". Pod tym względem, wiatr powinien istotnie różnić się od wiatru normalnych gorących gwiazd, których wiatry są cienkie optycznie (przezroczyste), z wyjątkiem pewnych linii widmowych. Uważa się, że wiatry z gorących gwiazd są napędzane przez ciśnienie promieniowania *zaabsorbowanego właśnie w tych liniach widmowych*. Minimalna moc promieniowania, konieczna by wywołać wiatr tak intensywny jak to się obserwuje w nowych, musi być bliska granicznej wartości Eddingtona (określonej wcześniej). W ostatnich latach udało się wykazać, że jasność nowych może być powyżej granicy Eddingtona, w takim razie jednak nie może tak być w całej gwieździe, aby nie doprowadzić do jej całkowitego rozpadu. Nie jest łatwo spełnić ten ostatni warunek, bez założenia, że ta dodatkowa energia jest wytwarzana w pobliżu obszaru, w którym wiatr jest przyspieszony. Dokładna wartość granicy Eddingtona zależy od wydajności absorpcji na jednostkę masy materii wiatru (czyli tzw. współczynnika nieprzezroczystości). Rachunki Mariko Kato, uwzględniające najnowsze oceny współczynników nieprzezroczystości, pokazują, że w pewnych *zlokalizowanych* obszarach, dzielność promieniowania przekracza granicę Eddingtona, przyspieszając wiatr do prędkości takiego rzędu jak to się obserwuje.

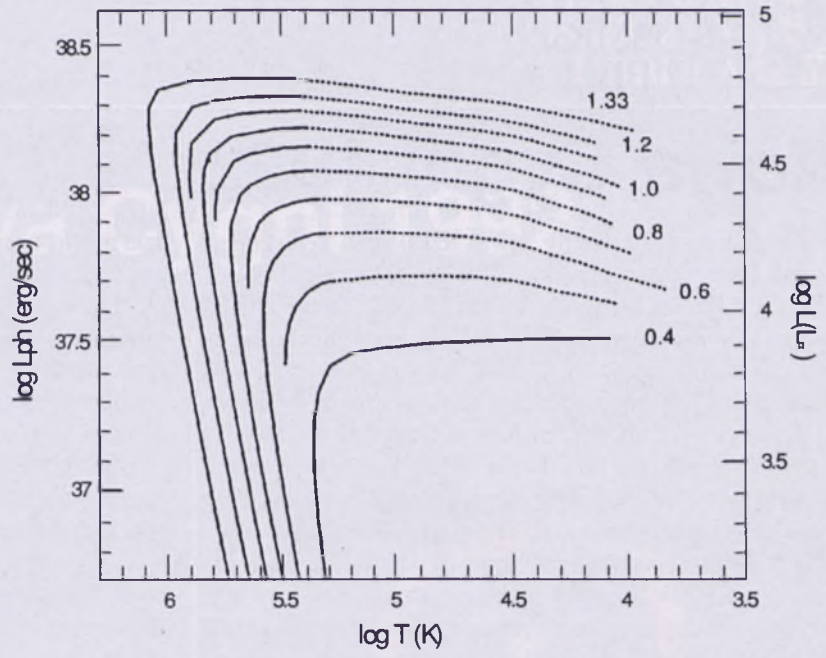
Trzeba również podkreślić, że towarzysz białego karła też oddziałuje na wiatr. W klasycznych nowych, odległość między składnikami jest niewielka i powinien on się znajdować w pobliżu obszaru, w którym wiatr jest przyspieszany. Układy podwójne o większych separacjach, w których biały karzeł przechwytuje materię z wiatru chłodnego olbrzyma[1)], mają inne cechy. Niektóre nowe powrotne, o dużych separacjach między składnikami, wykazują wyrzut materii napędzany początkową falą uderzeniową, ale nie przejawiają żadnych śladów istnienia nieprzezroczystych wiatrów po wybuchu. Z kolei białe karły w „nowych symbiotycznych", mają wiatry, które są albo przezroczyste, albo tylko zaczynają być nieprzezroczyste zaraz po wybuchu. Mimo tych przesłanek, opartych głównie na różnicach pomiędzy układami o różnych separacjach, mechanizm oddziaływania towarzysza na wiatr z białego karła pozostaje niewyjaśniony.



Fot. 1. Obraz otoczki nowej DQ Her w linii H–alfa, uzyskany 15 sierpnia 1984, za pomocą kamery CCD i 2.2–metrowego teleskopu w Calar Alto (Hiszpania). Zdjęcie uzyskano dzięki uprzejmości H. W. Duerbecka.

[1)] Układy takie, zwane gwiazdami symbiotycznymi zostały opisane w PA 2/91 str. 81 (red).

Rachunki teoretyczne pokazują również, że do gwałtownej eksplozji termonuklearnej na powierzchni białego karła nie dochodzi, jeżeli tempo akrecji jest zbyt wysokie, wyższe niż około 10^{-9} mas Słońca/rok. Z prostej teorii dysków akrecyjnych, w połączeniu z obserwowanymi jasnościami starych gwiazd nowych wynika, że w większości takich układów tempo akrecji jest wyższe, czasem nawet znacznie. Wprawdzie teoria dysków ma swoje słabe punkty, ale nawet dolne granice tempa przechwytu materii oszacowane w oparciu o dane ultrafioletowe są zbyt wysokie. Wśród proponowanych wyjaśnień jest i takie, że chłodny składnik w pierwszych latach po wybuchu traci dużo więcej materii niż w znacznie późniejszych okresach, wskutek ogrzania jego powierzchni w czasie wybuchu nowej. Następujący później spadek tempa utraty masy może w efekcie doprowadzić do co najmniej umiarkowanej „hibernacji" (już omówionej, z obserwacyjnego punktu widzenia, w poprzednim rozdziale).



Rys.6. Tory ewolucyjne gwiazd nowych po osiągnięciu optycznego maksimum blasku. Każda krzywa odpowiada innej masie białego karła, zwykle podanej z prawej strony. Ciągła krzywa odpowiada fazie bez nieprzezroczystego wiatru, a kropkowana – fazie, w której taki wiatr występuje.

W niektórych nowych, reakcje termonuklearne na powierzchni białego karła mogą odbywać się w sposób ciągły, w efekcie prowadząc do oświetlenia i ogrzania otaczającego go dysku akrecyjnego. Zgodnie z obowiązującą teorią, taka nowa miałaby jasność niewiele poniżej granicy Eddingtona. Nowa QU Mus (1983), bardzo jasna w zakresie X, mimo iż od wybuchu upłynęło 10 lat, może być takim przypadkiem. Jeszcze większą zagadką jest nowa HR Del (1967), która jest wprawdzie dużo jaśniejsza niż większość znanych gwiazd nowych w podobnym stadium – ćwierć wieku po wybuchu, jednak znacznie poniżej granicy Eddingtona. Być może czegoś istotnego wciąż naszym teoriom brakuje...

Od strony teoretycznej eksplozją termonuklearną na powierzchni białego karła zajmowało się wielu astrofizyków, m.in. G. Shaviv, W. M. Sparks, S. Starrfield i J. W. Truran. Wielkim sukcesem opracowanej przez nich teorii, jest stwierdzenie, że gwałtowne eksplozje szybkich nowych, wymagają nadobfitości pierwiastków grupy C, N, O, ostatnio w pełni potwierdzone przez wyznaczenia składu chemicznego w oparciu o obserwacje nowych. Ta nadobfitość może być wynikiem przemieszania zaakreowanej materii z materią białego karła. Materia bardzo masywnych białych karłów powinna być wzbogacona w cięższe pierwiastki grupy Ne, Mg – co tłumaczy występowanie nowych z nadwyżką tych właśnie pierwiastków. Jak dotąd zaproponowano kilka mechanizmów takiego mieszania, na ostateczne rozwiązanie przyjdzie więc znów poczekać. Rachunki teoretyczne również przewidują, że masy białych karłów w szybkich nowych są dużo wyższe niż w nowych powolnych. Wynik ten znajduje potwierdzenie w fakcie, że szybkie i powolne nowe należą do różnych populacji gwiazdowych. Biorąc jednak pod uwagę liczne założenia modeli, rzecz wymaga dalszych badań.

W następstwie eksplozji termonuklearnej, zewnętrzne warstwy białego karła powinny ulec ekspansji. Pojawia się nieprzezroczysty (optycznie gruby) wiatr , który po jakimś czasie zanika, osłaniając gorącą powierzchnię białego karła. Wyniki rachunków modelowych wykonanych przez Mariko Kato, potwierdzają te oczekiwania. Na rys. 6. można zobaczyć zmiany temperatury powierzchni i mocy promieniowania białego karła w czasie wybuchu, a także fazy, w których powinno się obserwować nieprzezroczysty wiatr.

Reasumując, ostatnie lata przyniosły znaczny postęp w zrozumieniu procesów fizycznych prowadzących do wybuchu nowej, jednocześnie pojawiły się nowe problemy do rozwiązania. Warto również pozostać nieco sceptycznym nawet w odniesieniu do tych rzeczy, w które wierzą specjaliści. Natura potrafi nas jeszcze niejednym zadziwić, a historia nauki potrafi przytoczyć wiele takich niespodzianek...

(z j. ang. tłum. J. Mikołajewska)

Dziwne koleje losu sprawiły, że Michael Friedjung, posiadacz brytyjskiego paszportu, od ponad trzydziestu lat pracuje w Instytucie Astrofizycznym w Paryżu. Jest wybitnym specjalistą w dziedzinie modelowania i interpretacji procesów zachodzących w otoczkach osobliwych gwiazd, takich jak gwiazdy nowe, symbiotyczne etc.
Praca nad artykułem została częściowo wykonana w ramach programu współpracy polsko – francuskiej PICS/CNRS nr 198 „Astronomie Pologne".

Nowa Cygni 1992

Na wkładce pokazujemy dwa uzyskane Teleskopem Kosmicznym obrazy otoczki wokół Nowej Cygni 1992 (V 1974 Cyg). Nowa wybuchła 18 lutego 1992. Obraz z lewej strony uzyskano 31 maja 1993, 467 dni po wybuchu i – co daje się od razu zauważyć – przed opisaną w zeszycie 1/94 PA, naprawą teleskopu. Obraz po prawej stronie wykonano już naprawionym teleskopem, 13 stycznia 1994. Widoczna w postaci pierścienia otoczka, w rzeczywistości ma postać ekspandującej, w przybliżeniu sferycznej bańki, będącej wynikiem eksplozji termonuklearnej na powierzchni białego karła w układzie podwójnym (patrz artykuł M. Friedjunga w tym zeszycie). W projekcji na płaszczyznę nieba najwięcej atomów cienkiej optycznie (przezroczystej) otoczki układa się wzdłuż widocznego pod największym kątem brzegu bańki – stąd widzimy otoczkę w postaci pierścienia. Jest to efekt zupełnie odwrotny niż obserwowana optycznie gruba (nieprzezroczysta) powierzchnia sferyczna (np. fotosfera Słońca i gwiazd), gdzie z widocznych pod największym kątem brzegowych fragmentów powierzchni dociera do obserwatora najmniej promieniowania, widocznego jako pociemnienie brzegowe.

Ekspandujące wzdłuż promienia widzenia fragmenty otoczki zamanifestują się natomiast w obserwacjach spektroskopowych dając przesunięte ku fioletowi linie absorbcyjne zbliżającej się do obserwatora i widocznej na tle gorącego centrum, części otoczki. Oczywiście przesunięcie ku fioletowi daje bezpośredni pomiar prędkości ekspansji otoczki w dowolnej chwili. Znając tę prędkość oraz porównując uzyskane w odstępie 7 miesięcy kątowe rozmiary otoczki można bezpośrednio wyznaczyć jej bezwzględne rozmiary oraz odległość do nowej. I tak, widoczna na zdjęciach otoczka zwiększyła swoją średnicę w ciągu siedmiomiesięcznego odstępu między obserwacjami z ok. 800 jednostek astronomicznych w maju 1993, do ok. 1030 jednostek astronomicznych w styczniu 1994. Nowa w Łabędziu jest odległa od nas o 10430 lat świetlnych (3.2kpc).

Uderzającą pozostałością po wybuchu jest widoczna na pierwszym zdjęciu „belka" gorącej materii przebiegająca w poprzek pierścienia. Po siedmiu miesiącach struktura ta wydaje się być już zupełnie niewidoczna. Do tej pory nie jest jasne czy obserwowana poprzeczka jest reliktem rozproszonego w płaszczyźnie orbity układu podwójnego dysku akrecyjnego, czy wręcz przeciwnie, prostopadłych do niej biopolarnych dżetów. Podobne struktury wiąże się na ogół z silnym polem magnetycznym białego karła, na którym nastąpił wybuch termonuklearny – porównaj zdjęcie otoczki starej nowej (DQ Her) w artykule M. Friedjunga. Możliwość bezpośredniej obserwacji ewolucji otoczek gwiazd nowych we wczesnych fazach po wybuchu przy pomocy Teleskopu Hubble'a, była dyskutowana na niedawnym Sympozjum Międzynarodowej Unii Astronomicznej „Compact Stors in Binarics" (zwarte obiekty w układach podwójnych) podczas ostatniego Kongresu Unii w Hadze. Rozstrzygnięć idzie czas...

(m)

„G" i „D" na Jowiszu*)

Zdjęcia na wkładce obok przedstawiają miejsce upadku fragmentów „D" i „G" komety Shoemaker–Levy 9 na Jowisza. Najsilniejszy ślad pozostał po upadku fragmentu „G", który nastąpił 18 lipca o 7^h28^m UT. Fragment ten wpadł do atmosfery Jowisza od strony południowej pod kątem 45° w stosunku do pionu w miejscu upadku i spowodował „wyrzut" materii z Jowisza w kierunku przeciwnym do kierunku upadku. Mniejszy ślad na lewo od śladu fragmentu „G" został utworzony w dniu 17 lipca 1994 o 11^h45^m UT przez upadek fragmentu „D". Ten sam obszar sfotografowany przez filtr zielony i w paśmie metanu przedstawia czarno–biała fotografia 8 na str. 107.

*) Tytuł pochodzi od Naczelnego.

Zdjęcie z prawej strony pokazuje ten sam obszar Jowisza w kolorach naturalnych, tzn. takich jakie odbierałoby nasze oko. Obraz jest kombinacją kilku zdjęć „czarno–białych" uzyskanych przy pomocy wąskowstęgowych filtrów w różnych dziedzinach widma widzialnego. Miejsce upadku komety jest położone na południowej półkuli Jowisza na szerokości jowiszograficznej ok. – 44 stopnie.

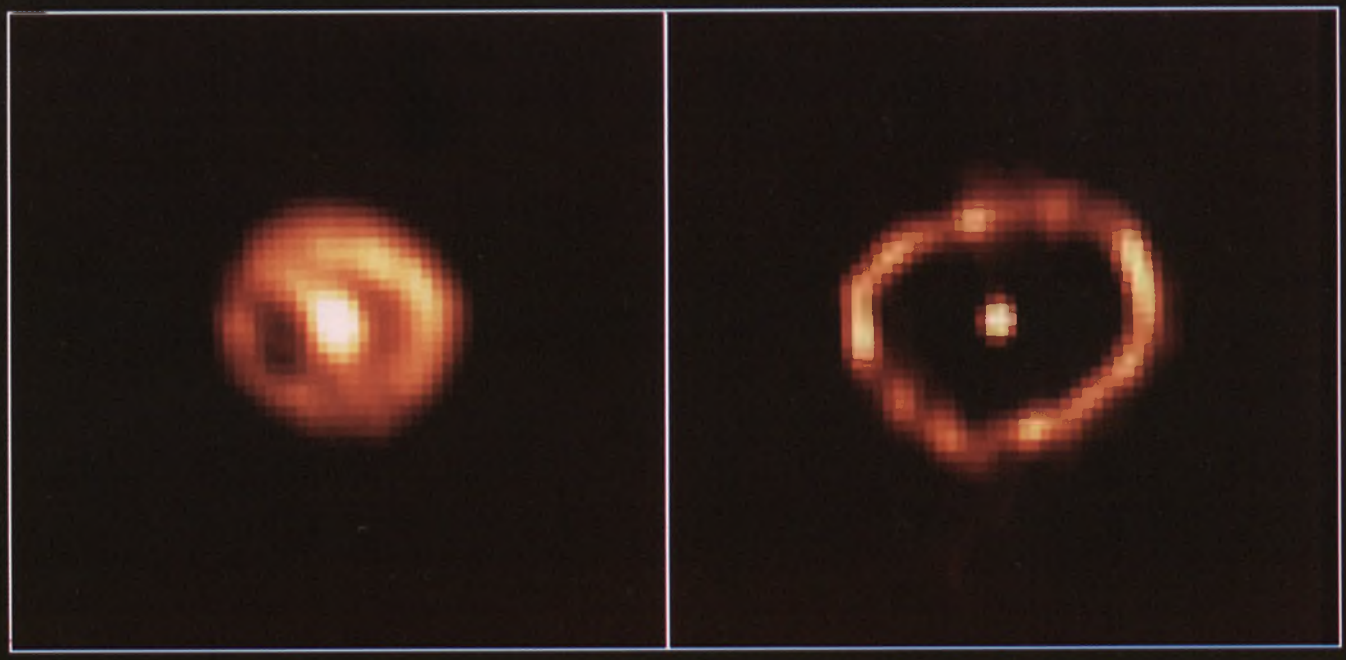
Zdjęcie z lewej strony jeszcze raz pokazuje ten sam obszar Jowisza, ale po komputerowej redukcji poprawiającej krzywiznę dysku planety, pozwalającej na spojrzenie na pozostawione po upadku komety ślady en face, tak jakby znajdowały się bezpośrednio nad głową obserwatora. Kolory zostały odtworzone z trzech oddzielnych ekspozycji „czarno–białych" w pasmach 410, 555 i 953 nm. Na tym obrazie można dojrzeć szczegóły górnych warstw chmur Jowisza o rozmiarach mniejszych niż 200 km. Jowisz był wtedy w odległości 769 mln. km od Ziemi.

(aw)

ZDJĘCIA NA ROZKŁADÓWCE PRZEDSTAWIAJĄ...

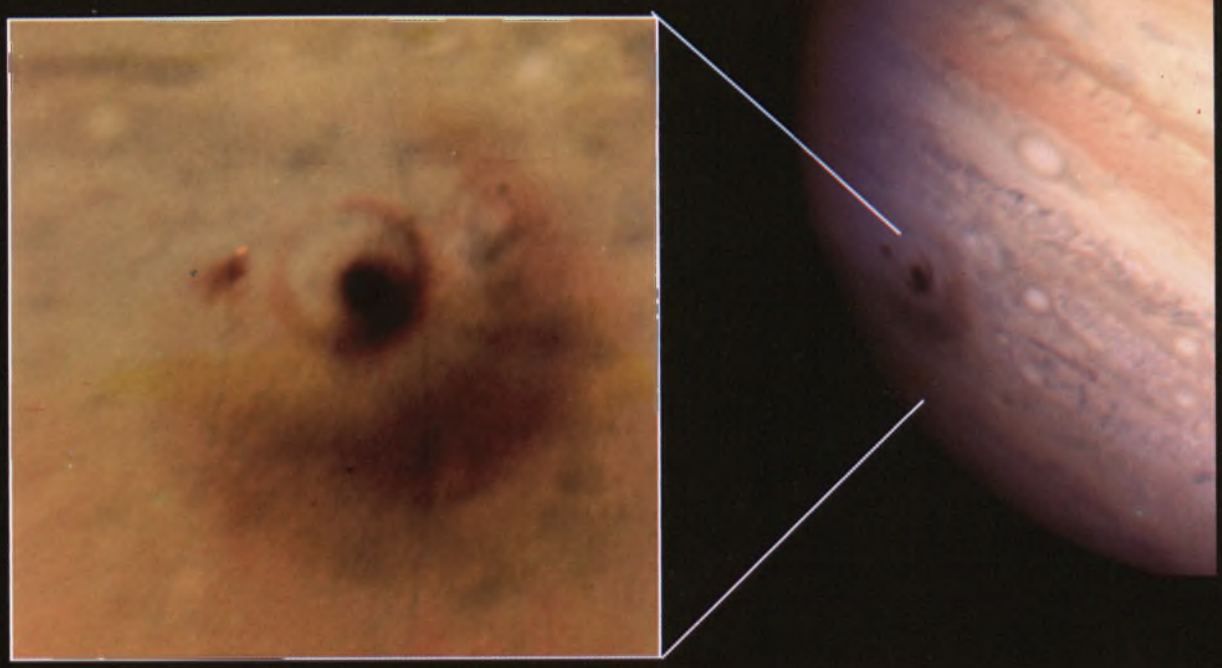
fotomontaż historii komety Shoemaker – Levy 9 przed zderzeniem z Jowiszem. Te same zdjęcia w wersji czarno – białej i z szerokimi opisami znajdują się wewnątrz artykułu Andrzeja Woszczyka str. 100 – 109.

Nowa Cygni 1992



Jowisz

miejsca upadku fragmentów G i D komety Shoemaker – Levy



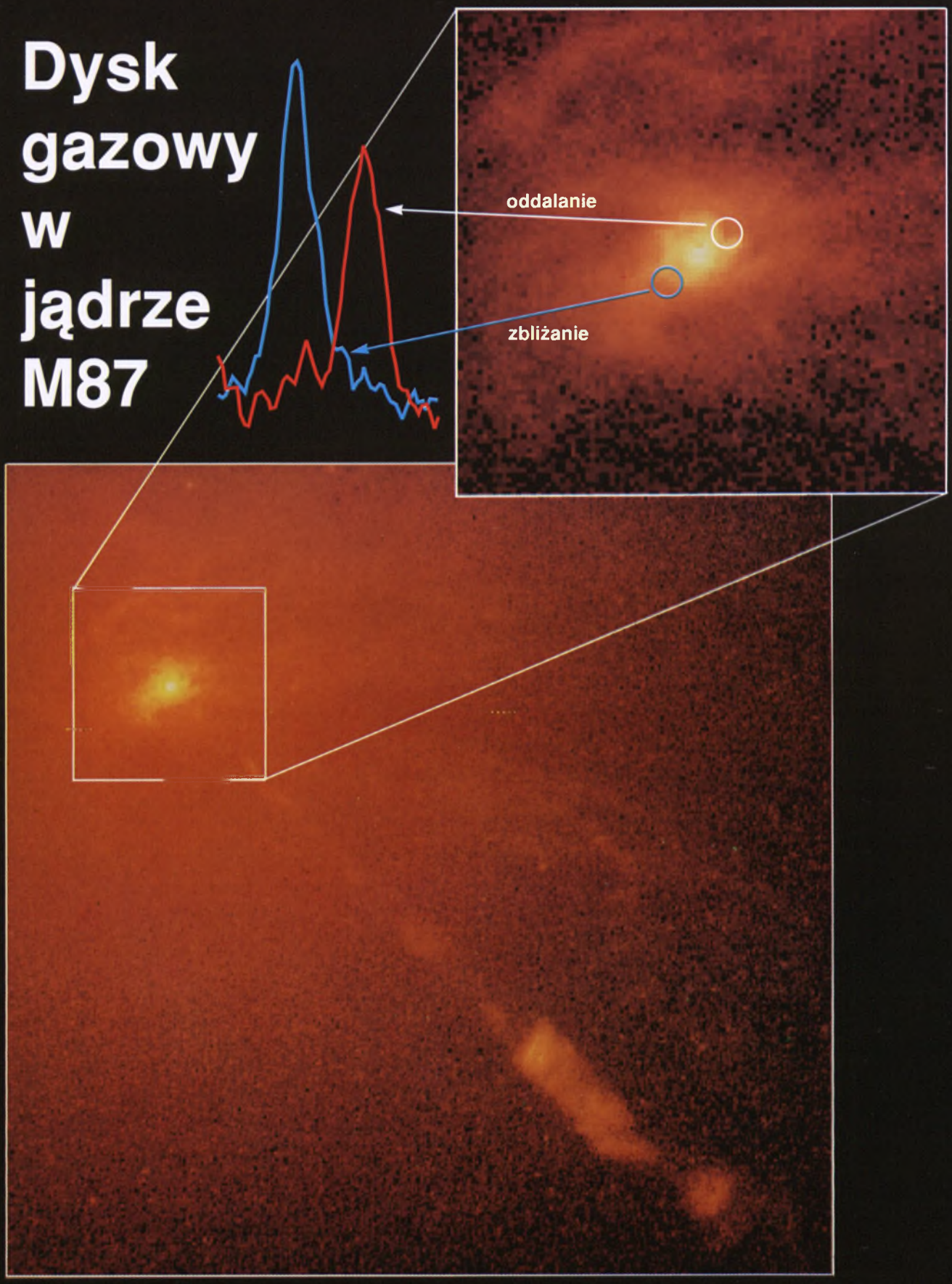
Bombardowanie Jowisza

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

postępy astronomii

Jowisz i kometa Shoemaker – Levy dwa miesiące przed zderzeniem (maj 1994)

Dysk gazowy w jądrze M87



Odkrycie czarnej dziury w jądrze galaktyki M87 ?

Obserwacja Teleskopem Kosmicznym Hubble'a

Sensacyjne doniesienie o odkryciu czarnej dziury obiegło pod koniec maja całą prasę. A właśnie nie dalej jak w poprzednim numerze Postępów zamieściliśmy artykuł o wieloletnich i nie całkiem konkluzywnych poszukiwaniach czarnych dziur w układach gwiazdowych (M. Czerny, PA 1/1994). A tu taka niespodzianka zupełnie z innej strony!

Ponieważ jednak czarnej dziury jako takiej zaobserwować się nie da, to co właściwie zaobserwowano?

27 lutego otrzymano obrazy jądra galaktyki M87 przy pomocy nowej (naprawionej) szerokokątnej kamery (Wide Field Planetary Camera-2). Obraz obejmował obszar o rozmiarze około tysiąca lat świetlnych, a zdolność rozdzielcza pozwalała sięgać nawet na odległość zaledwie kilkunastu lat świetlnych od samego centrum. Rozkład jasności wskazał, że w jądrze znajduje się wyraźnie wyodrębniający się gazowy dysk czy pierścień (patrz zdjęcie na wkładce).

Ford i Harmes, członkowie zespołu obserwacyjnego, po przeanalizowaniu otrzymanego obrazu postanowili dokonać uzupełniających obserwacji przy pomocy drugiego z przyrządów Teleskopu Kosmicznego – spektrografu.

Obserwacja spektroskopowa pokazała, że dysk jest zjonizowanym gazem o temperaturze ok. 10 000 K. Silne linie emisyjne wodoru pozwoliły na wykonanie także jednowymiarowej mapy prędkości gazu w oparciu o efekt Dopplera (patrz zdjęcie na rozkładówce).

I na tym właśnie polega odkrycie: rozszczepienie linii emisyjnych we wskazanych miejscach oznacza, że prędkość wirowania gazowego dysku, zmierzona w odległości zaledwie 60 lat świetlnych od centrum, osiąga zawrotną wartość 550 km/s!

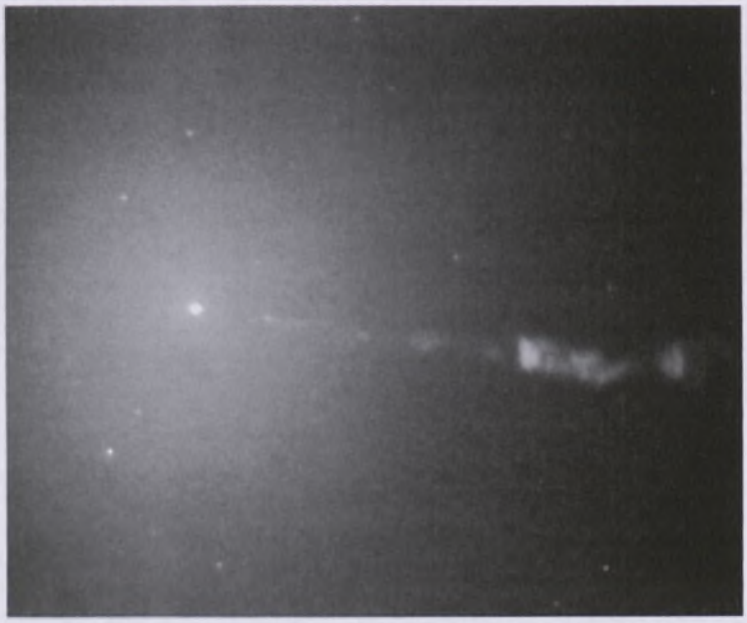
To nie są prędkości typowo spotykane w galaktykach. Słońce na przykład obiega centrum naszej Galaktyki z prędkością 125 km/s. Gwiazdy bliższe centrum też nie mają większych prędkości, ponieważ galaktyka to nie Układ Słoneczny. Planety oczywiście tym szybciej krążą, im bliżej Słońca jest ich orbita, ponieważ są wtedy głębiej w potencjale grawitacyjnym. Natomiast w galaktyce jako całości za potencjał grawitacyjny w danej odległości od centrum odpowiada zasadniczo tylko masa położona wewnątrz orbity. W sumie efekt zmniejszania się odległości i masy ku centrum w sporej mierze kompensują się. W efekcie wartość prędkości gwiazd i gazu w sporym zakresie odległości od jądra pozostaje stała (jest to tzw. płaska krzywa rotacji), a przy zbliżaniu się do samego centrum prędkość spada praktycznie do zera.

Z badań nad dynamiką gwiazd w jądrach galaktyk eliptycznych takich jak M87 wiadomo, że typowe prędkości powinny wynosić około 150 km/s, nie więcej. Istnienie prędkości ponad trzykrotnie wyższych oznacza, że potencjał grawitacyjny w centrum jest znacznie większy niż zazwyczaj, czyli że jest tam nadspodziewanie silna koncentracja masy, dziesięciokrotnie przekraczająca typowe gęstości. Tak znaczącą koncentrację masy przewidziano teoretycznie w przypadku, gdy w centrum znajduje się masywna czarna dziura. A zatem tą dodatkową masą jest ukryta w jądrze czarna dziura!

Tak znaczne prędkości gazu oznaczające dominację pola grawitacyjnego czarnej dziury nad polem grawitacyjnym gwiazd w odległości kilkudziesięciu parseków pozwala na szybkie i proste przeliczenie prędkości gazu na masę. Oto wynik: 3 miliardy mas Słońca!

Niespodzianka? No, nie całkiem. Bowiem nie przypadkiem prowadzono właśnie obserwacje jądra galaktyki M87. Powiedzieć trzeba raczej, że to spełnienie marzeń specjalistów od aktywnych jąder galaktyk.

Tak jak i inne aktywne galaktyki, M87 jest dobrze widoczna na niebie w niemal wszystkich zakresach widmo-



Fot. 1. Zdjęcie M87 wykonane przy pomocy szerokokątnej kamery Teleskopu Kosmicznego 1 czerwca 1991, w zakresie bliskiej podczerwieni. Na zdjęciu widać wyraźnie wychodzący z jądra dżet oraz silny ogólny wzrost jasności powierzchniowej przy zbliżaniu się do centrum. Taki rozkład gwiazd wskazuje, że w jądrze uformowała się masywna czarna dziura, o masie około 2.6 miliarda mas Słońca. Silna emisja z samego centrum to jednak nie tylko światło gwiazd, ale i świecenie gorącej plazmy w bezpośrednich okolicach czarnej dziury; tam też następuje formowanie sie spektakularnego dżetu, rozciągającego się na odległość 5000 lat świetlnych od jądra. Na zdjęciu widać także pojedyncze jasne plamki; to gromady kuliste M87, każda licząca od 100 tysięcy do miliona gwiazd.

wych. Jest silnym źródłem rentgenowskim, a obrazy uzyskane w 1980 r. przy pomocy satelity EINSTEIN pokazały, że rentgenowsko świeci zarówno samo jądro, jak i dżet. M87 jest zarazem jednym z najsilniejszych punktowych źródeł radiowych na niebie i w tej postaci znana jest pod nazwami Virgo A lub 3C 274.

M87 – aktywna galaktyka

Messier 87 jest olbrzymią galaktyką eliptyczną leżącą praktycznie w centrum pobliskiej gromady galaktyk w gwiazdozbiorze Panny, odległej o 52 miliony lat świetlnych. Jest to trzecia pod względem jasności galaktyka w tej gromadzie (patrz zdjęcie na wewnętrznych stronach okładki). Jej masę oszacowano na 300 miliardów mas Słońca. Ale nie to jest powodem ogromnego zainteresowania tym obiektem. Wszystko zaczęło się w 1918 r., kiedy amerykański astronom H. D. Curtis odkrył jasny, doskonale widoczny w świetle widzialnym dżet mający swój początek w jądrze galaktyki. Znacznie później podobny dżet odkryto w kwazarze 3C 273. M87 pozostaje jednak najbliższą aktywną galaktyką z jasnym, optycznym dżetem.

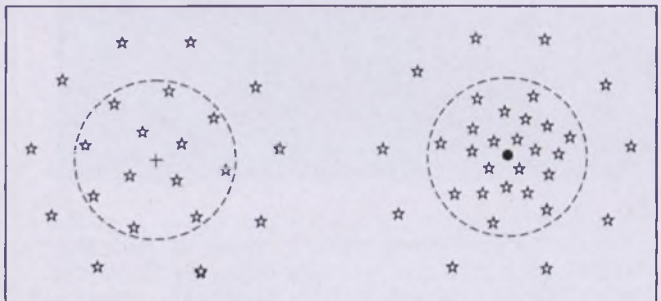
Aktywność wykazywana przez tę galaktykę musi mieć swoje źródło energii. Powszechnie uważa się, że aktywność jąder galaktyk jest spowodowana opadaniem materii na masywną czarną dziurę (o masie miliona – miliarda mas Słońca) znajdującą się w jądrze takiej galaktyki. Szczegóły tego procesu nie są dobrze rozumiane od strony fizycznej, a sama hipoteza wymaga bezpośredniego potwierdzenia – znalezienia tejże czarnej dziury!

Dotychczasowe polowania na czarną dziurę w M87

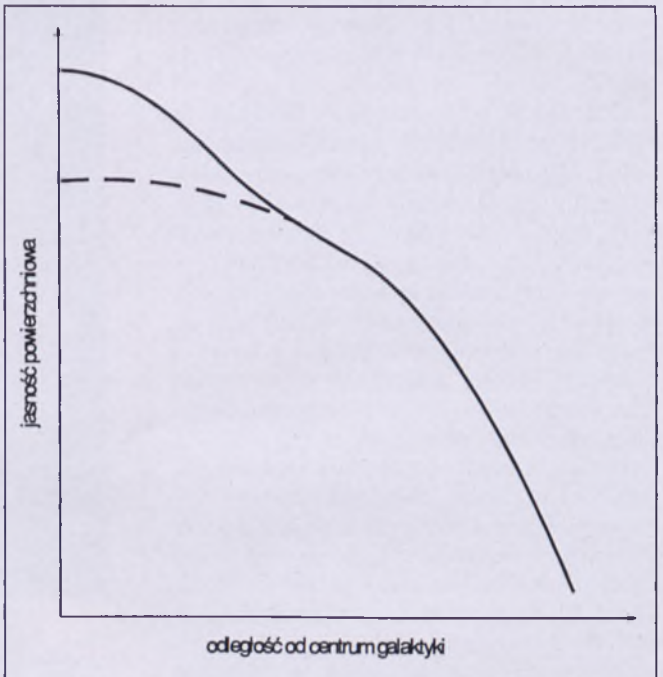
Pierwsze sugestie o obecności czarnej dziury w centrum jądra M87 pojawiły się już w 1978 r. Peter Young wraz z kolegami badał zależność gęstości gwiazd od odległości od centrum. Wyniki wykazały anomalną nadwyżkę jasności jądra w porównaniu ze zwykłymi galaktykami eliptycznymi (rys. 1 i 2). Ponadto obserwacje spektroskopowe wykazały, że dyspersja prędkości radialnych gwiazd wzrasta dramatycznie w kierunku jądra. Taki wzrost prędkości, a zatem koncentracji masy jest spodziewany, gdy w jądrze znajduje się czarna dziura. Decyduje o tym masa samej czarnej dziury, jak i zwiększona koncentracja gwiazd w pobliżu centrum wymuszona przez jej grawitacyjne oddziaływanie (patrz rys. 1). Modelowanie dynamiki wskazywało na obecność czarnej dziury o masie około 5 milardów mas Słońca, wynik budził jednak szereg wątpliwości.

Następny zdecydowany krok naprzód został zrobiony już w pierwszej fazie obserwacji przy pomocy Teleskopu Kosmicznego. Zdjęcia wykonane przed naprawą teleskopu przy pomocy szerokokątnej kamery (Wide Field Planetary Camera-1) przez Toda Lauera ze współpracownikami (patrz fot. 1.) pozwoliły zajrzeć w znacznie bliższe otoczenie samego centrum niż było to możliwe we wcześniejszych obserwacjach. Na zdjęciu obok widać dżet oraz silną koncentrację gwiazd w kierunku centrum i bardzo jasny obszar w samym sercu galaktyki. Gęstość gwiazd przewyższa tam co najmniej 300 razy wartość oczekiwaną dla typowej galaktyki eliptycznej i jest ponad tysiąckrotnie wyższa niż gęstość gwiazd w otoczeniu Słońca. Porównując zmierzony profil jasności z modelowymi przewidywaniami rozkładu gwiazd oszacowano masę centralnej czarnej dziury na 2.6 milarda mas Słońca, w zgodzie z poprzednim oszacowaniem.

Podobne profile jasności charakteryzują kilka innych pobliskich galaktyk, badanych wcześniej przy użyciu teleskopów naziemnych, a następnie Teleskopu Kosmicznego. Bardzo dobrym przykładem galaktyki kolejnej galaktyki elipty-



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie rozkładu gwiazd w jądrze galaktyki w przypadku braku masywnej centralnej czarnej dziury (po lewej) oraz przy jej obecności (po prawej). Działanie pola grawitacyjnego czarnej dziury sprawia, że liczba gwiazd w obszarze centralnym (o umownie zaznaczonym promieniu) jest znacznie podwyższona, większe są też prędkości ruchu gwiazd.



Rys. 2. Odmienność rozkładu gwiazd w przypadkach obecności oraz braku centralnej masywnej czarnej dziury powoduje również odmienność spodziewanych profili jasności. I tak w jądrze galaktyki bez czarnej dziury spodziewamy się praktycznie płaskiego profilu w całym jądrze, natomiast obecność czarnej dziury powoduje nadwyżkę jasności tuż przy samym centrum, rodzaj wierzchołka (ang. cusp). Trzeba jednak zaznaczyć, że takie wyniki otrzymuje się przyjmując, że jądro jest sferycznie symetryczne i nie ma silnie wyróżnionej osi rotacji.

cznej, podejrzanej o posiadanie w jądrze masywnej czarnej dziury jest M32 (fot. 2).

Najnowsze obserwacje Teleskopem Kosmicznym Hubble'a, wskazujące na istnienie czarnej dziury o masie około 3 milardy mas Słońca, otrzymane tym razem nie z dynamiki gwiazd, ale gazu są w całkowitej zbieżności z poprzednimi wnioskami, a zarazem dają nam coś więcej.

Aktywność jądra M87

Odkrycie gazowego pierścienia w centrum aktywnej galaktyki eliptycznej to uchylenie rąbka tajemnicy na temat, skąd się bierze aktywność jądrowa. Nie wystarczy samo istnienie czarnej dziury; świecenie musi się odbywać na koszt energii grawitacyjnej opadającej materii. Od lat specjalistów trapił problem, skąd wziąć tę materię. Samo istnienie czarnej dziury wydaje się być stosunkowo łatwiej wyjaśnione, być może jest to nawet pozostałość po pierwotnym okresie formowania się galaktyki. Natomiast zasilanie czarnej dziury przez skądinąd regularną galaktykę stanowiło problem. Gwiazdy, po początkowym krótkim okresie zasilania czarnej dziury zaczynają jej zręcznie unikać i pomimo znacznej gęstości gwiazd w pobliżu czarnej dziury tempo ich zjadania jest niewielkie. Ale przecież mamy ten pierścień gazowy! Jego pochodzenie jest nieznane, ale istnienie jest niekwestionowalne. Trzeba tylko transportować gaz jeszcze bliżej centrum, aż do samej czarnej dziury, której promień jest zaledwie 0.001 roku świetlnego. Wymaga to co prawda pozbywania się zbędnego momentu pędu, ale najwyraźniej M87 jakoś sobie z tym radzi.

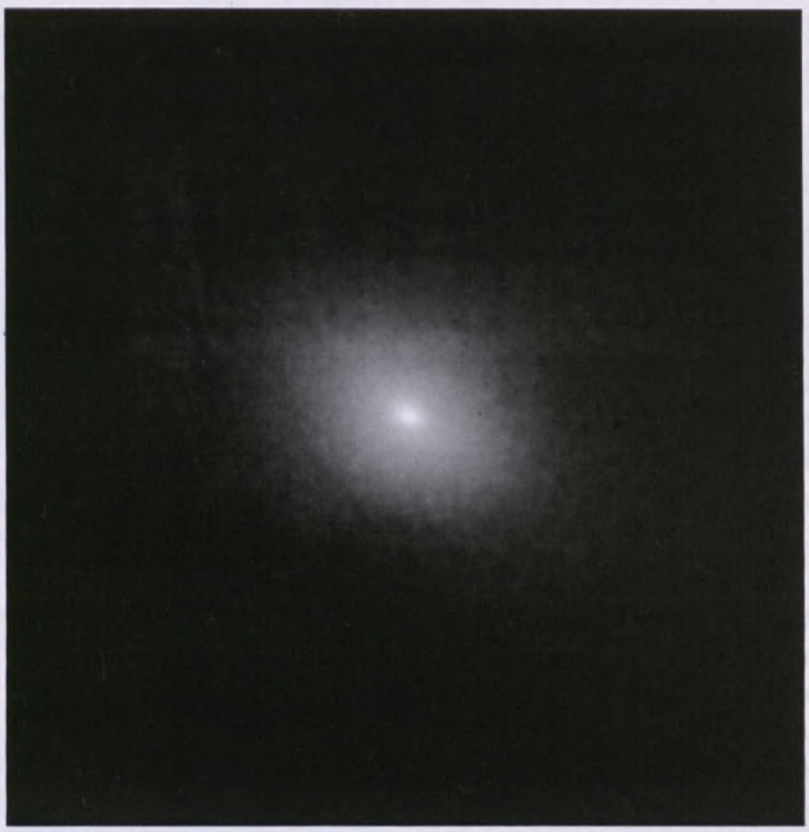
Czy to dowód na istnienie czarnej dziury?

Wbrew optymistycznym zapewnieniom autorów odkrycia, sprawa nie jest tak do końca jasna. Staranne badania, wykonane ostatnio przez Johna Kormedy'ego i Roberta McClure'a dla bardzo bliskiej galaktyki M33, też podejrzanej o wyhodowanie w jądrze czarnej dziury, pokazują, że znaczna dyspersja prędkości i nadwyżka gwiazd w jądrze nie stanowią wcale jednoznacznego dowodu na istnienie czarnej dziury. W M33 autorzy byli w stanie badać obszary o rozmiarach mniejszych niż jeden rok świetlny!. Analizując widma gwiazd i ich pole prędkości doszli do wniosku, że jądro M33 to w rzeczywistości niezwykle zwarta gromada gwiazd, trochę podobna kinematycznie do gromady kulistej, ale bardzo spłaszczona, raczej dyskowa i złożona z gwiazd młodych. Masa, wyznaczona z ruchu gwiazd, odpowiada masie gwiazd, a nie czarnej dziury. Na podstawie obecnych obserwacji nie można wykluczyć, że podobnie jest w M87 i być może dalsze obserwacje to właśnie wskażą. Tyle że wtedy pozostanie inny problem: dlaczego właściwie miałoby powstać tak zwarte jądro (nie ma to żadnego uzasadnienia kinematycznego) i skąd się bierze aktywność jądrowa?

Nie wykluczone, że prawda jak zwykle leży pośrodku. To znaczy czarne dziury rzeczywiście występują w jądrach galaktyk, szczególnie aktywnych, takich jak M87, ale ich masy są mniejsze niż na to wskazują wartości wyznaczane z dynamiki gwiazd i gazu, ponieważ w tych odległościach od centrum, gdzie dokonujemy pomiarów, masa gwiazd wciąż jeszcze dominuje nad masą centralnej czarnej dziury. Więc z tym szampanem to może po prostu trochę poczekajmy?...

Bożena Czerny
i Joanna Mikołajewska

Materiały z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a uzyskano jak zwykle dzięki uprzejmości dr F. Duccio Macchetto ze Space Telescope Science Institute.



Fot. 2. Zdjęcie obszarów centralnych M32 (małej pobliskiej galaktyki eliptycznej, towarzyszki M31) wykonane szerokokątną kamerą Teleskopu Kosmicznego 17 sierpnia 1991, obejmuje obszar o średnicy około 250 milionów lat świetlnych. Gruzełkowata struktura na granicy obrazu jest zjawiskiem rzeczywistym; Teleskop Kosmiczny wyróżnia poszczególne bardzo jasne gwiazdy. Zdjęcie wyraźnie pokazuje wzrost jasności powierzchniowej w stronę centrum. Takiego profilu jasności spodziewamy się, jeśli jądro zawiera masywną czarną dziurę o masie około 3 miliony mas Słońca.

Obserwacje

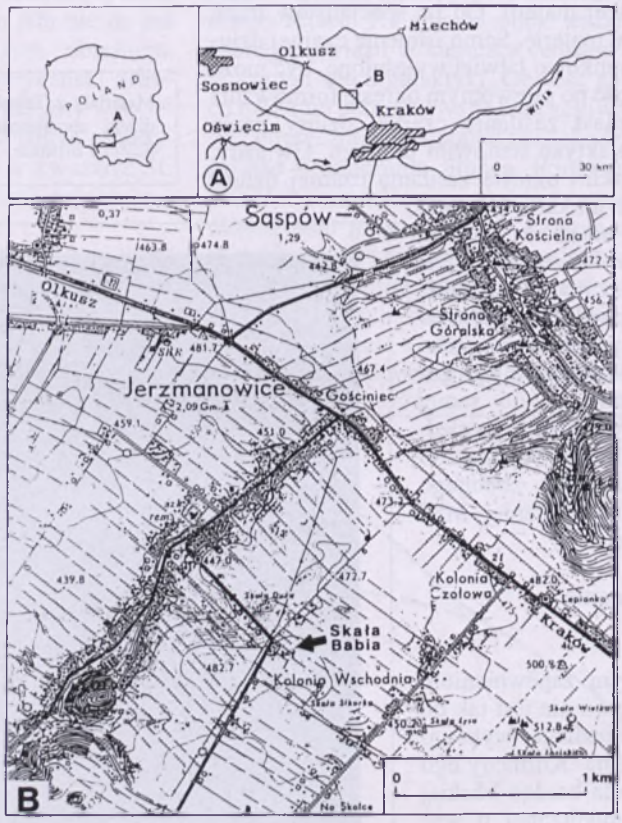
Zdarzenie w Jerzmanowicach w oczach miłośnika astronomii

Janusz Płeszka, Tomasz Ściężor

Materiał, który prezentujemy poniżej drukujemy z mieszanymi uczuciami. Po pierwsze, bardzo podobne teksty tych samych autorów już się ukazały na łamach Młodego Technika (K. Włodarczyk) i Uranii (T. Ściężor, J. Płeszka). Po drugie, wielce prawdopodobne, że opisywane zjawisko nie miało żadnego związku z kosmicznym pochodzeniem i było efektownym zjawiskiem atmosferycznym. Sprawa ta jednak wzbudziła spore zainteresowanie (patrz np. Wiedza i Życie 5/93), a autorzy zebrali bardzo interesujący i unikatowy materiał ilustracyjny, który chyba warto przedstawić. Obydwa teksty mają ponadto charakter polemiczny, co też może wzbudzić zainteresowanie. No i wreszcie, nie wiemy czy był to rzeczywiście upadek meteorytu, czy też wyładowanie atmosferyczne (i piorun kulisty) być może spotęgowane przez przelot bolidu i front atmosferyczny. Nie ulega jednak wątpliwości, że kamienie spadają z nieba nie tylko na Jowisza. Być może to jeden z nich.

Redakcja

Jerzmanowice są wsią położoną 19 km na północny zachód od Krakowa na terenie Wyżyny Krakowsko–Częstochowskiej. W dniu 14 stycznia (a był to czwartek) po zachodzie Słońca od zachodu zaczęły nadciągać gęste chmury kłębiaste, które wkrótce pokryły większą część nieba. Nie padał deszcz. Około godziny 18^{55} CSE niebo zostało rozświetlone przez oślepiający, trwający ok. 3s jaskrawo niebieski błysk. Niektórzy świadkowie w Krakowie i Balicach widzieli wąską prostoliniową smugę o barwie jasno – niebieskiej znikającą za zachodnim horyzontem pod kątem ok. 60° (z Krakowa) lub 90° (z Balic). Dał się słyszeć przeciągły huk przypominający strzały artyleryjskie. Następnego dnia lokalna prasa doniosła o silnym wybuchu na



Rys. 1. Mapa okolic Jerzmanowic z zaznaczonym miejscem zdarzenia – Babią Skałą (Archiwum Instytutu Geografii WSP w Krakowie).

Relacje świadków związanych ze zdarzeniem w Jerzmanowicach w dniu 14 stycznia 1993

Informacje od świadków wydarzenia zostały zebrane w Jerzmanowicach i okolicznych miejscowościach przez grupę miłośników astronomii z Oddziału Krakowskiego PTMA w składzie:
T. Ściężor, J. Płeszka, M. Filipek, A. Kułak.
Relacje zostały zebrane w ciągu od 7 do 30 dni od dnia zdarzenia.

Podano współrzędne obserwatorów w stosunku do miejsca zdarzenia (Babia Skała):
L – odległość od skały
A – azymut liczony względem skały

Azymuty są podawane od północy przez wschód.

Relacje przedstawiono w kolejności uzyskania.

1. LUCYNA ŚLADOWSKA

Piorun czy meteoryt???

jerzmanowickiej „Babiej Skale".

Jako członkowie interdyscyplinarnej grupy składającej się z astronomów, meteorologów, geologów i sejsmologów powołanej do zbadania tego przypadku braliśmy udział w zbieraniu opisów zdarzenia od jego świadków. Wielokrotnie także prowadziliśmy badania terenowe miejsca wypadku mające na celu odpowiedź na pytanie: co się zdarzyło w Jerzmanowicach 14 stycznia wieczorem ?

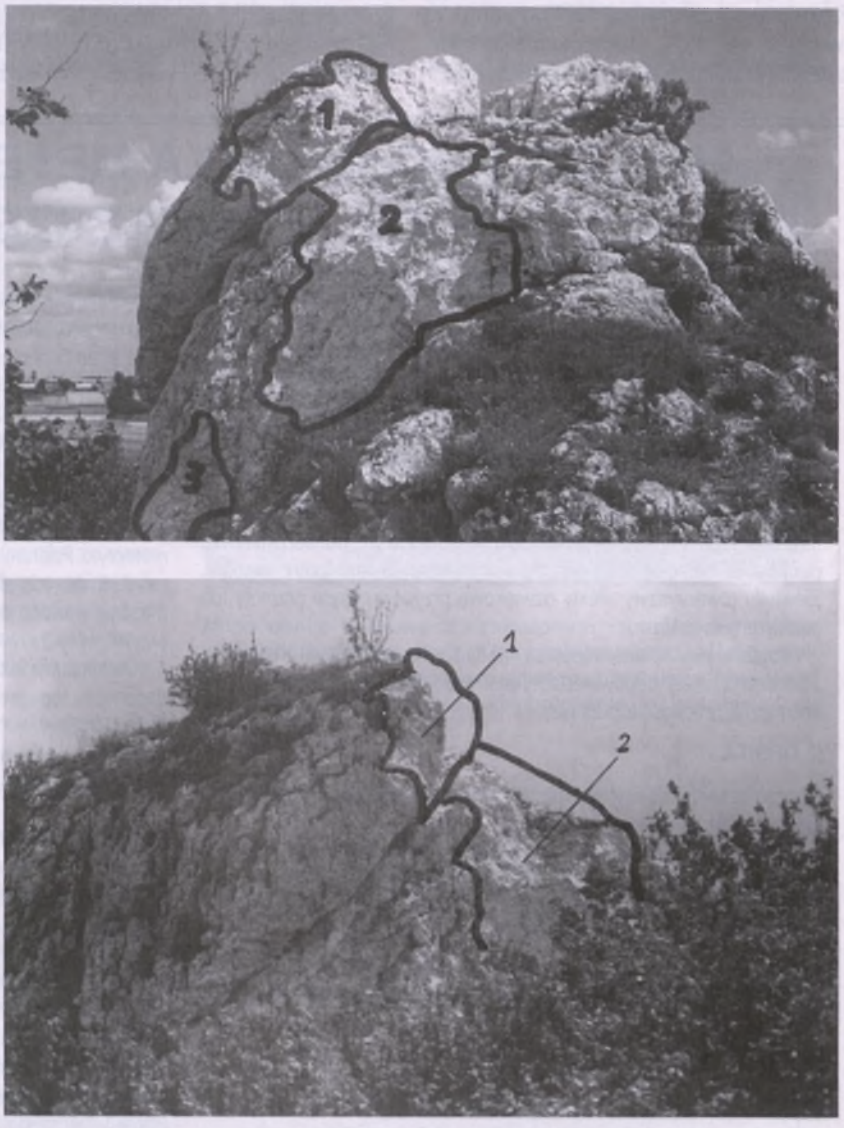
Po przybyciu do Jerzmanowic okazało się, że zniszczeniu uległ fragment szczytowej partii tzw. „Babiej Skały" (rys. 1), jednego z licznych w okolicy ostańców wapiennych. Odłamki wapienia z niej pochodzące podziurawiły dachy i powybijały szyby w okolicznych domach, pościnały gałęzie blisko rosnących drzew. Jednocześnie w całej wsi nastąpił chwilowy zanik napięcia w sieci, a w niektórych domach blisko miejsca zdarzenia uległy zniszczeniu urządzenia do niej podłączone (telewizory itp.). W dwóch najbliższych domach uległy spaleniu wszystkie (także nie włączone) żarówki oraz bezpieczniki i niektóre przewody elektryczne.

Przed ustaleniem rodzaju zjawiska należy odpowiedzieć na kilka pytań:

1) Co widziano na niebie ?

Przede wszystkim należy zauważyć, że dolny pułap chmur znajdował się wówczas na wysokości 1400 m, tak więc ewentualne zjawiska zachodzące powyżej mogły być widziane tylko przez sporadycznych obserwatorów (zachmurzenie typu Cumulonimbus ok. 80%).

Relacje zebrane od wielu świadków mówią o silnym, rozbłyskowym rozjaśnieniu nieba w kolorze niebieskim.



Fot. 1,2. Obszar zniszczeń widoczny od strony południowej (u góry) i południowo – wschodniej (na dole).
Strefa 1 – ubytek skały spowodowany wydarzeniem z 14 stycznia 1993; strefa 2 – obszar rozluźnionej skały usuniętej w kilka dni po zdarzeniu przez miejscową ludność ze względów bezpieczeństwa (liczne wycieczki, spacery, etc.).

(Jerzmanowice 35 A) – zebrane 23 I 1993
L = 1180 m, A = 25°

Około godziny 19 mąż zobaczył od północy niebieskie rozjaśnienie nieba, w domu przygasł telewizor, po ok. 3 s siedząc za stołem w kuchni zobaczyła przemieszczającą się ok. 1 s jasnoczerwoną kulę.

W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut początku obserwacji na wysokości 15° nad horyzontem na 230° – 235°. Kula zniknęła ok. 1° nad horyzontem (wzniesienie terenu) w azymucie 215°± 2°.

Oszacowano średnicę kątową kuli na 1° – 1.5°. Jednocześnie z przelotem był przeciągły huk, a po kilku sekundach silny grzmot.

2. EDWARD ADAMCZYK (Jerzmanowice 58) - zebrane 23 I 93
L = 1850 m, A = 95°

Przed godziną 19 wychodził ze stodoły (nie od domu), gdy usłyszał przeciągły huk (szum), przypominający warkot samolotu. Szedł do domu i kilkanaście metrów przed wejściem zobaczył intensywnie niebieskie oświetlenie gruntu. Zrobiwszy dwa kroki (ok. 1.5 s) w kierunku domu zobaczył nad prawym narożnikiem budynku (nad przyłączem elektrycznym) złocisto – czerwoną kulę, po czym puścił się pędem do domu tracąc kulę z pola widzenia.

W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut obserwowanej kuli na wysokości 35° na 210° – 215°.

3. TOMASZ ŚCIĘŻOR (Kraków, ul. Galla 12 / 1) – zebrane 23 I 93
L = 19.8 km, A = 144° (AGH, C – 1)

Około 18^{55}±5 min. usłyszał przytłumiony grzmot, zobaczył przez okno biało – niebieską, narastającą w czasie ok. 0.7 s wąską smugę o szerokości ok. 5', nachyloną do horyzontu pod kątem 60° – 70° w kierunku na południe. Smugę zaobserwowano na wysokości 15° – 20° w azy-

Kilka relacji mówi o dwóch takich rozbłyskach zachodzących po sobie w odstępie ok. 30 s. Oszacowana jasność błysku w Krakowie wynosiła od -15^m do -20^m, jednak oczywiście jest to tylko oszacowanie na podstawie wizualnej obserwacji oświetlenia Rynku Głównego w Krakowie. Wszędzie świadkowie stwierdzili silne rozjaśnienie nieba. W Krakowie i w Balicach widziano smugę przypominającą nieco prostoliniową błyskawicę o czasie

ANALIZA RUCHU CIAŁA METEORYTOWEGO W ATMOSFERZE

I. OPIS ZJAWISKA

Około godziny 18:55 CSE w Jerzmanowicach k. Krakowa nastąpił wybuch, który spowodował rozerwanie fragmentu skały o masie ok. 800 kg. Świadkowie znajdujący się w pobliżu miejsca wybuchu widzieli jaskrawoczerwoną lub biało–żółtą kulę zmierzającą w kierunku skały. Zjawisku towarzyszyły efekty związane z zejściem dużego ładunku elektrycznego do ziemi.

W tym czasie widziano także przelot jasnego bolidu, jednakże wyznaczona jego trajektoria przechodzi w najbliższym do Jerzmanowic punkcie w odległości 13 km i na wysokości 5 km (patrz mapka). Zjawisku towarzyszyły efekty dźwiękowe przypominające grzmoty lub strzały artyleryjskie.

Została postawiona hipoteza („Młody Technik" 5/93 [1]), że za zniszczenia skały odpowiedzialny jest spadek niedużego meteorytu z kosmiczną prędkością (>2km/s).

II. ORBITA

Przy założeniu meteorytowej natury zjawiska obliczono elementy orbity ciała dla kilku możliwych przypadków.

Przy założeniu meteorowej natury obserwowanej w Jerzmanowicach kuli określono parametry trajektorii „meteorytu" (przypadek I):

$A = 28°$
$z = 35°$
T_0= 17:55 UT I 1993.

Określono także parametry obserwowanego wówczas bolidu (przypadek II):

$A = 240°$
$z = 55°$
T_0= 17:55 UT I 1993,

gdzie: A – azymut radiantu liczony od południa na zachód,
z – odległość zenitalna radiantu,
T_0 – moment zdarzenia.

Elementy orbity policzono dla szeregu prędkości wejścia w atmosferą dla przypadku I.

Minimalna prędkość wynosząca 12 km/s jest prędkością nieco większą od swobodnego spadku z nieskończoności, maksymalna prędkość przy podanych parametrach wejściowych dla przypadku I wynosi 17 km/s a dla II 35km/s i odpowiada orbicie parabolicznej (komety długookresowe).

Do dalszych rozważań przyjęto następujące prędkości wejściowe: 13.5 km/s oraz 27 km/s, co odpowiada orbicie, której aphelium mieści się w pasie planetoid odpowiednio dla przypadku I i II (planetoidy typu Apollo) oraz odpowiednio 17 km/s i 35 km/s (komety długookresowe).

III. PRZELOT PRZEZ ATMOSFERĘ

Dla przelotu ciała przez atmosferę przyjęto model opisany w literaturze przez Fesenkowa i Sekaninę. Model opisuje ciało poruszające się w ośrodku o podanych parametrach i znajdujące się pod wpływem przyciągania ziemskiego.

Jako dane wejściowe przyjęto:
– dla atmosfery model standardowy
– dla meteorytu
a) kamiennego: ρ=3.0 g/cm , c_v =0.2 g/cal·K, T_{top} = 1400° C
b) żelaznego: ρ=7.8 g/cm , c_v =0.1 g/cal·K, T_{top} = 1500° C
gdzie: ρ – gęstość, c_v – ciepło właściwe, T_{top} – temperatura topnienia.

Definiujemy współczynnik K jako współczynnik oporu dla prędkości ponaddźwiękowych, zależny od kształtu i faktury powierzchni ciała. Dla meteorytu Pribram określono wartość K dla różnych jego fragmentów na 0.55 do 1.2, dla meteorów z roju Perseid na ok. 2, minimalną możliwą wartość określa się na 0.4. Tak więc do dalszych obliczeń przyjmujemy trzy wartości K: 0.4, 1.0, 2.0.

Definiujemy także współczynnik m jako część energii kinetycznej traconej na topienie meteorytu. Z licznych obserwacji określono wartość m na 0.0123.

Całkując odpowiednie równania ruchu otrzymujemy parametry toru ciała na kolejnych etapach jego lotu.

IV. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Analizując otrzymane wyniki można zauważyć, że ciała o małej masie początkowej ulegają wyhamowaniu (wytracają większość swojej prędkości kosmicznej) na dużych wysokościach (powyżej 10 km), po czym dalej spadają swobodnie osiągając na powierzchni Ziemi prędkość kilkudziesięciu m/s. Jednocześnie wysokość zgaśnięcia bolidu jest rzędu 20 km. Ciała o dużej masie początkowej osiągają powierzchnię Ziemi z prędkościami kosmicznymi. Masa końcowa ciała zależy praktycznie tylko od jego masy początkowej, prędkości początkowej oraz ciepła właściwego. Niemożliwy jest spadek na Ziemię ciała o małej masie i małej prędkości początkowej (przypadek I) z prędkością kosmiczną (>2 km/s).

Dla meteorytu kamiennego minimalna masa mogąca spaść z prędkością 12 km/s wynosi (K = 0.4, z – odchylenie toru od pionu):

dla v_0 =13.5 km/s : M_{min} = 3600 kg (z=35°) } I
dla v_0 =17 km/s : M_{min} = 2300 kg (z=35°) }
dla v_0 =27 km/s : M_{min} = 2300 kg (z=55°) } II
dla v_0 =35 km/s : M_{min} = 800 kg (z=55°) }

Analogicznie dla meteorytu żelaznego:

dla v_0 =13.5 km/s : M_{min} = 360 kg (z=35°) } I
dla v_0 =17 km/s : M_{min} = 270 kg (z=35°) }
dla v_0 =27 km/s : M_{min} = 100 kg (z=55°) } II
dla v_0 =35 km/s : M_{min} = 8 kg (z=55°) }

Jednocześnie można zauważyć, że dla przypadku I prędkości zderzenia z Ziemią wynoszące kilka lub kilkanaście km/s posiadają ciała o masie końcowej równej co najmniej kilkaset kg. Dla przypadku II (obserwowany bolid) masa ta może być znacznie mniejsza.

W celu określenia wiarygodności powyższych danych należy przedstawić kilka rzeczywistych spadków i porównać z przedstawionymi wynikami:

W dniu 17 maja 1990 roku niedaleko miasta Sterlitamak (Rosja)

[1] Tekst bardzo podobny do tego z Młodego Technika drukujemy na str. 133.

Piorun czy meteoryt???

trwania rzędu sekund, zakończoną kulą ognistą, w Chrzanowie dwa błyski na niebie od strony Jerzmanowic, w Zawoji (70 km od Jerzmanowic !) być może bolid, jednak prawdopodobnie godzinę wcześniej i w nieco innym, niż Jerzmanowice azymucie, w Szklarach rozjaśnienie na niebie, w Rudawie szybko zanikającą smugę na niebie, w Skawinie przelot bolidu w kierunku zachodnim.

Są także dwie obserwacje pocho-

zaobserwowano uderzenie w Ziemię „ognistego bolidu". Meteoryt żelazny utworzył krater o średnicy 10 m, całkowita masa znajdująca się w miejscu upadku jest szacowana na 1500 kg. Prędkość uderzenia meteorytu określa się na 2 do 3 km/s przy prędkości początkowej 15 do 18 km/s. Z przedstawionego modelu wynika, że dolot meteorytu żelaznego o masie 1500 kg z prędkością 12 km/s następuje dla współczynnika K=0.6, co odpowiada wartości wyznaczonej np. dla meteorytu Pribram lub Lost City.

Wykres przebiegu hamowania w atmosferze dla tego przypadku jest przedstawiony na wykresie.

W dniu 30 stycznia 1868 w pobliżu Pułtuska spadł deszcz meteorytów kamiennych. Całkowitą spadłą masę ocenia się na ok.8000 kg. Bolid zgasł na wysokości ok.18 km. Analizę utrudnia fakt, że meteoryt uległ rozpadowi jeszcze przed wytraceniem resztek prędkości kosmicznej. Jednak z przedstawionego powyżej modelu wynika, że meteoryt kamienny o masie końcowej 8000 kg przy założonym współczynniku K=2 gaśnie jako bolid na wysokości ok.15 km. Prędkość końcowa dla takiej masy przy prędkości początkowej 14 km/s wynosi ok.120 m/s.

Analogicznie prawidłowe wyniki otrzymuje się także dla meteorów z roju Perseidów.

Należy stwierdzić, że omawiany model dobrze opisuje rzeczywiste przeloty meteorytów w atmosferze.

V. PODSUMOWANIE

Obserwacja zniszczeń skały prowadzi do wniosku, że w wyniku wybuchu zostało zniszczone ok. 800 kg skały. Przy prędkości meteorytu 2 km/s prowadzi to do masy ok. 0.5 kg.

Jak jednak wynika z przedstawionych rozważań dla przypadku I niemożliwy jest dolot ciała o tej masie do powierzchni Ziemi z prędkością kosmiczną. Prędkość dolotu równa 2-3 km/s wymaga masy końcowej równej kilkuset do kilku tysięcy kg, co przy uderzeniu w skałę dałoby nieporównywalnie większe zniszczenia. Należy także zauważyć, że analiza materiału pochodzącego z miejsca zdarzenia oraz z jego okolic nie doprowadziła do znalezienia jakichkolwiek pewnych śladów materii pochodzenia kosmicznego. Rozwiązania pozytywne wymagają niezwykłego składu meteorytu (np. złoto lub iryd) lub niezwykłego kształtu (K=0.04).

Nie stwierdzono także w literaturze przedmiotu opisu upadku meteorytu, który byłby podobny do opisywanego zdarzenia.

Należy jednak rozważyć problem obserwowanego wówczas bolidu (przypadek II). W realnym dla tego przypadku zakresie prędkości początkowych (aphelium od Marsa - 27 km/s do ∞ - 35 km/s) możliwy jest dolot meteorytu do powierzchni Ziemi z prędkością kosmiczną przy założeniu dużej (kilkaset ton) masy początkowej. Jednocześnie na dużą masę początkową wskazywałaby duża jasność relacjonowana przez świadków przelotu bolidu (szacowana na -15^m do -20^m).

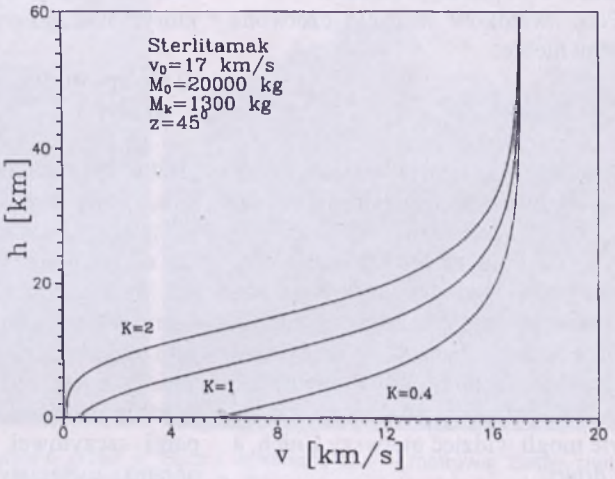
Obliczone współrzędne radiantu wynoszą około (z dokładnością 10°):

$$\alpha = 8^h40^m$$
$$\delta = +43°$$

Zastanawiające jest, że podane współrzędne są bardzo zbliżone do współrzędnych radiantu roju meteorów α-Lynxidy, którego maksimum aktywności przypada na 17 stycznia (!):

$$\alpha = 9^h04^m$$
$$\delta = +31°$$

Mapa okolic Krakowa z naniesionym rzutem trasy obserwowanego bolidu wraz z kierunkiem lotu; wierzchołek strzałki wyznacza hipotetyczny obszar wybuchu (upadku?) meteorytu. Uwidoczniono także położenie Jerzmanowic (~13 km od toru).



Hamowanie w atmosferze dla meteorytu Steriitamak dla trzech wartości współczynnika K.

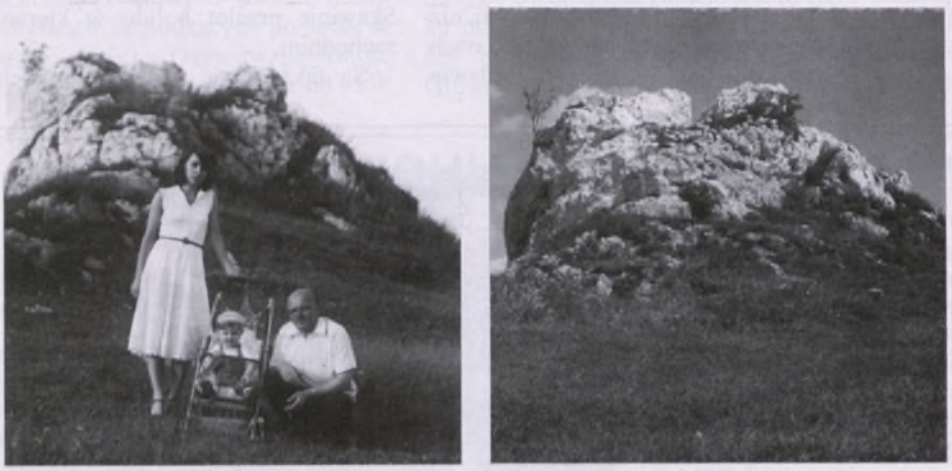
Rój ten, obecnie fotograficzny, był jeszcze aktywny w XIX w. Co więcej wiąże się jego genezę z jasną kometą 1533 roku o elementach orbity:

$$q = 0.25–0.33 \text{ A.U.}$$
$$i = 28–30°$$
$$\Omega = 305°$$
$$\omega = 205.$$

Oczywiście elementy te (tak jak i podane przez nas wcześniej dla bolidu) są bardzo przybliżone.

Czy więc możliwe jest, aby Ziemia 14 stycznia 1993 zderzyła się z fragmentem jądra komety 1533 ? Jest to oczywiście jedna z wielu możliwości.

T. Ściężor J. Płeszka



Fot. 3,4. Babia Skała od strony południowej 3–4 lata przed zdarzeniem z 14 stycznia 1993 (z lewej). Na pierwszym planie p. Grzyb z córką i wnuczkiem. Dla porównania podobne współczesne ujęcie (z prawej). Potężny kawał skały zniknął – razem z córką (wyjechała).

dzące z samych Jerzmanowic, mówiące o obserwacji czerwonej (lub żółtej) kuli. Jeden z najbliższych świadków w Jerzmanowicach tuż po wybuchu wybiegł z domu i zobaczył oddalające się od skały dwa punkty świetlne.

Paru świadków widziało czerwoną łunę na niebie.

2) Co słyszano ?

Interesujące są relacje świadków na temat odgłosów słyszanych w tym czasie. Przede wszystkim nie udało się ustalić, co było wcześniej – huk czy błysk. Nawet świadkowie z Krakowa są pewni, że najpierw usłyszeli huk, a dopiero potem zobaczyli błysk. Sprawę komplikuje fakt, że prawdopodobnie były dwa błyski i niektórzy świadkowie mogli widzieć pierwszy z nich, a inni drugi.

Mieszkańcy Jerzmanowic twierdzą że tuż przed wybuchem słyszeli warkot lub szum, podobny do odgłosu lecącego samolotu. Część świadków słyszała warkot także po wybuchu.

Jeden ze świadków (w Szklarach, 3 km na południe od „Babiej Skały") słyszał jak gdyby narastający gwizd, po którym nastąpił wybuch.

3) Co spowodowało zniszczenia skały?

„Babia Skała" jest mocno zwietrzałym, silnie spękanym ostańcem wapiennym. Na skutek wybuchu zniszczeniu uległa partia szczytowa skały (ok. 0.2 m^3) oraz wtórnie (na skutek wstrząsu) odpadło ok. 0.5 m^3 , co razem daje masę ok. 3 ton. Wyraźnie widoczne jest, że bezpośrednie oddziaływanie na skałę nastąpiło właśnie w partii szczytowej. Pochodzące z niej odłamki rozleciały się z dużymi prędkościami na odległość do 50 m. Nie stwierdzono oddziaływania wysokiej temperatury zarówno trawa w szczelinach obok jak i szczątki organiczne nie uległy zwęgleniu (należy wziąć jednak pod uwagę dużą wilgotność). Nie były też widoczne ślady oddziaływania wysokiej temperatury na powierzchni pobranych próbek. Członkowie grupy geologicznej sugerują, że zniszczenia nie zostały spowodowane udarem mechanicznym w skałę. Należy także nadmienić, że zaobserwowano na powierzchni otaczającego skałę gruntu szereg krętych rowków rozbiegających się promieniście (rowki takie są charakterystyczne w przypadku zejścia dużego ładunku elektrycznego do ziemi).

W Zakładzie Mineralogii i Geochemii Akademii Górniczo–Hutniczej w Krakowie Andrzej i Maciej Maneccy wykonali metodami XRD (X-Ray Diffractometry) i SEM-EDS (Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy) badania mineralogiczne i chemiczne próbek fragmentów materiału skalnego pobranego u podnóża skały, samej skały w miejscu jej uszkodzenia oraz drobnych cząstek materii i pyłów wyseparowanych z gleby i płatu śniegu znajdującego się kilkanaście metrów od miejsca opisywanego zdarzenia. W zebranych do tej pory próbkach nie stwierdzono obecności większych okruchów materii, której skład chemiczny i mineralny wskazywałby na jej kosmiczne pochodzenie. Szczegółowym badaniom poddawane są najdrobniejsze cząstki,

mucie ok. 250° Zniknęła za budynkiem ok. 5° nad horyzontem w azymucie 260 – 280°.

4. WIESŁAWA ŚCIĘŻOR (Kraków, ul. Galla 12 / 1) – zebrane 23 I 93

L = 19.8 km, A = 144° (IFIM UJ)

Między 18^{50} a 19^{00} słyszała przeciągły, modulowany grzmot, a następnie zobaczyła biało – niebieskie rozświetlenie nieba.

5. KAZIMIERZ ŚCIĘŻOR (Kraków, ul. Galla 12 / 1) – zebrane 23 I 93

L = 18.5 km, A = 142° (al. Kijowska)

Przed 19 usłyszał podwójny grzmot, przypominający strzały artyleryjskie, następnie zobaczył trwajacy ok. 2 s błysk rozświetlający zachodnie niebo. Po około 15 s usłyszał słabszy, pojedyńczy grzmot.

6. JANUSZ PŁESZKA (Kraków, ul. Lelewela 3 / 6) – zebrane 23 I 93

L = 20.9 km, A = 145°

Kilka minut przed godziną 19 usłyszał podwójny grzmot, wyszedł na balkon od południa (ok. 4 s) i po 10 – 12 s usłyszał słabszy, pojedynczy grzmot.

7. ANNA FIGURA (Zawoja 246) – zebrane 24 I 93

L = 66 km, A = 195°

Po 17 (godzina niepewna) po wyjściu z domu zobaczyła białą smugę lecącą pionowo do horyzontu w czasie ok. 1 s. W trakcie rozmowy ze świadkiem wyznaczono azymut smugi na 330 – 335°. Oszacowana szerokość smugi poniżej 0.5°. Smuga zniknęła za zboczem góry ok. 8° nad horyzontem.

8. ZOFIA SZLACHTA (Jerzmanowice 371) – zebrane 30 I 93

L = 1500 m, A = 323°

Była w zamkniętym pomieszczeniu, zgasł telewizor, później był

zwłaszcza te o kulistych kształtach, analizowane chemicznie przy znacznych powiększeniach skaningowego mikroskopu elektronowego. Pośród setek przebadanych mikrosferul tylko pojedyncze mogą budzić podejrzenie kosmicznego pochodzenia i związek z rzadkiego typu meteorytem węglistym (carbonaceus chondrite). Widma EDS (patrz ramka, rys. 2) różnią się składem chemicznym a zwłaszcza wyraźnie dominuje w nich Si przy mniejszej zawartości Al i Fe. Nieobecny jest w nich potas, będący charakterystycznym składnikiem pyłów przemysłowych. Badania są kontynuowane. Także kilkakrotnie przeprowadzane penetracje terenu w promieniu do 2 km od skały nie doprowadziły do znalezienia jakichkolwiek odłamków skalnych różnych od wapiennych.

4) Jakiej natury były zniszczenia elektryczne ?

Stwierdzono, że zniszczeniu uległy te urządzenia, które w momencie wypadku podłączone były do sieci.

Domy, w których wystąpiły zniszczenia są podłączone do tej samej linii przesyłowej przechodzącej niedaleko skały, tak więc można podejrzewać, że właśnie ona przyjęła na siebie duży ładunek elektryczny. W najbliższym z domów zaobserwowano na przedmiotach metalowych ognie św. Elma.

5) Czy zarejestrowano wstrząs sejsmiczny?

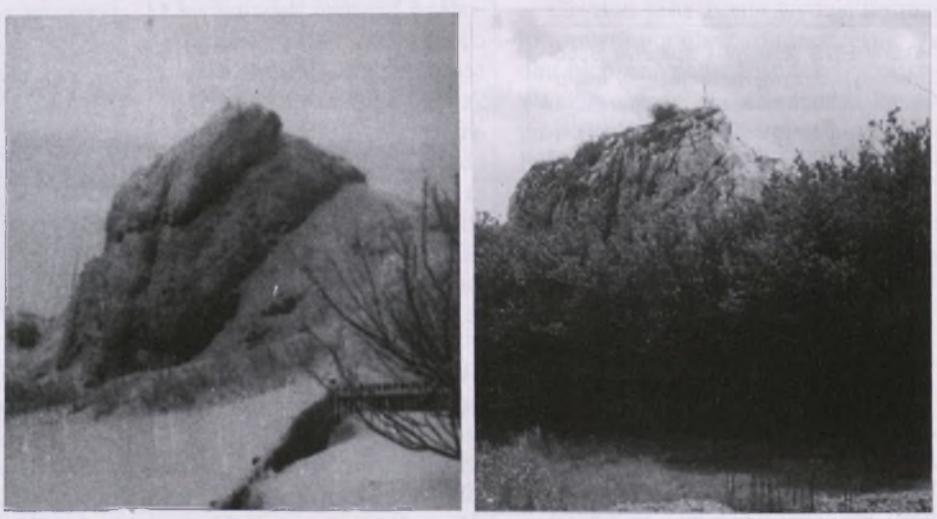
W odległości ok. 3 km od Jerzmanowic znajduje się Obserwatorium Sejsmologiczne PAN. O godzinie $18^h58^m54^s$ i $19^h00^m17^s$ zarejestrowano dwa zjawiska. Po porównaniu z zapisem burzy letniej stwierdzono, że są to typowe zapisy dwóch wyładowań atmosferycznych z towarzyszącymi grzmotami, które wystąpiły nad obserwatorium (rys. 3 i 4). Pierwsze z tych bliskich wyładowań spowodowało uszkodzenie aparatury. Rozmowa z mieszkańcami pobliskiej wsi Sąspów pozwoliła ustalić, że rzeczywiście tego dnia około godziny 19 nad obserwatorium wystąpiła silna burza z dwoma wyładowaniami. Jednocześnie należy zauważyć, że według zgodnych relacji świadków wydarzenie w Jerzmanowicach nastąpiło ok. 18^h55^m, a więc prawie 5 minut wcześniej. Zostały zbadane zapisy sejsmografów od 18^h30^m do 19^h30^m . Brak jakichkolwiek zjawisk sejsmicznych w tym okresie poza wymienionymi powyżej oznacza, że nie ma zapisu jakiegokolwiek wstrząsu sejsmicznego związanego bezpośrednio z wybuchem na „Babiej Skale".

Po przedstawieniu powyższych faktów rysują się dwie hipotezy wydarzenia w Jerzmanowicach: meteorytowa oraz meteorologiczna. Rozpatrzmy obydwie hipotezy:

I. HIPOTEZA METEORYTOWA

Zgodnie z nią za powyższe efekty odpowiedzialny byłby upadek meteorytu z resztkową prędkością kosmiczną (niewyhamowanego).

Obserwowane zjawiska elektryczne także można wyjaśnić, w ramach tej hipotezy, gdy znane są przykłady powstawania silnych ładunków elektrycznych przy przelotach bolidów. Należy jednak polemizować z tezą przedsta-



Fot. 5,6. Unikatowe ujęcie otrzymane przez p. Guta i wykonane z 4 – metrowej zaspy zimą 1963/1964 z kierunku północno – zachodniego (z lewej). Dla porównania podobne współczesne ujęcie (z prawej). Skutki zdarzenia z 14 stycznia są bardzo wyraźnie widoczne.

grzmot.

9. PP. GRZYBOWIE (Jerzmanowice165) – zebrane 30 I 93

L = 120m, A = 180°

Byli w pomieszczeniu. Około 19 usłyszeli silny huk (szum i gwizd). Odczuli silny wstrząs gruntu. Potem okazało się, że zegar wahadłowy zatrzymał się o godzinie 18 [57] (nieznana jest dokładność zegara). Równocześnie z hukiem w domu wybuchły puszki elektryczne i przepaliły się wszystkie żarówki (nawet wyłączone). Przepaleniu uległy wszystkie bezpieczniki oraz przewód telefoniczny biegnący wzdłuż zachodniej ściany budynku. Do wnętrza domu wdarł się intensywny, ostry zapach. Po około 4 minutach była kilkuminutowa intensywna burza gradowa. Rano okazało się, że dachy zostały podziurawione przez kamienie wapienne.

10. PP. GUTOWIE (Jerzmanowice 170) – zebrane 30 I 93

L = 110 m, A = 300°

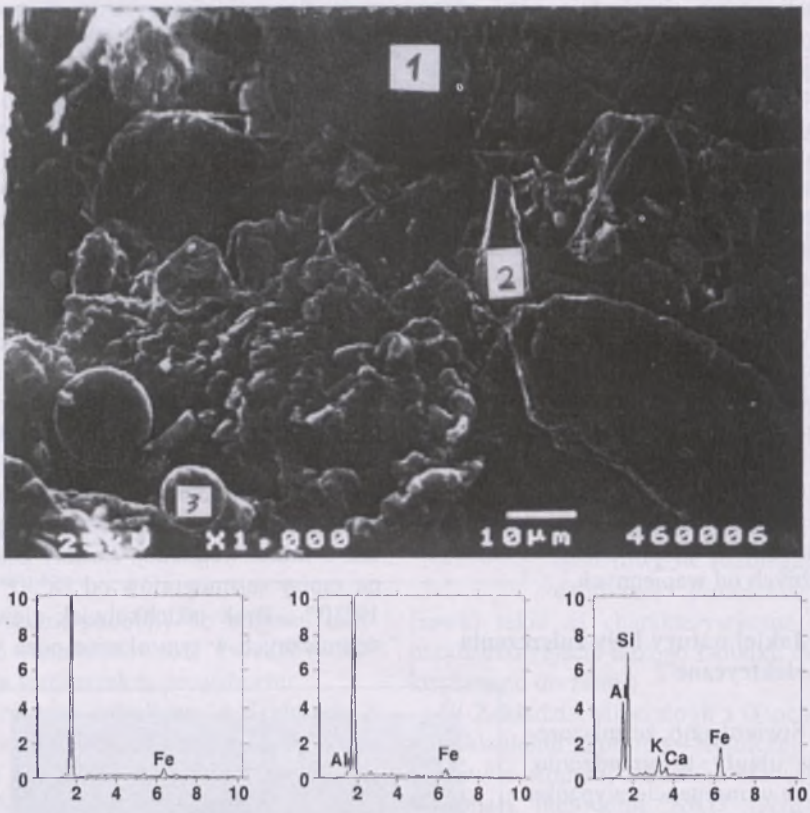
Byli w pomieszczeniu. Przed 19 usłyszeli silny, przeciągły huk, w domu na metalowych przedmiotach (np. kran, garnki) pojawiły się ognie. Za oknami zauważono czerwony błysk. Syn słyszał dwa huki, nie widział błysku. Uszkodzona została instalacja elektryczna (odymione ślady wokół gniazdek i żyrandola, spalone bezpieczniki oraz pracujące urządzenia elektryczne: wyciąg kuchenny, telewizor i video). Wybite zostały szyby w oknach i podziurawione dachy.

11. PP. KOZEROWIE (Jerzmanowice 169) – zebrane 30 I 93

L = 120 m, A = 270°

Byli w pomieszczeniu. Około 19 usłyszeli olbrzymi huk, za oknem pojawiła się czerwona jasność oraz gęste, szare zadymienie. Po wybiegnięciu na podwórze syn zobaczył oddalające się w kierunku Krakowa dwa świecące obiekty. W tym czasie jeszcze spadały odłamki

wioną w nr 5/1993 „Młodego Technika" (nieco zmienioną wersję tekstu K. Włodarczyka drukujemy na str. 133) w artykule „Meteoryt nad Jerzmanowicami", że za zdarzenie odpowiedzialne jest małe ciało o kilkukilogramowej (2 kg) masie i prędkości kilku (3.5) km/s. Czy zdarzenie takie (tzn. dolot do powierzchni Ziemi małego ciała z dużą prędkością) jest możliwe ? Wydaje się, że nie. Z istniejących modeli lotu ciała w atmosferze wynika, że wyhamowaniu w atmosferze nie podlegają ciała o dużej masie (kilkaset i więcej kg) i prędkości początkowej do 22 km/s. Takie meteoryty rzeczywiście uderzają w Ziemię z prędkościami wynoszącymi kilka lub kilkanaście km/s. W wyniku uderzenia powstaje krater wybuchowy. Przykładem może być np. znany krater w Arizonie. Można także dodać, że zachodzi to jedynie dla meteorytów żelaznych (np. Sterlitamak 1990). Meteoryty kamienne ulegają rozpadowi w trakcie lotu wywołując efekt deszczu meteorytów (np. Pułtusk 1868, Mbale [Uganda] 1992).



Rys. 2. U góry obraz z mikroskopu skaningowego próbki zebranej z płata śniegu kilkanaście metrów od Babiej Skały. Poniżej przedstawiono widma SEM–EDS trzech wskazanych próbek (w kolejności od lewej). Brak potasu, charakterystycznego dla zanieczyszczeń przemysłowych może sugerować pozaziemskie pochodzenie dwóch pierwszych próbek. Charakterystyczna kulka oznaczona nr 3 jest typową cząstką pochodzenia przemysłowego, podobnie jak wszystkie pozostałe cząstki pokazane na obrazie z mikroskopu skaningowego i mają podobne widma SEM–EDS (z prawej).

Widmo EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) otrzymywane jest w mikroskopie elektronowym w oparciu o zjawisko fluorescencji rentgenowskiej. W wyniku bombardowania próbki wiązką elektronów wzbudzane jest emisyjne promieniowanie rentgenowskie – każdy pierwiastek będący składnikiem próbki wysyła charakterystyczne dla siebie (jak linie papilarne człowieka) promieniowanie. Promieniowanie to rejestrowane jest na widmie – wykresie zależności intensywności promieniowania od jego energii. Analiza wykonywana jest z mikroobszaru o powierzchni mniejszej od 1. Badania wykonano aparatem umożliwiającym wykrycie wszystkich pierwiastków o masie atomowej większej od masy atomowej węgla przy zawartości ponad 0.1% wagowo.

Maciej Manecki
Zakład Mineralogii i Geochemii AGH

Meteoryty o masie wejściowej małej (kilkanaście kg) ulegają szybkiemu wyhamowaniu w atmosferze i od wysokości 20–30 km spadają z praktycznie stałą prędkością wynoszącą zaledwie kilkadziesiąt do kilkuset m/s. Analogicznie zachowują się także produkty rozpadu dużych brył.

Należy jednak nadmienić, że żaden ze świadków w Jerzmanowicach nie widział uderzenia bolidu w skałę. Wszystkie dostępne nam obserwacje bolidu (który wtedy niewątpliwie obserwowano!) pozwalają na odtworzenie jego toru lotu kilkanaście kilome-

wapienia. Uszkodzona została instalacja elektryczna oraz włączony telewizor. Wybite zostały szyby, kilka kamieni wpadło do mieszkania, jeden uszkodził lodówkę. Podziurawione zostały dachy i przechylony płot.

12. PP. BIENIOWIE (Jerzmanowice 171) – zebrane 30 I 93

L = 120 m, A = 305°

W czwartek pod koniec serialu „Pokolenia" (przed 19) nastąpił przeciągły huk, potem stała się czerwona jasność. Zostały powybijane szyby oraz podziurawione dachy. Potem był słyszany słabszy grzmot. Potem nadszedł silny wiatr i intensywny, krótki deszcz z gradem. W domu uszkodzony został włączony telewizor i spalone bezpieczniki.

13. MAREK CHOCHÓŁ (Szklary 25) – zebrane 30 I 93

L = 4150 m, A = 225°

Szedł drogą. Usłyszał przeciągły szum i gwizd. Po około 1 s zobaczył błysk oraz zanikające rozjaśnienie na niebie. Podczas błysku nastąpił zanik napięcia w sieci. Po około 2 s usłyszał dwie silne detonacje, z czego pierwsza była silniejsza. Odczuł silny wstrząs gruntu. Około pół godziny później była burza z błyskawicami.

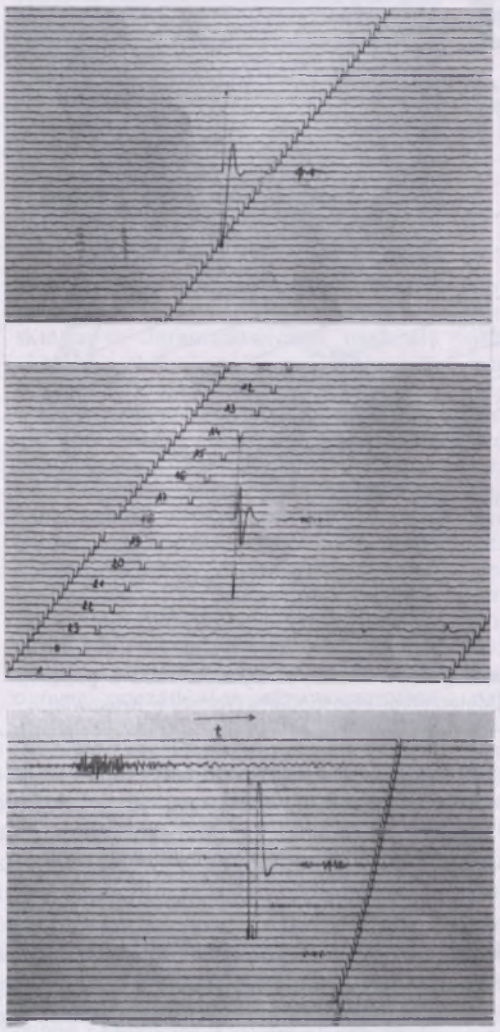
14. (SĄSPÓW 36) – zebrane 30 I 93

L = 2150 m, A = 36°

Słyszano przeciągły huk, przypominający przelot niskiego samolotu, po ok. 2 s widoczne było białe rozświetlenie nieba, przygasło światło na ok. 1 s, po 8 – 15 s słyszano silny grzmot. Po około 4 min od błysku przyszła gęsta czarna chmura, padał silny grad z deszczem i zaobserwowano dwa silne wyładowania w odstępie ok. 1 min w kierunku Ojcowskiego Parku Narodowego (A = 110°). Burza trwała zaledwie kilka minut.

15. (ZABIERZÓW, CZĘŚĆ WSCHODNIA) – zebrane 7 II 93

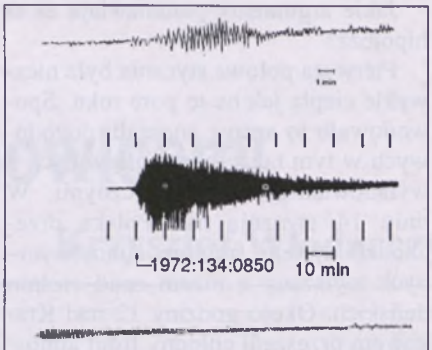
Piorun czy meteoryt???



Rys. 3. Dwa pierwsze fragmenty sejsmogramów obejmują zaobserwowane wyładowanie burzowe o godzinie $18^h58^m54^s$ CSE (u góry) i $19^h00^m11^s$ CSE (w środku). Dla porównania pokazano (najniżej) zarejestrowane tym samym sejsmografem, ale w innym czasie (w czerwcu 1993) przykład innego podwójnego wyładowania atmosferycznego (w środku kadru) z nieco wcześniejszym zapisem tąpnięcia górniczego na Śląsku (w górnej – lewej części kadru).

trów na południe stycznie do Jerzmanowic.

Na podstawie obserwowanej jasności błysku przy realnym zakresie prędkości można oszacować masę początkową obiektu na 20 do 50 ton. W zależności od materiału meteorytu oraz od wartości współczynnika oporu aerodynamicznego końcowa masa przy upadku powinna wynosić od 0.2 do 2 ton przy prędkości końcowej od 100 do 300 m/s. I rzeczywiście są to liczby zgodne ze znanymi spadkami meteorytów jak np. Sichote–Alin, Pribram. W przypadku Jerzmanowic wielokrotne przeszukiwania terenu w promieniu do 2 km od „Babiej Skały" nie doprowadziły do znalezienia jakiejkolwiek materii pochodzenia pozaziemskiego, co wskazywałoby na małą masę końcową meteorytu. Jednak przy małej masie zniszczenia skały wymagają dużej (rzędu 3 km/s) prędkości. Oznacza to po pierwsze olbrzymią (10000 krotną) utratę masy w trakcie lotu (niespotykana ablacja, także żaden deszcz meteorytów nie został zaobserwowany) oraz słabe hamowanie aerodynamiczne (co przy tak dużej ablacji wydaje się całkowicie nierealne). Rozwiązania, w których ciało o małej masie uderza z prędkością kosmiczną w skałę otrzymuje się bądź dla niezwykłej gęstości meteorytu (złoto lub iryd) bądź dla współczynnika oporu aerodynamicznego zbliżonego do współczynnika oporu dla dziobów samolotów hiperdźwiękowych.



Rys. 4. Zapis sejsmogragiczny typowego trzęsienia Ziemi (u góry), upadku meteorytu na powierzchnię Księżyca (w środku) i fale sejsmiczne wywołane upadkiem Meteorytu Tunguskiego obejmujący ok. 50 minut trwania zjawiska (na dole).

Obydwa te warianty wydają się mało prawdopodobne. Jednocześnie w obu tych przypadkach masa początkowa ciała wynosiłaby zaledwie kilkanaście do kilkudziesięciu kg, co nie wywołałoby obserwowanego błysku na niebie.

Należy także dodać, że w literaturze meteorytowej nie są znane przykłady upadków meteorytów przypominających zdarzenie w Jerzmanowicach.

II. HIPOTEZA METEOROLOGICZNA

Zgodnie z nią za wydarzenie w Jerzmanowicach odpowiedzialny jest zespół efektów burzowych, a przede wszystkim silnego wyładowania liniowego oraz stowarzyszonego z nim pioruna kulistego.

L = 11.5 km, A = 158°

Przed 19 usłyszano grzmot a następnie zobaczono błysk od strony zachodniej.

16. (ZABIERZÓW, CZĘŚĆ ZACHODNIA) – zebrane 7 II 93

L = 9.9 km, A = 174°

Po 18 był widziany silny błysk oraz słyszano silny grzmot na półn. – zach., po chwili dał się słyszeć słabszy grzmot.

17. (RUDAWA, PRZYSTANEK PKS) – zebrane 7 II 93

L = 9.8 km, A = 196°

Wieczorem widziano biały błysk, po czym słyszano grzmot, po ok. 20 min była burza z błyskawicami.

18. (BRZEZINKA) – zebrane 7 II 93

L = 7.5 km, A = 189°

Około 19 słyszano krótki, silny grzmot, podobny do lotniczego.

19. (SIEDLEC) – zebrane 7 II 93

L = 8.6 km, A = 218°

Wieczorem widziano błysk, w tym momencie przygasło światło, po około1 min nastąpił grzmot.

20. TADEUSZ KUBECZKA (Żbik) – zebrane 7 II 93

L = 9.6 km, A = 221°

Między 18 a 19 zobaczył błysk i jednocześnie usłyszał huk. Spojrzawszy w niebo zobaczył podłużne rozjaśnienie na niebie. W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono, że rozjaśnienie zobaczył na wysokości 45° w azymucie 5°.

21. (MIĘKINIA) – zebrane 7 II 93

L = 12.3 km, A = 248°

Około 19 (zaczynała się „Dobranocka") usłyszano huk, na moment zanikł sygnał TV. Inny świadek ok. 19 widział podłużne silne roz-

Obserwacje

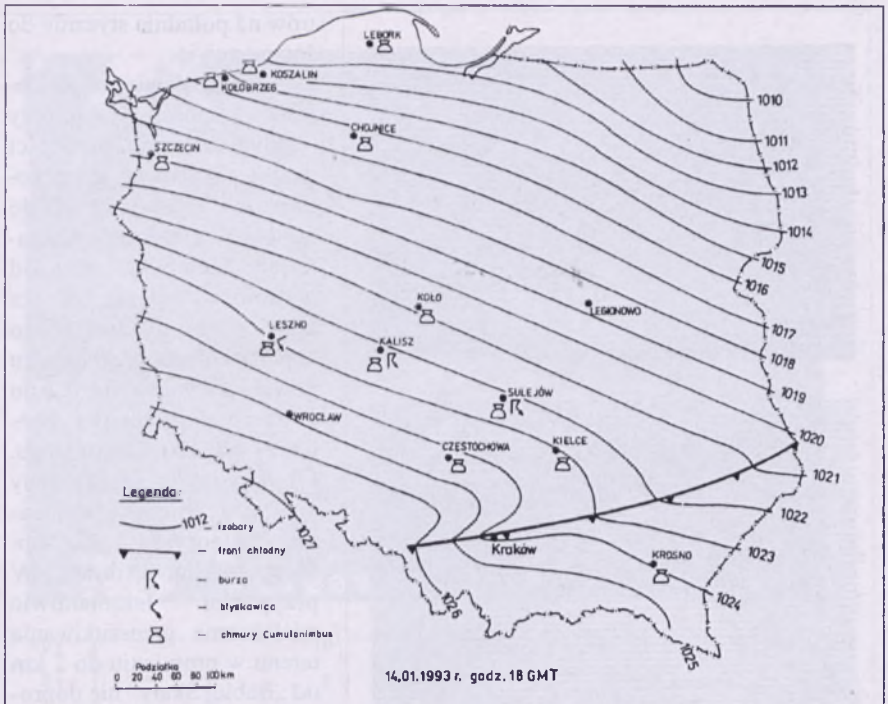
Jakie argumenty przemawiają za tą hipotezą?

Pierwsza połowa stycznia była niezwykle ciepła jak na tę porę roku. Spowodowało to szereg anomalii pogodowych w tym także burz połączonych z wyładowaniami atmosferycznymi. W dniu 14 stycznia nad Polską przechodził system frontów atmosferycznych związany z niżem znad cieśnin duńskich. Około godziny 12 nad Krakowem przeszedł chłodny front atmosferyczny. Na jego tyłach uformował się wtórny front chłodny. Po jego stronie południowej znajdowało się ciepłe powietrze, po północnej chłodne. Wzdłuż frontu obserwowano liczne burze. Około godziny 19 (rys. 5) front ten przesuwając się na południowy wschód znalazł się na północ od Krakowa (Jerzmanowice!). Wykonane o godzinie 19 zdjęcie satelitarne pokazuje liczne chmury kłębiaste (burzowe) w tym rejonie. Także relacje świadków mówią o nadejściu gęstych, czarnych chmur przed relacjonowanym zdarzeniem. Wieczorem i w nocy tego dnia zarejestrowano także burze w Jerzmanowicach i okolicznych miejscowościach.

Około 15 minut przed zdarzeniem w Jerzmanowicach z lotniska w Balicach pod Krakowem zaobserwowano unoszący się powoli pod chmurami (pułap 1400 m) piorun kulisty.

Kula obserwowana przez świadków nad skałą mogła być właśnie piorunem kulistym powstałym w efekcie zaistniałego wcześniej wyładowania liniowego, które odparowało zawartą w szczelinach skały wodę powodując gwałtowny wybuch.

Podobne zniszczenia budynków lub skał są podawane w literaturze meteorologicznej.



Rys. 5. Sytuacja meteorologiczna w Polsce w dniu 14 stycznia 1993 o godzinie 19^h00^m CSE (Archiwum Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie).

Oczywiście w tym przypadku jasne byłyby zarówno zniszczenia elektryczne urządzeń włączonych do sieci elektrycznej, jak też relacjonowane przez świadków kręte płytkie bruzdy rozchodzące się promieniście od skały. Należy także nadmienić, że „Babia Skała" jest jednym z najwyższych punktów w okolicy.

Dziś wydaje się, że żadna z hipotez z osobna nie jest w stanie wyjaśnić całości przebiegu zjawiska. Prawdopodobnym się wydaje, że pośrednio wybuch w Jerzmanowicach związany jest z przelotem jasnego bolidu w obszarze frontu chłodnego z komórkami burzowymi. Znany jest efekt separacji ładunku w bezpośrednim otoczeniu bolidu, a przy obserwowanej dużej jego jasności a zatem i masie możliwe jest oddziaływanie wyindukowanego, w ten sposób ładunku na pobliską komórkę burzową, co mogło wywołać silniejsze niż zwykle wyładowanie atmosferyczne. Tak więc wydaje się, że za bezpośrednie zniszczenie fragmentu „Babiej Skały" odpowiedzialne jest silne wyładowanie liniowe, jednakże geneza jego zdaje się wskazywać na przyczynowy związek z przelatującym bolidem.

Przy opracowaniu artykułu wykorzystano materiały znajdujące się w:

Archiwum Zakładu Mineralogii i Geochemii AGH w Krakowie,

Archiwum Instytutu Geografii WSP w Krakowie,

Archiwum Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie.

jaśnienie nieba koloru czerwonego, nie słyszał huku. W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut rozjaśnienia na około 90°±30°. Rozjaśnienie było widoczne na wysokości 15 – 30° nad horyzontem.

22. (PRZEGINIA) – zebrane 7 II 93

L = 5.5 km, A= 308°

Wieczorem widziano błysk, zaraz potem było słychać przeciągły huk.

23. JOANNA CHOCHÓŁ (Żbik 77) – zebrane 13 II 93

L=10.1 km A = 220°

Po 18 słyszała dwa bardzo silne, następujące kilka sekund po sobie, huki.

24. STANISŁAW PAPIERZ (Pisary 122) – zebrane 13 II 93

L = 9.9 km, A = 198° (Rudawa)

Przed 19 zobaczył błysk, podniósł wzrok i ujrzał zanikającą, podłużną smugę znikającą za dachem domu. Po chwili usłyszał, pojedynozy, głośny grzmot. Po chwili słyszał jeszcze drugi, słabszy grmot. W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono czas zanikania smugi na 1 – 2 s, azymut na wysokości około 15° na 335°±10°.

25. p. FERDEK (Łazy 33) – zebrane 13 II 93

L = 2150 m, A = 214°

Wracał do domu. Prószył śnieg, gdy nagle zobaczył oślepiający biały błysk, trwający 1 – 2 s. Po około 5 s usłyszał silny grzmot, zatrzęsła się ziemia i przygasły światła. Po przejściu około 30 m (ok. 30 s) widział drugi słabszy błysk i równocześnie usłyszał słabszy grzmot. W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut pierwszego błysku na 300 – 330° oraz wysokość około 40°.

26. p. SZCZEPAŃSKA (Łazy) – zebrane 13 II 93

L = 1000 m, A = 186°

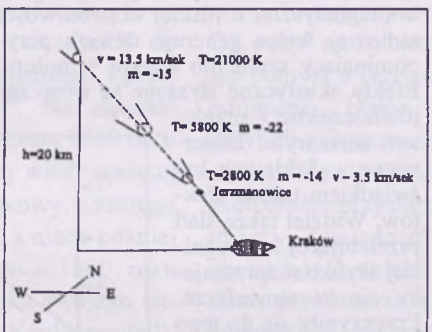
Obserwacje

Bolid nad Jerzmanowicami

Krzysztof Włodarczyk

Wieczorem 14 stycznia 1993 r. tuż przed godziną 19:00 czasu środkowoeuropejskiego w Jerzmanowicach nastąpiła eksplozja, która częściowo zniszczyła wapienną Babią Skałę. Odłamki skalne zostały rozrzucone z dużą siłą w promieniu 150-200 m, powodując zniszczenia w okolicznych zabudowaniach. Oprócz szkód mechanicznych wystąpiły bardzo silne impulsy elektryczne niszczące sieć telefoniczną oraz przewody sieci elektrycznej i sprzęt powszechnego użytku (odbiorniki TV, magnetowidy etc.). Dwie osoby zamieszkałe w odległości około 1 km od Babiej Skały widziały tuż przed wybuchem bardzo jasną kulę ognistą, początkowo jaskrawoczerwoną a później ciemnoczerwoną, poruszającą się bardzo szybko po linii prostej. Przelot trwał około 1 sek po czym nastąpił silny błysk i ogłuszajacy huk eksplozji. Według opinii mieszkańców Jerzmanowic przed wybuchem nie było silnego wiatru i niebo było pogodne. Wkrótce po eksplozji, gdy zaniepokojeni mieszkańcy okolicznych domów wybiegli na zewnątrz, odczuli bardzo silny powiew wiatru. W rejonie położonym na północ od Babiej Skały (w Jerzmanowicach, Sąspowie i Ojcowie) wystąpił krótkotrwały opad gradu połączony z dwoma wyładowaniami atmosferycznymi zarejestrowanymi w Obserwatorium Sejsmologicznym na obrzeżach Ojcowskiego Parku Narodowego. Obserwowane wówczas zjawiska meteorologiczne zostały powszechnie uznane za niewielką lokalną burzę. Potwierdza to zdjęcie satelitarne wykonane o godzinie 18:00 GMT. Gdyby ograniczyć się tylko do zjawisk meteorologicznych, wybuch w Jerzmanowicach mógłby być interpretowany jako skutek wyładowania atmosferycznego towarzyszącego burzy. Taka interpretacja nie tłumaczy jednak innych zjawisk obserwowanych tego wieczoru w odległości kilkudziesięciu kilometrów od Jerzmanowic. Otóż w Krakowie przed 19:00 widziano także przelot bardzo jasnej kuli ognistej, koloru biało–niebieskiego, przypominającej meteor. Przelot trwał około 3 sekund. W pewnym momencie na Rynku Głównym zrobiło się jasno jak w dzień. Wkrótce w Krakowie były słyszane dwa bardzo silne huki przypominające przelot samolotu naddźwiękowego. Kulę ognistą widziano wówczas także w Zawoi, Chrzanowie, Szklarach i Rudawie. W Szklarach słyszano charakterystyczny świst i dostrzeżono świecący ślad, który w ciągu kilku sekund rozproszył się w atmosferze. Relacje wszystkich naocznych świadków są zbieżne – kula ognista bardzo szybko zmierzała w kierunku Jerzmanowic, poruszając się po linii prostej nachylonej pod kątem 45-55° do płaszczyzny horyzontu. Dzięki relacji z Rudawy można wyznaczyć azymut lotu kuli ognistej – A = 193 -197° (azymut astronomiczny liczony od południa wynosił zatem 13-17°). Przelot ten mógł być spowodowany spadkiem meteorytu. Jego prędkość na wysokości 100 km[1)]

Babia Skałka i obcięte wierzchołki drzew rosnących od strony zachodniej (fot. Marcin Filipek).



Rys. 1. Ostatnie trzy sekundy lotu „meteorytu jerzmanowickiego" oglądane z Krakowa.

Jechała z mężem samochodem do domu. Około 19 ogarnęła ich oślepiająca, biało–żółta jasność, równocześnie dał się słyszeć potworny huk (zatrzęsło samochodem). Po przejechaniu odcinka drogi (30 – 40 s) widziała na niebie, znacznie słabszy błysk i słyszała znacznie słabszy huk.

27. p. ŚWIERK (Miękinia 35) – zebrane 19 II 93

L = 12.3 km, A = 252°

Była w domu, oglądała TV, było przed „Dobranocką" (między 18^{45} a 19). Zobaczyła jasny, niebieski błysk, trwający około 2 s lub więcej o narastającej jasności. Zaciekawiona zjawiskiem wyszła na zewnątrz (trwało to około 10 s) usłyszała słabnący dźwięk podobny do odgłosu samolotu (szum, jak gdyby wiatr przewracał drzewa). Grzmotu nie słyszała. W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut błysku na 150°± 20° na wysokości 10°. Średnicę rozjaśnienia na niebie oszacowano na około 40°.

28. p. IRENA SMORĄG (Balice 1/8) – zebrane 3 VII 93

L = 13.7 km, A = 171°

Była z koleżanką w jej mieszkaniu 25 m obok swojego domu. Po 18 usłyszała huk. Po około 20 – 30 s dał się słyszeć drugi, o wiele silniejszy huk, przypominający przekroczenie bariery dźwięku. Po tym huku wraz z koleżanką wybiegły na taras. Spojrzawszy na wschód zobaczyła prostoliniową smugę, dużo szerszą niż lotniczy ślad kondensacyjny, zanikającą w czasie około 2 s. W czasie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut początku i końca smugi na 60 – 70° przy wysokości od 10° (od horyzontu) do 60° (krawędź dachu ganku).

29. p. TERESA BISKUPSKA (Balice 1/7) – zebrane 3 VII 93

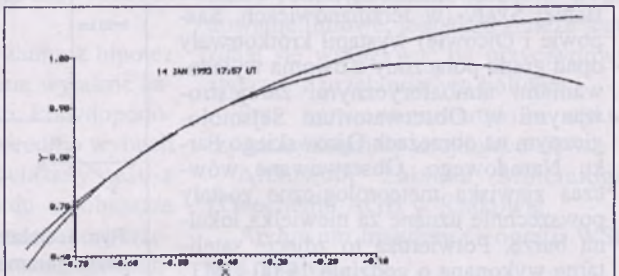
nad Ziemią była stosunkowo niewielka i wynosiła około 13.5 km/sek a masa nie przekraczała 20 kg. Dla tak małej prędkości początkowej podczas ukośnego przelotu przez atmosferę nie został wyhamowany i z prędkością końcową około 3.5 km/sek uderzył w Babią Skałę. Analizując obserwacje ostatnich 3 sekund przelotu (rys. 1) otrzymujemy masę końcową bliską 2 kg, temperaturę 2800 K i ciśnienie 90 atmosfer za frontem fali uderzeniowej. Jeśli przyjąć kulisty kształt meteorytu otrzymujemy jego promień r ~ 5.5 cm i gęstość około 3.4 g/cm^3 . Mógł to więc być pospolity meteoryt kamienny (chondryt). W zetknięciu z Babią Skałą nastąpiła silna eksplozja równoważna wybuchowi około 1 kg nitrogliceryny. Na miejscu można do dziś oglądać charakterystyczne efekty działania fali uderzeniowej równo obcięte gałęzie pobliskich drzew (fot.) i zniszczenia po stronie przeciwnej do kierunku lotu będące skutkiem tzw. skumulowanej fali uderzeniowej. Z meteorytu odpowiedzialnego za wszystkie szkody nie powinno pozostać praktycznie bez śladu – chyba, że wcześniej rozpadł się na kilka części. Poszukiwania powinny więc objąć obszar położony wzdłuż kierunku lotu. Z analizy efektów świetlnych obserwowanych przez naocznych świadków wynika, że promień kuli ognistej wynosił około 85 - 95 cm, a więc był co najmniej trzykrotnie większy od maksymalnych rozmiarów tzw. pioruna kulistego. Przyjmując podane wartości nachylenia trajektorii i azymutu oraz czas i współrzędne miejsca wybuchu: 14 stycznia 1993 godz. 17:56 UT, szerokość geograficzną 50.209° i długość 19.767° otrzymujemy następujące elementy orbity heliocentrycznej meteorytu: półoś 2.25 jednostki astronomicznej, mimośród 0.563, nachylenie 0.3°, węzeł 114.1° i odległość peryhelium 6.8°. Byłoby to więc typowe ciało planetoidalne, jakich wiele odkrywa się w okolicach Ziemi.

Przelot meteorytu wywołuje charakterystyczne efekty elektryczne i elektrofoniczne. Za frontem fali uderzeniowej powstaje rozległy obszar silnej jonizacji naładowany ujemnie (tworzący rozciągnięty ślad) i obszar ładunku dodatniego wokół spadającego ciała. Mamy więc szybko poruszający się dipol elektryczny. Powstają wówczas bardzo silne prądy o natężeniu kilku milionów amperów, które w zależności od warunków lokalnych mogł powodować zniszczenia w sieci elektrycznej i telefonicznej. Czasem obserwuje się charakterystyczne świecenie przedmiotów metalowych, tzw. ognie św. Elma – zauważone w jednym z mieszkań w pobliżu miejsca wybuchu. Powstający ładunek może czasem wywołać szereg wyładowań atmosferycznych, co także obserwowano. Wreszcie pył rozpraszającego się w atmosferze meteorytu powoduje szybką kondensację pary wodnej, co wywołuje opad deszczu lub gradu. Podobne zjawiska meteorologiczne towarzyszyły spadkowi słynnych meteorytów w Białymstoku (1827), Pułtusku (1868) i Ratyniu (1880). Efekty elektrofoniczne wywołuje fala elektromagnetyczna o niskiej częstotliwości radiowej, która generuje dźwięk przypominający szum lub warkot samolotu. Efekty akustyczne słyszane są wówczas równocześnie z przelotem meteorytu. Obserwator w Szklarach był świadkiem takich efektów. Widział także ślad przelatującej kuli ognistej szybko rozpraszajacy się w atmosferze. Przyczyniły się do tego bardzo silne wiatry osiągające wg informacji uzyskanej w IMGW prędkość od 20 do 65 m/sek na wysokości 1.5 – 16 km i wiejące z kierunku azymutu 245°. Efekty elektrofoniczne mogły wywołać powszechne u mieszkańców Jerzmanowic powiązanie wybuchu z katastrofą lotniczą. Tymczasem nie zarejestrowano wówczas w okolicy żadnego przelotu samolotu.

Spadki meteorytów zdarzają się bardzo rzadko i z powodu wspomnianych efektów towarzyszących przez długi czas były błędnie interpretowane jako zjawiska atmosferyczne. Dopiero niespełna 200 lat temu uwierzono, że są to zjawiska związane z materią pozaziemską.

Wszystkie efekty mogą więc być należycie wyjaśnione przez hipotezę meteorytową.

P. S. Po analizie relacji naocznych świadków otrzymałem dla meteorytu z Jerzmanowic następujące elementy orbity, które doskonale odpowiadają parametrom pewnej planetki typu Apollo oznaczonej symbolem 6344 P–L i zagubionej od kilku lat: a = 2.58927, e = 0.621, i = 0.12°. ω = 114°. Ω = 6.15° (epoka 1950). Zastanawiające jest to, że wyznaczona orbita zrzutowana na płaszczyznę ekliptyki (rys. 2) dwukrotnie przecina orbitę Ziemi – w miejscach odpowiadających położeniom 14 stycznia i około 30 stycznia. Przy niewielkim przesunięciu węzła otrzymujemy wręcz doskonałą zgodność z obserwacjami przelotu słynnego meteorytu Pułtuskiego z 30 stycznia 1868 roku. Czy to jest przypadek, czy też na podanej orbicie znajdowała się planetka 6344 P–L z licznymi okruchami kamienynmi, z których jeden spadł nad Narwią – a drugi, niewielki w Jerzmanowicach 125 lat później?



Rys. 2. Rzut orbity „meteorytu jerzmanowickiego" na płaszczyznę ekliptyki.

[1] Sposób wyznaczenia takiej wysokości Czytelnik znajdzie w okienku „Astronomia w Szkole PA 1/94 str. 32. Łatwość z jaką autor wyciąga wnioski nie tylko co do wysokości, ale prędkości, masy etc. wzbudzi zdziwienie i kontrowersje (nie ma pewności, że to naprawdę meteoryt!). Redakcja PA po raz kolejny korzysta z tego, że nie jest *Nature* i publikując ten materiał, zachęca do polemiki i dyskusji (przyp. red.).

L = 13.7 km, A = 171°

Była wraz z poprzednio wymienioną w mieszkaniu. Po 18–tej usłyszała huk, a po chwili rozmowy z koleżanką drugi, o wiele potężniejszy huk. Po wybiegnięciu na taras popatrzyła w kierunku południowo–zachodnim i zobaczyła słup ognisty koloru blado–fioletowego narastający w czasie 1 – 2 s pionowo z góry zakończony kulą ognistą. Smuga zniknęła jej za lokalnym wzniesieniem gruntu. W czasie rozmowy ze świadkiem ustalono azymut smugi na 230 – 240°. Obserwowała smugę od wysokości około 30° do horyzontu, czyli około 1.5°.

30. p. PAWEŁ ROMEK (Skawina, ul. Korabnicka 134) – zebrane 12 VII 93

L = 26.6 km, A = 164°

Jakiś czas po 17–tej wyszedł z psem na spacer. Niebo było częściowo zachmurzone. Po pewnym czasie biegnąc zobaczył za chmurami lecącą z dużą prędkością po niebie jasną, białą kulę rozświetlającą chmury. Za kulą ciągnęła się zanikająca szybko smuga. Nie słyszał żadnych dźwięków. Kula znikęła za horyzontem pod kątem około 30°. Świadek stwierdził, że była ona znacznie jaśniejsza od widocznej wtedy na południowo–zachodnim niebie planety Wenus (–4.4^m).

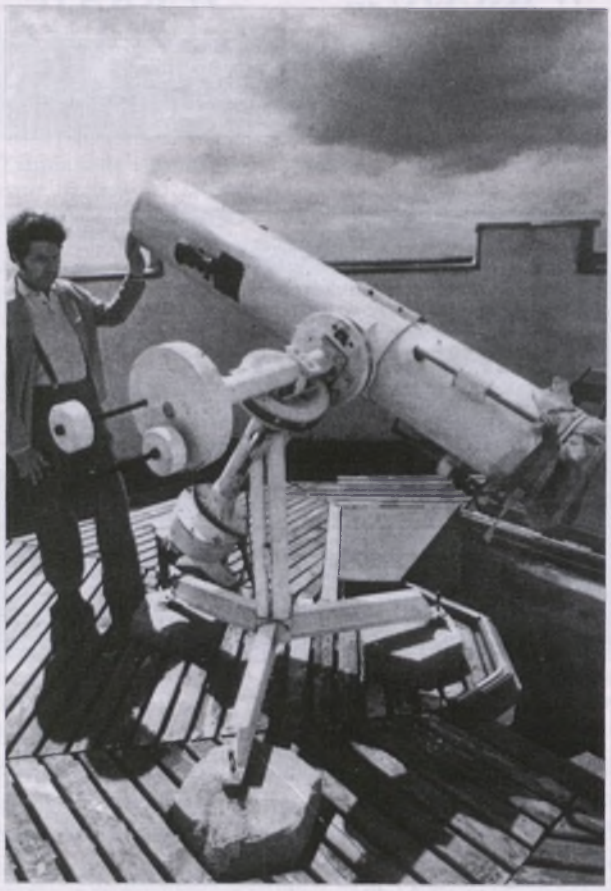
W trakcie rozmowy ze świadkiem ustalono, że, zauważył kulę w azymucie 30° na wysokości 30 – 40°, zniknęła za odległym wzniesieniem (wysokość 1°) w azymucie 325°.Czas przelotu kuli został określony na 1.5 – 2 s. Średnicę kuli określono 1 – 2°. Z opisu świadka wynika jasność kuli –8^m do –12^m. Jasność ta w czasie przelotu była raczej stała. Długość ciągnącego się za kulą zanikającego śladu oceniono na 20 – 30°.

Wieża Braniborska

Przeszłość, teraźniejszość i przyszłość zielonogórskiej astronomii

Pierwszym pod względem wysokości nad poziomem morza jest w Zielonej Górze wzniesienie zwane dawniej „Młyńskim Wzgórzem", na którym od 134 lat stoi wieża nazywana dziś Braniborską. Inicjatywa postawienia obiektu mającego służyć wszystkim, którzy chcieliby dokładniej zobaczyć to, co znajduje się w okolicy i co także można dostrzec na niebie wyszła od Fryderyka Foerstera. Ten związany z przemysłem i handlem człowiek, będący właścicielem fabryki sukna założył w 1835 roku Stowarzyszenie Miłośników Rozwoju Zielonej Góry. Owo, mające filantropijny charakter, Stowarzyszenie wykupiło teren Młyńskiego Wzgórza, wykorzystywany wcześniej do uprawy winorośli. W efekcie konkursu zmieniono nazwę wzniesienia na: „Wzgórze Zielonogórskie". Na zlecenie Stowarzyszenia architekt doktor Gersdorf wiosną 1859 roku przystąpił do przygotowania projektu budowy wieży mającej mieścić kawiarnię, winiarnię oraz taras widokowy, z którego to tarasu miano podziwiać okoliczne tereny, a nieco później – przede wszystkim – niebo. Już 10 marca 1860 roku nastąpiło otwarcie obiektu, który od początku swojego istnienia zyskał miano „rondla z maczugą" (Keulenrondell). Syn Fryderyka Foerstera – Wilhelm – będący dyrektorem Berlińskiego Obserwatorium Astronomicznego, zaproponował Stowarzyszeniu Miłośników Rozwoju Zielonej Góry zorganizowanie pokazów nieba. Zadbał o wyposażenie Wieży w odpowiedni sprzęt i w październiku 1887 roku rozpoczęto chętnym, raz w tygodniu, pokazywać niebo. W dwa lata później zaproszony przez profesora Foerstera norweski astronom i matematyk z uniwersytetu w Bergen – Sophus Trombolt – wygłosił cykl wykładów na temat zorzy polarnej i magnetyzmu ziemskiego – miejscem wykładów był także „rondel z maczugą". Pokazy nieba prowadzono do wybuchu I Wojny Światowej, po wojnie niestety ich nie wznowiono. W okresie międzywojennym wieża stała się jedną z wielu restauracji. W czasie II Wojny Światowej służyła obronie przeciwlotniczej za punkt obserwacyjny. Po wojnie losy obiektu były różne. Nieraz stał on pusto, nieraz – jak się to określało – był punktem gastronomicznym – faktycznie o randze knajpy, czasem mieściły się w nim biura.

W roku 1988 odwiedził Zieloną Górę (wówczas doktor) Janusz Gil – miał zamiar osiedlić się w tym mieście. Na przechadzkę wybrał się z ówczesnym dziekanem Wydziału Matematyki i Fizyki WSP. Znaleźli się także pod wieżą. Profesor Gil nie przypomina sobie jednak, aby pierwsze spotkanie z tym obiektem od razu zaowocowało chęcią „robienia" w nim astronomii. Pamięta tylko dość wyczerpującą wędrówkę (na ogół profesor preferuje jazdę, w dodatku bardzo szybką, samochodem) i to, że zobaczył jakąś ruinę. Następna przechadzka w okolice wieży, którą Janusz Gil odbył ze swoim kolegą i współpracownikiem, zrodziła już pomysł o przekształceniu ruiny w obserwatorium astronomiczne – historii tego obiektu młodzi naukowcy, którzy przybyli z Rzeszowa, wówczas nie znali. Janusz Gil, o czym miałem się dowiedzieć później, szybko, i jak się okazało skutecznie, przystąpił do działania. Wieża była własnością miasta. „Zawładnąć" nią chciało kilka instytucji i osób. Ktoś chciał kupić obiekt i założyć w nim restaurację, były też plany przeistoczenia wieży w kaplicę. Na kaplicę wieży nie przerobiono, ale widać jakiś związek tego obiektu z niebem był mu pisany, gdyż Urząd Miejski przekazał wieżę w dzierżawę WSP, aby ta ją wyremontowała i przeznaczyła na obserwatorium. Tak jak ongiś w błyskawicznym tempie wieżę postawiono, tak również błyskawicznie, w efekcie zabiegów Janusza Gila, wyremontowano ją. W czerwcu 1990 roku została ona przekazana powołanemu (Uchwałą Rektora WSP) dokładnie rok wcześniej Zielonogórskiemu Centrum Astronomii, które w zamierzeniach miało skupiać i koordynować wszelkie przejawy działalności astronomicznej w regionie lubuskim. Uroczystego otwarcia obiektu dokonał laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki z roku 1974, odkrywca pulsarów, Sir Prof. A. Hewish. W uroczystościach otwarcia uczestniczyli również: wojewoda, prezydent miasta, ówczesny dyrektor Centrum Astronomii im. Mikołaja Kopernika w Warszawie, prof. dr hab. W. Dziembowski oraz około stu najwybitniejszych astrofizyków z całego świata będących uczestnikami zorganizowanej w tym

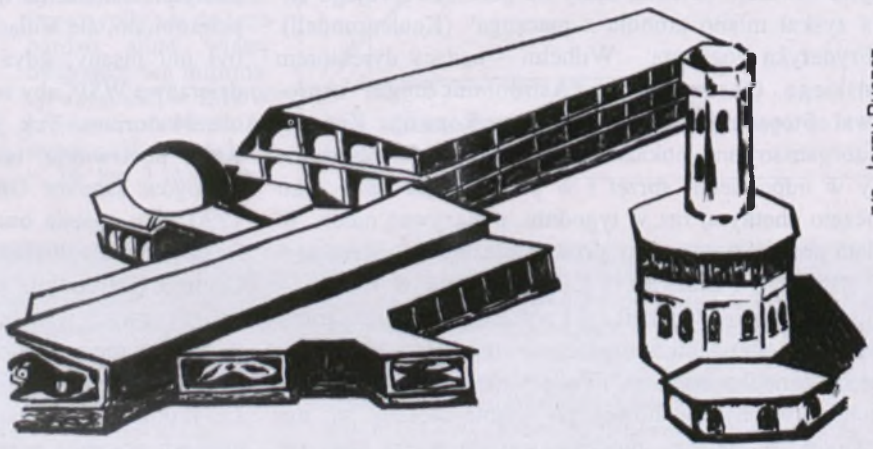


Na tarasie, na szczycie Wieży Braniborskiej, zainstalowany jest 25 – cm teleskop, używany do publicznych pokazów nieba.

czasie przez prof. Gila konferencji poświęconej pulsarom.

Po otwarciu zaczęła się normalna praca. Przede wszystkim naukowa pod kierownictwem Janusza Gila, ale także popularyzatorska i dydaktyczna. Warto podkreślić, że w krótkim okresie istnienia Centrum – pod kierownictwem prof. Gila zostały otwarte i już obronione dwa doktoraty, a prace kierowane przez niego są publikowane w najbardziej renomowanych periodykach fachowych takich jak Astronomy and Astrophysics oraz The Astrophysical Journal. Główną problematyką badawczą jest promieniowanie radiowe pulsarów, zarówno teoria jak i obserwacje. Oprócz pulsarów, w ZCA prowadzi się również badania transferu promieniowania w otoczkach gwiazdowych, ekstynkcji międzygwiazdowej, uprawia się astronomię meteorową oraz historię astronomii. Aktualnie zespół naukowy ZCA, liczący 7 osób, przygotowuje się do dwóch wielkich projektów, które mogą zaowocować interesującymi rezultatami. Pierwszy projekt to poszukiwanie pulsarów w centrum Galaktyki, w ścisłej współpracy z MaxPlanck Institut für Radioastronomie w Bonn. W tym celu wykorzystany będzie 100 m radioteleskop w Effelsbergu koło Bonn. Już teraz budowane są wysokiej klasy, niskoszumowe odbiorniki dostosowane do częstości 5 GHz. Tak wysokie częstości pozwolą przeniknąć przez pył zalegający centralne części naszej Galaktyki, gdzie jeszcze nikt nie szukał pulsarów. Być może więc już wkrótce zostanie odkryta duża liczba pulsarów w samym sercu Galaktyki. Ich dalsze monitorowanie i chronometraż może doprowadzić do wykrycia różnych niewidzialnych, egzotycznych obiektów, być może nawet czarnych dziur. Drugim interesującym projektem planowanym przez ZCA jest zastosowanie zbudowanegow Toruniu 32 m radioteleskopu do chronometrażu niektórych pulsarów podejrzanych o tzw. glicze, czyli gwałtowne zmiany okresu, których pomiary dostarczają istotnych informacji o wewnętrznej budowie gwiazd neutronowych. Obecnie budowana jest specjalna „maszyna pulsarowa" która umożliwi dokładne pomiary czasów przyjścia sygnałów pulsara do obserwatorium.

Popularyzacją astronomii, a przede wszystkim pokazami nieba, zajmuje się, liczący 70 członków, Zielonogórski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii kierowany niezwykle sprawnie przez inż. Henryka Butkiewicza. Dydaktyka i popularyzacja jednocześnie, zaczęła być realizowana w postaci spotkań z uczniami szkół różnych szczebli z całego Regionu (województwo zielonogórskie i gorzowskie), a nawet z dalszych okolic. Przez Wieżę Braniborską przewinęło się już kilkanaście tysięcy ludzi, mniej lub bardziej zainteresowanych astronomią. W ramach popularyzowania w Wieży działają także koła astronomiczne, którymi opiekuje się niżej podpisany. Często prof. Gil i inni pracownicy mają pogadanki w radiu – oczywiście o tematyce astronomicznej, w miejscowej prasie ukazują się artykuły popularyzujące astronomię – ich autorami są oczywiście pracownicy ZCA. Największym osiągnięciem popularyzatorskim jest jednak przygotowany przez J. Gila, J. Kijaka oraz TVP (wyemitowany w ramach programu *Laboratorium* czteroodcinkowy film pt. „Podsłuchiwanie Wszechświata" traktujący o badaniach astronomicznych



rys. Jerzy Puszcz

Tak ma wyglądać Zielonogórskie Centrum Astronomii w przyszłości. Kluczowym elementem całego kompleksu ma być planetarium.

prowadzonych przy pomocy największego w pełni sterowalnego radioteleskopu świata (średnica zwierciadła 100 m) należącego do Instytutu Radioastronomii im. Maxa Plancka znajdującego się w Bonn. Realizacja programu telewizyjnego była możliwa dzięki temu, że prof. Gilowi udało się namówić do współpracy Dyrektora Instytutu Maxa Plancka w Bonn, prof. R. Wielebińskiego. Warto podkreślić, że od września 1991 do czerwca 1993 roku prof. Gil działał na dwóch frontach – był stypendystą Fundacji Aleksandra von Humboldta w Instytucie Radioastronomii w Bonn i jednocześnie sterował działalnością Centrum – dość często przyjeżdżał i był w ciągłym kontakcie telefonicznym z pracownikami. Myślę, że w działalności ZCA osiągnięciem jest również to, iż (na razie eksperymentalnie) do IV Liceum Ogólnokształcącego w Zielonej Górze wprowadzona została astronomia jako odrębny przedmiot – uczy tego przedmiotu jeden z pracowników ZCA. W tymże liceum ma też zajęcia fakultatywne z astrofizyki prof Gil. W Wieży i na przyległym terenie pracownicy ZCA zaczęli organizować tzw. Pikniki Astronomiczne – spotkania z mieszkańcami Zielonej Góry, których celem było (i jest) nie tylko jedzenie kiełbasek z rusztu i picie piwa, ale przede wszystkim zapoznawanie się z astronomią. Bardzo znaczącym przedsięwzięciem prof. Gila było założenie Fundacji Rozwoju Centrum Astronomii. Zaraz po powołaniu do istnienia (29.09.1991) Fundacja – kierowana przez J. Gila – za pierwsze zdobyte pieniądze kupiła teleskop o średnicy zwierciadła 25 cm, który wspomógł w obserwowaniu nieba inne przyrządy (fot.). Wszystko przemawia za tym, że to dopiero początek zielonogórskiej astronomii. Prezes Fundacji i Dyrektor Centrum[1)] zaplanował budowę całego kompleksu poświęconego tworzeniu i propagowaniu tej nauki (rys.). Kluczowym elementem kompleksu będzie planetarium. Już teraz Zakłady Carla Zeissa w Jenie przekazały Fundacji Rozwoju Centrum Astronomii w Zielonej Górze, kopułę planetarium o wartości 300 tys. DM. Oczywiście podstawową rzeczą jest sprawa pieniędzy potrzebnych do zrealizowania pomysłu. Skąd je wziąć?

Tak się składa, że Zielona Góra leży w pobliżu Żagania, gdzie ostatnie dwa lata swojego życia spędził wielki niemiecki astronom i astrolog Jan Kepler (umarł gdzie indziej – w Ratyzbonie). Kepler zaś, co do tego nie ma żadnych wątpliwości, to jeden z najwybitniejszych astronomów czasów nowożytnych. Jak wiadomo od 1991 roku istnieje Fundacja Współpracy Polsko-Niemieckiej, której celem – najogólniej rzecz ujmując – jest jednoczenie kulturowe i nie tylko kulturowe narodów polskiego i niemieckiego. Cel chwalebny, dlaczego by go zatem nie powiązać z krzewieniem tak ponadnarodowej dziedziny wiedzy jaką jest astronomia. O jej wpływie na rozwój współczesnej cywilizacji nie trzeba chyba nikogo przekonywać. Prof. Gil ze współpracownikami przygotował projekt finansowania budowy Centrum Astronomii im. Johannesa Keplera w Zielonej Górze. Projekt zyskał poparcie wielu wybitnych uczonych, wielu organizacji naukowych, jak również Władz Miasta i Województwa oraz władz sąsiednich obszarów niemieckich. Został on złożony Fundacji Współpracy Polsko – Niemieckiej[2)]. Mamy nadzieję, że Fundacja dostrzegając obustronne korzyści – Niemców i Polaków – projekt zatwierdzi i w zasadniczym stopniu, współdziałając z zielonogórską Fundacją Rozwoju Centrum Astronomii, sfinansuje. Gdy to się stanie, budowa będzie zwykłą formalnością. Centrum Astronomii zacznie „promieniować" działalnością nie tylko na Region, ale także na całą Europę Środkowo – Wschodnią. Prognozy mogą się wydawać idealistyczno – optymistyczne. Tak naprawdę są one, w efekcie profesjonalnego podejścia do sprawy, po prostu zwyczajne – realistyczne.

Stanisław Wrona

[1)] prof. J. Gil (przyp. red.)

[2)] Fundacja zwróciła się niedawno do Polskiego Towarzystwa Astronomicznego o zaopiniowanie projektu budowy Centrum (chodziło głównie o planetarium). Zarząd Towarzystwa NIE poparł projektu. Mamy nadzieję, że kolejnym sukcesem Zarządu (po likwidacji astronomii w programach szkolnych, likwidacji wykładów PTA) nie będzie likwidacja Postępów Astronomii (red.).

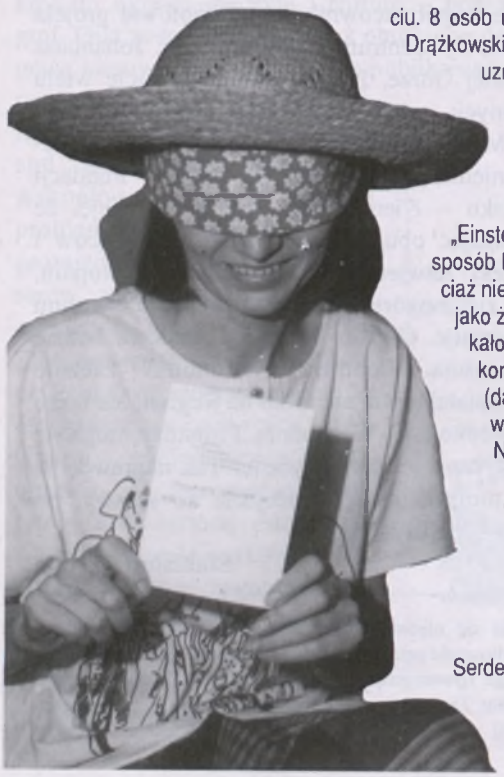
Einstein w Postępach

Rozstrzygnięcie konkursów

Pomimo ogromnej jak na nasze możliwości reklamy (chociaż przysporzyła ona nam wielu nowych prenumeratorów, którzy po prostu dowiedzieli się o istnieniu Postępów) czytelnicy nie uwierzyli, że w łatwy sposób mogą stać się posiadaczami 25cm „uniwersała" w systemie Cassegraina. Ten teleskop mógł się stać własnością praktycznie każdej grupy miłośników astronomii, oddziału PTMA, szkoły, czy grupy studentów! Wiedzieliśmy, że ruch miłośniczy jest w Polsce w zasadzie w rozsypce i nie przypadkowo jako minimalną ilość prenumerat w konkursie na prenumeratę zbiorową podaliśmy bardzo niską liczbę – pięć! Nie przypuszczaliśmy, że jest aż tak źle: do konkursu przystąpiła tylko JEDNA grupa prenumeratorów, zgłaszając zaledwie 6 nazwisk. Jedna z tych osób okazała się niestety nie być prenumeratorem, ale pozostałe 5 (minimalna liczba!) spełniało jednak warunki konkursu. Miło nam wobec tego ogłosić, że nagrodę w Konkursie na prenumeratę zbiorową PA w roku 1994 w postaci 25 cm teleskopu Cassegraina ufundowanego i wykonanego przez firmę **Uniwersał** otrzymuje **Towarzystwo Przyjaciół Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego we Fromborku** w składzie:

Marcin Barc, Piotr Grzywacz, Lech Jaszowsk,i Jarosław Bandurowski, Krzysztof Socha

Dużo więcej kłopotów przysporzył nam drugi Konkurs: ile wizerunków Alberta Einsteina było opublikowanych w Postępach Astronomii w roku 1993? Czytelnicy uparcie wietrzyli w konkursowym pytaniu jakiś redakcyjny podstęp. Rzeczywiście przez pomyłkę znalazł się w pytaniu nieszczęsny rok 1993, pierwotnie bowiem chcieliśmy zapytać o wizerunki Einsteina we wszystkich „nowych" Postępach Astronomii, od 1991roku. Naszym asem w rękawie miało być zdjęcie grupy astronomów i fizyków z Getyngi (PA1/93 str.12) gdzie po prawej stronie Władysława Dziewulskiego red. Mikołajewska (już po wydrukowaniu) rozpoznała Alberta Einsteina. Powtórnie zwróciliśmy się z tym do pani profesor Wilhelminy Iwanowskiej, która potwierdziła „tak to może być on" z tym, że zdjęcie pochodzi prawdopodobnie z roku 1907 (a nie1903) a więc drugiego pobytu Dziewulskiego w Getyndze. Wielu naszych kolegów powołując się na rzekomo pamiętne zdjęcia Einsteina z tego okresu zastrzegło, że to jednak nie Einstein. Pomimo to opublikowane zdjęcie ma niewątpliwie charakter unikatowy i historykom nauki pozostawiamy jego datowanie, analizowanie czy w tym czasie Dziewulski i Einstein mogli przebywać razem w Getyndze, etc. Jak sądzimy interesująca może być próba zidentyfikowania pozostałych postaci tego dystyngowanego chociaż wesołego towarzystwa (powiększony fragment zdjęcia – patrz str. 98.).



Na konkurs nadesłano 84 odpowiedzi. O dziwo, aż 7 osób rozpoznało Einsteina na omawianym wyżej zdjęciu. 8 osób uznało, że podstęp mieści się w dacie i odszukało Einsteina w „słoneczku" na rysunku Jacka Drążkowskiego na str. 131 PA 3 – 4/92, który to zeszyt faktycznie ukazał się już w roku 1993. Aż 10 osób uznało za Alberta Einsteina postać siedzącą przy komputerze na str. 181 w PA 4/93. Kilka osób wyszukało wszystkie wizerunki Einsteina w PA od 1991 roku, co było naszą pierwotną intencją. Dwie osoby podeszły do zagadnienia metaforycznie i poza podobiznami wyszukało po kilkanaście fragmentów tekstów nawiązujących do konkursowej postaci, a więc Einstein jako autor teorii względności, Einstein jako odkrywca soczewkowania grawitacyjnego, etc. Dwóch innych czytelników znalazło nawet (w jednym 36, w drugim 37) przypadków występowania słowa „Einstein" w Postępach z roku 1993. Wszystkie te i pozostałe odpowiedzi zidentyfikowały w niewątpliwy sposób Einsteina na dwóch rysunkach Jacka Drążkowskiego na str. 74(PA 2/93) i str. 146(PA 4/93), chociaż nie mogliśmy również odrzucić odpowiedzi czytelniczki, która rozpoznała tylko ten pierwszy rysunek, jako że zeszyt 4/93 ukazał się faktycznie dopiero w styczniu 1994 (co nam kilku czytelników nie omieszkało wypomnieć). W rezultacie zdecydowaliśmy się dopuścić do losowania wszystkie 84 odpowiedzi konkursowe. „Dziewczyna w słomkowym kapeluszu" zdecydowała się odsłonić drugą połowę twarzy (dalszych odsłon nie będzie z dużą szkodą dla czytelników, nad czym ubolewa Naczelny) i wylosowała:

Nagrodę główną, teleskop Uniwersała, model 9 ufundowany przez firmę **MIZAR** z Grudziądza dla:

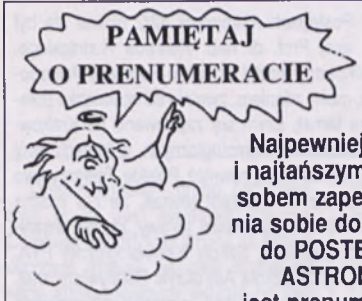
Roberta Nowakowskiego z Rzeszowa

oraz pięć dodatkowych nagród pocieszenia (prenumeraty 1995) dla:

Sławomira Greli z Tych
Marcina Cikały z Proszowic
Grzegorza Podgórskiego z Gdyni
Wiesława Łuszczka z Bielawy
Mariana Gajosa z Opola

Serdecznie gratulujemy wylosowanych nagród, a następnej redakcji życzymy bardziej precyzyjnego i szczęśliwego określania warunków ewentualnych konkursów. O miejscu i czasie odbioru nagród poinformujemy zainteresowanych listownie.

Redakcja



Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1994 wynosi 120.000 zł, a pojedynczego zeszytu 30.000 zł
- Wszyscy prenumeratorzy, którzy opłacili do tej pory prenumeraty w wyższej wysokości mają już w ten sposób opłacony zeszyt 1/95
- Cena prenumeraty na rok 1995 wynosi 150.000 zł, a pojedynczego zeszytu 37.500 zł
- Można zamawiać jeszcze zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000 zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000 zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000 zł. Dostępne są również wszystkie cztery zeszyty 1-4/1993 w cenie 30.000 zł za zeszyt.
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%
- Wysyłka Postępów Astronomii do krajów pozaeuropejskich będzie realizowana pocztą lotniczą
- Wpłaty można dokonywać na konto: **Polskie Towarzystwo Astronomiczne, PKB S.A. O/Grudziądz, 653248-19826-132**

Reklamacje dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem:
Sławomir Kruczkowski,
ul. Kulerskiego 11,
86-300 Grudziądz,
tel. (0-51) 33549
w. 38.

ANKIETA postępów astronomii

Prosimy zakreślić odpowiedni kwadrat lub wpisać informację

1. Wiek..... Płeć: ☐ kobieta ☐ mężczyzna
2. Miejsce zamieszkania:
   ☐ wieś
   ☐ miasto do 30 tys. mieszkańców
   ☐ miasto od 30 do 100 tys. mieszkańców
   ☐ miasto powyżej 100 tys. mieszkańców
3. Wykształcenie:
   ☐ podstawowe ☐ średnie ☐ wyższe
4. Zawód wykonywany.....
   Dla niepracujących:
   ☐ uczeń ☐ student ☐ gospodyni domowa
   ☐ rencista, emeryt ☐ bezrobotny
5. Przynależność do towarzystw, klubów astronomicznych:
   ☐ PTA ☐ PTMA ☐ inne (jakie?).....
6. W jaki sposób otrzymujesz PA obecnie?
   ☐ poprzez prenumeratę
   ☐ kupuję w planetarium, obserwatorium astronomicznym w .....
   ☐ kupuję w księgarni w .....
   ☐ dostaję z drugiej ręki
   ☐ czytam w czytelni, bibliotece w .....
7. Od jak dawna czytasz PA?
   ☐ dopiero zacząłem ☐ od 1 – 2 lat
   ☐ od 1991 roku ☐ dłużej niż cztery lata
8. Czy czytasz PA regularnie?
   ☐ tak ☐ prawie zawsze ☐ sporadycznie
9. Ile osób czyta poza Tobą każdy numer?
   ☐ tylko ja sam ☐ jedna osoba ☐ więcej niż 5 osób
10. Jakie inne czasopisma zawierające tematykę astronomiczną czytasz oprócz PA?
    .....
11. Czy PA są Tobie przydatne?
    w pracy: ☐ często ☐ rzadko ☐ wcale
    w nauce: ☐ często ☐ rzadko ☐ wcale
    inaczej (jak?):.....
12. Jaki jest Twoim zdaniem poziom prezentowanych w PA zagadnień:
    ☐ zbyt trudny ☐ zbyt łatwy
    ☐ właściwy ☐ trudno powiedzieć
13. Jak oceniasz w PA stałe działy i cykle?
    (0 - niepotrzebny, 1 - zły, 2 - słaby, 3 - może być, 4 - dobry, 5 - bardzo dobry, 6 - świetny, N - nie czytałem)
    - artykuły .....
    - donosy .....
    - Teleskop Kosmiczny Hubble'a .....
    - w kraju .....
    - sylwetki .....
    - listy czytelników .....
    - wywiady .....
    - umykające fenomeny obserwacyjne .....
    - miłośnicza fotografia nieba .....
    - poradnik miłośnicy astronoma .....
    - astronomia w szkole .....
    - esej, felieton .....
    - plakat, rozkładówka .....
14. Jakiej tematyki jest Twoim zdaniem w PA:
    za mało:.....
    za dużo:.....
15. Jaka tematyka interesuje Ciebie najbardziej?
    ☐ Układ Słoneczny ☐ historia astronomii
    ☐ Słońce ☐ kosmologia
    ☐ gwiazdy, pulsary, etc. ☐ mechanika nieba
    ☐ Galaktyka ☐ obserwacje amatorskie
    ☐ czarne dziury, kwazary, etc.
    ☐ inne (podać jakie?) .....
16. Jakie formy prezentacji tych zagadnień chciał(a)byś widzieć częściej w PA?
    ☐ artykuły przekrojowe
    ☐ szczegółowe opracowanie wąskich zagadnień
    ☐ krótkie noty informacyjne
    ☐ komentarze do aktualnych wydarzeń
    ☐ felietony, eseje
    ☐ reportaże
    ☐ wywiady z astronomami
    ☐ prezentacja prac amatorskich
    ☐ inne (jakie?).....
17. Czy podoba się Tobie w PA:
    opracowanie graficzne: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
    okładka, winieta PA: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
    żart rysunkowy: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
    artykuły wstępne i komentarze redakcyjne: ☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć

18. Czy uważasz, że zmiana papieru, na którym drukowane są PA wyszła na lepsze?
☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
19. Czy Twoim zdaniem należy rozkładówkę (plakat) drukować na grubszym papierze i nie zszywać z całym zeszytem?
☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
20. Czy kupował(a)byś PA gdyby były pismem pełnokolorowym, o większej objętości, ale odpowiednio droższe?
☐ tak ☐ nie ☐ trudno powiedzieć
21. Czy chciał(a)byś, aby PA ukazywały się jako:
☐ kwartalnik ☐ dwumiesięcznik ☐ miesięcznik
22. Co byś zmieniła(a) w PA będąc ich redaktorem?

.....

.....

.....

23. Inne uwagi dotyczące PA (można dołączyć na osobnej kartce i wysłać razem z ankietą w kopercie.

.....

.....

.....

.....

.....

tu skleić

tu zagiąć

Nadawca:

.....

.....

.....

□□-□□□.....

Wśród podających swój adres zostanie rozlosowanych pięć bezpłatnych prenumerat Postępów Astronomii na rok 1995.

tu zagiąć

DRUKI

3000 zł

Redakcja
Postępów Astronomii

ul. Chopina 12/18
87-100 TORUŃ

W Postępach Astronomii 42/2 ukazał się był esej Prof. dr hab. Konrada Rudnickiego. Opublikowany został w dziale Podstępy Astronomii co, moim zdaniem, zwalnia od obowiązku polemik na temat, czym się zajmowano na Krakowskich Szkołach Kosmologicznych, w których swój istotny wkład miało również Polskie Towarzystwo Astronomiczne. Uważam jednak, że nie można zostawiać bez odpowiedzi sprawy, kto był organizatorem pierwszej Szkoły Kosmologicznej PTA, zwanej wtedy Szkołą Astrofizyki Relatywistycznej. W nekrologu Doc. dr Jana Jerzego Kubikowskiego (PA tom XVII z. 2 str. 170) Antoni Opolski pisze „... Jan Kubikowski brał udział jako organizator i wykładowca letnich szkół: Astrofizycznej w Limanowej i Astrofizyki Relatywistycznej w Opolu". Opisując szkoły kosmologiczne Konrad Rudnicki (PA tom XXV z. 2 str. 139) w rubryce główny organizator podaje: J. Kubikowski, A. Zięba. Kończąc swoje sprawozdanie z drugiej szkoły Kosmologicznej Piotr Flin pisze (PA XIX z. 2 str. 190): „Letnie Szkoły Kosmologii, zainicjowane przez Doc. dr Jana Kubikowskiego (którego pamięć zebrani w chwili otwarcia Szkoły uczcili minutą milczenia)...".

Ponieważ wydarzenia, o których piszę odbyły się dawno temu, bo w 1968 roku, myślę, że dla lepszego zapamiętania pewne fakty z historii naszego Towarzystwa należy przypomnieć.

Piotr Flin
– Kraków

***Red.** Odnosimy coraz bardziej bolesne wrażenie, że astronomów krakowskich interesują wyłącznie sprawy personalne. Czyżby Ci, którzy jeszcze zachowali zainteresowanie gwiazdami, jak np. zmarły niedawno Wiesław Wiśniewski, musieli robić to poza Krakowem? Redakcja obiecuje, że jeśli któryś z krakowskich astronomów otrzyma Nagrodę Nobla, sama zainicjuje sypanie kolejnego kopca. Ku pamięci...*

Wydaje mi się nieporozumieniem, aby w piśmie mającym w nazwie słowo „postępy", tak dużo miejsca poświęcać na historię, sylwetki uczonych z ubiegłego wieku itp. Doszło do tego, że w niektórych numerach tematyka tego rodzaju zajmuje 1/3 i więcej miejsca. W to miejsce można zamieścić dużo ciekawsze artykuły, a jeśli redakcji takowych brakuje, to zmniejszyć objętość pisma, przynajmniej będzie tańsze. Nie chciałbym, aby wzięto mnie za radykalnego przeciwnika historii. Wręcz przeciwnie, jestem jej miłośnikiem, ale gdy mam na nią ochotę to idę do biblioteki. Od PA oczekuję natomiast świeżych informacji o głębokiej treści.

Drogi Czytelniku!

Zwracamy się z uprzejmą prośbą o wypełnienie zamieszczonej obok ankiety po wycięciu, odpowiednim zagięciu i sklejeniu, wysłanie jej do nas.

Odpowiedzi na zamieszczone pytania będą dla nas cenną wskazówką w dalszym redagowaniu pisma.

O wynikach ankiety poinformujemy na łamach PA 4/94.

Listy Czytelników

Drugim tematem grubo nadużywanym w PA jest tematyka krajowa. Ciągnące się artykuły strona za stroną, ogromne zdjęcia na całą stronę lub serie zdjęć mających jedynie na celu wypełnienie białych stron, których redakcji nie udało się w ciekawszy sposób wypełnić.

Oczekuję śmiałych i zdecydowanych zmian w PA.

Janusz Kowalczyk
– Moszczenica
(list dołączony do ankiety PA)

Postępy kupuję od 1991 roku, czyli od momentu poważnych zmian, a także większej dostępności pisma. O ile się orientuję obok uatrakcyjnienia szaty graficznej zmieniono jego charakter na bardziej popularyzatorski, tym samym powiększając grono odbiorców. Wraz z tymi zmianami do popularyzacji astronomii w Polsce weszła nowa jakość ,godna do naśladowania w innych dziedzinach nauki. Co jest największą zaletą PA? Oczywiście to, że jest tworzone przez profesjonalistów, astronomów i astrofizyków. Zarówno redakcja jak i autorzy są zawodowcami w swoich dziedzinach. To gwarantuje czytelnikowi obcowanie z prawdziwą nauką i naukowcami. Zresztą nie może być inaczej, bo to przecież tzw. oficjalny organ PTA.

Taki mniej więcej jest stan obecny widziany moimi oczami. Nagle Redakcja w numerze 2/94 pisze o potrzebie zmian personalnych i merytorycznych. Przy tym podejmuje próbę, (cenną próbę) szerokiej dyskusji na temat przyszłości pisma. Osobiście martwi mnie zapowiedź zmian personalnych motywowana potrzebą poświęcenia się nauce. Czyżby kierowanie pismem miano przekazać nieprofesjonalistom? Obecny skład dobrze wywiązał się z obowiązków i reprezentował społeczność astronomów. Jeśli wierzyć na słowo, to nie ponosi winy za fatalne opóźnienia.

Obecnie jestem studentem astronomii we Wrocławiu i z mojego punktu widzenia poziom przekazywanej w większości artykułów wiedzy jest zbyt niski. Jednocześnie zdaję sobie sprawę, że wielu czytelników nie związanych tak silnie z naukami ścisłymi będzie innego zdania. Trzeba tu znaleźć kompromis, tak aby część pisma nabrała bardziej fachowego charakteru.

Co się tyczy poszczególnych działów, to wysoko oceniam donosy, pragnąłbym aby podejmowane tam bardzo aktualne tematy były prezentowane bardziej szczegółowo. Cieszą opisy misji kosmicznych, w szczególności HST. Jestem wdzięczny PA za możliwość poznania polskiej astronomii, zarówno pod postacią artykułów o obserwatoriach, placówkach naukowych i popularyzujących wiedzę o Wszechświecie, jak i dzięki cyklowi prezentującemu sylwetki zasłużonych uczonych. Przydałoby się później zamieścić takie informacje także o zagranicznych ośrodkach i osobistościach. Przyznam się teraz, że czytanie każdego numeru zaczynam od eseju, który najlepiej żeby pozostał w takiej postaci jak obecnie.

Teraz trochę krytyki. Niezbyt udane pomysły to: poradnik miłośnicy, astronomia w szkole i miłośnicza fotografia nieba. Szkoda miejsca na rzeczy, które pasują raczej do „Uranii", czy „Vademecum miłośnika astronomii". Jeżeli chodzi o ogólniejsze uwagi, to brak Wam konsekwencji. Wiele ciekawych tematów prezentowanych jest w donosach jako zapowiedzi wydarzeń astronomicznych, zaskakujące odkrycia, itp. Potem cisza. Tematów domagających się kontynuacji jest wiele.

Dlatego chyba lepiej by było gdyby pismo było dwumiesięcznikiem o tej samej co teraz objętości każdego numeru. Zmiana papieru świadczy o prawidłowej ewolucji PA.

Zbigniew Kołaczkowski
– Wrocław
(list dołączony do ankiety).

Red. *Dziękujemy za listy i uwagi dołączane do ankiet. Nie jest łatwo wszystkich zadowolić, ale uwagi te powinny być cenną wskazówką dla dalszego redagowania PA. Opracowane wyniki ankiety postaramy się zmieścić w zeszycie 4/94.*

REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA

UWAGA MIŁOŚNICY ASTRONOMII !!!

Prywatne Wydawnictwo Naukowe „VEGA" 95 – 035 Ozorków, ul. Kołłątaja 4/15 tel. (0-42) 18- 86-82. Oferuje w sprzedaży wysyłkowej ponad 20 interesujących pozycji wydawniczych z dziedziny astronomii. Spośród nich polecamy szczególnie:

1. **„VADEMECUM MIŁOŚNIKA ASTRONOMII"** – kwartalnik. Cena pojedynczego numeru w prenumeracie na 1994r – 15.000 zł. Można jeszcze zakupić numery dotychczas wydane. Czasopismo zawiera aktualny kalendarzyk astronomiczny, przewodnik po gwiazdozbiorach oraz wiele praktycznych porad z zakresu obserwacji, fotografowania nieba i konstrukcji sprzętu obserwacyjnego. W prenumeracie taniej.
2. **„ATLAS NIEBA 2000"** (z katalogiem gwiazd). Cena 74.000 zł. Atlas składa się z kolorowych map, zawierających gwiazdy do 5.25m oraz liczne mgławice, galaktyki, gromady itp.
3. **„ATLAS NIEBA ZODIAKALNEGO"** (z katalogiem gwiazd). Cena 165.000 zł. Mapy obejmują pas nieba o szerokości 25° ciągnący się wzdłuż całej ekliptyki. Zawiera gwiazdy do 8.5^m.
4. **„GWIAZDY I PLANETY– JAK JE ODSZUKAĆ POZNAĆ I POLUBIĆ".** Cena 178.000 zł. Wspaniały przewodnik po niebie, zawierający kolorowe mapki gwiazdozbiorów wraz z opisem, kalendarz zjawisk astronomicznych na lata 1994 – 2000 itp.
5. **„SŁOWNIK SZKOLNY. ASTRONOMIA".** Cena 82.000 zł. Książka zawiera ok. 1200 haseł stosowanych w astronomii i astrofizyce oraz wiele ilustracji
6. **„ASTRONOMIA Z ASTROFIZYKĄ".** Cena 76.000 zł. Książka szczegółowo zaznajamia z fizyczną budową planet, gwiazd i galaktyk, przybliża mechanikę nieba itp
7. **„GALAKTYKI I BUDOWA WSZECHŚWIATA".** Cena 76.000 zł. Książka przybliża zagadnienia budowy i ewolucji obiektów poza układem Drogi Mlecznej (m. in. galaktyk, kwazarów itp.).
8. **„GWIAZDY I MATERIA MIĘDZYGWIAZDOWA".** Cena 88.000 zł. Obszerna pozycja, wprowadzająca w tajniki budowy i ewolucji gwiazd oraz innych form materii, położonych w obrębie naszej Galaktyki.
9. **„SŁOŃCE – ZIEMIA".** Cena 75.000 zł. Książka dość szczegółowo wyjaśnia liczne procesy przebiegające na Słońcu i w jego okolicy, z uwzględnieniem plam słonecznych, granulacji, pól magnetycznych itp.
10. **„DZIEJE ASTRONOMII UKŁADU PLANETARNEGO".** Cena 48.000 zł. Książka w interesujący sposób wyjaśnia jak powstały kolejne teorie budowy Układu Słonecznego, od systemu Ptolemeusza do systemu obecnego.
11. **„ASTRONOMIA W SZKOLE PODSTAWOWEJ".** Cena 38.000 zł. Książka przybliża podstawowe pojęcia astronomiczne, zachęca do prowadzenia obserwacji nieba, zawiera opisy prostych pomocy naukowych.
12. **„ZESTAW BARWNYCH PRZEŹROCZY".** Cena 175.000 zł. Zestaw zawiera 48 barwnych slajdów na następujące tematy: Słońce, Księżyc, Planety, Księżyce Jowisza, Księżyce Saturna, Mgławice, Mgławice i galaktyki.
13. **„OBROTOWA MAPA NIEBA".** Cena 25.000 zł. Mapa pozwala odtworzyć wygląd nieba w każdym dniu roku o dowolnej godzinie.
14. **„NOMOGRAM FAZ KSIĘŻYCA".** Cena 25.000 zł. Prosta pomoc dydaktyczna, pozwalająca określić fazę Księżyca dla dowolnego dnia roku. Zawiera mapę Księżyca.

UWAGA !
Powyższe ceny obejmują już koszty wysyłki pocztowej. Za zamówione pozycje zamawiający płaci po ich otrzymaniu. Oprócz literatury prowadzimy także (na zamówienia) sprzedaż lunet i teleskopów oraz niektórych akcesoriów fotograficznych.

REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA ✶ REKLAMA

PLAN NOWYCH „GWIEZDNYCH WOJEN",

czyli czego się nie robi dla zbawienia planety

Tym razem chodzi o wojny na większą skalę – toczone na rozległych orbitach wokółsłonecznych, po których krążą komety długookresowe, potrafiące pojawić się całkiem bez uprzedzenia, raz na kilkaset lat, będąc dostrzeżone zaledwie na kilka miesięcy przed wyminięciem Ziemi; a także na trajektoriach rzeszy planetoid, z których tylko część (około 5000) otrzymało swoje nazwy i miejsce w kategoriach z elementami orbit. Nasza wiedza o przeciwniku jest niewielka – jak do tej pory tylko dla 4 większych planetek byliśmy w stanie dokładnie wyznaczyć masę. Około 100 znanych planetek krąży po torach leżących w pobliżu orbity Ziemi. A ile takich obiektów nie zostało nigdy zaobserwowanych? Szacuje się, że jest to ok. 2000 ciał o rozmiarach rzędu kilometrów, ok. 300000 o rozmiarach rzędu setek metrów, oraz ok. 100 milionów o rozmiarach dziesiątków metrów, i tak dalej...

W ubiegłym roku NASA zorganizowała 2 konferencje poświęcone metodom wykrywania, przechwytywania i niszczenia wszystkich ciał niebieskich, które zbytnio zbliżą się w strefę ziemskiego oddziaływania grawitacyjnego. W opinii ekspertów, zderzenie Ziemi z bryłą o średnicy 1 km może wyzwolić energię 100000 megaton, co równa się katastrofie całego naszego globu; bryłki stumetrowe grożą jedynie katastrofą regionalną...

Załóżmy, że kilkunastokilometrowa bryła spada na nasz piękny glob. Z prawdopodobieństwem 2:3 wpada ona raczej do oceanu niż na ląd, lecz mimo to, efekty jej upadku z prędkością ok. 40 km/s są przerażające; błyskawicznie przecina ona skorupę ziemską i grzęźnie dopiero w tzw. płaszczu Ziemi. Wzbudza się potężna fala na oceanie, zwana tsunami, a materiał skalny o objętości 10 000 metrów sześciennych jest wystrzelony w powietrze. Odsłonięcie warstwy płynnej lawy powoduje powstanie wulkanu o kraterze posiadającym średnicę ponad 500 km. Pył i rozgrzane gazy wystrzeliwują w atmosferę w postaci ekspandującego obłoku. Następnie, kiedy pył wisi już nad znaczną częścią powierzchni Ziemi, światło Słońca jest blokowane, co zaburza proces fotosyntezy, a co za tym idzie, również i łańcuchy pokarmowe ekosystemów. Potem w grę może też wchodzić tak modny ostatnio „efekt cieplarniany", który byłby konsekwencją wielkiej ilości pary wodnej wyrzuconej do atmosfery przez ocean...

Na razie powyższa apokalipsa wydarzyła się jedynie w Los Alamos (USA) w National Laboratory, na terminalu pana Melvina Prueitt, którego bawią tak wymyślne symulacje komputerowe... Niektórzy utrzymują jednak, że podobne wydarzenie miało już miejsce 65 milionów lat temu, tj. na początku trzeciorzędu, kiedy to nastąpiła gwałtowna zmiana w faunie i florze, wyginęły nie tylko wszystkie gatunki dinozaurów (które i tak zdawały się być ginącą grupą zwierząt od dłuższego już czasu), ale też pływające ichtio – i plesiozaury, latające pterozaury, naziemne stegozaury... W sumie, wyginęło wówczas 3/4 morskich zwierząt pływających, 1/3 gatunków planktonu morskiego, 1/2 organizmów żyjących na dnie mórz, 1/6 gatunków słodkowodnych, i 1/5 zwierząt lądowych. Po tej zagładzie gadów nastała era ssaków, które po dziś dzień nam panują.

Ale czy rzeczywiście Ziemię spotkał kiedyś taki kataklizm? I jeśli tak, to czy może on się rychło powtórzyć. No, i oczywiście czy można by przewidzieć jak rychło? Zaczynam się obawiać, że ten artykuł może nie zdążyć do czytelników zanim się to wydarzy... Ale być może obawiam się zupełnie bez potrzeby, może tylko to wszystko robota dziennikarzy, którzy już dawno odkryli, że ludzie tęsknią za horrorami, że wraz z końcem zimnej wojny nuklearne apokalipsy trzeba zamienić na jakiś nowy scenariusz i to stąd ta fala doniesień prasowych (dementowanych później) czy to o rychłym zderzeniu Ziemi z sześciokilometrową planetką Toutatis, czy to z ponad dziesięciokilometrową kometą Swift–Tuttle'a...? A może raczej to polityka amerykańskich przemysłowców, chcących nadal utrzymać maszynę zbrojeń na wysokich obrotach i w tym celu rozpowszechniających informację jakoby dinozaury wyginęły nie na skutek epidemii, ani powolnych zmian klimatu, lecz właśnie śmiercią po kolizji orbity Ziemi z jakąś irydową bryłą, co i nas ludzi rychło spotka...? Prawdopodobnie równie podejrzane są kręgi film–biznesu, które ostatnio wzmogły reklamę wszys-

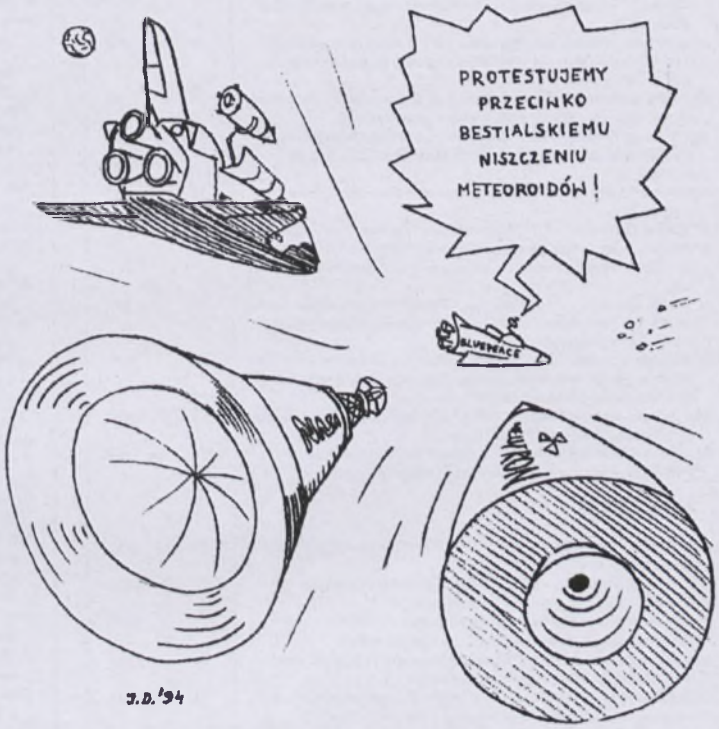
tkiego co się wiąże z dinozaurami, byle tylko powiększyć i tak już gigantyczne dochody z super produkcji p. t. „Park Jurajski"... (Zastrzegam, że mnie za ten artykuł, poza redakcją Postępów Astronomii nikt żadnych łapówek nie obiecywał, niestety...).

Podejrzane są też niektóre agencje turystyczne, zwabiające wycieczki na Półwysep Yucatan, zapewniając, że „Pod sobą macie państwo krater o średnicy 176 km, wybity przez kometę 65 milionów lat temu, a za chwilę pojedziemy do Arizony, gdzie gęsiego przespacerują się Państwo wokół dziury w Ziemi o średnicy 800 m, a potem Ontario – 300 km krater Sudbury, sprzed 2 mld lat...", itd.

Oprócz kolejnych podejrzanych – gangów rosyjskich przemytników materiałów rozszczepialnych – są też gangi mniej lub bardziej zorganizowanych astronomów specjalizujących się w kometach i planetkach, którzy mogą czerpać wymierne korzyści materialne z przyszłych „Wojen Gwiezdnych", bowiem na wspomnianych wyżej konferencjach NASA wystawili oni rachunek wobec Kongresu USA na kwotę 50 mln $ na budowę sieci sześciu 2.5 metrowych teleskopów wyposażonych w kamery CCD i komputery (po 3 teleskopy na każdej półkuli) oraz 10 – 115 mln $ rocznie na ich użytkowanie. Program działałby przez 10 do 25 lat, aż do wykrycia wszystkich planetek o rozmiarach kilometrowych.

W tym miejscu wspomnieć należy, że od wielu już lat prowadzi się próby wykrywania nieproszonych gości kiedy jest już „za późno", tzn. kiedy są już oni w ziemskiej atmosferze – chodzi mi tutaj o wykrywanie meteorytów za pomocą zsynchronizowanej sieci kamer z rotującą regularnie migawką, dzięki której tor meteoru jest rejestrowany jako seria kresek (z długości kresek szacuje się prędkość obiektu). Metoda ta nie jest jednak zbyt efektywna. Inną metodą jest natomiast radiolokacja – dzięki jonizacji powietrza w smudze po przelocie meteorów (smuga ta ma szerokość kilkuset metrów). Od zjonizowanych gazów odbijają się fale radiowe. Dzięki całodobowej radiolokacji wykryto szereg „dziennych" rojów meteorytów, w uzupełnieniu do znanych już „nocnych".

Oddzielny rachunek dla Kongresu USA wystawili specjaliści od obrony – kilkaset milionów dolarów na rozwój technologii. Broń użyta do odchylenia toru nieproszonego gościa zależałaby od tego jak bardzo zdążył się zbliżyć do Ziemi – czasem wystarczy 1 megatona, a czasem potrzeba znacznie więcej. Ale zanim wyleci taki ładunek, planuje się wysłać wstępną misję rozpoznawczą – nie, nie dla nawiązania kontaktów dyplomatycznych z długo oczekiwanymi zielonymi, niewątpliwie ludzikami, tylko dla określenia kształtu i ciężaru przybysza, a to po to żeby zadecydować czy efektywniejsza będzie eksplozja na – czy pod – powierzchnią planetki (lód wystarczy odparować eksplozją powierzchniową, w przeciwieństwie do np. żelaza...). Ale najlepsze są bomby neutronowe, bo odparowują materiał bez zbędnych odłamków, z których każdy jest wciąż jeszcze potencjalnym niszczycielem pojedynczych miast na Ziemi... Tak, neutronowe są oczywiście najlepsze!



Póki co, w historii ludzkości tylko jeden człowiek został odnotowany jako ofiara „kosmicznego bombardowania". Była to pani Hewlett Hodges z Sylacauga, Alabama, USA, której lewe biodro zostało mocno posiniaczone w 1954 roku, kiedy to około 4 kilogramowy meteoryt przebił sufit w jej mieszkaniu...

Więc może nie warto wytaczać armaty pod pretekstem zbawiania naszej planety? I, jeśli to tylko pretekst, to co jest prawdziwym powodem nowych planów gwiezdnych wojen? No i wreszcie ostatnie nasuwające się pytanie: kto za tym stoi oprócz niewątpliwie zielonych ludzików...? Na szczęście nie zestrzelili oni komety Shoemaker – Levy i mogła ona spokojnie upaść na Jowisza i nic nikomu się nie stało!?

Ewa Kuczawska

postępki astronomów

Astronomia w KBN

Bardzo dawno nie podawaliśmy wyników kolejnych konkursów na granty Komitetu Badań Naukowych (patrz PA 1/92 str. 41 i 2/92 str. 93). Dziś nadrabiamy to opóźnienie, publikując poza grantami „czysto" astronomicznymi, wyniki konkursów na tzw. granty kosmiczne, obejmujące głównie eksperymenty geodezyjne i satelitarne. Przypominamy, że termin nadsyłania projektów badawczych na kolejny konkurs KBN mija 2 stycznia 1995.

REDAKCJA

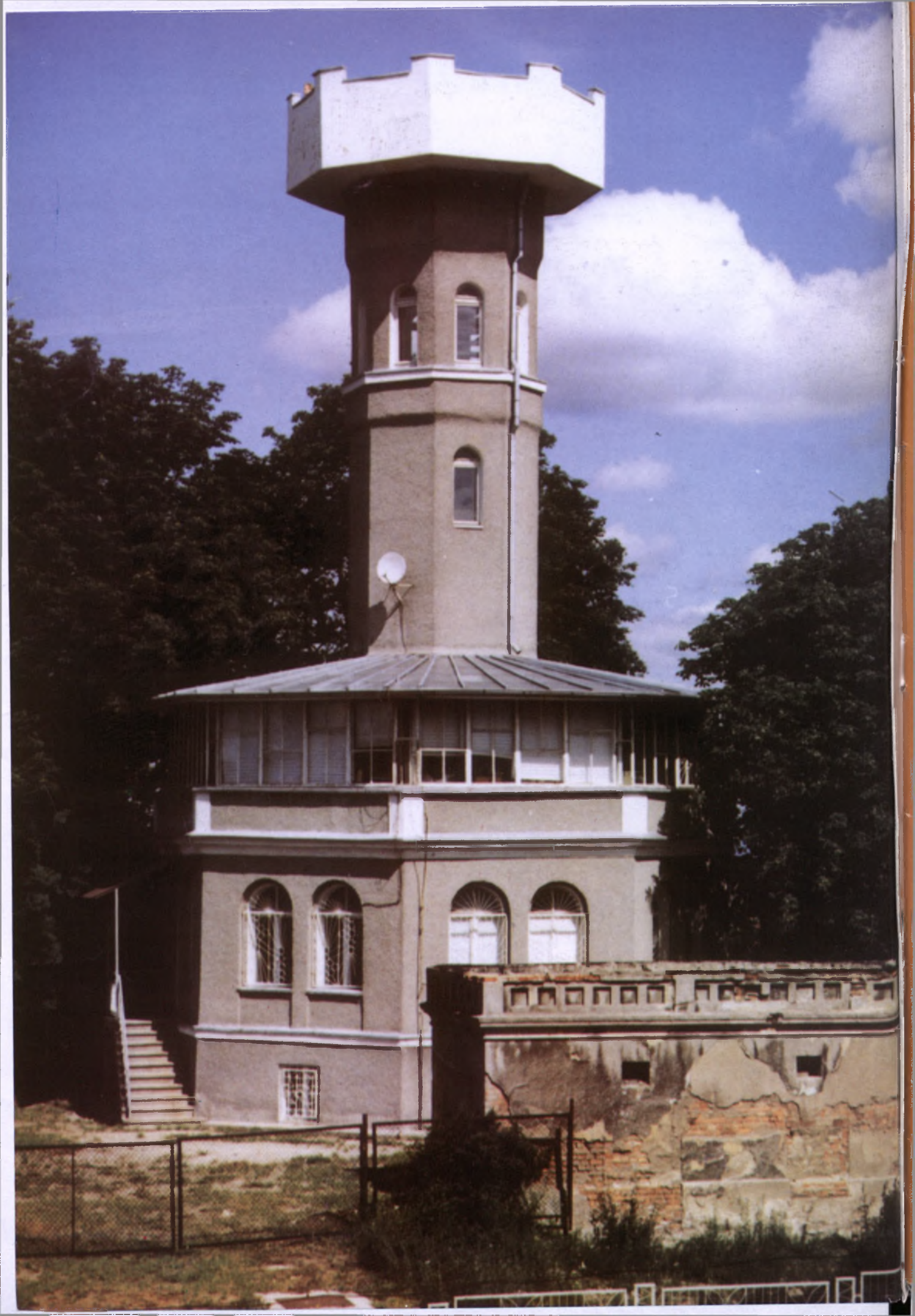
GRANTY

Kierownik projektu – *miejsce pracy kierownika* – tytuł projektu	czas mies.	koszt mln zł
IV KONKURS		
doc. dr hab. Bożena Czerny – *PAN Warszawa CAMK* – Reprocesowanie promieniowania pierwotnego w aktywnych jądrach galaktyk	36	970
prof. dr hab. Jerzy Jakimiec – *UWr Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii* – Badanie wydzielania i transportu energii w rozbłyskach słonecznych	24	892
prof. dr hab. Mikołaj Jerzykiewicz – *UWr Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii* – Obserwacyjne badanie pulsacji gwiazd wczesnych typów widmowych	36	1000
mgr Ewa Kuczawska – *WSP Kraków Zakład Astronomii* – Poszukiwanie podwójnych ciasnych jąder mgławic planetarnych	18	30
mgr Tomasz Kwiatkowski – *UAM Obserwatorium Astronomiczne* – Wyznaczanie parametrów fizycznych planetek zbliżających się do Ziemi	12	30
mgr Beata Mazur – *PAN CAMK Warszawa* – Gwiazdy zmienne w gromadach	12	147
dr Michał Ostrowski – *UJ Obserwatorium Astronomiczne* – Symulacje współczynnika dyfuzji przestrzennej i współczynnika dyfuzji pędowej dla cząstek wysokich energii w turbulentnej namagnetyzowanej plazmie	12	98
dr Daniel Ruciński – *PAN Warszawa CBK* – Studium rozkładu cząstek neutralnych pochodzenia międzygwiazdowego oraz jonów pick–up w przestrzeni międzyplanetarnej	36	695
dr Bronisław Rudak – *PAN Toruń Centrum Astronomiczne* – Promieniowanie gamma emitowane przez akreujące gwiazdy neutronowe konfrontacja modeli teoretycznych z obserwacjami	24	200
doc. dr hab. Andrzej Sołtan – *PAN CAMK Warszawa* – Badanie rozmieszczenia galaktyk w wielkiej skali	12	120
doc. dr hab. Marek Urbanik – *UJ Obserwatorium Astronomiczne* – Wertykalna struktura galaktycznych pól magnetycznych	24	357
V KONKURS		
prof. dr hab. Marek Demiański – *PAN Warszawa CAMK* – Chronometraż pulsarów	36	2152
prof. dr hab. Piotr Flin – *WSP Kraków Wydział Matematyczno – Fizyczny* – Badanie własności gromad galaktyk	24	206
dr hab. Aleksander Schwarzenberg – Czerny – *PAN Warszawa* – Obserwacje akreacji gazu na kosmiczne obiekty zwarte	36	1390
dr Marian Szymczak – *UMK Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii* – Badania własności maserów astrofizycznych	36	330
dr Jan Zalewski – *PAN Warszawa CAMK* – Zmienność profili linii widmowych w atmosferach pulsujących nadolbrzymów	24	367

GRANTY KOSMICZNE

Kierownik projektu – *miejsce pracy kierownika* – tytuł projektu	czas mies.	koszt mln zł
III KONKURS		
prof. dr hab. Andrzej Ciołkosz – *Instytut Geodezji i Kartografii* – Opracowanie metody interpretacji mikrofalowych zdjęć satelitarnych	36	2500
prof. dr hab. Andrzej Drożyner – *UMK Toruń* – Wyznaczanie ruchu sztucznych satelitów	36	350
dr Marek Hłond – *CBK PAN* – ASPERA – C eksperyment kosmiczny pomiaru energetycznych jonów i atomów neutralnych w plazmie okołomarsjańskiej	36	540
prof. dr hab. Jerzy Jakimiec – *Uniwersytet Wrocławski* – Konstrukcja aparatury dla teleskopu rentgenowskiego XSPEC/SODART	36	300
dr hab. Waldemar Jakś – *CBK PAN* – Skala czasu AOS	30	1100
dr Józef Juchniewicz – *CBK PAN* – Badanie fal plazmowych w magnetosferach planet i w przestrzeni międzyplanetarnej	36	2200
prof. dr hab. Andrzej Jurewicz – *CBK PAN* – Badanie zawartości domieszek gazowych i pyłów w atmosferze Ziemi metodą satelitarnej spektrofotometrii w podczerwieni	36	1050
dr inż. Zygmunt Langowski – *Politechnika Wrocławska* – Anteny mikropaskowe dla systemów radiokomunikacji satelitarnej	36	1000
dr hab. Jan Łatka – *CBK PAN* – Przygotowanie stacji geodynamicznej wyposażonej w geodezyjne urządzenia satelitarne, dla badań geotechniki na pograniczu płyty afrykańskiej i europejskiej	36	1300
mgr Jolanta Nastula – *CBK PAN* – Krótkookresowe oscylacyjne i zaburzenia momentu pędu atmosfery i ruchu obrotowego Ziemi	36	500
doc. dr hab. Jerzy B. Rogowski – *Politechnika Warszawska* – Badania geodynamiczne w ramach międzynarodowej służby IGS z wykorzystaniem satelitarnych pomiarów GPS	36	2200
dr Iwona Stanisławska – *CBK PAN* – Lokalny model jonosfery nad Europą realizowany w ramach europejskiego programu badawczego COST 238	36	900
doc. dr hab. Janusz Sylwester – *CBK PAN* – Budowa czułego spektrometru rentgenowskiego do obserwacji korony Słońca	36	600
prof. dr hab. Andrzej W. Wernik – *CBK PAN* – Badanie nieregularnej struktury plazmy jonosferycznej	36	550
prof. dr hab. Janusz B. Zieliński – *CBK PAN* – Koordynacja działań oraz organizacja bazy informatycznej i technicznej dla prowadzenia badań kosmicznych	36	950
prof. dr hab. Janusz B. Zieliński – *CBK PAN* – Baltik Sea Level Project	24	1075
doc. dr inż. Janusz Zygierewicz – *Instytut Łączności* – Przygotowanie podstaw do wprowadzenia w Polsce systemów VSAT	36	1650
IV KONKURS		
doc. dr hab. Waldemar Jakś – *CBK PAN* – Badanie globalnych zjawisk geodynamicznych oraz zmian geocentrycznej pozycji stacji Borowiec w ramach międzynarodowego programu International GPS Geodynamic Service	36	1355
doc. dr hab. Zbigniew Kłos – *CBK PAN* – Fale plazmowe wzbudzane w górnej jonosferze Ziemi w wyniku aktywności Słońca i naziemnej aktywności człowieka	36	1462
dr Waldy Kraiński – *CBK PAN* – Zbadanie dynamiki wirów prądów jonosferycznych pod kleftem	36	299
dr inż. Wojciech J. Krzysztofik – *Politechnika Wrocławska* – Badanie warunków odbioru sygnałów satelitarnych na terenie kraju	36	800
dr Marek Lehmann – *CBK PAN* – Misja eksperymentu kosmicznego HIPPARCOS a lokalne zmiany kierunku pionu	36	65
dr Paweł Oberc – CBK PAN – Oddziaływanie sondy Vega–2 z pyłem komety Halley'a i dynamika populacji pyłowych	36	700
doc. dr hab. Wojciech Pachelski – *CBK PAN* – Metodyka orbitalnego nieróżnicowego opracowania pomiarów faz fal nośnych GPS	36	428
dr Barbara Popielawska – *CBK PAN* – Dynamika niskoenergetycznej populacji plazmowej w ogonie geomagnetycznym i jej rola w procesach subburzowych 787	36	787
dr Mirosław Rataj – *CBK PAN* – Badanie wilgotności obiektów naturalnych za pomocą pasywnych metod mikrofalowych	36	2500
mgr inż. Mirosława Rutkowska – *CBK PAN* – Precyzyjne wyznaczenie pozycji stacji Borowiec nr 7811 w światowym geocentrycznym systemie współrzędnych w oparciu o pomiary dalmierzem laserowym 3 - gen.	24	160
prof. dr hab. Czesław Rymarz – *WAT* – Badania dynamiki atmosfery z uwzględnieniem zdjęć satelitarnych	36	580
dr Stanisław Schillak – *CBK PAN* – Wykonanie satelitarnych obserwacji laserowych z dokładnością cm	36	1080
prof. dr hab. Wanda Stodolnik-Barańska – *Akademia Medyczna w Warszawie* – Morfometryczna ultrastrukturalna ocena komórek satelitarnych zwierząt przebywających w warunkach realnej i symulowanej nieważkości	36	700
dr hab. Edwin Wnuk – *Uniwersytet im. A. Mickiewicza* – Pola grawitacyjne planet, a ruch sztucznych satelitów i sond kosmicznych	36	360
V KONKURS		
dr Marek Banaszkiewicz – *CBK PAN* – GAZ-RELIKT	36	1314
prof. dr hab. Andrzej Jurewicz – *CBK PAN* – Badanie gazów i pyłów w atmosferze Marsa oraz wzdłuż orbity Fobosa	36	2291
doc. dr hab. Zbigniew Kłos – *CBK PAN* – Organizacja działań w zakresie realizacji eksperymentów kosmicznych oraz tworzenie nowych systemów techniki satelitarnej wspomagającej te badania	36	360
dr Zbigniew Kordylewski – *CBK PAN* – Przeprowadzenie eksperymentu kosmicznego z przyrządem DIOGENESS	36	1193
dr Marek Siarkowski – *CBK PAN* – Tomografia rentgenowska rozbłysków słonecznych	24	766
mgr Zbigniew Zbyszyński – *CBK PAN* – Wzbudzanie turbulencji jonowo-elektronowej w układzie napływających strumieni plazmy	36	1056
mgr inż. Tomasz Żarnowiecki – *CBK PAN* – Prace przygotowawcze do przeprowadzenia eksperymentu COLA poszukiwań małych komet poprzez obserwacje w nadfiolecie	18	80

Centralna część gromady galaktyk w Pannie (Virgo) wg Atlasu Palomarskiego (w świetle czerwonym).



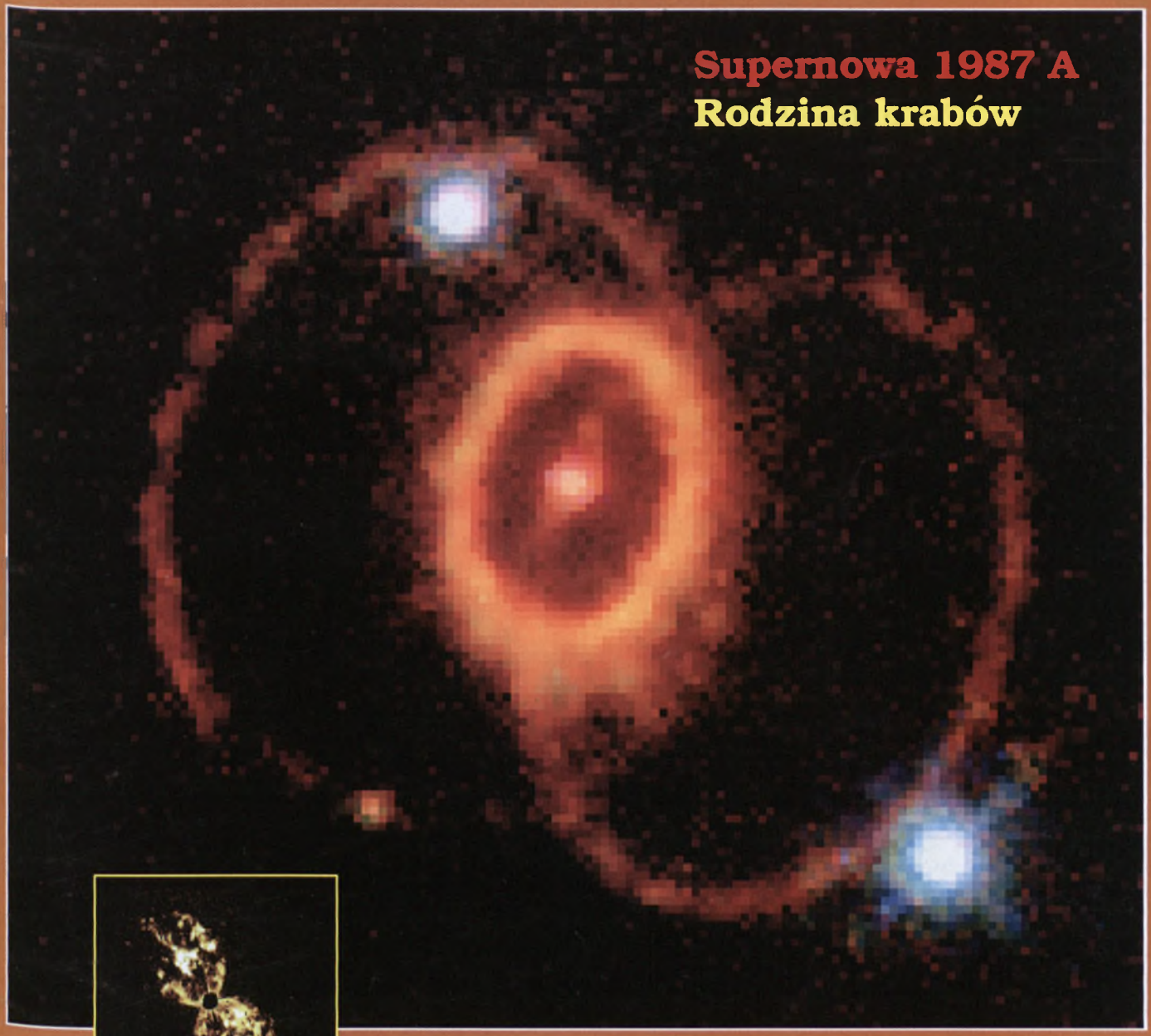
4/94

tom 42

październik – grudzień

postępy astronomii

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

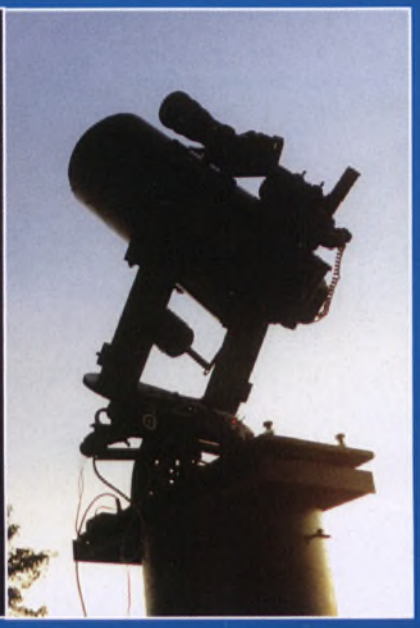


Supernowa 1987 A
Rodzina krabów

Aktywne jądra galaktyk

Ładne zdjęcie to radość i satysfakcja dla fotografującego, ale również przyjemność dla oglądających. Począwszy od tego numeru Postępów Astronomii pragniemy udostępnić naszym czytelnikom – w miarę możliwości stałą – rubrykę prezentującą zdjęcia amatorskie. Oczywiście związane tematycznie z astronomią, ale w jak najszerszym aspekcie.

Częściowe zaćmienie Słońca widziane z obszaru całej Polski w dniu 10 maja 1994 roku, dzięki dość sprzyjającym warunkom pogodowym na terenie prawie całego kraju było wdzięcznym tematem dla amatorów fotografii. Stąd wielka liczba zdjęć publikowanych w różnych czasopismach. Również do redakcji PA przyszło sporo zdjęć przedstawiających to niecodzienne zjawisko. Część z nich publikujemy.



Wiesław Skórzyński ze Złejwsi Wielkiej k. Torunia wykonał oryginalną sekwencję zdjęć pokazujących widoczne w Polsce fazy zaćmienia. Posłużyła mu do tego celu samodzielnie skonstruowana astrokamera o ogniskowej 500 mm. Fotografia z lewej strony pokazuje jego teleskop ϕ 25 cm, F/15, konstrukcji Shafera - instrument jakiego pozazdrościć może niejeden amator astronomii w naszym kraju.

Naczelny PA również chwycił za aparat i uwiecznił wyszczerbione Słońce nad dachami bloków toruńskiego osiedla Rubinkowo, gdzie mieszka. (Ciekawe, czy wszyscy „blokowi" astronomowie mieszkają na najwyższych kondygnacjach?)

A tak widziano zaćmienie z budowanego na terenie CAMK-u Obserwatorium Astronomicznego PTMA. Zdjęcie wykonał przez lunetę Zeissa 80/1200 mgr Janusz Wiland.

To nie ostatni zeszyt Postępów, ale ostatni redagowany przez redakcję w dotychczasowym składzie. Wszystko co dobre, kiedyś musi się skończyć i tak kończymy naszą redakcyjną karierę. Przynajmniej na razie. Ani się bowiem od Postępów nie odżegnujemy, ani naprawdę – wbrew niektórym opiniom – nikt nas stąd nie wygryzł. Zrezygnowaliśmy sami. Z wielu powodów. Główny to pewnie taki, że mamy jeszcze – tak się nam przynajmniej wydaje – jeszcze wiele innych rzeczy do zrobienia. Nie mówimy zresztą, że może kiedyś chętnie tu nie powrócimy, w takiej czy innej formie. W końcu Postępy to w jakiś tam sposób nasze „dziecko": hołubiliśmy je przez cztery lata, podrosło, okrzepło, chociaż nie bez naszej winy ma półroczne opóźnienie w rozwoju, to nie rośnie na debila. Teraz wreszcie będziemy mogli od czasu do czasu robić to, co najbardziej lubimy, pisać artykuły, jeśli tylko kolejne nowe redakcje zechcą je zamawiać i drukować. Może kiedyś przyjdzie czas na wspomnienia, na opisy tych trudnych początków, pertraktacji z drukarzami, samodzielnego składu, podróży po Polsce w poszukiwaniu przychylnych dla nas księgarń, ponownej nauki polskiego, etc.

Pismo niewątpliwie ewoluowało przez te cztery lata. Zauważy to każdy, kto porówna ten zeszyt z zeszytem 1/91. Niewątpliwa w tym zasługa Sławka Kruczkowskiego, który zapewnił nam profesjonalny skład pisma. Co jeszcze możemy zapisać jako nasze sukcesy? Na pewno osiągnięcie pewnego, stałego grona Czytelników, sieć sprzedaży w księgarniach i Planetariach, choć w tych ostatnich różnie bywa – ostatnio „przegoniono" nas z Olsztyna! Mamy nadzieję tylko chwilowo. Kolejnym sukcesem było na pewno zdobycie wielu znakomitych autorów, w tym niektórych niemalże „na stałe". Pismo zyskało pewien charakter indywidualny dzięki rysunkom Jacka Drążkowskiego, chociaż nie wszystkim się one podobają. Wielu, bardzo wielu pomysłów nie udało się zrealizować. Będziemy je podpowiadać nowej redakcji. Nie udało się w pełni zafunkcjonować jako pewnego rodzaju instytucja z działalnością poza wydawniczą, jak obozy, spotkania, wykłady etc. Przeszkodziły w tym zarówno permanentny brak pieniędzy jak i czasu. Pilnie poszukując autorów zaniedbaliśmy, a może nie rozwinęliśmy działalności dziennikarskiej, na czym stracił opiniotwórczy kształt pisma. Najbardziej dolegliwą i przykrą jednak bolączką były wynikające z różnych przyczyn opóźnienia, sięgające w tej chwili znowu niemal pół roku. Z tego też powodu, coraz częściej zdarzało nam się przepuszczać różne błędy językowe, edytorskie i graficzne. Nie wierzymy jednak, by większość Czytelników jak pan Kohut (cytowany w Listach Czytelników), zechciała opuścić pismo. Miłość, jak to miłość, bywa silniejsza od wszelkich przeszkód, nawet jeśli jest to miłość do astronomii. Część tych uczuć była zresztą jakby przelewana również na nas, co było tyleż miłe co i niezasłużone.

Żegnając się z Czytelnikami życzymy nowej Redakcji (i wszystkim następnym) wielu sukcesów i satysfakcji z pracy: tysięcy wiernych czytelników, prenumerat ze szkół i bibliotek, strumienia pieniędzy z KBN i od sponsorów, znakomitych autorów i wspaniałych, napisanych przystępnie i poprawną polszczyzną tekstów, wreszcie jak najszybszego uporania się z opóźnieniem. Czytelnikom zaś życzymy coraz większej objętości pisma, większej ilości kolorowych zdjęć, może w przyszłości dwumiesięcznika zamiast kwartalnika. Kto wie, może byłoby to możliwe gdyby zjednoczyć siły z Uranią? Ale czy koniecznie? Dobrze gdyby i czytelnicy obu pism mieli coś na ten temat do powiedzenia.

REDAKCJA

postępy astronomii

(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Redaktor naczelny:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny,
Joanna Mikołajewska
(CAMK Warszawa)

Redaktor czeladnik:
Andrzej Woszczyk (IA UMK, Toruń)

Redakcja techniczna:
Jacek Drążkowski

Opracowanie graficzne:
Jacek Drążkowski, Magda Olszewska

Korekta: Małgorzata Śróbka-Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń

tel. 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@astro.uni.torun.pl

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa

tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Skład komputerowy, druk oraz dystrybucja:
Firma MIZAR, Sławomir Kruczkowski, Grudziądz, ul. Kulerskiego 11 przy współpracy Zakładu Poligraficznego, ul. Filomatów 1a w Grudziądzu

Oddano do druku 10 czerwca 1995

○ **Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca ○ Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji ○ Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ○**

Pismo dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1994

Listy... Listy... Listy...

Od wielu lat interesuję się astronomią, a zwłaszcza astronautyką. Niestety od dłuższego czasu jestem praktycznie odcięty od jakichkolwiek informacji nt. lotów kosmicznych. Powód? W 38-milionowym kraju nie ukazuje się ani jedno czasopismo regularnie informujące o wydarzeniach astronautycznych. Czy naprawdę nikt się tym nie interesuje? Co prawda ja osobiście nikogo takiego nie znam, ale przecież chyba uzbierałoby się nas kilkanaście tysięcy. Dlatego uważam, że wprowadzenie w PA stałego działu astronautycznego mogłoby korzystnie wpłynąć na sprzedawalność pisma, a nam osieroconym fanatykom lotów kosmicznych dałoby wiele radości. Proponowany dział powinien według mnie zawierać wykaz wszystkich startów w danym okresie czasu (np. trzy miesiące) z bardziej szczegółowym omówieniem ważniejszych misji, zwłaszcza załogowych. Z uwagi na profil tematyczny pisma powinno być dużo informacji o misjach astronomicznych (takich jak np. ostatni lot wahadłowca Endeavour – STS 67/Astro-2). W przypadku lotów załogowych dobrze by było zawsze zamieszczać zdjęcie załogi.

Przemysław Grabarczyk
– Lublin

Red. Z pełną dokumentacją lotów i kilkunastoma tysiącami zainteresowanych to może przesada, ale problem polecamy nowemu naczelnemu. Możemy nawet polecić znakomitego autora: Paweł Moskalik to prawdziwy pasjonat tej tematyki, a przy okazji znakomity astronom. Konia(k) z rzędem redakcji, której uda się go namówić do pisania!

Gratuluję prowadzenia najciekawszego czasopisma popularnonaukowego z astronomii w Polsce. Wśród fizyków, matematyków i astronomów, tylko ci ostatni zdobyli się na bardzo duży wysiłek i wydają ambitne (czasami trudne), kolorowe czasopismo poświęcone współczesnej astronomii, astrofizyce i kosmologii. Wiem o tym, bo już prawie 40 lat interesuję się matematyką, fizyką i astronomią, ich historią i filozofią. Od przeszło 25 lat czytam Postępy Astronomii, Postępy Fizyki, Fizykę w Szkole, Wiadomości Matematyczne i widzę, że właśnie astronomowie zrobili w dziedzinie popularyzacji największy postęp. A oto inne moje uwagi na temat czasopisma. **(1)** Brak w PA recenzji książek popularnonaukowych i podręczników, programów telewizyjnych, kaset wideo i programów komputerowych poświęconych astronomii, astrofizyce i kosmologii. O nieuctwie i nędzy naszych nauczycieli świadczy fakt, że materiały z konferencji GIREP-91 w Toruniu wydano w języku polskim tylko w nakładzie 320 (!) egzemplarzy. **(2)** Na rynku brak zbiorów zadań z astronomii na różnym poziomie. W każdym zeszycie PA powinno być kilka rozwiązanych zadań z astronomii oraz „coś" do rozwiązania, np. jakaś „liga zadaniowa", jakiś test astronomiczny z nagrodami, etc. **(3)** Niewiarygodne ale prawdziwe: wśród dotychczasowych autorów PA brak laureata konkursu Problemów i Nagrody im. W. Zonna za popularyzację wiedzy o Wszechświecie – Profesora Michała Hellera.

Paweł W. Błasik
– Szczecin

Red. Astronomia ma po prostu wyjątkową pozycję wśród nauk podstawowych. Iluż czytelników znalazłyby Postępy Równań Różniczkowych albo Vademecum Miłośnika Akceleratorów Cząstek Elementarnych? Naszym zdaniem to wspaniałe, że wydano aż tyle książek z GIREPu. Z zadaniami to wielkie ryzyko (robi to Delta), ale konkursy na pewno są godne polecenia. Z Michałem Hellerem negocjuje nowa redakcja. Mamy nadzieję, że z sukcesem.

Postępy Astronomii zacząłem czytać stosunkowo niedawno. Do wypełnienia ankiety posłużyły mi poprzednie numery Waszego pisma, do których miałem dostęp dzięki uprzejmości koleżanki. Pozwolę sobie na podzielenie się moimi sugestiami na temat Waszego pisma. **1.** Na okładce umieszczacie Państwo obszerne zdjęcia zajmujące całą stronę. Lepszym rozwiązaniem byłoby umieszczenie na jednej stronie okładki nie jednego dużego zdjęcia, ale np. dwóch mniejszych. Zdjęcia wymiarów połowy A4 są wystarczająco dokładne. Korzyści byłyby oczywiste: 6 zdjęć zamiast 3. **2.** Sprawa plakatu. W dotychczasowej formie uważam to za marnotrawienie kolejnych 4 stron. Bardziej celowe wydaje mi się umieszczanie na nich serii zdjęć bez niepotrzebnych pustych przestrzeni między nimi, jak to zostało zrobione w PA 2/92 (Piwnice, z których widać gwiazdy). Ciekawych zdjęć Wszechświata nie brakuje, miejsca w gazetach owszem. Ponadto na samym plakacie w miejscu zgięcia strony często widoczna jest biała kreska silnie kontrastująca z przeważnie ciemnym tłem. Za wzorowy plakat uważam plakat Plejady, który ukazał się w „Wiedzy i Życiu". Był on drukowany na cienkim papierze (brak białych kresek w miejscu załamania), po rozłożeniu miał wielkość 4 stron A4. Sądzę, że umieszczanie czegoś podobnego w PA byłoby bardzo na miejscu. **3.** Spis treści. Tytuły poszczególnych artykułów i działów pisane są różną czcionką. Proponuję ujednolicenie tej strony. Wprowadzi to pewien porządek. Niemniej zdaję sobie sprawę, że jest to wyłącznie sprawa gustu. **4.** Treść. Proponowałbym mniej historii a więcej aktualności („Donosy", „W kraju"). Prezentacja obiektów i instytucji astronomicznych pod kątem: co one oferują (np. miłośnikom astronomii), by stanowiło to swoistą ich promocję. Stworzenie działu, w którym znalazłyby się recenzje książek o tematyce astronomicznej. Więcej artykułów poświęconych współczesnym metodom badawczym i lotom kosmicznym.

Na koniec chciałbym pogratulować Państwu doskonałego (mimo kilku wad) pisma i życzyć w przyszłości kolejnych sukcesów i satysfakcji z wykonywanej pracy.

Marcin Stawicki
– Kutno
(list dołączony do ankiety)

Red. Opracowanie ankiety podamy w następnym zeszycie – wciąż napływają nowe. To wspaniały materiał do przemyśleń dla nowej redakcji. Generalnie wszyscy narzekają, że „za dużo historii". Ta historia jednak powoduje, że POSTĘPY nie są jedynie przelotną „efemerydą".

Piszę z prośbą o wyjaśnienie bulwersującej sprawy kolejnego tak znacznego opóźnienia w ukazaniu się następnego numeru POSTĘPÓW ASTRONOMII. Trudno wyrazić słowami ile nerwów straciłem (pewnie nie tylko ja) przez te wszystkie lata prenumerowania czasopisma. Wprawdzie w numerze 2/94 zapowiedzieliście rezygnację z wydawania POSTĘPÓW (wylewając po raz kolejny porcję tradycyjnych żalów w rodzaju „wszyscy winni tylko nie my") to jednak ja sam już teraz zgłaszam swoją rezygnację z prenumeraty w roku przyszłym. Domagam się tylko stanowczo tego co mi się należy tj. przysłania mi ostatniego tegorocznego numeru za który zapłaciłem w terminie, który ściśle określiliście (a jakże!).

Mam tylko nadzieję, że nie otrzymam ich w Wigilię, bo wtedy mogłyby stanąć mi (k)ością w gardle.

Jacek Kohut
– Istebna

Red. Nie w Wigilię ale mamy nadzieję jakoś tak zaraz po ... Wielkanocy. Podobnych listów dostajemy kilka na kwartał. Cieszymy się, że tylko kilka, chociaż za opóźnienie generalnie wszyscy rugają nas w ankiecie. Nikt nie zrezygnował z wydawania POSTĘPÓW. Zmienia się tylko redakcja. Zwyczajna rzecz.

Chciałbym podzielić się z Wami moim uznaniem co do POSTĘPÓW ASTRONOMII. Według mnie jest to bardzo interesujące Pismo, które każdemu polecam. Prowadzone jest bardzo fachowo. Informacje w Nim zawarte są bardzo przejrzyste i zrozumiałe. Chociaż jestem prenumeratorem dopiero od roku 1994 jednak POSTĘPY ASTRONOMII bardzo przypadły mi do gustu. Według mnie PA to Syriusz na firmamencie polskich pism astronomicznych. PA ... po prostu są suuuper pod każdym względem. Niewątpliwie to przyczyna Nieocenionej Redakcji, dla której mam niewyobrażalne wyrazy uznania i wdzięczności za tak fajne pismo. Widać od razu rękę Fachowca. Redakcja jest także bardzo miła i uprzejma, o czym doświadczyłem sam. Zawsze kiedy pisałem w jakiejś sprawie, otrzymywałem ciepłą i uprzejmą odpowiedź za co dziękuję Pani Bożenie Czerny. POSTĘPY ASTRONOMII są wspaniałe. Zmartwiło mnie, że nastąpi zmiana Redakcji. Nie wiem czy ta nowa będzie tak dobra jak obecna. Mam jedyną prośbę do przyszłej Redakcji: trzymać tak dalej!

Mariusz Wojtkielewicz
– Klewianka

***Red.** Będzie „trzymać" jeszcze lepiej!*

Epitafium dla meteorytu jerzmanowickiego?

Wizja lokalna u świadków, którzy widzieli bolid pozwoliła stwierdzić, że jego przelot nastąpił między 17:45 a 18:00 CSE, czyli około godzinę przed wybuchem na Babiej Skale (patrz PA 3/94 str. 124-134). Tak więc jakikolwiek związek BEZPOŚREDNI bolidu z wybuchem należy ostatecznie odrzucić!

Skontaktowaliśmy się także z Departamentem Obrony USA. Dr Edward Tagliaferri sprawdził klisze satelitarne wykonane tego dnia. Nie stwierdzono jakiegokolwiek śladu bolidu, co jednak (jak sam stwierdził) nie wyklucza go, bo ich satelity nie są przeznaczone do wykrywania meteorów. Ciekawe efekty przyniósł kontakt z Dr Zdenkiem Ceplecha z Obserwatorium w Ondrzejowie (Czechy), szefem Europejskiej Sieci Bolidowej. Niestety, ich kamery zostały włączone dopiero o 18:10 CSE, tak więc bolidu, o którym wzmiankują świadkowie, zarejestrować nie mogły.

Ciekawe natomiast jest to, że współrzędne radiantu zarejestrowanego przez nich innego bolidu, z 22:42 UT, są w dobrej zgodności ze współrzędnymi "naszego" bolidu, uwzględniając duży błąd naszego wyznaczenia. Tak więc być może był to fragment tego samego ciała, w innym miejscu orbity. Na pytanie o częstotliwość tego typu zjawisk, dr Ceplecha stwierdził, że rejestrują średnio 1 bolid tygodniowo w całej Europie, w tym także nad Polską. Tak więc niewątpliwie byłby to dziwny zbieg okoliczności, że w tym samym dniu, z tego samego radiantu i w przybliżeniu w tym samym miejscu na Ziemi, zaobserwowano dwa bolidy!

Niemniej jednak obserwacje Bolidowej Sieci Europejskiej praktycznie wykluczają przelot bolidu nad Krakowem około godziny 19 CSE, czyli wykluczają hipotezę meteorytową przyczyny zniszczeń "Babiej Skały".

Tomasz Ściężor, Janusz Płeszka

ZDJĘCIA NA OKŁADCE PRZEDSTAWIAJĄ...

na pierwszej stronie – trzy pierścienie świecącego gazu otaczające supernową 1987 A, która eksplodowała w lutym 1987 w Wielkim Obłoku Magellana. Prezentowane zdjęcie zostało uzyskane przez Christophera Burrowsa, 7 lat po wybuchu supernowej, za pomocą szerokokątnej kamery planetarnej (WFC) Teleskopu Kosmicznego Hubble'a, w świetle widzialnym (w linii H_α). Wydaje się, że pierścienie są nachylone do linii widzenia – stąd wrażenie, że się przecinają. Najprawdopodobniej leżą w trzech różnych płaszczyznach: mały, jasny pierścień w tej samej płaszczyźnie co supernowa, a dwa większe – odpowiednio za i przed supernową (patrz notka wewnątrz numeru, str. 154)

na ostatniej stronie – jedna z kopuł Obserwatorium Astronomicznego Mc'Donalda, o historii którego można przeczytać na str. 180.

W NUMERZE:

150 **Kosmologia, czyli miejsce człowieka we Wszechświecie**

Virginia Trimble

Inteligentne formy życia pojawiły się na Ziemi jakieś dziesięć lub dwadzieścia miliardów lat po tym, jak we Wszechświecie zapoczątkowany został skomplikowany ciąg zdarzeń, na który złożyły się kolejno: reakcje jądrowe w warunkach wysokiej temperatury i gęstości, powstawanie galaktyk, reakcje jądrowe w gwiazdach, procesy chemiczne i ewolucja biologiczna.

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

Tajemnicze pierścienie wokół supernowej 1987 A (154)

156 **Rodzina krabów**

Joanna Mikołajewska, Hugo Schwarz

He 2-104 – ta niepozorna – 15^{m} gwiazdka w gwiazdozbiorze Centaura, zarejestrowana w 1967 pod numerem 104 nie wyróżniała się niczym szczególnym aż do czasu, gdy w 1988 uzyskano jej obrazy za pomocą 2.2-metrowego teleskopu Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO). Astronomowie: Hugo Schwarz (współautor tego artykułu), Colin Aspin i Julie Lutz, ze zdumieniem stwierdzili, że odkryli... prawdziwą mgławicę Krab!

162 **Aktywne jądra galaktyk**

Piotr Życki

Galaktyki to skupiska milionów – miliardów gwiazd, które żyją miliony – miliardy lat i zazwyczaj nie dzieje się w nich nic szczególnego. Są jednak takie, jak kwazary, galaktyki Seyferta, radiogalaktyki czy lacertydy, w których dramatyczne zmiany zachodzą w skali lat, dni czy nawet godzin.

donosy ***krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:***

ASCA (176), Nowy obiekt transplutonowy w Układzie Słonecznym (178)

179 **Harlan Smith (1924 – 1994) wielki astronom i organizator badań naukowych**

Andrzej Woszczyk

148 **Wspomnienia:** Drugi Zjazd Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego

180 **Obserwatorium astronomiczne McDonalda**

184 Astronomia w szkole: „Bo pójdziesz do czarnej dziury", czyli...

187 **Podróże:** Hallo z dna krateru

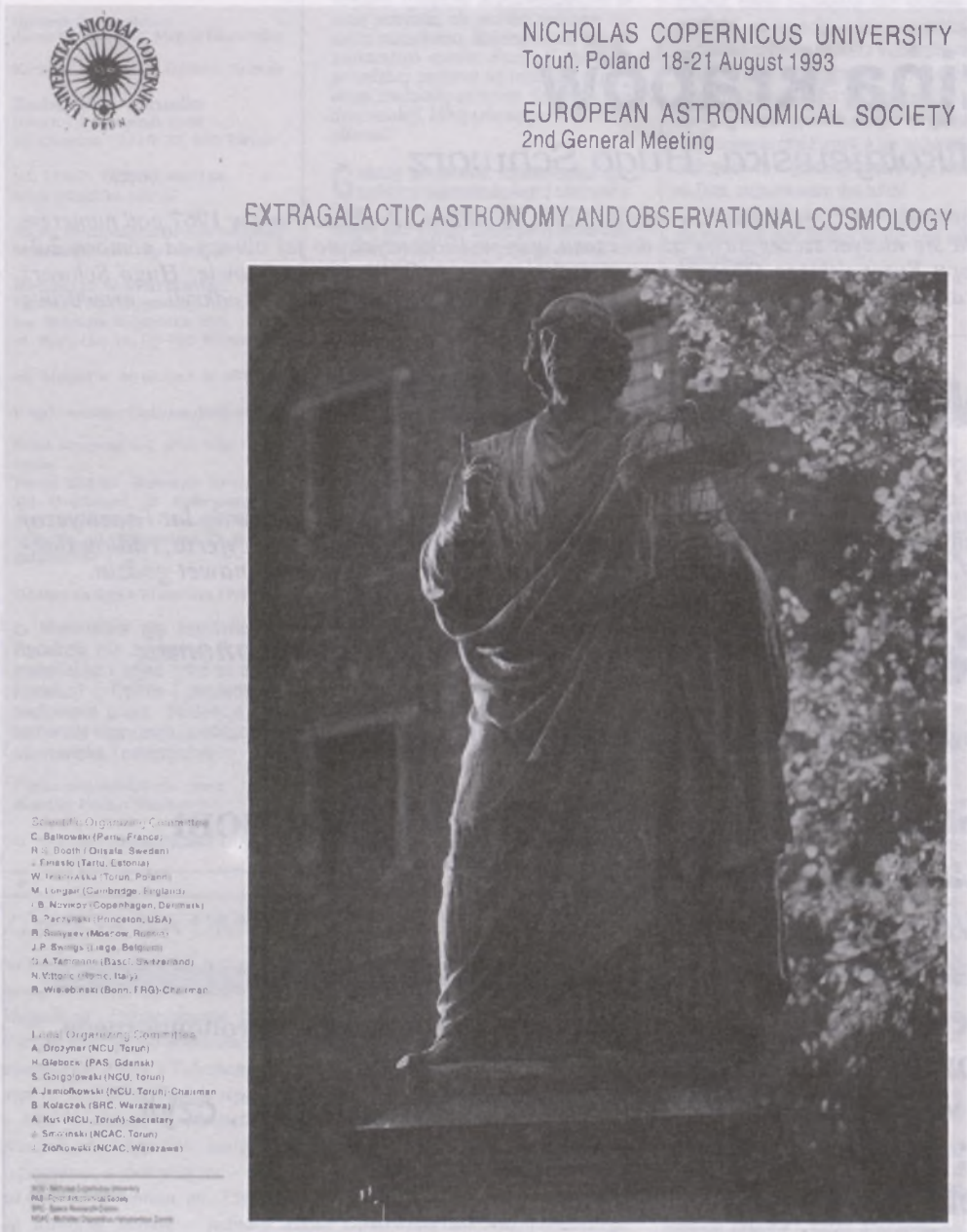
190 **Esej, felieton:** ***NAUKA I MITY***

192 **Indeks artykułów i autorów**

Drugi Zjazd Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego

Od 18 do 21 sierpnia 1993 roku w Toruniu odbywał się zorganizowany przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika II Zjazd Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego. Towarzystwo to wyodrębniło się przed dwoma laty z Europejskiego Towarzystwa Fizycznego i skupia wielu wybitnych europejskich astrofizyków. Powodem, dla którego wybrano Polskę i Toruń była 450 rocznica śmierci Kopernika oraz zbiegająca się z nią rocznica pierwszego wydania „De Revolutionibus".

Na zjazd ten przybyło ok. 150 uczestników tak z Zachodu jak i ze Wschodu Europy. Oprócz wielu profitów natury stricte naukowej na podkreślenie zasługuje to, że cała historycznie rozumiana Europa była proporcjonalnie reprezentowana. W tych dniach gród Kopernika gościł więc jego naśladowców zarówno z Włoch, Francji, W. Brytanii czy Szwecji i Danii, jak i Czech, Słowacji, Rumunii i Węgier. Ale nie koniec na tym: dzięki dotacjom zagranicznych towarzystw naukowych można było zaprosić i ufundować pobyt licznym astronomom z Estonii, Litwy a zwłaszcza Rosji i Ukrainy. Oczywiście gospodarze byli reprezentowani bardzo licznie: nie zabrakło astronomów z żadnego polskiego uniwersytetu, na którym ta dziedzina badań jest uprawiana, a ekipy z Warszawy, Krakowa oraz, rzecz jasna, Torunia należały do najsilniejszych.



Wiodącym tematem Zjazdu były najbardziej chyba frapujące, a przy tym najintensywniej dziś rozwijane działy astronomii, tj. astronomia pozagalaktyczna i kosmologia obserwacyjna. Obie te dziedziny zaistniały dopiero w tym stuleciu, a więc – na tle sięgającej odległej starożytności historii astronomii – całkiem niedawno. Stało się to za sprawą Edwina Hubble'a, który w połowie lat dwudziestych udowodnił obserwacyjnie, że tzw. mgławice to galaktyki – układy złożone nawet z setek miliardów gwiazd. Są one nierzadko łudząco podobne do naszej rodzimej Galaktyki; ta zaś widziana „od środka" jawi się nam jako Droga Mleczna.

Był to w astronomii przełom porównywalny chyba tylko z rewolucją kopernikańską. W jednej chwili bowiem znany nam Wszechświat „rozrósł" się w trudny do wyobrażenia sposób, jako że odległości pomiędzy galaktykami po wielokroć przewyższały wszystko to, co sobie dotąd myślano na temat jego wielkości. Co więcej, obserwacje Hubble'a wskazały na zaiste dramatyczną własność Wszechświata: jego ekspansję objawiającą się ciągłą „ucieczką" galaktyk od siebie.

Taki materiał dowodowy dał nowy, silny impuls do spekulacji o naturze Wszechświata jako całości. Dzięki najtęższym umysłom, jak choćby Einsteina, spekulacje te, przybrawszy zmaterializowaną postać, wyemancypowały się do tego stopnia, że zaczęły w pełni zasługiwać na miano naukowej teorii kosmologii. Nie koniec jednak na tym, ale raczej początek nowego kierunku badań.

Jak wiadomo z historii nauk przyrodniczych wzajemne oddziaływanie teorii i doświadczenia (fizyka), czy obserwacji (astronomia) stanowi o ich niezwykłej sile poznawczej oraz ich metodologicznej elegancji. Tak też i stało się tym razem. Lata sześćdziesiąte to czas wielkich odkryć o doniosłych implikacjach kosmologicznych. W naszej świadomości lokują się nowe byty: reliktowe promieniowanie tła świadczące dobitnie o początku Wszechświata i jego najbardziej archaiczne składniki materialne: kwazary. Nastał czas weryfikowania teorii kosmologicznych z obserwowaną rzeczywistością. Kosmologia teoretyczna doczekała się z dawna wyczekiwanego dopełnienia: kosmologii obserwacyjnej.

Od tego czasu w astronomii trwa właściwie permanentna rewolucja. Po ponad 50 latach skala odległości we Wszechświecie została powiększona dziesięciokrotnie w stosunku do tej, którą ustanowił Hubble. Postęp technologiczny, zwłaszcza w elektronice, pozwala na dokonywanie sensacyjnych odkryć niemal rokrocznie. Znana maksyma, że są rzeczy na Ziemi i (zwłaszcza!) na Niebie, o których się filozofom nie śniło, na polu astronomii zakrawa na banał. Strumień danych obserwacyjnych, przetwarzany i gromadzony przez niewiarygodnie szybkie i pojemne komputery z jednej strony nie pozwala teoretykom na trwanie w bezczynności, stanowiąc dla nich niekończące się źródło inspiracji, a z drugiej surowo weryfikuje produkty ich przemyśleń.

Postęp w technikach obserwacyjnych wydaje się nie mieć końca. Coraz śmielej sięgamy po informacje napływające do nas z głębin Kosmosu, a że jest on porażająco wprost wielki i zróżnicowany, im lepiej i skuteczniej nastawiamy się na ich odbiór, tym szersze ujawniają się pola naszej ignorancji.

Mając na uwadze taki stan współczesnej astronomii, nietrudno się domyślić, że toruńskie spotkanie astrofizyków, jak każdy tego typu zjazd, było przede wszystkim dobrą okazją do dokonania przeglądu najnowszych wyników obserwacyjnych na polu astronomii pozagalaktycznej i kosmologii obserwacyjnej. Ale nie brakowało też na nim przyczynków teoretycznych, jak np. wykład prof. Novikowa o zderzeniach czarnych dziur.

Ze wszystkich doniesień na szczególną uwagę zasługują wciąż udoskonalane obserwacje reliktowego promieniowania tła. W nim bowiem tkwi – jak się przypuszcza – klucz do rozwikłania zagadki wczesnego Wszechświata, w którym kwazary, a potem galaktyki, miały się dopiero narodzić. Obserwatorów promieniowania reliktowego zawsze frapowała jego doskonała izotropowość, czyli identyczny „wygląd" niezależnie od kierunku. W jakąkolwiek bowiem stronę Wszechświata kierujemy anteny radioteleskopów, zawsze odbieramy tę samą dawkę szumu, który zachowuje się tak, jak gdyby został wyemitowany przez ciało doskonale czarne o temperaturze niecałych 3 kelwinów (tj. 3 stopni powyżej zera bezwzględnego). Jednak z dociekań teoretycznych wynika, że izotropowość ta nie powinna być absolutnie idealna. Drobne „zmarszczki" na młodym Wszechświecie odciśnięte na odchyłkach od izotropowości promieniowania tła, są „potrzebne" teoretykom do wyjaśnienia zgęszczeń materii we Wszechświecie. Zagęszczenia te, dzięki grawitacji, możemy dziś podziwiać właśnie jako galaktyki.

Najnowsze obserwacje promieniowania tła prowadzone tak z Ziemi jak i z satelity COBE (COsmic Background Explorer) dały wreszcie upragniony wynik: stwierdzono odchylenia od izotropowości na poziomie stutysięcznych części stopnia. Chociaż wynik ten pochodzi sprzed kilkunastu miesięcy, wciąż jest to numer jeden naukowych debat astronomów i kosmologów. Nic więc dziwnego, że zdominował on tematykę zarówno oficjalnych referatów jak i kuluarowych rozmów. (Te ostatnie zresztą stanowią niepowtarzalną wartość sympozjów).

Trzeba tu wspomnieć, że w obserwatorium UMK radioteleskopem o średnicy 15 metrów toruńscy radioastronomowie od 15 lat zgłębiają tajemnice kwazarów i pulsarów. Ponieważ jednak radiowe obserwacje kosmosu, przynoszące tak wiele nowych informacji o najodleglejszych – a tym samym najstarszych rejonach Wszechświata – stają się coraz bardziej wyrafinowane, zdecydowano się na budowę nowego, supernowoczesnego radioteleskopu o średnicy reflektora 32 m, zdolnego odbierać nie tylko fale decymetrowe i centymetrowe, ale także milimetrowe[1].

Podczas konferencji budowa wkroczyła w ostatnią fazę: montaż powierzchni lustra. Organizatorzy Zjazdu – a byli nimi właśnie toruńscy radioastronomowie – postanowili pochwalić się swym nowym nabytkiem. Prezentacja teleskopu wzbudziła wyrazy uznania daleko wykraczające poza zdawkowe uprzejmości. Zgromadzeni przy nim fachowcy zgodnie uznali, że są wielkie szanse po temu, iż nowy teleskop stanie się najlepszym instrumentem w tej klasie pomiędzy Renem a ... Wyspami Japońskimi.

I jeszcze jedno wydarzenie warto odnotować: organizatorzy nie zapomnieli o tym, że nieomal powinnością zawodowych astronomów jest popularyzowanie wiedzy w tak zwanych szerokich kręgach społeczeństwa. Dlatego w pierwszym dniu Zjazdu, w godzinach wieczornych odbył się publiczny wykład prof. Virginii Trimble pod nie wymagającym komentarza tytułem: „Kosmologia – miejsce człowieka we Wszechświecie". Wykład ten publikujemy na następnych stronach.

Drugi Zjazd Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego w Toruniu był bardzo udanym spotkaniem naukowym. Został zorganizowany z dużym rozmachem i z zaangażowaniem nowoczesnych środków technicznych. Połączenie tychże z polską gościnnością, której nie skąpiono uczestnikom oraz z urokliwą atmosferą starego Torunia sprawiło, że czołówka europejskich astronomów i kosmologów czuła się u nas dobrze. A jeśli do tego naukowe debaty pod toruńskim niebem zaowocują nowymi publikacjami i współpracą – co przyszłość niebawem pokaże – można chyba mówić o sukcesie.

Andrzej Marecki

[1] W chwili oddawania tego zeszytu do druku teleskop 32 m stoi już gotowy od kilku miesięcy i zaczyna pierwsze próbne obserwacje – będzie o tym mowa w następnym zeszycie PA (red.)

Historia Wszechświata od najdawniejszych czasów do narodzin Prezydenta Wałesy

Inteligentne formy życia pojawiły się na Ziemi jakieś dziesięć lub dwadzieścia miliardów lat po tym, jak we Wszechświecie zapoczątkowany został skomplikowany ciąg zdarzeń, na który złożyły się kolejno: reakcje jądrowe w warunkach wysokiej temperatury i gęstości, powstawanie galaktyk, reakcje jądrowe w gwiazdach, procesy chemiczne i ewolucja biologiczna. Biorąc pod uwagę prawidła fizyki obserwowane w mikroskali w laboratoriach oraz wielkoskalowe parametry Wszechświata, zarówno wymienione tu poszczególne wydarzenia jak i ich uszeregowanie w czasie wydają się być czymś naturalnym i prawdopodobnym. Ale jedna okoliczność jest tu nader istotna: wszystko to jest wrażliwe na owe parametry i przebiega tak jak przebiega właśnie dzięki temu, że mają one wartości takie a nie inne. Wskazuje to na istnienie jakiejś fizyki wyższego rzędu, której na razie nie rozumiemy.

Kosmologia czyli... miejsce człowieka we Wszechświecie

Virginia Trimble

Pamięć każdego z nas sięga nie więcej niż 100 lat wstecz, a zbiorowa pamięć ludzkości około miliona lat. Mimo to, nasze doświadczenia laboratoryjne wsparte rozważaniami teoretycznymi, pozwalają nam na opisanie znacznie bardziej odległych w czasie wydarzeń na podstawie dowodów zachowanych na podobieństwo kopalnych skamielin. Dwie takie „skamieliny" są bardzo ważnymi świadkami narodzin Wszechświata: przenikające go na wskroś promieniowanie mikrofalowe o temperaturze 3K oraz niemalże powszechnie obserwowany w nim stosunek wodoru do helu (3:1). Świadczą one o tym, że 10–20 miliardów lat temu Wszechświat przechodził przez stadium wysokiej gęstości i temperatur grubo powyżej 10^9 K. W tych warunkach oddziaływania jądrowe i elektromagnetyczne wytworzyły hel, wodór i fotony, które dziś widzimy.

Dowody na to, co działo się wcześniej z Wszechświatem, zostały w znacznej mierze zatarte na etapie, w którym miał on tak wysoką temperaturę. Są jednak oznaki pewnego wcześniejszego, bardzo krótkotrwałego stadium, w którym temperatury i energie były tak wysokie, że siły postrzegane przez nas dziś jako różne (elektromagnetyzm, słabe i silne oddziaływania jądrowe a być może także i grawitacja) były ujednolicone. W dodatku powszechna ekspansja była podówczas prawdopodobnie wykładniczą, a nie liniową funkcją czasu. W tej – jak mówimy – „inflacyjnej" ekspansji oraz złamaniu symetrii prowadzącemu do zróżnicowania („odprężenia") oddziaływań w miarę jak spadała temperatura, upatrujemy przyczyny nadmiaru materii nad antymaterią we Wszechświecie, jego wysokiej jednorodności i izotropii, którą obserwujemy, a także pojawienia się drobnych fluktuacji gęstości jakie w końcu rozwinęły się do postaci galaktyk. Wszystko to jest szalenie ważne dla naszego istnienia, albowiem Wszechświat bez owych zmarszczek byłby zamieszkany jedynie przez bardzo samotne atomy rozrzucone ze średnią gęstością rzędu jednego na m^3. Co więcej, chemia samego tylko wodoru i helu nie jest zbyt ciekawa, toteż możemy mówić o szczęściu, iż po powstaniu galaktyk miały miejsce dalsze wydarzenia. Najważniejsze z nich to stopniowe przeobrażanie się obłoków gazu (skupiających się pod wpływem sił grawitacyjnych i zarazem podlegającym fragmentacji dzięki zachowaniu momentu pędu) w gwiazdy. Tam z kolei reakcje jądrowe wytworzyły całą rozmaitość stabilnych pierwiastków chemicznych wraz z pewną domieszką pierwiastków niestabilnych. Rozpady tych ostatnich pozwalają nam na ustalenie daty pierwotnej nukleosyntezy na jakieś 15 miliardów lat temu i daty powstania naszego układu słonecznego na około 10 miliardów lat później. Prawie wszystkie te reakcje mogą być odtworzone w laboratorium i stąd wiemy z mniejszą czy większą dokładnością co oddziałuje z czym w różnych temperaturach i gęstościach, co jest produktem tych

oddziaływań i jaka ilość energii przy tym się wyzwala. To ona właśnie decyduje o czasie życia gwiazd, które mogą zawierać się w granicach od milionów lat dla najjaśniejszych, najmasywniejszych i najbardziej rozrzutnych w jej wydatkowaniu, do miliardów dla małych gwiazd jak nasze Słońce.

Ciąg tych reakcji jądrowych rozpoczyna się od przemiany wodoru w hel w jądrach gwiazd. Jest to najobfitsze źródło energii pozwalające gwiazdom świecić przez 90% ich całkowitego czasu życia. Następnie wszystkie gwiazdy (z wyjątkiem tych najmniejszych) „przetapiają" swój hel na węgiel i tlen nb. w równych – z grubsza – ilościach, co również jest dla nas korzystne. Na tym etapie gwiazdy o pośredniej masie – jak nasze Słońce – „wypaliwszy" cały swój zapas wodoru, rozrosną się do postaci czerwonego olbrzyma i pochłoną swoje planety. Są one przez to skazane na „usmażenie" w niesamowitym blasku olbrzyma. Potem jednak – gdy ten odrzuci swoje zewnętrzne warstwy i zacznie stygnąć, przechodząc do stadium białego karła hipotetycznych mieszkańców planety czeka również wystygnięcie. Tam też uwięźnie większość węgla i tlenu wyprodukowanego w procesie syntezy helu.

Tymczasem najmasywniejsze gwiazdy (tj. o masach powyżej 6 mas Słońca) są w stanie osiągnąć takie temperatury w swoich jądrach, że możliwe są reakcje, w których węgiel i tlen stopniowo mogą przekształcać się w szeroką gamę pierwiastków, jak np. neon, sód, magnez, glin, krzem i siarka. Gdy temperatury sięgają rzędu 10^9 K część z nich podlega dalszej fuzji dającej w rezultacie żelazo i zbliżone doń pierwiastki. W swej warstwowej strukturze gwiazda przypomina wtedy nieco... cebulę: warstwy najgłębsze złożone są z żelaza, im bliżej powierzchni, tym pierwiastki są lżejsze, tak iż w otoczce mamy głównie wodór. Proporcje składników tej mieszaniny są natomiast prawie takie same jak w naszym otoczeniu.

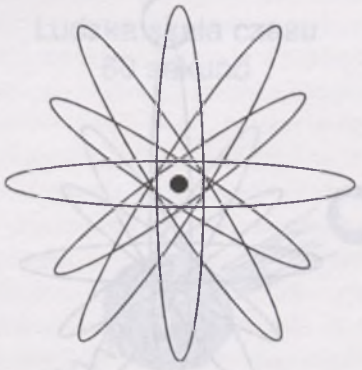
Powstanie żelaznego jądra gwiezdnego prowadzi do katastrofy. Atomy żelaza mają najbardziej „upakowane" jądra spośród wszystkich pierwiastków i nie można z nich wyzwolić więcej energii nuklearnej. Przepływ energii z wnętrza zachodzi zatem dopóty, dopóki masa żelaznego jądra jest mniejsza niż ta, która jest w stanie zrównoważyć ciśnienie elektronów przy braku reakcji jądrowych. Tą masą jest 1.4 masy Słońca – tzw. granica Chandrasekhara. (Ciekawe, że w tym przypadku mamy do czynienia z prawidłowym przypisaniem nazwiska: rzeczywiście granicę tę obliczył Chandrasekhar. Ale nie zawsze tak bywa, bo np. prawo Hubble'a wiążące odległość z poczerwienieniem, odkrył... Lundmark.) Gdy więc jądro gwiazdy osiągnie granicę Chandrasekhara, dla elektronów i protonów, które się nań składają, korzystniejsze w sensie energetycznym jest połączenie się w neutrony (i wyzwolenie neutrin). Ciśnienie w centrum gwiazdy gwałtownie spada. Jądro zapada się (albo z angielska „kolapsuje") nagle i ze skutkiem katastrofalnym. „Nagle" oznacza tu ułamek sekundy, a ów „katastrofalny skutek" to wyzwolenie ilości energii grawitacyjnej przewyższającej całą energię wypromieniowaną przez gwiazdę w ciągu jej uprzedniego „życia".

Takie eksplozje nazywamy supernowymi. Rocznie obserwujemy parę tuzinów supernowych w różnych galaktykach, a w czasach historycznych (1054, 1572, 1604, itd.) odnotowano kilka takowych zjawisk w naszej Galaktyce. Wiele uchodzi naszej uwadze za sprawą pyłu galaktycznego. Zjawisko supernowej rozsiewa wielką rozmaitość pierwiastków chemicznych wyprodukowanych w gwieździe i zasila nimi gaz międzygwiazdowy. Wiele pierwiastków cięższych od żelaza powstaje podczas samego wybuchu supernowej. Dlatego też każde następne pokolenie

Skala rozmiarów

Odległości między gwiazdami
3×10^{18} m

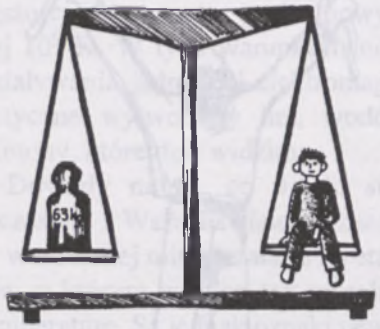
Rozmiary człowieka
1.8 m



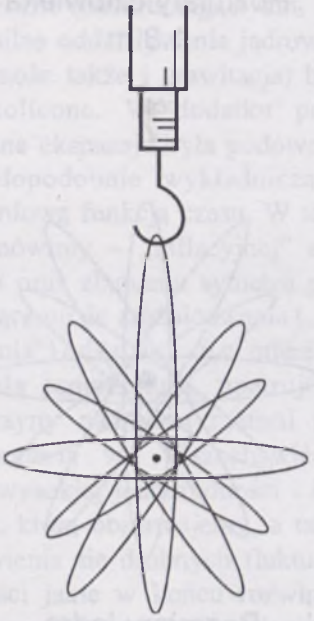
Rozmiary jądra atomowego
10^{-15} m

Skala mas

Masa Słońca
2×10^{30} kg



Masa człowieka
63 kg



Masa atomu
2×10^{-27} kg

gwiazd powstaje z gazu, który bynajmniej nie jest już pierwotną mieszanką czystego wodoru i helu. Zanim powstał Układ Słoneczny, około 2% składu macierzystej chmury gazu stanowiły ciężkie pierwiastki. Gwiazdy powstające dzisiaj mają u swego zarania już 3% ciężkich pierwiastków.

Powstanie gwiazd zachodzi w gęstych obłokach gazu nieprzenikliwych dla widzialnego światła za sprawą pyłu. Jednakże obserwacje radiowe i w podczerwieni oraz modele procesu formowania gwiazd wskazują na to, że protogwiazdy szybko wirują i dzięki temu proces kondensacji może postępować. Około połowy gwiazd jakie widzimy, to ciasne układy podwójne, gdzie moment pędu jest zawarty w ruchu orbitalnym. Co więcej, podejrzewamy, że większość pozostałych gwiazd (pojedynczych jak Słońce lub z odległymi towarzyszami) lokuje nieco ze swojej masy oraz sporo momentu pędu w dysku formującym się wraz z nimi. Wewnątrz takiego dysku molekuły mogą się „sklejać" i tworzyć ziarna, te zaś większe bryły, a w końcu planety, księżyce i asteroidy.

Postawmy teraz takie pytania:
– jak zależy skład chemiczny planet od temperatury, a więc od odległości od gwiazdy?
– jak zależy wielkość planety od gęstości lokalnej dysku i od odległości od innych źródeł pola grawitacyjnego (gwiazdy i innych protoplanet)?

Symulacje komputerowe dają typowo układy planetarne z 5–15 planetami, ze skalistometalicznymi („ziemskimi") planetami w pobliżu gwiazdy i w małych odległościach wzajemnych oraz gazowymi („jowiszowymi") planetami z dala od gwiazdy i od siebie nawzajem. Do tego rozkład mas nie odbiega wiele od tego, z jakim mamy do czynienia w Układzie Słonecznym. Pozasłoneczne układy planetarne są na tyle słabe, a do tego na tyle bliskie macierzystej gwiazdy, że wykrycie ich nawet kosmicznym Teleskopem Hubble'a jest niemożliwe, ale są jednak pewne przesłanki płynące z obserwacji w podczerwieni i w zakresie radiowym tudzież astrometrycznych, że protoplanetarne dyski i planety mogą być – de facto – powszechnym zjawiskiem.

Zajmijmy się teraz ewolucją chemiczną. Częściowo może ona zachodzić w niskich temperaturach. Dlatego to właśnie widzimy prawie 100 różnych molekuł i przestrzeni międzygwiazdowej, w tej liczbie kwas mrówkowy, etanol, a także wiele innych historycznie określanych mianem „organicznych". Meteoryty dolatujące do nas z rubieży naszego Układu Słonecznego niosą szeroką gamę aminokwasów (w tym również tych, które współtworzą ziemskie organizmy żywe), fosforanów, zasad, węglowodanów i innych umiarkowanie złożonych molekuł opartych na węglu. Proces ewolucji może być kolosalnie przyspieszony w laboratorium w tzw. doświadczeniu atmosferycznym Urey'a (wykonywanym po raz pierwszy przez Stanley'a Millera). Biorą w nim udział składniki powszechnie występujące w pierwotnej, „przedbiologicznej" atmosferze ziemskiej: woda, molekuły zawierające węgiel, azot (ale nie wolny tlen) oraz energia w postaci obfitującej w przeszłości: nadfiolet i wyładowania elektryczne. W produktach reakcji znaleźć można większość makromolekuł powszechnie występujących w ziemskich istotach żywych: aminokwasy, zasady, fosforany, kwasy tłuszczowe, mocznik i jego pochodne itd. Mieszanka ta jest całkiem podobna do tej, która występuje w meteorytach i rzeczą jak najbardziej prawdopodobną, że pierwotny „ładunek" tych molekuł zawierał zarówno „wyhodowane" na miejscu jak i pochodzące z upadków meteorytów i komet.

Następny milowy krok w ewolucji, tj. przejście do samopowielających się i żyjących komórek nie został dotąd powtórzony w la-

boratoriach. Obiecujące doświadczenia i pomysły przewidują powstawanie kropelek koacerwatów z roztworów produktów „atmosfery Urey'a". Kropelki te mogłyby tworzyć swoje błony półprzepuszczalne i wreszcie materiał zawierający informację strukturalną, tj. DNA. Gdy tylko pojawi się samoreprodukcja takich protoorganizmów, zaczynają działać normalne procesy mutacji, selekcji i darwinowskiej ewolucji, tak iż transformacja od pleśni do... polityków jest praktycznie nieunikniona. Inteligencja (w znaczeniu umiejętności celowego przekształcenia swojego środowiska) wydaje się mieć tu kolosalną moc selekcyjną.

Bez względu na to, czy oparte na chemii życie jest rzadkością, czy raczej czymś występującym powszechnie, jego rozwój jest niezwykle wrażliwy na własności Wszechświata i całkowicie zależy od tego, że siły nim rządzące są takie, jakie są. Rozważmy kilka przykładów. Przypuśćmy, że wczesny Wszechświat był odrobinę gęstszy, a oddziaływania słabe nieco silniejsze. Efektem Wielkiego Wybuchu byłby wówczas prawie czysty hel, a życie gwiazd byłoby bardzo krótkie. Na powstanie życia na planetach wokół nich po prostu nie starczałoby czasu. Albo załóżmy, że oddziaływania elektromagnetyczne są ciut silniejsze czy też odrobinę słabsze niż są. W pierwszym przypadku elektrony zostałyby wciągnięte do jąder atomowych, w drugim uwolniłyby się od nich. Tak czy owak nie byłoby żadnych orbit elektronowych, żadnej chemii i ... nas. Jeśli natomiast grawitacja byłaby silniejsza, a inne siły słabsze, masy skupiającego się gazu od razu kolapsowałyby ku czarnym dziurom, z pominięciem etapu emisji promienistej wyzwalanej z reakcji jądrowych. Z kolei we Wszechświecie ze zbyt dużą temperaturą początkową lub mniejszym, albo ekspandującym za szybko nie powstałyby skupienia przeradzające się w galaktyki. Konsekwencje jakichkolwiek zmian parametrów Wszechświata są zatem straszne.

Opisany tu sposób myślenia i argumentowania nosi nazwę Zasady Antropicznej. Jej podstawy są kontrowersyjne: dlaczego Wszechświat musi być właśnie taki ? Próby odpowiedzi na to mogą być następujące: istnieje wiele wszechświatów i tylko kilka z nich jest poznawalnych i zamieszkałych, „dbałość" stwórcy (stwórców), etc. Ale główny trend badań ostatnich lat wiedzie ku poszukiwaniu pierwotnej fizyki, w ramach której parametry wydające się nam precyzyjnie dobrymi stałymi, na pozór będącymi dziełem przypadku, w rzeczywistości byłyby dającymi się obliczyć rezultatami praw owej „nadfizyki". Wielkie Zunifikowane Teorie oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i jądrowych pozwalające na obliczenie przewagi materii nad antymaterią (albo, równoważnie, temperatury Wszechświata) mogą być przykładem takich dążeń.

Wielkie nadzieje wiąże się z Superunifikacją (uwzględniającą grawitację). W jej ramach wiek Wszechświata (stała Hubble'a) i siła grawitacji mogłyby dać się obliczyć. Niewykluczone, że nie bez znaczenia jest numeryczne podobieństwo stosunku sił elektromagnetycznych do grawitacyjnych i stosunku średnicy obserwowanego Wszechświata do średnicy jądra atomowego (10^{39}) oraz to, że iloczyn tych liczb daje mniej więcej liczbę cząstek w obserwowalnym Wszechświecie.

Jednego możemy być tylko pewni, że kiedy (o ile w ogóle) teorie fizyczne potrzebne, by dać odpowiedź na te pytania, zostaną rozwinięte, „ubocznymi" skutkami podjętych poszukiwań będzie cała masa nowych pytań oczekujących na odpowiedź.

Tłumaczenie: Andrzej Marecki

Virginia Trimble jest profesorem Uniwersytetu w College Park w Maryland i w Irvina w Kaliforni. Na ostatnim Kongresie Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Hadze została wybrana jednym z Wiceprzewodniczących tej światowej organizacji astronomów.

Skala czasu

Wiek Wszechświata
5×10^{17} sekund

Ludzka skala czasu
60 sekund

Rozpad atomu
10^{-15} sekund

Tajemnicze pierścienie wokół supernowej 1987 A

Wybuch supernowej w Wielkim Obłoku Magellana w lutym 1987, należał niewątpliwie do najbardziej spektakularnych zjawisk astronomicznych stulecia. Była to pierwsza jasna supernowa, widoczna gołym okiem, od czasu supernowej Keplera, która pojawiła się w gwiazdozbiorze Cassiopei w 1604 r. Na dodatek, była to supernowa bardzo nietypowa, przede wszystkim ze względu na swojego progenitora, którym okazał się błękitny nadolbrzym (B3 I) – stosunkowo zwarta ($R \sim 45\ R_\odot$) i gorąca ($T \sim 16000$ K) gwiazda, pod wieloma względami przypominająca typowe, słabo odewoluowane gwiazdy w Wielkim Obłoku Magellana. Tymczasem, teoretyczne modele ewolucji gwiazd, dobrze tłumaczące obserwacje wybuchów supernowych w innych galaktykach, przewidują, że progenitorami supernowych są czerwone nadolbrzymy – a więc gwiazdy chłodne i bardzo rozległe.[1] Nic więc dziwnego, że SN 1987A, a raczej to co z niej pozostało, nie przestaje wzbudzać zainteresowania astronomów. Potrafi zresztą to zainteresowanie wynagrodzić. Nowe obrazy pozostałości po SN 1987A, uzyskane w lutym 1994, przy pomocy szerokokątnej kamery planetarnej Teleskopu Kosmicznego Hubble'a, przez Christophera Burrowsa, pokazują trzy wyraźnie zarysowane pierścienie świecącego gazu (zdjęcie na 1 str. okładki). Wprawdzie pierścienie zostały odkryte już wcześniej, na obrazach uzyskanych w grudniu 1989, przy pomocy teleskopu NTT (New Technology Telescope) Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) w La Silla, Chile, przez E. Josepha Wamplera ze współpracownikami, niemiej jednak dużo lepsza jakość i zdolność rozdzielcza obrazu z Teleskopu Kosmicznego powinna ułatwić interpretację tych zadziwiających tworów natury.

Struktury widoczne wokół pozostałości po SN 1987A niewątpliwie powstały przed wybuchem, z materii wyrzuconej przez presupernową lub gwiazdy w jej bliskim otoczeniu. Zatem są one bezpośrednim zapisem przeszłości supernowej i odpowiedź na pytanie skąd się wzięły ma kapitalne znaczenie dla zrozumienia nietypowego charakteru SN 1987A.

Pierścienie wokół SN 1987A są uderzająco podobne do niektórych bipolarnych mgławic planetarnych (porównaj np. ze zdjęciem MyCn 18 na rozkładówce). Ogólnie rzecz biorąc, mgławice o takiej morfologii powstają w wyniku oddziaływań szybkiego i rzadkiego wiatru gwiazdowego z błękitnego podkarła z wcześniejszym, powolnym wiatrem wyrzuconym w fazie czerwonego (nad)olbrzyma. Jeżeli w pierwotnym wietrze czerwonego olbrzyma istnieje kontrast gęstości – wiatr jest gęstszy i być może powolniejszy w płaszczyźnie równika gwiazdy – ogranicza on możliwości penetracji szybkiego wiatru w płaszczyźnie równika i w efekcie powstaje mgławica w kształcie klepsydry lub ósemki.[2] Naturalnym mechanizmem prowadzącym do wytworzenia kontrastu gęstości w wietrze czerwonego (nad)olbrzyma jest oddziaływanie z towarzyszem w układzie podwójnym, aczkolwiek nie wyklucza się innych możliwości, np. pulsacji nieradialnych lub pozostałości po pierwotnym dysku, z którego uformowała się gwiazda.

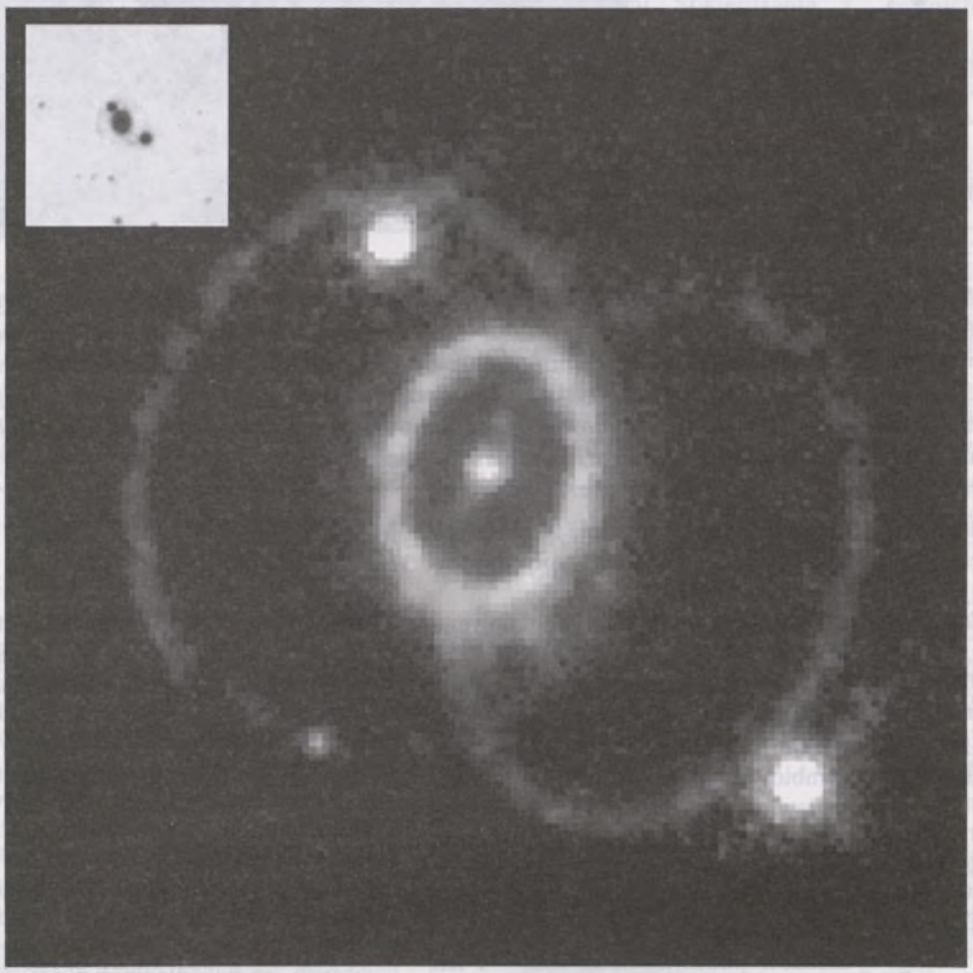
Statystyczne badania bipolarnych mgławic planetarnych sugerują, że powstają one wokół stosunkowo masywnych gwiazd, o masach $\sim 2\ M_\odot$ i wyższych. Mają też one dużo większe rozmiary i prędkości ekspansji niż zwykłe mgławice planetarne, największe z nich dochodzą do 1.5 – 2 pc i są porównywalne z rozmiarami mgławicy wokół SN 1987A (~2 pc). Wreszcie, podobna bipolarna mgławica otacza bardzo masywną gwiazdę η Car (PA 1/92 str.28 i PA 1/94 str.25). Obecność bipolarnej mgławicy wokół progenitora SN 1987A nie powinna więc być zaskoczeniem.

Astrofizycy przypuszczają, że silny strumień wysokoenergetycznego promieniowania z supernowej ogrzał i zjonizował gęsty gaz w okolicy „przewężenia" klepsydry i w efekcie spowodował jego intensywne świecenie – tłumaczy to pojawienie się pojedynczego, jasnego pierścienia wokół SN 1987A. Nie jest przy tym jasne, czy centralny pierścień jest częścią cienkiej warstwy, czy też wewnętrznym brzegiem rozległego dysku. Modele powstawania bipolarnych mgławic dopuszczają obydwie możliwości. Znacznie trudniej jest wytłumaczyć pochodzenie dwóch zewnętrznych pierścieni.

Wkrótce po odkryciu pierścieni, Philip Podsiadlowski ze współpracownikami przypisali je oddziaływaniu frontu jonizacyjnego z supernowej z gęstą materią tworzącą „ściany" klepsydry. Sama zaś mgławica o kształcie klepsydry ich zdaniem powstała wskutek oddziaływania intensywnego wiatru gwiazdowego z progenitora SN 1987A ze słabszym, choć zarazem szybszym, wiatrem gwiazdowym towarzysza. Model oddziałującego układu podwójnego bardzo dobrze tłumaczy również inne nietypowe cechy tej supernowej, a w szczególności typ widmowy progenitora (błękitny nadolbrzym) oraz jego nietypowy skład chemiczny (nadobfitość baru i innych pierwiastków produkowanych w procesach s). Niestety, model przewiduje również zmiany w wyglądzie i położeniu zewnętrznych pierścieni w miarę propagacji frontu jonizacyjnego z supernowej, a tymczasem, jedyne

[1] Przy okazji, warto zauważyć, że progenitor kolejnej jasnej supernowej, SN 1993J, która wybuchła w galaktyce M81, wprawdzie nie był błękitnym olbrzymem, niemniej jednak nie był też aż tak chłodny i czerwony jak astrofizycy by tego oczekiwali (patrz PA 2/93, str. 83).

[2] Szerzej na ten temat piszemy w artykule na str. 156.



Obrazy pierścieni wokół SN 1987 A uzyskane teleskopem NNT w grudniu 1989 w linii [OIII] (u góry) i za pomocą kamery planetarnej Teleskopu Kosmicznego Hubble'a w lutym 1994. Obrazy są w różnej skali, którą wyznaczają dwie jasne gwiazdy pola, leżące w odległośc ~4.7 sek.łuku.

różnice między obrazami z końca 1989, a obrazem z Teleskopu Kosmicznego, wydają się być wynikiem lepszej jakości tego ostatniego. W szczególności położenie poszczególnych pierścieni nie uległo zmianie, mimo, że pomiędzy obserwacjami upłynęły ponad 4 lata (fot).

Ostatnio Burrows zasugerował, że zewnętrzne pierścienie mogły powstać na powierzchni bocznych ścian klepsydry, w wyniku oddziaływań materii pierwotnej mgławicy z wysokoenergetycznymi wąskimi strumieniami gazu lub promieniowania wyrzucanymi symetrycznie, w przeciwnych kierunkach, ze zwartego towarzysza (gwiazdy neutronowej lub czarnej dziury) presupernowej. Wskutek precesji te bliźniacze wiązki zakreślałyby dwa identyczne koła. Za takim wyjaśnieniem przemawia symetria pierścieni względem wyróżnionego punktu, tzw. środka symetrii. Rzeczywiście, wszystkie niejednorodności jednego z zewnętrznych pierścieni mają swoje odpowiedniki w drugim, a łączące je linie przecinają się w jednym punkcie – środku symetrii. Co ciekawsze, również wiele bipolarnych mgławic planetarnych wykazuje symetrię względem wybranego punktu. Często również udaje się w nich zidentyfikować struktury przypominające dżety. Być może świadczy to o ich „podwójnym" rodowodzie.

Warto w tym miejscu zauważyć, że Podsiadlowski, w swoim podwójnym modelu, rozważa gwiazdę neutronową lub czarną dziurę jako najbardziej prawdopodobnego towarzysza presupernowej. Pomysł z akreującą materię gwiazdą neutronową lub czarną dziurą, napędzającą wysokoenergetyczne dżety, też nie jest aż tak egzotyczny jakby się mogło wydawać – zjawisko takie obserwujemy w SS 433 (patrz PA 2/91, str.67).

Niestety, środek symetrii nie pokrywa się z centrum wybuchu supernowej. Burrows zidentyfikował słaby obiekt w jego pobliżu – w odległości około 1/3 roku świetlnego od centrum wybuchu, który mógłby być źródłem omawianych tu strumieni gazu lub promieniowania. Proponowane wyjaśnienie ma jednak charakter czysto jakościowy i na jego potwierdzenie trzeba będzie poczekać. Jeżeli towarzysz presupernowej rzeczywiście znajduje się tam, gdzie sugeruje Burrows, niebawem dotrze do niego ekspandująca otoczka supernowej, a obserwacje tego zjawiska na pewno pomogą w weryfikacji proponowanych interpretacji. Pod koniec lat 90–tych, pozostałości po wybuchu supernowej zderzą się z centralnym pierścieniem, wywołując dalsze spektakularne zjawiska. Czas ich trwania pozwoli m.in. odpowiedzieć na pytanie, czy mamy do czynienia z cienką warstwą materii, czy też wewnętrznym brzegiem rozległego dysku. Pozostaje zatem uzbroić się w cierpliwość i ... zawczasu poprosić o czas na teleskopach.

Joanna Mikołajewska

Rodzina Krabów

Joanna Mikołajewska
Hugo Schwarz

Wygląd obiektów niebieskich bardzo rzadko ma coś wspólnego z nadawanymi ich nazwami, He 2-104 jest pod tym względem obiektem wyjątkowym. Ta niepozorna - 15^m gwiazdka w gwiazdozbiorze Centaura, zarejestrowana w 1967 pod numerem 104, w drugim spisie gwiazd z liniami emisyjnymi, sporządzonym przez astronoma–astronautę Karla Henize, nie wyróżniała się niczym szczególnym aż do czasu, gdy w 1988 uzyskano jej obrazy za pomocą 2.2-metrowego teleskopu Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO). Astronomowie: Hugo Schwarz (współautor tego artykułu), Colin Aspin i Julie Lutz, ze zdumieniem stwierdzili, że odkryli... prawdziwą mgławicę Krab!

Niestety, nazwę „Krab" nadano już wcześniej pozostałości po SN z 1054. Nie pozostało więc nic innego jak nazwać nowoodkrytą mgławicę *Południowym Krabem*.

W sercu Południowego Kraba znajduje się gwiazda symbiotyczna He2–104 (o gwiazdach symbiotycznych pisaliśmy w PA 2/91, str. 81), czyli długookresowy układ podwójny, składający się z chłodnego czerwonego olbrzyma i gorącego, zwartego towarzysza. He2–104 należy do tzw. układów symbiotycznych typu D, czyli układów, w których chłodny olbrzym jest gwiazdą pulsującą typu Mira. „D" w nazwie takich układów symbiotycznych wzięło się od angielskiego słowa *dusty* – czyli *pokryty pyłem*. Rzeczywiście, widma podczerwone takich układów są zdominowane przez termiczną emisję gorącego – o temperaturze ~ 1000 K – pyłu, powstającego w silnym wietrze gwiazdowym chłodnego olbrzyma. Schwarz, Aspin i Lutz doszli do wniosku, że kształt Południowego Kraba jest wynikiem oddziaływań składników układu podwójnego. Część materii wyrzucanej z olbrzyma tworzy dysk akrecyjny wokół gorącego składnika. Reszta tworzy bardzo rozległą, powoli ekspandującą, gazowo – pyłową otoczkę otaczającą cały układ. Ramiona Kraba powstały z materii tej otoczki, sprężonej i ogrzanej przez dwie szybkie strugi gorącego gazu, wyrzucanego z gorącego towarzysza olbrzyma. Wiatr z gorącego składnika przyjmuje postać dwóch strumieni poruszających się w przeciwnych kierunkach, ponieważ otaczający go dysk akrecyjny uniemożliwia wypływ w płaszczyźnie orbity.

Wkrótce po odkryciu Południowego Kraba, rodzina się powiększyła. H. Schwarz i R. Corradi odkryli kolejnego „kraba" wokół układu symbiotycznego BI Cru, a B. Balick znalazł gwiazdę symbiotyczną w centrum bipolarnej mgławicy planetarnej M2–9. Wydawać by się mogło, że charakterystyczne ramiona „krabów" są bezpośrednim wynikiem oddziaływań składników układów symbiotycznych lub szerzej – układów podwójnych gwiazd – i ich wiatrów gwiazdowych, gdyby nie odkrycie kolejnej mgławicy – MyCn 18, o podobnym kształcie, tym razem jednak nie związanej z żadnym układem podwójnym.

Co więcej, systematyczny przegląd około 400 mgławic planetarnych przeprowadzony przez Corradi i Schwarza, pokazał, że aż 43 z nich ma charakterystyczny, wydłużony kształt z wyraźnym przewężeniem rozdzielającym dwa symetryczne płaty, mniej lub bardziej przypominając Południowego Kraba. Podobne, bipolarne struktury odkryto również wokół supernowej 1987A (zdjęcie na okładce i tekst na str. 154), a wcześniej - wokół masywnej gwiazdy η Car (PA 1/92 str.28 i PA 1/94 str. 25).

Co zatem jest przyczyną takiego właśnie kształtu tych mgławic? Zanim spróbujemy odpowiedzieć na to pytanie, przyjrzyjmy się dobrze członkom rodziny Krabów.

Morfologia

He 2-104 i BI Cru

Rysunek 1 przedstawia obraz He 2–104 w linii wzbronionej [NII] λ6583, uzyskany przez R. Corradi i H. Schwarza przy pomocy 3.5 – metrowego teleskopu NNT Europejskiego Obserwatorium Południowego. Wyraźnie na nim widać szczegóły budowy głównych składników Południowego Kraba, a mianowicie:

(a) dużą mgławicę przypominającą prawdziwego kraba, w kształcie dwóch otwartych płatów, rozciągających się na odległość około 25″ od centrum. Warto zwrócić uwagę na włókniste struktury na otwartych końcach płatów.

(b) Bardzo jasną wewnętrzną mgławicę (widoczną również, w dwukrotnym powiększeniu, w lewym górnym rogu zdjęcia), która jest miniaturową reprodukcją dużej mgławicy, z tą różnicą, że obydwa jej płaty są mniej otwarte. Mgławica ta rozciąga się na odległość około 5″ od centrum i ma identyczną orientację jak duży „krab".

(c) Dwa „kleksy" leżące na przedłużeniu dłuższej osi kraba, w odległości 30″ do 50″ od centrum, bardzo przypominające obiekty Herbiga – Haro (czyli obszary ogrzewane przez czoło fali uderzeniowej generowanej przez szybko poruszający się strumień gazu – dżet).

Wydaje się rzeczą oczywistą, że obserwowana mgławica jest projekcją na niebie dwóch sąsiadujących płatów, nachylonych względem linii widzenia.

Wskutek pojaśnienia brzegowego, te dwa cienkie płaty jawią nam się jako „nogi kraba". Symetria osiowa w naturalny sposób określa oś biegunową obiektu (jej rzutem jest dłuższa oś układu) oraz płaszczyznę równikową (prostopadłą do osi biegunowej i przechodzącą przez centrum).

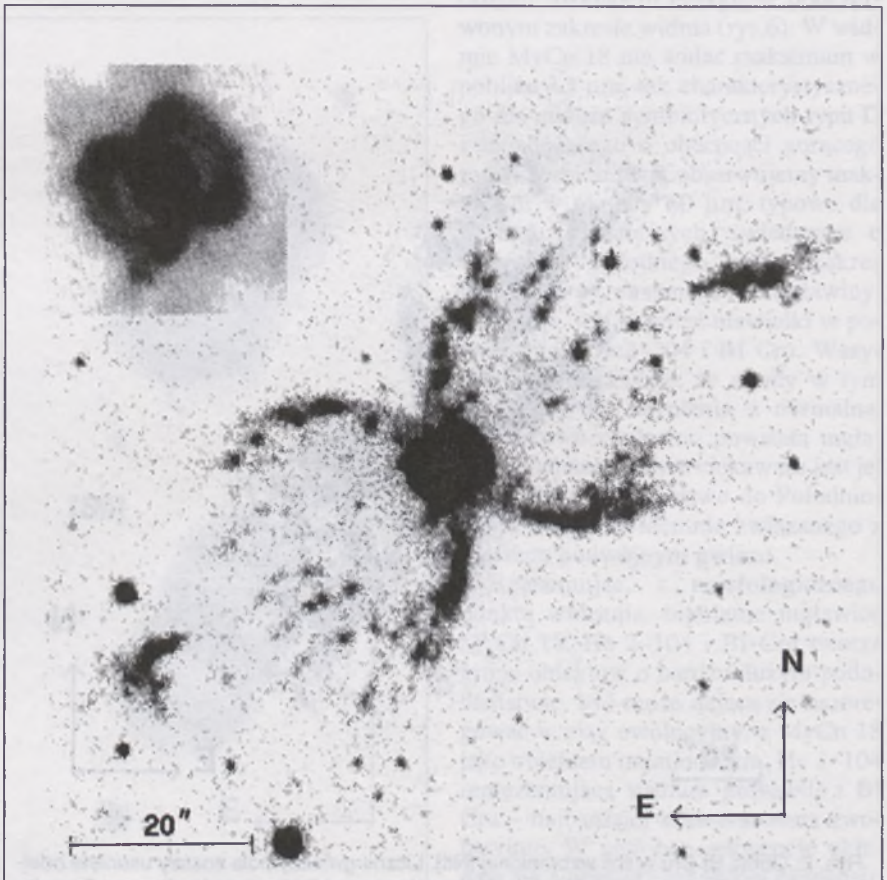
Takie same struktury, dużą mgławicę w kształcie kraba oraz dwa symetryczne polarne dżety, widać na obrazie BI Cru (rys.2.), uzyskanym za pomocą tego samego teleskopu NNT i w tej samej linii wzbronionej [NII]. Rozmiary mgławicy są jednak dużo większe, zarówno sama mgławica, jak i dżety, rozciągają się na odległość ponad 150″ wzdłuż osi obiektu, przechodząc na końcach w słabe włókniste struktury. W przeciwieństwie do He2–104, mgławica i dżety w BI Cru nie są widoczne w linii wzbronionej [OIII] λ5007, co świadczy o niższym stanie wzbudzenia. Tak czy owak, symetryczne dżety wyglądają na bardziej rozwinięte i nieregularne niż w Południowym Krabie, „nogi kraba" są słabiej zaznaczone, a cała mgławica słabsza i bardziej rozległa. Wreszcie, w BI Cru nie widać nic co mogłoby przypominać wewnętrzną mgławicę Południowego Kraba.

Dalszych informacji na temat budowy naszych krabów dostarczają widma uzyskane za pomocą spektrografu o dużej zdolności rozdzielczej i wyposażonego w bardzo długą szczelinę o zmiennej orientacji. Widma takie charakteryzują się wysoką przestrzenną zdolnością rodzielczą wzdłuż szczeliny, dostarczając w ten sposób informacji o położeniu poszczególnych struktur mgławicy i wysoką spektralną zdolnością rozdzielczą w poprzek szczeliny, co z kolei pozwala na precyzyjne pomiary prędkości radialnych. Możliwość zmiany orientacji szczeliny, pozwala uzyskiwać widma wzdłuż dowolnie wybranej osi obiektu.

Wyniki takich obserwacji w linii wzbronionej [NII] λ6583, dla Południowego Kraba, przedstawia rysunek 3.; szczelina spektrografu była ustawiona wzdłuż głównej (dłuższej) osi Kraba. Emisja liniowa widoczna w odległości 30″–50″ od centrum pochodzi z opisanych wyżej „kleksów". Zakres prędkości radialnych w Południowym Krabie wynosi 250 km/s i wyraźny jest duży gradient prędkości (wzrastającej w kierunku od centrum) wzdłuż każdego z „kleksów". W wewnętrznej części widma, widać obszar o niskich prędkościach, rozciągający się pomiędzy -25″ a + 27″ oraz fragmentaryczne struktury o zakresie prędkości około 230 km/s, porównywalnej z prędkościami w „kleksach". Mamy tu dwie możliwości: (1) cała emisja pochodzi z płatów wewnętrznego ($|d| \leq 6''$) i zewnętrznego ($6'' < |d| \leq 30''$) Kraba (patrz wyżej) lub (2) część struktur o wysokich prędkościach powstaje w wewnętrznych obszarach związanych z polarnymi dżetami. Stwierdzenie, z którym przypadkiem mamy tu do czynienia, wymaga bardziej wyrafinowanych technik obserwacji i jest sprawą przyszłości. W każdym razie, jeżeli poprawna jest pierwsza z hipotez, zarówno wewnętrzna jak i zewnętrzna mgławica charakteryzuje się dużymi prędkościami wypływu materii. Warto też zauważyć, że podobny układ prędkości – w kształcie charakterystycznej „ósemki" – występuje w wielu bipolarnych mgławicach planetarnych. Taki obraz kinematyczny sugeruje zależność prędkości ekspansji w tych mgławicach od położenia – prędkość rośnie od równika w kierunku biegunów. Co więcej, zgadza się to z modelami hydrodynamicznymi powstawania mgławic planetarnych.

Południowy Krab (He 2–104) i BI Cru są jak widać obiektami bardzo podobnymi fizycznie. Jak wspomnieliśmy też na wstępie, w obydwu przypadkach mamy do czynienia z gwiazdami symbiotycznymi i to podobnego typu D, czyli układami podwójnymi, w których gorący zwarty składnik akreuje materię z wiatru chłodnego olbrzyma – zmiennej typu Miry o okresie pulsacji 400 dni w He 2–104 i 280 dni w BI Cru. Jak dotąd nie ma jednak bezpośrednich dowodów podwójności tych obiektów (np. wyznaczonych okresów orbitalnych), podobnie zresztą jak w przypadku pozostałych układów symbiotycznych typu D. Najprawdopodobniej jest to związane z obecnością zmiennej typu Miry w tych układach, a więc chłodnego olbrzyma o bardzo dużych rozmiarach, co z kolei implikuje długi okres orbitalny > 10 lat. W praktyce, ten okres orbitalny może być nawet rzędu 100 lat. Nietrudno sobie wyobrazić techniczne trudności z wykrywaniem tak długich okresów orbitalnych.

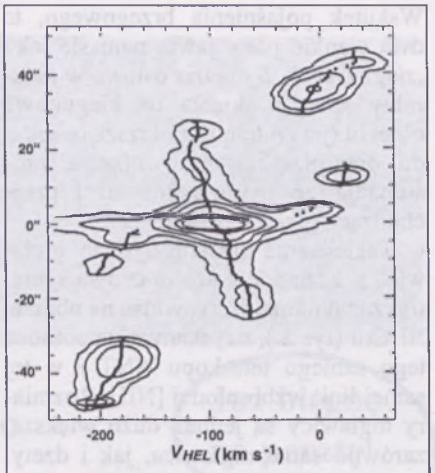
W 1987 roku, M. Morris zaproponował model powstawania bipolarnych mgławic planetarnych w wyniku oddziaływań składników układu podwójnego, który został następnie zastosowany przez H. Schwarza i jego współpracowników do wyjaśnienia struktury Południowego Kraba. W modelu Morrisa (rys.4), materia tracona przez chłodnego olbrzyma tworzy roz-



Rys.1. Obraz Południowego Kraba w linii wzbronionej [NII]. W lewym górnym rogu – powiększony obraz części centralnych mgławicy.

legły dysk akrecyjny wokół jego towarzysza – białego karła lub gwiazdy ciągu głównego, a być może również dysk ekskrecyjny otaczający cały układ podwójny. W miarę tego jak chłodny olbrzym traci swoją otoczkę, jego promień się kurczy, a temperatura powierzchni rośnie; wzrasta również prędkość z jaką wypływa z niego materia. Jednocześnie, obecność rozległego i grubego dysku praktycznie uniemożliwia wypływ materii w płaszczyźnie orbity układu i w efekcie tworzy się bipolarna mgławica (o charakterystycznym kształcie klepsydry lub ósemki). Na tym jednak nie koniec. Również towarzysz olbrzyma, otoczony dyskiem akrecyjnym jest źródłem bardzo szybkiego i wysoce skolimowanego, naddźwiękowego wiatru, który sprężа i ogrzewa materię mgławicy, tworząc bipolarne dżety oraz związane z nimi struktury (przypominające obiekty Herbiga – Haro) utworzone przez czołową falę uderzeniową.

Zastosowanie modelu Morrisa do He 2–104 i BI Cru, napotyka jednak pewną trudność. Otóż, zgodnie z tym modelem, bipolarna mgławica pojawia się dopiero w momencie, gdy chłodny olbrzym utraci niemal całą swoją otoczkę, przekształcając się w gorącą zwartą gwiazdę o szybkim wietrze gwiazdowym. Tymczasem, zarówno w przypadku He 2–104 jak i BI Cru obserwujemy obecność chłodnych olbrzymów typu Miry, czyli gwiazd pulsujących, które dopiero wkroczyły w fazę powolnego wyrzucania zewnętrznych warstw. Nie jest zatem jasne, skąd pochodzi materia tworząca mgławicę (z gorącego składnika, czy z chłodnego olbrzyma?), jak również który ze składników układu jest źródłem szybkiego wiatru modelującego mgławicę. Modyfikacja modelu wymaga też uwzględnienia następujących faktów obserwacyjnych: (1) bipolarna mgławica ekspanduje ze stosunkowo dużą prędkością, porównywalną z prędkością dżetów (>200 km/s) oraz (2) co najmniej w przypadku Południowego Kraba istnieją dowody na to, że mgławica powstaje w kilku etapach (zewnętrzny i wewnętrzny Krab!). Zwłaszcza drugi z tych faktów nie znajduje łatwego wytłumaczenia w ramach modelu Morrisa. W tej sytuacji, H. Schwarz i R. Corradi zaproponowali alternatywny model, w którym „kraby" powstają z materii wiatru Miry, pod wpływem szybkiego wiatru pochodzącego z gorącego składnika. Za kolimację wypływającej materii, podobnie



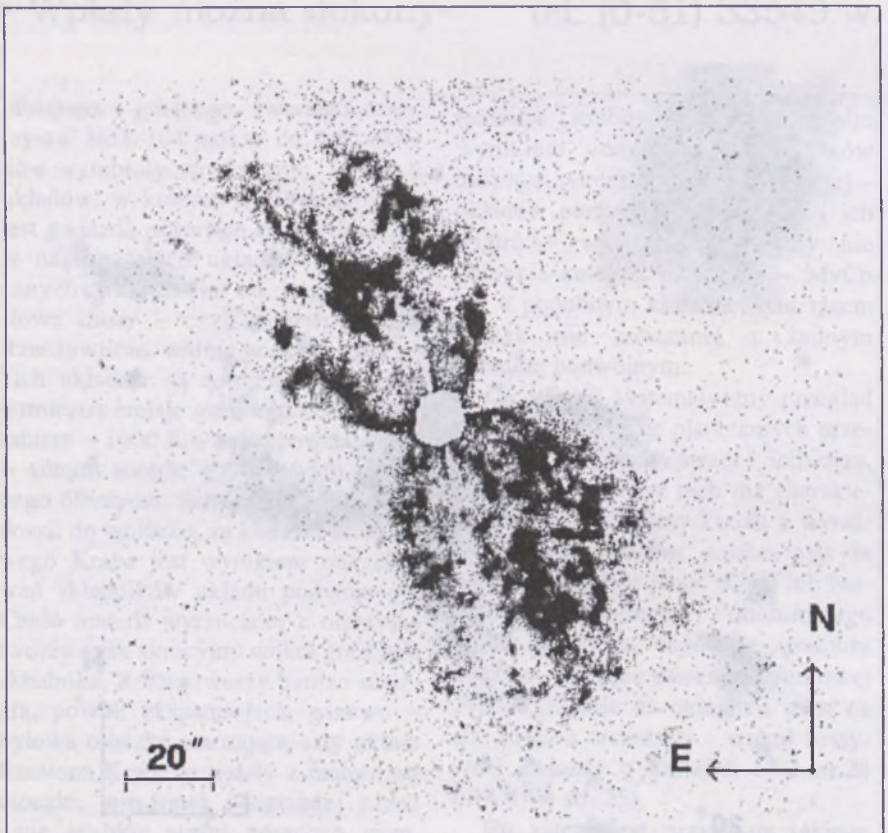
Rys.3. Diagram prędkość radialna – położenie dla He 2-104.

jak w modelu Morrisa, odpowiada silnie spłaszczony rozkład gazu w płaszczyźnie orbity układu.

Co więcej, jeżeli mgławica powstaje „na raty", wówczas wiatr z gorącego składnika powinien pojawiać się sporadycznie, np. w wyniku powtarzających się wybuchów tego składnika. Możliwą przyczyną takich wybuchów mogłyby być wybuchy termonuklearne na powierzchni białego karła – podobnie jak to ma miejsce w klasycznych gwiazdach nowych (patrz PA 3/94, str.113) lub niestabilności w dysku akrecyjnym – odpowiedzialne m.in. za wybuchy nowych karłowatych. Wybuchom termonuklearnym zwykle towarzyszy pojawienie się intensywnego, szybkiego wiatru z powierzchni białego karła. Taki wiatr mógłby sprężać i ogrzewać gaz w mgławicy utworzonej z materii wcześniej utraconej przez olbrzyma, przyczyniając się do powstania bipolarnych struktur. Zgodnie z rachunkami teoretycznymi, w przypadku białego karła o masie około 1 $M_\odot$, akreującego materię w tempie około 10^{-8} $M_\odot$/rok, można oczekiwać wybuchu co mniej więcej 1000 lat.

Na podstawie obserwowanych rozmiarów i prędkości ekspansji w He2–104 można ocenić dynamiczny wiek wewnętrznego i zewnętrznego Kraba, odpowiednio na ~200 i 1000 lat. Całkowitą masę mgławicy ocenia się na 10^{-3}–10^{-2} $M_\odot$. Zakładając, że chłodny olbrzym traci materię w tempie 10^{-6}–10^{-5} $M_\odot$/rok (typowe wartości dla zmiennych typu Miry), z czego biały karzeł akreuje około 1– 0.1 % (zgodnie z wynikami rachunków modelowych), uzyskujemy niezłą zgodność obserwacji z przewidywaniami teorii wybuchów termonuklearnych na powierzchni białych karłów.

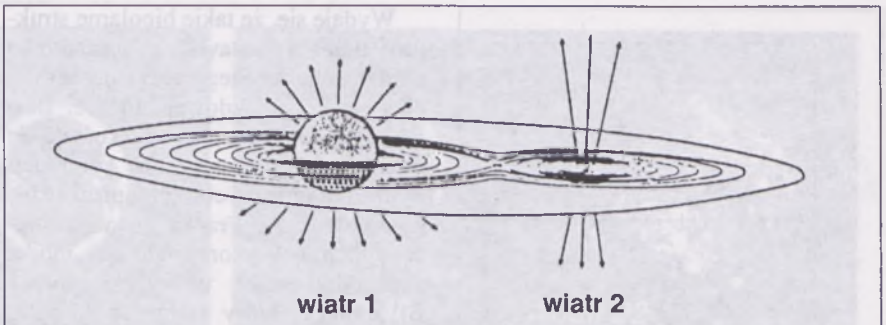
Warto również podkreślić, że w niektórych spośród układów symbioty-



Rys. 2. Obraz BI Cru w linii wzbronionej [NII]. Liczne gwiazdy pola zostały usunięte odejmując obraz uzyskany w wąskim filtrze obejmującym pobliski zakres kontinuum. Ponadto posłużono się płytą koronograficzną o średnicy 22" aby usunąć jasny obraz gwiazdy centralnej.

cznych zawierających zmienne olbrzymy typu Miry (np. V1016 Cyg oraz HM Sge) zaobserwowano wybuchy przypominające wybuchy gwiazd nowych oraz skorelowane z nimi bipolarne wypływy materii o podobnych prędkościach jak w He2–104 i BI Cru. Najciekawszym przypadkiem jest jednak R Aqr (patrz PA 2/91, str. 80). R Aqr jest również układem symbiotycznym, zawierającym zmienną typu Miry pulsującą z okresem 387 dni, pod wieloma względami przypominającym He 2–104 i BI Cru. Podobnie jak Południowy Krab, R Aqr jest otoczona przez dwie bipolarne mgławice, wyrzucone około 190 i 650 lat temu, ekspandujące z prędkością około 200 km/s w kierunku biegunów. Całkowitą masę zjonizowanej części mgławicy ocenia się na $\sim 10^{-5}\ M_{\odot}$, co z łatwością można wyjaśnić pochodzeniem z wiatru Miry.

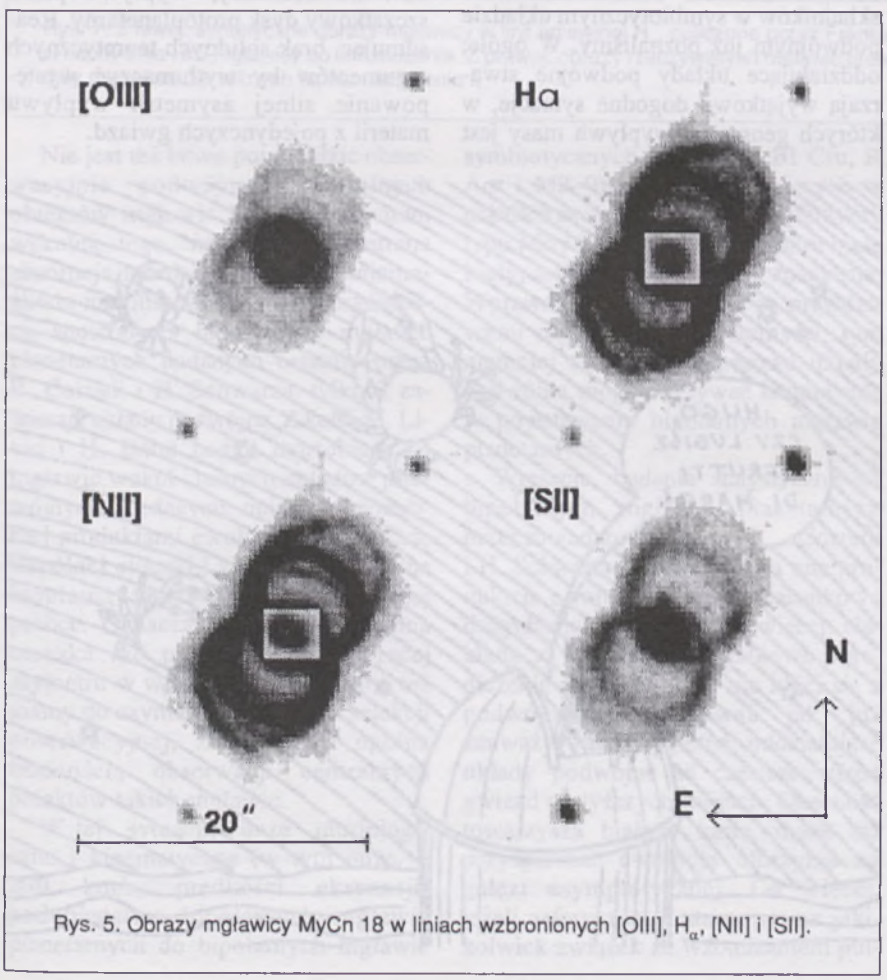
Podobnie jak w modelu Morrisa, polarne dżety w He 2–104 i BI Cru mogą być wynikiem promienistego czoła fali uderzeniowej, powstającej wskutek oddziaływań szybko przemieszczających się, skolimowanych (w polu magnetycznym?) strug gazu, wyrzucanych z gorącego składnika, z materią wcześniej utraconą przez układ.



Rys. 4. Podwójny model powstawania bipolarnych wypływów. Wiatr czerwonego olbrzyma (wiatr 1) jest częściowo wychwytywany przez dysk akrecyjny wokół zwartego towarzysza, który rośnie z czasem tworząc dysk ekskrecyjny wokół całego układu. Dodatkowy wiatr powstaje w dysku akrecyjnym (wiatr 2).

MyCn 18

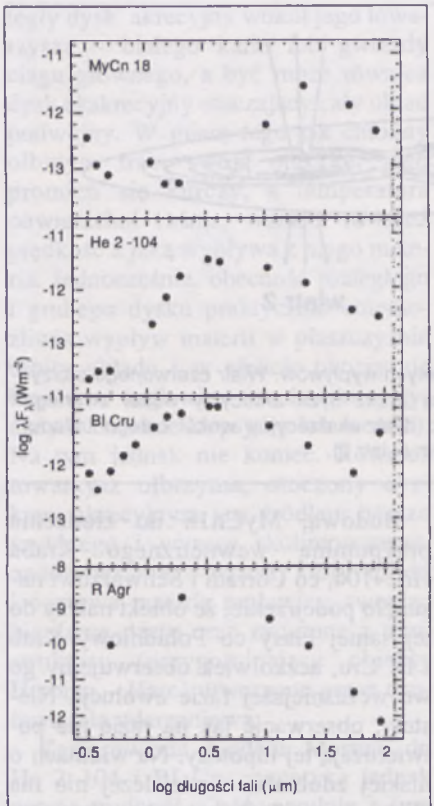
Rysunek 5 przedstawia obrazy mgławicy MyCn 18 w liniach wzbronionych [O III] λ5007, [N II] λ6583, [S II] λ6731 oraz linii H_{α}. Wyraźnie widać na nim bipolarną budowę mgławicy, o kształcie dwóch, niemal doskonale kulistych, połączonych baniek mydlanych. Jedynie na samych końcach, płaty mgławicy otwierają się, tworząc słabe, rozmyte struktury. MyCn 18 jest bardzo jasna w liniach emisyjnych H_{α} i [N II] i dość słaba w linii [O III], co świadczy o stosunkowo niskim stopniu wzbudzenia mgławicy.



Rys. 5. Obrazy mgławicy MyCn 18 w liniach wzbronionych [OIII], H_{α}, [NII] i [SII].

Budową, MyCn18 do złudzenia przypomina wewnętrznego Kraba He2–104, co Corradi i Schwarzowi nasunęło podejrzenie, że obiekt należy do tej samej klasy co Południowy Krab i BI Cru, aczkolwiek obserwujemy go we wcześniejszej fazie ewolucji. Niestety, obserwacje jak na razie nie potwierdzają tej hipotezy. Na widmach o niskiej zdolności rozdzielczej nie ma śladu pasm TiO, tak charakterystycznych dla gwiazd symbiotycznych (porównaj rys. 1 i 2, na str. 82 PA 2/91). MyCn 18 różni się również od omawianych wyżej gwiazd symbiotycznych rozkładem energii w podczerwonym zakresie widma (rys.6). W widmie MyCn 18 nie widać maksimum w pobliżu λ3 μm, tak charakterystycznego dla gwiazd symbiotycznych typu D i świadczącego o obecności gorącego pyłu . Zamiast tego, obserwujemy maksimum w okolicy 60 μm, typowe dla mgławic planetarnych, świadczące o obecności chłodnego pyłu. Zakres prędkości ekspansji mgławicy, ~48 km/s, jest również niewielki w porównaniu z He2–104 i BI Cru. Wszystko więc wskazuje, że mamy w tym przypadku do czynienia z normalną, stosunkowo niedawno powstałą mgławicą planetarną. Tym ciekawsze jest jej niezwykłe podobieństwo do Południowego Kraba, ewidentnie związanego z układem podwójnym gwiazd.

Reasumując, z morfologicznego punktu widzenia, bipolarne mgławice MyCn 18, He 2–104 i BI Cru tworzą grupę obiektów o bardzo dużym podobieństwie, być może dającą się uszeregować w ciąg ewolucyjny, z MyCn 18 jako obiektem najmłodszym, He 2–104 reprezentującą stadium pośrednie i BI Cru – najbardziej zaawansowaną ewolucyjnie. W podobną sekwencję układają się amplitudy prędkości ekspansji, sugerując wzrost prędkości ekspansji z wiekiem (czyli innymi słowy z rozmiarami) mgławicy. Przy okazji warto



Rys. 6. Obserwowane rozkłady energii w widmach podczerwonych (0.5 – 100 μm) BI Cru, He2 – 104, R Aqr i MyCn 18.

zauważyć, że kinematyczne własności wewnętrznej i zewnętrznej mgławicy w He 2–104, sugerują niewielkie (bądź żadne) przyspieszenie wypływającego gazu. Podobnie jest w przypadku mgławicy wokół R Aqr, w której również można wyróżnić wewnętrzną i zewnętrzną mgławicę, o niemal identycznych prędkościach ekspansji. Jednocześnie dane obserwacyjne nie wykluczają i takiej możliwości, że mamy do czynienia z układem, w którym gaz jest przyśpieszany ponieważ porusza się w ośrodku o malejącej gęstości.

Geneza

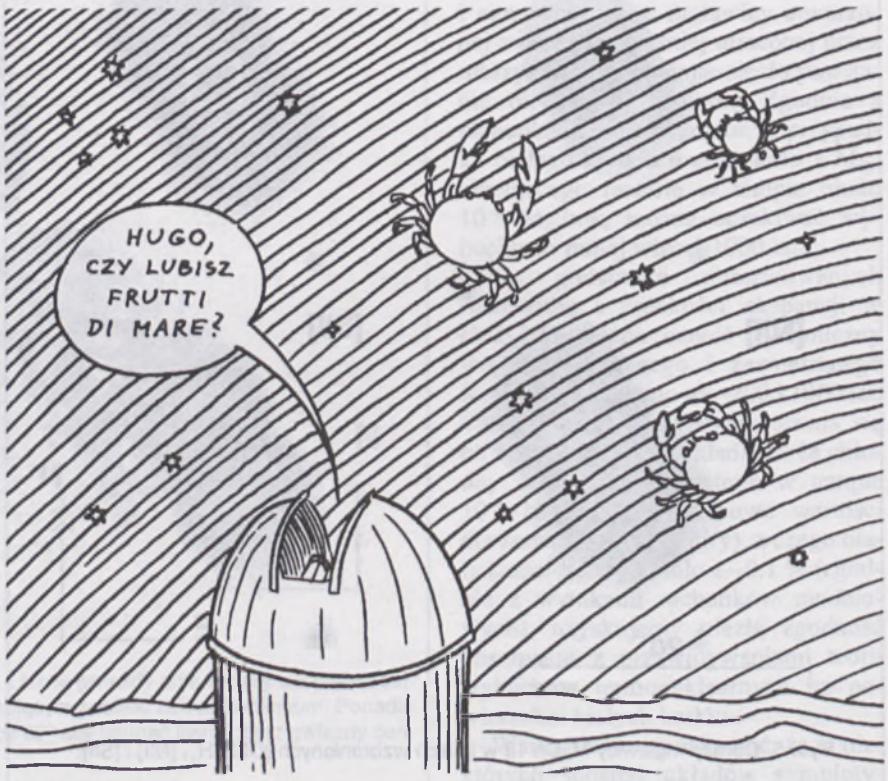
Podczas gdy Południowy Krab i BI Cru są bardzo specyficznymi obiektami, zawierającymi jednocześnie gwiazdę, która dopiero przekształci się w mgławicę planetarną – Mirę i obiekt, który już przeszedł przez fazę mgławicy planetarnej – białego karła, MyCn 18 jest typową przedstawicielką bipolarnych mgławic planetarnych. Oznacza to, że w obiektach zdecydowanie różnych z fizycznego punktu widzenia, mamy do czynienia z podobnym mechanizmem kolimacji wypływającej materii, prowadzącym do powstania mgławic o niemal identycznej morfologii.

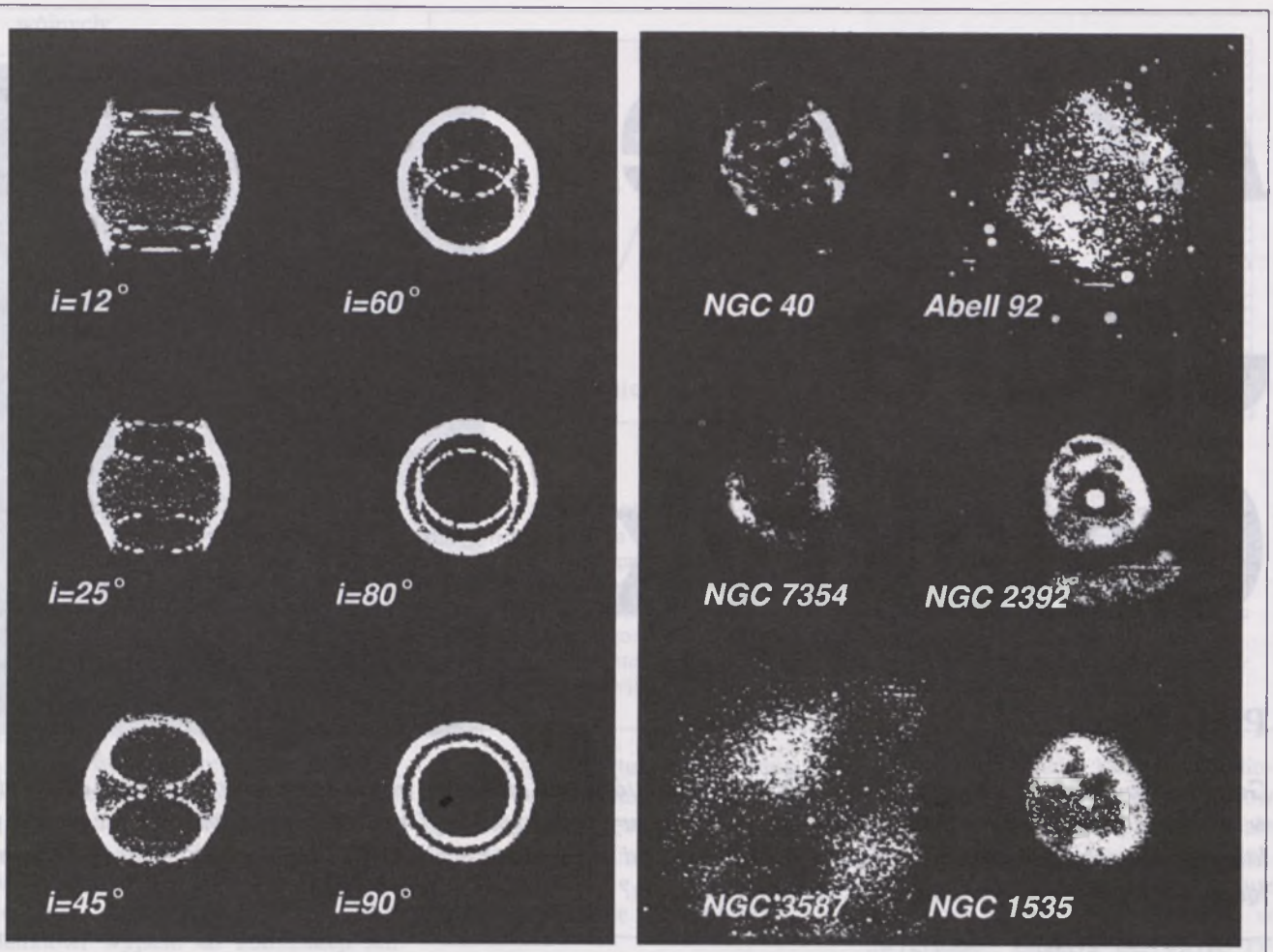
Wydaje się, że takie bipolarne struktury mogą powstawać z początkowo bardzo spłaszczonego rozkładu gęstości w wokółgwiazdowej otoczce. Bardzo interesujące są w tym kontekście wyniki 2–wymiarowych symulacji hydrodynamicznych, przeprowadzonych przez A. Franka ze współpracownikami. Wykorzystali oni model zaproponowany w 1987 przez B. Balicka, który tłumaczy powstawanie różnego typu mgławic o bipolarnej strukturze, oddziaływaniem szybkiego wiatru gwiazdowego z koncentrycznym, gęstym toroidem wyrzuconym wcześniej, w fazie asymptotycznego olbrzyma. Wypływ odbywa się głównie wzdłuż osi toroidu, prowadząc do wydłużonej, a w końcu bipolarnej struktury mgławicy. Wyniki Franka i jego współpracowników przedstawione na rysunku 7 przekonują, że w taki sposób możemy rzeczywiście odtworzyć całą gamę obserwowanych mgławic.

Pozostaje jeszcze odpowiedzieć na pytanie, co jest przyczyną tworzenia się takiego kontrastu gęstości w pierwotnym wietrze chłodnego olbrzyma. Możliwości jest kilka i prawdopodobnie wszystkie lub większość jest realizowanych w przypadku konkretnych obiektów. Jedną z nich, oddziaływanie składników w symbiotycznym układzie podwójnym już poznaliśmy. W ogóle, oddziałujące układy podwójne stwarzają wyjątkowo dogodne sytuacje, w których geometria wypływu masy jest bardzo spłaszczona. Oprócz zjawisk związanych z przepływem materii między składnikami i powstawaniem akrecyjnego i/lub ekskrecyjnego dysku kolimującego dalszy wypływ materii (omówiony już w poprzednim rozdziale model Morrisa), rozważano m.in.:

- asferyczny wyrzut materii z układu w następstwie fazy wspólnej otoczki;
- przypływowe oddziaływanie w rozległych układach podwójnych;
- asferyczny wypływ materii napędzany przez pulsacje nieradialne w otoczce gwiazdowej, rozkręconej w wyniku oddziaływań towarzysza.

Nie zabrakło również modeli, w których kontrast gęstości, a w konsekwencji mgławice bipolarne, są produktem ewolucji gwiazd pojedynczych. Jako główną przyczynę zaproponowano: szybką rotację gwiazdy, osiowo symetryczne pole magnetyczne, pulsacje nieradialne, a nawet szczątkowy dysk protoplanetarny wokół masywnego (a więc szybko ewoluującego) progenitora. Niestety, wyniki obserwacji, a w szczególności umiarkowana rotacja i pola magnetyczne gwiazd na asymptotycznej gałęzi olbrzymów, stawiają te propozycje pod znakiem zapytania. Podobnie brak obserwacyjnych dowodów na kolimację wypływu przez szczątkowy dysk protoplanetarny. Reasumując, brak solidnych teoretycznych argumentów by wytłumaczyć występowanie silnej asymetrii wypływu materii z pojedynczych gwiazd.





Rys. 7. Z lewej: syntetyczne obrazy mgławicy w linii emisyjnej H_α, policzone przez Franka ze współpracownikami, dla różnych wartości nachylenia *i* osi mgławicy do linii widzenia. Z prawej: obrazy rzeczywistych mgławic planetarnych w linii H_α dobrane tak, aby odpowiadały modelom dla różnych kątów nachylenia *i*.

Nie jest też łatwo potwierdzić obserwacyjnie podwójność centralnych obiektów mgławic bipolarnych, m.in. wskutek tego, że silna wewnętrzna absorpcja utrudnia lub wręcz uniemożliwia ich obserwacje. W szczególności, spośród 43 bipolarnych mgławic planetarnych badanych ostatnio przez R. Corradi i H. Schwarza, tylko 3 zawierają układy podwójne. Z kolei M. Livio i H. Bond badali morfologię 13 mgławic wokół ciasnych układów podwójnych, będących najprawdopodobniej produktami ewolucji poprzez fazę wspólnej otoczki i znaleźli tylko jedną bipolarną mgławicę w całej swojej próbce. Oznacza to, że albo wspólna otoczka nie prowadzi do znaczącej asymetrii w wypływie materii, albo też mamy do czynienia z efektem selekcji obserwacyjnej, związanej z ogólną trudnością obserwacji centralnych obiektów takich mgławic.

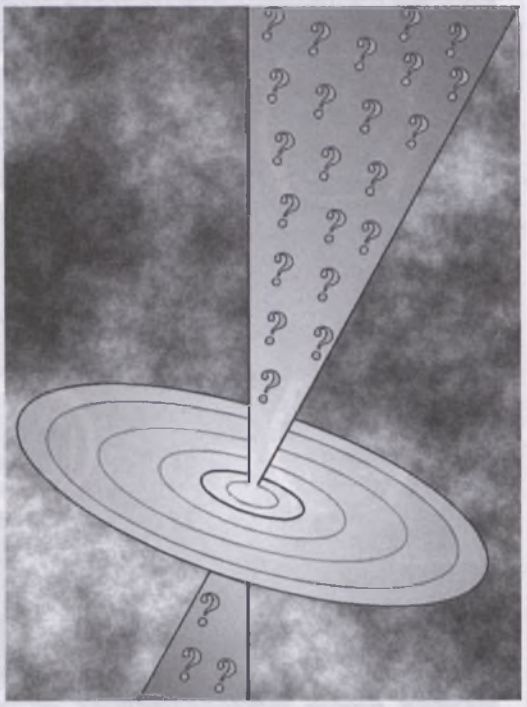
W tej sytuacji, duże morfologiczne i kinematyczne (w tym duże, ~ 200 km/s, prędkości ekspansji) podobieństwo bipolarnych mgławic planetarnych do bipolarnych mgławic symbiotycznych (He2–104, BI Cru, R Aqr i M2–9), a więc powstających w układach zawierających chłodne olbrzymy typu Miry i akreujące z ich wiatru białe karły, nabiera specjalnego znaczenia. Wprawdzie obiekty te nie są prawdziwymi mgławicami planetarnymi, tym niemniej takie długookresowe układy podwójne mogą odgrywać istotną rolę w powstawaniu bipolarnych mgławic planetarnych.

Wreszcie, badania statystyczne 43 bipolarnych mgławic planetarnych przeprowadzone przez R. Corradi i H. Schwarza sugerują, że są one produktem ewolucji gwiazd o stosunkowo dużych masach, ~ 2 $M_\odot$ i więcej. Nakłada to wprawdzie dodatkowe ograniczenie na modele, ale nie kłóci się z podwójnością, ponieważ jak już zauważył Peter Eggleton, oddziałujące układy podwójne są częstsze wśród gwiazd o wyższych masach. Obecność towarzysza białego karła, może też przyspieszać ewolucję olbrzyma na gałęzi asymptotycznej. Co więcej, jeżeli asferyczna utrata masy ma jakikolwiek związek ze wzbudzaniem pulsacji nieradialnych, wówczas efekt ten jest silniejszy w gwiazdach o wyższych masach.

Na koniec należy podkreślić, że duże morfologiczne i kinematyczne podobieństwo bipolarnych mgławic planetarnych do mgławic wokół symbiotycznych układów podwójnych, przemawia na korzyść hipotezy, że oddziaływania składników układów podwójnych i ich wiatrów gwiazdowych, są głównym mechanizmem powstawania mgławic o silnie bipolarnej strukturze. ■

Hugo Schwarza – głównego odkrywcę tytułowej rodziny – na zdjęciu widzimy na tle najprawdopodobniej autentycznych inkaskich reliefów, jako że od blisko dziesięciu lat pracuje w Europejskim Obserwatorium Południowym (ESO) w Chile. Jest wybitnym obserwatorem, specjalizującym się m. in. w morfologii mgławic planetarnych (zwłaszcza bipolarnych) oraz otoczek gwiazd symbiotycznych. W tym roku przenosi się do Obserwatorium La Palma na Wyspach Kanaryjskich. Bliskość zainteresowań naukowych (ale nie tylko) doprowadziły do napisania tego artykułu, wspólnie z naszą redakcyjną koleżanką, Joanną Mikołajewską z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Warszawie.

Aktywne Jądra Galaktyk



Piotr Życki

Galaktyki to skupiska milionów – miliardów gwiazd, które żyją miliony – miliardy lat i zazwyczaj nie dzieje się w nich nic szczególnego. Są jednak takie, jak kwazary, galaktyki Seyferta, radiogalaktyki czy lacertydy, w których dramatyczne zmiany zachodzą w skali lat, dni czy nawet godzin. Mówi się o nich, że mają aktywne jądra. Co kryje się za tym enigmatycznym określeniem?

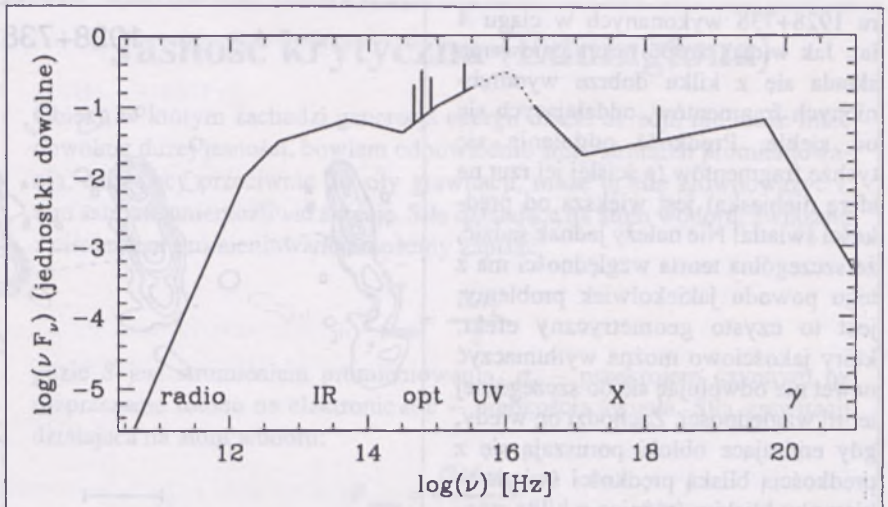
Obserwując galaktyki spotykamy na ogół obiekty spokojne. Niektóre galaktyki zdradzają jednak oznaki niezwykłej aktywności, a ich cechy obserwacyjne są zdeterminowane przez gwałtowne procesy, zachodzące w centralnych obszarach tych galaktyk. Od początku lat czterdziestych naszego wieku, kiedy Karl Seyfert jako pierwszy opisał pewną klasę galaktyk, odróżniającą się od reszty, zidentyfikowano wiele klas aktywnych galaktyk. Poszczególne klasy wyodrębniano na ogół na podstawie wyglądu obiektu w jednym wybranym zakresie fal elektromagnetycznych, w którym akurat prowadzono np. przegląd nieba. Stąd też nie od razu dostrzeżono związki pomiędzy różnymi klasami tych obiektów i czynniki odpowiedzialne za różnice między nimi. I tak Seyfert wyróżnił klasę galaktyk, posiadających silne, szerokie linie emisyjne w widmach optycznych. Lacertydy (prototyp tej klasy początkowo uważano za gwiazdę zmienną!) wyróżniały się z kolei gwałtownymi zmianami jasności, spolaryzowanym widmem i *brakiem* jakichkolwiek linii widmowych. Radiogalaktyki i kwazary „pojawiły" się najpierw na mapach radiowych. Gdy dokonano pierwszych identyfikacji optycznych tych źródeł okazało się, że są one bardzo odległe i, w związku z tym, niezwykle jasne.

Obecnie, dzięki obserwacjom w całym zakresie elektromagnetycznym z jednej strony i pracom teoretycznym z drugiej, mamy znacznie szerszy pogląd na charakter aktywności galaktyk oraz związki i różnice między poszczególnymi typami tych obiektów. Na przykład, nie ma już praktycznie wątpliwości, że kwazary są też jądrami galaktyk. Wydaje się, że natura aktywności *wszystkich* aktywnych jąder galaktyk jest jednakowa, a różnice wynikają z czynników środowiskowych (np. typ macierzystej galaktyki) lub warunków obserwacji (np. kąt nachylenia do wyróżnionej osi). Takie unifikacyjne podejście jest obecnie bardzo popularne i zostanie przedstawione w dalszej części artykułu.

Na początek jednak zestawmy najważniejsze obserwacyjne różnice między galaktykami aktywnymi a zwykłymi:

- na zdjęciach w świetle widzialnym galaktyki aktywne mają wyraźnie wyróżniające się, praktycznie punktowe jądro, którego jasność może przewyższać jasność pozostałej części galaktyki nawet 10 razy (w przypadku galaktyk Seyferta; jasność jądra może też być mniejsza niż jasność reszty galaktyki) lub 10 000 razy w przypadku kwazarów. W typowej (nieaktywnej) galaktyce spiralnej nie ma wyróżnionego, punktowego jądra, a przestrzennie rozciągłe tzw. zgrubienie centralne (*ang.* bulge) kontrybuuje kilkadziesiąt procent jasności całej galaktyki;
- galaktyki aktywne świecą w całym zakresie elektromagnetycznym: od fal radiowych poprzez mikrofale, podczerwień, zakres widzialny (optyczny), nadfioletowy do promieniowania rentgenowskiego i gamma (rys. 1). Dla kontrastu – zwykłe galaktyki świecą praktycznie wyłącznie w zakresie podczerwonym, optycznym i nadfiolecie a kształt widma odpowiada zsumowanemu promieniowaniu termicznemu gwiazd. Promieniowanie radiowe zwykłych galaktyk jest bardzo słabe i można je przypisać pozostałościom po supernowych i obszarom zjonizowanego wodoru. Również słabe promieniowanie rentgenowskie jest emitowane przez niektóre typy gwiazd pod-

wójnych;
- widma liniowe galaktyk aktywnych (w zakresie widzialnym i nadfioletowym) zdominowane są przez bardzo szerokie (nawet do 500 Å) linie *emisyjne*, podczas gdy w widmach liniowych zwykłych galaktyk występują prawie wyłącznie wąskie (o szerokości kilku Å) linie *absorpcyjne*;
- jasność galaktyk aktywnych może być silnie zmienna w czasie. Zmiany mogą zachodzić w skali czasowej miesięcy, dni a nawet minut w zależności od zakresu widmowego. Jasność zwykłych galaktyk jest stała w czasie.



Rys. 1 Typowe widmo galaktyki Seyferta typu 1. Na osi poziomej odłożony jest logarytm częstości, na osi pionowej – iloczyn strumienia i częstości. Wielkość ta reprezentuje ilość energii przypadającą na jednostkę logarytmu częstości. Jak widać, aktywne jądra galaktyk emitują porównywalne ilości energii w kilku zakresach widmowych: podczerwieni, zakresie optycznym/nadfioletowym i zakresie rentgenowskim. Na gładkie kontinuum nałożone są optyczne, nadfioletowe i rentgenowskie linie emisyjne. Kawałek widma narysowany linią przerywaną praktycznie nie może być obserwowany z powodu absorpcji przez neutralny wodór w naszej Galaktyce.

Powyższe fakty obserwacyjne, które posłużyły do wyodrębnienia i zdefiniowania klasy aktywnych galaktyk, wskazują, że w centralnych obszarach tych galaktyk zachodzą inne niż gwiazdowe procesy generacji dużych ilości energii. Natura tych procesów i całej aktywności tych obiektów stanowi dla astrofizyków zagadkę już od wielu lat, od momentu rozpoznania aktywnych galaktyk jako osobnej grupy obiektów. Musimy jednak bliżej przyjrzeć się wymienionym wyżej obserwacyjnym cechom aktywnych galaktyk jako punktowi wyjścia do konstrukcji ich modelu. Będziemy patrzeć w poszczególnych zakresach widma elektromagnetycznego. Wykorzystamy przy tym zarówno możliwość robienia „zdjęć" ukazujących strukturę przestrzenną jak i obserwacje widma (spektroskopię) tych obiektów. Niestety, nie obędzie się też bez odrobiny fizyki.

Emisja w zakresie fal radiowych,

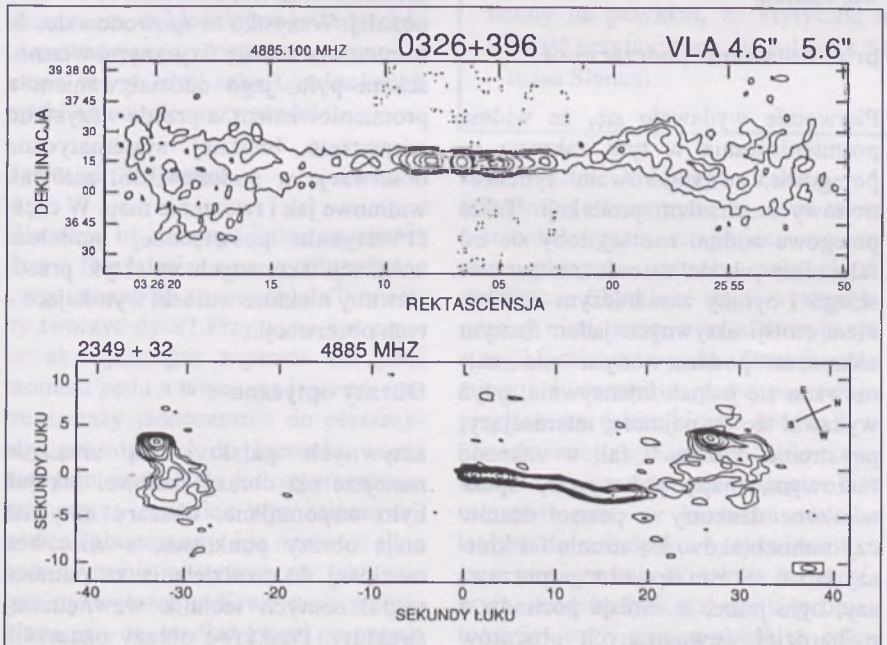
jej zasięg przestrzenny oraz kontrybucja do całości emisji aktywnej galaktyki, stanowi podstawę podziału tych obiektów na dwie klasy: obiektów radiowo głośnych (*ang.* radio loud) oraz radiowo cichych (*ang.* radio quiet). Nawet w galaktykach radiowo głośnych fale radiowe niosą nie więcej niż ~15% całkowitej emitowanej energii, występuje natomiast zdecydowana różnica w „wyglądzie" galaktyk aktywnych radiowo głośnych i radiowo cichych. Obszary emisji radiowej (i możliwości obserwacji za pomocą technik interferometrycznych) są bowiem na tyle duże, że możliwe jest sporządzanie ich map. Na takich mapach (przykłady na rys. 2) widoczne jest, że promieniowanie radiowe produkowane może być:

1) w stosunkowo zwartym źródle centralnym,

2) przez strugę gazu (dżet), rozciągającą się od centrum na duże odległości (nawet kilka milionów lat świetlnych!) do

3) radioobłoków (*ang.* lobe, dosł. „płat").

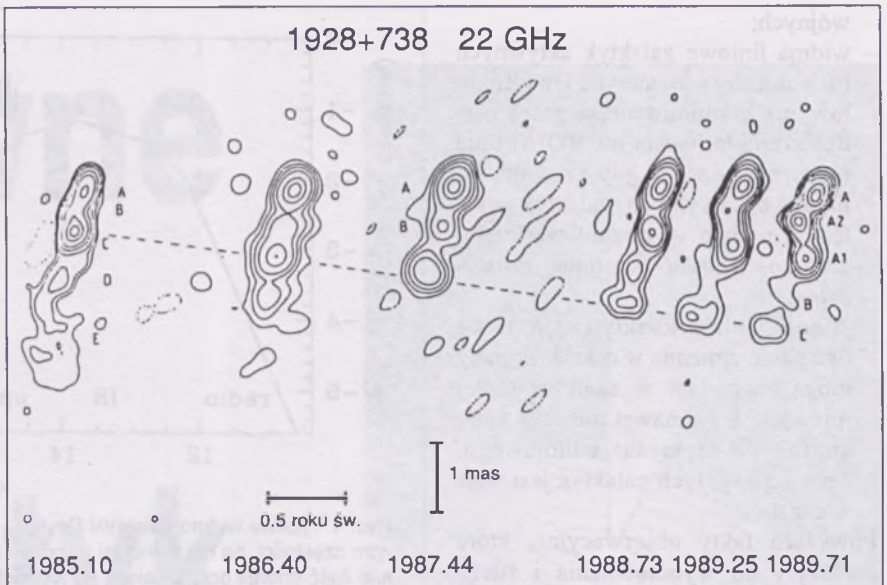
Można przy tym wyróżnić radioźródła zdominowane przez źródło centralne (tzw. zwarte) oraz radioźródła zdominowane przez dżety i radioobłoki (tzw. rozciągłe), ale występują też sytuacje pośrednie. Obrazy radioźródeł rozciągłych w skali tysięcy czy milionów lat świetlnych nie zmieniają się w czasie, zmiany widać natomiast w obrazach VLBI[1)] (a więc w skali lat świetlnych) źródeł zwartych. Rys. 3. przedstawia sekwencję obrazów radiowych kwaza-



Rys. 2. Przykłady struktur radiowych:
a) radiogalaktyka 0326+396 – przykład radioźródła z dwoma symetrycznymi dżetami i radioobłokami,
b) kwazar 4C 32.69 z jednostronnym dżetem i radioobłokami.

[1)] ang. Very Long Baseline Interferometry – interferometria wielkobazowa.

ra 1928+738 wykonanych w ciągu 4 lat. Jak widać, źródło promieniowania składa się z kilku dobrze wyodrębnionych fragmentów, oddalających się od siebie. Prędkość oddalania się tychże fragmentów (a ściślej jej rzut na sferę niebieską) jest większa od prędkości światła! Nie należy jednak sądzić, że szczególna teoria względności ma z tego powodu jakiekolwiek problemy: jest to czysto geometryczny efekt, który jakościowo można wytłumaczyć nawet nie odwołując się do szczególnej teorii względności. Zachodzi on wtedy, gdy emitujące obłoki poruszają się z prędkością bliską prędkości światła w kierunku bliskim (różnica o kilka stopni) kierunkowi do obserwatora. Jeżeli taka interpretacja tych obserwacji jest słuszna, otrzymujemy bardzo ważną informację: jeżeli bowiem w radioźródłach zwartych ma miejsce relatywistyczny ruch (wyrzut z centrum?) materii, to naturalnym wydaje się być przypuszczenie, że radioźródła rozciągłe przedstawiają taką samą sytuację, tyle tylko, że widzianą z boku. Dżety w radioźródłach rozciągłych są więc także strugami plazmy, wyrzucanej z centrum aktywnej galaktyki. Przedzierając się przez ośrodek galaktyczny i międzygalaktyczny dżet traci początkową energię kinetyczną i w końcu wyhamowuje, tworząc rozległe radioobłoki.



Rys. 3. Nadświetlna prędkość w kwazarze 1928+738. Pozorna prędkość składnika C względem A wynosi ok. 6*c* (*c* – prędkość światła; 1 mas (ang. miliarc second – 0.001 sekundy łuku). Zachęcamy Czytelników do samodzielnego wykazania, że takie zjawisko jest możliwe. Należy założyć, że „bąbel" gazu, emitujący promieniowanie radiowe, został wyrzucony z (nieruchomego) jądra z prędkością bliską *c* (ale mniejszą od niej), pod małym kątem do kierunku ku obserwatorowi, a następnie obliczyć zmianę położenia rzutu „bąbla" na płaszczyznę prostopadłą do tego kierunku (czyli na sferę niebieską), biorąc pod uwagę skończoną prędkość światła.

Mamy więc pierwszy element do wyjaśnienia przez każdy teoretyczny model aktywnych galaktyk: jednym z rezultatów centralnej aktywności może być wyrzut materii w postaci dobrze skolimowanej (zogniskowanej) strugi, z relatywistyczną prędkością. Rozciągłość niektórych radioźródeł (kilka milionów lat św.) implikuje minimalny czas trwania takiej aktywności: centralny „silnik" musi działać miliony lat!.

W obiektach radiowo cichych taka sytuacja z jakichś powodów nie występuje. Struktury radiowe w takich obiektach są rozwinięte w znacznie mniejszym stopniu (lub w ogóle ich nie ma). To też jest problem do wyjaśnienia: dlaczego w niektórych galaktykach aktywnych dżety formują się (wydaje się bowiem, że całą aktywność radiową można sprowadzić do problemu powstania dżetu), a w innych to nie następuje (zamiast dżetu jest nieskolimowany wypływ?) i dlaczego aktywne galaktyki radiowo głośne są *zawsze* galaktykami eliptycznymi a radiowo ciche (prawie) zawsze spiralnymi? Nie są to jedyne pytania, na które nie ma obecnie odpowiedzi. Właściwie obserwacje w każdym zakresie widmowym przynoszą pewne wskazówki, jak aktywne galaktyki mogą działać, ale na ogół pojawia się więcej pytań niż odpowiedzi.

Aktywne jądra galaktyk niewątpliwie emitują

promieniowanie podczerwone.

Pierwotnie wydawało się, że widma promieniowania w tym zakresie są potęgowe, co sugerowało synchrotronowy mechanizm produkcji. Takie potęgowe widmo rozciągałoby się od fal radiowych do zakresu rentgenowskiego i byłoby zasadniczym składnikiem emisji aktywnych jąder. Samym zakresem podczerwonym nie zajmowano się jednak intensywnie, gdyż wydawał się on najmniej interesujący: po stronie dłuższych fal, w zakresie radiowym, mapy pokazywały spektakularne struktury w postaci dżetów czy radioobłoków. Po stronie fal krótszych, od zakresu optycznego począwszy, było jasne, że emisja pochodzi z najbardziej wewnętrznych obszarów i na wyjaśnieniu tej emisji skoncentrowały się wysiłki teoretyków. Znaczenie podczerwieni – pośredniego zakresu – zrozumiano dopiero wtedy, gdy obserwacje widmowe zaczęły wskazywać na termiczny charakter tej emisji. Byłaby ona spowodowana przez **pył** o temperaturze w szerokim zakresie 50–1000 K. Jednocześnie pył „pojawił się" w aktywnych galaktykach, jako istotny ich składnik, przy próbach interpretacji pewnych obserwacji w zakresie optycznym, o których opowiemy później. Wszystko to spowodowało, że zainteresowano się fizycznymi własnościami pyłu, jego oddziaływaniem z promieniowaniem, a przede wszystkim rozpoczęto bardziej systematyczne obserwacje w podczerwieni, zarówno widmowe jak i tworzenie map. W części artykułu poświęconej modelom unifikacji aktywnych galaktyk przedstawimy niektóre wnioski wynikające z tych obserwacji.

Obrazy optyczne

aktywnych galaktyk są znacznie mniejsze niż obrazy radiowe. Jak już było wspomniane, obszary aktywne mają obrazy punktowe, a więc bez możliwej do rozdzielenia za pomocą współczesnych technik wewnętrznej struktury. Punktowe obrazy oznaczają małe rozmiary geometryczne, które znajdują potwierdzenie w szybkiej zmienności jasności aktywnych jąder. Jeżeli bowiem obserwowany blask obiektu zmienia się istotnie w czasie Δt, to

możemy wywnioskować, że rozmiar świecącego obszaru nie może być dużo większy niż $c\Delta t$ gdzie c jest prędkością światła. Gdyby było inaczej, to brak korelacji między poszczególnymi częściami świecącego obszaru (ze względu na skończoną prędkość rozchodzenia się wszelkich oddziaływań, nie większą niż c) musiałby spowodować wygładzenie wahań jasności.

Już pierwsze obserwacje fotometryczne galaktyk Seyferta odkryły, że ich blask potrafi zmieniać się o czynnik 2 w skali zaledwie jednego tygodnia. W przypadku kwazarów ten czas jest dłuższy – rzędu kilku miesięcy, ale też większa jest jasność kwazarów. Jeżeli wziąć pod uwagę, że jasność galaktyk Seyferta w zakresie optycznym wynosi 10^{35}–10^{37}W a jasność kwazarów dochodzi do 10^{41}W ~ $10^{11}L_{\odot}$ (a jasność bolometryczna jest jeszcze większa), to widać jasno, że centralny „silnik" aktywnych galaktyk musi działać z naprawdę dużą wydajnością. Dlatego też już w 1964 roku Zeldowicz i Nowikow oraz niezależnie Salpeter sugerowali, że energia wydzielana w kwazarach ma

grawitacyjne pochodzenie.

A mianowicie, akrecja (opadanie) materii na supermasywny (10^6–$10^9M_{\odot}$), zwarty (o małym promieniu, a więc silnej grawitacji) obiekt jest w stanie wygenerować potrzebną ilość energii w niewielkim obszarze. Równocześnie ze zbieraniem dokładniejszego materiału obserwacyjnego, rozpracowywano tę ideę i już w 1969 roku Lynden—Bell opublikował pierwszy model

dysku akrecyjnego.

Dlaczego materia opadająca na czarną dziurę (bo ją miano na myśli, mówiąc „supermasywny zwarty obiekt") miałaby tworzyć dysk? Przyczyna jest prosta: akreujący gaz zapewne ma jakiś moment pędu a więc, opadając na centrum, dąży jednocześnie do płaszczyzny prostopadłej do kierunku tegoż momentu pędu. Taki jest argument teoretyczny za istnieniem wyróżnionej osi, a więc i płaszczyzny. Ma on swoje silne potwierdzenie obserwacyjne: aktywne galaktyki głośne radiowo mają wyróżnioną oś – tę, wzdłuż której propaguje się dżet.

Jak „działa" dysk akrecyjny? Rozważmy pierścień gazu, poruszający się po kołowej orbicie wokół zwartego, masywnego obiektu. Ponieważ prędkość ruchu kołowego zależy od odległości od centrum, to dwa takie pierścienie gazu, znajdujące się na nieco różnych orbitach, mają różne prędkości. Skutkiem tego występuje między nimi tarcie, a więc dyssypacja energii i momentu pędu. Zmniejszenie energii i momentu pędu powoduje przejście na orbitę bliższą środka i w konsekwencji spadek na ciało centralne. Wygenerowana energia jest transportowana w kierunku równoległym do osi dysku i wyświecana z jego powierzchni. W takim (najprostszym) modelu dysk jest cienki geometrycznie (czyli jego grubość w odległości r od centrum jest znacznie mniejsza od r) i gruby optycznie, czyli promieniowanie wygenerowane wewnątrz dysku powoli dyfunduje ku jego powierzchni, będąc wielokrotnie absorbowane i emitowane. Wynikiem jest promieniowanie termiczne (opisane prawem Plancka) o temperaturze zależnej od odległości od centrum. Promieniowanie z całego dysku jest sumą takich składowych, przy czym największy wkład dają wewnętrzne obszary dysku, gdyż tam dyssypuje się największa ilość energii. Wypadkowy kształt widma nie może być, oczywiście, dobrze opisany jedną wartością temperatury, możemy jednak oszacować rząd wielkości charakterystycznej temperatury, a więc także energii fotonu.

Wynosi ona ok. 10^5K, czyli odpowiada promieniowaniu termicznemu w zakresie nadfioletu. Ilość energii wyświecanej przez dysk zależy od ilości materii opadającej na czarną dziurę w jednostce czasu, czyli od tzw. tempa akrecji, zaś szczegółowy kształt widma

Jasność krytyczna (Eddingtona)

Obiekt, w którym zachodzi generacja energii dzięki akrecji, nie może mieć dowolnie dużej jasności, bowiem odpowiednio silny strumień promieniowania, działający przeciwnie do siły grawitacji, może tę siłę zrównoważyć i, tym samym, uniemożliwić akrecję. Siłę działającą na atom wodoru, związaną z ciśnieniem promieniowania, możemy zapisać:

$$F_{prom} = \frac{S\sigma_T}{c},$$

gdzie S jest strumieniem promieniowania, σ_T – przekrojem czynnym na rozpraszanie fotonu na elektronie a c -- prędkością światła. Siła grawitacji działająca na atom wodoru:

$$F_{graw.} = \frac{GMm_H}{r^2},$$

gdzie M jest masą ciała centralnego a m_H – masą atomu wodoru. Zakładając izotropowe źródło promieniowania, dla którego

$$S = \frac{L}{4\pi r^2},$$

(L – jasność całkowita źródła) i porównując obie siły, dostajemy krytyczną wartość jasności (jasność Eddingtona):

$$L_{Edd} = \frac{4\pi GMm_H c}{\sigma_T}.$$

W aktywnych jądrach galaktyk sytuacja prawdopodobnie nie jest sferycznie symetryczna, tym nie mniej jasność Eddingtona jest wygodną wartością odniesienia dla jasności obiektu. Jasność akreującego obiektu jest oczywiście proporcjonalna do tempa akrecji (masy akreującego gazu na jednostkę czasu)

$$L = \eta Mc^2,$$

gdzie η jest wydajnością zamiany masy na energię. Przyjmując η=0.1, otrzymamy na przykład, że krytyczne tempo akrecji dla $M=10^8M_{\odot}$ (typowa wartość przyjmowana dla galaktyk Seyferta) jest równe około $2M_{\odot}$/rok ($M_{\odot}$ – masa Słońca).

zależy od tempa akrecji i... stopnia zaawansowania modelu tzn. procesów promienistych wziętych pod uwagę, dokładności obliczeń struktury samego dysku, etc.

Pomysł z dyskiem akrecyjnym wokół supermasywnej czarnej dziury „przyjął się" wśród astrofizyków. Jest to obecnie przyjmowany paradygmat, w ramach którego wykonuje się obliczenia i symulacje warunków w aktywnych jądrach galaktyk, do którego odnosi się ewentualne inne modele. Nie oznacza to, że model ten nie ma kłopotów i że tłumaczy całą aktywność galaktyk. Wręcz przeciwnie, różnych – teoretycznych i obserwacyjnych – problemów z modelami dysków jest tak wiele, że czasami wręcz samo istnienie dysków akrecyjnych w jądrach aktywnych galaktyk jest poddawane w wątpliwość.

Chyba najsłabiej zrozumiany jest najbardziej podstawowy proces zachodzący podczas akrecji (umożliwiający ją w ogóle!) a mianowicie tarcie między poszczególnymi pierścieniami gazu, inaczej mówiąc lepkość. Wydawać by się mogło, że sam ruch termiczny cząstek gazu jest wystarczającym powodem na istnienie lepkości, jeżeli występuje różnica prędkości między dwiema warstwami gazu. Okazuje się jednak, że taka lepkość molekularna jest zbyt mała, by odpowiednio efektywnie dyssypować energię i transportować na zewnątrz moment pędu opadającego gazu. Dysk oparty na takiej lepkości nie mógłby opadać! Zaproponowano więc dwa inne mechanizmy lepkości: (1) turbulencja gazu, a więc przepływ nieuporządkowany i zawirowany, podczas którego zderzenia poszczególnych wirów prowadzą do dyssypacji energii, oraz (2) lepkość magnetyczna, polegająca na przekazie momentu pędu przez nieuporządkowane pole magnetyczne „wmrożone" w plazmę. Niestety, procesy te są bardzo skomplikowane i ich adekwatny opis praktycznie nie istnieje. Przy modelowaniu dysków akrecyjnych używa się więc prostego opisu, wiążącego wartość lepkości z ciśnieniem (gazu ew. sumy ciśnień gazu i promieniowania), całą niewiedzę ukrywając we współczynniku proporcjonalności (powszechnie nazywanym α). Jakkolwiek procedura taka może wydawać się dziwna, może ona mieć swoje uzasadnienie: w gwiazdach zmiennych kataklizmicznych (co do których nie ma wątpliwości, że są tam dyski akrecyjne) można w ten sposób modelować zachowanie dysków zarówno w fazie spokojnej jak i w fazie wybuchów, zmieniając jedynie wartość α, zaś od strony teoretycznej zaczyna się doprowadzać symulacje numeryczne przepływów turbulentnych do fazy saturacji (a więc charakter symulowanych zaburzeń przepływu nie zmienia się, jest stacjonarny), w której można już wyznaczyć teoretyczną wartość współczynnika α.

Innym problematycznym założeniem jest założenie, że dysk jest cienki geometrycznie. Niewątpliwie nie jest ono słuszne, jeżeli dysk świeci z jasnością bliską jasności krytycznej (Eddingtona). Z dyskami nie spełniającymi tego założenia (tzw. grubymi) wiązano zresztą spore nadzieje co do mechanizmów rozpędzania dżetów w radioźródłach, ale i to się nie udało. Problemów jest zresztą więcej, tym niemniej

argumenty za istnieniem dysków

(1) „naturalność" tworzenia się dysków, (2) wspomniane już istnienie wyróżnionej osi w radioźródłach oraz (3) niezwykłe podobieństwo zachowania się jąder aktywnych galaktyk (szczególnie w dziedzinie rentgenowskiej; patrz niżej) do układów gwiazdowych, bez wątpienia zawierających dyski, prawdopodobnie wokół czarnych dziur, są na tyle silne, że ten pomysł jest traktowany najpoważniej ze wszystkich zaproponowanych. Pojawiają się również bardziej bezpośrednie potwierdzenia obserwacyjne. Są nimi obserwacje profilu rentgenowskiej linii emisyjnej przy energii ok. 6.5 keV (rys. 4). Linia ta, jak się uważa (patrz niżej), powstaje w wyniku odbicia promieniowania rentgenowskiego od płaskiego „lustra" chłodnej materii. Dysk akrecyjny jest naturalnym kandydatem na takie lustro, ale jeżeli tak, to obserwowany profil linii powinien mieć charakterystyczny kształt. Obserwacje galaktyk Seyferta wykonane przez japońskiego satelitę *ASCA* istotnie dostarczyły kilku przykładów takich profili. Są jednak obiekty, w których obserwowana linia nie pasuje do modelu dysku, a są też i takie, w których linii nie widać wcale.

Oczywiście, można mieć dobry pomysł i szczegółowy model, ale powstaje natychmiast pytanie, o weryfikację obserwacyjną modelu, na przykład, czy teoretyczne widmo ciągłe promieniowania dysku akrecyjnego można dopasować do widm obserwowanych. To zaś nie jest takie trywialne.

Widmo modelowego dysku rozciąga

Temperatura promieniowania termicznego generowanego w wyniku akrecji

Jeżeli jasność obiektu jest równa jasności Eddingtona, a emisja następuje ze sfery o promieniu Schwarzchilda,

$$r_S = \frac{2GM}{c^2},$$

to charakterystyczną temperaturę możemy wyznaczyć, przyrównując dwa wyrażenia opisujące emitowany strumień:

$$\sigma T^4 = \frac{L_{\mathrm{Edd}}}{4\pi r_S^2},$$

gdzie σ jest stałą Stefana–Boltzmanna. W wyniku otrzymujemy

$$T \cong 3.8\times10^5 \left(\frac{M}{10^8 M_\odot}\right)^{-1/4} \mathrm{K}.$$

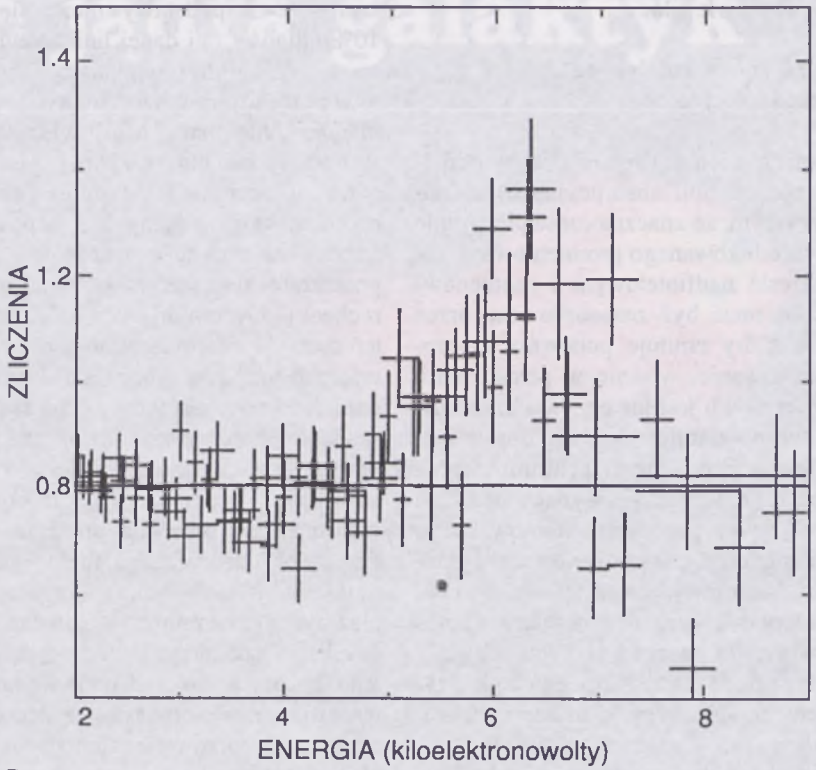
Wynik może wydawać się zaskakujący, gdyż, jak widać, większej masie centralnej czarnej dziury odpowiada mniejsza temperatura promieniowania. Otrzymane oszacowanie jest jednak zgodne również z obserwacjami: w przypadku aktywnych jąder galaktyk ($M\sim10^8\,M_\odot$) obserwowane maksimum emisji przypada w nadfiolecie ($T\sim10^5$K, czyli $E = kT \sim 10$ eV), zaś w przypadku układów gwiazdowych ($M\sim1M_\odot$) – w zakresie rentgenowskim ($T\sim10^7$K, czyli $E = kT\sim1$keV).

się od zakresu optycznego poprzez nadfioletowy do rentgenowskiego. W zakresie optycznym i częściowo nadfioletowym widmo samego dysku z reguły nie pasuje do widm obserwowanych. Nie oznacza to, że należy ten pomysł odrzucić. Trzeba bowiem uwzględnić fakt, że widmo promieniowania dochodzącego do nas z aktywnego jądra jest wypadkową wielu procesów mających na nie wpływ. Promieniowanie to jest sumą emisji samego jądra i gwiazd, które zawsze są w polu widzenia teleskopu. Jest ono częściowo zaabsorbowane przez pył zarówno w macierzystej galaktyce jak i w Drodze Mlecznej, a że pył absorbuje promieniowanie zależnie od długości fali (fale krótkie chętniej niż długie), to taka absorpcja zmienia kształt widma. Wszystko to trzeba wziąć pod uwagę i starannie wymodelować. Swoboda doboru różnych parametrów jest jednak spora (np. ilość i skład chemiczny pyłu odpowiedzialnego za absorpcje), i nawet jeżeli udaje się nam odtworzyć widmo dysku, to nie ma pewności, że nie jest to przypadek.

W dalekim zakresie nadfioletowym $\lambda < 912$Å, czyli $E > 10$eV) problem jest innego rodzaju: takie promieniowanie jest absorbowane przez wodór w naszej Galaktyce i w tym zakresie, kluczowym dla możliwości porównania modelu z danymi, nie ma szans na obserwacje. Możliwości obserwacyjne pojawiają się dopiero w miękkim zakresie rentgenowskim (E > 150 eV), gdzie ewentualnie może być widoczna końcówka widma dysku. Pewne informacje o dalekim nadfiolecie można, co prawda, uzyskać obserwując odległe kwazary, gdyż, dzięki przesunięciu ku czerwieni, obserwując w zakresie optycznym widzimy to, co było wyemitowane w zakresie nadfioletowym.

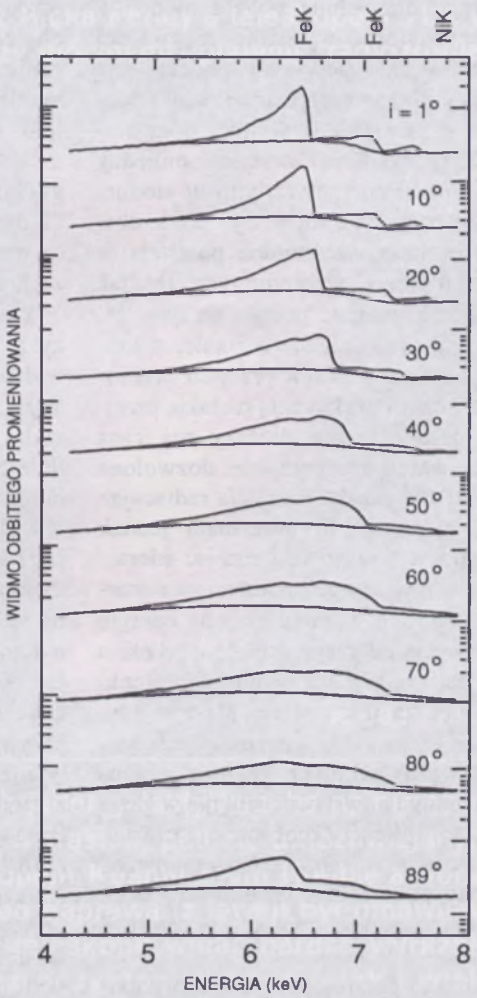
Zebrawszy więc takie fragmenty widm różnych obiektów i porównawszy je z modelami można stwierdzić, że tak naprawdę... nie wiadomo, czy pasują one do przewidywań modeli dyskowych. W zakresie optyczno–nadfioletowym istotnie obserwujemy silne promieniowanie optyczno–nadfioletowe od kwazarów i galaktyk Seyferta typu 1. Model dysku do niektórych obiektów pasuje, do innych nie, i jedyne pewne stwierdzenie to chęć posiadania dokładniejszych danych i bardziej zaawansowanych modeli.

Elementem, występującym w widmach aktywnych galaktyk, który wydawał się być najistotniejszy dla



Rys. 4a.

Rys. 4b



Rys. 4a) Profil rentgenowskiej linii emisyjnej żelaza obserwowany przez satelitę ASCA w widmie galaktyki IC 4329a. Dla porównania na rys. 4b) pokazane są profile tej linii wynikające z obliczeń teoretycznych. Założono, że linia powstaje w wyniku odbicia i reprocesowania promieniowania rentgenowskiego, oświetlającego dysk akrecyjny. Energia pierwotnych fotonów linii wynosi ok. 6.5 keV. W wyniku efektu Dopplera i poczerwienienia grawitacyjnego w polu czarnej dziury obserwowany profil ma charakterystyczne „skrzydło" rozciągające się po stronie niższych energii. Profile teoretyczne pokazano dla różnych wartości kąta między normalną do dysku a promieniem widzenia, *i*. Profil obserwowany w IC 4329a powstaje, jeżeli kąt nachylenia jest mały. Jest to również w zgodzie z modelem unifikacji, według którego galaktyki Seyferta typu 1 są obiektami widzianymi prawie „z góry".

zrozumienia istoty aktywności, są niewątpliwie silne

optyczno–nadfioletowe linie emisyjne.

Sam fakt ich występowania (w odróżnieniu od linii absorpcyjnych) świadczy o tym, że znaczna część pierwotnie wyprodukowanego promieniowania (w zakresie nadfioletowym i rentgenowskim) musi być zaabsorbowana przez gaz, który emituje ponownie to promieniowanie, właśnie w postaci linii. W tej chwili jest już oczywiste, że linie optyczno–nadfioletowe nie dostarczają informacji o samym centrum aktywności, gdzie, jak się wydaje, powstaje kontinuum (czyli promieniowanie o widmie ciągłym) rentgenowskie i gamma. Nie mniej jednak to właśnie charakterystyki tych linii najpierw doprowadziły do podziału aktywnych galaktyk (przede wszystkim galaktyk Seyferta) na dwa typy, a następnie wskazały na możliwość ich unifikacji.

Otóż, z punktu widzenia fizyki, linie emisyjne można podzielić na dwa rodzaje: dozwolone i wzbronione (w rzeczywistości wyróżnia się więcej rodzajów, ale powyższy podział wystarczy dla naszych celów). Linie dozwolone powstają w wyniku dozwolonych (oczywiście) przejść pomiędzy poziomami energetycznymi w atomie. Mniej oczywiste może być stwierdzenie, że linie wzbronione powstają w wyniku przejść wzbronionych. Jest tak w istocie, różnica polega na tym, że, gdy atom znajdzie się w stanie, w którym powinno nastąpić przejście wzbronione, czas oczekiwania na takie przejście jest znacznie dłuższy niż czas oczekiwania na przejście dozwolone (nawet 10^8 razy!). Przejścia radiacyjne (tzn. z emisją fotonu) mają jednak konkurencję w postaci przejść zderzeniowych, w których nadmiarowa energia elektronu zamienia się na energię kinetyczną zderzających się cząstek, a nie jest emitowana w postaci fotonu. Im większa jest gęstość plazmy, tym częściej zachodzą zderzenia cząstek, skąd ważny wniosek, że linie wzbronione mogą powstawać jedynie w gazie o małej gęstości (koncentracja cząstek $< 10^6 cm^{-3}$). Nie ma takich ograniczeń w przypadku linii dozwolonych, które pochodzą z obszarów o koncentracji cząstek $\sim 10^9 cm^{-3}$.

Drugim parametrem linii, który musimy rozważyć, jest jej szerokość. Linie obserwowane w widmach galaktyk Seyferta mogą być bardzo szerokie. Ich szerokość u podstawy może sięgać 10% długości fali danej linii! Naturalna szerokość linii (wynikająca z kwantowej zasady nieoznaczoności) jest niemierzalnie mała. Musi więc występować jakiś inny fizyczny mechanizm poszerzania. Jedynym mechanizmem, który mógłby być odpowiedzialny za tak duże szerokości, jest poszerzenie dopplerowskie, związane z ruchem jonów emitujących linie. Jeżeli ten ruch jest chaotyczny, to część emitujących jonów przybliża się do nas i odbierane przez nas fotony mają zwiększoną częstość, inne oddalają się, co powoduje zmniejszenie częstości rejestrowanych fotonów. W sumie obserwowana linia emisyjna poszerza się. Przyczyną chaotycznego ruchu jonów mogłaby być wysoka temperatura plazmy. Temperatura, niezbędna do uzyskania tak dużych szerokości, jest jednak zbyt wysoka: wodór i prawie wszystkie inne pierwiastki są w takich warunkach całkowicie zjonizowane i nie emitują żadnych linii. Pozostaje zatem inna możliwość: jeżeli emitujący ośrodek składałby się z (bardzo) wielu obłoczków, poruszających się chaotycznie z dużymi prędkościami, to mielibyśmy ten sam efekt poszerzenia linii, ale temperatura obłoczków nie musiałaby być wysoka. W silnym polu grawitacyjnym (sugestia Zeldowicza i innych) ruchy z dużymi prędkościami są możliwe, pomysł taki jest więc do zaakceptowania.

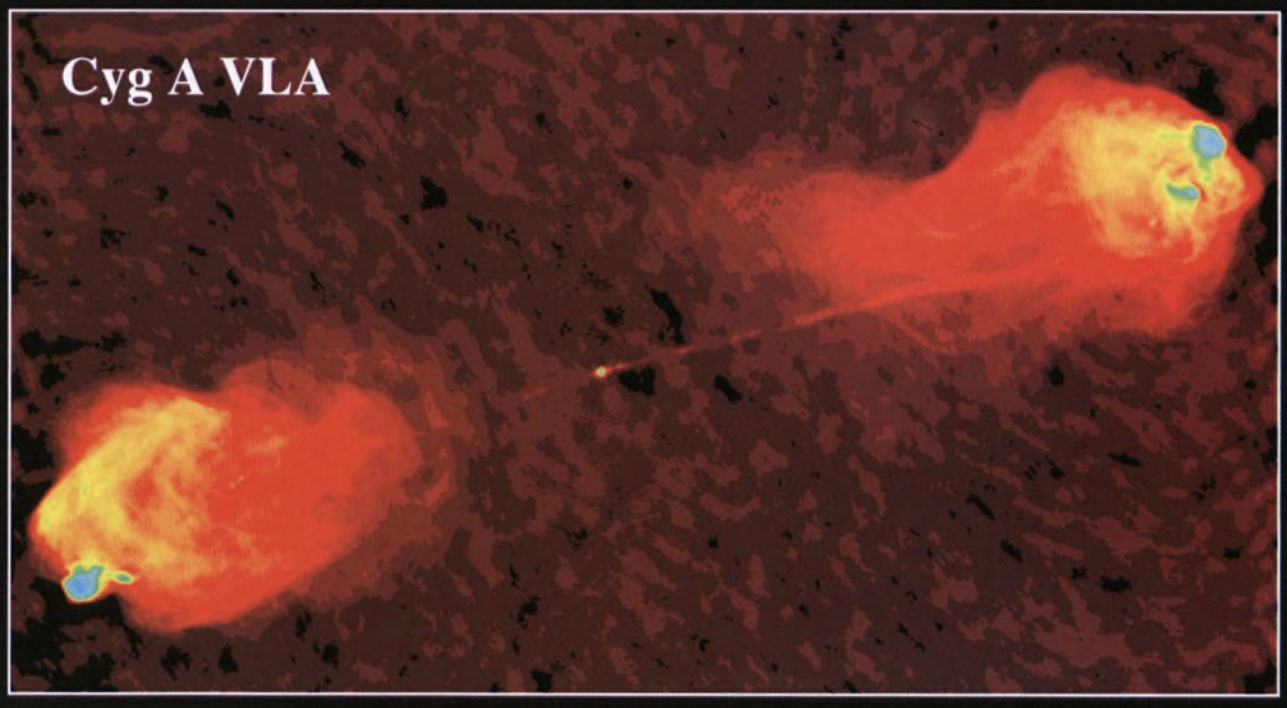
Przebrnąwszy przez tę (prostą?) fizykę, możemy uważniej przyjrzeć się widmom liniowym galaktyk Seyferta. Wyraźnie wyróżniają się dwa typy widm: w jednych występują szerokie linie dozwolone i wąskie linie wzbronione – nazywamy te galaktyki typu 1 – w drugich zarówno linie dozwolone jak i wzbronione są wąskie (typ 2). Te dwie grupy, linie wąskie i szerokie, są od siebie wyraźnie oddzielone, tzn. nie ma linii o pośrednich szerokościach i to też jest istotna informacja. Z analogiczną sytuacją mamy do czynienia w przypadku rozciągłych radioźródeł: wyróżniamy wśród nich radiogalaktyki z szerokimi liniami emisyjnymi (*ang.* Broad Lines Radio Galaxy — BLRG) i radiogalaktyki z wąskimi liniami emisyjnymi (*ang.* Narrow Lines Radio Galaxy — NLRG). Obserwujemy też, że linie szerokie zmieniają jasność w skali dni czy tygodni, zaś jasność linii wąskich jest praktycznie stała.

Wszystkie te elementy zaczynają układać się w pewien obraz: w galaktykach Seyferta mamy dwa odrębne obszary powstawania linii emisyjnych. W jednym z nich powstają linie szerokie, dozwolone, nie powstają tam linie wzbronione (nie obserwujemy szerokich linii wzbronionych). Gęstość gazu w tym obszarze jest więc duża (10^8–$10^{10} cm^{-3}$), obszar ten jest stosunkowo mały (zmienność!), a prędkości gazu dochodzą w nim do 10% prędkości światła. Nazywamy go obszarem powstawania szerokich linii emisyjnych (ang. Broad Line Region – BLR). Linie wzbronione zaś powstają w obłoczkach o mniejszej gęstości, w większym obszarze, w którym prędkości gazu są mniejsze (poniżej $0.01c$). Nazywamy go obszarem powstawania wąskich linii emisyjnych (*ang.* Narrow Line Region — NLR).

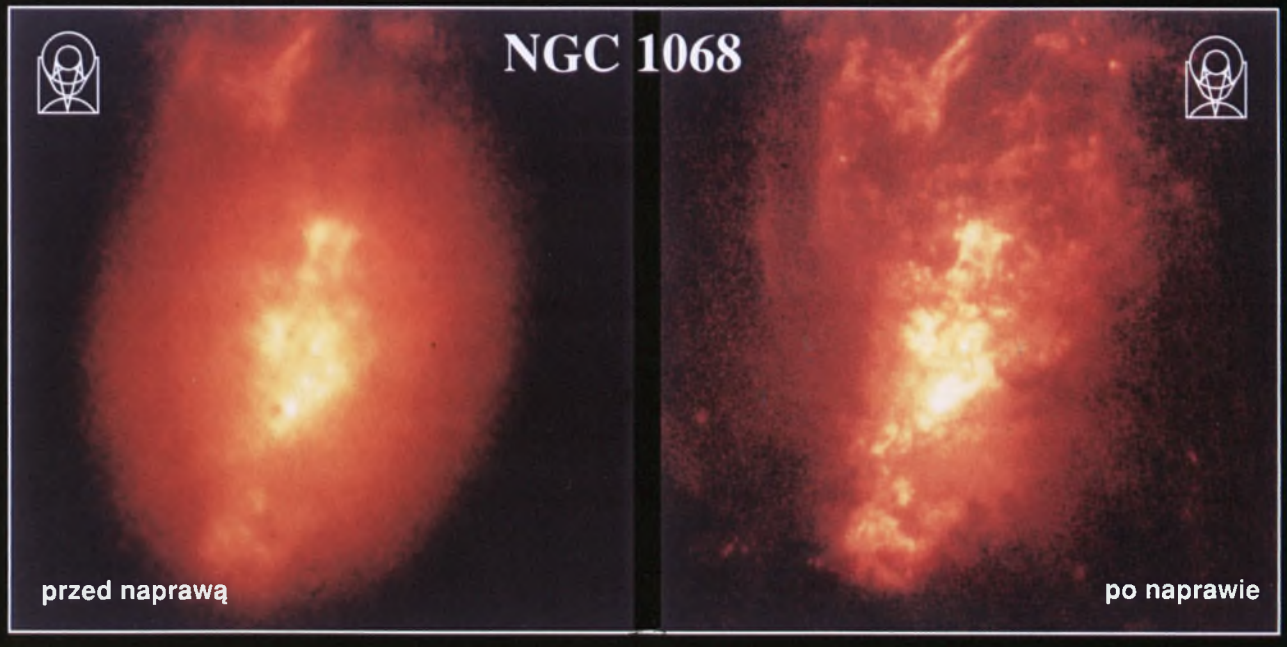
Nasuwa się w tym miejscu naturalne pytanie, co powoduję, że istnieją dwa tak wyraźnie wyodrębnione obszary, w których mogą powstawać linie emisyjne, dlaczego nie mamy do czynienia z jednym, dużym obszarem. Odpowiedź na to pytanie wydają się przynosić dopiero ostatnie prace (z 1993 roku), w których do istniejących od dawna modeli fotojonizacyjnych dodano nowy składnik: pył. Pamiętamy, że pył pojawił się już jako możliwe źródło promieniowania podczerwonego aktywnych jąder galaktyk. Rozkład przestrzenny pyłu jest niejasny, ale pewnym jest, że nie może on występować zbyt blisko centrum, gdyż odparowuje w temperaturze powyżej 2000 K. Jeżeli więc wyobrazimy sobie, że aktywne jądro otoczone jest przez mieszaninę gazu i pyłu, to dostatecznie blisko centrum z tej mieszaniny zostaje... tylko gaz. Przechwytuje on promieniowanie ze źródła centralnego, i emituje szerokie linie. Nieco dalej od centrum, gdy strumień centralny jest dostatecznie słaby, pył konkuruje z gazem o nadbiegające fotony i początkowo wygrywa, tzn. promieniowanie absorbowane jest głównie przez pył, a atomy gazu nie są wzbudzane. Jeszcze dalej od centrum, gdy gaz jest chłodniejszy, a więc słabiej zjonizowany, jego przekrój czynny na absorpcje staje się większy niż pyłu. Ponownie gaz absorbuje większość promieniowania, dzięki czemu powstają wąskie linie emisyjne.

Jak już stwierdziliśmy, w galaktykach Seyferta typu 1 widzimy oba obszary powstawania linii, zaś w galaktykach typu 2 jedynie NLR. Czy w galaktykach typu 2 BLR nie występuje,

Aktywne jądra galaktyk

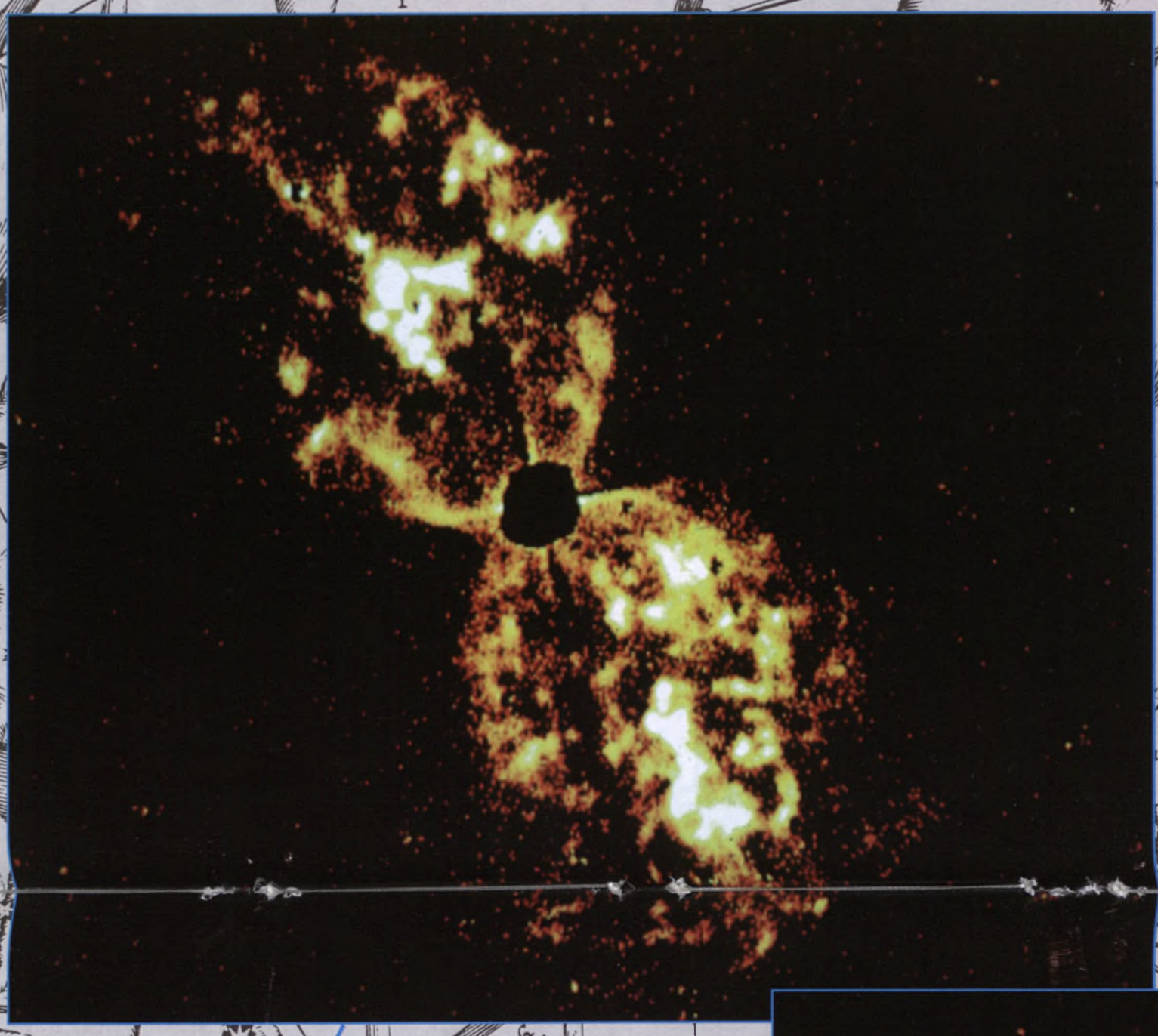


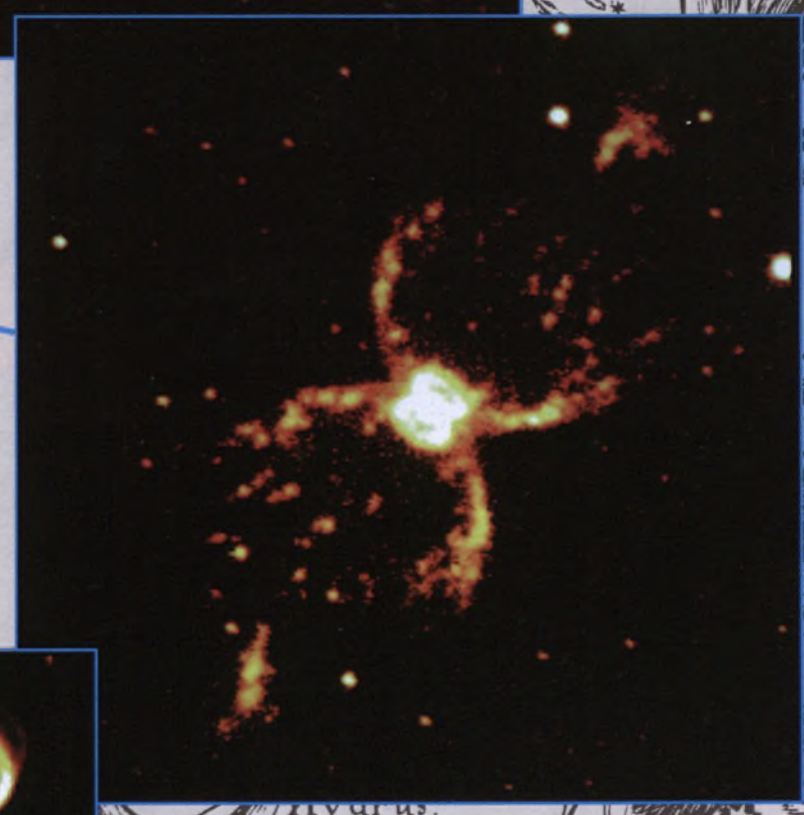
Radioźródło Cygnus A na 6 cm – mapa uzyskana przez Ricka Perley'a teleskopem VLA w 1984 roku. Aktywne jądro, to mały jasny punkt pomiędzy głównymi „płatami" radioźródła, z wąskimi, wystającymi z niego dżetami.



Aby zrozumieć naturę i mechanizm działania aktywnych jąder galaktyk trzeba na nie spojrzeć w innym zakresie długości fal – w tym przypadku w wąskim paśmie umożliwiającym zobaczenie obłoków zjonizowanych. Uzyskany Teleskopem Kosmicznym Hubble'a obraz centralnego obszaru aktywnej galaktyki NGC 1068 przed naprawą (z lewej) był omawiany w PA 3/91 str.21. Na obrazie uzyskanym po naprawie teleskopu widać bardzo wyraźnie stożek jonizujący – świadczący o istnieniu nieprzeźroczystego torusa – jak i wiele szczegółów obłoków materii wewnątrz stożka.

RODZINA KRABÓW





He2-104

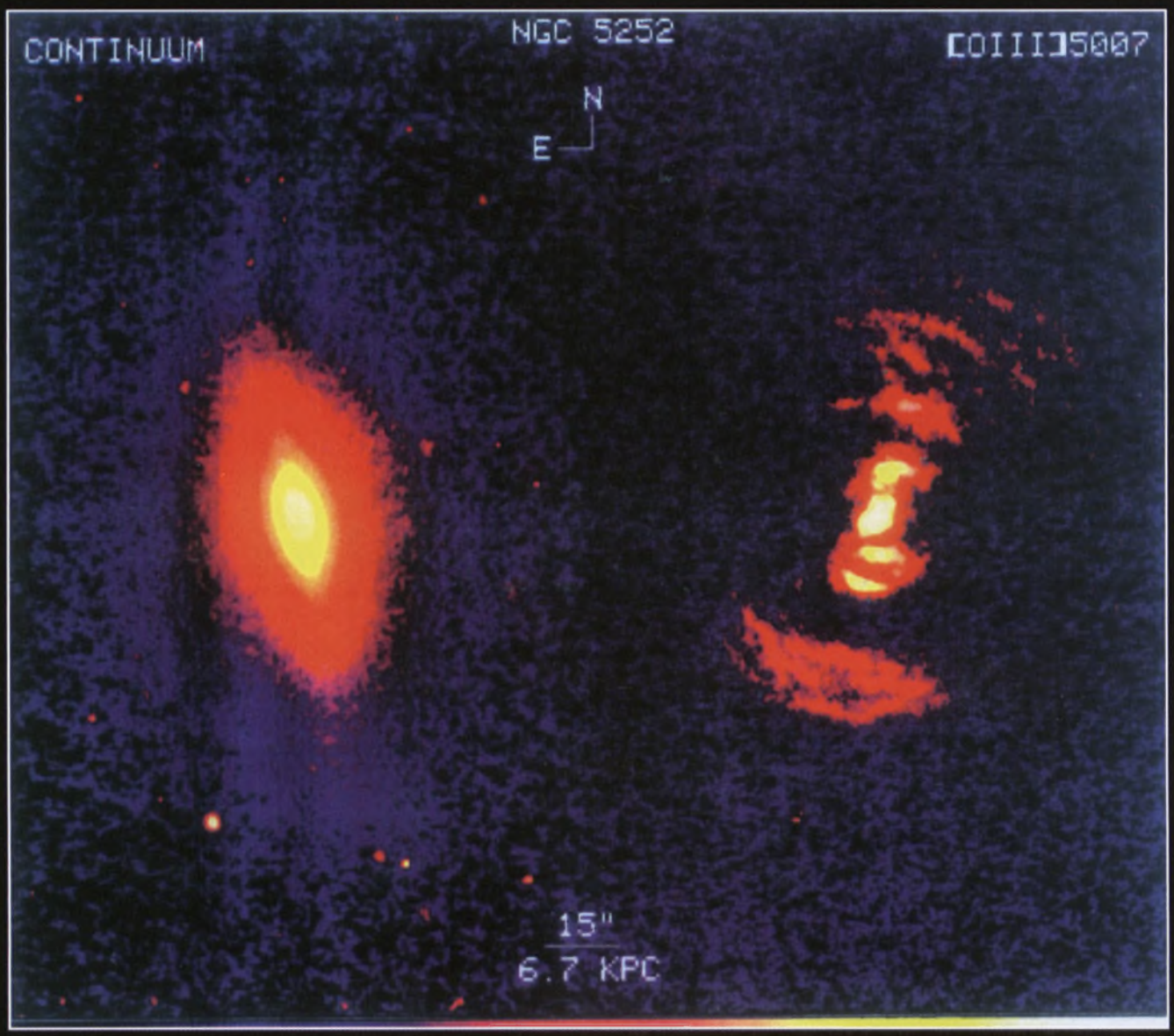
MyCn18

Bl Cru

Obrazy bipolarnych mgławic symbiotycznych He2-104 i Bl Cru oraz młodej mgławicy planetarnej MyCn 18 uzyskane przy pomocy kamery CCD teleskopu NTT Europejskiego Obserwatorium Południowego w linii wzbronionej [NII] przez Hugo Schwarza i Romano Corradi (patrz artykuł na str. 156)

postępy astronomii

NGC 5252



Zdjęcia galaktyki Seyferta typu 2 NGC 5252. Na lewym zdjęciu, wykonanym w kontinuum optycznym, widoczne jest mniej więcej równomierne świecenie gazu rozłożonego na obszarze kilkudziesięciu tysięcy lat świetlnych. Prawe zdjęcie zostało zrobione na długości fali wzbronionej linii emisyjnej dwukrotnie zjonizowanego tlenu (OIII) 5007Å, która powstaje w wyniku oświetlania rzadkiego gazu przez fotony nadfioletowe i rentgenowskie. Wyraźnie widoczne jest, że oświetlanie nie jest izotropowe, lecz strumień oświetlający rozchodzi się jedynie wewnątrz stożka. Czynnik, który powoduje takie ograniczenie emisji musi być znacznie mniejszy niż skala zdjęcia. Takie obserwacje potwierdzają przypuszczenie, że centralne obszary aktywnych jąder galaktyk są otoczone przez torus gazowo–pyłowy, który wypuszcza jedynie część centralnego promieniowania. (C. N. Tadhunter & Z. Tsvetanov, 1989, Nature, 341, 422)

czy też raczej jest przez coś zasłonięty? Pytanie to jest kluczowe z punktu widzenia możliwości ujednolicenia obu typów tych galaktyk. Wrócimy do niego za moment.

Opisując linie emisyjne nie stwierdziliśmy właściwie, jaki jest mechanizm wbudzania elektronów w jonach na wyższe poziomy energetyczne (powrót elektronu ze stanu wzbudzonego do podstawowego powoduje wyemitowanie fotonu linii). Od początków obserwacji widm galaktyk Seyferta było jasne, że z dwóch znanych mechanizmów: wzbudzanie w wyniku zderzeń i wzbudzanie przez padające promieniowanie, ten drugi sposób jest odpowiedzialny za emisję linii w tych obiektach. Podstawowym argumentem za tym właśnie mechanizmem jest występowanie w widmach linii pochodzących od jonów zdecydowanie różniących się stopniem jonizacji (wysokim, np. N V, C IV, He II, C III i niskim np. Mg II, C II, Fe II) oraz linii pochodzących od określonego jonu (np. wodoru), ale odpowiadających przejściom o bardzo różnych energiach, od kilku do kilkudziesięciu eV (np. Lα i linie serii Balmera): Współwystępowanie takich jonów i linii jest możliwe w plazmie wzbudzanej zderzeniowo, tylko wtedy, gdy jest ona *wielotemperaturowa*, co jest dosyć karkołomnym pomysłem. Bez kłopotu natomiast uzyskamy takie linie, oświetlając gaz promieniowaniem zawierającym fotony o różnych energiach: od kilku eV (elektronowoltów; a więc w zakresie nadfioletowym) do kilku keV (czyli zakres rentgenowski). Mamy więc kolejny składnik modelu aktywnego jądra: promieniowanie nadfioletowe i rentgenowskie, o widmie ciągłym, produkowane w najbardziej wewnętrznym, aktywnym obszarze i napotykające na swej drodze na obłoki gazu. Takie kontinuum jest rzeczywiście obserwowane (i przewidywane przez np. model z dyskiem akrecyjnym), a więc powyższy, *fotojonizacyjny* model powstawania linii emisyjnych ma dobre podstawy.

Jak już było wspomniane, obserwacje zmienności jasności aktywnych jąder galaktyk dostarczają istotnych informacji o rozmiarach obszarów emisji i procesach fizycznych, które tam zachodzą. Co więcej, jeżeli obserwujemy *skorelowane* zmiany w różnych zakresach widmowych, to możemy przypuszczać, że istnieje fizyczny związek między mechanizmami emisji w tych zakresach. Taka sytuacja rzeczywiście ma miejsce w widmie optycznym, nadfioletowym i rentgenowskim galaktyk Seyferta. Długotrwałe obserwacje jasności w widmie ciągłym galaktyki NGC 5548 przyniosły dwa bardzo ciekawe, i nieoczekiwane, wyniki. Po pierwsze, zmiany w zakresie optycznym i nadfioletowym zachodzą praktycznie równocześnie (zmiany optyczne spóźniają się o mniej niż 2 dni). Po drugie, wydaje się, że jasność w nadfiolecie jest skorelowana z jasnością rentgenowską, jeżeli pomiary uśrednimy po czasie rzędu jednego dnia. Szybkie (w skali czasowej minut czy godzin, patrz niżej) zmiany z zakresie rentgenowskim *nie* pociągają za sobą analogicznych zmian w nadfiolecie. Dlaczego te wyniki są tak nieoczekiwane?

W standardowym modelu dysku akrecyjnego fotony nadfioletowe powstają znacznie bliżej niż fotony optyczne, a ich obszary emisji mogą się komunikować co najwyżej z prędkością dźwięku. W tej sytuacji zmiany w zakresie optycznym powinny opóźniać się w stosunku do nadfioletu o kilka lat(!). Tak nie jest – tak małe obserwowane opóźnienie oznacza, że obszary emisji są synchronizowane sygnałem poruszającym się z prędkością równą ok. 10% prędkości światła. Ten wynik oraz druga z obserwowanych korelacji (między promieniowaniem rentgenowskim a nadfioletowym/optycznym) zasugerowały rozwiązanie zagadki: należy zmodyfikować nasze poglądy na dyski akrecyjne i przyjąć, że dysk jest ogrzewany przez zewnętrzny strumień promieniowania rentgenowskiego i gamma. Załóżmy bowiem, że promieniowanie optyczne i nadfioletowe jest produkowane wskutek reemisji zaabsorbowanego promieniowania rentgenowskiego a nie wskutek wewnętrznej generacji energii. Jest oczywiste, że wtedy zmiana strumienia rentgenowskiego musi za sobą pociągnąc zmianę strumienia nadfioletowego i optycznego. Te zaś zmieniają się jednocześnie, gdyż mają wspólną przyczynę. Z kolei, jeżeli obszar emisji fotonów optycznych i nadfioletowych jest stosunkowo duży, to szybkie zmiany strumienia rentgenowskiego zostaną wygładzone i nie będą miały konsekwencji dla nadfioletu. Co więcej, obserwacje w zakresie rentgenowskim wskazują, że promieniowanie rentgenowskie w istocie oświetla jakiś chłodny gaz i jest przezeń częściowo absorbowane, częściowo zaś odbijane (tzw. reprocesowanie, patrz niżej). Można by więc wyobrażać sobie, że dyssypacja energii grawitacyjnej zachodzi np. w koronie dysku akrecyjnego (patrz niżej) a nie w samym dysku, w wyniku czego produkowane są fotony rentgenowskie i γ. Takie zmodyfikowane modele są obecnie rozważane. Niestety, pomysł z reprocesowaniem promieniowania rentgenowskiego napotyka na poważny problem: wydaje się, że promieniowanie optyczne i nadfioletowe w NGC 5548 niesie więcej energii niż promieniowanie rentgenowskie, co nie jest możliwe w tym modelu [2].

W ten sposób pojawiło się w naszych rozważaniach

promieniowanie rentgenowskie.

Odkrycie faktu, że aktywne galaktyki są silnymi źródłami fotonów rentgenowskich nastąpiło natychmiast po uzyskaniu przez astrofizyków możliwości obserwacji w tym zakresie, co miało miejsce w 1960 roku. Trzeba pamiętać, że promieniowania rentgenowskiego nie można obserwować z powierzchni Ziemi, gdyż jest ono absorbowane w atmosferze.

Już wczesne obserwacje z lat siedemdziesiątych pozwoliły stwierdzić, że widma rentgenowskie różnych galaktyk Seyferta są podobne do siebie i mają kształt potęgowy tzn. strumień promieniowania jest proporcjonalny do energii w pewnej potędze, $F(E) \sim E^{-\alpha}$. Wartość tak zdefiniowanego wykładnika α, określonego w przedziale 2–100 keV, wyznaczono na ok. 0.7. Późniejsze obserwacje, z użyciem bardziej czułych detektorów, o lepszej energetycznej zdolności rozdzielczej (PA pisały o satelitach ROSAT, BBXRT, a było ich dużo więcej), dały bardziej precyzyjne wyniki, które okazały się być znacznie ciekawsze niż te pierwsze, zarówno w zakresie spektroskopii jak i analizy czasowej. I tak EXOSAT, działający w pierwszej połowie lat 80-tych, pozwolił przede wszystkim na długotrwałe

[2] Wcześniejsze obserwacje NGC 5548 sugerowały, że zmiany w nadfiolecie opóźniają się za rentgenowskimi o kilka dni. Byłoby to zgodne z przedstawionym modelem reprocesowania. Wyniki przedstawione przez grupę badaczy na 17. Teksaskim Sympozjum Astrofizyki Relatywistycznej (odbyło się w Monachium!) sugerują jednak, że jest na odwrót: promieniowanie rentgenowskie spóźnia się za nadfioletowym o 1—2 dni, co jest nie do pogodzenia z modelem. Sytuacja jest więc niejasna, możliwe jest, że najprostsze modele z reprocesowaniem nie są słuszne.

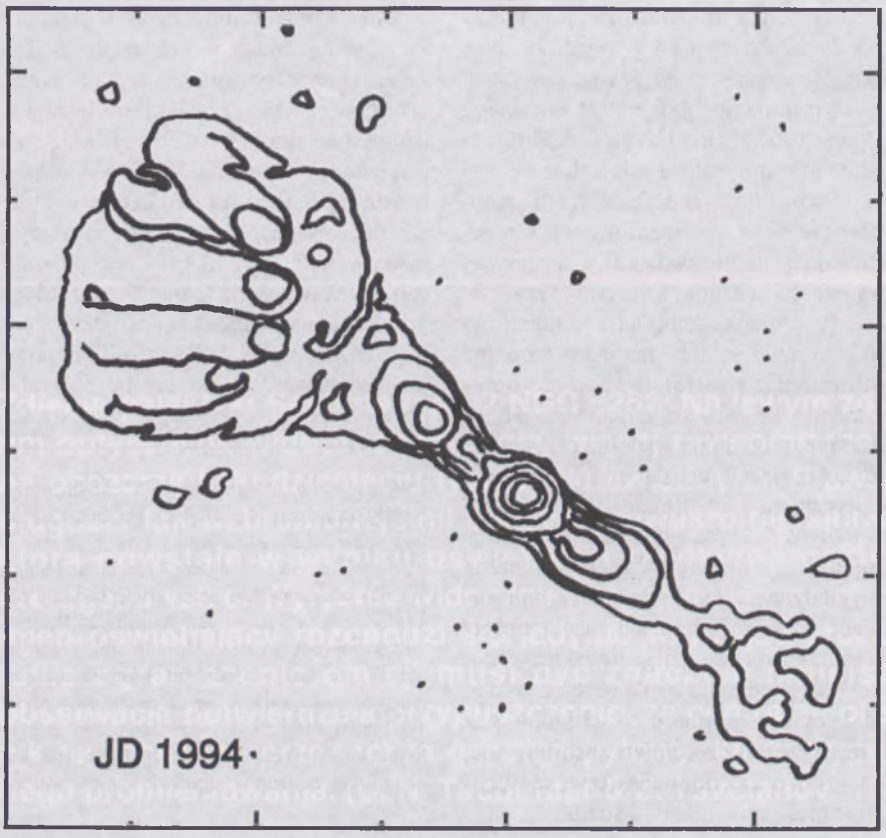
monitorowanie zmian jasności aktywnych jąder. Niespodzianką dla astrofizyków był charakter tej zmienności: okazała się ona nieregularna, w niektórych przypadkach bardzo szybka, bez wyraźnej skali czasowej (z jednym wyjątkiem). Szybka zmienność, jak już było powiedziane, oznacza, że rozmiar obszaru emisji jest mały. Jednocześnie brak charakterystycznej skali czasowej (a więc i rozmiaru) wskazuje na jedną z dwóch możliwości: po pierwsze, promieniowanie rentgenowskie może być generowane w wyniku wielu małych rozbłysków – wybuchów plazmy. Mogą one mieć charakter zbliżony do rozbłysków słonecznych, gdzie kluczową rolę pełni pole magnetyczne, choć ich szczegółowy mechanizm nie jest zrozumiany. Wahania jasności są w tym scenariuszu związane z fluktuacjami liczby rozbłysków, a cały obszar emisji jest stosunkowo rozciągły. Drugą możliwość uzyskania takiej zmienności daje chaotyczna (w sensie chaosu deterministycznego) ewolucja układu opisywanego równaniami nieliniowymi. W naszym przypadku oznaczałoby to zachodzenie gwałtownych oddziaływań materii z promieniowaniem w raczej zwartym obszarze. Te dwie możliwości dają się rozróżnić przez zastosowanie metod badania chaosu. Symulacje, wykonywane m.in. przez astrofizyków z CAMKu, sugerują, że mamy do czynienia raczej z tą pierwszą możliwością, ale całkowitej pewności nie mamy.

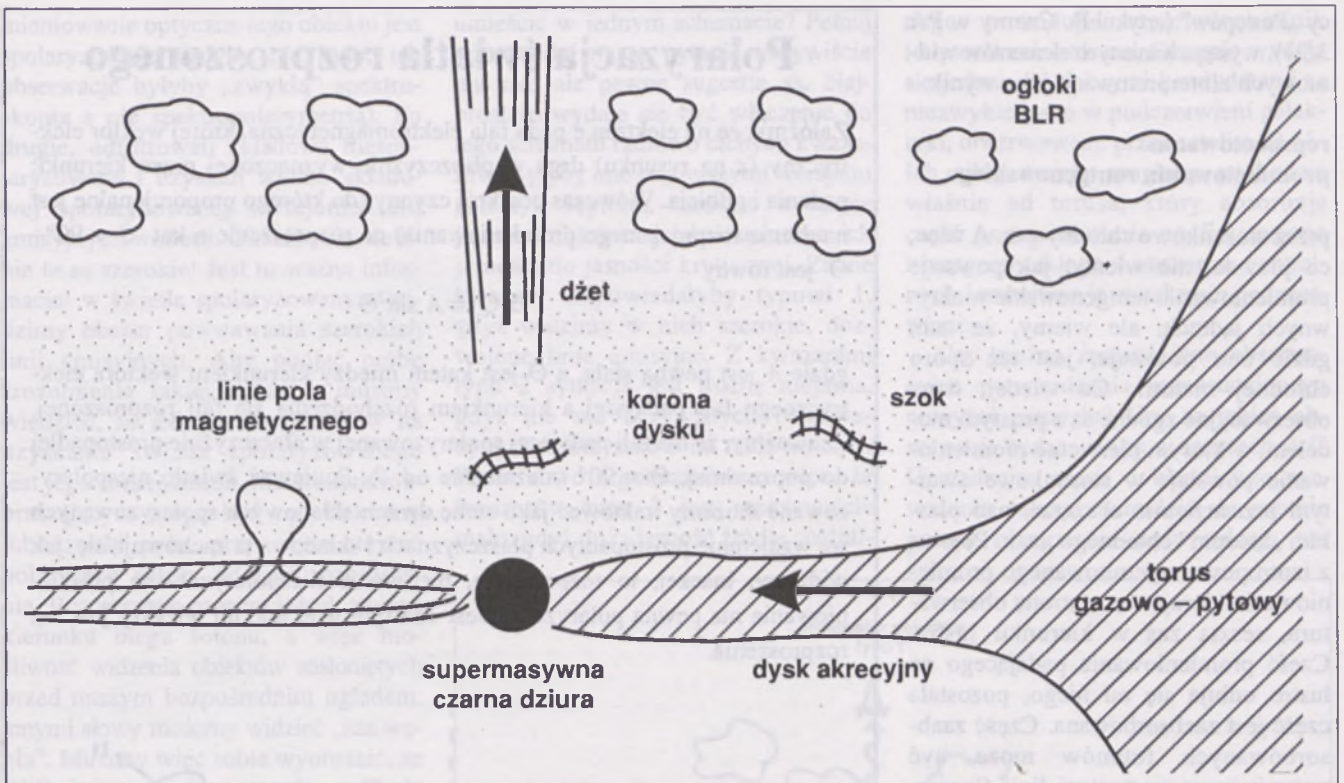
Nie ma więc bezpośrednich informacji o geometrii obszaru, w którym zachodzi produkcja promieniowania rentgenowskiego. Są natomiast przypuszczenia, w jaki sposób takie fotony mogą powstawać. Zrobienie fotonu rentgenowskiego nie jest bowiem trudne: należy wziąć foton o małej energii (foton optyczny lub nadfioletowy nadaje się bardzo dobrze) i umożliwić mu zderzenie z inną, bardziej energetyczną cząstką np. elektronem. Mniej energetyczna cząstka zyskuje energię w takim zderzeniu kosztem cząstki bardziej energetycznej, a więc, jeżeli energia elektronu będzie odpowiednio duża, foton nadfioletowy może stać się fotonem rentgenowskim. Proces ten nosi nazwę komptonizacji od nazwiska amerykańskiego fizyka A. H. Comptona. W zastosowaniu do aktywnych jąder galaktyk mogłoby to wyglądać np. tak, że na chmurę szybkich elektronów pada promieniowanie nadfioletowe, którego część ulega komptonizacji, dając promieniowanie X.

Fotonów nadfioletowych mamy pod dostatkiem: emituje je bowiem dysk akrecyjny. Potrzebne są więc jeszcze szybkie elektrony. W tym miejscu należy wyróżnić dwie klasy modeli: w zależności od pochodzenia i rozkładu prędkości elektronów wyróżnia się modele **termiczne** i **nietermiczne** (patrz artykuł A. Zdziarskiego w PA 4/93). W modelach termicznych rozkład prędkości elektronów jest rozkładem Maxwella, plazmę elektronową można więc opisać określoną wartością temperatury (oczywiście, w tej plazmie muszą być też jony — lub pozytony, których temperatura nie musi być równa temperaturze elektronów!). Temperatura elektronowa musi być ponad 10^9K, aby widmo produkowanego w wyniku komptonizacji promieniowania rozciągało się do zakresu rentgenowskiego. Lokalizacja takiej gorącej plazmy jest niejasna, gdyż nie ma, jak do tej pory, w pełni samouzgodnionego modelu centralnych rejonów aktywnych jąder galaktyk. Pomysłem, który ewentualnie dałby się połączyć z omówioną wyżej zmiennością rentgenowską, jest korona nad dyskiem akrecyjnym.

Wymóg równowagi hydrostatycznej (czyli równości siły grawitacji i gradientu ciśnienia) powoduje, że gęstość gazu tworzącego dysk maleje w miarę jak oddalamy się od płaszczyzny równikowej dysku. Gdy gęstość jest duża, dysk grzany w wyniku dyssypacji energii grawitacyjnej chłodzi się dzięki procesom atomowym np. emisji linii. Temperatura takiego dysku jest rzędu 10^4–10^5K. Wydajność procesów atomowych spada jednak wraz ze spadkiem gęstości i od pewnej wysokości chłodzenie może zachodzić tylko poprzez komptonizację (utrata energii przez elektron w wyniku zderzenia z fotonem to nic innego jak chłodzenie plazmy!). W tym właśnie miejscu zaczyna się korona. Jej temperatura musi być wysoka, aby wydajność chłodzenia była odpowiednio duża, a to jest nam właśnie potrzebne do produkcji promieniowania rentgenowskiego. Korona byłaby prawdopodobnie niejednorodna, a fluktuacje gęstości i jasności, wybuchy, etc. byłyby odpowiedzialne za nieregularną i bardzo szybką zmienność rentgenowską aktywnych jąder galaktyk.

W modelach nietermicznych zakłada się, że elektrony mają pewien rozkład energii, nie będący rozkładem termicznym (Maxwella – Boltzmanna). Rozkłady nietermiczne są wynikiem sytuacji, w której w procesach przyspieszania cząstek (patrz artykuły M. Ostrowskiego w Uranii 6/92, 7-8/92 i 5/94) stosunkowo mała liczba elektronów uzyskuje duże energie. Przy-





Rys. 5. Schemat aktywnego jądra galaktyki (bez zachowania proporcji wielkości i odległości). Według przyjmowanego obecnie modelu w centrum znajduje się czarna dziura o masie 10^6–$10^9 M_\odot$. Akrecja (opadanie) gazu, zachodząca poprzez dysk akrecyjny, jest źródłem energii. Energia ta jest dyssypowana częściowo w dysku (który świeci dzięki temu w zakresie optycznym i nadfioletowym), a częściowo nad/pod jego powierzchnią w tzw. koronie dysku. Transport energii do korony może zachodzić przy pomocy pola magnetycznego, a rezultatem wydzielania się energii może być powstawanie stojących fal uderzeniowych tzw. szoków (*ang.* shock). W koronie powstaje promieniowanie rentgenowskie. Dalej znajdują się obłoki, w których powstają szerokie linie emisyjne. Prawdopodobnie zewnętrzne obszary dysku akrecyjnego przechodzą w sposób ciągły w torus gazowo–pyłowy, na zewnątrz którego są obłoki produkujące wąskie linie emisyjne. W radiowo głośnych aktywnych jądrach formuje się także relatywistyczny dżet.

spieszone elektrony mają nikłe możliwości oddziaływania ze sobą i z jonami, właśnie ze względu na małą gęstość plazmy i duże prędkości. W takiej sytuacji nie ma możliwości na *termalizację* plazmy. Nietermiczne elektrony mogą mieć energie relatywistycznie określone przez czynnik Lorentza $\gamma = E/mc^2$ (E – całkowita energia cząstki, mc^2 – jej energia spoczynkowa) o wartości 1000 lub więcej. W takiej sytuacji komptonizacja produkuje fotony o tak dużych energiach, że w wyniku ich zderzeń mogą być produkowane pary elektron – pozyton. Anihilacja takich par powoduje produkcję fotonów o energii około 511 keV, a więc w widmie produkowanego promieniowania wystąpi silna linia emisyjna przy tej energii. Jest to ważne przewidywanie modelu nietermicznego, gdyż w plazmie termicznej produkowana linia jest na ogół znacznie słabsza. Widma przewidywane przez te dwie klasy modeli różnią się także zasięgiem w zakresie wysokich energii (promieniowanie γ). Widma w modelach nietermicznych rozciągają się do większych energii ze względu na większe możliwe energie elektronów przyspieszających fotony.

Obserwacje widm aktywnych galaktyk w zakresie rentgenowskim (do ~20keV) nie są w stanie rozstrzygnąć, jakiego typu procesy są odpowiedzialne za obserwowane promieniowanie, gdyż różnice między przewidywaniami modeli termicznych i nietermicznych pojawiają się przy wyższych energiach. Przed rozpoczęciem obserwacji przez Obserwatorium Promieniowania Gamma (GRO; patrz PA 2/92 i 4/93) było więc mało podstaw do kategorycznych stwierdzeń na ten temat. Skłaniano się raczej ku modelom nietermicznym, ze względu na to, że, jak się wydawało, niektóre aktywne jądra rzeczywiście emitują fotony γ. Modele te były też w stanie wyjaśnić niektóre inne aspekty rentgenowskich widm aktywnych jąder. Zaskoczeniem były więc wyniki pierwszych obserwacji prowadzonych przez GRO (PA 4/93), kiedy to okazało się, że galaktyki Seyferta są praktycznie niewykrywalne przez detektory GRO, co oznacza, że, wbrew oczekiwaniom, obiekty te nie emitują silnego promieniowania γ. Pierwszym obiektem, którego widmo zdołano uzyskać i przeanalizować była galaktyka NGC 4151. To widmo pasowało zdecydowanie lepiej do modelu termicznego z temperaturą plazmy 5×10^8K. W chwili obecnej mamy jeszcze drugi obiekt (IC 4329A), którego dobrej jakości widmo zostało uzyskane i tu już wnioski nie są jednoznaczne. Do tego widma pasują bowiem zarówno modele termiczne jak i nietermiczne.

Jak więc widzimy, zarówno mechanizm produkcji promieniowania X i γ, jak i dokładna lokalizacja miejsca jego produkcji w aktywnym jądrze są niewiadome. Można sobie wyobrazić wiele możliwości rozkładu gorącej plazmy, trudnych do rozróżnienia według charakteru produkowanego promieniowania. Dlatego też duże nadzieje wiązano z obserwacjami pewnych szczegółów w widmach rentgenowskich galaktyk Seyferta. Te szczegóły widmowe to linia emisyjna przy energii ok. 6.5 keV, krawędź absorpcji powyżej 7 keV oraz spłaszczenie widma powyżej 10 keV. Jak pamiętają zapewne uważni czytelni-

cy „Postępów" (artykuł B. Czerny w PA 3/91), występowanie tych elementów widmowych zinterpretowano jako wynik

reprocesowania promieniowania rentgenowskiego

przez stosunkowo chłodny gaz. A więc, co prawda, nie wiemy, jak powstaje promieniowanie rentgenowskie w aktywnych jądrach, ale wiemy, że tam, gdzie ono powstaje, jest też sporo chłodnej materii. Co więcej, dane obserwacyjne zgodne są z prostym modelem, w którym pierwotne promieniowanie powstaje w stosunkowo zwartym przestrzennie obszarze, nad płaskim „lustrem" chłodnego gazu. Połowa z izotropowo wyemitowanego promieniowania kieruje się w stronę obserwatora, reszta zaś w kierunku lustra. Część promieniowania padającego na lustro odbija się od niego, pozostała część jest zaabsorbowana. Część zaabsorbowanych fotonów może być wyemitowana w postaci linii fluorescencyjnej żelaza o energii 6.4 keV. W sumie, promieniowanie docierające do obserwatora jest sumą promieniowania pierwotnego, odbitego i linii żelaza. Ten prosty model sugerował, że odbicie może zachodzić od dysku akrecyjnego oświetlonego „z góry" przez zwarte źródło promieniowania, ale nie jest to jedyna możliwość. Bardzo podobny efekt da bowiem odbicie od wielu małych gęstych chmurek chłodnego gazu przez promieniowanie powstające w plazmie otaczającej te chmurki. Plazma i chmurki mogą tworzyć konfigurację spłaszczoną (podobną do dysku), ale mogą też zajmować obszar sferyczny, zaś jeżeli już przyjmiemy, że chłodny gaz tworzy zwarty dysk, to dysk ten może być równie dobrze cienki jak i gruby – efekty reprocesowania będą podobne. Potrzebne są dane o naprawdę dobrej jakości, tak by móc np. bardzo dokładnie zmierzyć profil linii żelaza, aby możliwe było rozróżnienie między poszczególnymi wariantami geometrycznymi. Jak już było wspomniane, pierwsze wyniki na tej drodze zostały uzyskane, w postaci właśnie profili linii żelaza w widmach kilku galaktyk Seyferta (rys. 4). W czterech przypadkach do obserwowanych profili dobrze pasuje model dyskowy, ale nie oznacza to, że inne możliwości są całkowicie wykluczone.

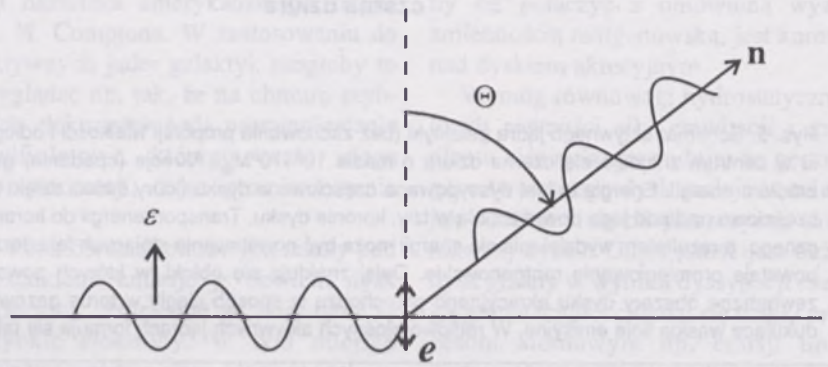
Zapoznawszy się z poszczególnymi elementami, spróbujmy teraz podsumować

Polaryzacja światła rozproszonego

Załóżmy, że na elektron e pada fala elektromagnetyczna, której wektor elektryczny (ε na rysunku) drga w płaszczyźnie wyznaczonej przez kierunki: padania i odbicia. Wówczas przekrój czynny (do którego proporcjonalne jest natężenie rozproszonego promieniowania) na rozproszenie o kąt $\theta \equiv 90° - \Theta$ jest równy

$$\sigma(Q) = A \sin^2\Theta$$

gdzie A jest pewną stałą, a Θ jest kątem między kierunkiem wektora elektrycznego fali padającej a kierunkiem rozchodzenia się fali rozproszonej. Zauważmy, że dla fali padającej spolaryzowanej w płaszczyźnie prostopadłej do poprzedniej, $\Theta = 90°$ (niezależnie od θ). Ponieważ światło niespolaryzowane możemy traktować jako sumę dwóch składowych spolaryzowanych we wzajemnie prostopadłych płaszczyznach i składowe te zachowują się, jak widzimy, inaczej, to rozproszone, pierwotnie niespolaryzowane promieniowanie ma pewną polaryzację. Jest ona tym większa, im większy jest kąt rozproszenia.



budowę aktywnego jądra galaktyki

tak, jak ją sobie obecnie wyobrażamy (rys. 5). W centrum mamy więc supermasywną czarną dziurę (o masie 10^6–$10^9 M_\odot$ z dyskiem akrecyjnym, w którym następuje dyssypacja energii grawitacyjnej. Wydzielona energia jest emitowana w postaci promieniowania w zakresie optycznym i nadfioletowym, aż do początku rentgenowskiego. W koronie otaczającej dysk, wskutek komptonizacji, jest produkowane promieniowanie rentgenowskie. Część tego promieniowania oddziałuje następnie z chłodnym gazem w dysku, dając charakterystyczne szczegóły w obserwowanym widmie rentgenowskim. W niektórych obiektach formuje się relatywistyczny dżet, który świeci w zakresie radiowym. W innych dżet nie powstaje, aktywność radiowa jest słaba, zamiast tego możemy mieć spokojny wypływ gazu – wiatr. W odległości kilku dni świetlnych od centrum znajduje się obszar powstawania szerokich linii emisyjnych widocznych w widmie optycznym i nadfioletowym. Składa się on z wielu poruszających się z dużymi prędkościami obłoczków. Dalej, w odległości kilku lat świetlnych, znajduje się obszar, w którym powstają wąskie linie emisyjne.

Wróćmy teraz do problemu braku szerokich linii emisyjnych w widmach galaktyk Seyferta typu 2 (przypomnijmy: w galaktykach typu 1 widoczne są szerokie, dozwolone linie emisyjne oraz wąskie linie wzbronione zaś w galaktykach typu 2 widzimy jedynie wąskie linie dozwolone i wzbronione). Sugestia rozwiązania tej zagadki przyszła od strony obserwacyjnej.

W roku 1985 Antonucci i Miller opublikowali artykuł prezentujący wyniki obserwacji spektropolarymetrycznych klasycznej galaktyki Seyferta typu 2,

NGC 1068.

Po pierwsze, zauważyli oni, że pro-

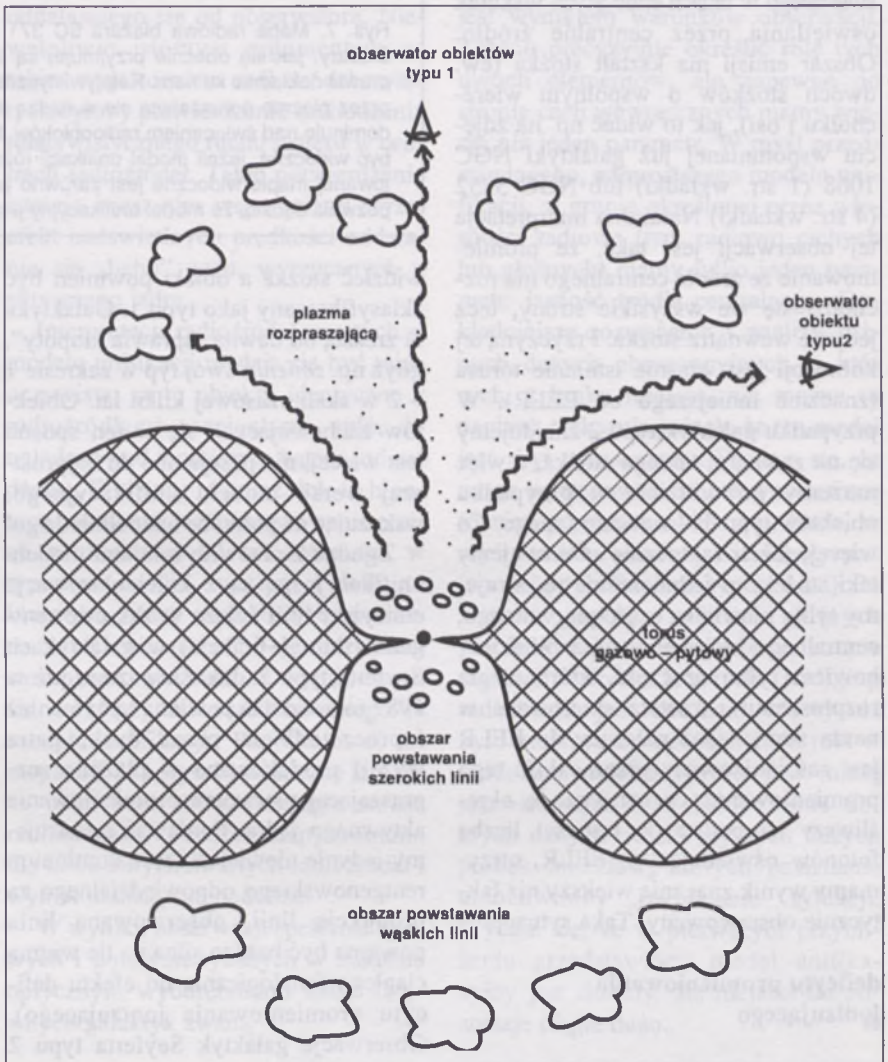
mieniowanie optyczne tego obiektu jest spolaryzowane (gdyby nie było, ich obserwacje byłyby „zwykłą" spektroskopią a nie spektropolarymetrią). Po drugie, odfiltrowali składową niespolaryzowaną i uzyskali widmo składowej spolaryzowanej w rejonie linii emisyjnych wodoru. Okazało się, że linie te są szerokie! Jest to ważna informacja: w świetle spolaryzowanym widzimy obszar powstawania szerokich linii emisyjnych. Aby podjąć próbę zrozumienia takiej sytuacji, musimy wiedzieć, że jednym ze sposobów na uzyskanie światła spolaryzowanego jest jego rozproszenie. Materiałem rozpraszającym mogą być np. elektrony lub cząstki pyłu, przy czym stopień polaryzacji zależy od kąta rozproszenia. Rozproszenie oznacza jednak zmianę kierunku biegu fotonu, a więc możliwość widzenia obiektów zasłoniętych przed naszym bezpośrednim oglądem, innymi słowy możemy widzieć „zza węgła". Musimy więc sobie wyobrazić, że BLR jest zasłonięty przed nami, ale część promieniowania tam emitowanego rozprasza się później i, po zmianie kierunku lotu, ma szansę dotrzeć do nas. Zmierzony stopień polaryzacji oznacza, że kąt rozproszenia wynosi ok. 30°. Jako możliwy model geometryczny Antonucci i Miller zaproponowali, że centralny „silnik" aktywnego jądra i BLR otoczone są przez

torus gazowo–pyłowy.

Obszar powstawania wąskich linii znajdowałby się na zewnątrz tego torusa, zaś na osi torusa, ponad jego płaszczyzną równikową miałaby znajdować się plazma, na której rozpraszałoby się pierwotne promieniowanie aktywnego jądra, włączając w to szerokie linie emisyjne. Innymi słowy, aktywne jądra galaktyk Seyferta typu 1 i 2 byłyby obiektami tego samego typu, zaś rozróżnienie zależałoby od kąta widzenia (rys. 6). Patrząc z kierunku nie przecinającego torus, widzielibyśmy bez przeszkód region centralny i BLR (czyli obiekt typu 1), zaś patrząc pod większym kątem, mielibyśmy zasłonięty widok na obszary wewnętrzne i widzielibyśmy jedynie NLR (czyli obiekt typu 2).

Model zaproponowany przez Antonucciego i Millera unifikował galaktyki Seyferta typu 1 i typu 2. Różnych typów aktywnych jąder galaktyk (na poziomie fenomenologicznym) jest jednak więcej. Czy można je wszystkie umieścić w jednym schemacie? Pełnej odpowiedzi na to pytanie oczywiście nie ma, ale pewne sugestie są. Najprostsze wydaje się być włączenie do tego schematu radiowo cichych kwazarów. Byłyby one jaśniejszymi wersjami galaktyk Seyferta, zarówno w sensie jasności absolutnej jak i stosunku ich jasności do jasności krytycznej. Znane kwazary odpowiadałyby typowi 1, gdyż widzimy w nich szerokie, dozwolone linie emisyjne. Z kwazarami typu 2 sytuacja jest trochę niejasna, gdyż nie ma oczywistych obserwacyjnych kandydatów na takie obiekty. Początkowo argumentowano więc, że kwazarów typu 2 jest rzeczywiście mało, gdyż duża jasność źródła centralnego powoduje częściowy zanik (odparowanie) torusa. Obecnie wydaje się jednak, że dobrymi kandydatami są niezwykle jasne w podczerwieni galaktyki, obserwowane przez satelitę IRAS. Ich silna emisja mogłaby pochodzić właśnie od torusa, który absorbuje część promieniowania nadfioletowego i rentgenowskiego z obszarów centralnych i reemituje je w zakresie podczerwieni.

Czy można znaleźć inne obserwacyjne potwierdzenia przedstawionego powyżej pomysłu? Czy są jakieś obserwacje będące z nim w sprzeczności? Uprzedzając nieco dokładniejsze rozważania należy stwierdzić, że istotnie pewne obserwacje potwierdzają ten



Rys. 6. Schemat unifikacyjny galaktyk Seyferta. Torus gazowo–pyłowy zasłania częściowo widok na centrum aktywnego jądra i obszar powstawania szerokich linii emisyjnych. Znajdując się wewnątrz stożka rozwarcia torusa, widzimy centrum oraz obszary powstawania szerokich i wąskich linii emisyjnych, a obiekt klasyfikujemy jako galaktykę typu 1. Patrząc z boku, mamy szansę widzieć jedynie rozproszone promieniowanie z centrum, a więc szerokie linie obserwujemy tylko w świetle spolaryzowanym (rozproszonym; patrz ramka). Taki obiekt klasyfikujemy jako galaktykę Seyferta typu 2. W tej sytuacji możemy również obserwować stożek jonizacji – rozległy obszar zawierający chmury gazu, oświetlany przez centralne źródło promieniowania.

model, a jednocześnie inne wskazują na jego niepełność.

Niewątpliwie spektakularnym potwierdzeniem modelu jest

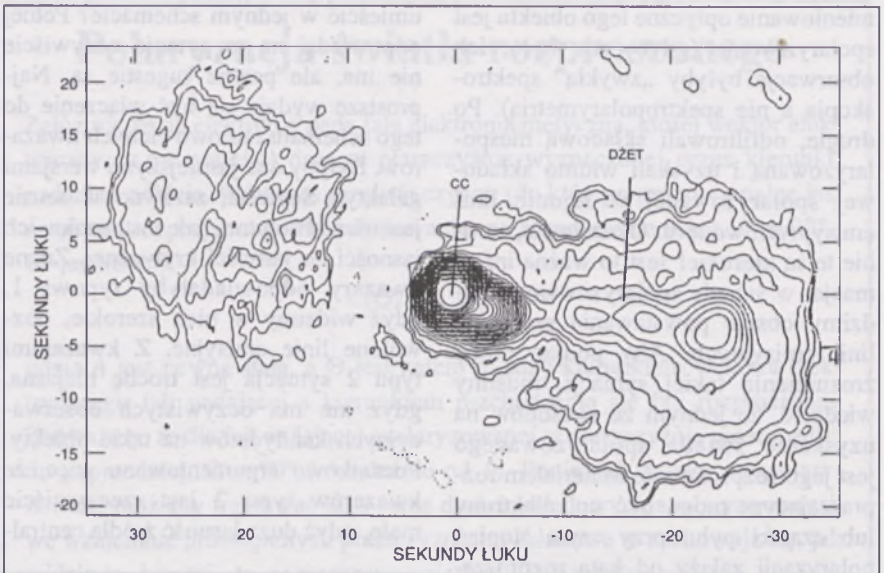
istnienie stożków jonizacji

na zdjęciach galaktyk Seyferta typu 2, wykonanych na długościach fal pewnych linii emisyjnych. Konkretnie chodzi o wzbronioną linię tlenu [O III] λ5007. Takie zdjęcie pokazuje tzw. rozciągły obszar powstawania linii emisyjnych (*ang.* Extended Emission Line Region – EELR), czyli obszar o rozmiarze kilku tysięcy lat świetlnych, otaczający aktywne jądro galaktyki. Na zdjęciach takich widzimy chmury gazu, świecącego w liniach emisyjnych wskutek oświetlania przez centralne źródło. Obszar emisji ma kształt stożka (ew. dwóch stożków o wspólnym wierzchołku i osi), jak to widać np. na zdjęciu wspomnianej już galaktyki NGC 1068 (1 str. wkładki) lub NGC 5252 (4 str. wkładki) Naturalna interpretacja tej obserwacji jest taka, że promieniowanie ze źródła centralnego nie rozchodzi się we wszystkie strony, lecz jedynie wewnątrz stożka. Przyczyną tej kolimacji jest właśnie istnienie torusa (znacznie mniejszego od EELR). W przypadku galaktyk typu 2 znajdujemy się na zewnątrz takiego stożka, a więc możemy go widzieć, w przypadku obiektów typu 1 – wewnątrz niego. Co więcej, jeżeli faktycznie obserwujemy taki stożek, to jednocześnie rejestrujemy tylko niewielką część pierwotnego, centralnego promieniowania. Widzimy bowiem tylko tę część, która uległa rozproszeniu i została skierowana w naszą stronę. Gaz należący do EELR jest zaś jonizowany przez całość tego promieniowania, co oznacza, że określiwszy na podstawie jasności liczbę fotonów oświetlających EELR, otrzymamy wynik znacznie większy niż faktycznie obserwowany. Taka sytuacja

deficytu promieniowania jonizującego

ma rzeczywiście miejsce w przypadku kilku obiektów (m.in. NGC 1068) i stanowi również potwierdzenie przedstawionego modelu.

Analogiczna obserwacja stożka jonizacji w NGC 4151 stanowi zaś dla modelu unifikacyjnego spory problem. Dlaczego? Ponieważ w NGC 4151 widzimy bezpośrednio szerokie linie emisyjne! W tej sytuacji nie powinniśmy widzieć stożka a obiekt powinien być sklasyfikowany jako typu 1. Galaktyka ta zresztą od dawna „sprawia kłopoty", gdyż np. *zmienia* swój typ w zakresie 1 – 2 w skali czasowej kilku lat. Obiektów zachowujących się w ten sposób jest więcej, nie pasują one do najprostszej wersji modelu unifikacyjnego, wskazując na potrzebę uzupełnienia go.



Rys. 7. Mapa radiowa blazara 3C 371 (CC – ang. compact core – zwarte jądro). Blazary, jak się obecnie przyjmuje, są to radioźródła, których dżety skierowane są prawie dokładnie ku nam. Relatywistyczne wzmocnienie promieniowania emitowanego przez plazmę poruszającą się w naszą stronę powoduje, że promieniowanie z dżetu dominuje nad świeceniem radioobłoków. Niemniej jednak, te ostatnie również powinny być widoczne, jeżeli model unifikacji różnych radioźródeł jest poprawny. Na prezentowanej mapie widoczne jest zarówno promieniowanie dżetu jak i radioobłoków, co pozwala sądzić, że model unifikacyjny jest poprawny.

Zgodne z przewidywaniami modelu unifikacyjnego są z kolei obserwacje emisyjnej linii żelaza w zakresie rentgenowskim (~6.5keV) w galaktykach Seyferta typu 2. Jak zauważono już w 1987 roku linia ta powinna być również (oprócz odbicia przez dysk, patrz wyżej) produkowana w plazmie rozpraszającej pierwotne promieniowanie aktywnego jądra. Ponieważ rejestrujemy jedynie niewielką część kontinuum rentgenowskiego odpowiedzialnego za produkcję linii, obserwowana linia powinna być bardzo silna na tle widma ciągłego (analogicznie do efektu deficytu promieniowania jonizującego). Obserwacje galaktyk Seyferta typu 2 wykonane przez japońskiego satelitę Ginga potwierdziły to przewidywanie. Jednym z obiektów, w których zarejestrowano silną linię żelaza, jest wspomniana już galaktyka NGC 1068. Szerokość równoważna linii jest znacznie większa niż przewidywana przez prosty model odbicia od dysku, za to mniej więcej zgadza się z tym, czego oczekuje się w przypadku rozproszenia (patrz też art. o BBXRT w PA 3-4/92 i notkę o ASCA na str.176).

Zdjęcia tejże samej galaktyki NGC 1068 wykonane w zakresie podczerwieni przyniosły jednak inną niespodziankę. Na takich zdjęciach widoczny jest rozkład pyłu w obszarze o rozmiarach rzędu tysiąca lat świetlnych. W przypadku NGC 1068 wygląda na to, że gros promieniowania nie pochodzi od źródła centralnego, które można by identyfikować z torusem pyłowym (przypomnijmy, że jego rozmiar wynosi kilka lat świetlnych, a więc na takiej mapie jest to źródło punktowe), lecz że emisja jest bardziej rozciągła przestrzennie. Może to oznaczać, że zamiast stosunkowo zwartego torusa mamy do czynienia z wieloma obłokami molekularno–pyłowymi, rozmieszczonymi na dużym obszarze. Ponieważ jest jasne, że w tym obiekcie nie widzimy źródła centralnego, należy przypuszczać, że widok nań jest zasłonięty przez jeden taki gruby obłok. Ponieważ jednak widzimy wyraźnie stożek jonizujący, to brak torusa oznaczałby konieczność istnienia innego czynnika kolimującego pierwotne promieniowanie ze źródła centralnego. Mógłby nim być np. gruby dysk akrecyjny, mający w swoich centralnych częściach rodzaj tunelu, emitujący wyraźnie ukierunkowaną wiązkę promieniowania. Ten aspekt modelu jest jednak najmniej jasny.

Przedstawiony powyżej model unifikacji dotyczył radiowo cichych aktywnych jąder galaktyk. A co z obiektami

radiowo głośnymi?

Jak pamiętamy, aktywność radiowa wiąże się z istnieniem relatywistycznego dżetu i/lub radioobłoków. Jednocześnie radiowo głośne aktywne jądra występują w kilku rodzajach, różniących się przede wszystkim (ale nie tylko) wyglądem na mapach radiowych. Przypomnijmy, że znamy radioźródła rozciągłe, składające się z na ogół słabego źródła centralnego i dżetów rozciągających się po jego obu stronach do radioobłoków oraz radioźródła zwarte, w których emisja pochodzi od silnego obszaru centralnego i słabego dżetu, najczęściej jednostronnego. Jak się wydaje, i w tym przypadku różne klasy tych źródeł można wyobrażać sobie jako obrazy obiektu jednego typu, widzianego pod różnymi kątami. Przyjmijmy bowiem, że każde radiowo głośne aktywne jądro składa się z (1) czarnej dziury z dyskiem akrecyjnym, (2) obszarów powstawania linii wąskich i szerokich linii emisyjnych, (3) torusa pyłowego oraz (4) dwóch dżetów poruszających się w przeciwne strony wzdłuż osi dysku i zasilających (5) radioobłoki. Wówczas, patrząc na taki obiekt pod dużym kątem (mierzonym od osi dysku), widzimy dwustronny dżet, zaś większość emisji radiowej pochodzi od radioobłoków. Analogicznie jak w przypadku galaktyk Seyferta, jeżeli nasza linia widzenia przecina torus pyłowy, nie widzimy bezpośrednio szerokich linii emisyjnych, a źródło klasyfikujemy jako radiogalaktykę z wąskimi liniami (NLRG). Jeżeli kąt patrzenia jest nieco większy, szerokie linie są widoczne, a obiekt jest radiogalaktyką z szerokimi liniami. Analogicznie do obiektów radiowo cichych w widmach NLRG w świetle spolaryzowanym powinniśmy widzieć obraz BLR czyli linie szerokie. Rzeczywiście, w obecnej chwili znanych jest osiem NLRG, których spolaryzowane widma zawierają szerokie linie emisyjne.

Czy i jak do tego modelu unifikacyjnego można włączyć radioźródła zwarte? Wiele argumentów przemawia za tym, że są to obiekty, w których dżety poruszają się w kierunkach bliskich kierunku obserwacji. Jeżeli bowiem przyjmiemy taką hipotezę, to dużą jasność źródeł centralnych wyjaśnimy jako relatywistyczne wzmocnienie promieniowania od dżetu (art. M. Zbyszewskiej w PA 4/93). Ponieważ zrzutowany na sferę niebieską rozmiar dżetu jest w tym przypadku nieduży, nie widzimy tak rozbudowanej struktury jak w przypadku źródeł rozciągłych. Co więcej, emisja z radioobłoków nie ulega wzmocnieniu, a więc jest znacznie słabsza od emisji dżetu i na mapach radiowych obejmujących niezbyt duży zakres natężenia promieniowania radioobłoków po prostu nie widzimy. Z kolei, fakt widoczności jednego dżetu a nie dwóch wynika z relatywistycznego osłabienia promieniowania od źródła oddalającego się od obserwatora. Niewątpliwie istotnym argumentem za takim wyjaśnieniem radioźródeł zwartych byłoby potwierdzenie zachodzenia relatywistycznego ruchu materii w centrach radioźródeł. Takie potwierdzenie istnieje i jest nim wspomniany wyżej efekt nadświetlnych prędkości oddalania się „bąbli" gazu, wyrzucanych z aktywnego jądra.

Interpretacja radioźródeł zwartych w modelu unifikacji wydaje się być więc oczywista: są to obiekty identyczne z radioźródłami rozciągłymi, tyle, że oglądane pod mniejszym kątem (od osi dżetu). Widzimy również, jak tę hipotezę potwierdzić: zaobserwowanie emisji pochodzącej od radioobłoków w typowym źródle zwartym byłoby tu kluczowe. Mapy o tak dużych kontrastach natężenia nauczono się sporządzać stosunkowo niedawno, a wynik okazał się korzystny dla przedstawionego tu modelu unifikacji. Przykładowo, na mapie 3C 371 (rys. 7) widoczne jest silne jądro oraz słaba, rozciągła emisja radioobłoków. Podobne mapy zrobiono dla kilku innych zwartych radioźródeł i wyniki okazały się podobne.

W wyniku obserwacji spektroskopowych i polarymetrycznych w zakresie optycznym wyodrębniono klasę aktywnych galaktyk zwaną

blazarami.

Ich cechy charakterystyczne to szybka zmienność, spolaryzowane widmo ciągłe, całkowity brak lub ew. słabe linie emisyjne. Wszystkie są również głośne radiowo. Według powszechnie przyjętej interpretacji obiekty te mają dżety skierowane prosto ku nam. Wzmocnione dopplerowsko promieniowanie ciągłe produkowane w dżecie dominuje nad emisją z dysku akrecyjnego i liniami emisyjnymi. Nie od razu było jednak jasne, że blazary i zwarte źródła radiowe mogą być tą samą klasą obiektów. Obecne dane obserwacyjne pozwalają na takie stwierdzenie, na przykład wspomniany wyżej obiekt 3C 371 to właśnie blazar. Wydaje się więc i ta klasa aktywnych galaktyk daje się włączyć do modeli unifikacyjnych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że prawdopodobnie różnorodność typów aktywnych jąder galaktyk wynika po części z ich faktycznego wewnętrznego zróżnicowania, po części zaś jest wynikiem warunków obserwacji. Trudno precyzyjnie określić rolę tych dwóch elementów, ale zapewne po stronie cech wewnętrznych mamy więcej niż jeden parametr. W myśl przedstawionego, najprostszego modelu unifikacji, w grupie określonej przez własności radiowe (tzn. radiowo cichych lub głośnych) mamy tylko jeden parametr: jasność źródła centralnego. Dokładniejsze rozważania i analizy różnych danych obserwacyjnych, o których, z braku miejsca, nie można tu napisać, wskazują jednak, że ten model jest zbyt uproszczony. Wydaje się, że mogą występować istotne wewnętrzne różnice pomiędzy obiektami, które, w myśl modelu, powinny być identyczne (np. galaktyki Seyferta typów 1 i 2). Po stronie obiektów radiowo głośnych problemów jest więcej niż po stronie radiowo cichych. Różnych (pod)grup radioźródeł jest znacznie więcej niż było możliwe do opisania i ich rola w modelach unifikacyjnych jest mniej jednoznaczna. Brak jednocześnie dobrych danych obserwacyjnych dużych próbek obiektów, których posiadanie umożliwiłoby „rozplątanie" sytuacji. Wydaje się, że w pierwszym przybliżeniu przedstawiony model unifikacyjny jest słuszny, ale niejasności pozostaje ciągle dużo. ■

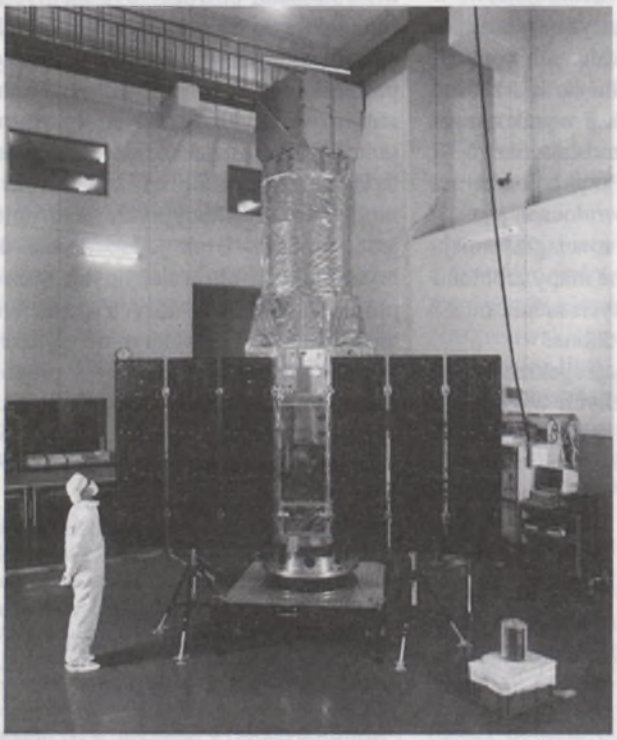
Piotr Życki jest astrofizykiem warszawskiego Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika. Bardzo zdolny i pracowity ma już znaczne sukcesy w dziedzinie badań aktywnych jąder galaktyk. Nie przeszkadza mu to w pracy wychowawczej i popularyzatorskiej z młodzieżą – jest uwielbianym opiekunem Ogólnopolskiego Koła Astronomicznego ALMUKANTARAT, zwłaszcza przez dziewczyny...

ASCA

ASCA to kolejny japoński satelita rentgenowski. Został umieszczony na orbicie 20 lutego 1993 roku, i po okresie wstępnych testów i kalibracji, rozpoczął regularne obserwacje, których pierwsze wyniki zaczęły być właśnie publikowane. Jego nazwa w języku japońskim oznacza „latający ptak", można ją także rozumieć jako akronim od „Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics" (dosł. „zaawansowany satelita astrofizyczny i kosmologiczny"). Masa tego satelity wynosi 417 kg, długość 4.7 m, obiega on Ziemię po orbicie o perigeum na wys. 520 km i apogeum 620 km. Okres obiegu wynosi ok. 96 min.

Myślą przewodnią konstruktorów oprzyrządowania tego satelity było wyposażenie go w zestaw instrumentów do obserwacji i diagnostyki plazmy w obiektach astrofizycznych. Obserwacje nieba prowadzone w zakresie promieniowania rentgenowskiego od ponad 30 lat ujawniły, że niektóre klasy obiektów emitują duże ilości tego promieniowania i że niesie ono istotne informacje o warunkach panujących w tych obiektach. Dla przykładu, obserwacje aktywnych jąder galaktyk (obiekty najbliższe autorowi tej notki) wykonane m.in. przez satelity Ginga, ROSAT i BBXRT (PA 3/91, 3-4/92) ujawniły, że pierwotne promieniowanie rentgenowskie oddziałuje w tych obiektach ze stosunkowo chłodnym ale częściowo zjonizowanym gazem. W wyniku tego oddziaływania w widmie pojawiają się różne linie emisyjne, krawędzie absorpcji i inne szczegóły. Dokładna spektroskopia pozwoliłaby na określenie temperatury i gęstości gazu, jego prędkości, odległości od centrum aktywności, etc. Podobnie jest w obiektach innych typów.

ASCA została więc wyposażona w cztery teleskopy z detektorami. Są one wspólnym dziełem inżynierów z USA i Japonii. Teleskopy są zbudowane na tej samej zasadzie, co teleskop BBXRT, a więc ich zwierciadła składają się z wielu (119) obręczy wykonanych z cienkiej folii metalowej. Obręcze te są zagnieżdżone współosiowo i odbijają padające pod dużym kątem (tzn. prawie ślizgające się) fotony w taki sposób, że skupiają się one w odległości 3.5 m za nimi. W ogniskach teleskopów umieszczone są cztery detektory: dwie kamery CCD (*ang.* Solid– state Imaging Spectrometer – SIS) i dwa gazowe liczniki proporcjonalne (*ang.* Gas Imaging Spectrometer – GIS). Wszystkie detektory mają zdolność zarówno tworzenia obrazów jak i widm obserwowanych obiektów (Czytelników zdziwionych pomysłem robienia obrazów rentgenowskich odsyłamy do PA 1/91 i felietonu B. Czerny w PA 4/93).

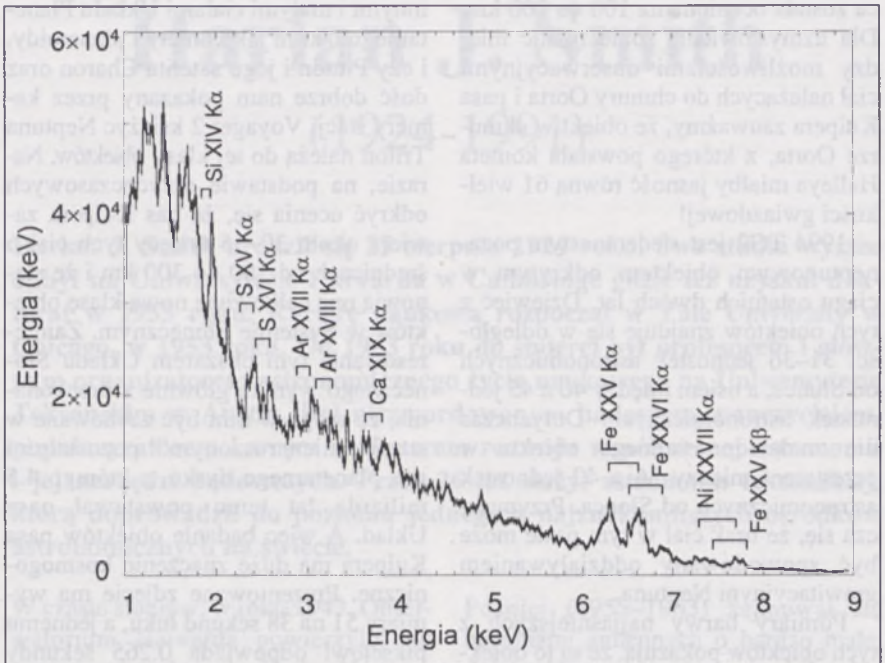


Ogólny widok satelity ASCA.

Parametry obu typów detektorów są komplementarne: energetyczna zdolność rozdzielcza detektorów SIS jest lepsza niż GIS (120 eV w stosunku do 450 eV na energii 6 keV) i SIS rejestruje fotony o energii powyżej 0.5 keV, GIS – powyżej 1 keV, GIS z kolei ma większe pole widzenia – kołowe, o średnicy 50′ (SIS – kwadrat 20′×20′). Przestrzenna zdolność rozdzielcza teleskopów ASCA jest gorsza niż ROSATa, ale znacznie szerszy jest rejestrowany zakres energii – do 10 keV, w porównaniu z 2 keV (ROSAT). Ten zakres energii jest kluczowy dla badań plazmy spotykanej w obiektach astrofizycznych, gdyż tam właśnie znajdują się linie emisyjne i krawędzie absorpcji jonów wszystkich (istotnych astrofizycznie) pierwiastków cięższych od helu: węgla, azotu, tlenu, żelaza i kilku innych.

W niedawnym numerze „Publications of the Astronomical Society of Japan" znalazła się seria artykułów zawierających pierwsze wyniki obserwacji. Niektóre z nich były już zresztą omawiane na różnych konferencjach. Te wyniki nie są jeszcze ostateczne – własności detektorów ASCA nie są jeszcze dokładnie znane, a specyfika obserwacji rentgenowskich polega na tym, że ich wynik zależy zarówno od tego, *co* obserwujemy jak i od tego, *czym* to robimy. Zachowanie detektorów (opisane „macierzą odpowiedzi", *ang.* response matrix) musi być więc dokładne znane, aby można było modele teoretyczne porównać z danymi obserwacyjnymi.

Pierwsze wyniki wyglądają zachęcająco: w danych widać faktycznie więcej szczegółów niż poprzednio. Przykładowo, w widmie galaktyki Seyferta MCG–6–30–15 potwierdzono istnienie oznak absorpcji promieniowania przez częściowo zjonizowany gaz. Udało się też stwierdzić, że dwie



Widmo SS433 uzyskane przez detektor SIS. Zaznaczono zidentyfikowane linie emisyjne.

najwyraźniejsze krawędzie pochodzą od jonów tlenu O VII i O VIII oraz że w czasie pomiędzy dwiema obserwacjami grubość warstwy absorbującej zmieniła się o czynnik 2. Bardzo interesujące są wyniki obserwacji linii emisyjnej żelaza o energii ok. 6.4 keV (PA 3/91) w galaktykach Seyferta typu 1. W czterech obiektach (MCG–6–30–15, Fairall 9, IC 4329a i NGC 5548) obserwowany profil linii jest bardzo szeroki, co wydaje się potwierdzać wcześniejsze przypuszczenia, że linia ta powstaje wskutek oddziaływania promieniowania rentgenowskiego z gazem tworzącym dysk akrecyjny. Szczególnie wyraźny profil uzyskano w wyniku trwającej aż 10^5 s obserwacji MCG–6–30–15. Jednak w dwóch innych galaktykach Seyferta obserwowana linia jest wąska, zaś w dwóch obserwowanych odległych kwazarach nie widać jej wcale.

Niezwykle ciekawą aktywną galaktyką jest NGC 1068 (PA 3/91) – galaktyka Seyferta typu 2, a więc, według obecnych wyobrażeń, obiekt, w którym centralne źródło aktywności jest zasłonięte i widzimy je jedynie pośrednio, dzięki odbiciu promieniowania od zjonizowanej plazmy. O ile jest jasne, że do konstrukcji pełnego modelu tego obiektu niezbędne są obserwacje w całym widmie elektromagnetycznym, to same dane rentgenowskie mówią dużo o wspomnianym ośrodku rozpraszającym. W danych z ASCA widocznych jest znacznie więcej szczegółów niż w danych z poprzednich instrumentów. Na przykład wyraźnie widać, że linia emisyjna żelaza przy energii 6–7 keV (PA 1/91), w tym obiekcie składa się z trzech składowych, pochodzących od jonów niskozjonizowanych (energia linii 6.4 keV) oraz wysokozjonizowanych (Fe XXV – energia 6.7 keV i Fe XXVI – energia 6.9 keV). Dobrze widoczne są także linie w obszarze 0.5–2 keV, emitowane przez O, Mg, Si i Fe.

Ciekawych danych dostarczyły też obserwacje obiektów z naszej Galaktyki. Obserwowano m.in. masywny, rentgenowski układ podwójny Cygnus X-3. W jego widmie zidentyfikowano bardzo silne linie pochodzące od helo- i wodoropodobnych jonów krzemu, siarki, argonu, wapnia i żelaza, a także linie żelaza neutralnego. Co ciekawsze, w widmie rentgenowskim innego obiektu tej samej klasy (Cygnus X-1) nie widać żadnej linii emisyjnej! Czy może to mieć jakiś związek z przypuszczalnym istnieniem czarnej dziury w Cygnus X-1, podczas gdy zwartym składnikiem w Cyg X-3 jest raczej gwiazda neutronowa?

Obserwowana jasność rentgenowska układów takich jak Cygnus X-3 jest ok. dziesięciokrotnie większa niż aktywnych jąder galaktyk, dlatego też uzyskiwane widma są znacznie lepszej jakości. W ich przypadku można rzeczywiście mówić o spektroskopii rentgenowskiej. W widmie SS433 (układ podwójny emitujący dwustronny, precesujący dżet) widać nawet, że linie emisyjne są podwójne. Jedna ze składowych pochodzi od dżetu poruszającego się w naszą stronę, druga od dżetu oddalającego się od nas.

Interesujące wnioski wynikają z obserwacji „Pętli Łabędzia" (*ang.* Cygnus Loop). Jest to pozostałość po supernowej, która wybuchła ok. 20000 lat temu. Materia wyrzucona z gwiazdy wskutek wybuchu porusza się cały czas przez ośrodek międzygwiazdowy. Oddziaływanie z ośrodkiem powoduje, że plazma emitująca promieniowanie rentgenowskie nie jest w stanie równowagi – występuje gradient gęstości i temperatury. W obserwowanym widmie występują liczne linie emisyjne, których względne natężenia nie dają odtworzyć się przy użyciu modeli równowagowej emisji plazmy o określonej temperaturze i gęstości.

O ile emisja „Pętli Łabędzia" jest termiczna, to widmo innej pozostałości po supernowej – W 50 – praktycznie nie zawiera linii. Widzimy w tym przypadku czyste kontinuum, które można interpretować jako emisję synchrotronową, czyli promieniowanie elektronów poruszających się z dużymi prędkościami w polu magnetycznym.

Jak widać, już pierwsze obserwacje przyniosły sporo ciekawych rezultatów. Z biegiem czasu będzie ich oczywiście więcej. Parametry detektorów ASCA, jakkolwiek lepsze niż poprzednich satelitów, nie są jeszcze tak dobre, aby można było mieć nadzieje na przełom w naszych badaniach różnych obiektów. Można przypuszczać, że obserwacje wymuszą odrzucenie niektórych modeli teoretycznych, część modeli można będzie zapewne utrzymać, udoskonalając je i modyfikując.

Piotr Życki

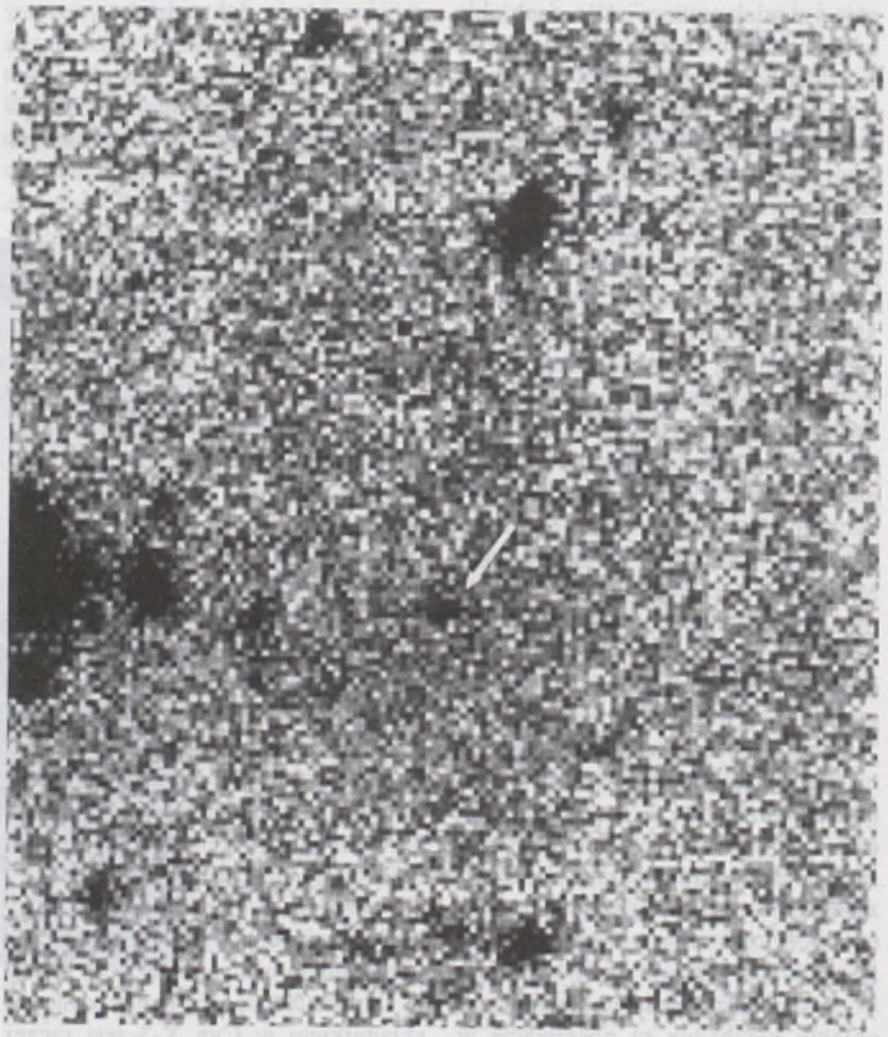
Nowy obiekt transplutonowy w Układzie Słonecznym

Przeszło 50 lat temu Jan Oort przedstawił hipotezę istnienia na krańcach Układu Słonecznego wielkiego (10^{12} obiektów), sferycznego obłoku małych ciał z których biorą swój początek komety. Później zauważono pewne trudności w wytłumaczeniu pochodzenia komet krótkookresowych i że ten problem mógłby być rozwiązany gdyby istniał dość masywny (700 mas Ziemi), raczej skoncentrowany wokół płaszczyzny ekliptyki i położony tuż za wielkimi planetami pas niewielkich ciał planetarnych. Pierwszy postulat taki sformułował Gerard Kuiper, który nie bardzo mógł zaakceptować pustej przestrzeni między ostatnimi planetami naszego Układu, a chmurą Oorta. Lata osiemdziesiąte przyniosły wiele nowych argumentów przemawiających niejako za potrzebą istnienia takiego pasa. Dziś ten hipotetyczny „pas Kuipera" coraz bardziej materializuje się i wypełnia nowoodkrywanymi obiektami. Pierwszy taki obiekt, 1992 QB_1, obiegający Słońce w odległości heliocentrycznej R=41 jednostek astronomicznych został znaleziony w 1992 roku na samym początku zorganizowanego w tym celu na Mauna Kea przez Davida Jewitta i Jane X. Luu przeglądu nieba. Na zdjęciu obok uzyskanym w październiku 1994 roku przy pomocy 3.6 metrowego teleskopu nowej technologii w Europejskim Obserwatorium Południowym w Chile przez O. Hainaut'a widzimy (zaznaczony strzałką) najnowszy obiekt należący do tej rodziny transneptunowych „kometo – planetoid" nazwany 1994 TG2. Został odkryty dzięki swemu bardzo powolnemu (3 sekundy łuku na godzinę) ruchowi. Z sześciu zmierzonych położeń planetki wyznaczono jej przybliżoną odległość od Słońca. Wynosi ona 42 jednostki astronomiczne czyli przeszło 6300 milionów kilometrów. Jest to dużo dalej niż odległość ostatniej wielkiej planety, Neptuna, która wynosi 4500 mln km. Obserwowana jasność tego obiektu jest ok. 24 magnitudo, a średnica została oceniona na 100 do 200 km. Dla uzmysłowienia sobie różnic między możliwościami obserwacyjnymi ciał należących do chmury Oorta i pasa Kuipera zauważmy, że obiekt w chmurze Oorta, z którego powstała kometa Halleya miałby jasność równą 61 wielkości gwiazdowej!

1994 TG2 jest siedemnastym pozaneptunowym obiektem odkrytym w ciągu ostatnich dwóch lat. Dziewięć z tych obiektów znajduje się w odległości 31–36 jednostek astronomicznych od Słońca, a osiem między 40 a 45 jednostek astronomicznych. Dotychczas nie znaleziono żadnego obiektu w przestrzeni między 36 a 40 jednostek astronomicznych od Słońca. Przypuszcza się, że brak ciał w tym pasie może być spowodowany oddziaływaniem grawitacyjnym Neptuna.

Pomiary barwy najjaśniejszych z tych obiektów pokazują, że są to obiekty niezwykle czerwone. Nie jest jeszcze jasne jak mogą być one powiązane z innymi i małymi ciałami Układu Planetarnego takimi jak komety i planetoidy, i czy Pluton i jego satelita Charon oraz dość dobrze nam pokazany przez kamery stacji Voyager 2 księżyc Neptuna Triton należą do tej klasy obiektów. Narazie, na podstawie dotychczasowych odkryć ocenia się, że pas Kuipera zawiera około 30–35 tysięcy tych ciał o średnicach od 100 do 300 km i że stanowią one całkowicie nową klasę obiektów w Systemie Słonecznym. Zainteresowanie tym obszarem Układu Słonecznego wynika głównie z przekonania, że mogą w nim być zachowane w stanie „nienaruszonym" pozostałości pre–planetarnego dysku, z którego 4.5 miliarda lat temu powstawał nasz Układ. A więc badanie obiektów pasa Kuipera ma duże znaczenie kosmogoniczne. Prezentowane zdjęcie ma wymiary 51 na 38 sekund łuku, a jednemu pikselowi odpowiada 0.265 sekundy łuku.

(aw)



SYLWETKI

postępów astronomii

Wielki astronom i organizator badań naukowych

Harlan J. Smith

(1924-1991)

Harlan J. Smith urodził się 25 sierpnia 1924 roku. Swe studia wyższe odbył na Uniwersytecie Harvarda w Cambridge gdzie też uzyskał doktorat w 1955 roku. Karierę naukową rozpoczął w Yale University w Chicago, w 1953 roku. Od 1963 roku do śmierci był profesorem i głównym organizatorem astronomicznego życia naukowego na Uniwersytecie Teksańskim w Austin. Był niezmordowanym badaczem, nauczycielem, popularyzatorem i wręcz wizjonerem rozwoju współczesnej astronomii i jej narzędzi badawczych. Przez 26 lat służył astronomii teksańskiej, którą doprowadził do poziomu jednego z najznakomitszych ośrodków astronomicznych na świecie.

W czasie studiów, w roku 1947, Obserwatorium Harvarda powierzyło mu organizację ekspedycji do Nowego Meksyku w celu przeprowadzenia kampanii fotografowania meteorów. Harlan zorganizował zespół i brał czynny udział w przygotowaniu niezbędnej aparatury. W czasie tych prac wraz z kilkoma kolegami zajął pokój wypoczynkowy w Obserwatorium i przez przeszło rok pracował przez 16 godzin na dobę. Często było dla niego łatwiej przespać się tam w śpiworze z demobilu, pod stołem pingpongowym, niż wracać na noc do domu. Później wspominał: „we were totally dedicated to what we were doing" – byliśmy całkowicie oddani temu co robiliśmy. Ten rodzaj całkowitego oddania temu co wykonywał jest charakterystyczny dla wszystkich dziedzin działalności Harlana przez całe Jego życie.

Przedmiotem zainteresowań naukowych Harlana Smitha były gwiazdy zmienne, ciała Systemu Planetarnego, głównie atmosfery planet, oraz kwazary i generalnie radioastronomia. Do tych szerokich zainteresowań dochodzą jeszcze prace instrumentalne i organizacyjne, którym Departament Astronomii w Austin i Obserwatorium McDonalda w Zachodnim Teksasie zawdzięczają nieprawdopodobny wręcz rozkwit.

Badaniom krótkookresowych zmiennych *typu gromad* (dziś znanych jako gwiazdy typu RR Lyrae) poświęcona była jego praca doktorska w Harvard. Później (1955–1963) zajmował się badaniami zmiennych o bardzo małej dzielności promieniowania i bardzo krótkich okresach zmian blasku. Posługiwał się metodą fotometryczną, a ponieważ przypadło Mu pracować w przełomowym okresie przejścia od metod fotograficznych do fotoelektrycznych dużo czasu musiał poświęcić na badania cech i właściwości nowych technik obserwacji astronomicznych.

Pierwsze sukcesy radioastronomii w latach 50–tych skłoniły młodego badacza do zainteresowania się nietermicznym promieniowaniem planet i innych źródeł kosmicznych już w czasie pracy w Yale. Zainteresowanie to trwało praktycznie przez całe Jego naukowe życie. Badał naturę i zmienność dekametrowego promieniowania Jowisza, analizował cechy fizyczne i zmienność blasku odległych, aktywnych radioźródeł i kwazarów, rozważał ulokowanie obserwatorium radiowego na Księżycu. Kwazary i radioźródła były też przedmiotem Jego obserwacji i analiz fotometrycznych w optycznym zakresie promieniowania.

Zainteresowanie profesora Harlana Smitha ciałami Systemu Planetarnego przesunęły się później (1965–1982) na spektroskopowe badania atmosfer prawie wszystkich planet. Wyznaczał obfitość dwutlenku węgla i jego ciśnienie powierzchniowe na Marsie i Wenus, poszukiwał atmosfery CO_2 na Merkurym i określał jej górną granicę. Obserwował w podczerwieni z dużą spektroskopową i przestrzenną zdolnością rozdzielczą atmosfery Marsa i Wenus wyznaczając obfitości dwutlenku węgla i wody i ich sezonowe zmiany na tych planetach. Badał Urana i Neptuna. Niektóre z Jego badań planet odbywały się w ramach przygotowań odpowiednich misji stacji kosmicznych przeznaczonych do bezpośredniej eksploracji ciał Systemu Planetarnego lub równoległego badania planet z obserwatorium naziemnego i pojazdu kosmicznego. Tak było np. w przypadku misji Marinerów, Vikingów i Voyagerów. Co jakiś czas należało podsumować uzyskane rezultaty i wytyczyć kierunki badań. Organizował więc prof. Smith zjazdy specjalistów i konferencje naukowe różnej rangi: od roboczych warsztatów wąskich grup specjalistów po sympozja naukowe odbywające się pod auspicjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Wymieńmy tylko, że m. in. uczestniczył bardzo aktywnie w organizacji sympozjum poświęconego badaniom Systemu Planetarnego w Toruniu w 1973 roku, a ostatnio organizował sympozjum na temat pochodzenia Systemu Słonecznego, które miało się odbyć w Chinach.

O potrzebie solidnej naziemnej eksploracji ciał Systemu Planetarnego w celu naukowego przygotowania przyszłych misji kosmicznych, Harlan Smith przekonał amerykańskie środowisko astronomiczne i grona decyzyjne NASA już w początku lat sześćdziesiątych. Konsekwencją tego było przy-

znanie przez NASA środków na budowę szeregu dużych instrumentów przeznaczonych głównie do badań planet. Pierwszym z nich był 107–calowy teleskop z największym w owym czasie na świecie spektrografem, który rozpoczął astronomiczną służbę w Obserwatorium McDonalda w roku 1969. Harlan Smith miał istotny wkład w konstrukcję tego teleskopu i jego nowatorskie cechy techniczne, które zapewniają również efektywne badanie fizyki wszystkich ciał niebieskich: planet, gwiazd, materii międzygwiazdowej i odległych galaktyk.

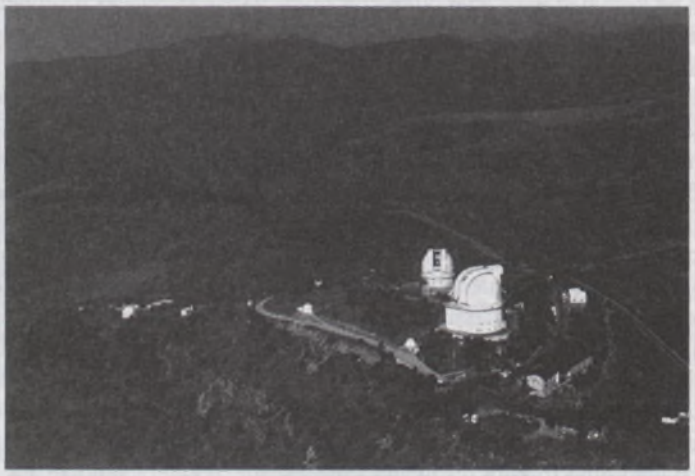
Przybywając do Teksasu w celu objęcia dyrekcji Obserwatorium McDonalda i przewodnictwa Departamentu Astronomii w Austin Harlan Smith przedstawił Uniwersytetowi Teksańskiemu warunki przyjęcia tych stanowisk, które w istocie stanowiły program budowy astronomii w Teksasie: istotny wzrost ilościowy i jakościowy ciała profesorskiego, zabezpieczenie materialnych warunków pracy zarówno Departamentu jak i Obserwatorium, w tym rozwój instrumentalny Obserwatorium i implantacja instrumentarium radioastronomicznego, rozszerzenie badań naziemnych o badania astronomiczne prowadzone z przestrzeni kosmicznej.

Dotychczasowa, zaledwie czteroosobowa placówka astronomiczna w Austin po niespełna dziesięciu latach rozwinęła się do ośrodka, w którym samo ciało profesorskie liczyło przeszło 2 tuziny członków. Na uruchomionym tam studium doktoranckim od początku lat 70–tych odbywa się przeszło 20 promocji doktorskich rocznie. Rozwinęło się też kształcenie astronomiczne na niższych poziomach nauczania uniwersyteckiego – dziś wykładów astronomii słucha przeszło 6 tysięcy studentów Uniwersytetu Teksańskiego różnych specjalności.

Obserwatorium potrzebowało niewątpliwie znacznie większego i nowocześniejszego teleskopu niż uruchomiony tam w 1938 roku teleskop 82–calowy (208 cm). I od samego początku swej „misji" w Teksasie (Harlan miał chyba wrodzoną naturę misjonarza) młody dyrektor podjął starania o istotny rozwój instrumentalny tej placówki. Rezultatem tych działań był wspomniany wyżej teleskop 107–calowy, nowy teleskop 30–calowy i zmodernizowany istniejący wcześniej teleskop 36–calowy (oba używane do badań spektroskopowych i fotometrycznych) oraz specjalny 30–calowy teleskop do pracy z laserem mierzącym odległość do Księżyca. Wszystkie te teleskopy zostały oczywiście wyposażone w znakomite, najnowszej generacji oprzyrządowanie spektroskopowe i fotometryczne. Przetworniki obrazu i podczerwony spektrograf Fourierowski pracujące tam od drugiej połowy lat sześćdziesiątych znakomicie służyły do wyznaczania obfitości pierwiastków w atmosferach planet i gwiazd późnych typów widmowych, do badań obiektów pozagalaktycznych itp. Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych teleskopy Obserwatorium McDonalda sterowane już były mikroprocesorami, a samo obserwatorium odegrało pionierską rolę we wprowadzaniu cyfrowej techniki komputerowej do procesu akwizycji i redukcji danych astronomicznych. Ale na tym nie zakończyła się działalność instrumentalna Harlana. Już w latach 70–tych rozpoczął studia nad budową dla Obserwatorium McDonalda gigantycznego, największego wówczas na świecie teleskopu. Projekt ten został nazwany „Oko Teksasu" (The Eye of Texas), a jego realizacja, obecnie we współpracy z Uniwersytetem Pensylwanii, jeszcze trwa. Początkowo miał to być teleskop o efektywnej średnicy

Obserwatorium Astronomiczne McDonalda

Obserwatorium Astronomiczne McDonalda zawdzięcza swoje istnienie bogatemu bankierowi z teksaskiego Paryża, Williamowi J. McDonaldowi, który w testamencie z 1925 roku przekazał swą fortunę Uniwersytetowi Teksaskiemu w Austin „dla utworzenia i wyposażenia Obserwatorium Astronomicznego ... w celu uprawiania i promocji Nauk Astronomicznych". Ani na Uniwersytecie w Austin, ani w Teksasie nie było wówczas żadnego ośrodka astronomicznego, a zbliżająca się depresja ekonomiczna nie wróżyła dobrze ani posiadanym zasobom finansowym, ani perspektywom stworzenia dużego obserwatorium astronomicznego. Z pomocą przyszli astronomowie z Yerkes i w 1932 roku Uniwersytety w Chicago i w Austin zawarły porozumienie – „join venture"– na mocy którego „Uniwersytet w Austin zbuduje Obserwatorium, a Uniwersytet Chicagowski dostarczy astronomów, dokumentację techniczną i nadzór merytoryczny w czasie budowy, oraz przez 30 lat będzie zarządzał nowopowstałą placówką w imieniu obydwu uniwersytetów". Tak więc Obserwatorium McDonalda powstało formalnie w 1932 roku, ale inauguracja jego pracy nastąpiła dopiero w 1939 roku. Trzeba było aż (a może tylko !) 7 lat, aby znaleźć odpowied-



Fot. 1 Widok ogólny obserwatorium McDonalda na Mount Locke w Zachodnim Teksasie.(fot. Kathryn Gessas).

lustra 300 cali (około 8 m) przeznaczony głównie do obserwacji spektroskopowych w podczerwonym zakresie widma. Obecnie buduje się go jako teleskop 11–metrowy noszący robocze miano SST (Spectroscopic Survey Telescope). W konstrukcji tego teleskopu zrezygnowano z systemu układu osi i napędów, czyniąc go instrumentem tranzytowym. Lustro główne będzie się składało z mozaiki 91 luster tryczny. Radiowy przegląd nieba i fundamentalny katalog radioźródeł na falach decymetrowych były głównym rezultatem pracy tego instrumentu. Później, już w latach siedemdziesiątych, doprowadził do zainstalowania na Mount Locke 16–stopowego radioteleskopu milimetrowego. Teleskop ten służy dzisiaj do bardzo intensywnych badań ogromnych chmur gazów i pyłów międzygwiazdowych, które są okresie budowy i obecnie eksploatacji teleskopu kosmicznego. Sam Harlan Smith bardzo aktywnie uczestniczył we wstępnych fazach wypracowania koncepcji naukowej tego teleskopu i przekonania czynników decyzyjnych o konieczności jego budowy. W późniejszej fazie, aż ośmiu astronomów z Austin uczestniczyło w konstrukcji podstawowych instrumentów tego teleskopu. Była to najliczniejsza grupa

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł ..... gr .....

Słownie .....

.....

nazwisko, imię .....

Dokładny adres .....

.....

Dokładna nazwa na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII"
Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bartycka 18
00-716 Warszawa

nazwa banku PIERWSZY KOMERCYJNY BANK w LUBLINIE S. A. O/Grudziądz

Nr r-ku 653248-19826-132

stempel ..... Podpis przyjmującego

Pobrano opłatę zł ..... gr .....

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł ..... gr .....

Słownie .....

.....

nazwisko, imię .....

Dokładny adres .....

.....

Dokładna nazwa na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII"
Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bartycka 18
00-716 Warszawa

nazwa banku PIERWSZY KOMERCYJNY BANK w LUBLINIE S. A. O/Grudziądz

Nr r-ku 653248-19826-132

stempel ..... Podpis przyjmującego

Pobrano opłatę zł ..... gr .....

Odcinek dla poczty

zł ..... gr .....

Słownie .....

.....

nazwisko, imię .....

Dokładny adres .....

.....

Dokładna nazwa na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII"
Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bartycka 18
00-716 Warszawa

nazwa banku PIERWSZY KOMERCYJNY BANK w LUBLINIE S. A. O/Grudziądz

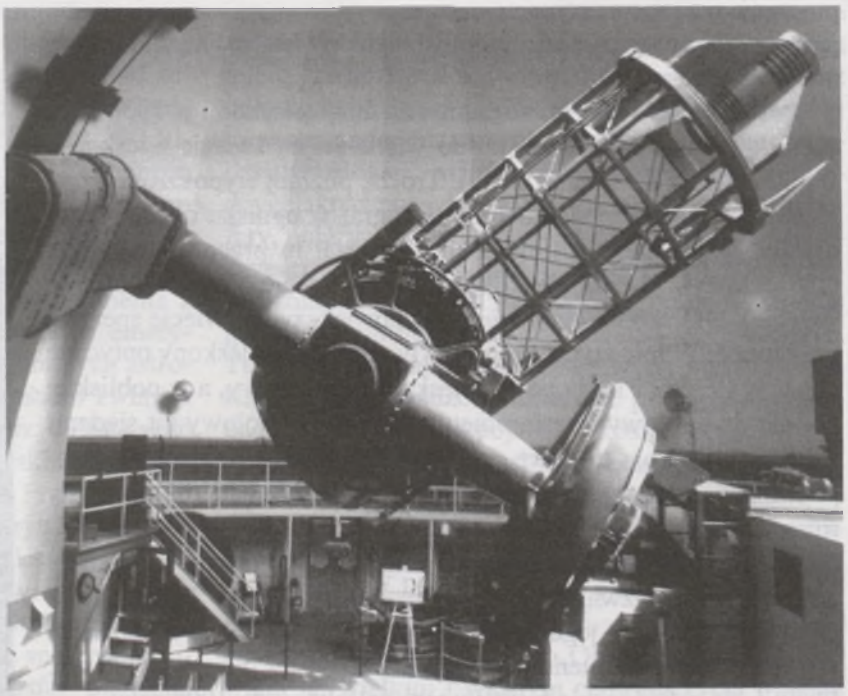
Nr r-ku 653248-19826-132

stempel ..... Podpis przyjmującego

Pobrano opłatę zł ..... gr .....

nią lokalizację, określić i zbudować teleskop i jego budynek z kopułą oraz odpowiednie zaplecze dla astronomów. Dumni z budowy w Teksasie czegoś tak szczególnego jak obserwatorium astronomiczne, teksańczycy dokładali swoje cegiełki do pierwotnego funduszu. Na przykład pani Violet Locke McIvore ofiarowała grunt na którym dzisiaj stoją teleskopy (stąd nazwa góry: Mount Locke), a właściciel Fowlkes Ranch sąsiedni pagórek, na którym stanie wkrótce gigantyczny teleskop *Oko Teksasu*.

Na miejsce obserwatorium wybrano w 1933 roku górę o wysokości przeszło 2000 m npm. w sercu pustynnych, suchych terenów Zachodniego Teksasu, niespełna 30 km od małej osady noszącej nazwę Fort Davis (choć fort, ściśle mówiąc już wtedy należał do historycznej przeszłości tych okolic). Wybrane miejsce wyróżniało się dużą ilością



Fot. 2.Teleskop 82-calowy (208 cm) obserwatorium McDonalda w Teksasie, którego budowa została ukończona w 1938 roku. Przez 10 lat był to drugi co do wielkości teleskop na świecie. Dziś nosi imię Otto Struve'go, budowniczego i pierwszego dyrektora Obserwatorium McDonalda. (fot. Kathryn Gessas).

nomical Society w Londynie powołało Go na swego członka. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (1973) i Uniwersytet Denison w Ohio (1983) nadały Mu tytuł doktora honoris causa. Otrzymał wiele wyróżnień stanowych i federalnych w USA. W lipcu 1991 NASA nadała Mu swe najwyższe cywilne odznaczenie – „The Distinguished Public Service Medal".

Harlan interesował się żywo zagadnieniem istnienia życia we Wszechświecie. Zawsze wierzył, że Wszechświat kryje jeszcze przed badaczami ogromnie wiele tajemnic i astronomowie muszą mieć otwarte umysły i coraz to większe i bardziej wydajne instrumenty, aby te tajemnice odkrywać i prawidłowo interpretować. Astronomia była dla niego nauką wielkich perspektyw, w której największe odkrycia są jeszcze przed nami. Swym entuzjazmem badawczym, swą pasją i oddaniem dla badań astronomicznych i eksploracji Systemu Planetarnego zarażał wszystkich, którym było dane zetknąć się z nim czy to w pracy czy w kontaktach towarzyskich. Bardzo Mu zależało na tym, aby społeczeństwo, współobywatele – ci którzy w ostateczności płacą rachunki za badania naukowe i loty kosmiczne – rozumieli i doceniali astronomię. Uważał, że bardzo ważną misją każdego astronoma jest wyjaśnianie ludziom tego co właściwie astronomowie robią i jaki jest sens ich pracy. Sam mógł rozprawiać o prawie wszystkich aspektach nauki w taki sposób, że słuchacze rozumieli o czym mówi, poznawali jakiś fragment otaczającego nas świata i praw nim rządzących, słowem wychodzili z każdego spotkania z nim o coś bardzo ważnego wzbogaceni. Dla wielomilionowej rzeszy słuchaczy radia stworzył 20 lat temu codzienną dwuminutową audycję „Star–date", która istnieje do dzisiaj i w rytmie kalendarza przybliża słuchaczom sprawy aktualnie dziejące się na niebie oraz wcześniejsze etapy poznawania i podboju Kosmosu.

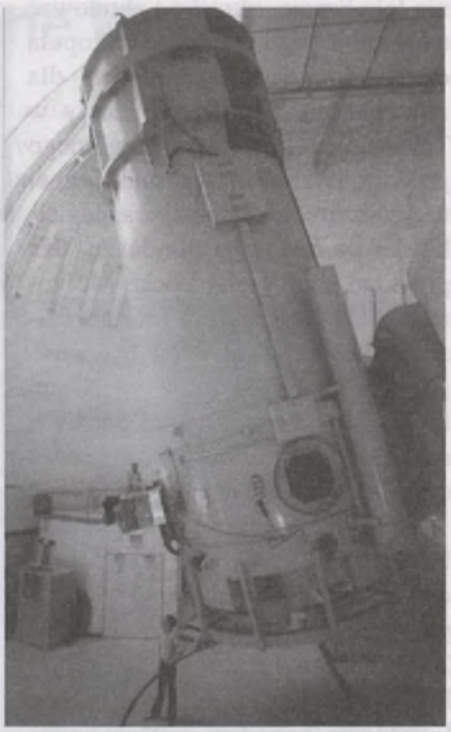
Harlan Smith był człowiekiem, który łatwo i często używał superlatywów: największy, najwspanialszy, najjaśniejszy, cudowny. Oczywiście będąc teksańczykiem z wyboru, musiał żyć w cudownym kraju, pracować na największych teleskopach i mieć wokół siebie najwspanialszych i najmądrzejszych współpracowników. To niewątpliwie charakteryzuje Jego stosunek do swych współpracowników i kolegów. Był na pewno człowiekiem wielkiego umysłu, ale i wielkiego serca.

Zawsze bardzo ubolewał nad izolacją naukową astronomów chińskich. Gdy to tylko stało się możliwe pojechał do Chin dla nawiązania ludzkich i naukowych stosunków z tamtejszymi astronomami. Przyjmował w Austin i McDonald astronomów chińskich i umożliwiał im wizytę w innych centrach badawczych astronomii amerykańskiej. Przekazał im pełną dokumentację techniczną teleskopu 107–calowego z McDonald. Wykorzystali ją bardo sprytnie i na jej podstawie zbudowali w Szanghaju teleskop o średnicy 2.16 m, który stanął w Obserwatorium w Xinglong w 1989 roku. Harlan pragnął doprowadzić do szybkiego włączenia astronomii chińskiej do ogólnego nurtu życia astronomicznego na świecie. Na jego wniosek Międzynarodowa Unia Astronomiczna zatwierdziła plan odbycia dwóch sympozjów w Chinach w roku 1989. Sam stanął na czele Naukowego Komitetu Organizacyjnego jednego z nich i wypełniał szereg prerogatyw Lokalnego Komitetu Organizacyjnego. Okrutne zgniecenie demonstracji studenckich w czerwcu 1989 na placu Niebiańskiego

pogodnych nocy (ok.70% bezchmurnych nocy w roku), dobrą jakością obrazów gwiazd i braku jakiegokolwiek nocnego oświetlenia w zasięgu wzroku.

Postanowiono zbudować naprawdę duży teleskop i w 1938 roku stanął tu, drugi podówczas co do wielkości na świecie teleskop o średnicy lustra 82 cale (208 cm). Trochę później wyposażono go w pierwszy na świecie siatkowy spektrograf w ognisku coudé. Trzydzieści lat później, w 1969 roku rozpoczął tu pracę drugi wielki (107 calowy/273 cm) teleskop, (wówczas trzeci co do wielkości na świecie), tym razem wyposażony w największy na świecie spektrograf coudé. W międzyczasie przybyły też 3 inne teleskopy optyczne klasy 30/36 cali i 16 stopowy teleskop milimetrowy, a w pobliskiej dolinie dwumilowy interferometr radiowy. Od połowy lat siedemdziesiątych trwają tu prace nad największym w Teksasie teleskopem nazwanym Oko Teksasu. Początkowe zamierzenia określały rozmiar lustra na 300 cali (ok. 8 m). Dziś jest to budowany wspólnie z Uniwersytetem Stanowym w Pensylwanii teleskop tranzytowy pod roboczą nazwą SST (Spectroscopic Survey Telescope). Docelowo średnica jego lustra będzie miała ok. 11 m i będzie to sferyczne lustro segmentowe złożone z 91 luster o średnicy 90 cm. Planuje się zakończenie budowy tego teleskopu do 1996 roku.

Pierwszym budowniczym i dyrektorem Obserwatorium McDonalda przez 15 lat (1932 – 1947) był Otto Struve. To głównie On, wraz z Polem Swingsem, już od pierwszych lat istnienia, przyczynił się do wielkiej renomy tego obserwatorium. Później



Fot. 3. Teleskop 107-calowy, częściowo ufundowany przez NASA, przeznaczony m. in. do badania Układu Słonecznego: przygotowywania misji kosmicznych. (fot. Bob Daemmerich)

Zespół profesorski Departamentu Astronomii Uniwersytetu Teksaskiego na picknicku w 1983 roku. Wśród stojących: licząc od lewej drugi David Lambert, czwarty Gerard de Vaucoleurs, siódmy David S. Evans. Piąty od prawej Harlan Smith.

Spokoju uniemożliwiło realizację tych planów.

Harlan i jego żona Joan byli bardzo czuli na ludzką krzywdę i nieszczęścia. Po wojnie koreańskiej, na przykład, mając już jednego syna, zaadoptowali trójkę koreańskich sierot, ofiar wojny, tworząc dla nich nową, znakomicie funkcjonującą rodzinę.

Kontakty profesora Harlana Smitha z Polską i polską astronomią były bardzo bliskie. Już w dzieciństwie miał kolegów Polaków, a później bardzo interesował się historią Polski i szczególnie żywo przemianami zachodzącymi w Polsce w ostatnich latach. W Departamencie Astronomii w Austin i w Obserwatorium McDonalda przyjmował wielu polskich astronomów, również na długoterminowych stażach. Dla kilku z nich te pobyty były istotne dla przygotowywanych rozpraw doktorskich lub habilitacyjnych. Szczególnie bliskie stosunki utrzymywał z astronomami toruńskimi. Na przykład już kilka lat temu ofiarował Obserwatorium Toruńskiemu elementy retikonu i odbiornika CCD, aby toruńscy instrumentaliści mogli jak najwcześniej rozpocząć eksperymentowanie z tą najnowszą techniką odbioru promieniowania ciał niebieskich.

Nieubłagana śmierć zabrała Go w dniu 17 października 1991 roku. Do ostatnich chwil życia był aktywny i pełen najlepszych nadziei zarówno co do rozwoju astronomii w ogóle, jak i astronomii teksańskiej oraz własnego zdrowia. Jeszcze w lipcu 1991 r. w korespondencji ze mną cieszył się postępami w wyposażeniu toruńskiej astronomii i obiecywał mi przyjazd do Polski za kilka miesięcy w celu kontynuowania wspólnych badań. Jego śmierć jest niepowetowaną stratą dla nauki. Jest też stratą wypróbowanego przyjaciela Polski i polskich astronomów.

Andrzej Woszczyk

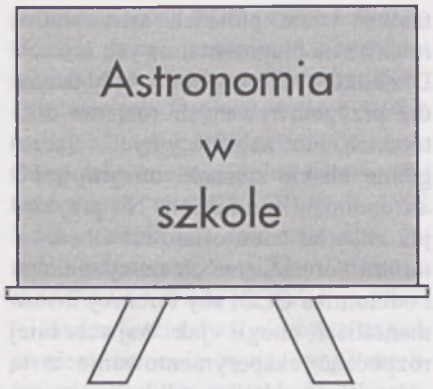
Toruń, sierpień 1992

kierowali tą placówką tak wielcy astronomowie jak Gerard Kuiper, Subrahmanyan Chandrasekhar, Bengt Strömgren i William Morgan, a w skład zespołu pracowników wchodzili m.in. G. van Biesbroeck, J. Greenstein, Th. Page, C. Seyfert, W. Bidelman, W. A. Hiltner, A. Deutsch, H. L. Johnson oraz Margaret i Geoffrey Burbidge'owie. Ale największy wkład w rozwój tego Obserwatorium miał Harlan J. Smith, który kierował tą placówką przez 26 lat, od 1963 roku (po wygaśnięciu porozumienia z Uniwersytetem w Chicago) do przejścia na emeryturę w 1989. On też nakłonił wielu wybitnych astronomów, aby na stałe, lub choćby czasowo związali swe losy z teksaską astronomią. Tu przybyli na stałe m.in. David Evans, Astronom Królewski z Południowej Afryki, Gerard de Vaucouleurs z Francji, David Lambert z Cambridge w Wielkiej Brytanii, Roman Smoluchowski, syn znakomitego polskiego fizyka, Craig Wheeler, późniejszy noblista i wielu innych.

Wielką renomę uzyskało Obserwatorium McDonalda najpierw w dziedzinie badań spektroskopowych atmosfer gwiazdowych, atmosfer planetarnych i komet. Dziś kontynuuje się tu tę tradycję w coraz szerszym zakresie widma, coraz większej spektralnej i przestrzennej zdolności rozdzielczej, równoczesnych obserwacjach spektroskopowych wielu obiektów oraz uprawia fotometrię i radiowe techniki obserwacji. Przedmiotem obserwacji są wszystkie rodzaje gwiazd, planety, komety, galaktyki i materia międzygwiazdowa we wszystkich jej formach oraz odległe radioźródła i kwazary. W McDonald odkryto wiele fundamentalnych cech gwiazd i materii międzygwiazdowej, materię międzyplanetarną i międzygalaktyczną, wiele satelitów planet i ich atmosfery, polaryzację światła gwiazd i ciał Układu Słonecznego. Tu powstał system fotometryczny UBV, wprowadzono ultraszybką fotometrię i pomiary średnic gwiazdowych metodą zakryć gwiazd przez Księżyc. Tu dokonano pierwszych laserowych pomiarów do Księżyca i prowadzono naziemne przygotowania do badań wielu planet z pojazdów kosmicznych.

Po przeszło 50 latach istnienia można powiedzieć, że w pełni spełniła się nadzieja i życzenie Otto Struve'go, wyrażone w Jego przemówieniu inauguracyjnym w dniu 5 maja 1939, aby Obserwatorium McDonalda stało się *one of the great centers of research where the cultural treasures of the word are preserved and enriched.* To Obserwatorium jest od wielu lat wielkim i ważnym centrum życia i badań astronomicznych na świecie. **(aw)**

Zdjęcia zaczerpnięto z broszury „McDonald Observatory", the University of Texas of Austin, 1986.



„BO PÓJDZIESZ DO CZARNEJ DZIURY!", czyli popularyzacja astronomii po amerykańsku

Ewa Kuczawska

W numerze 1/94 „PA" mogliśmy przeczytać felieton p. Kuczyńskiego traktujący o znajomości (czy raczej nieznajomości) astronomii w polskim społeczeństwie. Wynika z niego, że poziom wiedzy astronomicznej maleje z pokolenia na pokolenie!

Z racji swojej pracy dydaktycznej w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie, oraz przy okazji oprowadzania wycieczek po Obserwatorium Astronomicznym na Suhorze, mam okazję stykać się z zaciekawieniem kosmosem wśród „nieprofesjonalistów"; ludzie palą się do zobaczenia gwiazd przez teleskop, wyobrażając sobie, że ujrzą je „w powiększeniu", tzn. jako tarcze, wraz ze szczegółami powierzchni i z dużym zawodem przyjmują informację, że niestety teleskop nie daje takiej możliwości...

Szczególnie „głodne" wiedzy astronomicznej są dzieci między 10 a 14 rokiem życia. Potem, większości z nich jakoś ten bakcyl przechodzi. Być może jest to prawidłowością psychologiczną, a być może winę ponoszą rodzice i nauczyciele, którzy nie potrafią rozwinąć zainteresowań, a co więcej, częstokroć sami mają kłopoty z rozróżnieniem obserwatorium od planetarium, albo w dobrej wierze pytają kompetentnego astronoma o... horoskop.

Nawet ludzie mieszkający pod Suhorą mają słabe wyobrażenie o obserwatorium na szczycie. Pamiętam zabawny dialog z góralem z Poręby Górnej:

– A nie boi się panienka samej po lesie chodzić?

– Tu jest obserwatorium astronomiczne, ja tam pracuję...

– I co, misioncek widać???

Podobno niektórzy górale podejrzewali, że tak naprawdę na Suhorze w fundamencie kopuły zbudowano silos wyrzutni rakietowej, a ten cały teleskop to tylko dla niepoznaki... Nie prowadziłam dokładnej statystyki, ale osobiście nie przypominam sobie żadnej wycieczki szkolnej z którejś z pobliskich wiosek, choć pamiętam klasy przyjeżdżające z miast czasem nawet tak oddalonych jak Gdańsk czy Szczecin...

Kiedyś zdarzyło mi się, że gdzieś przygodnie zapytana o zawód, odpowiedziałam: „Astronom", na co usłyszałam: „Jaki to świetny fach!..." Dumna mina trochę mi zrzedła, gdy rozmówczyni uzasadniła swój entuzjazm: „...bo i najeść się można, i do domu coś przynieść..." Oczywiście, astronomia pomyliła jej się z GASTRONOMIĄ! Skądinąd, ma kobieta rację, fotonami się nie najesz, do domu nie zaniesiesz...

„Astronomiczna ignorancja" to nie tylko polska specjalność; opowiadał mi zaprzyjaźniony Holender, jak w przedziale wagonu kolejowego współpasażer dowiedziawszy się, że ma do czynienia z kimś zajmującym się astronomią, które to słowo w języku niderlandzkim wywodzi się od słowa „gwiazda", bardzo uradował się i zaczął dyskusje o gwiazdach, tyle że ... filmowych!

Trochę smutne te anegdotki, bo pokazujące, że nauka idzie swoją drogą, a świadomość społeczna swoją...

W styczniu br., na zjeździe Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego, w Waszyngtonie, z zainteresowaniem przeczytałam plakat poświęcony Katalogowi Miskoncepcji Astronomicznych. Jego autorem był profesor N. F. Comins z University of Maine (z Orono, w stanie Maine), badający współczesne miskoncepcje (tzn. błędne wyobrażenia, mylne pojęcia) z zakresu astronomii. Swoją analizę przeprowadził on na grupie 496 studentów rozpoczynających naukę na wykładanym przez niego kursie „Wstępu do Astronomii". Z odpowiedzi na pytania ankietowe sporządził on listę aż 553 często powtarzających się oddzielnych miskoncepcji.

Przytoczę tu kilka dla przykładu, podając w nawiasach ilość studentów utrzymujących dany pogląd:

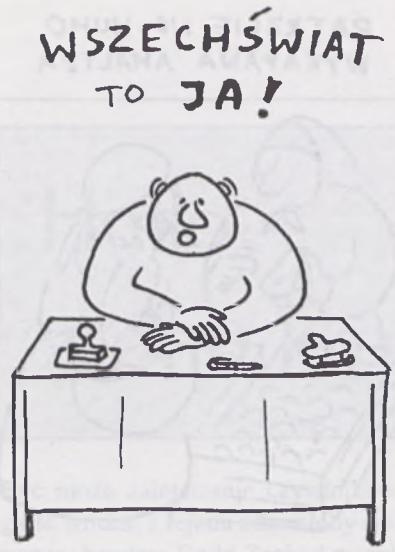
– „Spadające gwiazdy" to gwiazdy poruszające się z wielką prędkością przez Wszechświat, czasem przeszywające nasze niebo (68)

– Latem jest cieplej, bo wówczas Ziemia jest bliżej Słońca (94)

– W ciągu pełnego miesiąca możemy oglądać Księżyc ze wszystkich stron (95)

– Gwiazda Polarna jest najjaśniejsza na niebie (48).

Wypełniając ankiety, studenci wiedzieli, że dotyczą one badań nad astronomicznymi miskoncepcjami, ale nie wiedzieli które ze zdań testu są prawdziwe, a które fałszywe. W rzeczywistości wszystkie zdania były fałszywe, czego zresztą żaden z nich nie zauważył. W każdym przypadku gdy student nie zgadzał się z którymś z zamieszczonych zdań, był on proszony o napisanie własnego poglądu na daną kwestie, co często owocowało wykryciem kolejnych mylnych koncepcji. Np. zdanie „Pierścień Saturna jest sztywną bryłą" bywało zamienione na: „Pierścień Saturna jest gazowy"; zdanie „Plamy na Słońcu powstają od upadku meteorytów" na: „Plamy na Słońcu to małe, powierzchniowe eksplozje". Jeden ze studentów „poprawił" zdanie „Słońce jest w centrum Galaktyki" na: „Ziemia jest w centrum Galaktyki". Po etapie zbierania materiału, Comins przystąpił do poszukiwania genezy błędnych poglądów na drodze rozmów ze studentami, co pozwoliło na wyodrębnienie „działów" w jego katalogu.

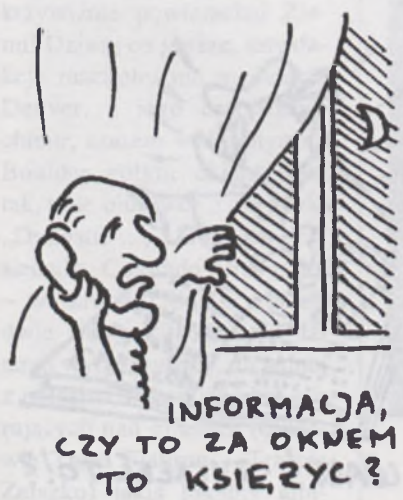


Osobiste Kosmologie

Część mylnych koncepcji wywodzi Comins z błędów „Osobistej Kosmologii", jaką każdy w sobie nabudowywuje od najmłodszych lat na swój własny użytek, myśląc o życiu, Ziemi i Wszechświecie. Gdy napotykamy na nowe pytanie dotyczące Kosmosu, to w pierwszym momencie szukamy odpowiedzi w naszej „Osobistej Kosmologii", twierdzi Comins. Np. zapytani o położenie Ziemi względem Drogi Mlecznej, możemy odpowiedzieć, że Ziemia leży w centrum, na zewnątrz, lub może w którymś z ramion spiralnych Galaktyki (naprawdę jest to w połowie drogi między centrum a obserwowanym brzegiem Galaktyki, pomiędzy dwoma ramionami spiralnymi). Jeszcze lepszym przykładem jest to, jak wyobrażamy sobie „astronomiczne odległości": znaczna większość ludzi zaniża dystanse i prędkości galaktyk czy gwiazd, i nic w tym dziwnego, bowiem ludzie dysponują tylko ludzkim, czyli ziemskim (nieliczni także okołoziemskim) doświadczeniem.

Obserwacje

Drugie źródło mylnych koncepcji to niedokładne lub niekompletne własne obserwacje. Przykładami są tu stwierdzenia że „Księżyc świeci", albo że „Gwiazdy szybko zmieniają swoją jasność, mrugają", czy też pogląd reprezentowany przez 59 studentów, jakoby wszystkie gwiazdy miały ten sam kolor (zwykle podawany był biały). Biorąc pod uwagę turbulencje atmosfery i prawie punktowy obraz gwiazd, wcale nie zaskakuje, że nie zauważyli oni kolorów gwiazd, zwłaszcza jeśli świadomie ich nie wypatrywali. Dodatkowym czynnikiem jest też niedoskonałość naszych zmysłów, które w dodatku mają własną charakterystykę czułości, wskutek której np. dzieci rysując Słońce zwykle używają żółtej kredki, choć w rzeczywistości Słońce ma maksimum emisji w zakresie zielono–niebieskim. Przypomnijmy tu też, że przez wieki utrzymywał się pogląd, popierany naocznymi obserwacjami, jakoby Słońce i planety obiegały Ziemię. Wracając do studentów prof. Cominsa, 10-ciu z nich uważało na podstawie własnych, wyrywkowych obserwacji, że te same gwiazdozbiory można oglądać na niebie przez cały rok; 7-miu twierdziło, że planety nie są dostrzegalne gołym okiem, trzech uważało, że w przeciwieństwie do Słońca, Księżyc wschodzi codziennie wieczorem i zachodzi rano.



Terminologia

Czasem do nieporozumień może prowadzić terminologia astronomiczna, używająca słów z życia codziennego, takich jak: „ogon" komety, „spadająca gwiazda", „pierścień" Saturna. Przykładowo, „supernowa" to w sposób samonarzucający się po prostu większa nowa; „czarna dziura" to pewnie płaski lejek, do którego obiekty wpadają z góry, „pulsar" to pewnie jakaś pulsująca gwiazda, itd. 14–tu ankietowanych uważało, że czerwone gwiazdy to te najgorętsze, a to dlatego, iż w życiu codziennym widzieli oni rozgrzane do czerwoności węgle lub metalowe spirale (niestety, nie mieli okazji widzieć żelaza rozgrzanego do żółtości, albo do białości). Pokrewną grupę stanowią błędy definiowania; np. aż 45-ciu ankietowanych przyznało, że w ich pojęciu Galaktyka, System Słoneczny i Wszechświat to tylko wymienne pojęcia, oznaczające w gruncie rzeczy to samo! Podobnie, źle rozumiane bywają pojęcia gwiazdozbioru (przypominają mi się tu słowa jednej z piosenek Grechuty „.... i z gwiazdozbioru Wegi..."), meteoru i meteorytu, i in.

Logika

Kolejna kategoria to błędne uzasadnianie, np. przypisywanie kometom napędu odrzutowego na podstawie zdjęć ogonów komet; czy też utrzymywanie, że w przestrzeni kosmicznej nie ma sił grawitacji, bowiem kosmonauci znajdują się w stanie nieważkości, itp. Uzasadnianie może też być poprawne, ale niekompletne. (Ten „grzech" przytrafia się nawet zawodowcom; czasem gdy problem jest zbyt złożony by go wyliczyć „na odwrocie koperty", to się go wtedy upraszcza „machając rękami", albo zaniedbując dalsze

wyrazy w równaniu, a po drodze rozmijając się z prawdą.)

Następnym winowajcą bywa zbytnie uogólnianie, ekstrapolacja. Przykładowo pogląd o istnieniu twardej skorupy na Jowiszu. Nawet gdy studenci zostali poinformowani, że powierzchnia Jowisza jest ciekła, to większość z nich od razu wyobraziła sobie oceany pełne ...wody, a nie ciekłego wodoru czy helu. Podobnie, słowo „księżyc" automatycznie kojarzy się ze sferyczną bryłą, gdy tymczasem przynajmniej 35, czyli około połowa spośród znanych nam księżyców bardziej przypomina nieforemne kartofle. Przeciwieństwem zbytniego uogólniania jest zbytnie wyróżnianie Ziemi, Księżyca i Słońca, które także prowadzi do błędów, takich jak np. wiara, że fazy Księżyca oraz kratery widoczne na jego powierzchni są fenomenem niepowtarzalnym nigdzie indziej, albo że woda i atmosfera to atrybuty wyłącznie Ziemi.

Kolejną kategorią jest wiara w niezmienność Wszechświata, między innymi pogląd utrzymywany przez 36-ciu studentów jakoby gwiazdy były wieczne, zawieszone nieruchomo w przestrzeni (pogląd 7-miu studentów) i nie zmieniające swoich rozmiarów (4–ech studentów). Kilkoro studentów uważało, że dzień zawsze miał i będzie miał długość 24 godzin.

Autorytety

Kolejnym winowajcą jest przyjmowanie wiedzy „na wiarę", z ust różnych autorytetów. Przypomnę tu, że rozwój fizyki znacznie się opóźnił za „zasługą" autorytetu Arystotelesa i jego koncepcji siły (wprost proporcjonalnej do masy i prędkości obiektu na który działa). Potrzeba było odwagi, aby wykonać proste doświadczenie i zaprzeczyć wielkiemu Arystotelesowi. (Inny przykład to ilość nóg u muchy – prawdopodobnie któryś z ręcznych „kopiarzy" dzieł Arystotelesa popełnił błąd w przepisywaniu, podając liczbę 8. Potem już przez wieki mnichowie powielali ten błąd, choć wystarczyło przecież świadomie spojrzeć na pierwszą lepszą muchę!) Bardziej współczesny przykład, już z dziedziny astronomii, to powszechnie powtarzana informacja jakoby najdalszą planetą Układu Słonecznego był Pluton. Było to prawdą, ale tylko do roku 1978, kiedy to wskutek dużej eliptyczności orbity, Pluton zbliżył się do Słońca bardziej niż Neptun. (Kolejna zmiana miejsc nastąpi w roku 2000). Podobnie, powszechne jest mniemanie, że w ciągu roku Słońce przemieszcza się na tle 12 gwiazdozbiorów, zwanych zodiakalnymi. W rzeczywistości, na swojej drodze Słońce mija też trzynasty gwiazdozbiór – Wężownika (pomiędzy Skorpionem a Strzelcem).

Edukacja religijna

Ale jak to mówią, „wróćmy do naszych baranów", za przeproszeniem, ankietowanych studentów. Czasem jako źródło mylnych koncepcji wskazywali oni na swoją edukację religijną. Przykładem jest tu wiara 20–tu studentów w to, że wszystkie gwiazdy powstały jednocześnie, albo że Ziemia i życie powstały w ciągu kilku zaledwie dni. Ciekawy był religijny kontekst astronomicznej hipotezy „czarnej dziury"; niektórzy studenci z rodzin katolickich stwierdzili, że rodzice straszyli ich, że mogą być zesłani do czarnej dziury, jeśli nie będą się przyzwoicie zachowywać. Niektórzy utrzymywali wiarę, że czarne dziury są miejscem we Wszechświecie dla upadłych aniołów (diabłów). Kolejna grupka studentów twierdziła, że czarne dziury to miejsce gdzie przebywają duchy nienarodzonych niemowląt. Trudno zaliczyć te i podobne poglądy do mylnych koncepcji astronomicznych, bowiem nauka nie jest w stanie ani ich obalić ani potwierdzić.

Science–fiction

Dwukrotnie częściej niż na edukację religijną, studenci wskazywali na literaturę i filmy science–fiction, jako na źródło swoich błędnych poglądów astronomicznych. Przyznać w tym miejscu należy, że zdarza się czasem, że jakaś idea rodem z science–fiction, później staje się faktem naukowym. Na ogół jednak jest inaczej: science–fiction łamie dowiedzione już prawa przyrody. Przykładowo: chociaż przestrzeń kosmiczna jest oazą ciszy (bowiem fale dźwiękowe nie mają w czym się propagować), to mimo to, przy kręceniu filmów science–fiction rzesze specjalistów od efektów dźwiękowych mają ręce pełne roboty... Inny przykład: to w jaki sposób przedstawiono „pole asteroidów" w filmie „Imperium kontratakuje" (seria Gwiezdnych Wojen) utrwala się w umyśle widza i przenosi na jego wyobrażenie pasa asteroidów w Układzie Słonecznym. To głównie za przyczyną science–fiction i książek pseudo popularno–naukowych 23-ech studentów prof. Cominsa wierzyło, że obecnie na Marsie jest życie. Pięciu ankietowanych było przekonanych, że kanały na Marsie zostały zbudowane przez inteligentne istoty, a kilku wierzyło, że można podróżować w czasie i w przestrzeni, „wystarczy tylko wejść do czarnej dziury".

Media

Do złej popularyzacji wiedzy astronomicznej przyczyniają się też środki masowego przekazu w ogóle, będąc zbyt wybiórczymi i upraszczając zbyt wiele. Częściowo jest to wymóg rynku (zwłaszcza amerykańskiego) – aby gazeta codzienna dobrze się sprzedawała, artykuły nie mogą być męczące, tzn. zbyt długie lub zbyt trudne.

Aby zakończyć ten męczący, bo zbyt długi artykuł, przytoczę jeden optymistyczny wniosek z badań prof. Cominsa. Otóż okazało się, że wszystkie grupy słuchaczy proszone w pierwszym dniu kursu „Wstępu do Astronomii" o wypełnienie ankiety i następnie przedyskutowanie własnych mylnych koncepcji astronomicznych, znacznie uważniej śledziły wykłady i wypierały swoje wcześniej utrwalone, błędne poglądy nowo nabywanymi, niż grupy „kontrolne" słuchaczy, którzy takiej metakognitywnej autoanalizy nie przeprowadzili!

Dla polskich nauczycieli, którzy chcieliby wypróbować tego oryginalnego podejścia przy nauczaniu astronomii, podaję adres poczty elektronicznej samego autora ankiety: galaxy at maine.maine.edu.

Ewa Kuczawska

Kaczor Donald i Myszka Miki

Także komiksy i kreskówki potrafią zniszczyć intuicje pewnych praw fizyki. Zauważmy na przykład, jak pokazywane jest spadanie w przepaść czarnych charakterów w większości kreskówek: najpierw postać wisi w powietrzu przez sekundę lub dwie (pewnie aby młoda widownia i czarny charakter zdali sobie sprawę z zaistnienia nowej sytuacji) po czym postać spada – ze stałą, choć dużą prędkością – pionowo w dół! Nawet jeśli czarny charakter miał pewną początkową poziomą składową prędkości przed upadkiem w przepaść, to i tak runie on pionowo w dół, a nie po krzywej parabolicznej, jakby chciała współczesna fizyka...

Hallo z dna krateru

Być może zainteresuje czytelników Postępów Astronomii garść wrażeń z rejonu zdawałoby się nie związanego z astronomią, bowiem Dziki Zachód raczej kojarzy nam się (i słusznie!) z Indianami i kowboyami.

Boulder

Przez dziesiątki lat głównym bogactwem zachodnich stanów, jak na przykład Colorado, były kopalnie, w szczególności kopalnie złota. Obecnie w Colorado większym bogactwem jest „yuppie industry", czyli „przemysł intelektualistów". Rozpoczynamy naszą wędrówkę właśnie od takiego „zagłębia umysłowego" jakim niewątpliwie jest niewielkie (liczące sobie sto kilkadziesiąt tysięcy mieszkańców) miasto Boulder, w którym głównym pracodawcą jest softwerowa filia IBM. Słowo „boulder" znaczy po angielsku „głaz", a również „wspinać się bez ubezpieczenia". Nazwa miasta jest bardzo trafna, bowiem Boulder leży tuż u podnóża Gór Skalistych. Dawny lokalny poeta, T. H. Ferril, opiewał uroki tego miejsca pisząc o satysfakcji jaką odczuwa, kiedy wychodzi na swój ganek i rozgląda się mając za plecami Góry Skaliste:

„Wiem, że gdyby tylko moje oczy były wystarczająco silne, to mógłbym widzieć i Kanadę, i Meksyk, i Ocean Atlantycki, bowiem z tego punktu nic nie przesłania mi widoku poprzez prerie..." Oczywiście, poeta rozmarzył się i zapomniał o ... krzywiźnie powierzchni Ziemi! Dzisiaj co gorsze, satysfakcję mąciłoby mu niedalekie Denver, z jego drapaczami chmur, czasem widocznymi z Boulder gołym okiem (tak, tak, to te biurowce z czołówki „Dynastii"...). Boulder jest siedzibą Colorado University – w skrócie CU. Te właśnie dwie litery kilkadziesiąt lat temu wyrył wysoko, na jednej z potężnych płaskich skał górujących nad miastem (o nazwie Third Flatiron – Trzecie Żelazko) jakiś lokalny alpinista–patriota. Gdyby wydarzyło się to obecnie, to taki śmiałek mógłby nie przeżyć ataku proekologicznie nastawionego tłumu czekającego na niego na dole...

Campus

Miasteczko uniwersyteckie wyraźnie odcina się od miasta oryginalną architekturą – kilkupiętrowe budynki zostały wszystkie zbudowane przy użyciu żółtawo-różowego piaskowca i pokryte czerwonymi dachami, podczas gdy reszta miasta to typowe dla Stanów niewysokie, drewniane wille.

Nad uniwersytetem górują dwie bliźniacze wieże – jedna okupowana przez astrofizyków (słynna JILA), a druga przez fizyków[1]. Wieże łączą się ze sobą poprzez dwupiętrowy budynek (mieszczący m. in. Instytut Badań Planetarnych oraz dużą, wspólną bibliotekę), na dachu którego jest małe obserwatorium m. in. do celów dydaktycznych, widoczne na pierwszej fotografii. Na tej samej fotografii po lewej stronie widać dźwig, który w błyskawicznym tempie buduje nowe pomieszczenia dla profesora CU – Toma Cecha, zdobywcy nagrody Nobla i założyciela przedsiębiorstwa Ribozyme Pharmaceuticals. Łączenie badań naukowych z działalnością komercyjną jest na porządku dziennym w CU. Między innymi, to właśnie University of Colorado „maczał palce" w projekcie satelity ogłoszeniowego, o którym pisałam w numerze 2/94 „Postępów Astronomii", na stronie 79. Ale też oczywiście nie zapomina się tu o badaniach podstawowych (Układu Słonecznego, gorących gwiazd, aktywnych jąder galaktyk i in.).

Miasteczko ma też własne, spore planetarium z białym, kulistym dachem, pokrytym geometrycznym wzorem, do

[1] Oj, czy to przypadkiem nie ma coś wspólnego z klasyczną już grą komputerową „Boulder Dash" ?

Fot. 1. Widok z wieży JILA na bliźniaczą wieżę fizyków oraz na kopułę obserwatorium.

Fot. 2. Miasteczko uniwersyteckie, w tle – biała czasza planetarium.

złudzenia przypominającym gigantyczną piłeczkę golfową (widać go w tle drugiej fotografii). Do planetarium łatwo trafić – wystarczy tylko podążać za... planetami, bowiem jeden ze studentów wybudował model Układu Słonecznego, mieszczący się w obrębie uniwersytetu. Są to czarne, marmurowe słupki, z tabliczkami podającymi podstawowe parametry fizyczne dla każdej z planet. Słupki są ustawione proporcjonalnie do rzeczywistych odległości kolejnych planet od Słońca, przy czym rola Słońca przypadła samemu planetarium.

Zaćmienie Słońca

10 maja 1994 r., już od dziewiątej rano wokół planetarium zaczął się zbierać tłumek ludzi chętnych do obejrzenia częściowego zaćmienia Słońca. (To samo zaćmienie wypadało w Polsce w godzinach wieczornych). W Boulder pogoda dopisała znakomicie, czego zresztą można się było spodziewać po bardzo suchym, kontynentalnym klimacie Colorado. Nawet do tak prostych instrumentów do projekcji obrazu Słońca jak np. pudełko po butach z dziurką nakłutą szpilką – zaczęła się ustawiać kolejka. W końcu ktoś zademonstrował jeszcze mniej technologicznie zaawansowany sposób projekcji – wystarczy skrzyżować własne, płasko rozpostarte dłonie zostawiając maleńką przestrzeń miedzy palcami, no i „rzucić" obraz promieni przechodzących przez nasze ręce – wprost na chodnik. I co widać? Ano widać tarcze Słońca z niezauważalnie wolno nasuwającym się na nią czarnym krążkiem Księżyca. Cóż to był za ubaw! Dzieci zaraz wykryły, ze podobny efekt dają drzewa z gęstym listowiem i biegały od jabłonki do jabłonki śledząc przebieg zaćmienia. Jeszcze inni próbowali metod sprawdzonych w starożytnej Azji, tzn. obserwacji tarczy Słońca odbijającej się w tafli wody nalanej do kuwety – ponieważ tylko część z promieni padających odbija się i trafia do oka obserwatora, to Słońce nie razi tak jak gdybyśmy je obserwowali bezpośrednio! Około dziesiątej rano, pomimo upalnie zapowiadającego się dnia, ochłodziło się nieco... No tak, nic dziwnego, przecież już ponad połowa tarczy Słońca jest zakryta! Także światłocienie jakby złagodniały... Fotografia trzecia przedstawia zaćmienie widoczne o godzinie 10:20. Posługiwałam się aparatem fotograficznym z automatycznym doborem czasu ekspozycji, co zaowocowało prześwietleniem tarczy Słońca, i tylko z refleksów (ale efekt jest bardzo ciekawy w porównaniu do pozostałych wykonanych przeze mnie zdjęć) można się przekonać, że zaćmienie jest w tym czasie w pobliżu maksymalnej fazy. Jeszcze tego samego dnia, media podały, że było to zaćmienie śledzone przez największą liczbę obserwatorów w dziejach ludzkości: około 300 mln ludzi! Było to głównie spowodowane tym, że pas zaćmienia przebiegał przez szereg gęsto zaludnionych obszarów – Europę i kilka metropolii amerykańskich...

Kopuła czy krater?

Po zaćmieniu, z Boulder w Colorado, wyprawiamy się na „jeszcze dzikszy zachód" – do sąsiedniego stanu Utah. Szosa biegnie przez piękne, bardzo słabo zaludnione tereny. Od czasu do czasu drogę przesłania wędrująca wydma piasku, albo „tumble weed" – „toczący się chwast" – roślina sferyczna w pokroju, która dzięki wiatrowi potrafi wędrować szereg mil, rozsiewając po drodze swoje nasiona. No proszę, czyli już ktoś przed człowiekiem wynalazł koło!

W końcu przybywamy do Parku Narodowego Canyonlands, a precyzyjniej do jego części o poetyckiej nazwie „Island In The Sky" – Wyspa na Niebie. Nazwa oddaje charakter miejsca, bowiem jest to wysoki płaskowyż, połączony z resztą parku tylko poprzez wąską serpentynkę drogi – The

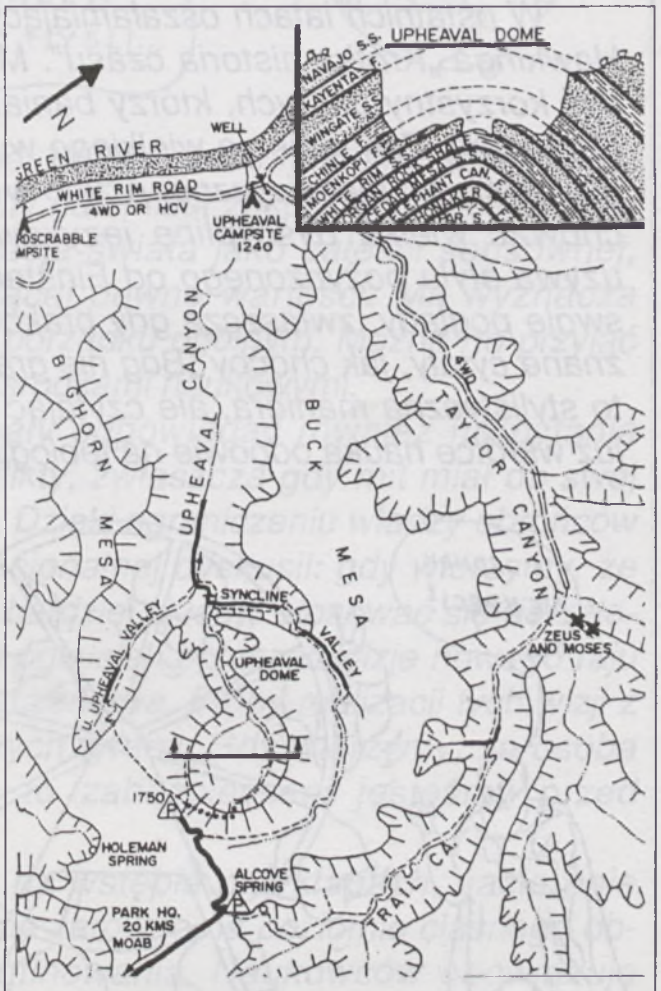
Fot. 3. Częściowe zaćmienie Słońca sfotografowane w Boulder 10 maja 1994r, ok. 10:20 tamtejszego czasu.

Fot. 4. Stojąc nad czeluścią krateru... Na środku – stożek zerodowanego materiału. Po lewej stronie widać fragment szlaku wiodącego po dnie krateru.

Neck (Szyja). Stąd jeszcze kilka mil asfaltówką i docieramy do podnóża ...Wielkiej Kontrowersji Geologicznej. Z plastikowej mapy parku odczytuję współrzędne geograficzne, podane z myślą o turystach posługujących się nawigacyjnym instrumentem GPS – Geographical Positioning System, wykorzystującym sygnały od specjalnego satelity okołoziemskiego, (rzecz bardzo przydatna w warunkach ogromnych, rzadko zaludnionych połaci USA): 109°56' długości wschodniej i 38°27' szerokości północnej. Nazwę tego miejsca – „Upheaval Dome" – możnaby chyba przetłumaczyć jako „Wypiętrzoną Kopułę". Z butlami napełnionymi kilkoma litrami pitnej wody idziemy jej na spotkanie, startując z wysokości 1750 m. npm. Po prawej stronie zostawiamy obły kształt Whale Rock – Wielorybiej Skały, który układa się koncentrycznie z celem naszego marszu... Po krótkiej wspinaczce już jesteśmy na szczycie, gdzie okazuje się, że Kopuła nie wygląda jak kopuła, lecz raczej jak ogromny krater, w centrum którego zerodowany materiał układa się w nieregularny stożek (fotografia czwarta). Punkt widokowy zaopatrzony jest w dwie identyczne tablice wyjaśniające widok przed nami. Lecz chociaż tablice wyglądają identycznie, to jednak znacznie różnią się w treści, tak więc turysta zmuszony jest do myślenia. Na pierwszej czytamy: „Przed nami rozpościerają się fantastycznie zdeformowane zwały skał, tworzące krater o całkowitej średnicy ok. 8 km i głębokości ok. 450 m. Zostały one wypiętrzone przez pokłady soli (z warstwy o nazwie Paradox Formation), wskutek tego, iż sól pod ciśnieniem „płynie", tzn. jest niestabilna, bowiem jest lżejsza od skał powyżej niej. Po wypiętrzeniu, kopuła erodowała na skutek czynników atmosferycznych, formując krater o obecnym kształcie".

Z drugiej natomiast tablicy możemy wyczytać: „Pomiędzy 150 a 60 milionów lat temu, meteoryt o średnicy ok. 500 metrów uderzył w tym miejscu o powierzchnię Ziemi. Otaczające krater obniżenie w kształcie pierścienia oraz zbiegająca się do środka wewnętrzna struktura warstw skalnych odpowiadają dokładnie znanym strukturom uderzeniowym. Środkowy stożek oraz analizy mikroskopowe także potwierdzają pochodzenie zderzeniowe." Obie tablice przedstawiają też jednakowe zdjęcia lotnicze krateru, z których widać, że tak naprawdę, to mamy do czynienia z szeregiem koncentrycznych wałów, przypominających kręgi rozchodzące się po wodzie – pewne wyobrażenie o tym daje też mapka którą załączam wraz ze schematem przekroju poprzecznego przez skały. Wyznam, że mnie osobiście bardziej przekonuje hipoteza o kosmicznym pochodzeniu tego krateru; pokłady soli i związane z nią wypiętrzenia są rozsiane po całym parku narodowym, czemu więc tylko w jednym miejscu miałyby one przyjąć tak niezwykle regularny kształt? Zresztą możliwe, że obie hipotezy są słuszne: najpierw spadł meteoryt, zaburzył równoległość warstw skalnych, po czym sól miała którędy przeciskać się do góry, a dodatkowym czynnikiem gmatwającym obraz była niewątpliwie erozja. Ale ostateczny osąd w tej skalnej materii pozostawiam samemu Czytelnikowi...

Ewa Kuczawska
(zdjęcia autorki)

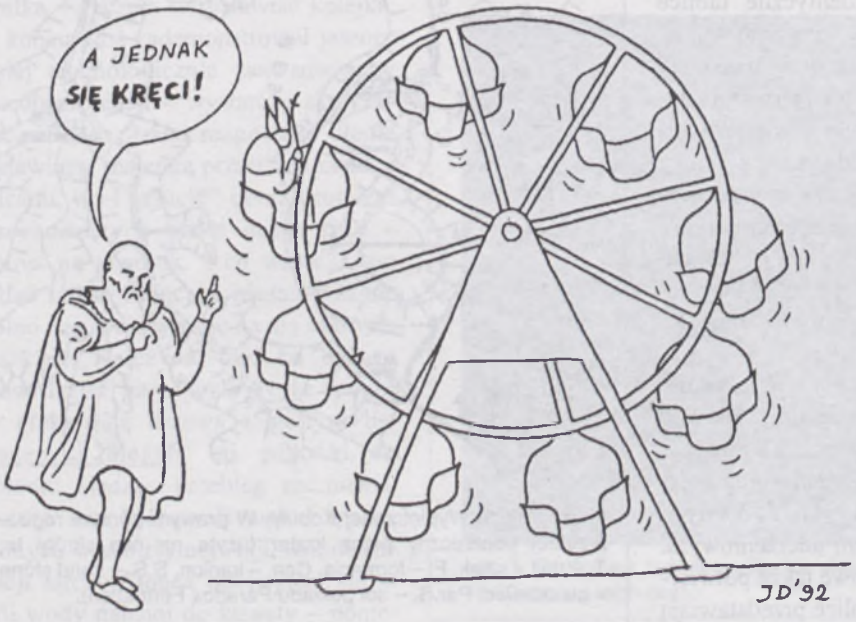


Mapa Rejonu Wypiętrzonej Kopuły. W prawym górnym rogu – przekrój poprzeczny przez krater (użyte na nim skróty to: T. – trail = szlak, F. – formacja, Can. – kanion, S.S. – sand stone = piaskowiec, Par.S. – sól pokładu Paradox Formation).

NAUKA I MITY

Kilka lat temu do Sądu Najwyższego Stanów Zjednoczonych wpłynęła petycja podpisana przez większość amerykańskich laureatów Nobla. W ten sposób społeczność naukowa zabrała głos w sprawie, która nieoczekiwanie dotarła aż tak wysoko. Sąd Najwyższy miał zdecydować, czy teoria ewolucji Darwina jest częścią religii zwanej „świeckim humanizmem", a tym samym czy jej nauczanie w szkołach publicznych nie jest sprzeczne z konstytucyjnym rozdziałem państwa od wszelkich kościołów. Przedstawiciele amerykańskiej konserwy religijnej zajmują czasem odwrotne stanowisko i twierdzą, że „kreacjonizm" to równie dobra nauka co teoria ewolucji i dlatego na równi z nią winien być w szkołach wykładany. Chciałbym podkreślić różnice między tymi sprawami a słynnym „małpim procesem" Skopesa: tam chodziło o łamanie prawa zakazującego uczenia teorii Darwina jako sprzecznej z Biblią, tu o zatarcie różnicy między nauką a religią.

W ostatnich latach oszałamiający sukces wydawniczy odniosła książka Hawkinga „Krótka historia czasu". Martwi mnie, że wpływ tej książki może być korzystny dla tych, którzy banialuki kreacjonistów stawiają na równi z Darwinem. Zagadnienie wielkiego wybuchu prowokuje bowiem liczne pytania fizyczne i metafizyczne, przeto w rozważaniach na jego temat warto zachować wielką dyscyplinę językową. Tymczasem Hawking swobodnie używa stylu pożyczonego od Einsteina, który zwykł był przypisywać Bogu swoje poglądy, zwłaszcza gdy brakowało mu ich uzasadnienia. Stąd liczne znane cytaty, jak choćby „Bóg nie gra w kości". Sądzę, że dla Hawkinga jest to stylistyczna maniera, ale czytając go można łatwo odnieść wrażenie, że już wkrótce nauka odpowie na teologiczne pytania.



Rozwój współczesnej nauki był związany z rozdzieleniem pytań metafizycznych i naukowych. Jeszcze dla Newtona Bóg był niezbędnym elementem filozofii naturalnej, lecz sukcesy jego fizyki spowodowały klęskę jego filozofii. Bóg newtonowski, bezpośrednio obecny we Wszechświecie i nieodzowny dla jego istnienia zo-

stał powoli wyeliminowany i w najlepszym wypadku stał się Bogiem próżnującym, transcendentną inteligencją. Laplace, zapytany przez Napoleona o rolę Boga w jego systemie odpowiedział: „Panie, obyłem się bez tej hipotezy".

Rozdzielenie zagadnień naukowych i mitycznych wyszło na dobre obu stronom. W nauce interesujemy się pytaniami jak ? i dlaczego ? w sensie faktycznym, staramy się ustalić związki przyczynowe. Rezultaty są zawsze warunkowe i przypadkowe: gdy odkrywamy jakieś prawo, zawsze możemy sobie wyobrazić, że apriori mogłoby ono być inne. Wyniki nauki możemy analizować, krytykować, sprawdzać empirycznie. Mity natomiast zaspokajają inne ludzkie potrzeby. Ich zadaniem jest interpretacja świata jako całości sensownej, koniecznej, bezwarunkowej i realizującej pewne wartości. Mit wyznacza miejsce poszczególnym jednostkom w porządku ogólnym. Można go przyjąć lub odrzucić, ale niepodobna dowodzić środkami naukowymi.

Historyczne mity z reguły usiłowały odpowiadać również na pytania naukowe, co prowokowało liczne konflikty, zwłaszcza gdy mit miał do swej dyspozycji strażnika w postaci kościoła. Dzięki ograniczeniu władzy obrońców mitu rozszerzyła się sfera dostępna racjonalnej dyskusji: gdy wierzymy, że epidemia nie jest karą boską, jesteśmy bardziej skłonni stosować się do zaleceń higieny. Naukowcy czasami ulegali pokusie i ogłaszali wizje nowego raju opartego na naukowej organizacji społeczeństwa. Próby realizacji tych wizji z reguły prowadziły do powstania ponurych tyranii. Gdy wierzymy, że osoba ludzka jest wartością nierelatywną, to zabezpieczeni jesteśmy przed pomysłami eugeników.

Jak widzimy w dwóch opisanych na wstępie przykładach, zacieranie granicy między nauką i mitami zdarza się zarówno na poziomie ciasnego obskurantyzmu, co intelektualnego wyrafinowania. Naukowców obowiązuje metafizyczna asceza. Warto o tym pamiętać w działalności popularyzatorskiej.

Piotr Amsterdamski

postępki astronomów

postępy astronomii

1994

STYCZEŃ – MARZEC, strony 1– 48 ZESZYT 1
KWIECIEŃ – CZERWIEC, strony 49 – 96 ZESZYT 2
LIPIEC – WRZESIEŃ, strony 97 – 144 ZESZYT 3
PAŹDZIERNIK – GRUDZIEŃ, strony 145 – 192 ZESZYT 4

INDEKS DO TOMU 42

TYTUŁY

Artykuły

Aktywne jądra galaktyk, *Piotr Życki*, 162
Bombardowanie Jowisza, *Andrzej Woszczyk*, 100
Chrońmy niebo, *Andrzej Woszczyk*, 74
Gwiazdy kataklizmiczne zwane nowymi, *Michael Friedjung*, 113
Kosmologia, czyli miejsce człowieka we Wszechświecie, *Virginia Trimble*, 150
Na co dzień i w astronomii (wszystko o czasie), *Kazimierz M. Borkowski*, 15
O czarnych dziurach w ogólności i najnowszych kandydatach w szczególności, *Michał Czerny*, 35
Powstawanie i ewolucja struktur we Wszechświecie, *Radek Stompor*, 61
Prognozy słoneczne, *Jan Mergentaler*, 11
Rodzina krabów, *Joanna Mikołajewska, Hugo Schwarz*, 156
Wszechświat Mikołaja Kopernika, *Wilhelmina Iwanowska*, 4
Zderzenie komety z Jowiszem, *Grzegorz Sitarski*, 70
Życie we Wszechświecie, *Zbigniew Sołtys, T. Zbigniew Dworak*, 53

Pozostałe

Ahnighito, *Ewa Kuczawska*, 110
ASCA, *Piotr Życki*, 176
Astronomia ortogonalna, *Jerzy Kuczyński*, 46
Astronomia w KBN, Granty, 144
Bo pójdziesz do czarnej dziury, czyli... , *Ewa Kuczawska*, 184
Bolid Allende, *Ewa Kuczawska*, 110
Bolid nad Jerzmanowicami, *Krzysztof Włodarczyk*, 133
Bolid Tunguski, Ewa Kuczawska, 110
Bywa i tak ..., *Ewa Kuczawska*, 81
Cenniejsze niż złoto, *Jacek Drążkowski*, 110
Chrońmy niebo gwiaździste, *Jarosław Włodarczyk*, 73
Człowiek na Księżycu, *Ewa Janaszak*, 112
Drugi Zjazd Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego, *Andrzej Marecki*, 148
Duńska przygoda z Tychonem Brahe, *Małgorzata Śróbka – Kubiak, Mirosław Kubiak*, 88
Fachowcy w kosmosie, *Bożena Czerny*, 26
„G" i „D" na Jowiszu, *Andrzej Woszczyk*, 120
Gwiazdy się rodzą, *Joanna Mikołajewska*, 24
Hallo z dna krateru, *Ewa Kuczawska*, 187
Harlan J.Smith, *Andrzej Woszczyk*, 179
I ty możesz obserwować gwiazdy nowe, *Maciej Mikołajewski*, 117
Jak daleko stąd do Księżyca?, *Juliusz Domański*, 32
Jak wykrzesać dżet u Maxa Plancka, *Ewa Janaszak*, 48
Kamieniczka, *Bożena Czerny*, 41
Komputerowy atlas nieba, *Bożena Czerny*, 30
Koniec świata odroczony, *Ewa Kuczawska*, 81
Kosmiczna radość – planet przybywa, *Sebastian Soberski*, 80
Krater w Arizonie, *Ewa Kuczawska*, 111
Krater we Fromborku, *Jacek Drążkowski*, 111
Mapa kraterów ziemskich, *Ewa Kuczawska*, 111
Meteoryt Hoba, *Ewa Kuczawska*, 110
Meteoryty na Antarktydzie, *Ewa Kuczawska*, 110
Mikrometeoryty, *Ewa Kuczawska*, 110
Murchison, *Jacek Drążkowski*, 110
Nagroda im. Włodzimierza Zonna, *Robert Głębocki*, 45
Najdalsza galaktyka, *Bożena Czerny*, 69
Nauka i mity, *Piotr Amsterdamski*, 190
Nowa Cygni 1992, *Maciej Mikołajewski*, 120
Nowy obiekt transplutonowy w Układzie Słonecznym, *Andrzej Woszczyk*, 178
O nieruchomych galaktykach, *Konrad Rudnicki*, 94
Obserwatorium Astronomiczne McDonalda, *Andrzej Woszczyk*, 180
Odkrycie czarnej dziury w jądrze galaktyki M 87?, *Bożena Czerny*, 121
Orbitujący słup ogłoszeniowy, *Ewa Kuczawska*, 79
Plan nowych „gwiezdnych wojen", *Ewa Kuczawska*, 142
Pocztówka znad krawędzi, *Ewa Kuczawska*, 81
Polana w lesie Lymanna, *Bożena Czerny*, 81
Przyszłość i teraźniejszość CAMK, *Joanna Mikołajewska i Bożena Czerny*, 44
R 136, *Bożena Czerny*, 25
Snop światła z jądra aktywnej galaktyki, *Joanna Mikołajewska*, 24
Światła nad Ameryką, *Ewa Kuczawska*, 79
Tajemnicze pierścienie wokół supernowej 1987A, *Joanna Mikołajewska*, 154
Tajemnicze źródło rozbłysków rentgenowskich w gromadzie kulistej NGC 6624 zidentyfikowane, *Joanna Mikołajewska*, 23
Teleskop Hubble'a odsłania sekrety ewolucji galaktyk, *Bożena Czerny*, 31
Toruńskie Planetarium, *Andrzej Woszczyk*, 82
Wieża Braniborska, *Stanisław Wrona*, 135
Wpływ Księżyca, *Ewa Kuczawska*, 81
Wyższa ranga i prestiż Nagrody Młodych PTA, 96
Zanieczyszczenia radiowe, *Ewa Kuczawska*, 80
Zderzenie w Jerzmanowicach w oczach miłośnika astronomii, *Janusz Płeszka, Tomasz Ściężor*, 124
η Carinae, *Bożena Czerny*, 25

AUTORZY

Amsterdamski Piotr,
Nauka i mity, 190
Borkowski Kazimierz M.,
Na co dzień i w astronomii (wszystko o czasie), 15
Czerny Bożena,
Fachowcy w kosmosie, 26
Kamieniczka, 41
Komputerowy atlas nieba, 30
Najdalsza galaktyka, 69
Odkrycie czarnej dziury w jądrze galaktyki M 87, 121
Polana w lesie Lymanna, 81
Przyszłość i teraźniejszość CAMK, 44
R 136,25
Teleskop Hubble'a odsłania sekrety ewolucji galaktyk, 31
η Carinae, 25
Czerny Michał,
O czarnych dziurach w ogólności i najnowszych kandydatach w szczególności, 35
Domański Juliusz,
Jak daleko stąd do Księżyca?, 32
Drążkowski Jacek,
Cenniejsze niż złoto, 110
Krater we Fromborku, 111
Murchison, 110
Dworak T. Zbigniew,
Życie we Wszechświecie, 53
Friedjung Michael,
Gwiazdy kataklizmiczne zwane nowymi, 113
Głębocki Robert,
Nagroda im. Włodzimierza Zonna, 45
Iwanowska Wilhelmina,
Wszechświat Mikołaja Kopernika, 4
Janaszak Ewa,
Człowiek na Księżycu, 112
Jak wykrzesać dżet u Maxa Plancka, 48
Kubiak Mirosław,
Duńska przygoda z Tychonem Brahe, 88
Kuczawska Ewa,
Ahnighito, 110
Bo pójdziesz do czarnej dziury, czyli ..., 184
Bolid Allende, 110
Bolid Tunguski, 110
Bywa i tak ..., 81
Hallo z dna krateru, 187
Koniec świata odroczony, 81
Krater w Arizonie, 111
Mapa kraterów ziemskich, 111
Meteoryt Hoba, 110
Meteoryty na Antarktydzie, 110
Mikrometeoryty, 110
Orbitujący słup ogłoszeniowy,79
Plan nowych „gwiezdnych wojen", 142
Pocztówka znad krawędzi, 81
Światła nad Ameryką, 79
Wpływ Księżyca, 81
Zanieczyszczenia radiowe, 80
Kuczyński Jerzy,
Astronomia ortogonalna, 46
Marecki Andrzej,
Drugi Zjazd Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego, 148
Mergentaler Jan,
Prognozy słoneczne, 11
Mikołajewska Joanna,
Gwiazdy się rodzą, 24
Przyszłość i teraźniejszość CAMK, 44
Rodzina krabów, 156
Snop światła z jądra aktywnej galaktyki, 24
Tajemnicze pierścienie wokół supernowej 1987A, 154
Tajemnicze źródło rozbłysków rentgenowskich w gromadzie kulistej NGC 6624 zidentyfikowane, 23
Mikołajewski Maciej,
I ty możesz obserwować gwiazdy nowe, 117
Nowa Cygni 1992, 120
Płeszka Janusz,
Zderzenie w Jerzmanowicach w oczach miłośnika astronomii, 124
Rudnicki Konrad,
O nieruchomych galaktykach, 94
Schwarz Hugo,
Rodzina krabów, 156
Sitarski Grzegorz,
Zderzenie komety z Jowiszem, 70
Soberski Sebastian,
Kosmiczna radość – planet przybywa, 80
Sołtys Zbigniew,
Życie we Wszechświecie, 53
Stompor Radek ,
Powstanie i ewolucja struktur we Wszechświecie, 61
Ściężor Tomasz,
Zderzenie w Jerzmanowicach w oczach miłośnika astronomii, 124
Śróbka – Kubiak Małgorzata,
Duńska przygoda z Tychonem Brahe, 88
Trimble Virginia ,
Kosmologia, czyli miejsce człowieka we Wszechświecie, 150
Włodarczyk Jarosław,
Chrońmy niebo gwiaździste, 73
Włodarczyk Krzysztof,
Bolid nad Jerzmanowicami, 133
Woszczyk Andrzej,
Bombardowanie Jowisza, 100
Chrońmy niebo, 74
„G" i „D" na Jowiszu, 120
Harlan Smith, 179
Nowy obiekt transplutonowy w Układzie Słonecznym, 178
Obserwatorium Astronomiczne McDonalda, 180
Toruńskie Palnetarium, 82
Wrona Stanisław,
Wieża Braniborska, 135
Życki Piotr,
Aktywne jądra galaktyk, 162
ASCA, 176

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

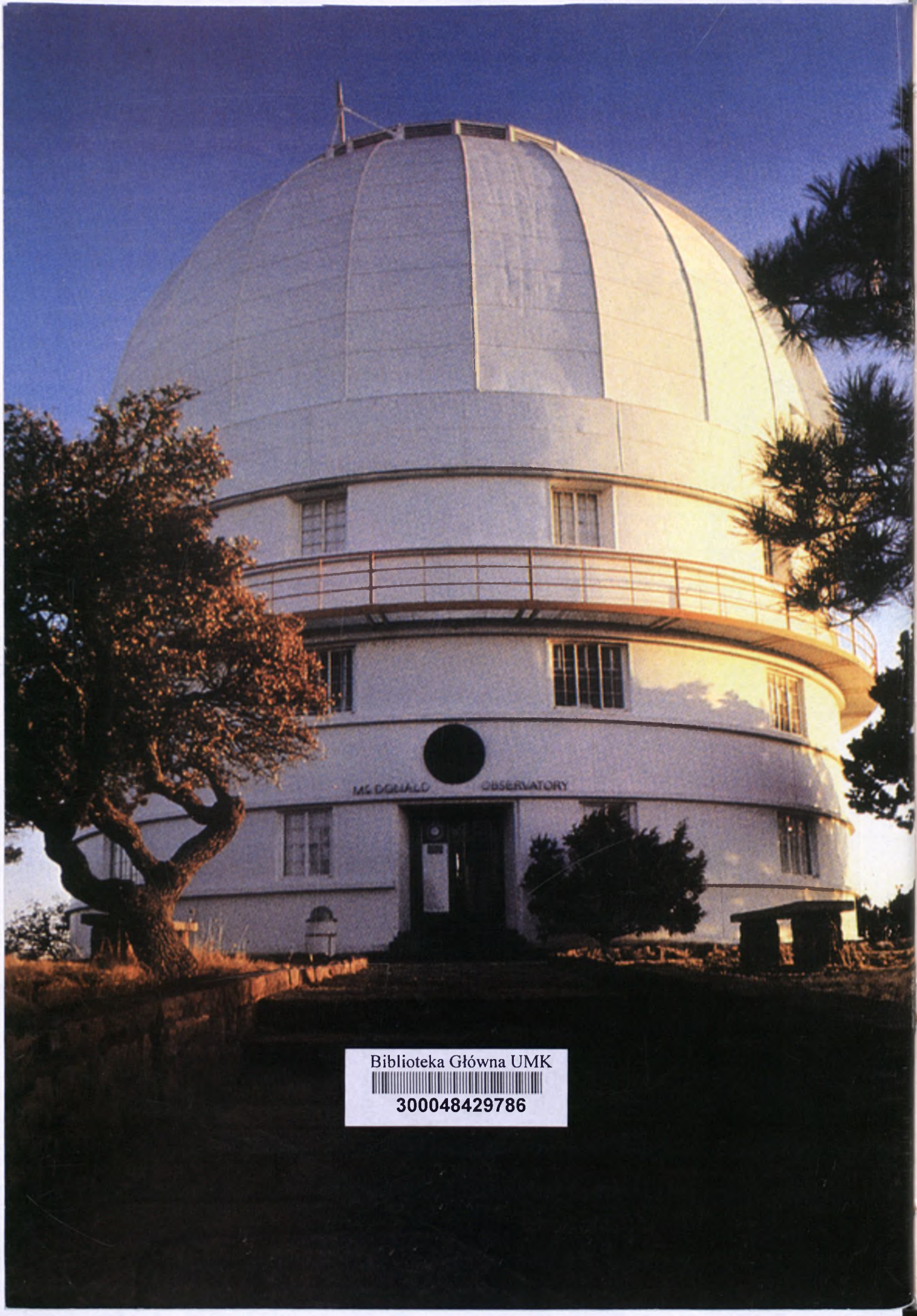
Ciekawie skomponowaną fotografię, prezentowaną obok, wykonał Jerzy Marcinek z Lublina przy pomocy teleobiektywu MTO–500/8 na błonie Kodak Gold II 100 z czasem ekspozycji 1/125 s.

Zdjęcie poniżej zostało wykonane aparatem Pentacon-6 w ognisku reflektora ϕ = 30 cm, f= 450 cm o godz. 19.57 CWE z czasem ekspozycji 1 sekunda. Autorem zdjęcia jest Ireneusz Włodarczyk z Planetarium Śląskiego.

Ten słoneczny sierp (zdjęcie poniżej) sfotografował Grzegorz Świnder z Międzychodu aparatem Praktica MTL 50 z obiektywem MC MTO11CA 10/1000 na błonie Fuji SG 100 (1/125 s). Przód obiektywu był w czasie ekspozycji przysłonięty czarnym papierem z wyciętą szczeliną w kształcie klina.

Na zdjęciu obok Krzysztof Giza z Siemianowic Śląskich fotografował zaćmienie aparatem Zenith 122 z konwerterem 2× i filtrem UV na filmie Konica Super XG 200 (1/500 s, F/11).

Wszystkich potencjalnych autorów zdjęć publikowanych w niniejszej rubryce prosimy o podawanie informacji na temat użytego sprzętu, materiałów i parametrów ekspozycji. Będą one z pewnością cennymi wskazówkami dla innych fotoamatorów.



Biblioteka Główna UMK
300048429786