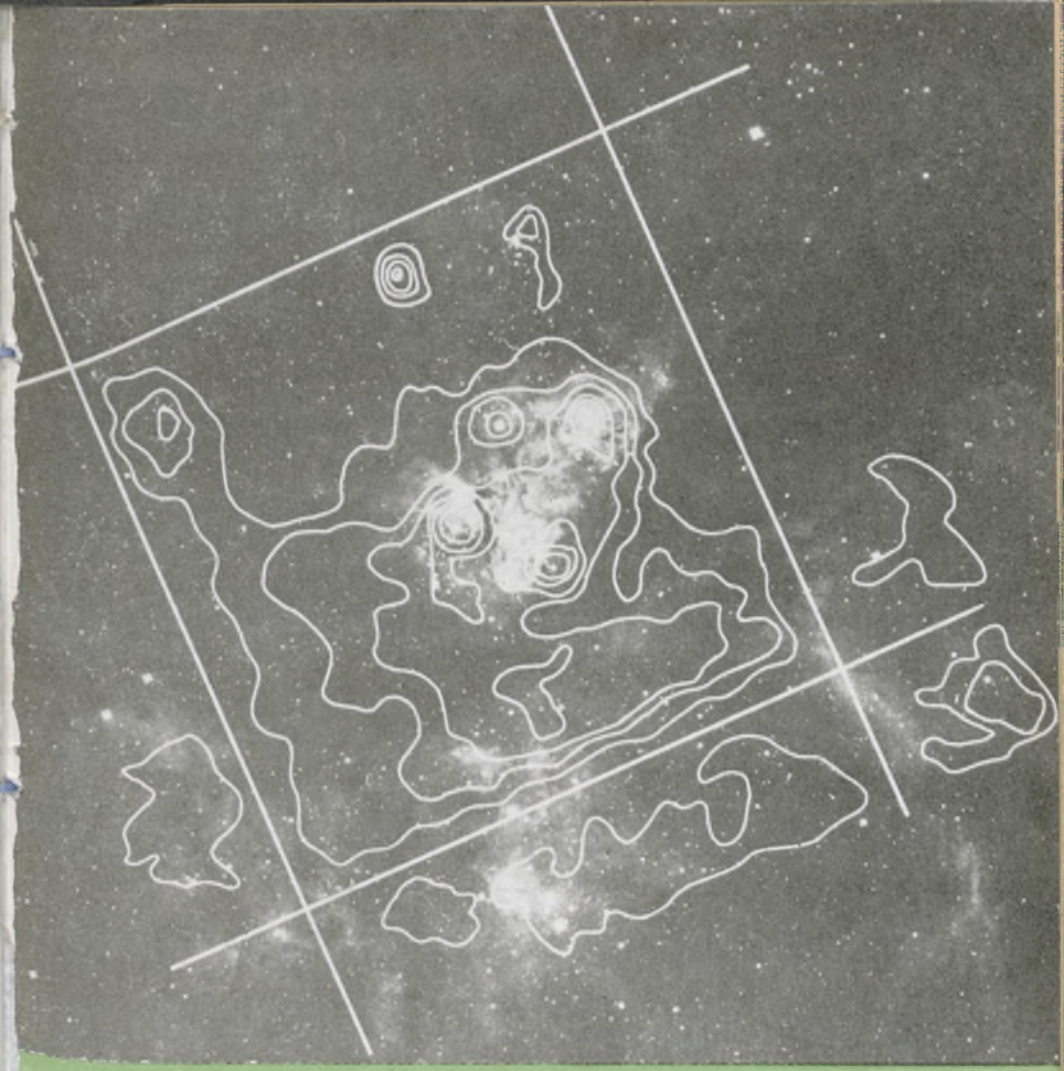


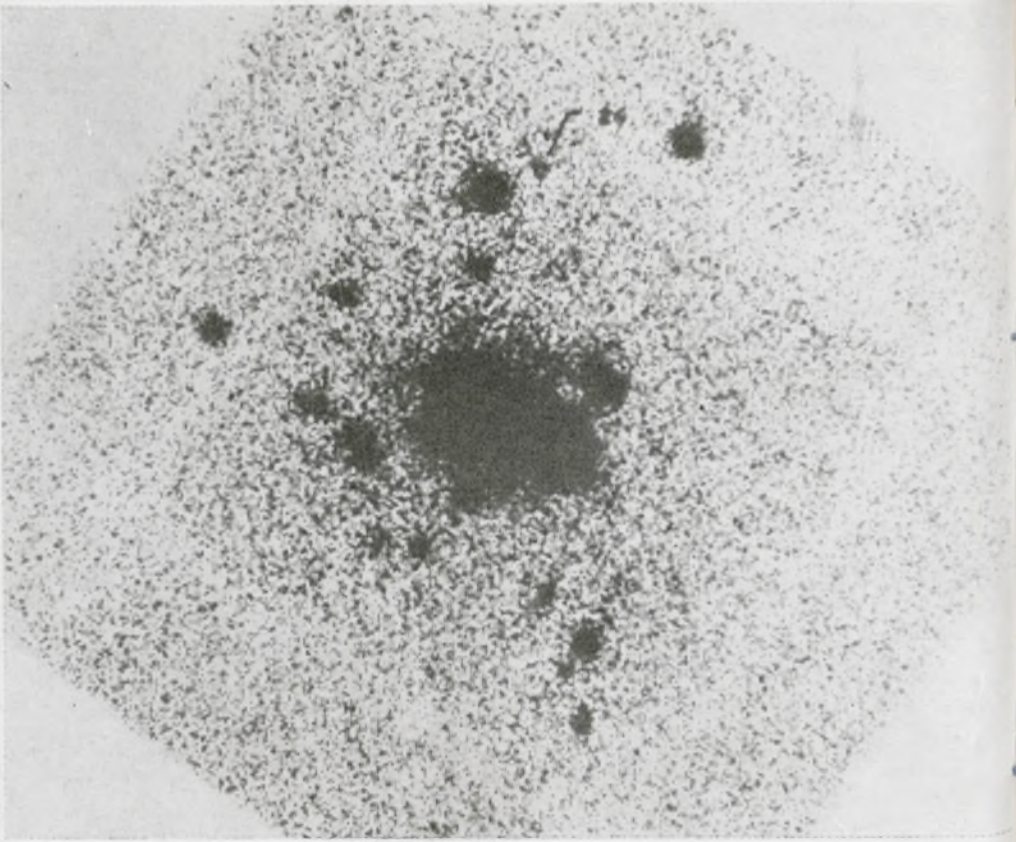
URANIA

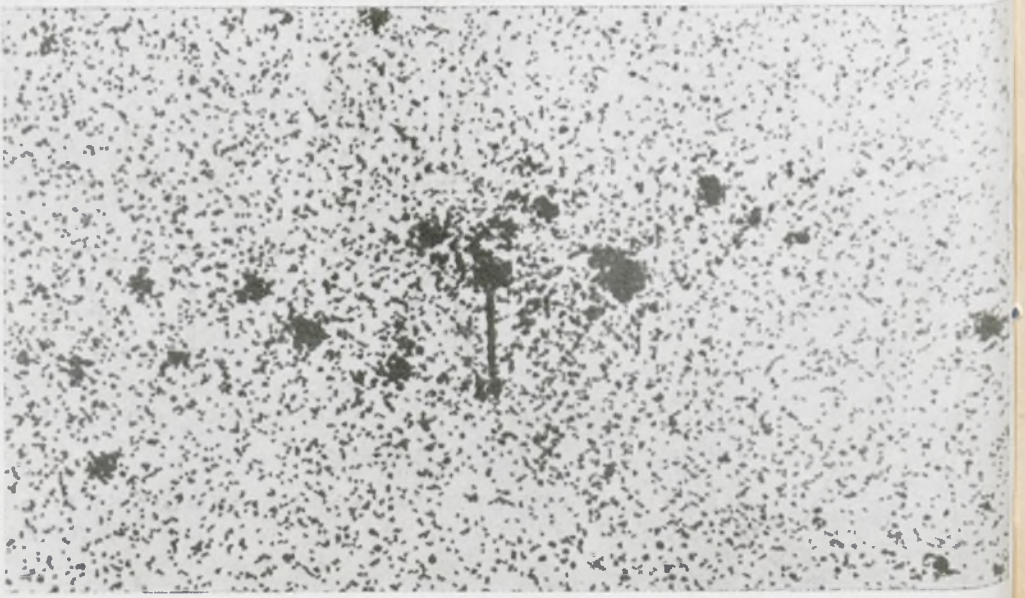
MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LII SIERPIEŃ 1981 Nr 8

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu





URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ISSN—0042—07-94

ROK LII SIERPIEŃ 1981 Nr 8

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).

25 sierpnia 1981 roku sonda kosmiczna Voyager 2 przeleci w pobliżu Saturna. Rewelacyjne rezultaty badań jej poprzedniczki, sondy Voyager 1, które prezentowaliśmy w kilku ostatnich numerach, każą oczekiwać z wielkim zainteresowaniem wyników kolejnej misji. Po zbliżeniu się do Saturna Voyager 2 rozpocznie niemal pięcioletnią podróż w kierunku Urana, następnej planety Układu Słonecznego. Zbliżenie z Uranem na odległość zaledwie 107 tys. km nastąpi 24 stycznia 1986 roku. Przypomnijmy, że Voyager 2 wystartował z Ziemi 20 sierpnia 1977 roku.

Czytelników artykułu o obserwacjach rentgenowskich w astronomii informujemy, że jego Autor, dr ANDRZEJ SOŁTAN, w 1978 roku pracował w Centrum Astrofizycznym przy Uniwersytecie Harvarda w Cambridge (USA) w zespole prowadzącym obserwacje za pomocą satelity Einstein, który jest koordynatorem programu naukowego tego satelity będącego obecnie najlepszym kosmicznym obserwatorium astronomicznym.

SPIS TREŚCI

Andrzej Sołtan — Obserwacje rentgenowskie w astronomii.

Wiesław Macek — Magnetosfera Jowisza.

Kronika: Ile satelitów ma Saturn? — Neptun i Galileusz.

Kronika PTMA: Kazimierz Kordylewski (1903—1981).

Nowości wydawnicze.

Kalendarzyk astroonmiczny.

Pierwsza strona okładki: Zdjęcie mgławicy *Eta Carinae* wykonane w ultrafiolecie za pomocą kamery Schmidta z zaznaczonymi konturami emisji rentgenowskiej. Bok kwadratu obramowującego mgławicę odpowiada jednemu stopniowi.

Druga strona okładki: U góry — rentgenowska fotografia jądra Wielkiej Mgławicy w Andromedzie (M 31). Rozmiar zdjęcia odpowiada centralnemu dużemu kwadratowi zaznaczonemu na zdjęciu reprodukowanym na trzeciej stronie okładki. U dołu — powiększenie centralnej części górnego zdjęcia.

Trzecia strona okładki: Negatywowe zdjęcie Wielkiej Mgławicy w Andromedzie, na którym kółeczkami zaznaczono źródła promieniowania rentgenowskiego.

Czwarta strona okładki: Zdjęcie jądra Wielkiej Mgławicy w Andromedzie, na którym zaznaczono źródła promeiniowania rentegnowskiego Średnica okręgu obejmującego większość źródeł wynosi około 4 min. łuku.

ANDRZEJ SOŁTAN — Warszawa

OBSERWACJE RENTGENOWSKIE W ASTRONOMII

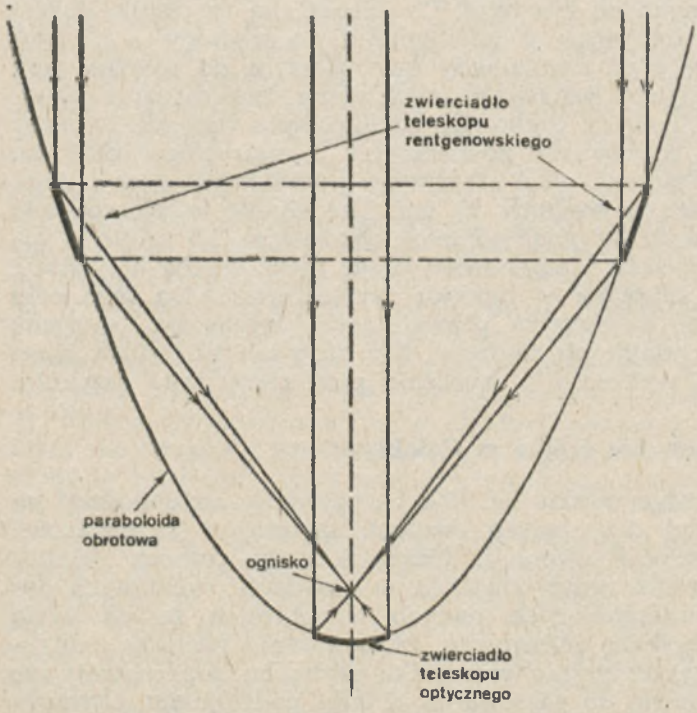
Astronomia rentgenowska stała się ważną dziedziną astronomii obserwacyjnej w ciągu niespełna dwudziestu lat. W pionierskim etapie lat 60-tych badania prowadzono głównie przy użyciu rakiet. Następnie na orbitę okołoziemską rozpoczęto wysyłać satelity wyposażone w bardzo jeszcze niedoskonałe instrumenty badawcze. Mimo małej czułości detektorów rezultaty były zaskakujące. Odkryto wiele niezwykle jasnych źródeł promieni X w naszej Galaktyce i poza nią. Istnienia tych obiektów wcześniej nawet nie podejrzewano. Najważniejszą chyba klasą obiektów rentgenowskich stały się gwiazdy podwójne, w których następuje przepływ materii z jednego składnika na drugi. Jeżeli składnik, na który spada materia ma bardzo małe rozmiary (może to być biały karzeł, gwiazda neutronowa lub czarna dziura) nadmiar energii grawitacyjnej zostaje zamieniony właśnie na promienie Röntgena. Nie mniej znaczące stało się odkrycie gorącego gazu wypełniającego przestrzeń międzygalaktyczną w gromadach galaktyk.

Trzeba jednak pamiętać, że używane wówczas prymitywne detektory pozwalały na obserwacje jedynie najbliższych lub wyjątkowo silnych źródeł, tym samym ograniczając możliwości pełniejszej interpretacji obserwowanych zjawisk. Sytuacja zmieniła się zupełnie w momencie wyniesienia na orbitę okołoziemską 13 listopada 1978 r. satelity EINSTEIN. Na pokładzie satelity po raz pierwszy umieszczono teleskop rentgenowski. W porównaniu do poprzednich urządzeń uzyskano wielokrotny wzrost zarówno czułości, jak i zdolności rozdzielczej, co radykalnie zwiększyło zakres badań tej młodej gałęzi astronomii. W zasięgu tego teleskopu znalazły się wszystkie znane klasy gwiazd w Galaktyce i jednocześnie najbardziej odległe obiekty we Wszechświecie.

Warto się przez chwilę zastanowić, dlaczego obserwacje rentgenowskie stały się tak obfitym źródłem informacji. Dzieje się tak, ponieważ w dziedzinie wysokich energii uwidoczniają się wszystkie gwałtowne „wydarzenia" we Wszechświecie. Wybuchy gwiazd, czy nawet całych jąder galaktyk, zapadania grawitacyjne obiektów, w wyniku których powstają być może czarne dziury, manifestują się silnym strumieniem w dziedzinie bardzo krótkich fal elektromagnetycznych, a więc promieni X. Wszędzie tam, gdzie materia rozgrzana jest do

wysokich temperatur (wielu minionów stopni), lub gdzie następuje oddziaływanie wysokoenergetycznych cząstek z polem elektromagnetycznym, produkowane są fotony rentgenowskie. Patrząc na niebo w świetle widzialnym Wszechświat wydaje się być statyczny, niezmienny. Natomiast w promieniach rentgenowskich widzimy całą dynamikę i gwałtowny charakter procesów tam zachodzących.

Zanim przedstawię wyniki naukowe misji EINSTEINA, omówię krótko budowę głównego urządzenia badawczego na pokładzie satelity — teleskopu rentgenowskiego. Lustro o śred-



Rys. 1. Zasada działania zwierciadła rentgenowskiego.

nicy 58 cm skupiające padające promienie w ognisku ma zupełnie inny kształt niż w tradycyjnych teleskopach optycznych. Przedstawia to schematycznie rys. 1. Jak wiadomo, własność skupiania równoległej wiązki promieni w jednym punkcie ma tzw. paraboloida obrotowa. Stąd, zwierciadło zarówno

teleskopu optycznego, jak i rentgenowskiego jest wycinkiem takiej paraboloidy. Ponieważ promienie Röntgena odbijają się od gładkiej powierzchni jedynie przy kątach padania bliskich 90° tzn. przy bardzo małym kącie poślizgu ($\leqslant 1°$), zwierciadło rentgenowskie przyjmuje kształt niemal cylindryczny w odróżnieniu od nieznacznie tylko wklęsłego zwierciadła optycznego. Widać również, że efektywna powierzchnia użyteczna zwierciadła rentgenowskiego jest znacznie mniejsza od powierzchni faktycznie wypolerowanej. Aby zwiększyć tę efektywną powierzchnię całe urządzenie składa się z czterech współogniskowych zwierciadeł umieszczonych jedno w drugim (nie ukazanych na rysunku). Co więcej, dla uzyskania dobrej zdolności rozdzielczej w polu widzenia o średnicy $\sim 1°$, promienie odbite od paraboloidy kierowane są do ogniska przy pomocy drugiego zestawu czterech luster, tym razem o kształcie hiperbolicznym. Całkowita powierzchnia wszystkich luster przekracza nieznacznie powierzchnię 5 metrowego teleskopu na górze Palomar, choć efetkywna powierzchnia jest równoważna lustru o średnicy 23 cm. Dokładność wypolerowania luster pozwala osiągnąć zdolność rozdzielczą 3,5 sekundy łuku. Aby uzyskać rentgenowski obraz nieba trzeba oczywiście promienie skupione w ognisku zarejestrować. Do tego celu służy szereg detektorów pozwalających wyznaczyć położenie i energię padających fotonów. Nie będę ich tu jednak omawiał, gdyż wykracza to znacznie poza ramy tego artykułu.

1. Rentgenowskie źródła w Galaktyce

Badania rentgenowskie lat 70-tych pozwoliły odpowiedzieć na szereg pytań dotyczących ewolucji gwiazd, w szczególności późnych etapów ewolucji. Odkrycie przy pomocy satelity UHURU źródeł rentgenowskich w układach podwójnych dostarczyło interesujących danych o ostatnich fazach życia gwiazd. Uzyskano informację, że powstanie gwiazdy neutronowej (przypuszczalnie w wyniku wybuchu supernowej) nie musi prowadzić do rozerwania układu podwójnego. Gwiazdy neutronowe stały się astrofizycznym laboratorium, w którym można badać zachowanie materii o wielkich gęstościach w obecności silnych pól grawitacyjnych i elektromagnetycznych.

Podwójne układy rentgenowskie pozwoliły wyznaczyć po raz pierwszy masę gwiazd neutronowych. W przypadku źródła *Cyg X-1* optyczne i rentgenowskie dane obserwacyjne wskazują

na istnienie zbyt masywnego obiektu, jak na gwiazdę neutronową (> 6 mas Słońca) i promieniu mniejszym niż 10 km. Według przewidywań teorii względności może to być jedynie czarna dziura. Do niezwykle interesujących obiektów znanych jeszcze przed EINSTEINem należą tzw. *burstery*. Źródła te charakteryzują się nieokresowymi rozbłyskami; w najbardziej skrajnych przypadkach osiągają jasność 10^{33} W. Wydaje się, że i te źródła rentgenowskie występują w podwójnych układach gwiazd, choć wymagać to będzie jeszcze dalszych obserwacji. EINSTEIN wprowadził rewolucyjne zmiany w rentgenowskich badaniach gwiazd. Obecnie dla wszystkich typów gwiazd zostały wyznaczone jasności rentgenowskie, które mieszczą się w zakresie od 10^{19} do 10^{27} W. Okazuje się, że przewidywania teoretyczne w wielu wypadkach są zupełnie niezgodne z obserwacjami i trzeba będzie stworzyć nowe modele atmosfer gwiazd. Zarówno gwiazdy wczesnych typów widmowych O, B i A, jak również późnych K i M świecą rentgenowsko od 1 000 do 1 000 000 razy silniej niż przypuszczano. Dotychczasowe rachunki modelowe, oparte głównie na obserwacji jednej gwiazdy — Słońca, przewidywały jedynie znaczną emisję rentgenowską gwiazd F i G. Wynika zatem potrzeba ponownego zbadania mechanizmów transportu energii z jądra gwiazdy do jej otoczki i sposobów grzania górnych warstw atmosfer gwiazd. Nie należy wykluczać, że niedoceniano roli odgrywanej przez pole magnetyczne i rotację gwiazdy. Emisja rentgenowska bardzo młodych gwiazd typów O i B, które nie osiągnęły jeszcze ciągu głównego, musi być uwzględniona w modelach nadal mało wyjaśnionego procesu tworzenia gwiazd z materii rozproszonej.

Za pomocą EINSTEINa uzyskano niezwykle ważne informacje o pozostałościach po wybuchach supernowych. W niektórych widać „wypalony popiół" po eksplozji — pulsar. Zachodzi to na przykład w mgławicy Krab, która jako całość świeci rentgenowsko i optycznie promieniowaniem synchrotronowym tzn. wskutek oddziaływania wysoko energetycznych elektronów z silnym polem magnetycznym rotującej gwiazdy neutronowej. Sama gwiazda jest silnym źródłem promieni X. Analiza czasowa przychodzących fotonów pozwoliła stwierdzić, że źródło to bardzo silnie pulsuje z okresem 33 ms odpowiadającym szybkości rotacji gwiazdy. Nie mniej interesujący jest fakt, że wśród historycznych supernowych jedynie w Krabie i Veli udało się stwierdzić emisję rentgenowską od gwiazdy neutronowej znajdującej się w centrum mgławicy.

Nie wiemy więc, czy każdy wybuch supernowej powoduje powstanie pulsara,. czy — jeśli tak jest — powstały pulsar stygnie znacznie szybciej, niż dotychczas przypuszczaliśmy i w krótkim czasie staje się zbyt chłodny, by świecić w dziedzinie rentgenowskiej. Niektóre mgławice historycznych supernowych, jak *SN 1006*, *Tycho* i *Cas A* na zdjęciach rentgenowskich są nieco podobne do oglądanych w świetle widzialnym mgławic planetarnych. Strukturę ich można najprościej opisać jako mniej więcej sferyczną powłokę otaczającą miejsce wybuchu supernowej. Zewnętrzne warstwy gwiazdy wyrzucone w czasie wybuchu „zmiatają" przed sobą materię międzygwiazdową. Powstaje fala uderzeniowa, w której gaz rozgrzewa się do temperatury kilku milionów stopni i zaczyna świecić rentgenowsko. Poza emisją cieplną istotną rolę odgrywają procesy nietermiczne, głównie emisja synchrotronowa. Pomiary widma rentgenowskiego wykonane przez EINSTEINa dla *Cas A* pozwoliły wyznaczyć skład chemiczny mgławicy. Obfitość pierwiastków z grupy krzemu przekraczają obfitości słoneczne kilkakrotnie, natomiast nie obserwuje się nadmiaru pierwiastków grupy żelaza. Może to oznaczać, że eksplozja nastąpiła na tyle wcześnie, że nieznaczna tylko część pierwiastków grupy krzemu została zamieniona w reakcjach termojądrowych w pierwiastki cięższe. Być może jednak, materia bogata w żelazo znajdowała się na tyle blisko centrum gwiazdy, że została wyrzucona z małą prędkością i znajduje się obecnie w wewnętrznej części mgławicy, która nie świeci rentgenowsko z powodu zbyt niskiej temperatury.

Nie ulega wątpliwości, że rentgenowskie obrazy mgławic powstałych w wyniku wybuchów supernowych dają doskonałe możliwości badania warunków bezpośrednio przed, jak i po eksplozji. Wybuchy supernowych wzbogacają materię międzygwiazdową w ciężkie pierwiastki i tym samym wpływają na skład chemiczny nowo powstałych gwiazd. Można więc powiedzieć, że obserwacje rentgenowskie stały się istotnym czynnikiem kształtującym naszą wiedzę o procesach zachodzących we wszystkich niemal etapach ewolucji gwiazd.

2. Emisja rentgenowska galaktyk

Do niedawna praktycznie tylko światło widzialne służyło do określania charakterystyk używanych w klasyfikacji galaktyk i następnie w badaniach ich powstawania i rozwoju. W szczególności, w oparciu o „wygląd zewnętrzny" wprowadzono po-

dział na galaktyki eliptyczne, spiralne i nieregularne z szeregiem podtypów związanych z cechami morfologicznymi. Obok tych „normalnych' galaktyk istnieje duża różnorodność galaktyk, które określa się jako aktywne. Tu szczególnie istotną grupę stanowią galaktyki Seyferta, które wyróżniają się bardzo jasnym jądrem. Obserwacje spektroskopowe wprowadziły podział na galaktyki Seyferta I i II rodzaju. W widmach galaktyk II rodzaju występują dość szerokie linie emisyjne wzbronione i dozwolone (głównie wodoru). Jeśli szerokości tych linii uważać za wynik efektu Dopplera, to typowe prędkości wielkoskalowych ruchów świecącego gazu są rzędu 1000 km/s. Natomiast w galaktykach Seyferta I rodzaju prędkości wyznaczone z linii dozwolonych przekraczają nawet 10 000 km/s. Podobne bardzo szerokie linie emisyjne obserwuje się w kwazarach. Nasuwa się podejrzenie, że kwazary są w istocie obiektami podobnymi do galaktyk Seyferta I rodzaju. Jądro w kwazarach jest jednak tak jasne, że zagłusza światło całej galaktyki i obiekt na fotografii staje się nieodróżnialny od gwiazdy. Inną klasę tworzą tzw. *Lacertydy*. Obiekty te mają bardzo słabe (czasem niewidoczne) linie, wykazują natomiast gwałtowne zmiany jasności oraz silną i zmienną polaryzację światła. Innym kryterium klasyfikującym obiekty pozagalaktyczne jest emisja radiowa. We wszystkich bowiem typach wymienionych wyżej można wprowadzić podgrupy aktywne i spokojne radiowo.

Taka różnorodność charakterystyk natychmiast powoduje powstanie wielu pytań i niejasności dotyczących formowania się i ewolucji galaktyk, jak również wzajemnych związków między poszczególnymi typami. Na niektóre z nich być może dadzą odpowiedzi obserwacje rentgenowskie. W poprzednim paragrafie omówiłem ważniejsze rodzaje źródeł rentgenowskich w naszej Galaktyce. Obserwacje sąsiednich galaktyk rejestrują w zasadzie podobne zjawiska, przy czym wszystkie źródła w danej galaktyce znajdują się w jednakowej i znanej od nas odległości. Ułatwia to znacznie interpretację wyników. Na przykład, EINSTEIN odkrył w Wielkim Obłoku Magellana (odległość 180 000 lat świetlnych) 13 mgławic po supernowych. Możemy na tej podstawie wyznaczyć średnie jasności, rozmiary i temperatury mgławic. Typowe energie wydzielone w czasie wybuchu są rzędu 1 do 3×10^{43} J i są pod tym względem podobne do supernowych w naszej Galaktyce.

Przykładem normalnej galaktyki podobnej do naszej jest

Wielka Mgławica w Andromedzie *(M 31)*, której fotografia rentgenowska jest reprodukowana na drugiej stronie okładki. Co najmniej 80 dyskretnych źródeł udało się zliczyć na fotografiach wykonanych przez EINSTEINA. Odległość *M 31* (2 miliony lat świetlnych) spowodowała, że jedynie obiekty jaśniejsze niż 10^{30} W mogły zostać zarejestrowane, tak więc wśród zidentyfikowanych źródeł nie ma normalnych gwiazd. Większość to układy podwójne, w których zachodzi wymiana masy. Wiele spośród jasnych źródeł znajduje się w ramionach spiralnych galaktyk. Jest to zgodne z powyższą interpretacją gdyż właśnie w ramionach spiralnych powstaje dużo masywnych gwiazd, które mogą na drodze ewolucyjnej osiągnąć ostateczne stadium układu podwójnego z przepływem materii. Część źródeł znajdująca się bliżej centrum galaktyki związana jest prawdopodobnie z mniej masywnymi układami podwójnymi. Taki podział ma miejsce także w naszej Galaktyce, nie mniej występują różnice. Koncentracja źródeł w kierunku jądra naszej Galaktyki jest znacznie słabsza niż w *M 31*. W najbardziej centralnej części Mgławicy w Andromedzie zawierającej jedynie 1,5% masy galaktyki, produkowana jest $^1/_3$ całkowitej jasności rentgenowskiej galaktyki.

Obserwacje osobliwej galaktyki *NGC 5128* znanej jako radioźródło *Centaur A*, odległej o 16 milionów lat świetlnych, świadczą o zachodzeniu odmiennych procesów niż w normalnych galaktykach. Punktowe źródło związane z aktywnym jądrem znajduje się w obszarze rozciągłej emisji o rozmiarach $\sim 2'$. Emisja ta pochodzi od dużej ilości układów podwójnych gwiazd, lub od obłoków gorącego gazu. Jeszcze dalej od jądra emisja rentgenowska występuje w obszarach świecących w dziedzinie radiowej. Dane sugerują, że promienie *X* wytwarzane są tu w wyniku zderzeń fotonów tzw. promieniowania reliktowego z szybkimi eletkronami produkującymi promieniowanie radiowe.

Dotychczas omawiane źródła rentgenowskie w normalnych galaktykach związane są z pojedynczymi gwiazdami lub podwójnymi układami gwiazd. Wspomniane przed chwilą zwarte źródło w galaktyce *Centaur A* reprezentuje prawdopodobnie zupełnie odrębną klasę źródeł rentgenowskich związaną z aktywnymi jądrami galaktyk. Jasności rentgenowskie aktywnych jąder obejmują zakres wielu rzędów wielkości, od 10^{28} W w naszej Galaktyce, przez 10^{31} W w *M 31* do 10^{35} — 10^{38} W dla galaktyk Seyferta I rodzaju, aż po 10^{36} do 10^{40} W dla kwazarów. W obszarze tym mieszczą się również galaktyki Seyfer-

ta II rodzaju, Lacertydy i pozostałe klasy galaktyk. Według jednej z hipotez w aktywnych jądrach galaktyk znajdują się masywne czarne dziury. Emisja promieni rentgenowskich powstaje kosztem wydzielania się energii grawitacyjnej materii spadającej na czarną dziurę. W oczywisty sposób ilość materii wchłanianej do czarnej dziury decyduje o całkowitej jasności takiego obiektu. Silnym argumentem za tym, że aktywność w jądrach galaktyk ma swe źródła w bardzo niewielkim obszarze, wynika z krótkiej skali czasowej zmienności niektórych jąder galaktyk Seyferta i kwazarów. W skrajnym przypadku, dla galaktyki *NGC 6814* stwierdzono istotne zmiany strumienia rentgenowskiego w czasie około 6 godzin, co oznacza, że rozmiary świecącego obiektu nie mogą przekraczać 6 godzin świetlnych.

3. Emisja rentgenowska gromad galaktyk

Powszechnie wiadomo, że galaktyki skupiają się w gromady liczące od kilkudziesięciu do wielu setek członków. Typowe rozmiary gromad galaktyk nie przekraczają paru milionów lat świetlnych. Z obserwacji rentgenowskich wykonanych we wczesnych latach 70-tych przez satelitę UHURU wiemy, że galaktyki w gromadach są zanurzone w gorącym rozrzedzonym gazie. Badania gromad przy użyciu EINSTEINa miały na celu dokładne określenie wpływu gazu międzygalaktycznego na ewolucję poszczególnych galaktyk i roli gazu w formowaniu się gromady jako całości.

Wyniki można zilustrować na przykładzie obserwacji części gromady w Pannie. Dwie najjaśniejsze galaktyki eliptyczne w badanym obszarze *M 86* i *M 84* są stosunkowo silnymi źródłami promieni *X*. Jako indywidualne źródła zidentyfikować można jeszcze przypływowo zdeformowaną galaktykę *NGC 4438* i galaktykę *NGC 4388*, w której widmie widać wąskie linie emisyjne. Ponieważ *M 84* jest silnym radioźródłem, można było przypuszczać, że emisja rentgenowska jest wynikiem aktywności w jądrze galaktyki. EINSTEIN pokazał jednak, że źródło jest rozciągłe i nie wiąże się bezpośrednio z aktywnym jądrem. Zarówno w *M 84*, jak i *M 86* źródłem emisji jest gorący gaz. Gaz ten jest produkowany przez gwiazdy jako tzw. wiatr gwiazdowy i w wybuchach supernowych. Przypuszczać można, że każda galaktyka wytwarza lokalnie pewien nadmiar gazu w stosunku do średniej gęstości gazu w całej gromadzie. Gaz ten dwojako oddziałuje na materię zawartą w ga-

laktykach. Z jednej strony stanowi on pewną przeszkodę dla szybkiego rozprzestrzeniania się gazu z galaktyk. Jeżeli jednak galaktyka porusza się szybko względem ośrodka międzygalaktycznego, ciśnienie uderzeniowe wywierane przez ten ośrodek może stosunkowo szybko usunąć gaz wewnątrzgalaktyczny. Rezultat netto tych dwu przeciwstawnych efektów zależy silnie od stosunku gęstości gazu galaktycznego do międzygalaktycznego. Wydaje się prawdopodobne, że gaz usunięty z galaktyk jest następnie ogrzewany i miesza się z ośrodkiem międzygalaktycznym.

Rentgenowskie obserwacje gromad dostarczają dokładnych danych o rozkładzie gęstości gazu międzygalaktycznego, a zatem o potencjale grawitacyjnym gromady. Fotografie szeregu gromad wykazują dużą różnorodność rentgenowskich typów morfologicznych. Odzwierciedla to prawdopodobnie fakt, że widzimy gromady znajdujące się w różnych stadiach ewolucyjnych. Aby poznać bliżej proces formowania się gromad galaktyk trzeba będzie jednak poczekać na bardziej czułe obserwacje niż te, które wykonał EINSTEIN. W tej chwili możemy powiedzieć jedynie, że obserwacje bardzo odległych gromad z przeunięciem ku czerwieni powyżej 0,5 nie są wyraźnie sprzeczne z obecnymi modelami teoretycznymi ewolucji gromad.

Na podstawie pomiaru jasności rentgenowskiej można dość dokładnie określić masę świecącego gazu znajdującego się w gromadach galaktyk. W wielu wypadkach masa gazu przekracza masę wszystkich galaktyk ocenianą na podstawie ich jasności w świetle widzialnym. Nie rozwiązuje to jednak problemu tzw. brakującej masy. Nadal bowiem całkowita masa gazu i galaktyk jest znacznie mniejsza od masy potrzebnej do grawitacyjnego związania gromady. Ale i tu obserwacje rentgenowskie nie powiedziały być może ostatniego słowa. Nie wyklucza się, że galaktyki otoczone są masywnym halo utworzonym ze słabych optycznie gwiazd późnych typów widmowych. Obserwacje EINSTEINa wykazały, że gwiazdy takie są silnymi źródłami rentgenowskimi. Zapewne dalsze dokładne badania pozwolą ustalić, czy hipoteza masywnego halo jest słuszna.

4. Tło rentgenowskie

W jednym z pierwszych lotów rakietowych w 1962 r. stwierdzono istnienie mniej więcej jednorodnego tła promieniowa-

nia rentgenowskiego. Późniejsze obserwacje UHURU potwierdziły izotropowość tego promieniowania i jego pozagalaktyczne pochodzenie. Stosunkowo łatwo można było wykazać, że istotna część promieniowania tła powstaje w bardzo odległych obszarach Wszechświata mających przesunięcie ku czerwieni większe od 1. Stąd badanie kosmicznego tła rentgenowskiego musi dostarczyć informacje o wczesnych momentach życia Wszechświata. Przed EINSTEINem nie można było jednak wykorzystać kosmologicznych implikacji obserwowanego promieniowania ponieważ nie znane były mechanizmy je produkujące, a używane instrumenty nie były dość czułe, by bezpośrednio zarejestrować najsilniejsze nawet źródła znajdujące się w znacznych odległościach. W pierwszym etapie badań EINSTEIN pozwolił odpowiedzić na pytanie, czy tło rentgenowskie jest wynikiem sumowania licznych ale słabych dyskretnych źródeł, czy też jest produkowane przez rozrzedzony gaz wypełniający znaczne obszary Wszechświata. Okazało się mianowicie, że do granicy czułości teleskopu co najmniej 30% promieniowania tła pochodzi od indywidualnych obiektów. Co więcej, wydaje się, że jeśli uwzględnić słabsze źródła, całe tło lub jego znaczna część da się wytłumaczyć źródłami dyskretnymi. Ten wynik został potwierdzony przez pomiary jasności kwazarów. Badania wykazały, że kwazary jako klasa obiektów są silnymi źródłami rentgenowskimi. Można przy tym powiedzieć, że jasność rentgenowska jest mniej więcej proporcjonalna do jasności w dziedzinie optycznej. Na tej podstawie łatwo ocenić, ile promieniowania rentgenowskiego produkują wszystkie kwazary, znamy bowiem dosyć dobrze ich obserwowany rozkład jasności optycznych. Stwierdzono, że emisja rentgenowska kwazarów jest odpowiedzialna w dużej mierze za promieniowanie tła.

Zdarza się często, że wprowadzenie nowych technik eksperymentalnych nie tylko pozwala wyjaśnić szereg problemów, ale równocześnie stawia nowe, nieraz bardzo liczne pytania. Miało to miejsce również w przypadku satelity EINSTEIN. Dlatego też astronomowie już teraz coraz bardziej niecierpliwie oczekują nowego wielkiego ekperymentu rentgenowskiego — wysłania na orbitę pod koniec tej dekady nowego, znacznie doskonalszego od EINSTEINa teleskopu rentgenowskiego.

(Opracowano na podstawie artykułu: R. Giacconi, H. Tananbaum — The Einstein Observatory: New Perspectives in Astronomy, *Science*, Vol. 209, No. 4459, 22 August 1980).

WIESŁAW MACEK — Warszawa

MAGNETOSFERA JOWISZA

Spośród sześciu planet Układu Słonecznego, które były dotychczas badane z bliska, co najmniej cztery są obdarzone przez naturę wewnętrznym polem magnetycznym. Są to: Merkury, Ziemia, Jowisz i Saturn. Wiemy, że Wenus nie ma takiego pola; co do Marsa to na razie nie możemy udzielić ostatecznej odpowiedzi, choć wydaje się, że i Mars posiada wewnętrzne pole magnetyczne.

Owo pole wpływa nie tylko na własności samej planety, ale również na znaczny obszar wokół niej. Ten obszar okołoplanetarny nazywamy **magnetosferą**. Nazwa jest może nieco myląca, trzeba bowiem pamiętać, że nie ma on (nawet globalnie) symetrii sferycznej. Wiemy dziś, że Słońce jest nie tylko źródłem promieniowania świetlnego, ale i korpuskularnego. A mianowicie — od Słońca dmie radialnie, we wszystkich kierunkach, wiatr słoneczny, strumień cząstek obdarzonych ładunkiem elektrycznym, głównie elektronów i protonów. Chociaż temperatura wiatru słonecznego w okolicy orbity Ziemi sięga kilkudziesięciu tysięcy kelvinów (K), to z uwagi na jego niezwykłe rozrzedzenie (średnio kilkanaście cząstek zajmuje 1 cm^3), jego energia termiczna jest mała w porównaniu z energią kinetyczną. Wiatr od Słońca pędzi zatem z prędkością ($\sim$450 km/s) wielokrotnie przewyższającą prędkość dźwięku. Wskutek gwałtownego zderzenia wiatru słonecznego z magnetosferą jest ona spłaszczona od strony Słońca, znacznie zaś wydłużona po stronie przeciwnej, tworząc ogon magnetyczny, podobnie jak w przypadku komet. Z dość dużą dokładnością można powiedzieć, że wiatr słoneczny nie przenika do magnetosfery, stanowi więc ona skuteczną osłonę przed korpuskularnym promieniowaniem Słońca.

Spośród czterech znanych magnetosfer najwięcej wiemy, oczywiście, o magnetosferze naszej Ziemi. Jednakże najbardziej niezwykłym obiektem w naszym układzie jest chyba magnetosfera Jowisza. Była ona przedmiotem bezpośrednich pomiarów czterokrotnie, w czasie zbliżeń próbników amerykańskich do planety — olbrzyma. W bliskim otoczeniu Jowisza znalazły się kolejno sondy kosmiczne: Pioneer 10 w grudniu 1973 roku, Pioneer 11 w grudniu 1974 roku oraz Voyager 1 i 2 odpowiednio w marcu i lipcu 1979 roku. W listopadzie ubiegłego roku Voyager 1 zbliżył się do Saturna, natomiast Voyager 2

znajdzie się w najbliższym otoczeniu tej planety w końcu sierpnia bieżącego roku. Ta niezwykła misja kosmiczna wzbogaciła już w istotnym stopniu wiedzę o tej części Wszechświata, w której żyjemy. Celem niniejszego artykułu jest omówienie uzyskanej dotychczas wiedzy o magnetosferze Jowisza oraz porównanie jej cech z właściwościami magnetosfery Ziemi. Magnetosfera Saturna będzie przedmiotem odrębnego artykułu.

Od ponad dwudziestu lat wiadomo, że Jowisz jest silnym źródłem promieniowania radiowego w dwu zakresach długości fal: decymetrowym i dekametrowym. Część promieniowania decymetrowego — to mieszanina fal o rozmaitej długości wywołanych ruchami cieplnymi cząstek, ma zatem charakter cieplny. Wkrótce po odkryciu pasów radiacyjnych w otoczeniu Ziemi w roku 1959 domyślano się, że inny składnik promieniowania decymetrowego z Jowisza pochodzi od cząstek o dużej energii uwięzionych w pasach radiacyjnych planety. Wnioskowano, że jest to zatem tak zwane promieniowanie synchrotronowe wysyłane przez cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym krążące wokół linii sił pola magnetycznego. Można więc było wnioskować o występowaniu cząstek naładowanych i pola magnetycznego w otoczeniu planety — olbrzyma. Szczegółowa analiza jowiszowego promieniowania radiowego przez obserwatoria umieszczone na Ziemi pozwoliła przewidzieć właściwości tego pola. Następnie owe przewidywania dokładnie zweryfikowano przez bezpośrednie obserwacje Pionierów 10 i 11. Jak się okazało, natężenie pola magnetycznego Jowisza na jego równiku wynosi ponad 4 erstedy, czyli jest o cały rząd wielkości większe niż na równiku Ziemi ($\sim$0.3 ersteda). Pole to pochodzi od prądów płynących we wnętrzu planety, i w pewnym od niej oddaleniu ma z grubsza charakter dipolowy: przypomina pole zwykłego magnesu sztabkowego; choć spore odstępstwa od postaci dipolowej zaznaczają się w odległości $r \leqslant 6\ R_J$ od planety ($1\ R_J$ = promień Jowisza $\approx$ 71 400 km).

Początkowo spodziewano się, że pomiary Voyagerów przyczynią się do lepszego poznania własności pola magnetycznego planetarnego, tzn. takiego, którego źródłem jest wnętrze planety. Trzeba jednak pamiętać, że zgodnie z prawami elektrodynamiki, każdy prąd wytwarza pole magnetyczne. Czytelnik wie zapewne, że elektromagnesy (np. te umieszczone w domowych dzwonkach elektrycznych) działają zgodnie z tym powszechnym prawem przyrody. Otóż, jak się przekonano, wokół Jowisza, począwszy od odległości $r \geqslant 5\ R_J$, płyną prądy pierścieniowe w warstwie o grubości kilku R_J. Ta warstwa pokrywa

się w przybliżeniu z płaszczyzną równika magnetycznego planety aż do $r \sim 50\ R_J$; następnie owa warstwa prądów przechodzi stopniowo w warstwę prądową ogona magnetycznego. Natężenie prądów jest tak duże, że oszacowania własnego pola planetarnego są częściowo zaciemnione przez źródła pola znajdujące się na zewnątrz planety. Co więcej, wypadkowe pole magnetyczne (dla $r \geqslant 5\ R_J$) nie ma charakteru dipolowego, a mianowicie, wraz ze wzrostem odległości jego natężenie maleje znacznie wolniej w przestrzeni niż w wypadku pola dipolowego. Tak więc, warstwa prądów znacznie powiększa obszar okołoplanetarny o dużym natężeniu pola magnetycznego. Magnetosfera Jowisza jest olbrzymia i, jak się wydaje, bardziej podatna na działanie wiatru słonecznego: bardziej „gąbczasta" niz nasza ziemska. Od strony słonecznej granicę tej pierwszej obserwowano w odległości od 50 do 100 R_J. Natomiast magnetosfera Ziemi niezmiernie rzadko zmniejsza aż dwukrotnie swe rozmiary, a jej granica po stronie Słońca znajduje się w odległości zaledwie $\sim 10\ R_Z$ od centrum naszej planety (1 R_Z = promień Ziemi $\approx$ 6400 km; $1 R_J \approx 11\ R_Z \approx 0.11\ R_\odot$, $R_\odot$ = promień Słońca). Długość ogona magnetycznego po stronie przeciwnej Słońcu szacuje się na $\sim 3000\ R_Z$, natomiast ogon magnetosfery jowiszowej prawdopodobnie sięga aż do orbity Saturna ($\sim 9000\ R_J \sim 4.3$ jednostki astronomicznej). Rozmiary poprzeczne magnetosfery Jowisza są mniej więcej dziesięciokrotnie większe od rozmiarów tarczy Słońca. Magnetosfera jowiszowa jest więc prawdopodobnie największym obiektem w naszym Układzie Słonecznym. Jej unikatową cechą jest istniejący w otoczeniu płaszczyzny równika magnetycznego obszar o zmniejszonym natężeniu pola magnetycznego i dużej ilości cząstek naładowanych, które są nośnikami prądów pierścieniowych płynących wokół planety, wewnątrz tego obszaru. Ponieważ Jowisz wiruje dość szybko (doba na Jowiszu trwa niecałe 10 godzin) obszar ten jest spłaszczony i ma nazwę magnetodysku. Dlatego niektórzy naukowcy porównują magnetosferę Jowisza z rotującymi magnetosferami pulsarów. Aczkolwiek te ostatnie wirują znacznie szybciej (czas obrotu większości z nich wynosi około 1 sekundy) to struktura dyskowa usprawiedliwia pewne analogie fizyczne.

Inna istotna cecha magnetosfery Jowisza, która ją odróżnia od naszej ziemskiej, jest związana z naturalnymi satelitami planety. Jak wiadomo, nasz jedyny Księżyc obiega Ziemię w odległości $\sim 60\ R_Z$, znajduje się zatem prawie całkowicie poza wpływem ziemskiego pola magnetycznego. Jowisz ma, na-

tomiast, 15 własnych księżyców, które razem z nim stanowią jakby miniaturowy „układ słoneczny". Najbliżej planety, w odległości ~180 tysięcy km, krąży niewielka Amaltea. Jej promień wynosi zaledwie 100 km. Cztery dalsze: Io, Europa, Ganimedes i Callisto (o rozmiarach porównywalnych z wielkością Merkurego) odkrył już w roku 1610 Galileusz, i nazwał je Gwiazdami Medycejskimi (patrz *Urania* 7—10/1980). Olbrzymia magnetosfera Jowisza obejmuje swym zasięgiem zarówno Amalteę jak i wszystkie księżyce galileuszowe. Są one zanurzone głęboko we wnętrzu magnetosfery, wywierając istotny wpływ na zjawiska, które w niej zachodzą. Najbardziej niezwykły wpływ wywiera Io, który obiega planetę macierzystą w odległości ~6 R_J. Jego średni promień (~1840 km) jest niewiele mniejszy od promienia Merkurego (~2430 km).

Otóż, jak już wspomniano, Jowisz jest źródłem promieniowania dekametrowego. Ma ono charakter impulsowy. Jedną z zagadek, której od kilkunastu lat nie umiano wyjaśnić, była modulacja natężenia tego promieniowania przez Io. Obecnie fakt ten staje się zrozumiały w świetle badań opartych na pomiarach Pioneerów i Voyagerów. Okazało się, że Io posiada własną jonosferę, którą można traktować jako ośrodek przewodzący prąd elektryczny. Ruch księżyca w silnym polu magnetycznym Jowisza powoduje powstanie na Io różnicy potencjału (~400 kV). Dzięki temu cząstki naładowane są wzdłuż linii sił pola magnetycznego i przyspieszane, co z kolei prowadzi do emisji promieniowania radiowego. W ten sposób tworzy się zamknięty obwód prądu, w którym Io spełnia rolę baterii, a linie sił pola magnetycznego łączące Io z Jowiszem są jakby przewodami doprowadzającymi prąd do jonosfery planety. Prądy oczywiście zaburzają pole magnetyczne w magnetosferze. Próbnik kosmiczny Voyager 1 dokonał bezpośrednich pomiarów tych zaburzeń 5 marca 1979 r., kiedy znajdował się w odległości 20 500 km od Io. Analiza tych pomiarów prowadzi do wniosku, że próbnik przeszedł w odległości ~5000 km od prądów o natężeniu ~2,5 miliona amperów. Moc tego kosmicznego obwodu prądów (~10^{12} watów) można zatem przyrównać do mocy wszystkich elektrowni Stanów Zjednoczonych. To silne sprzężenie elektromagnetyczne Io i jego jonosfery z magnetosferą jowiszową daje unikatowy przykład ścisłego, wzajemnego powiązania zjawisk w przestrzeni kosmicznej.

Księżyce zanurzone w magnetosferze mogą również spełniać rolę kosmicznego odkurzacza, pochłaniając cząstki o dużych energiach. Z drugiej strony, są istotnym źródłem cząstek obda-

rzonych ładunkiem elektrycznym, o niezbyt wysokich energiach. Na ogół te cząstki są tak rzadko rozmieszczone w przestrzeni, że się zderzają niezwykle sporadycznie. Niemniej jednak, długozasięgowe oddziaływanie elektromagnetyczne między nimi sprawia, że są tak ze sobą związane, iż wykazują wyraźne właściwości kolektywne. Znaczy to, że ich ogólne właściwości w niewielkim tylko stopniu zależą od zachowań poszczególnych cząstek. Stanowią razem wzięte pewien rodzaj gazu, zwany **plazmą**, w którym cząstki naładowane dodatnio (jony) równoważą cząstki ujemne (elektrony), tak że globalnie jest to gaz neutralny. Jednakże właściwości plazmy i dynamika zachodzących w niej zjawisk są określone przez oddziaływania elektromagnetyczne i są odmienne od tych, które znamy z doświadczenia potocznego. Dlatego taki stan gazowy jest często nazywany czwartym stanem materii.

Pomiary Voyagerów pokazały, że istotnym źródłem plazmy w magnetosferze Jowisza jest księżyc Io, a nie jonosfera planety, jak to uprzednio przypuszczano. Zdjęcia uzyskane z pokładów Voyagerów dowodzą, że Io jest niezwykle aktywny wulkanicznie. Cząstki z pasów radiacyjnych i promieniowanie słoneczne jonizują pewną, prawdopodobnie niewielką, część gazu wydzielanego w czasie wybuchów wulkanów. W wyniku tych i innych procesów powodujących jonizację, w otoczeniu orbity Io tworzy się plazma. Wśród jonów, prócz protonów, najliczniejsze są jony siarki i tlenu. Plazma wypełnia torus o grubości $\sim 1\ R_J$ wokół orbity Io. Plazma w torusie jest stosunkowo chłodna (temperatura rzędu 10^5—10^6 K) i dość gęsta. Ilość cząstek w 1 cm^3 wynosi kilka tysięcy. Użyte tutaj określenia chłodna bądź gorąca, gęsta albo rzadka mają jedynie znaczenie względne, odnoszące się do warunków panujących w przestrzeni okołoplanetarnej. Aby uzmysłowić sobie jak są one odmienne od warunków, w których żyjemy, wspomnijmy tylko, że w 1 cm^3 „ciepłego" powietrza, np. o temperaturze 293 K (20°C), znajduje się $\sim 2{,}5 \times 10^{19}$ cząstek. Na zewnątrz torusa Io plazma jest znacznie rzadsza: gęstość liczby cząstek szybko maleje tak, że w odległości $r \sim 25\ R_J$ średnio jedna cząstka zajmuje 1 cm^3, zaś przy $r \sim 100\ R_J$ aż 100 cm^3. Ten składnik plazmy nazwano chłodnym również dlatego, że jego energia termiczna (~ 10 — 100 eV, eV = elektronowolt) jest za mała, aby utrzymać w równowadze pole magnetyczne na zewnątrz równikowej warstwy prądów. Wskazuje to na obecność gorętszego składnika plazmy magnetosferycznej. Obserwacje Voyagerów potwierdziły istnienie takiej populacji plazmowej.

Jej temperatura wynosi $\sim 3 \times 10^8$ K, czyli jest kilkaset razy większa niż temperatura plazmy chłodnej. Występuje tu, oczywiście oprócz elektronów, przede wszystkim protony, jony tlenu i siarki o energiach $\sim$20—30 keV. Ciężkie jony, stanowiące pokaźny składnik masy plazmy okołojowiszowej, muszą się tworzyć w okolicy księżyca (Io), ponieważ wiatr słoneczny składa się głównie z protonów, i cząstek α: zjonizowanych atomów helu. Nie jest tylko całkiem jasne, w jaki sposób te ciężkie jony uzyskują tak wysokie energie.

Właściwości plazmy w magnetosferze zależą nie tylko od tego, gdzie i w jaki sposób się plazma tworzy, oraz dokąd odpływa, ale również od mechanizmów transportu energii wewnątrz magnetosfery. W magnetosferze ziemskiej przenoszenie energii zachodzi przez konwekcję. W poprzek płaszczyzny równika istnieje tu różnica potencjału rzędu kilkudziesięciu kilowoltów, co z kolei prowadzi do wielkoskalowych ruchów plazmy wraz z wmrożonym w nią polem magnetycznym. Mówimy, że magnetosfera Ziemi jest zdominowana przez konwekcję. Wydajność tego procesu zależy od parametrów wiatru słonecznego, a zwłaszcza od kierunku międzyplanetarnego pola magnetycznego. Jedynie plazma w najbliższym otoczeniu Ziemi ($r \leqslant 5\ R_Z$) jest z atmosferą naszej planety sprzężona, i razem się z nią obraca. Chociaż Jowisz wiruje stosunkowo szybko (prędkość liniowa rotacji na równiku, na granicy chmur, tzn. $r = 1\ R_J$, wynosi $\sim$ 12,5 km/s), to jednak olbrzymia część jowiszowej plazmy (aż do $r \sim 50\ R_J$) wraz z wmrożonym polem magnetycznym jest sprzężona z planetą, wirując razem z nią. Mówimy, że magnetosfera Jowisza jest zdominowana przez korotację. Jest to możliwe dzięki „tarciu" atmosfery o najbardziej wewnętrzną część magnetosfery. Okazuje się, że takie „sprzęgło" nie jest doskonałe; niektóre bowiem pomiary Voyagerów sugerują, że plazma się opóźnia w stosunku do rotacji planety. Opóźnienie wynosi $\sim$ 20% prędkości liniowej obrotu już w odległości $r \sim 10 - 20\ R_J$, i zwiększa się wraz z odległością od planety: tak, że dla $r \sim 40\ R_J$ prędkość wirowania plazmy jest przynajmniej o połowę mniejsza od prędkości obrotu Jowisza. Świadczy to o tym, że pole magnetyczne planety, choć silne, nie jest jednak w stanie utrzymać sztywnej korotacji plazmy dla dowolnej odległości od planety szybko wirującej.

Jeśli w pewnym miejscu energia kinetyczna wirującego elementu plazmy przewyższy energię wmrożonego w nim pola magnetycznego, to może się on oderwać od korotującej

magnetosfery i wypłynąć na zewnątrz w kierunku ogona magnetycznego. Zachodzi tu zjawisko niezwykłe w Układzie Słonecznym. Jest to wiatr planetarny: fenomen w pewnym stopniu analogiczny do wiatru słonecznego, z tą jednak różnicą, że ten pierwszy rodzaj wiatru jest napędzany przez rotację planety, i dmie jedynie w pewnych wyróżnionych kierunkach. Wiemy przecież, że wiatr słoneczny ściska magnetosferę od strony swego napływu, a rozciąga ją w kierunku przeciwnym. Zatem prawie cała magnetosfera od strony Słońca korotuje (choć z pewnym opóźnieniem). Istotnie, w tej części magnetosfery strug wiatru planetarnego nie obserwowano. Natomiast po stronie przeciwnej niż Słońce, w odległości $r \sim 150\ R_J$ od planety, Voyager 2 stwierdził istnienie strug plazmy płynącej w kierunku odsłonecznym, wzdłuż ogona magnetycznego. Jeden z takich intensywnych strumieni zawierał głównie ciężkie jony poruszające się z prędkością ~ 2000 km/s, co odpowiada prędkościom cieplnym plazmy gorącej.

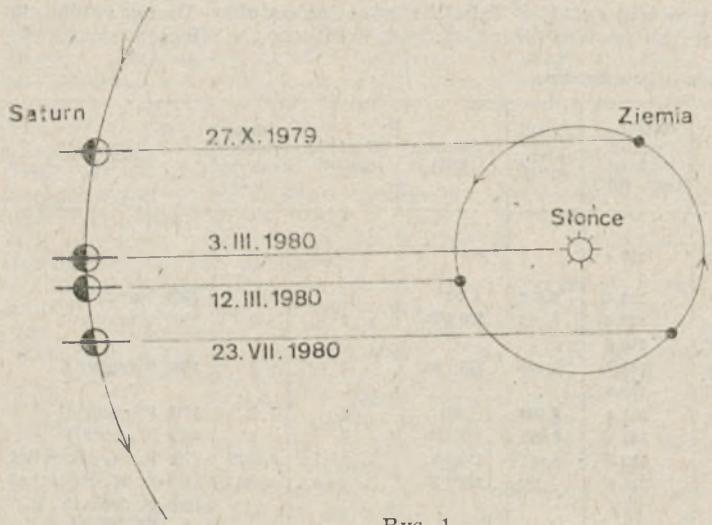
KRONIKA

Ile satelitów ma Saturn?

Dziś znacznie trudniej jest na to pytanie odpowiedzieć niż jeszcze kilka lat temu. W ostatnio wydanych u nas książkach, jak np. Dworaka i Rudnickiego *Świat planet* z roku 1979, wymienia się 10 księżyców Saturna, a w najnowszej — Stodółkiewicza *We wnętrzu Wszechświata*, która pojawiła się w sprzedaży wiosną tego roku — mówi się, że jest ich 11. Do końca XIX wieku odkryto 9 satelitów (w nawiasie rok odkrycia): Tytan (1655), Iapetus (1671), Rhea (1672), Tetyda i Dione (1684), Mimas i Enceladus (1789), Hiperion (1848) i Phoebe (1898). W 1905 roku W. H. Pickering sądził, że sfotografował kolejnego satelitę Saturna, którego już nawet nazwano Temida, ale jego obserwacje nie zostały później potwierdzone. Podobny los spotkał A. Dollfusa, który w grudniu 1966 roku za pomocą 1 m teleskopu na Pic du Midi sfotografował nowego satelitę blisko zewnętrznego brzegu pierścienia A podając 8 stosunkowo dobrych jego obserwacji w okresie od 15 grudnia 1966 roku do 9 stycznia 1967 roku. R. Walker znalazł również tego satelitę na zdjęciach Saturna wykonanych kilka tygodni wcześniej. Na podstawie tych obserwacji obliczono, że satelita obiega macierzystą planetę w okresie 17,95 godz. po orbicie, której wielka półoś wynosi 159 tys. km. Nowo odkryty obiekt został formalnie uznany za dziesiątego satelitę Saturna i nazwany Janus. Niestety odkrycie to również nie zostało potwierdzone, mimo wyjątkowo dogodnych warunków i możliwości obserwacyjnych w ciągu ostatnich dwóch lat.

Jakie to warunki i możliwości? Satelity Saturna, szczególnie te słabsze i krążące bliżej planety, można dostrzec wtedy, gdy niewidocznym staje się jasny pierścień otaczający Saturna. Zdarza się to mniej

więcej co 15 lat, a zachodzi wówczas gdy Ziemia lub Słońce znajdują się w płaszczyźnie wyznaczonej przez pierścień. Ostatnio sytuacja taka zaistniała czterokrotnie na przełomie lat 1979/80. Wzajemne konfiguracje Słońca, Ziemi i Saturna w odpowiednich momentach w tym czasie ilustruje rys. 1, z którego łatwo zrozumieć fakt niemożliwości



Rys. 1

zaobserwowania z Ziemi bardzo cienkiego przecież pierścienia Saturna. Podobne zjawisko przejścia Ziemi przez płaszczyznę pierścienia Saturna zdarzyło się w grudniu 1966 roku, a najbliższe nastąpi dopiero w maju 1995 roku. Zupełnie nowe możliwości obserwacji i odkrywania nieznanych dotychczas satelitów stworzyły sondy kosmiczne, które przeleciały w pobliżu Saturna: Pioneer 11 we wrześniu 1979 roku, Voyager 1 w listopadzie 1980 roku i Voyager 2 w sierpniu tego roku.

Na podstawie stosunkowo licznych obserwacji nowych obiektów w pobliżu Saturna wykonanych ostatnio zarówno z Ziemi jak też za pomocą wymienionych sond kosmicznych (oczywiście nie dysponujemy jeszcze wynikami misji Voyagera 2), udało się zestawić listę 16 satelitów tej planety. Podstawowe informacje o nich, które dotychczas uzyskano, zawiera Tabela 1. Ponieważ niektóre z nowo odkrytych satelitów poruszają się w pobliżu zewnętrznych pierścieni Saturna w Tabeli podano także wartości promieni zewnętrznego brzegu pierścienia A oraz, również dopiero niedawno odkrytych, pierścieni F i G.

Odkryte przez Pioneera 11 satelity 1980 S1 (jego zdjęcia znajdują się na drugiej stronie okładki poprzedniego numeru *Uranii)* i 1980 S3 zostały również dostrzeżone z Ziemi, pierwszy przez zespół czterech obserwatorów, którzy odkryli satelitę 1980 S13 (patrz Tabela 1) i drugi 26 lutego 1980 roku przez D. Cruikshanka. Ponadto S. Larson i J. W. Fontain odnaleźli oba te satelity na zdjęciach Saturna, które wykonali 18 grudnia 1966 roku. Przypuszcza się, że to właśnie jednego z tych satelitów obserwował Dollfus w 1966 roku. Warto dodać,

że oba te satelity poruszają się po niemal identycznych orbitach w taki sposób, że stale znajdują się po przeciwnych stronach Saturna. Zaobserwowanego po raz pierwszy z Ziemi satelitę 1980 S13 odnaleziono następnie na zdjęciach uzyskanych za pomocą Voyagera 1, ale nie udało się na razie wyznaczyć żadnych jego parametrów oprócz odległości od Saturna.

Jak łatwo zauważyć z Tabeli 1 również satelity Dione i 1980 S6 poruszają się po prawie takich samych orbitach. Co więcej okazuje się,

Tabela 1. Satelity Saturna

Satelita	Wielka półoś orbity (tys. km)	Okres obiegu (dni)	Promień (km)	Gęstość (g/cm³)	Masa (Księżyc = 1)	Odkrycie
Zewnętrzny brzeg pierścienia A	137,4					
1980 S28	138,2	0,556	50	?	?	1980 Voyager 1
1980 S27	139,4	0,613	100±50	?	?	1980 Voyager 1
Pierścień F	140,6					
1980 S26	141,7	0,628	125±50	?	?	1980 Voyager 1
Pierścień G	150,0					
1980 S3	151,4	0,694	100	?	?	1979 Pioneer 11
1980 S1	151,45	0,695	70×35	?	?	1979 Pioneer 11
Mimas	185,5	0,942	195±5	1,2±0,1	0,0005	1789 F. W. Herschel
Enceladus	238,0	1,370	250±10	1,1±0,6	0,0012	1789 F. W. Herschel
1980 S13	289,0					1980 B. Smith, H. Reitsema, S. Larson, J. Fountain
Tetyda	377,4	1,888	525±10	1,0±0,1	0,009	1684 G. D. Cassini
Dione	294,7	2,737	560±10	1,4±0,1	0,015	1684 G. D. Cassini
1980 S6	377,4	2,737	40±20	?	?	1980 P. Laques, J. Lecacheux
Rhea	527	4,518	765±10	1,2±0,3	0,034	1672 G. D. Cassini
Tytan	1 222	15,95	2560	1,9	1,82	1655 C. Huygens
Hiperion	1 481	21,28	155±20	?	0,0004	1848 G. P. Bond
Iapetus	3 560	79,33	720±20	1,2±0,5	0,013	1671 G. D. Cassini
Phoebe	12 930	550,4	70±40	?	?	1898 W. Pickering

że ich promienie wodzące tworzą prawdopodobnie stale kąt równy mniej więcej 60° co oznacza, że trzy ciała Saturn, Dione i 1980 S6 znajdują się zawsze w wierzchołkach trójkąta równobocznego. Wydaje się więc, że mamy tu do czynienia z jeszcze jedną przyrodniczą realizacją słynnego rozwiązania Legrange'a ograniczonego zagadnienia trzech ciał, którego najbardziej znanym potwierdzeniem są Trojańczycy — planetoidy poruszające się w ten sposób względem Jowisza i Słońca, że stale znajdują się w tej samej mniej więcej odległości od nich. Inaczej mówiąc, zarówno Dione i 1980 S6, jak też satelity 1980 S1 i 1980 S3, poruszają się wzajemnie w rezonansie 1 : 1. Warto również zauważyć, że satelity 1980 S1 i 1980 S3 znajdują się w rezonansie 2 : 1 z Enceladusem, podobnie zresztą jak Enceladus i Dione.

K. ZIOŁKOWSKI

Neptun i Galileusz

W roku 1979 astronom amerykański Steven C. Albers opublikował wykaz wzajemnych zakryć planet w okresie od 1557 do 2230 roku. Wynika z niego, że w styczniu 1613 roku Neptun miał być zakryty przez Jowisza. W tym czasie Galileusz dokonywał obserwacji księżyców Jowisza i — jak słusznie zauważyli Charles T. Kowal i Stillman Drake — w polu widzenia jego lunety powinien znaleźć się także Neptun. Zachowane notatki Galileusza istotnie dowodzą, iż widział on Neptuna i nawet go zaznaczył na swym rysunku, biorąc planetę za zwykłą gwiazdę stałą. W grudniu 1612 roku obserwował księżyce Jowisza i przy okazji zanotował, że w odległości kilkunastu średnic planety widzi jasną gwiazdę. W styczniu 1613 roku gwiazdę tę widział już po przeciwnej stronie Jowisza, ale jakoś tym faktem nie zainteresował się bliżej i nie wyciągnął z niego odpowiedniego wniosku. Nie ulega jednak wątpliwości, iż ową gwiazdą był Neptun, który w tym czasie — jak to wynika z obliczeń — świecił na niebie jako obiekt 7,7 wielkości gwiazdowej.

To sensacyjne odkrycie nie ma tylko charakteru historycznej ciekawostki. Wyznaczane bowiem przez Galileusza pozycje obserwowanych obiektów były już na tyle ścisłe (błąd pomiaru nie przekraczał 10 sekund łuku), że jego obserwacja może służyć do kontroli obliczonej drogi Neptuna, który został odkryty przez Johanna G. Gallego dopiero 234 lat później. I jeżeli różnica między pozycją obliczoną a obserwowaną przez Galileusza przekracza jedną minutę łuku, wówczas zwolennicy istnienia planety pozaplutonowej zyskają poważny argument. W każdym razie masa układu Pluton-Charon jest stanowczo za mała, aby wytłumaczyć tak duże odchylenia w ruchu Neptuna.

(1) *Sky and Telescope*, 1979, vol. 57, 220.
(2) Audycja BBC z 6 października 1980 r.
(3) *Nature*, 1180, vol. 287, 277 i 311.

S. R. BRZOSTKIEWICZ

KRONIKA PTMA

W dniu 11 marca 1981 r. zmarł nagle w Krakowie jeden z najbardziej znanych astronomów polskich, długoletni członek naszego Towarzytwa, docent dr Kazimierz Kordylewski. Sylwetkę Zmarłego przedstawiamy w dwóch artykułach napisanych przez Jego bliskich współpracowników z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Kazimierz Kordylewski (11 X 1903 — 11 III 1981)

Kazimierz Kordylewski pochodził z poznańskiej rodziny rzemieślniczej. Dość wcześnie, bo już w 10 roku życia zainteresował się poważniej astronomią, na której polu działał później przez kilkadziesiąt lat wyjątkowo czynnie i owocnie. Jako kilkunastoletni chłopiec w latach 1921—22 działał w patriotycznych organizacjach (m. in. „Rota") w Poznaniu, uczestnicząc także w działalności wydawniczej. W 1922 r. zdał maturę w Gimnazjum św. Marii Magdaleny w Poznaniu i podjął

studia astronomii na tamtejszym Uniwersytecie. Konstynuował je w Krakowie na UJ, dokąd przeniósł się 2 lata później. W 1924 r. podjął pracę asystenta w Obserwatorium Astronomicznym UJ u prof. Tadeusza Banachiewicza. W 1926 r. uzyskuje absolutorium. Jest wtedy już dobrze wciągnięty w prace naukowe Obserwatorium, a przede wszystkim w obserwacje gwiazd zmiennych, zakryć gwiazd przez Księżyc, obserwacje pozycyjne i odpowiednie metody opracowań.

W tym też okresie (1926) dokonuje swych pierwszych odkryć w dziedzinie badań gwiazd zmiennych: obserwacyjnego odkrycia gwiazdy zmiennej *T Corvi* i metodologicznego odkrycia w zakresie opracowania obserwacji gwiazd zmiennych, mianowicie tzw. metody kalkowej (patrz art. doc. J. Kreinera).

Prof. T. Banachiewicz stara się umożliwić młodemu, wybitnie uzdolnionemu współpracownikowi kontakty z zagranicznymi ośrodkami naukowymi — stąd seria wyjazdów naukowych: w roku 1926 — Szwecja, Dania, Niemcy, Czechosłowacja; w roku 1927 uczestniczy w polskiej ekspedycji na obserwacje zaćmienia Słońca do Laponii Szwedzkiej, gdzie obejmuje kierownictwo jednej z trzech stacji; w 1928 r. wyjeżdża do Niemiec i do Holandii, gdzie na Kongresie IAU w Lejdzie przedstawia wyniki swych obserwacji gwiazd zmiennych i wyniki ekspedycji — wtedy też zostaje dokooptowany do Komitetu (późniejszej Komisji) Gwiazd Zmiennych IAU (Międzynarodowej Unii Astronomicznej). Warto tu dodać, że na ekspedycję zaćmieniową do Laponii w 1927 r. udał się K. Kordylewski z chronokinematografem — przyrządem, który powstał w warsztacie Obserwatorium (wyk. inż. L. Kowalski) na podstawie projektu opracowanego przez Niego wspólnie z prof. T. Banachiewczem. Metoda chronokinematograficzna pozycyjnych obserwacji zaćmienia Słońca i ich opracowanie wraz ze zwróceniem uwagi na możliwość wykorzystania ich w geodezji zawiera obok zasadniczych myśli Banachiewicza także wiele kapitalnych pomysłów Kordylewskiego. Sam Banachiewicz uważał, że rozprawa na temat metody chronokinematograficznej, przedstawiona jako doktorska spełniała właściwie wymogi stawiane pracom habilitacyjnym. Praca poświęcona polskiej wyprawie do Laponii Szwedzkiej w 1927 r. uchodzi za jedną z głównych publikacji naukowych K. Kordylewskiego.

Kilka lat później publikuje również jedną ze swych większych prac; efemerydę Plutona za lata 1909—1927. Zajmuje się także orbitami komet i planetoid. Ponadto począwszy od 1925 co roku ukazuje się *Dodatek Międzynarodowy Rocznika Astronomicznego Obserwatorium Krakowskiego*, którego trzon stanowią efemerydy gwiazd zmiennych zaćmieniowych i tzw. adnotacje autorstwa K. Kordylewskiego. (Opracowywał tę nadzwyczaj cenną pozycję aż do r. 1978 — z paroletnią przerwą wojenną; p. art. doc. J. Kreinera). Jednocześnie K. Kordylewski intensywnie prowadzi oberwacje gwiazd zmiennych — wykonał ich w życiu kilkadziesiąt tysięcy, co stawia Go w czołówce światowej.

Po krótkiej podróży naukowej do Austrii i Dalmacji w roku 1931 uzyskuje na UJ w 1932 r. stopień doktora filozofii z zakresu astronomii, a dwa lata później zostaje adiunktem w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Ujawnia wtedy obok naukowych swoje talenty organizacyjne. Dla prof. T. Banachiewicza jest czymś więcej, niż jego prawą ręką. Organizuje prace obserwacyjne na miejscu w Obserwatorium i w ekspedycjach (pomiary geodezyjne, wyprawa zaćmieniowa do Grecji 1936). Po wojnie prof. T. Banachiewicz powierza Mu szereg

funkcji dydaktyczno-organizacyjnych i deleguje Go jako rzeczoznawcę do zespołów programowo-dydaktycznych w Ministerstwie Szkół Wyższych i naukowych komisji PAN.

Należy tu uświadomić sobie, że przy takim adiunkcie profesor mógł się śmiało czuć zwolniony z obowiązku myślenia o zakładzie i swobodnie rozwijać swą własną działalność naukową. W tym więc również sensie Kazimierz Kordylewski ma swój udział w obszernej twórczości T. Banachiewicza. Ostatnią za życia profesora wyprawę zaćmieniową prowadzi Kordylewski w 1954 r. na Suwalszczyznę; w tym także roku udaje się w Krakowie uruchomić (specjalnie na zaćmienie) pierwszy w Polsce radioteleskop.

W roku 1933 powstał dzięki funduszom zebranym na rzecz propagowanego przez T. Banachiewicza Narodowego Instytutu Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika — Zakład Aparatów Naukowych tegoż Instytutu. Dr K. Kordylewski organizuje go i prowadzi jego agendy z przerwą wojenną do 1951 r., kiedy to doskonale funkcjonujący i przynoszący dla Obserwatorium Astronomicznego UJ dochody zakład przejmuje Uniwersytet Jagielloński. Do dziś ZAN jest jedną z ważniejszych placówek usługowo-dochodowych UJ. Natomiast na Kazimierza Kordylewskiego patrzono wtedy w pewnych kołach jako na nielegalnego restauratora kapitalizmu, którego udało się w porę rozbroić. Pewne uprzedzenia do tego astronoma, który — jak sam zaznaczał — „stał zawsze twardo nogami na Ziemi" i absolutnie nie ukrywał, że ma wiele predyspozycji kupca — przetrwały dość długo — specjalnie wśród tych, którzy starannie ukrywali własną interesowność. Wiadomo nam było, że w czasie okupacji dr Kordylewski trudnił się handlem (prowadził sklep) dla utrzymania swej licznej rodziny. Zawsze ceniliśmy u Niego rzadko dziś już spotykane cechy dobrego kupca: uczciwość, solidność, słowność, prawdomówność, przedsiębiorczość, niezbędną w rachunkowości skrupulatność i — nie tylko kupiecki — urok osobisty. Gospodarska dbałość o majątek Obserwatorium skłoniła Go do ukrycia przed okupantem najcenniejszych zabytkowych instrumentów obserwacyjnych, średniowiecznych astrolabiów, w tym arabskiego astrolabium z XI wieku. Z podobnych pobudek energicznie przejął we wrześniu 1945 r. z rąk administracji wojskowej Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Wrocławskiego i po 6 tygodniach oddał je wraz z filią w Białkowie przybyłemu w październiku do Wrocławia nowemu dyrektorowi Obserwatorium, profesorowi E. Rybce.

Z chwilą wyzwolenia Krakowa rozpoczął się w życiu dr Kazimierza Kordylewskiego ponowny, lecz dłuższy okres wielostronnej bogatej działalości. Wznawia i poszerza prace w dziedzinie gwiazd zmiennych. Jego zasługom w znacznej mierze należy przypisać fakt, że Obserwatorium Krakowskie zostało uznane przez Kongres IAU (Międzynarodowej Unii Astronomicznej) w Rzymie w 1952 r. za jedno z trzech (obok Kazania i Princeton) centrów gwiazd zmiennych. Równolegle do tej tematyki, dzięki której znany był od lat wśród specjalistów, podejmuje Kordylewski w porozumieniu z profesorami J. Witkowskim i T. Banachiewiczem poszukiwania materii w otoczeniu punktów libracyjnych L4 i L5 układu Ziemia — Księżyc. Po pierwotnych niepowodzeniach poszukiwań fotograficznych większych brył Kordylewski podejmuje w r. 1951 usiłowania wykrycia w tych obszarach pyłowej materii rozproszonej. Wysiłki te uwieńczone zostały odkryciem pyłowych Księżyców 10 lat później (1961 r.), ale jeszcze przez kilkanaście lat czekały one na swe niezależne potwierdzenia przez OAO

w r. 1973 i w 1974. Odkrywca zyskał wprawdzie szeroką, nawet międzynarodową popularność, zaprawioną jednak początkowo nieufnością, a nieraz wręcz niechęcią ze strony środowiska specjalistów. Zarzucano Mu odkrywanie „na pewniaka" bo od czasów Lagrange'a było wiadomo, że w tych obszarach musi być „gęściej", niż w ich sąsiedztwie; kwestionowano nawet wiarygodność odkrycia wobec wieloletniego braku potwierdzenia. Z rezerwą traktowano ponowne anonse odkrywcy o obserwacyjnym potwierdzeniu przez niego istnienia materii pyłowej wzdłuż orbity Księżyca (1966 r. — ekspedycja PTA na polskim statku handlowym w rejonie Afryki Wsch.) i o potwierdzeniu ruchu Księżyców Pyłowych (podobna wyprawa w 1973 r.). W tych latach odkrywca często wyjeżdżał dla prowadzenia obserwacji zarówno w programie materii pyłowej jak i gwiazd zmiennych: (1952 — Łomnica CSRS, 1963, 1964 Piskóstetö w górach Matra, WRL, Tautenburg, NRD i in.). Cykl prac związanych z odkryciem materii pyłowej w układzie Ziemia-Księżyc zakończył w r. 1978 podaniem pomysłowej metody prostego obliczania efemeryd pozycji Pyłowych Księżyców, do ostatniej jednak chwili obmyślał nowe programy obserwacyjne.

Kazimierz Kordylewski został mianowany docentem UJ w r. 1955 i z tym tytułem przeszedł na emeryturę 30 IX 1974 r. mimo swego pokaźnego dorobku naukowego obejmującego sto kilkadziesiąt prac (przeciętnie 3—4 rocznie), owocnej opieki nad dyplomantami i nad stypendystami zagranicznymi (4 Węgrów, 2 Bułgarów, 1 Niemiec) i promowania dwóch doktorów — znanych dziś astronomów polskich. Każdy, kto znał Kazimierza Kordylewskiego potwierdzi, że ten docent mógłby szczodrze obdzielić oryginalnością i bogactwem swoich pomysłów niejednego profesora, najzupełniej zwyczajnego.

Wykładał barwnie, ciekawie i przystępnie. Według opinii T. Banachiewicza dlatego właśnie w Krakowie wpisywało się w pewnych okresach na astronomię znacznie więcej studentów, niż należałoby się spodziewać. Wykładał astronomię sferyczną i praktyczną (UJ), astronomię z geografią matematyczną (UJ oraz WSP w Krakowie i w Rzeszowie), astrofizykę z elementami geofizyki — dla stud. fizyki (UJ i UMCS — Lublin), astronomię gwiazdową (UJ); prowadził również wykłady monograficzne z zakresu astronautyki, gwiazd zaćmieniowych i materii pyłowej na orbicie Księżyca. Wyniki swoich prac referował także w ośrodkach zagranicznych (Kijów, Odessa — 1969, 1970, 1971), Budapeszt, Ondřejov, Amsterdam, Bruksela, Berno, Genewa (CERN) i Berlin (TV) przedstawiał je oczywiście także na kongresach IAU w Hamburgu (1964) i w Pradze (1967), gdzie wygłosił referat o odkryciu pierścienia pyłowego wzdłuż orbity Księżyca.

Prowadził intensywną działalność popularyzatorską. Wygłaszał przeciętnie ok. 50 prelekcji rocznie: publicznych, w TWP, w PR i TV, w szkołach, w zakładach pracy, w stowarzyszeniach naukowych i społecznych. Urządzał również publiczne pokazy nieba.

Pasja społeczna i zmysł organizatorski nie pozwalały Mu ograniczać się wyłącznie do pracy naukowej, dydaktyki i popularyzacji; oddawał społeczeństwu cenne usługi zasiadając we władzach: Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (Skarbnik, 1948), PTMA w różnych organach od 1948), założył Krakowski Oddział Polskiego Towarzystwa Astronautycznego (3 V 1956) i był jego wieloletnim prezesem; w latach 1964—1980 był członkiem ZG tego Towarzystwa, w 1957 r. objął kierownictwo stacji obserwacyjnej SSZ nr 1153 w Krakowie — (wcześniej, bo zaraz po wystrzeleniu pierwszego sputnika wiedzieliśmy dzię-

ki błyskawicznym obliczeniom Kordylewskiego, gdzie znajduje się kosmodrom, z którego startowała rakieta — nie wiedzieliśmy tylko, że nosi nazwę Bajkonur), był twórcą pamiętnych Krakowskich kursów astronautycznych Polskiego Towarzystwa Astronautycznego, w roku 1976 założył Komisję Astronomii PTA.

Oprócz działań związanych z akcjami naukowymi bądź oświatowymi znajdujemy w życiu doc. Kordylewskiego także prace w ZNP, specjalnie w Pracowniczej Kasie Zapomogowo-Pożyczkowej UJ; bezpośrednio po wojnie (1945) działalność organizacyjną w Spółdzielni Spożywców Pracowników Uniwersyteckich, przejętej później przez PSS; w latach trzydziestych był członkiem Zarządu Okręgu ZHP w Krakowie, a po wojnie pomagał swojej żonie w pracach społecznych w ZHP i w Polskim Związku Esperantystów.

Wiele rzeczy pozornie niewykonalnych umiał załatwić. Nie znosił biurokracji i urzędniczego stylu działania. Do legendy przeszła już sprawa dokonanej przez K. Kordylewskiego w r. 1955 ekshumacji zwłok prof. T. Banachewicza i umieszczenia ich w polskim Panteonie narodowym — na Skałce. Załatwił tę sprawę kontaktując się tylko z władzą duchowną i dyrekcją Cmentarza Rakowickiego w Krakowie. Po prostu uznał, że Banachiewicz jest „godzien" Skałki i... załatwił to z postawieniem sarkofagu włącznie. Zmuszony lub sprowokowany do walki potrafił prowadzić ją z całą nieustępliwością zachowując przy tym szacunek dla osoby adwersarza. Nigdy nie pozwalał sobie nawet na odruchowe obdarzanie swych przeciwników epitetami, co nawet zdumiewało niektórych jako rzekomy objaw pewnej „miękkości" tego twardego przecież i bezkompromisowego człowieka.

Wśród odznaczeń i wyróżnień doc. K. Kordylewskiego znajdujemy Srebrną (1971) i Złotą (1975) Odznaki Honorowe PTMA, Odznakę Honorową Polskiego Towarzystwa Astronautycznego (1971), tytuł Członka Honorowego tegoż Towarzystwa (1980/81), Honorową Odznakę Komitetu d/s Radia i Telewizji (1971) — (za 25 lat nadawania sygnału czasu przez Obserw. Astron. UJ); służbę tę zorganizował K. Kordylewski w Krakowie w 1946 r., gdy pełniące ją przed wojną Obserwatorium Warszawskie leżało w gruzach), Odznakę TPPR za propagowanie kosmonautyki radzieckiej (1970), Brązowy Medal NASA: Apollo 1968—72 za propagandę astronautyki, Medal 500-lecia Urodzin M. Kopernika (1974); wybór na członka The Explorers' Club (New York — 1978) oraz: Złoty Krzyż Zasługi (1973) za pracę pedagogiczną. Nb. jest to jedyne odznaczenie wnioskowane przez macierzystą uczelnię (UJ) dla odchodzącego na emeryturę 70-letniego uczonego i zasłużonego działacza społecznego; — odznaczenie to, jak wiadomo, otrzymuje dziś na podstawie tzw. Karty Nauczyciela każdy nauczyciel po 20 latach nienagannej pracy. Ostatnie na tej liście dwa odznaczenia, a mianowicie Medal Komisji Edukacji Narodowej (1974) i Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski (1979) zostały przyznane doc. Kordylewskiemu na wniosek PTMA.

Kazimierz Kordylewski pracował naukowo i społecznie do końca życia, interesował się żywo cudzymi pracami i problemami towarzystw naukowych, których był członkiem. Martwił się ostatnio stopniową utratą swych sił fizycznych i dawał temu wyraz, ale śmierć uważał za perspektywę dość jeszcze odległą; nigdy zresztą, jako człowiek głęboko wierzący nie uznawał jej za koniec istnienia. Celnie charakteryzuje poglądy tego człowieka niekwestionowanej wiary i nieustannej pracy jego własna uwaga, którą zapamiętałem dobrze sprzed ok. 15 lat, że wieczny odpoczynek zmarłych byłby czymś naprawdę strasznym,

gdyby polegał na przymusowej bezczynności. Stanu spokoju i spoczynku nie potrafił uznać za trafne określenie pojęcia szczęśliwości wiecznej.

A zmarł, tak jak żył — w biegu.

JAN MIETELSKI

Działalność naukowa Kazimierza Kordylewskiego w zakresie badań gwiazd zmiennych

„Observo ergo sum" — tę trawestację słynnego powiedzenia Kartezjusza, dokonaną przez Profesora Banachiewicza, zwykł Docent Kazimierz Kordylewski powtarzać swoim uczniom bardzo często. Rzeczywiście, trudno wyobrazić sobie prawdziwego naukowca zajmującego się astronomią, który by nie obserwował, a przynajmniej nie orientował się doskonale w problematyce obserwacji astronomicznych. Docent Kordylewski był człowiekiem, który wspomnianą myśl nie tylko przytaczał, ale nieomal do ostatnich chwil swego życia bardzo ściśle stosował, wykonując przez ponad półwiecze swej aktywnej działalności naukowej niezliczoną liczbę różnego rodzaju obserwacji astronomicznych.

Charakteryzując tylko jedną z działalności naukowych Docenta Kordylewskiego (o innych pisze Dr Jan Mietelski), należy cofnąć się do roku 1919. Po okresie pierwszej wojny światowej, Krakowskie Obserwatorium Astronomiczne znalazło się w stanie poważnego kryzysu. W tym właśnie roku stanowisko dyrektora Obserwatorium obejmuje Prof. Tadeusz Banachiewicz, od razu przystępując z niebywałą energią do czynności mających na celu podjęcie prac naukowych. Wobec faktu braku wyposażenia instrumentalnego, Prof. Banachiewicz proponuje podjęcie dwóch nowych kierunków badań, nie wymagających dużych teleskopów ani specjalnej aparatury. Tymi kierunkami są zakrycia gwiazd przez Księżyc i obserwacje wizualne gwiazd zmiennych.

Z dniem 1 października 1924 roku w Obserwatorium Astronomicznym w Krakowie rozpoczyna pracę młody asystent, Kazimierz Kordylewski, przybyły z Poznania. Od pierwszej chwili z niebywałym zapałem i zaangażowaniem włącza się w program obserwacyjny nakreślony przez T. Banachiewicza. Zapał i wyjątkowe zdolności obserwacyjne Kordylewskiego wkrótce zostają uwieńczone sporym sukcesem, jakim było odkrycie nieznanej dotąd gwiazdy zmiennej w gwiazdozbiorze Kruka, nazwanej potem *T Corvi*.

Okoliczności stwierdzenia jej zmienności były niecodzienne. T Corvi służyła Kordylewskiemu jako gwiazda porównania przy obserwacjach wykonywanych 14 i 22 XII 1925 roku sąsiedniej gwiazdy zmiennej *S Corvi* i została zaznaczona na sporządzonej odręcznie mapce tego fragmentu nieba. Po kilkutygodniowej przerwie, wynikłej ze złej pogody, rozpoczynając ponownie obserwacje S Corvi, Kordylewski ze zdumieniem spostrzegł brak w polu widzenia uprzednio zaznaczonej, stosunkowo jasnej gwazdy. O odkryciu zawiadomiono inne obserwatoria astronomiczne, lecz ku sporemu zaskoczeniu nikt nie potwierdził odkrycia młodego krakowskiego astronoma, mimo iż niemal w tych samych dniach były robione zdjęcia fotograficzne tej okolicy nieba. Sprawa ostatecznie wyjaśniła się w nocy z 5 na 6 marca 1927 gdy

gwiazda znowu stała się widoczna, a fakt nie zarejestrowania jej przez kamery fotograficzne wynikał z bardzo czerwonej barwy gwiazdy, na którą klisze fotograficzne nie były czułe. Również ponowne szczegółowe przeszukanie dawnych klisz w Obserwatorium Harvardzkim potwierdziło zmienność gwiazdy, podobnej jak się okazało, do *Miry Ceti*. Okres zmienności blasku nowodkrytej gwiazdy zmiennej wynosił około 400 dni.

Odkrycie gwiazdy zmiennej w konstelacji Kruka stanowiło jednak tylko margines działalności naukowej młodego asystenta Obserwatorium. Skupiał się on przede wszystkim na szeroko zakrojonych obserwacjach zmiennych zaćmieniowych. Kazimierz Kordylewski wykonał takich obserwacji nieprzeciętnie dużo. Już w pierwszym roku swojej pracy w Obserwatorium zanotował 354 ocen blasku dla 25 gwiazd, w następnych latach liczba obserwacji wynosiła: w roku 1925 — 945 obserwacji 39 gwiazd, w roku 1926 — 1414 obserwacji 55 gwiazd, w roku 1927 — 1100 obserwacji 64 gwiazd itd. Łącznie, w latach 1924—1950 Kazimierz Kordylewski wykonał około 28 000 obserwacji opublikowanych z początkiem lat sześćdziesiątych przez R. Szafraniec. Należy podkreślić, że obserwacje były wykonywane również w latach okupacji hitlerowskiej, a zgromadzony wówczas materiał ze względu na unikatowość ma wyjątkową wartość. Owocem ostatniego trzydziestolecia jest spory materiał obserwacyjny, uzyskany głównie w latach 1951—1966. Niestety materiał ten do chwili obecnej nie jest w pełni opracowany i opublikowany, wiele obserwacji pozostało w formie rękopisu.

Mimo iż głównym miejscem obserwacji Kazimierza Kordylewskiego było Obserwatorium Krakowskie, uczony w pełni doceniał znaczenie specjalnych ekspedycji do miejsc o znacznie lepszych warunkach obserwacyjnych niż Kraków. I tak liczne obserwacje zostały dokonane na wyspie Chios w Grecji, w górach Matra na Węgrzech i w innych miejscach.

Często spotyka się opinie traktujące z wyraźnym lekceważeniem obserwacje wizualne gwiazd zmiennych. Z całą pewnością nie mogą się one równać ze współczesnymi obserwacjami fotoelektrycznymi sięgającymi w swej dokładności często 0,002—0,004 mag. Ale nie należy zapominać, że metody te są stosowane na szerszą skalę zaledwie od około 30 lat i wymagają specjalistycznej aparatury sprzężonej z odpowiednim teleskopem. W metodach wizualnych dokładność fotometryczna jest znacznie niższa (na ogół uważa się, że wynosi ona około 0,1 mag.), lecz jedynymi wymaganiami są prosta luneta i dobre oko obserwatora. Zdecydowaną przewagę posiadają metody wizualne nad fotograficznymi i fotoelektrycznymi pod względem szybkości i prostoty ich opracowania.

Jest faktem, iż Kazimierz Kordylewski należał do bardzo nielicznego grona profsjonalnych astronomów interesujących się obserwacjami wizualnymi. Doskonałość w swoich obserwacjach doprowadził do takiej perfekcji, że jego oceny blasku dawały niekiedy dokładność 0,03—0,04 mag.

Oczywiście, obserwacje gwiazd zaćmieniowych nie były zadaniem samym w sobie, lecz miały na celu wyznaczanie momentów minimów blasku. Minima te służyły dla kontroli poprawności tzw. elementów zmian blasku, przede wszystkim okresu gwiazdy zaćmieniowej. Określenie momentu minimum (dotyczy to również w pewnym stopniu momentu maksimum blasku), aż do początku lat dwudziestych było

mocno pracochłonne. Wkrótce po rozpoczęciu swej pracy w Obserwatorium Krakowskim, Kazimierz Kordylewski zaproponował niesłychanie prostą i szybką metodę graficzną wyznaczania momentu minimum, nazwaną później metodą kalkową Kordylewskiego. Jest charakterystyczne, że Kordylewski nie przypuszczał, iż jego metoda ma oryginalny charakter, uważając ją jedynie jako pewien sposób „ułatwienia" sobie znajdowania momentu minimum. Stąd próżno szukać w literaturze naukowej z owego czasu opisu metody. Omówienia jej dokonała dopiero Dr Róża Szafraniec blisko ćwierć wieku później (Acta Astronomica, ser. c, vol. 4 str. 81, 1948 rok), gdy metoda była już szeroko znana nie tylko w Polsce, lecz również za granicą.

Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych i wyznaczane z nich momenty minimów stanowiły bazę dla publikowania, począwszy od roku 1923 *„Dodatku Międzynarodowego do Rocznika Astronomicznego Obserwatorium Krakowskiego"* ukazującego się jedynie z krótką przerwą wojenną do chwili obecnej. Inicjatywa wydawania „Dodatku" wyszła od Tadeusza Banachiewicza i miała na celu coroczne publikowanie efemeryd czyli przewidywanych momentów minimów gwiazd zaćmieniowych. Efemerydy te począwszy od roku 1925 (numer 3) i nieomal bez przerwy aż do roku 1978 opracowywał Kazimierz Kordylewski. On to również był autorem tzw. „adnotacji", w których zamieszczał uwagi o poszczególnych gwiazdach.

Istotą tego wydawnictwa nie było samo obliczanie przewidywanych momentów minimów, stanowiące stosunkowo prostą pracę rachunkową, (jakkolwiek wymagającą dużej uwagi dla uniknięcia trudnych do wykrycia omyłek), lecz kwestia przyjęcia odpowiednich elementów wyjściowych: momentu minimum wyjściowego i okresu zmienności. W tym miejscu Kordylewski uwzględniał zarówno własne obserwacje, jak też wyniki prac publikowanych i nadsyłanych przez innych autorów. Przy ustalaniu elementów ponadto należało brać pod uwagę ewentualne zmiany okresu, oceniać dokładność i wiarygodność nadsyłanych innych obserwacji itd. Praca wymagała indywidualnego podejścia do każdej gwiazdy. Doświadczenie Kazimierza Kordylewskiego w redagowaniu *„Dodatku"* do *Rocznika* było niesłychanie wielkie.

Niejako ubocznym rezultatem szeroko zakrojonych obserwacji gwiazd zmiennych zaćmieniowych, choć mającym zasadnicze znaczenie poznawcze, było wyznaczanie zupełnie nieznanych elementów dla szeregu gwiazd dotychczas jedynie podejrzanych o zmienność. Wyniki tych prac ukazywały się nieomal w każdym z tomów *„Acta Astronomica"* oraz częściowo w *„Okólniku Obserwatorjum Krakowskiego"*.

Działalność Kazimierza Kordylewskiego na polu badań gwiazd zmiennych przyniosła mu bardzo szybko międzynarodowe uznanie. Już w roku 1928, to jest w niespełna pięć lat od momentu rozpoczęcia pracy naukowej, został dokooptowany do Komitetu Gwiazd Zmiennych Międzynarodowej Unii Astronomicznej, co dla młodego astronoma było bardzo dużym wyróżnieniem.

Uzyskiwany przez kilkadziesiąt lat materiał obserwacyjny obok bieżących informacji dla potrzeb *„Dodatku"* do *Rocznika* stał się podstawą do podjęcia przez Docenta Kordylewskiego szeregu badań z dziedziny astronomii gwiazdowej.

Pierwszym problemem, zaproponowanym do opracowania przez Kordylewskiego była kwestia odzwierciedlenia się w zmianach okresu gwiazd zaćmieniowych efektu przyspieszenia Słońca w przestrzeni. Idea pracy polegała na tym, że gdyby założyć niezmienność okresu

gwiazdy periodycznej zmiennej, to fakt przyspieszonego ruchu Słońca w przestrzeni winien objawić się w postaci systematycznej zmiany okresu gwiazdy. Oczywiście, istnieje wiele znanych przyczyn zmian okresu, choćby wspomnieć tu o przepływie materii w układzie, ruchu linii apsyd itd., lecz rozpatrując wiele gwiazd zaćmieniowych, należałoby oczekiwać efektu istotnego statystycznie, uzależnionego dodatkowo od położenia gwiazdy na niebie. Mimo początkowo zachęcających rezultatów, bardziej szczegółowe badania nie pozwoliły na określenie tego hipotetycznego przyspieszenia. Udało się jedynie ocenić górną wartość wektora przyspieszenia Słońca, oczywiście, o ile ono w ogóle istnieje.

Druga poważna praca, niestety nie w pełni dokończona, dotyczyła badań zmian okresów gwiazd typu *RR Lyrae* w gromadach kulistych. Celem tej pracy była próba oszacowania masy gromady kulistej w oparciu o zależność pomiędzy obserwowanymi zmianami okresów krótkookresowych cefeid gromady i położeniem tych gwiazd względem środka gromady. W wyniku obliczeń Kordylewski uzyskał przeciętną masę gromady kulistej wynoszącą 10^9 mas Słońca, co znacznie przekracza wartoć ogólnie przyjmowaną.

Docent Kordylewski był również inicjatorem kolejnej poważnej pracy w dziedzinie gwiazd zaćmieniowych, polegającej na wykorzystaniu informacji, jakie dają układy podwójne dla określenia ich odległości (metoda wyznaczania paralaks fotometrycznych gwiazd zaćmieniowych). Co prawda, pomysł ten po raz pierwszy podał Gaposchkin, lecz od tej pory nikt nie pokusił się o kompleksowe opracowania zagadnienia. Z inicjatywy Doc. Kordylewskiego opracowano katalog paralaks ponad tysiąca gwiazd zaćmieniowych wraz z parametrami geometrycznymi i fizycznymi, który w przyszłości może rzucić wiele światła na kwestię rozmieszczenia układów podwójnych w naszej Galaktyce.

Na zakończenie warto podkreślić, że Docent Kazimierz Kordylewski należał do nieczęstej grupy uczonych, która gotowa jest przekazywać uczniom i współpracownikom swą zdobytą wiedzę i doświadczenie, w każdej chwili, w nieograniczony sposób. Wskutek tego, tematyka gwiazd zaćmieniowych zainicjowana przez T. Banachiewicza i rozwinięta przez Kazimierza Kordylewskiego nadal szeroko się rozwija, kontynuowana przez grono uczniów Docenta, do których Autor niniejszego artykułu ma zaszczyt się zaliczać.

JERZY M. KREINER

NOWOŚCI WYDAWNICZE

Jan Mergentaler, **Wszechświat widziany z pokładu satelitów.** Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1981, Stron 134, 37 ilustracji. Papier offsetowy kl. III. Nakład 10 000 egz. Cena 30,— zł.

Tematem dzieła jest oczywiście Wszechświat, ale nie oglądany okiem miłośnika astronomii, do czego zresztą od przeszło sześćdziesięciu lat zachęca nas Autor — jeden z założycieli Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii w 1919 roku — ale widziany przy użyciu najdoskonalszych środków, które stworzyła nauka i technika ostatnich lat. Obserwowany spoza atmosfery, która nie przepuszcza

niektórych rodzajów promieniowania. Mowa także o obiektach w ogóle nie dostępnych dla ludzkiego oka; wiele z nich stwierdzono i poznano jedynie dzięki badaniom pośrednim lub rozważaniom teoretycznym. Zakres tematu najlepiej przedstawią tytuły rozdziałów: Początki i przyczyny — Trochę o Słońcu — Jedna z najmłodszych mgławic (mowa o mgławicy Krab) — Inne mgławice — Jak daleko sięgamy we Wszechświat — Gwiazdy podwójne — Gwiazdy zaćmieniowe — Galaktyczne źródła rentgenowskie — Jeszcze niektóre inne gwiazdy — Nietrwałe źródła rentgenowskie — Galaktyki obserwowane z Ziemi — Galaktyki radiowe i rentgenowskie — Inne galaktyki — Gromady galaktyk — Obserwacje lat ostatnich — Posłowie.

Książka napisana piękną polszczyzną, jej urok potęgują cytaty z dzieł autorów z literatury pięknej, zamieszczone jako motto poszczególnych rozdziałów. Poziom dostosowany zarówno do czytelnika obeznanego z tematyką jak i nowicjusza, dzięki czemu można ją uznać za wzór doskonałego popularyzowania wiedzy, popularyzowania w znaczeniu: łatwo o rzeczach trudnych.

Osobne podziękowanie należy się Wydawnictwu „Ossolineum" oraz Drukarnia Naukowej we Wrocławiu za piękną szatę graficzną (druk na urządzeniach Monofoto 600), czym wzbogaciło zbiór publikacji zalecanych naszym miłośnikom astronomii.

L. Z.

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Wrzesień 1981 r.**

Słońce

Wstępuje w znak Wagi 23 września o 5^h4^m4 przechodząc przez punkt równonocy jesienej, w którym ekliptyka przecina się z równikiem niebieskim; w związku z tym mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej na półkuli północnej.

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

Data 1980	P	B_0	L_0	Data 1980	P	B_0	L_0
IX 1	+21°20	+7°20	179°14	IX 17	+24°48	+7°16	327°86
3	+21.69	+7.22	152.72	19	+24.78	+7.12	301.45
5	+22.16	+7.24	126.30	21	+25.06	+7.06	275.05
7	+22.61	+7.25	99.89	23	+25.31	+7.00	248.66
9	+23.03	+7.25	73.48	25	+25.53	+6.94	222.26
11	+23.43	+7.24	47.07	27	+25.72	+6.86	195.87
13	+23.81	+7.22	20.66	29	+25.90	+6.78	169.48
15	+24.16	+7.19	354.26	X 1	+26.04	+6.68	143.08

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
15d3h41m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

W ruchu dziennym na sferze niebieskiej Słońce wędruje coraz niżej nad horyzontem i w ciągu miesiąca dnia ubywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 września Słońce wschodzi o 5^h47^m, zachodzi o 19^h24^m, a 30 września wschodzi o 6^h35^m, zachodzi o 18^h16^m.

Księżyc

W pierwszym tygodniu i ostatniej dekadzie września noce będą ciemne, bezksiężycowe, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesięcu następująca: pierwsza kwadra 6^d15^h, pełnia 14^d5^h, ostatnia kwadra 20^d22^h i nów 28^d6^h. W apogeum Księżyc znajdzie się 5 września, a w perygeum 17 września. Rankiem 24 września tarcza księżyca zakryje Marsa, ale zjawisko to będzie u nas niewidoczne.

Planety i planetoidy

Wieczorem nad zachodnim horyzontem błyszczy pięknym blaskiem Wenus jako gwiazdka —3.6 wielkości. Wieczorem też przez lunety możemy jeszcze odnaleźć Urana w gwiazdozbiorze Wagi jako gwiazdę 6 wielk. (współrzędne: rekt. 15^h39^m, dekl. —19°54′). Jowisz i Saturn zachodzą prawie razem ze Słońcem, Mars widoczny jest w drugiej połowie nocy jako czerwona gwiazda ok. +1.8 wielkości na granicy gwiazdozbiorów Raka i Bliźniąt. Pozostaje planety są niewidoczne.

* *
*

1^d Księżyc znajdzie się w złączeniu kolejno z trzema jasnymi planetami: o 3^h z Saturnem w odl. 3°, o 8^h z Jowiszem w odl. 4°, a o 17^h z Wenus w odl.5°.

3^d15^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

5^d2^h Uran w złączeniu z Księżycem w odl. 5°.

6^d23^h Wenus w złączeniu ze Spiką (Kłosem Panny), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Panny (w odl. 2°).

7^d8^h Neptun w złączeniu z Księżycem w odl. 2°.

10^d17^h Złączenie Merkurego z Saturnem w odl. 4°.

13^d21^h Merkury w złączeniu z Jowiszem w odl. 3°.

20^d21^h Złączenie Merkurego ze Spiką (Kłosem Panny) w odl. 0°4.

23^d O 5^h5^m Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 180°. O 18^h Merkury w największym wschodnim odchyleniu od Słońca (w odl. 26°) jest jednak w tak niekorzystnych warunkach obserwacyjnych, że praktycznie jest niewidoczny.

24^d7^h Bliskie złączenie Marsa z Księżycem. Zakrycie planety przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Środkowej i Północnej Afryce, w południowej Azji, w Indonezji i w północno-zachodniej Australii.

30^d4^h Merkury w złączeniu z Księżycem w odległości aż 9°.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie wschodnio-europejskim.

CONTENTS

A. Sołtan — X-ray observations in astronomy.

W. Macek — The Jovian mgnetosphere.

Chronicle: How many satellites has Saturn? — Neptun and Galileo.

PTMA Chronicle: Kazimierz Kordylewski (1903—1981).

New books.

Astronomical calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

А. Солтан — Ренгеновские наблюдения в астрономин.

В. Мацек — Магнитосфера Юпитера.

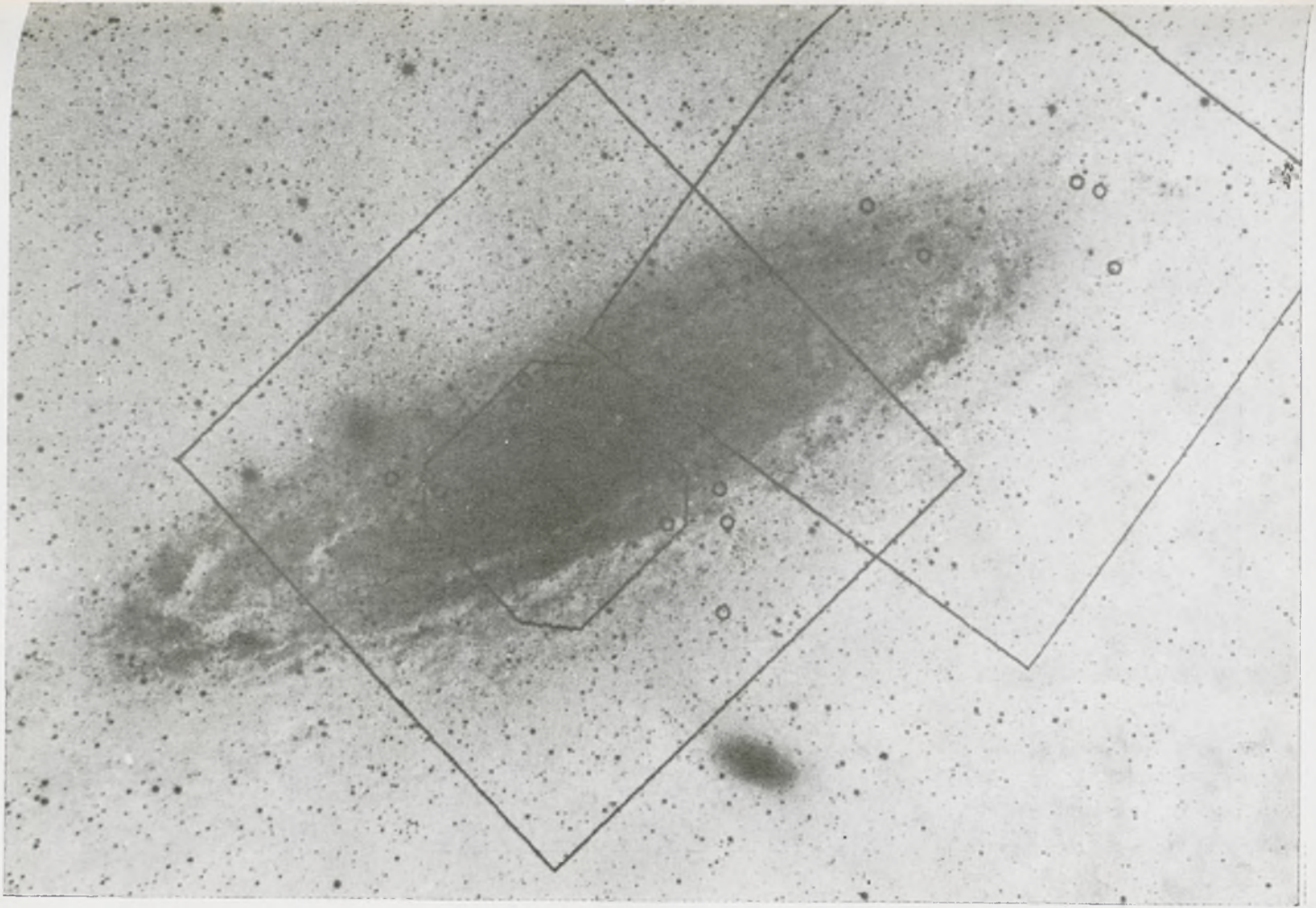
Хроника: Сколько спутников у Сатурна? — Нептун и Галилей.

Хроника Общества (PTMA). Казимеж Кордылевски (1903—1981).

Новые книги.

Астрономический календарь.

Redakcja i Administracja: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Zarząd Gł., 31-027 Kraków, Solskiego 30/8, tel. 238-92; Nr k-ta PKO I OM 35510-16391-132. Red. nacz.: L. Zajdler, 02-590 Warszawa, ul. Drużynowa 3, tel. 44 49 35. Sekr. red.: K. Ziołkowski. Red. tech.: Z. Korczyńska. Przewodn. Rady Redakcyjnej: S. Piotrowski. Warunki prenumeraty dla członków PTMA (25% zniżki) — zł 72.— (bez składki członkowskiej), cena 1 egzemplarza — zł 8.—. Zgłoszenia w Redakcji, adres jak wyżej.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie, 1981. Nakład 3.500 egz. Objętość ark. wyd. 3, ark. druk. 2,25. Pap. druk. sat. kl. V, 65 g, 61 × 86.
Indeks 38061

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — Zam. 2740/81 — F-16 — 3400