URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LV MARZEC 1984 Nr 3

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

UNIWERSYTECKA
w Toruniu

ISSN-0042-07-94

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LV MARZEC 1984 Nr 3

WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWĄ POLSKIEJ AKADEMII NAUK. CZASOPISMO ZATWIERDZONE PRZEZ MINISTERSTWO OŚWIATY DO UŻYTKU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH, ZAKŁADÓW KSZTAŁCENIA NAUCZYCIELI I TECHNIKÓW (DZ. URZ. MIN. OŚW. NR 14 Z 1966 R. W-WA 5. 11. 66).

Dwa pierwsze artykuły niniejszego numeru są kontynuacją serii informacji o obiektach Wszechświata wypromieniowujących wyjątkowo duże ilości energii. Doc. dr hab. Paweł HAENSEL (Centrum Astronomiczne PAN) szczegółowo opisuje końcowy fragment ewolucji masywnej gwiazdy jakim jest wybuch supernowej. Zjawisko to ilustrują też zdjęcia na okładce, które ukazują zarówno współcześnie obserwowane supernowe jak też pozostałość po wybuchu sprzed niemal tysiąca lat. Natomiast mgr Zbigniew LOSKA (Centrum Astronomiczne PAN) przedstawia najnowsze koncepcje dotyczące mechanizmów powstawania promieniowania oraz struktury najbliższej galaktyki aktywnej Centaurus A, której zdjęcia z konturami emisji radiowej i rentgenowskiej były reprodukowane na okładce poprzedniego numeru.

SPIS TREŚCI

Paweł Haensel — Supernowe typu II: śmierć masywnej gwiazdy (66).

Zbigniew Loska — Centaurus A: najbliższa aktywna galaktyka (74).

Jan Mergentaler — Zielony promień zachodzącego Słońca (82).

Kronika: Gazy szlachetne w atmosferze Wenus (84) — Satelity astronomiczne SPARTAN (84) — Chemia a astronomia: nazwy i odkrycia pierwiastków (85).

Poradnik Obserwatora: Częściowe zaćmienie Słońca 30 maja 1984 roku (86).

Konferencje i Zjazdy: Obrady dydaktyków astronomii w Olsztynie (89) — Problemy aktualizacji materiału nauczania na lekcjach astronomii (91).

Kalendarzyk Astronomiczny (93).

Pierwsza strona okładki: Mgławica Kraba, pozostałość po supernowej z 1054 roku. Prędkość, z jaką rozszerza się mgławica, wynosi na jej brzegach około 1500 km/s. Koniec grotu strzałki wskazuje położenie pulsara.

Druga i trzecia strona okładki: Galaktyka spiralna NGC 4725, w której w 1940 roku rozbłysła supernowa. Zdjęcie na drugiej stronie okładki było wykonane 2 stycznia 1941 roku, a na trzeciej 10 maja 1940 roku. Na pierwszym z nich widoczna jest pod dolnym końcem białej strzałki bardzo jasna gwiazda; jest to supernowa typu II, która pojawiła się w zewnętrznym ramieniu spiralnym galaktyki.

Czwarta strona okładki: Supernowe odkryte w lipcu 1983 roku za pomocą 4 m teleskopu w Siding Spring (Australia) przez R. O. Evansa: u góry — w galaktyce NGC 5236 (M 83) o jasności 13,0 mag. i u dołu — w galaktyce NGC 1448 o jasności 14,5 mag. (oznaczone strzałkami).

PAWEŁ HAENSEL — Warszawa

SUPERNOWE TYPU II: ŚMIERĆ MASYWNEJ GWIAZDY

Gwiazda supernowa to niezwykle (stąd: super) jasna gwiazda pojawiająca się nagle (stąd: nowa) na niebie. Jasność gwiazdy supernowej w okresie kilku pierwszych tygodni może dorównywać jasności galaktyki, w której gwiazda ta rozbłysła (patrz zdjęcia na drugiej i trzeciej stronie okładki). Oszacowania jasności supernowej w tym krótkim okresie wykazują, że może ona przekraczać miliardy razy jasność typowej gwiazdy, takiej jak np. Słońce. Supernowe, które rozbłysły w naszej Galaktyce, wzbudzały wielkie zainteresowanie z powodu swej ogromnej jasności oraz nagłości, z jaką się pojawiały. Najsławniejszą chyba historycznie była supernowa obserwowana w 1054 roku przez astronomów chińskich i nazwana przez nich gwiazdą-gościem. Była ona widoczna na niebie w dzień przez około 3 tygodnie, a w nocy — przez dwa lata. Miejscem jej rozbłysku była obecna mgławica Kraba, (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki), odległa od Ziemi o około 2 kiloparseki (1 kiloparsek $= 3{,}09 \cdot 10^{16}$ km $=$ 3260 lat świetlnych). Dwie inne sławne supernowe, które rozbłysnęły w naszej Galaktyce w ostatnim tysiącleciu, były obserwowane i opisane przez duńskiego astronoma Tychona Brahe w 1572 roku i przez niemieckiego astronoma, fizyka i matematyka Jana Keplera w 1604 roku.

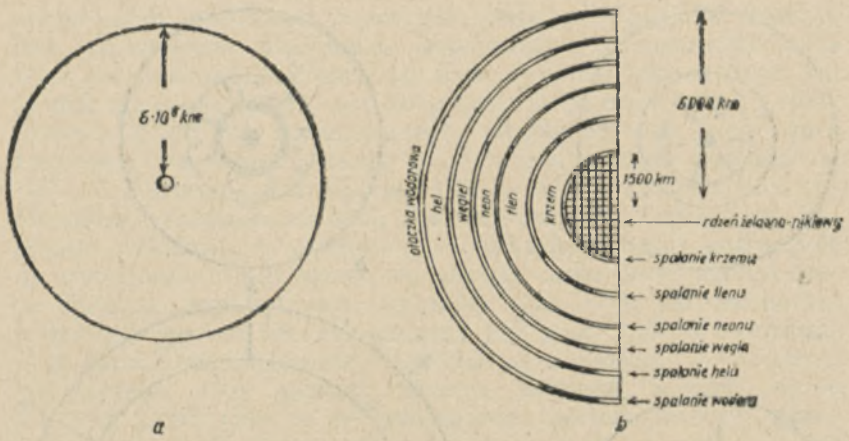
W ciągu swego krótkiego życia supernowa wypromieniowuje ogromne ilości energii. Współczesne obserwacje supernowych pojawiających się w odległych galaktykach (patrz np. zdjęcia na czwartej stronie okładki) pozwalają oszacować ilość energii wypromieniowaną w postaci fal elektromagnetycznych, w tym promieniowania świetlnego, na ponad 10^{49} ergów. Dla porównania przypomnijmy, że w ciągu roku Słońce wypromieniowuje 10^{41} ergów. Charakterystyki widmowe oraz, w mniejszym stopniu, kształt krzywej blasku (tzn. zależności jasności gwiazdy od czasu) prowadzą do podziału supernowych na dwie zasadnicze grupy. Widmo promieniowania widzialnego supernowej typu II wykazuje obecność silnej linii emisyjnej wodoru H_α nieobecnej w widmach supernowych typu I. Supernowe typu II pojawiają się w tych częściach galaktyk, w których spodziewamy się gwiazd stosunkowo młodych, a więc takich, które żyją dopiero najwyżej kilka lub kilkanaście milionów lat. Dla porównania — wiek naszego Słońca jest oceniany na około 5 miliardów lat i, jak wykazują badania teoretyczne, gwiazdy o masie zbliżonej do masy Słońca (będziemy oznaczali ją sym-

bolem $M_\odot$; wartość liczbowa $M_\odot = 1{,}989 \cdot 10^{33}$ kg) mogą żyć bez wyraźnej zmiany swej jasności miliardy lat.

Badania teoretyczne zainicjowane w latach pięćdziesiątych i rozwijane w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych wykazały, że długość okresu, w którym gwiazda zachowuje stałą (w przybliżeniu) jasność, czyli, jak mówimy, znajduje się na tzw. ciągu głównym cyklu ewolucyjnego, w krytyczny sposób zależy od jej masy. Jak wynika z badań teoretycznych przeprowadzonych w latach siedemdziesiątych, dla gwiazd masywnych — o masie większej niż około 8 $M_\odot$ i mniejszej niż około 20 $M_\odot$ — czas przebywania na ciągu głównym jest rzędu 10^7 lat (Czas ten maleje wraz ze wzrostem masy). Po upływie tego czasu masywna gwiazda przechodzi przez cykl gwałtownych przemian, których ostatnim, dramatycznym akordem jest gigantyczna eksplozja. Jak się wydaje, ten końcowy epizod życia masywnej gwiazdy jest widziany z Ziemi jako supernowa II typu. Celem tego artykułu jest przedstawienie opisu teoretycznego tego końcowego epizodu ewolucji masywnej gwiazdy, epizodu, który można nazwać śmiercią gwiazdy. Obraz, jaki przedstawimy — to dzieło teoretyków, astrofizyków i fizyków. Jest to teoria, w której nie brakuje miejsc niejasnych i niepewnych, ale która, jak się w chwili obecnej wydaje, w swoich zasadniczych rysach odpowiada rzeczywistości.

Rozważmy gwiazdę o masie 15 $M_\odot$, której wiek, liczony od momentu jej powstania z obłoku materii międzygwiezdnej (zakładamy, że materia ta składała się głównie z wodoru), wynosi 10^7 lat. Przez miliony lat wiodła ona spokojny żywot czerpiąc energię z reakcji syntezy (mówiąc obrazowo: spalania) wodoru na hel. To spalanie termojądrowe zachodziło w rdzeniu gwiazdy, gdzie panowała temperatura ponad 10^7 K. Jąder helu, tworzących swoisty popiół ze spalania termojądrowego, jest wraz z upływem czasu coraz więcej. Z drugiej strony, w rdzeniu, w którym zachodzi spalanie wodoru, jest coraz mniej paliwa wodorowego. Począwszy od pewnego momentu, mniej więcej około 10^7 lat od narodzin gwiazdy, tempo spalania wodoru w centrum gwiazdy zaczyna maleć; po pewnym czasie spalanie zachodzi już tylko w warstwie przejściowej między rdzeniem helowym a otoczką. Hel zgromadzony w rdzeniu nie może być spalany, gdyż do jego syntezy jest potrzebna temperatura $1{,}5 \cdot 10^8$ K. Narusza to równowagę w rdzeniu gwiazdy, grawitacja zaczyna przeważać nad siłami ciśnienia i rdzeń helowy zaczyna się kurczyć. Prowadzi to do szybkiego wzrostu temperatury i gęstości we wnętrzu rdzenia. W momencie, gdy tempera-

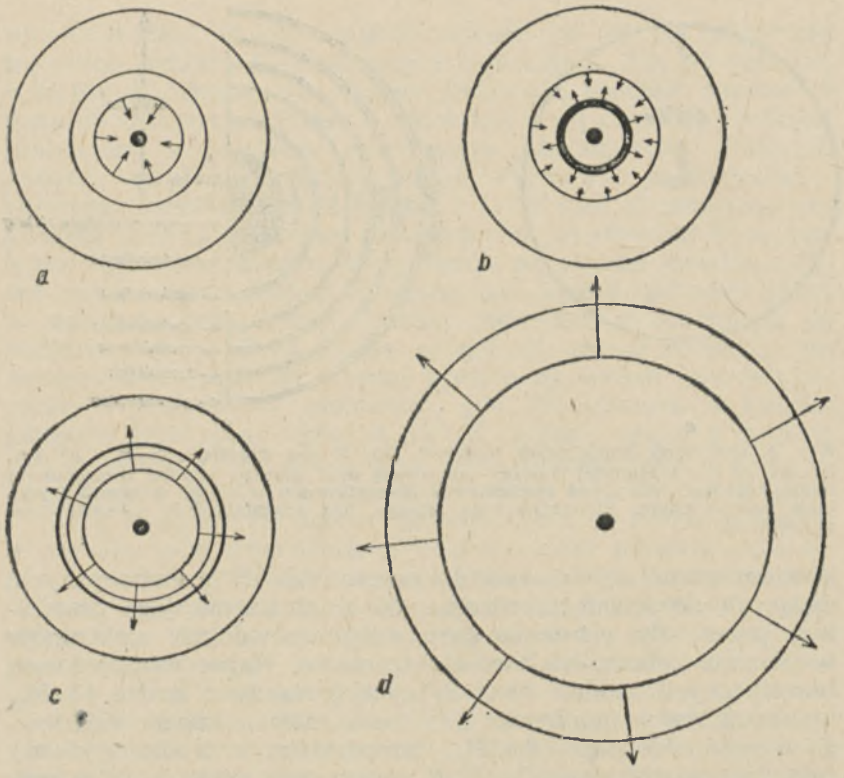
tura w środku rdzenia osiągnie wartości $1,5 \cdot 10^8$ K, rozpocznie się proces syntezy helu na węgiel, tlen i neon. Jak się okazuje, wskutek kurczenia się rdzenia helowego otoczka wodorowa gwiazdy zaczyna gwałtownie zwiększać swój promień. Gwiazda przechodzi w stadium czerwonego nadolbrzyma. Promień gwiazdy wzrasta do wartości ponad 10^8 km (dla porównania — odległość Ziemi od Słońca wynosi $1,5 \cdot 10^7$ km). O dalszym losie gwiazdy decydują procesy zachodzące w jej rdzeniu. Po wypaleniu się helu w rdzeniu, który będzie się składał głównie z jąder węgla, tlenu i neonu, spalanie helu będzie zachodzić tylko w warstwie przejściowej między rdzeniem a otaczającą go warstwą helową. Brak źródła energii w rdzeniu powoduje, że zaczyna on się kurczyć, czemu towarzyszy wzrost jego temperatury i gęstości. W momencie, gdy temperatura w środku gwiazdy przekroczy około $8 \cdot 10^8$ K, popiół węglowy zacznie ulegać syntezie na neon i tlen. Przy temperaturze $1,5 \cdot 10^9$ K neon będzie spalany na magnez, krzem oraz tlen, zaś przy $2 \cdot 10^9$ K możliwe się stanie spalanie tlenu na krzem i siarkę. W wyniku tych wszystkich procesów zacznie narastać centralny rdzeń złożony głównie z jąder krzemu. Jego kurczenie podwyższa temperaturę w środku gwiazdy. W momencie, gdy osiąga ona wartość $3,5 \cdot 10^9$ K, rozpocznie się proces spalania popiołu krzemowego na jądra żelaza i niklu. Powstaje więc rosnący rdzeń żelazno-niklowy. Jest on zbudowany z mieszaniny jąder żelaza, niklu i elektronów, a jego gęstość przekracza 10^8 g/cm^3. Schematyczny obraz struktury czerwonego nadolbrzyma na tym, jak się okaże za chwilę, ostatnim etapie jego życia, jest przedstawiony na rys. 1. Materia, z której zbudowany jest rdzeń żelazno-niklowy jest zdegenerowana, tzn. ciśnienie tej materii zależy tylko od gęstości elektronów. Elektrony wraz z jądrami żelaza i niklu tworzą gęstą plazmę o temperaturze ponad $3,5 \cdot 10^9$ K. Masa rdzenia żelazno-niklowego rośnie, temperatura i gęstość w jego wnętrzu też rośnie, ale próżno byłoby czekać na zapalenie popiołu żelazno-niklowego. Plazma żelazno-niklowa to ostateczny produkt nukleosyntezy, bowiem jądra żelaza i niklu mają największą energię wiązania ze wszystkich jąder atomowych. Mówiąc obrazowo, popiół żelazno-niklowy nie może się zapalić, ponieważ wszelkie przemiany jąder żelaza i niklu mają z konieczności charakter endotermiczny, tzn. wymagają dostarczania ciepła dla ich podtrzymania. Los gwiazdy jest przesądzony. Wraz ze wzrostem temperatury i gęstości w centrum rdzenia żelazno-niklowego zbliża się moment utraty stabilności. Równowaga rdzenia jest zapewniona



Rys. 1. Czerwony nadolbrzym o masie $15_{\odot}$ M ma promień około $6 \cdot 10^6$ km. Składa się on z rzadkiej otoczki wodorowej oraz gęstego rdzenia o promieniu około 6 000 km, który jest symbolicznie przedstawiony w części a) rysunku jako małe czarne kółko. Struktura tego rdzenia jest schematycznie przedstawiona w części b).

bowiem przez zrównoważenie ogromnych sił grawitacyjnych, dążących do ściśnięcia rdzenia, do zmniejszenia jego promienia, przez siły ciśnienia gazu zdegenerowanych elektronów w plazmie żelazno-niklowo-elektronowej. Najnowsze rachunki teoretycznych modeli ewolucyjnych gwiazdy o masie 15 $M_{\odot}$ wykazują, że w momencie, gdy masa rdzenia żelazno-niklowego wzrośnie do około 1,4 $M_{\odot}$, temperatura w środku gwiazdy osiągnie wartość około $7 \cdot 10^9$ K, zaś gęstość około $5 \cdot 10^9$ g/cm^3.

Takie właśnie wartości gęstości i temperatury wystarczają do zainicjowania dwóch fatalnych w swych konsekwencjach procesów. Po pierwsze, w tak wysokiej temperaturze rozpocznie się dysocjacja jąder żelaza na cząstki alfa (jądra helu) i neutrony, a po drugie — możliwy się stanie tzw. odwrotny rozpad beta, czyli wychwyt elektronów przez jądra żelaza i niklu; jądra te pochłaniają elektrony, wymieniając jeden ze swoich protonów na neutron. Oba te procesy prowadzą do zmniejszenia ciśnienia w centrum rdzenia żelazno-niklowego: wychwyt elektronów prowadzi do zmniejszenia ciśnienia gazu elektronowego, zaś dysocjacja jąder pochłania ciepło i obniża temperaturę. Narusza to delikatną równowagę między siłami grawitacji i ciśnienia — siły grawitacji zwyciężają. Żelazno-niklowy rdzeń zapada się gwałtownie zmniejszając swoje rozmiary (rys. 2a). W ciągu zaledwie 0,3 sekundy wewnętrzna część rdzenia zmniejszy swoje rozmiary ponad stokrotnie; jego kurczenie



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie najważniejszych etapów wybuchu masywnej gwiazdy. Przekrój gwiazdy przeprowadzony jest przez jej środek. a) Po implozji rdzenia żelazno-niklowego spadają na niego kolejne wewnętrzne warstwy rdzenia czerwonego nadolbrzyma. b) Po odbiciu od powierzchni protoplasty gwiazdy neutronowej wewnętrzne warstwy rdzenia propagują się na zewnątrz, zderzając się z opadającymi zewnętrznymi warstwami rdzenia. Powstaje w ten sposób fala uderzeniowa, która zaznaczona jest jako zakreskowany pierścień. Fala uderzeniowa rozchodzi się na zewnątrz. c) Fala uderzeniowa pociąga za sobą kolejne warstwy otoczki. W środku znajduje się gwiazda neutronowa. d) Otoczka rozszerza się tworząc świecącą mgławicę, wewnątrz której znajduje się gwiazda neutronowa.

ma charakter niezwykle gwałtownej implozji. W wyniku tej implozji jądra atomowe wewnętrznego rdzenia ulegają całkowitej dysocjacji na nukleony. Jednocześnie, w czasie implozji elektrony wychwytywane są na protonach w reakcjach $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$, w których powstają ogromne ilości wysokoenergetycznych neutrin elektronowych ν_e. Wzrostowi gęstości w kurczącym się rdzeniu towarzyszy wzrost temperatury do około 10^{11} K. Produkowane w wielkich ilościach neutrina są cząstkami bezmasowymi (o zerowej masie spoczynkowej) i w

normalnych warunkach niezwykle słabo oddziałują z materią. Żeby tę własność zilustrować wspomnijmy, że kosmiczne neutrino przeleci przez Ziemię po torze przechodzącym przez jej środek nie ulegając ani razu rozproszeniu na nukleonach i elektronach, z których nasza planeta jest zbudowana. Ale w niezwykłych warunkach, kiedy materia ma gęstość większą od 10^{12} g/cm^3 i temperaturę ponad 10^{10} K, zderzenia neutrin z nukleonami i elektronami będą znacznie częstsze. Teoretyczne rachunki wskazują, że w takich warunkach neutrina potrzebują na wydostanie z kurczącego się rdzenia czasu dłuższego od czasu trwania implozji (0,3 sekundy). Tak więc od momentu, w którym gęstość rdzenia osiągnie 10^{12} g/cm^3, aż do ewentualnego zahamowania implozji neutrina są uwięzione w kurczącej się materii. Gdy gęstość rdzenia osiągnie wartość około $2{,}4 \cdot 10^{14}$ g/cm^3 (jest to w przybliżeniu gęstość materii jądrowej, z której zbudowane są jądra atomowe), materia staje się nagle tak sztywna (twarda), że ogromne siły ciśnienia równoważą siły grawitacyjne. Kurczący się rdzeń, który ma w tym momencie promień około 15 km, zachowa się jak bardzo sztywna sprężyna, na którą spada ciężarek: pod ciężarem spadających na niego zewnętrznych warstw gwiazdy ulegnie on lekkiemu ściśnięciu, a następnie gwałtownie „zasprężynuje" odbijając od siebie stykające się z nim warstwy. To niezwykle gwałtowne odbicie otoczki rdzenia od jego powierzchni prowadzi do powstania — wskutek zderzenia ze spadającymi bardziej zewnętrznymi warstwami gwiazdy — fali uderzeniowej, która rozchodzi się od środka gwiazdy ku jej powierzchni (rys. 2b). Fala uderzeniowa rozchodzi się z prędkością początkową ponad 60 000 km/s odrzucając na zewnątrz kolejne lekkie warstwy otoczki (rys. 2c). Dużą rolę w procesie propagacji fali uderzeniowej odgrywają neutrina, które dopiero teraz wydostają się z gęstego i gorącego rdzenia. W warstwie tuż za czołem fali uderzeniowej panuje ogromna temperatura, około 10^{11} K, w której zachodzą liczne przemiany i reakcje jądrowe. Fala uderzeniowa i neutrina przekazują otoczce część ogromnej energii, która wydzieliła się w wyniku implozji rdzenia. Pełną energię wydzieloną w czasie implozji można oszacować porównując energię zdegenerowanego rdzenia żelazno-niklowego z rys. 1 z energią związanej grawitacyjnie kuli o masie 1,4 $M_\odot$ i promieniu 15 km — jest to bowiem końcowa konfiguracja równowagi rdzenia będącego pozostałością po wybuchu gwiazdy (rys. 2d). Różnica energii wynosi około 10^{53} ergów! Ułamek tej energii (około $5 \cdot 10^{51}$ ergów) zostanie przekazany otoczce przez

falę uderzeniową, ale ogromna jej większość będzie uniesiona przez neutrina. Drobną część zaobserwujemy w postaci rozbłysku promieniowania widzialnego.

Tak więc w naszym modelu supernowej implozja rdzenia zamienia się w wybuch otoczki (rys. 2d), która rozszerza się w ciągu setek lat z prędkością tysięcy km/s. Promieniowanie otoczki widzimy na Ziemi jako rozbłysk supernowej. Stopniowo, w ciągu setek lat, otoczka stygnie rozszerzając się i tworząc świecącą mgławicę, której pięknym przykładem jest Mgławica Kraba (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki). Bezpośrednim produktem implozji rdzenia jest w naszym przypadku supergęsta kula o masie około 1,4 $M_\odot$ i promieniu 15 km złożona w momencie narodzin głównie z plazmy protonów, neutronów i elektronów, która w wyniku reakcji typu $p + e^- \rightarrow n + \nu_e$ staje się szybko materią złożoną głównie z neutronów, z niewielką domieszką protonów i elektronów. W ten sposób narodziła się szybko stygnąca **gwiazda neutronowa.**

Nowonarodzona gwiazda neutronowa o masie około 1,4 $M_\odot$ i promieniu około 15 km może być wprawiona w bardzo szybki ruch obrotowy wokół własnej osi. Zastosowanie zasady zachowania momentu pędu do procesu implozji, w którym rdzeń zmniejszył swój promień około sto razy, prowadzi do wniosku, że gwiazda neutronowa może się obracać z okresem dziesięć tysięcy razy krótszym niż okres obrotu wyjściowego rdzenia żelazno-niklowego! Obracająca się gwiazda neutronowa posiada bardzo silne pole magnetyczne, które było „wmrożone" w plazmę kurczącego się rdzenia i które wskutek konieczności zachowania strumienia indukcji pola magnetycznego musiało zwiększyć wartość swego natężenia dziesiątki tysięcy razy. Oszacowana w ten sposób wartość indukcji pola magnetycznego w pobliżu powierzchni gwiazdy neutronowej wynosi około 10^{12} Gs! Taka obracająca się, namagnesowana gwiazda neutronowa może być **pulsarem** * — źródłem obserwowanych na Ziemi periodycznych impulsów promieniowania radiowego. Tak więc przedstawiona teoria może w zasadzie wyjaśnić, dlaczego w centrum mgławicy Kraba znajduje się pulsar! Okres pulsacji tego pulsara, odkrytego w 1968 roku, wynosi zaledwie 0,033 s.

Ogromna większość materii umierającej gwiazdy — ponad 90% w przypadku gwiazdy o masie wyjściowej 15 $M_\odot$ —

---

* Porównaj np. artykuł M. Prószyńskiego w *Uranii* nr 6/1983.

zostaje w wyniku implozji rdzenia odrzucona przez falę uderzeniową i utworzy rozszerzającą się mgławicę. Materia ta, wzbogacona o nowe pierwiastki, które powstały w rejonie fali uderzeniowej w wyniku reakcji jądrowych z udziałem licznych neutronów, rozproszy się w końcu we Wszechświecie. Podczas wybuchu masywnej gwiazdy powstają w ten sposób jądra wielu pierwiastków, w tym jądra licznych pierwiastków cięższych od żelaza, które nie mogą być wyprodukowane w czasie spokojnej syntezy jądrowej we wnętrzach gwiazd.

Scenariusz wybuchu ulega dramatycznej zmianie, jeżeli umierająca gwiazda ma masę większą niż około 20 $M_\odot$ ale mniejszą niż 60—70 $M_\odot$. Powstająca w wyniku implozji rdzenia żelazno-niklowego fala uderzeniowa nie jest wówczas w stanie odrzucić spadających na rdzeń wewnętrznych warstw otoczki. Kolejne warstwy opadają na kurczący się rdzeń, co prowadzi w efekcie do jego zapadnięcia się do postaci czarnej dziury, wchłaniającej do swego wnętrza otaczającą ją materię. Tak więc śmierci tak masywnej gwiazdy towarzyszy najprawdopodobniej powstawanie czarnej dziury.

Podsumujmy omówione wyniki. Śmierć gwiazdy o masie większej niż około 8 $M_\odot$ ale mniejszej niż około 20 $M_\odot$ następuje w stadium czerwonego nadolbrzyma, gdy niestabilność zdegenerowanego rdzenia żelazno-niklowego powoduje jego implozję. Powstająca fala uderzeniowa przekształca implozję rdzenia w eksplozję otoczki. Eksplozja ta może być obserwowana na Ziemi jako rozbłysk supernowej. Będzie to supernowa typu II, ponieważ świecąca otoczka składa się przede wszystkim z wodoru (patrz rys. 1) i widmo optyczne zawierać będzie silną linię emisyjną H_α. W efekcie wybuchu powstaje rozszerzająca się świecąca mgławica. W centrum wybuchu może powstać gwiazda neutronowa. Podczas rozchodzenia się fali uderzeniowej w otoczce — w wyniku zachodzących z udziałem dużej ilości neutronów reakcji jądrowych — powstają jądra pierwiastków, które nie mogą być wyprodukowane w czasie spokojnej syntezy termojądrowej we wnętrzu gwiazd. W ten sposób powstają w szczególności jądra pierwiastków cięższych od żelaza.

Materia rozszerzającej się mgławicy, wzbogacona o nowopowstałe pierwiastki, rozproszy się w końcu we Wszechświecie. Za miliony, a może miliardy lat, z ogromnych obłoków tej materii powstaną gwiazdy następnej generacji. Tak oto rozbłysk supernowej typu II — świadectwo śmierci masywnej gwiazdy — niesie ze sobą zapowiedź narodzin nowych gwiazd.

ZBIGNIEW LOSKA — Warszawa

CENTAURUS A: NAJBLIŻSZA AKTYWNA GALAKTYKA

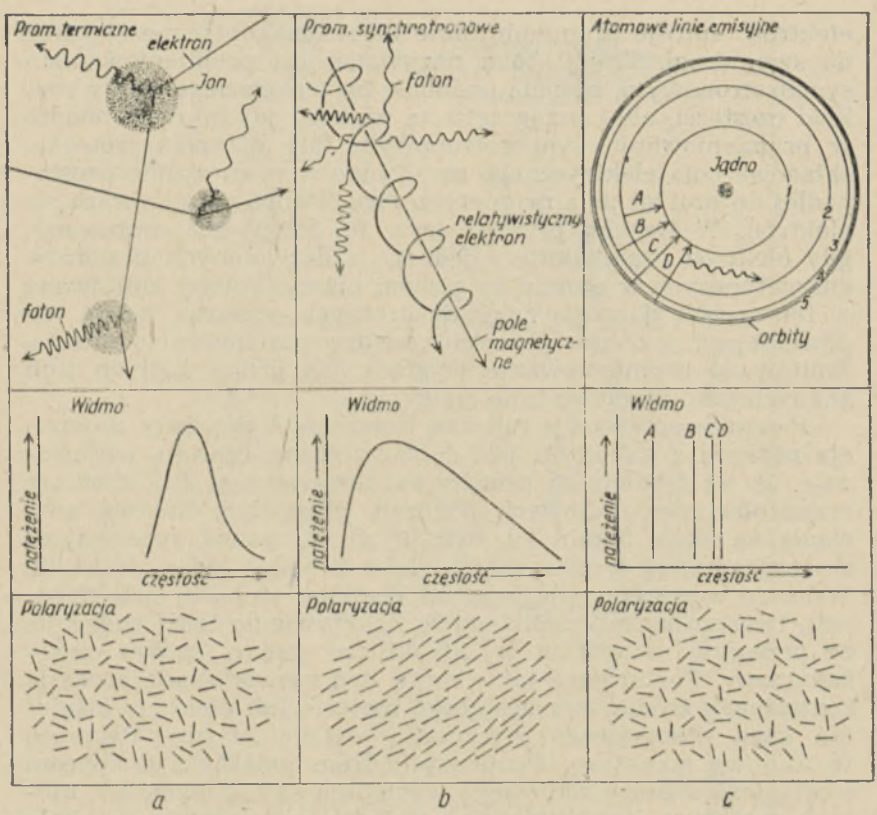
Do największych i najbardziej intrygujących obiektów, które były dotychczas obserwowane we Wszechświecie należą aktywne galaktyki *. Stanowią one tylko kilka procent wszystkich znanych galaktyk, mogą jednak emitować tysiące razy więcej energii w formie promieniowania elektromagnetycznego niż zwykła galaktyka. Emisja z aktywnej galaktyki rozciąga się na wiele różnych częstości, włączając promieniowanie gamma, rentgenowskie, widzialne, podczerwone i radiowe.

Najbliższą aktywną galaktyką jest Centaurus A (Cen A), odległy od nas o około 15 mln lat świetlnych. Najwcześniejsze obserwacje tej galaktyki były wykonywane w optycznej części widma, ponieważ jest to siódmy najjaśniejszy obiekt na niebie na zewnątrz naszej Galaktyki. Widzialna część Cen A ma niecodzienną strukturę o cechach zarówno galaktyk eliptycznych jak i spiralnych. Główna część galaktyki jest jasną elipsą o kątowych rozmiarach około siedmiu minut łuku, co daje rozmiary liniowe około 35 tys. lat świetlnych. Masa galaktyki została oszacowana na około 300 miliardów mas Słońca, co jest typowe dla galaktyk eliptycznych. Niezwykła jest obecność szerokiego, ciemnego pasa pyłu pośrodku elipsy (patrz zdjęcia na okładce przedniego numeru *Uranii)* o kształcie dysku, którego zewnętrzne krawędzie wygięte są w przeciwne strony. Ten ciemny pas składa się z pyłu, gromad gwiazd i obszarów wypełnionych zjonizowanym wodorem, oznaczanym symbolem II II. Obszary te mają temperaturę około 10 000 kelwinów. Główna część Cen A, podobnie jak w wielu galaktykach eliptycznych rotuje bardzo powoli. Pas pyłowy jednak rotuje szybko, w sposób typowy dla galaktyk spiralnych. Wydaje się, że taki dziwny układ jest związany z silną aktywnością galaktyki widzianą na falach radiowych. Dłużej naświetlane fotografie pokazują, że w odległości około 50 tys. lat świetlnych od centrum galaktyki pojawia się liniowe włókno zawierające trzy wielkie obszary HII ustawione radialnie aż do odległości 130 tys. lat świetlnych. Występuje tam gorący gaz i skupiska młodych, jasnych gwiazd.

Większość promieniowania odbieranego z Centaura A powstaje podczas jednego z trzech procesów, w których elektron

---

* Porównaj np. arykuł J. Chołoniewskiego w *Uranii* nr 1/1984.

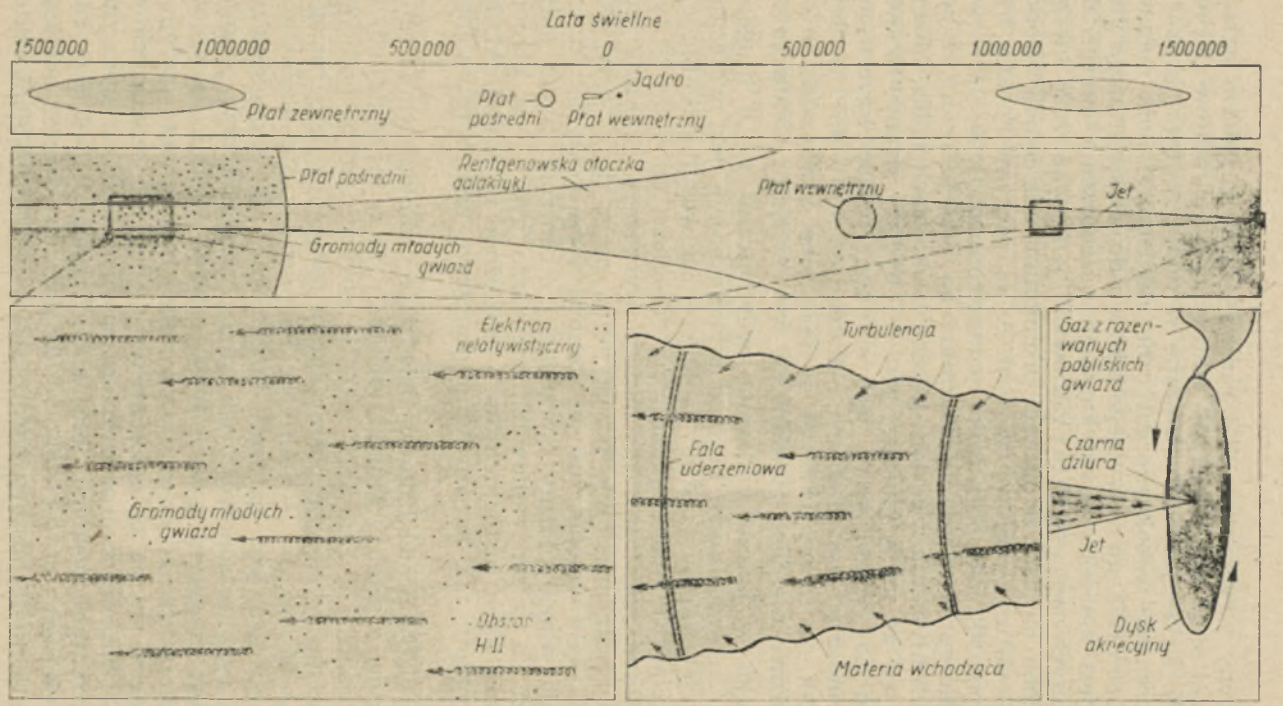


Rys. 1. Podstawowe procesy odpowiedzialne za powstawanie promieniowania w galaktyce Centaurus A (objaśnienia w tekście).

traci swoją energię kinetyczną. Sposoby zmiany energii elektronu są jednak różne w każdym procesie, różnią się także od siebie cechy charakterystyczne emitowanego promieniowania. W pierwszym procesie elektron wpadający w chmurę zjonizowanego gazu odchyla swój tor ruchu i przyspiesza. W trakcie zmiany ruchu w polu elektrycznym jonu, elektron promieniuje foton, czyli wysyła kwant energii elektromagnetycznej (patrz rys. 1a). Promieniowanie generowane tym sposobem jest nazywane promieniowaniem termicznym, ponieważ jego widmo silnie zależy od temperatury gazu. W drugim procesie (rys. 1b) elektron jest złapany i przyspieszany na drodze w formie linii śrubowej wokół linii sił pola magnetycznego. Przyspieszany

elektron emituje promieniowanie elektromagnetyczne stycznie do swej drogi. Emisja taka nazywana jest promieniowaniem synchrotronowym, posiada podobnie do termicznego ciągły rozkład częstości, ale rozciągnięty na większy jej zakres. Ponadto w promieniowaniu synchrotronowym fale są spolaryzowane: składowe pola elektrycznego są ułożone w płaszczyźnie prostopadłej do linii sił pola magnetycznego, dokoła której obraca się elektron. W trzecim procesie (rys. 1c) foton jest emitowany, gdy elektron przeskakuje z jednego z dozwolonych poziomów energetycznych w atomie na poziom niższy. Fotony emitowane w ten sposób stanowią zbiór dyskretnych częstości, każda odpowiadająca jednemu przejściu między poziomami w atomie. Emitowane promieniowanie wygląda jak grupa jasnych linii znanych jako atomowe linie emisyjne.

Pierwsze obserwacje radiowe Centaura A pokazały, że emisja radiowa z galaktyki jest spolaryzowana liniowo, co sugeruje, że jej źródłem są procesy synchrotronowe. Już pierwsza mapa obszarów radiowych pokazała olbrzymią, liniową, rozciągłą na około 3 mln lat świetlnych, strukturę, rozciągającą się mniej więcej symetrycznie po obu stronach jądra galaktyki. Wraz ze wzrostem odległości od centrum zmienia ona kierunek, tworząc kształt wielkiego S. Zakrzywienie takie sugeruje, że przepływ materii w tej strukturze jest w sposób ciągły zaburzany. Perturbacje takie mogą być spowodowane precesją centralnego źródła wyrzucającego materię lub efektami ciśnienia gazu otaczającego wyrzucaną wiązkę plazmy tworzącą tę radiową strukturę. Pomiędzy jądrem galaktyki a końcem rozciągłego obszaru radiowego występuje szereg obiektów, których rozmiary zwiększają się od jądra na zewnątrz, a skala największego jest milion razy większa od najmniejszego. Zauważalna na pierwszy rzut oka jest asymetria struktury radiowej względem centrum galaktyki (patrz rys. 2 u góry). Ze strony północno-wschodniej, pomiędzy 70 000 a 130 000 lat świetlnych od centrum występuje duży, o kształcie w przybliżeniu kołowym, pośredni płat radiowy, nie mający odpowiednika po południowo-zachodniej stronie jądra. Położenie tego obszaru jest zgodne z pozycją optycznych włókien, gdzie są widoczne młode gwiazdy. Jak zobaczymy później, pokrywa on również pole emisji promieniowania rentgenowskiego. Bliżej jądra, w odległości około 30 000 lat świetlnych występuje para wewnętrznych płatów radiowych o rozmiarach około 3,5 tys. lat świetlnych. Nie zarejestrowano do tej pory ani promieniowania rentgenowskiego, ani widzialnego związanego z tymi obszarami.



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie struktury Centaurus A od skal największych (u góry) do najmniejszych (część prawa u dołu). Opis poszczególnych tworów w tekście.

Północny wewnętrzny płat radiowy łączy z jądrem galaktyki wąski skolimowany „jet" emitujący fale radiowe i promienie X. Takie jety obserwowane w wielu radiogalaktykach mogą przenosić wysokoenergetyczne elektrony i pola magnetyczne z centralnego aktywnego obszaru do wewnętrznego płata. Jet jest nieefektywnym kanałem przenoszenia energii do zewnętrznych części struktur radiowych, ponieważ część energii jest tracona na boki w postaci promieniowania synchrotronowego. Struktury radiowe w Cen A są niesymetryczne być może z powodu istnienia tylko jednostronnego jetu, okresowo zmieniającego kierunek wychodzenia na przeciwny np. z powodu oddziaływania z gęstym gazem w okolicach jądra. Można też przyjąć, że jet wyrzucany jest w obydwie strony. Skierowany do nas wzmacniany jest efektami relatywistycznymi, a w kierunku od nas osłabiany i dlatego go nie widać. Wydaje się jednak, że to wyjaśnienie, wymagające olbrzymich prędkości plazmy nie jest uzasadnione w przypadku Centaura A.

Głęboko w jądrze znaleziono wewnętrzny jet o długości czterech lat świetlnych, którego przedłużeniem jest wcześniej opisany jet radiowy. Aby zachować zauważalną kolimację wiązki relatywistycznej plazmy na odległości od 4 do 20 tys. lat świetlnych, centralny mechanizm wyrzucający plazmę musi zachowywać orientację przestrzenną przez długi czas. Być może ten mały wewnętrzny jet stanowi początkowy punkt kolimowania wiązki plazmy wyrzucanej z centrum. Samo jądro galaktyki na falach radiowych nie może być — za pomocą dotychczasowych instrumentów — rozłożone na części składowe i wygląda jak bardzo silne punktowe źródło promieniowania.

Obserwacje prowadzone w dziedzinie promieniowania rentgenowskiego z satelity Einstein pokazały, że w tej samej odległości od jądra i w tym samym kącie pozycyjnym co północny płat pośredni występuje obszar emisji rentgenowskiej rozległy na około 24 tys. lat świetlnych. Promieniowanie pochodzące z tego obszaru jest bardziej intensywne niż przewidywane z emisji synchrotronowej, jest więc prawdopodobnie promieniowaniem cieplnym gazu o temperaturze 10 mln kelwinów. Galaktykę otacza również obszar mniej intensywnej emisji X rozciągający się na odległość około 10 000 lat świetlnych od jądra. Najważniejszym odkryciem satelity Einstein było znalezienie rentgenowskiego jetu wychodzącego z jądra w tym samym kierunku co jet radiowy. Znaleziono również położone na jego tle małe obszary bardzo silnej emisji rentgenowskiej.

Emisja ta jest spolaryzowana liniowo, co świadczy o synchrotronowym mechanizmie jej powstawania.

Co te szczegółowe obserwacje promieniowania rentgenowskiego i na falach radiowych mogą nam mówić o fizycznych procesach zachodzących w galaktyce? Weźmy pod uwagę wewnętrzny jet radiowy i rentgenowski. Z obserwacji astronomicznych wynika, że głównym składnikiem jetu jest strumień relatywistycznych elektronów będących źródłem promieniowania synchrotronowego. To nie oznacza jednak, że cała plazma w tej wiązce porusza się z prędkościami relatywistycznymi. Najlepsze oszacowania dają prędkość materii około 5000 km/s. Elektron poruszający się w polu magnetycznym i wysyłający promieniowanie synchrotronowe straciłby całą swoją energię w przeciągu około 50 lat. Jednakże jet radiowy i rentgenowski osiąga wewnętrzny płat odległy od jądra o 20 000 lat świetlnych. Wobec tego na drodze do wewnętrznego płata elektrony muszą wiele razy odnawiać swój zapas energii. Relatywistyczny elektron w wiązce może być przyspieszany jednym z trzech sposobów. Pierwszy mechanizm wymaga istnienia w wiązce fal uderzeniowych, które mogą powstawać w wyniku zderzenia jetu z materią międzygwiazdową. Mogą one być również wynikiem wewnętrznych niestabilności samej wiązki. Jasne rentgenowskie plamy w jecie mogą odpowiadać obszarom, w których plazma podlega silnym „szokom". W drugim mechanizmie energię potrzebną do odbycia dalszej drogi uzyskuje elektron z turbulencji, która może występować w warstwie granicznej pomiędzy wiązką plazmy a ośrodkiem ją otaczającym. Turbulencja mogłaby propagować się w wiązce w formie fal, których ruch byłby hamowany przez elektrony, te zaś doznawałyby przyspieszenia. Trzecią możliwość stanowią zderzenia elektronów z protonami obecnymi również w wiązce plazmy. Protony nie mogą być rejestrowane bezpośrednio, ponieważ produkują zbyt małą ilość promieniowania. Z tego powodu zachowują one swą wielką energię kinetyczną o wiele dłużej od elektronów. Zderzenia pomiędzy protonami a elektronami mogą uszczuplać zapasy energii protonów, przyspieszając elektrony, lecz proces ten musiałby być na tyle powolny oraz rezerwuar energii na tyle duży, aby wystarczył do osiągnięcia wewnętrznego płata. Nieznany jest do tej pory proces umożliwiający wiązce plazmy dotarcie do płata pośredniego. Jak jednak widać z obserwacji, plazma tam dociera i na dodatek odgrywa najprawdopodobniej dużą rolę w formowaniu młodych gwiazd oraz regionów emitujących promieniowanie w liniach atomowych, rozciągających się na odległości około

130 000 lat świetlnych od jądra. Zaproponowano następujący scenariusz wyjaśniający obserwowane fakty. Elementy turbulentne występujące na granicy wiązki wciągają do jej wnętrza otaczający gaz, rozgrzewając go w „szokach" do temperatury około 10 mln kelwinów. Gaz ten chłodzi się do temperatury 10 000 kelwinów w przeciągu 10—100 mln lat, co wystarcza do przejścia wiązki na odległość 33—330 tys. lat świetlnych. W takiej temperaturze gaz emituje promieniowanie w liniach, co jest widoczne w radiowym płacie pośrednim. Część wchodzącego gazu może ewentualnie chłodzić się dalej, tworząc samograwitujące obłoki, w których powstają młode gwiazdy. Jeśli ich masy przekraczają 10 mas Słońca, wtedy czas ich życia jest dość krótki, około 10 mln lat. Po tym czasie gwiazdy takie mogą wybuchać jako supernowe, dostarczając w ten sposób wysokoenergetyczne elektrony do wiązki. To wytłumaczenie, w jaki sposób wiązka plazmy może być zasilona w energię oraz jak tworzą się obserwowane włókna optyczne, bazuje na solidnych danych obserwacyjnych.

Pozostają jednak do odpowiedzi dwa najbardziej fundamentalne pytania dotyczące Centaura A i innych aktywnych galaktyk: jakie jest podłoże aktywności galaktyk? Jak działa centralny motor pobudzający tę aktywność? Możliwe jest, że aktywność obserwowana w galaktyce Centaurus A jest ściśle związana z niecodzienną jej strukturą, łączącą cechy galaktyki eliptycznej i spiralnej. Wiele obserwacji potwierdza fakt, że dzięki siłom pływowym gaz z pobliskich galaktyk może spływać do centralnej galaktyki eliptycznej w gromadach galaktyk. Taki proces nazwany został „galaktycznym kanibalizmem". Gaz w ten sposób zbierany zasila motor znajdujący się w centrum galaktyki. Załóżmy, że motor ten posiada dziesięcioprocentową wydajność, czyli zamienia na energię 10% wpadającej do jądra masy gazu. Wtedy jedna dziesiąta masy Słońca na rok wpadająca do centrum wystarczałaby do wywołania aktywności Centaurusa A. Materia zasilająca jądro może również pochodzić z gazu oderwanego przez siły pływowe z gwiazd znajdujących się w jego pobliżu.

Wiedząc już jak może być zasilany centralny motor w aktywnej galaktyce, możemy przystąpić do próby wyjaśnienia jego natury. Z danych obserwacyjnych można oszacować jego maksymalne rozmiary. Weźmy pod uwagę dwa odległe od siebie obszary. Aby oba naraz mogły zmienić np. jasność, jeden musi wiedzieć o zmianie jasności drugiego. Ponieważ sygnały mogą przemieszczać się najszybciej z prędkością światła, oznacza to, że jeżeli znacząca część promieniowania zmienia się np.

w ciągu dwóch godzin, emitujący obszar nie może być większy niż dwie godziny świetlne. Obserwacje zmian strumienia promieniowania rentgenowskiego i radiowego w jądrze Cen A wykazują zmienność w skali od miesiąca do 24 godzin. Jądro zawiera więc składowe o rozmiarach od dnia świetlnego do miesiąca świetlnego. Jakie by nie były spekulacje dotyczące sposobu działania centralnego źródła aktywności, jedno jest pewne: nie mogą to być reakcje termojądrowe. Mają one efektywność około 1%, a więc wymagają o wiele więcej materii i czasu na wygenerowanie radiowej struktury Cen A, niż sugerują obserwacje. Ponadto reakcje termojądrowe dostarczają raczej promieniowanie termiczne niż obserwowane w galaktyce promieniowanie synchrotronowe.

Najbardziej efektywnym mechanizmem uzyskiwania energii z materii jest jej spadek w silnym polu grawitacyjnym. Materia spadając uzyskuje dużo energii kinetycznej, która może być wyzwalana w postaci relatywistycznej plazmy uciekającej z jądra w czasie zderzeń z obłokami gazu otaczającymi jądro. Najsilniejszym źródłem pola grawitacyjnego w jądrze Cen A może być czarna dziura o masie rzędu miliarda mas Słońca. Musi ona rotować, gdyż nie można sobie wyobrazić procesu prowadzącego do powstania takiej czarnej dziury w jądrze z otaczającej materii i nie zachowującego jej wewnętrznego momentu pędu.

Taki rotujący skolapsowany obiekt działa potrójnie. Po pierwsze, tworzy dół potencjału grawitacyjnego, w który wpada materia. Po drugie, oś rotacji czarnej dziury będzie wyznaczała oś rotacji materii spadającej, tworzącej dysk akrecyjny. Po trzecie, z taką czarną dziurą może być związane silne pole magnetyczne przyspieszające naładowane cząstki do wysokich energii. Możemy sobie wyobrazić, że spadająca na czarną dziurę materia tworzy dysk akrecyjny w formie torusa. Część materii może być wyrywana z dysku przez ciśnienie promieniowania w nim tworzonego, w okolicach jego osi rotacji i przyspieszając w polu magnetycznym może opuszczać jądro w formie skolimowanej wiązki relatywistycznej plazmy.

Dotychczas wyjaśnienia procesów zachodzących w jądrze aktywnej galaktyki są tylko spekulacjami, jednakże niesłabnące zainteresowanie astronomów tego rodzaju obiektami może przynieść już w niedalekiej przyszłości rozwiązanie tego, jednego z najbardziej podstawowych i ciekawych problemów w dzisiejszej astrofizyce.

JAN MERGENTALER — Wrocław

ZIELONY PROMIEŃ ZACHODZĄCEGO SŁOŃCA

Dwa ciekawe zjawiska, jakie można obserwować w momencie zachodu Słońca, to większe rozmiary tarczy słonecznej o zachodzie niż w południe i kończący zachód zielony promień. Miłośnikom astronomii chcę zwrócić uwagę na te zjawiska, bo są one ładne, ciekawe jest ich wyjaśnienie i można by przy okazji ich obserwacji prześledzić powiązania z pogodą dnia następnego lub w ogóle przebadać wpływ stanu atmosfery na ich występowanie. Obserwacji — głównie zielonego promienia — jest mało i dlatego warto postarać się o zwiększenie ich ilości, co pomoże lepiej zrozumieć to zjawisko.

Dziś chyba w ogóle „zielony promień" jest zapomniany. Wspominali o nim dawniej żeglarze, może Juliusz Verne opisywał jego obserwacje w którejś z powieści (spotkałem się z jego opisem po raz pierwszy przed wielu laty w jakiejś młodzieżowej lekturze), aż potem sam go dojrzałem. Było to 2 grudnia 1927 roku na Łysinie. Panowała piękna wieczorna pogoda, po zachodzie Słońca. Lekko tylko zabarwiony na rdzawo-żółty odcień Księżyc zachodził za ostro widoczne zbocze górskie, pokryte miejscami gęstym lasem (o ile pamiętam było to zachodnie zbocze Babiej Góry). W chwili gdy ostatni jasny punkt ostrego rogu Księżyca znikał za grzbietem góry, wystąpiło wyraźne rubinowo-czerwone zabarwienie, które w przeciągu 2—3 sekund przeszło całą skalę widma i ostatni promień zabłysnął silnie niebiesko-zielonym światłem. Tak została zanotowana ta obserwacja w sprawozdaniach Polskiej Akademii Umiejętności z 1928 roku.

Przytaczam ten tekst dlatego, że jest w nim dobry opis zjawiska. Przed laty żywo dyskutowano na temat możliwości powstawania takiego zielonego błysku po zachodzie Słońca. W przypadku Księżyca raczej nie obserwowano tego zjawiska. Myślano, że jest to złudzenie wynikające z właściwości oka. Po intensywnym naświetleniu czerwonym promieniowaniem zachodzącego Słońca, z chwilą zgaśnięcia tego światła, występuje to, co o ile wiem, nazywa się powidokiem i polega na tym, że przez chwilę wydaje się, że widzimy uzupełniający kolor zielony. Opisana obserwacja całkowicie wyklucza tego rodzaju tłumaczenie i wykluczyło go także zebranie przez francuskiego astronoma L. Rudaux licznych zdjęć fotograficznych. Na zdjęciach tych i z obserwacji dawniejszych wynikało wyraźnie, że jest to realne zjawisko z dziedziny optyki. Przypisywano

je wobec tego anomalnej dyspersji w atmosferze ziemskiej. Okazało się jednak, że żadnej anomalii tu nie ma, a wskazał na to przed około 70 laty T. Banachiewicz w krótkiej rozprawie. Czym więc to zjawisko jest wywołane? Oto proste wyjaśnienie:

Światło zachodzącego Słońca, Księżyca czy planety podlega rozszczepieniu na widmo w dolnych warstwach atmosfery. Najsilniej załamane będą promienie fioletowe, najsłabiej czerwone. Dzięki temu dolny brzeg tarczy będzie zabarwiony rubinowo, środek, na skutek załamania się widm z poszczególnych części tarczy — biało, górny brzeg — fioletowo. Do załamania dołącza się absorpcja, najsilniejsza w krótkofalowym przedziale widma. Powoduje ona to, że dolny brzeg pozostaje zabarwiony na kolor czerwony (jak w przypadku bez absorpcji), środek tarczy — żółto-czerwony, a górny brzeg — zielono-niebieski. Skoro ostatni chowa się za horyzont górny brzeg, więc nic dziwnego, że ostatni ślad zachodzącego Słońca jest zielony.

Zjawisko to występuje jednak nie zawsze i na ogół lepiej jest widzialne przez lornetkę lub lunetę (byle dobrze skorygowaną, a więc bez aberracji chromatycznej). Nie zaszkodziłaby nawet luneta 10 cm średnicy, pozwalająca na około stokrotne powiększenie. Ponieważ całe zjawisko trwa parę sekund, trzeba zacząć obserwacje mniej więcej minutę przed zachodem Słońca lub Księżyca. Naturalnie przezroczystość powinna być dobra, Słońce (lub Księżyc) nie za bardzo czerwone skrywać się winno raczej nie za chmury ale np. za zbocze góry, na „końcu" morza, czy też za jakiś daleki budynek. Namawiam do obserwacji dlatego, że gdyby takich dostrzeżeń uzbierało się więcej, przy jednoczesnym notowaniu koloru zachodzącego Słońca lub Księżyca, temperatury, wilgotności, ciśnienia, to być może udałoby się dokładniej określić stan atmosfery i warunki powstawania zielonego błysku.

Zupełnie innego rodzaju zjawiskiem jest zwiększanie się tarczy słonecznej i księżycowej na zachodzie w stosunku do widzianej w zenicie. Jest to pozorne zjawisko, wynikające z właściwości oka. Przekonać się o tym można w następujący sposób: Z pomocą prostego kątomierza nastawiajmy co 10° podziałkę, zaczynając od horyzontu, ale nie patrząc na podziałkę, którą odczytuje ktoś inny, lub którą zaznaczamy na białym papierze pokrywającym podziałkę kątomierza. Okazuje się, że ocena przedziału kątowego w zenicie jest mniejsza niż przy horyzoncie. Słońce znajdujące się na wysokości 10° zanotujemy na wysokości kilkunastu stopni, zależnie od warunków pogody. Zawsze jednak jako świecące wyżej niż wynika-

łoby z dokładnych pomiarów. Wydaje się, że Słońce ma większą średnicę nad horyzontem niż w zenicie dlatego, że odległość od horyzontu nisko mierzymy inną skalą niż wysoko. Warto i to sprawdzić osobiście i zobaczyć, czy przy większej ilości obserwacji nie odgrywa tu jakiejś roli także przezroczystość atmosfery. Myślę, że te dwa zjawiska — zielony promień i wielkość tarczy słonecznej o zachodzie — mogą zainteresować obserwatorów mających możliwości przyglądania się Słońcu, Księżycowi czy planetom jak najbliższej horyzontu, czego zazwyczaj obserwatorzy nie czynią.

KRONIKA

Gazy szlachetne w atmosferze Wenus

Spektrometry masowe lądowników sond Wenera-13 i -14 przeprowadziły pomiary składu chemicznego i izotopowego gazów szlachetnych w atmosferze Wenus. Ponieważ czułość spektrometrów tych sond przewyższała czułość instrumentarium Wenery-11 i -12, skład izotopowy gazów określono ze znacznie większą dokładnością. Spektrometry pracowały począwszy od wysokości 26 km aż do samej powierzchni planety. Sądząc z otrzymanych danych, zawartość względna neonu-20 wynosi 10^{-5}, co pozostaje w zgodzie z dotychczasowymi informacjami. Skład izotopowy wenusjańskiego neonu różni się zarówno od składu neonu ziemskiego jak i słonecznego. Stosunek neonu-20 do neonu-22 wynosi w przypadku Ziemi 10,07 ± 0,35, na Wenus 11,9 ± 0,7, zaś w wietrze słonecznym 13,7 ± 0,3. Komputerowe opracowanie otrzymanych widm pozwoli ocenić zawartość najrzadszego izotopu neonu w atmosferze Wenus — neonu-21. Wstępne oszacowania sugerują, że neonu-22 jest ponad dziesięć razy więcej niż neonu-21. Pomiary zawartości azotu potwierdzają rezulataty otrzymane wcześniej: stanowi on około 4% objętości atmosfery Wenus. Równie dobrą zgodność z rezultatami Wenery-11 i 12 dały pomiary sumarycznej zawartości trzech izotopów argonu, $^{36}Ar + ^{38}Ar + ^{40}Ar$. Inaczej jest ze względną ilością tych izotopów. Stosunek zawartości argonu-36 do argonu-38 jest nieco większy niż wynika to z poprzednich pomiarów i bardziej zbliżony do ziemskiego. Z danych otrzymanych z Wenery-13 wynika, że ilość kryptonu zawarta jest w przedziale 10^{-7}—10^{-8}, co jest rezultatem przynajmniej dwukrotnie niższym od minimalnej wartości otrzymanej podczas misji Wenery-11 i -12. Zawartość ksenonu określił spektrometr Wenery-14. Jest ona zgodna z rezultatami amerykańskiej sondy Pioneer-Venus.

Wg *Pisma w Astronomiczeskij Żurnał*, 1982, nr 7, 391

ZBIGNIEW PAPROTNY

Satelity astronomiczne SPARTAN

W najbliższych planach NASA przewiduje się budowę małych satelitów Ziemi, nazwanych SPARTAN — Small, Pointed, Autonomous Research Tool for Astronomy Needs, co tłumaczyć można jako „małe,

wyposażone w system orientacji, autonomiczne narzędzie badawcze dla ptrzeb astronomii". Satelity z tej serii mają być wynoszone na orbitę w przedziale ładunkowym wahadłowca, razem z zasadniczym w danej misji ładunkiem. Po samodzielnym, trwającym dwie doby locie, satelita SPARTAN wrócić ma na pokład wahadłowca, a z nim na Ziemię. Celem tego programu jest wypełnienie luki istniejącej pomiędzy krótkimi, trwającymi do 20 minut, obserwacjami wykonywanymi za pomocą rakiet sondujących, a znacznie bardziej długotrwałymi i złożonymi programami badawczymi prowadzonymi z pokładu wahadłowca. Masa satelity SPARTAN ma wynosić około 900 kg, kształt zbliżony będzie do sześcianu o boku około 1,5 metra. SPARTANy wyposażone zostaną we własny system orientacji, niezależne zasilanie oraz blok zapisu danych o dostatecznej pojemności. Dotychczas zaplanowano trzy loty SPARTANów: pierwszy w czasie misji STS-17 w sierpniu 1984, drugi nie wcześniej niż w październiku 1985. W okresie późniejszym mają się odbywać cztery loty rocznie. Główne cele naukowe programu to badania w zakresie astrofizyki wysokich energii, heliofizyki, astronomii gwiazdowej, fizyki plazmy itp. Trzeba dodać, że satelity SPARTAN nie zastąpią rakiet sondujących, a przynajmniej nie we wszystkich przypadkach (np. przy wyznaczaniu pionowych profilów atmosfery ziemskiej).

Wg *Space World*, 1983, nr T-1, 24

ZBIGNIEW PAPROTNY

Chemia a astronomia: nazwy i odkrycia pierwiastków

Historia odkrywania pierwiastków chemicznych ma dwa aspekty wiążące ją z astronomią: (1) nazwy licznych pierwiastków mają związek z nazwami różnych obiektów astronomicznych, (2) obserwacje widm ciał niebieskich prowadziły, bywało, do odkrycia linii spektralnych nieobecnych w widmach znanych pierwiastków. Przykładem pierwszego jest nadanie przez niemieckiego chemika M. H. Klaprotha nazwy „uran" odkrytemu przezeń pierwiastkowi, na cześć planety Uran, niedawno przedtem odkrytej przez W. Herschela. Niewiele lat później podobne, astronomicznej natury motywy, spowodowały nadanie nazw tellurowi i jego „satelicie" selenowi. Cer, pallad — to kolejne przykłady nomenklaturowych powinowactw między chemią i astronomią (ale chyba nie wywodzące się z powinowactwa alchemii i astrologii?). Te dwa pierwiastki miały uczcić odkrycie pierwszych planetoid. Przedwcześnie zgłoszono nawet wtedy odkrycie kolejnych: „westu", „junonu", itd. Około roku 1850 pojawiła się nazwa „neptun", jednak ponieważ odkrycia nowego pierwiastka nie potwierdzono, nazwa ta nadana została pierwiastkowi o liczbie atomowej 93, odkrytemu dopiero w latach 1940—1941 (zresztą razem z następnym „astronomicznym" pierwiastkiem — plutonem). Przykładem drugiego aspektu związków chemiczno-astronomicznych służyć może szereg nazw nadanych „pierwiastkom" „odkrytym" w widmach różnych ciał niebieskich: „kasjopejum", „aldebaranium", „dubium" (od Dubhe), „denebium", itd. Jedynym pierwiastkiem rzeczywiście najpierw odkrytym w Kosmosie na Słońcu, okazał się hel. Miało to wpływ na względnie długo utrzymującą się wiarę w istnienie „coronium", „nebulium" i innych „pierwastków", które w końcu okazały się być już znanymi, znajdującymi się jedynie w skrajnych warunkach fizycznych. Należy jeszcze wspomnieć o technecie, początkowo otrzymanym w reakcjach jądrowych na

Ziemi, zaś w stanie „naturalnym" odkrytym najpierw w Kosmosie, a dopiero później na Ziemi.

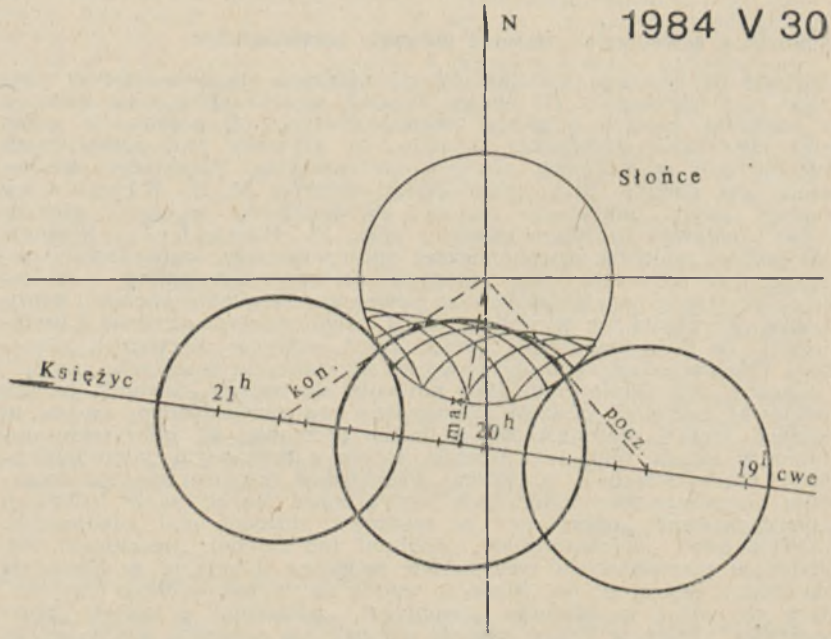
Wg *Istoriko-astronomiczeskije issledowanija*, 1983, nr 16, 271

ZBIGNIEW PAPROTNY

PORADNIK OBSERWATORA

Częściowe zaćmienie Słońca 30 maja 1984 roku

Serię częściowych zaćmień Słońca, widocznych w Polsce zakończy zaćmienie w dniu 30 maja 1984 roku. Nastąpi ono tym razem niedługo przed zachodem Słońca w Polsce i będzie podobne do zaćmienia z 20 lipca 1982 r. Sam przebieg zjawiska dla kuli ziemskiej będzie natomiast odmienny, gdyż wzdłuż pasa, biegnącego przez wsch. Pacyfik, Meksyk, płd.-wsch. stany USA, Atlantyk oraz płn.-zach. Afrykę będzie można obserwować zaćmienie obrączkowe. U nas natomiast zaćmienie rozpocznie się około 19^h20^m c.w.e., gdy Słońce będzie świecić tylko około 10° nad horyzontem. Maksymalna faza zaćmienia wyniesie około 0,3, około 20^h05^m, podczas gdy wysokość Słońca nad horyzontem wyniesie już tylko 3—8° w zależności od rejonu obserwacji na terenie Polski. Wówczas to będzie można obserwować przesłoniętą lewą dolną



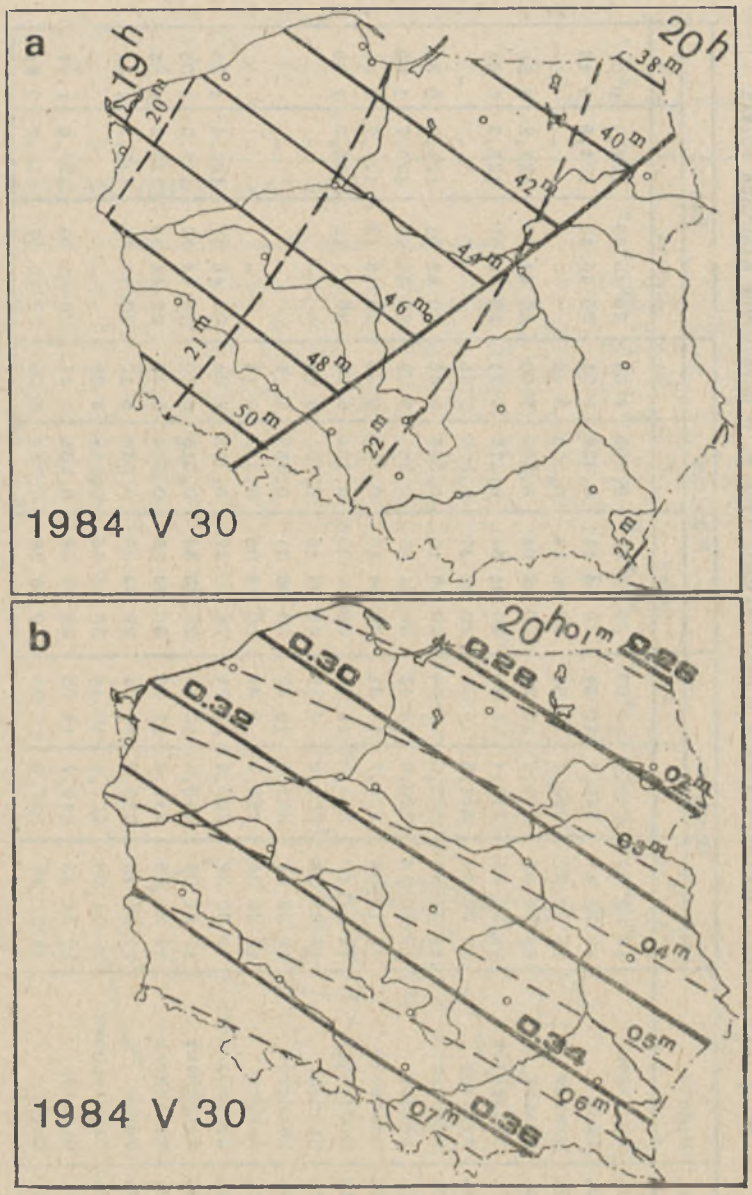
Rys. 1. Przebieg zaćmienia dla Polski centralnej w układzie współrzędnych prostokątnych Bessela.

Tabela 1

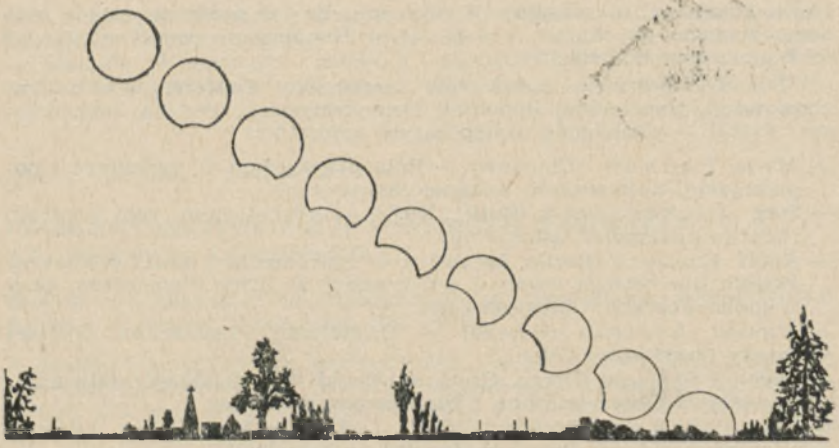
Przebieg częściowego zaćmienia Słońca w dniu 30 maja 1984 r. w niektórych miastach Polski

L.p.	Miasto	Początek			Maksimum			Koniec		
		c.w.e.	P	h	c.w.e.	f	h	c.w.e.	P	h
1.	Warszawa	$19^h22^m04^s$	$218^\circ,8$	$10^\circ09'$	$20^h03^m41^s$	0,308	$4^\circ34'$	$20^h43^m36^s$	$125^\circ,9$	$0^\circ07'$
2.	Łódź	19 21 48	220,4	10 54	20 04 45	0,328	5 01	20 45 48	124,5	0 16
3.	Kraków	19 22 22	222,7	9 54	20 06 24	0,355	3 43	-	-	-
4.	Gdańsk	19 20 55	216,9	12 23	20 02 04	0,289	7 00	20 41 33	127,2	2 20
5.	Białystok	19 22 22	216,1	9 18	20 01 54	0,277	4 11	20 39 57	128,3	0 08
6.	Rzeszów	19 22 46	221,5	8 38	20 05 37	0,339	2 45	-	-	-
7.	Wrocław	19 21 22	222,8	12 06	20 06 15	0,358	5 46	20 49 01	122,3	0 33
8.	Poznań	19 20 55	220,9	12 43	20 04 52	0,337	6 39	20 46 49	123,7	1 30
9.	Szczecin	19 19 53	220,7	14 31	20 04 19	0,335	8 25	20 46 43	123,7	3 06
10.	Grudziądz	19 21 10	218,2	12 00	20 03 03	0,304	6 25	20 43 12	126,2	1 38
11.	Kielce	19 22 18	221,2	9 49	20 05 16	0,335	3 54	-	-	-
12.	Katowice	19 22 06	222,9	10 33	20 06 31	0,359	4 17	-	-	-
13.	Lublin	19 22 36	219,3	8 49	20 04 08	0,313	3 14	-	-	-
14.	Zielona Góra	19 20 39	222,4	13 24	20 05 47	0,355	7 04	20 48 47	122,4	1 39
15.	Bydgoszcz	19 21 03	219,2	12 19	20 03 42	0,315	6 33	20 44 32	125,3	1 38
16.	Włocławek	19 21 28	219,3	11 30	20 03 55	0,316	5 45	20 44 33	125,3	0 56
17.	Toruń	19 21 15	219,8	11 54	20 03 38	0,313	6 12	20 44 14	125,5	1 21
18.	Częstochowa	19 21 58	222,1	10 44	20 05 54	0,348	4 36	-	-	-
19.	Olsztyn	19 21 35	216,7	11 05	20 02 08	0,286	5 47	20 41 06	127,6	1 17
20.	Opole	19 21 43	223,0	11 24	20 06 28	0,360	5 05	20 49 07	122,2	0 04

P - kąt pozycyjny od bieguna, h - wysokość Słońca nad horyzontem, f - wielkość max. fazy
Kąty pozycyjne od zenitu wynoszą dla początku i końca zaćmienia odpowiednio około 180° i 95°.



Rys. 2. Mapki przebiegu zaćmienia dla Polski: a) przebieg izochron początku (linie przerywane) i końca (linie ciągłe) zaćmienia częściowego; b) przebieg izochron maksimum (linie przerywane) i izofaz (linie ciągłe).



Rys. 3. Widok zaćmienia częściowego nad płn.-zach. horyzontem.

część tarczy słonecznej. Koniec zaćmienia będzie widoczny tylko w płn.-zach. rejonach kraju i zbiegnie się niemal z zachodem Słońca.

Szczegółowe dane o przebiegu zaćmienia podano w tabeli 1 oraz na rysunkach 1, 2 i 3. Momenty charakterystycznych momentów dla szeregu miast zostały obliczone przez Sławomira Kruczkowskiego z Grudziądza, zaś obliczeń przebiegu izochron i izofaz dokonał Błażej Feret z Łodzi. W obydwu przypadkach korzystano z elementów zaćmienia, zawartych w roczniku radzieckim *Astronomiczeskij Eżegodnik SSSR na 1984 god.* Natomiast programy obliczeniowe na e.m.c. zostały opracowane przez niżej podpisanego i z wyjątkiem niewielkich zmian bądź uzupełnień były identyczne, jak w przypadku obliczeń zaćmień w latach ubiegłych.

Koordynację amatorskich obserwacji fotograficznych zaćmienia podejmuje Sekcja Obserwacji Pozycji i Zakryć PTMA (PTMA — O/Warszawa, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa). W Sekcji tej dokonuje się wcześniejszego ustalenia metodyki obserwacji a także pomaga w opracowywaniu wyników.

Na zakończenie dodajmy, że następne częściowe zaćmienie Słońca i to o bardzo małej fazie, będzie można w Polsce obserwować dopiero rano 22 lipca 1990 r., a najbliższe zaćmienie o dużej fazie wypadnie 12 października 1996 r.

MAREK ZAWILSKI

KONFERENCJE I ZJAZDY

Obrady dydaktyków astronomii w Olsztynie

12 września 1983 roku dyrektor Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego mgr Zbigniew Gałęcki, otwierając Międzynarodową Konferencję Popularnonaukową, jak gdyby na marginesie swojej wypowiedzi zauważył, że mija właśnie 10 lat od powstania pla-

cówki goszczącej uczestników Konferencji. Bo też spotkanie to nie było zorganizowane „z okazji", ale pisząc o Konferencji warto odnotować fakt jubileuszu Planetarium.

Ponad czterdziestu uczestników dwudniowej Konferencji — z Czechosłowacji, Niemieckiej Republiki Demokratycznej, Berlina Zachodniego i Polski — wysłuchało następujących referatów:

— Maria Pańków (Chorzów) — Rola planetarium w dydaktyce i popularyzacji najnowszych osiągnięć astronomii,
— Jorg Lichtenfeld (Halle, NRD) — Planetarium jako centrum rozwoju nauczycieli astronomii,
— Adolf Kunert (Berlin Zachodni) — Astronomia i nauki o Wszechświecie dla potrzeb szkoły i publiczności w Zeiss Planetarium przy Wilhelm Foerster Obserwatorium,
— Andrzej Lisicki (Gdynia) — Działalność Planetarium Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni,
— Pavel Prihoda (Praga, Czechosłowacja) — Działalność kulturalno-oświatowa Obserwatorium i Planetarium w Pradze,
— Adolf Zenkert (Poczdam, NRD) — O pracy Planetarium Astronomicznego Centrum Bruno H. Burgela w Poczdamie,
— Klaus Lindner (Lipsk, NRD) — Problemy aktualizacji materiału nauczania na lekcjach astronomii (pełny tekst publikujemy niżej),
— Helmut Bernhard (redaktor naczelny *Astronomie in der Schule*, NRD) — Współczesny astronomiczny wizerunek Wszechświata i sposób jego przedstawiania na lekcjach astronomii w 10 klasie szkoły średniej w NRD,
— Milan Belik (Hurbanovo, Czechosłowacja) — Rozwój miłośniczej astronomii na Słowacji,
— Juliusz Domański (Toruń) — Modelowanie odkrycia pierścieni Urana,
— Cecylia Iwaniszewska (Toruń) — Popularyzacja astronomii i kształcenie nauczycieli we Francji (na podstawie publikacji *Les Cahiers Clairaut*),
— Zdenek Okac (Brno, Czechosłowacja) — Nauka astronomii w Brneńskim Planetarium, a pewne techniczne ulepszenia audiowizualnego systemu planetarium ZKP-1,
— E. Rothenber (Berlin, NRD) — Amatorskie obserwacje Słońca w Berlinie-Treptowie,
— Zbigniew Solarz (Piotrków Trybunalski) — O pracy planetarium szkolnego własnej konstrukcji,
— J. Rose (Jena, NRD) — Kształtowanie programów Planetarium Carl Zeiss Jena,
— Jan Desselberger (Chorzów) — Eksperymenty dydaktyczne w Planetarium Śląskim,
— Jan Kwaśniewicz (Kraków) — Próba oceny zainteresowań astronomicznych dziecka w wieku 6—10 lat.

Powyższe referaty i dyskusje zostały uatrakcyjnione odczytem prof Jerzego Wdowczyka z Instytutu Problemów Jądrowych w Łodzi pt. „Czy jest antymateria we Wszechświecie" oraz eksperymentalnym seansem przygotowanym w Planetarium Lotów Kosmicznych w Chociebużu (NRD) i trzema filmami astronautycznymi przywiezionymi przez A. Kunerta (Berlin Zachodni). Równie interesującą częścią co wykłady, refe-

raty, pokazy planetaryjne i filmy były dyskusje w kuluarach. Ta bezpośrednia wymiana poglądów będzie zapewne owocowała w pracy wielu uczestników Konferencji. Sugestia organizowania podobnych spotkań w przyszłości została przychylnie przyjęta przez wszystkich uczestników.

JAN KWAŚNIEWICZ

KLAUS LINDNER — Lipsk, NRD

PROBLEMY AKTUALIZACJI MATERIAŁU NAUCZANIA NA LEKCJACH ASTRONOMII

Referat przedstawiony na Międzynarodowej Konferencji Popularnonaukowej w Olsztynie 13 września 1983 roku

Zadaniem tej konferencji jest pokazanie, w jaki sposób można torować społeczeństwu drogę do poznania najnowszych osiągnięć astronomii. Ważne jest przy tym, że większość ludzi, o których mowa, nie ma specjalnego wykształcenia w zakresie nauk przyrodniczych. Dlatego ktoś, kto popularyzuje astronomię lub uczy jej w szkole, musi poszukiwać różnych sposobów przyciągnięcia i podtrzymywania zainteresowania słuchaczy specjalnymi zagadnieniami tej nauki.

Do wypróbowanych osiągnięć pedagogiki należy, iż kształcenie angażujące emocjonalnie sprzyja zainteresowaniu uczniów. Zasada ta jest słuszna także w kształceniu dorosłych. Emocja toruje drogę rozumowi!

(Chciałbym w tym miejscu podkreślić, że zasadnicze treści mojego referatu są wynikiem zajmowania się zawodowo metodyką nauczania astronomii w szkole. Jestem z kraju, w którym astronomia dopiero od 24 lat jest samodzielnym przedmiotem w szkole, a więc w którym od prawie ćwierć wieku wszystkie dzieci są wyposażone w stałe minimum podstawowej wiedzy astronomicznej. Jest to dla wszystkich, którzy w jakikolwiek sposób zajmują się stronomią, niezmiernie korzystna baza dla dalszego popularyzowania wiedzy z tej dziedziny. Z mego doświadczenia pedagogicznego wynikają wnioski, o których chciałbym teraz mówić.)

Emocja toruje drogę rozumowi, a istotnym składnikiem emocji jest aktualność. Aktualność tematu lekcji sprawia, że astronomia jest przez ucznia przeżywana. Aktualność prelekcji zapewnia uwagę słuchaczy. W praktyce kształcenia astronomicznego w szkole rozróżniamy dwa rodzaje aktualności:

1. Fakt jest obiektywnie aktualny, gdy został dopiero co odkryty. Rozumiemy przez to rezultaty badań astronomicznych, które nie znajdują się jeszcze w podręcznikach szkolnych do astronomii, a które uczniowie znajdują w prasie codziennej i w telewizji. Do nich należą obecnie np. szczegóły budowy pierścieni Saturna, doniesienia o komecie, która spadła na Słońce, albo też wynikająca ze stosunku zawartości wodoru do helu w atmosferze Jowisza informacja o tym, że Słońce jest gwiazdą trzeciej generacji. Włączenie postępów wiedzy fachowej — w postaci uproszczonej i dopasowanej pod względem dydaktycznym — do nauczania astronomii ma na celu nie tylko budzenie zainteresowania i uwagi. Powinno ono raczej uzmysłowić uczniom, że astronomia nie jest gotowym, zamkniętym w sobie kompleksem, ale dynamiczną i nadal rozwijającą się nauką. Nowe osiągnięcia wiedzy spełniają w nauczaniu także w szerszym sensie funkcję motywacyjną.

Chciałbym jednak zająć się przede wszystkim drugim rodzajem aktualności:

2. Fakt jest obiektywnie aktualny, jeśli właśnie teraz się zdarza. Na przykład przy wyjaśnianiu zjawisk zaćmień Słońca i Księżyca istotne znaczenie ma fakt, że słuchacze dowiadują się w jakim dniu bieżącego roku nastąpi zaćmienie, nawet jeśli nie będzie ono widoczne w Europie. Jeśli mówimy o drodze Ziemi wokół Słońca, to ważne są daty przejścia Ziemi przez peryhelium i aphelium w danym roku. Przy opisywaniu źródeł promieniowania rentgenowskiego w Kosmosie istotne jest dla słuchaczy, że są informowani o położeniu gwiazdozbioru zawierającego źródło i jego widoczności w danym dniu, chociaż oczywiście nie mogą zobaczyć źródeł rentgenowskich, o czym zresztą wiedzą. Dotyczy to także innych badanych obiektów, o których informuje się uczniów na lekcjach, czy dorosłych słuchaczy podczas prelekcji.

Szczególną wagę ma nawiązywanie do stanu aktualnego przy omawianiu obiektów, które słuchacze mogą obserwować sami, może nawet gołym okiem. Jako przykład przedstawię omawianie nowych wyników badań planet Układu Słonecznego. Potrzebne tu jest uzupełnienie przez poinformowanie słuchaczy w jakim gwiazdozbiorze, o której godzinie i w jakiej stronie nieba, będzie można zobaczyć omawianą planetę tego właśnie wieczoru, a nawet, chociaż związek tematyczny jest bardzo luźny, należy wspomnieć o spektakularnych wydarzeniach, jak np. zakrycie planety przez Księżyc, tak w popularnym programie jak i na dobrej lekcji.

Z pewnością rozpoznali Państwo zasadę: przez świadomość, że jest się blisko wydarzenia astronomicznego w sensie czasowym, wydobywane jest zainteresowanie słuchaczy osiągnięciami nauki.

Nie jest obojętne, czy nauczyciel na lekcji astronomii omawia warunki widoczności planet, a pojęcia „opozycja" i „koniunkcja" na teoretycznie wymyślonych przykładach, czy też może on poinformować swych uczniów, jakie są dziś heliocentryczne pozycje planet i jakie wynikają z tego konsekwencje dla widoczności tych ciał niebieskich. Jeśli może on pokazać, że teraz, we wrześniu 1983 roku, Mars znajduje się po prawej stronie Słońca i dlatego jest widoczny na porannym niebie, lub jeśli jako przykład koniunkcji wybiera koniunkcję Merkurego z 15 września 1983 roku, to jest to dla uczniów aktualnie przeżywana astronomiczna teraźniejszość.

To, co sformułowałem dla nauczania szkolnego, tak samo obowiązuje w przypadku popularnych prelekcji. Dla nauczyciela i dla prelegenta wynika stąd obowiązek jak najczęstszego odwoływania się do aktualnych wydarzeń astronomicznych. Może on to robić jednak tylko wtedy, gdy zna ich terminy i dlatego w czasopiśmie *Astronomie in der Schule* (jest to pismo fachowe dla nauczycieli astronomii w NRD) publikujemy co roku, przed rozpoczęciem roku szkolnego, przegląd ciekawych wydarzeń astronomicznych w danym roku szkolnym. Zawiera on informacje o widoczności planet, o zaćmieniach, o początkach astronomicznych por roku, o przejściu Ziemi przez peryhelium i aphelium, o najważniejszych konfiguracjach planet i o widocznych przejściach Księżyca w pobliżu jasnych planet. Ponadto jest tam podawane, kiedy jest widoczny Księżyc na wieczornym niebie.

Publikacja taka spełnia trzy zadania. Po pierwsze, nauczyciele zyskują możliwość prowadzenia obserwacji astronomicznych wspólnie z uczniami; po drugie, uczniowie powinni zostać zachęceni do własnych domowych obserwacji i po trzecie, publikacja oferuje roczny przegląd

„materiału do zastanowienia", który daje słuchaczowi świadomość, że jest jakoś związany z wydarzeniami astronomicznymi.

Dla szerokiego ogółu czytelników Planetarium fundacji Carla Zeissa w Jenie wydaje kalendarz plakatowy, który pod tytułem „Rok astronomiczny" podaje wszystkie znaczące wydarzenia astronomiczne. W części tekstowej zawiera on ogólne wyjaśnienie tego, co można zobaczyć na niebie gołym okiem, jak również opis ruchu planet i zaćmień w danym okresie.

Kalendarz jest oferowany do kupienia odwiedzającym planetarium w Jenie i trzeba przyznać, że obficie korzystają oni z tej oferty. Wielu widzów planetarium to młodzież, dlatego grafik wybrał odpowiednią dla młodzieży formę plakatu, która spotkała się z dużym uznaniem. Dla wielu kupujących może on być przede wszystkim pamiątką wizyty w planetarium. Z czasem jednak przyglądającemu się utrwala się w pamięci coraz więcej faktów astronomicznych. Mogą mieć Państwo zastrzeżenia, że w takim kalendarzu nie są wymienione najnowsze wydarzenia astronomiczne. To nie jest zamierzone, a także nie jest możliwe. Ale jeśli wykorzystamy wymienione w kalendarzu aktualne wydarzenia jako bazę do zainteresowania w ogóle astronomią, to potem tacy słuchacze będą otwarci także na skomplikowane wyjaśnienia najnowszych osiągnięć badawczych astronomii. I przez to osiągamy w większym stopniu zrozumienie dla nauki i utrwalenie naukowego sposobu patrzenia na świat.

tłumaczył Andrzej Pilski

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Kwiecień 1984 r.**

Słońce

Wznosi się po ekliptyce coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy. W ciągu miesiąca dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 kwietnia Słońce wschodzi o 5^h10^m, zachodzi o 18^h10^m, a 30 kwietnia wschodzi o 4^h7^m, zachodzi o 19^h10^m. W kwietniu Słońce wstępuje w znak Byka.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 13^h cazsu środk.-europ.)

Data 1984	P	B_0	L_0	Data 1984	P	B_0	L_0
IV 1	—26°22	—6°48	336°46	IV 17	—25°88	—5°36	125°26
3	—26.28	—6.36	310.07	19	—25.70	—5.20	98.84
5	—26.30	—6.24	283.68	21	—25.50	—5.02	72.44
7	—26.30	—6.11	257.29	23	—25.26	—4.84	46.01
9	—26.28	—5.98	230.89	25	—25.00	—4.65	19.58
11	—26.22	—5.83	204.49	27	—24.70	—4.46	353.16
13	—26.14	—5.68	178.08	29	—24.38	—4.27	326.73
15	—26.02	—5.52	151.68	V 1	—24.04	—4.06	300.30

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
27d0h36m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

W pierwszym i ostatnim tygodniu miesiąca będziemy mieli noce bezksiężycowe, bowiem kolejność faz Księżyca jest w kwietniu następująca: 1^d13^h nów, 9^d6^h pierwsza kwadra, 15^d20^h pełnia i 23^d1^h ostatnia kwadra. W perygeum Księżyc znajdzie się 14 kwietnia, a w apogeum 26 kwietnia. W kwietniu tarcza Księżyca zakryje Saturna, Marsa i Urana, ale zjawiska te będą widoczne na półkuli południowej.

Planety i planetoidy

Merkurego odnajdziemy w pierwszej dekadzie miesiąca nisko nad zachodnim horyzontem wieczorem; jego jasność spada od zerowej do +1 wielkości gwiazdowej. Wenus jest widoczna jeszcze w pierwszych dniach miesiąca bardzo nisko nad wschodnim horyzontem jako Gwiazda Poranna — 3,9 wielkości. Mars i Saturn przebywają w gwiazdozbiorze Wagi i są widoczne prawie całą noc; Mars zbliża się do Ziemi i jego jasność wzrasta od —1 do —1,5 wielk. gwiazd., a Saturn świeci jak gwiazda +0.1 wielkości. Jowisz i Neptun przebywają w gwiazdozbiorze Strzelca i są widoczne w drugiej połowie nocy; Jowisz świeci jako gwiazda —2,3 wielkości, a Neptun jest widoczny tylko przez lunety (8 wielk. gwiazd.). Przez lunetę lub nawet lornetkę można dostrzec Urana widocznego prawie całą noc w gwiazdozbiorze Wężownika, a Pluton jest widoczny przez całą noc w gwiazdozbiorze Panny, ale dostępny jest tylko przez duże teleskopy 13,5 wielk. gwiazd.). Żadna z czterech najjaśniejszych planetoid nie jest widoczna.

Meteory

W kwietniu promieniują meteory z roju Lirydów. Radiant tego roju leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt. 18^h8^m, dekl. +33°. Okres aktywności roju przypada od 20 do 23 kwietnia, a maksimum 22 kwietnia nad ranem. W tym roku warunki obserwacji nie są najlepsze (przeszkadza blask Księżyca).

* *
*

2^d O 4^h5^m obserwujemy początek zaćmienia 2 księżyca Jowisza; zniknie on nagle w cieniu planety w odległości równej prawie średnicy tarczy od jej lewego grzebu (patrząc przez lunetę odwracającą). O 15^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

3^d O 1^h Merkury znajdzie się w złączeniu z Księżycem w odl. 6°, a o 4^h w największym wschodnim odchyleniu od Słońca w odl. 19°.

4^d Księżyc 2 Jowisza przechodzi na tle tarczy planety; o 4^h21^m obserwujemy koniec przejścia.

5^d O 3^h Mars nieruchomy w rektascensji (zmienia kierunek swego pozornego ruchu wśród gwiazd). Księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy Jowisza i o 4^h27^m pojawi się na niej cień tego księżyca; sam księżyc 1 rozpocznie przejście na tle tarczy planety o 5^h43^m.

6^d Księżyc 1 ukryty jest za tarczą Jowisza. Koniec zakrycia nastąpi o 5^h18^m.

7^d Do 4^h33^m księżyc 3 Jowisza przechodził na tle tarczy planety i był niewidoczny.

11^d Księżyc 2 zbliża się do brzegu tarczy Jowisza, a w tym czasie wędruje po niej plamka cienia tego księżyca. Sam księżyc dotrze do brzegu tarczy planety i rozpocznie przejścia na jej tle o 4^h19^m, a jego cień skończy swą wędrówkę już o 4^h21^m.

12^d1^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

14^d Na tarczy Jowisza widoczne są cienie dwóch księżyców, 1 i 3. Cień księżyca 1 widoczny jest do 3^h2^m, a księżyca 3 do 3^h16^m. Księżyc 1 kończy przejście o 4^h18^m, podczas gdy księżyc 3 dopiero rozpocznie swoje przejście o 5^h26^m.

17^d Księżyc znajdzie się w bliskim złączeniu z dwiema planetami, Saturnem i Marsem, przy czym tarcza Księżyca zakryje kolejno obie planety. Zakrycie Saturna nastąpi o 2^h i widoczne będzie w Ameryce Południowej, na Południowym Atlantyku i na Antarktydzie, natomiast zakrycie Marsa nastąpi dopiero o 24^h i widoczne będzie w Afryce, na Madagaskarze, na Oceanie Indyjskim, w Indonezji i w Australii.

18^d Księżyc 2 zbliża się do brzegu tarczy Jowisza i o 4^h23^m pojawi się na niej cień tego księżyca; sam księżyc rozpocznie przejście dopiero o 6^h50^m (dawno po wschodzie Słońca w Polsce).

19^d O 4^h nastąpi bliskie złączenie Urana z Księżycem; zakrycie planety przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Ameryce Południowej, na Południowym Atlantyku i na Antarktydzie. O 22^h38^m Słońce wstępuje w znak Byka (jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 30°).

20^d Księżyc 2 Jowisza widoczny jest dopiero od 3^h41^m, kiedy to nastąpił koniec zakrycia tego księżyca przez tarczę planety. Księżyc 1 bliża się do brzegu tarczy, ale nie dotrze doń znikając w cieniu planety o 5^h33^m (początek zaćmienia). O 13^h Księżyc znajdzie się w złączeniu z Neptunem w odl. 3°, a o 17^h Pluton znajdzie się w przeciwstawieniu ze Słońcem względem Ziemi (czyli w opozycji).

21^d Na tarczy Jowisza widoczne będą cienie dwóch jego księżyców. Cień księżyca 1 już wędruje po tarczy, kiedy sam księżyc 1 rozpoczyna przejście o 3^h55^m. O 4^h19^m pojawia się cień księżyca 3, a cień księżyca 1 kończy wędrówkę po tarczy planety o 4^h56^m. Sam księżyc 1 kończy przejście, a księżyc 3 dopiero je rozpocznie już za dnia. O 10^h Jowisz w złączeniu z Księżycem w odl. 3°.

22^d Księżyc 1 ukryty był za tarczą Jowisza i widoczny jest dopiero od 3^h39^m. O 6^h dolne złączenie Merkurego ze Słońcem.

27^d W pobliżu Jowisza dostrzegamy brak jego księżyca 2: ukryty on był najpierw w cieniu planety, a potem za jego tarczą (koniec zakrycia nastąpi dopiero o 6^h11^m).

29^d O $^h54^m$ nastąpi początek zaćmienia 1 księżyca Jowisza. Księżyc ten ukryty będzie w cieniu planety, a potem za jej tarczą aż do 5^h18^m. O 21^h Jowisz nieruchomy w rektascencji zmienia kierunek swego ruchu wśród gwiazd na sklepieniu niebieskim.

30^d O 1^h Wenus znajdzie się w złączeniu z Merkurym w odl. 0°7 (obie planety przebywają zbyt blisko Słońca na niebie i są niewidoczne). Księżyc 1 Jowisza przechodzi wraz ze swym cieniem na tle tarczy planety; obserwujemy koniec przejścia: cienia o 1^h18^m, a samego księżyca 1 o 2^h27^m.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim. **Uwaga:** jeśli nastąpi zmiana czasu na letni, należy do każdego podanego momentu **dodać** 1^h.

CONTENTS

P. Haensel — Supernovae of Type II: the Death of Massive Star.

Z. Loska — Centaurus A: the Nearest Active Galaxy.

J. Mergentaler — A Green Light of the Setting Sun.

Chronicle: Inert Gases in the Venus' Atmosphere — Astronomical Satellites SPARTAN — Chemistry and Astronomy: Names and Discoveries of Elements.

Vade-mecum for Observers: The Partial Solar Eclipse 30th May 1984.

Conferences and Meetings: Conferences at Olsztyn of Teachers of Astronomy — Problems of Actualisation of Subject-matter of Teaching on Lessons of Astronomy.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

П. Хэнсель — Сверхновые II типа: смерть массивной звёзды.

З. Лёска — Центавр А: ближайшая активная галактика.

Я. Мергенталер — Зелёный луч заходящего Солнца.

Хроника — Инертные газы в атмосфере Венеры — Астрономические спутники СПАРТАН — Химия и астрономия: названия и открытия элементов.

Справочник наблюдателя: Частичное солнечное затмение 30 мая 1984 г.

Конференции и съезды: Совещания дидактиков астрономии в Ольштине — Проблемы актуальности материалов на уроках астрономии.

Астрономический календарь.

Kupię teleskop lub lunetę — powiększenie 30 × 100

Zbigniew Skorupski
14-110 Grunwald

URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium w składzie: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji, T. Zbigniew Dworak — redaktor techniczny. ADRES REDAKCJI: ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa. ADRES ADMINISTRACJI: Zarząd Główny PTMA, ul. Solskiego 30/8, 31-027 Kraków, tel. 22 38 92; nr konta PKO I OM Kraków 35510-16391-132. WARUNKI PRENUMERATY: roczna dla członków PTMA — 294 zł, cena pojedynczego egzemplarza — 25 zł, zgłoszenia w administracji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie, 1984. Nakład 3020 + 130 egz. Obj. ark. wyd. 2,90, ark. druk. 2,0. Pap. druk. sat. kl. V, 65 g, 61 × 86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — 1074/84 — R-16 — 3150 + 32

Indeks 38001