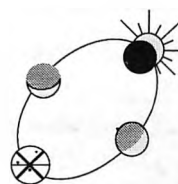




MATERIAŁY



SEKCJI OBSERWACJI POZYCJI I ZAKRYĆ

Nr 76

LISTOPAD 2005



XXIV KONFERENCJA SOPIZ PTMA

NIEPOŁOMICE, 10-12 VI 2005 R.

MATERIAŁY KONFERENCYJNE

Sekcja Obserwacji Pozycji i Zakryć Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii

Sekcja istnieje od 1979 r.

Działalność Sekcji obejmuje:

1. Obserwacje pozycyjne planetoid i komet;
2. Obserwacje zjawisk zakryciowych:
 - gwiazd przez ciała Układu Słonecznego, w tym zwłaszcza przez Księżyc i planetoidy,
 - wzajemnych zakryć ciał Układu Słonecznego, w tym przejść planet dolnych przed tarczą Słońca, zaćmień Słońca i Księżyca.

Sekcja skupia osoby, zainteresowane wykonywaniem wymienionych obserwacji, a także prowadzeniem prac obliczeniowych, związanych z tymi zjawiskami.

Sekcja udziela pomocy obserwatorom w zakresie:

- rozprowadzania efemeryd zjawisk,
- metodyki obserwacji,
- konstruowania przyrządów obserwacyjnych,
- publikowania wyników obserwacji w czasopismach krajowych i zagranicznych.

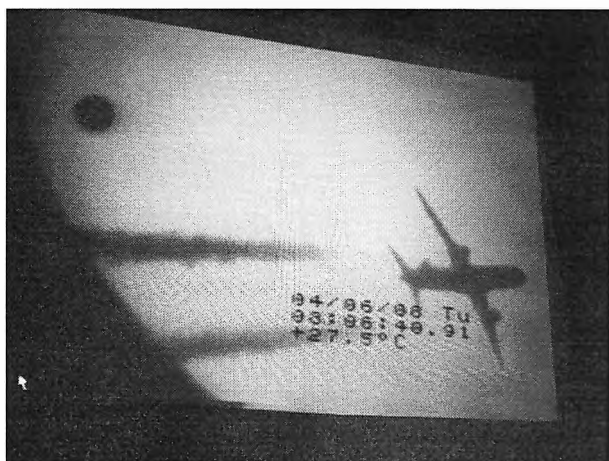
Siedzibą Sekcji jest Łódź, Oddział Łódzki PTMA, Planetarium i Obserwatorium m. Łodzi, ul. Pomorska 16, 91-416 Łódź.

Sekcja wydaje kilka razy do roku własne „Materiały SOPiZ”, zawierające prace własne członków i informacje bieżące.

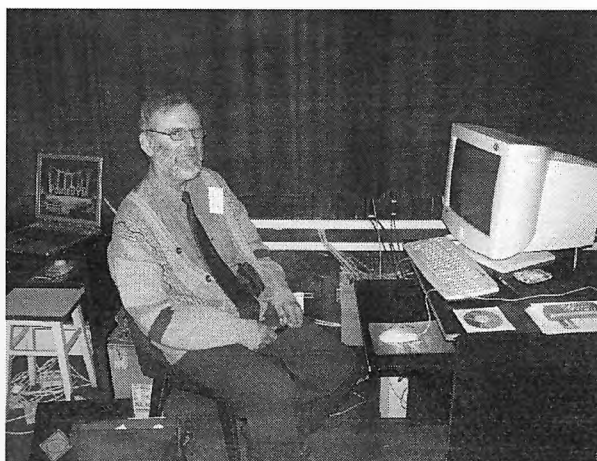
Raz do roku odbywają się 2-3 dniowe seminaria Sekcji z udziałem większości członków, poświęcone wymianie doświadczeń i ustalaniu programu pracy na następny okres.

Nowowstępujący do Sekcji przechodzą „staż kandydacki”. Po wykonaniu wartościowych obserwacji i dalszym aktywnym udziale w pracach Sekcji stają się jej pełnoprawnymi członkami.

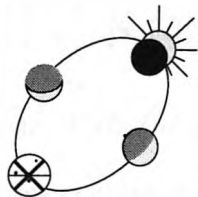
Szczegółowy zakres praw i obowiązków członka Sekcji, a także zasady organizacji Sekcji wynikają z „Regulaminu Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii”.



Klatka z filmu wykonanego przez Franciszka Chodorowskiego podczas przejścia Wenus przed tarczą Słońca. Widoczny przelatujący akurat samolot.



Autor podczas opowiadania o tej obserwacji.



Wydawca

Polskie Towarzystwo
Miłośników Astronomii
ul. Miodowa 13/35
31-055 Kraków
(0-12) 422-38-92
ptma@oa.uj.edu.pl

Redaktor

Leszek Benedyktowicz
lechben@go2.pl

Redaktor Techniczny

Marek Kubala

Redakcja zastrzega sobie
możliwość zmian tytułów
i dokonywania skrótów
w nadsyłanych artykułach.

Materiałów nie zamówionych
nie odsyłamy.

Strona Internetowa

[http://awa.mat.agh.edu.pl/
~sopiz/](http://awa.mat.agh.edu.pl/~sopiz/)

Druk

Drukarnia DEKA,
ul. Golikówka 7,
30-723 Kraków,
(0-12) 653-29-06

Dystrybucja

„Materiały” są dostępne
w prenumeracie,
w ramach składki SOPiZ
oraz w ZG PTMA.

Wszelkie prawa zastrzeżone.
Żadna część tej publikacji nie
może być reprodukowana
w żadnej formie ani żadną
metodą bez pisemnej zgody
wydawcy.
Copyright © 2005
by Polskie Towarzystwo
Miłośników Astronomii.

SPIS TREŚCI

SPRAWY ORGANIZACYJNE

OD REDAKCJI

2

SPRAWOZDANIA

Janusz WILAND

XXIV KONFERENCJA SOPiZ W NIEPOŁOMICACH,

10-12 CZERWCA 2005 R.

3

WYGŁOSZONE REFERATY

Jan MIETELSKI

POJĘCIE CZASU W ASTRONOMII

7

Henryk BRANCEWICZ

OBSERWACJE ZAKRYCIOWE W OBSERWATORIUM KRAKOWSKIM

17

Maciej WINIARSKI

OBŁOKI KORDYLEWSKIEGO

19

Tomasz ŚCIEŻOR

SKĄD SIĘ BIORĄ METEORYTY?

22

KRÓTKIE WYSTĄPIENIA

Paweł MAKSYM

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WYNIKÓW

ZAKRYĆ PLANETOIDALNYCH I INNYCH

PRZEZ MAŁE CIAŁA UKŁADU SŁONECZNEGO

29

Paweł MAKSYM

JAK CHCEMY POPULARYZOWAĆ ASTRONOMIĘ?

JAK DALEJ ROZWIJAĆ NASZE PASJE POPULARYZATORSKIE?

31

ZDJĘCIA NA OKŁADKACH

PIERWSZA STRONA: Zdjęcie grupowe uczestników konferencji (fot. L. Benedyktowicz).

DRUGA STRONA: Zdjęcia z pokazu filmu wykonanego przez Franciszka Chodorowskiego podczas przejścia Wenus na tle tarczy słonecznej.

TRZECIA STRONA: Zdjęcia różnych odmian meteorytów — ilustracja do artykułu dra T. Ścieżora.

CZWARTA STRONA: Reportaż z konferencji (fot. J. Wiland).

OD REDAKCJI

Niniejszy zeszyt *Materiałów* ma charakter pokonferencyjny. Chodzi oczywiście o XXIV Konferencję SOPiZ, jaka odbyła się w Niepołomicach.

W tym roku powinien ukazać się jeszcze jeden numer naszego pisma, w którym będzie sprawozdanie z konferencji ESOP, nieco materiałów obserwacyjnych i efemerydy zjawisk przyszłorocznych.

Zmiana naszego pisma została przez czytelników ciepło przyjęta. Szczерze przyznaję, że jest to zasługa naszego redaktora technicznego, Marka Kubali, który zna się nie tylko na składzie drukarskim, ale także i na astronomii.

Aby nasze pismo mogło dalej egzystować, muszą do redakcji napływać materiały. Apeluję więc do członków SOPiZ, członków PTMA i innych miłośników astronomii o przysyłanie treści głównie zakryciowych, ale również i innych związanych z działalnością miłośniczą.

Teksty proszę opracowywać w edytorze *MS Word* i przysyłać do mnie pocztą elektroniczną, lub na dyskietce.

Przypominam też o przysyłaniu (po nowym roku) swoich raportów z obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc.

Raporty brzegówkowe i planetoidalne są opracowywane na bieżąco.

Redaktor, Leszek Benedyktowicz

XXIV KONFERENCJA SOPiZ w NIEPOŁOMICACH, 10–12 CZERWCA 2005 R.

W piątek, 10 czerwca, w godzinach popołudniowych do Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach przybywali pierwsi uczestnicy naszej konferencji. Niestety pogoda tego dnia w Krakowie i okolicach była zła, było zimno i padał deszcz, w związku z czym piątkowy grill został przeniesiony na sobotę wieczór. Zakwaterowani zostaliśmy w drewnianych, piętrowych domkach na terenie MOA.

W sobotę, 11 czerwca rano, udaliśmy się na rynek do „Cafe Bar” na śniadanie, gdzie zostały zorganizowane posiłki. Jedzenie było bardzo smaczne i każdy mógł się najeść za naprawdę niewygórowaną cenę. Tak więc chwaliliśmy organizatorów za wybór tego lokalu.

O godzinie 9⁵⁰ Leszek Benedyktowicz, koordynator SOPiZ, dokonał uroczystego otwarcia XXIV Konferencji SOPiZ PTMA. Po powitaniu zaproszonych gości i uczestników krótko przedstawił on historię działalności SOPiZ i innych pokrewnych zagranicznych organizacji, takich jak ILOC, IOTA i EAON.

Następnie referat pod tytułem „Rozwój pojęcia czasu w astronomii” wygłosił dr Jan Mietelski, były prezes PTMA. Na początku przedstawił on historię sposobów pomiaru czasu przez człowieka od najdawniejszych czasów. W miarę rozwoju nauki i techniki budowane były coraz precyzyjniejsze przyrządy i dokładność pomiaru czasu wzrastała. Wzorcem w niedawnych czasach była doba ziemską, uważana za stałą, gdyż tak masywne ciało obraca się w próżni bez tarcia. W miarę upływu lat, obserwując zakrycia gwiazd przez Księżyc, stwierdzono, że wyznaczone pozycje Księżyca nie zgadzają się z obliczonymi. Było to skutkiem zmieniającej się długości doby ziemskiej w czasie. Z chwilą skonstruowania zegarów kwarcowych, a potem atomowych, uzyskano już bardzo precyzyjne pomiary długości doby ziemskiej, na którą ma istotny wpływ kilka składników, między innymi przyciąganie Księżyca (siły pływowe), wiatry zwrotnikowe i ruchy mas wewnętrznie Ziemi, gdyż nasza planeta nie jest sztywną, jednorodną bryłą. W wyniku dokładnych pomiarów w ostatnich latach, pojęcie czasu bardzo się skomplikowało i dr Jan Mietelski przedstawił jaka jest aktualnie definicja sekundy i jaki mamy obecnie system pomiaru czasu.

Z kolei dr Henryk Brancewicz, prezes PTMA, opowiedział o Obserwatorium Astronomicznym w Krakowie pod kątem przeprowadzanych tam obserwacji zakryciowych. Pokazał nam pierwszy

opublikowany w 1855 roku wykaz obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc, wykonanych przez dra Maxa Weissa, w latach 1827–1854. Następne obserwacje tego typu, dokonane już w XX wieku, zostały opublikowane w pierwszym numerze *Uranii*, w 1922 roku. Obejmowały one 284 obserwacje, wykonane między innymi przez takich astronomów jak Kazimierz Kordylewski czy Tadeusz Banachiewicz. Później wyniki zakryć księżycowych wykonanych w obserwatorium krakowskim publikowane były w *Acta Astronomica*. Dr Brancewicz przedstawił kolejno latami ilości tych zakryć wykonanych w Krakowie.

Mgr. Janusz Jagła, dyrektor MOA, przedstawił krótko historię działalności Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach. Obecnie trwa budowa następnych domków dla obserwatorów i ośrodek zwiększy swoje możliwości popularyzacji astronomii. Uczestnikom konferencji przekazał płytkę CD z nagraniem tam zdjęciami i historią działalności MOA.

Dr Maciej Winiarski z Obserwatorium Astronomicznego UJ wygłosił referat pod tytułem „Obłoki Kordylewskiego”. Dr Kazimierz Kordylewski, jako znakomity obserwator zjawisk astronomicznych, znany był między innymi z doskonałego wzroku, jakim obdarzyła go natura. Podobno w bardzo dobrych warunkach widział gołym okiem gwiazdy o jasności do 8,5 mag! Kordylewski, natchniony pomysłem Augusta Witkowskiego, postanowił odszukać na niebie materię — dodatkowe księżyce Ziemi, które mogłyby mieć w miarę stabilną orbitę w punktach libracyjnych Lagrange’a L4 i L5 — analogicznie jak istnieją w takich punktach na orbicie jowiszowej skupiska planetoid: *Trojańczycy* i *Grecy*. Kordylewski organizował wyprawy celem odkrycia takich obiektów w miejsca najlepsze pod względem warunków obserwacyjnych: w Tatry, a nawet do strefy zwrotnikowej, gdzie ekliptyka przebiega prostopadle do horyzontu. Prelegent, Maciej Winiarski, był w ekipie obserwacyjnej dra Kordylewskiego i pomagał w przeprowadzaniu obserwacji. Mając tak doskonały wzrok, Kordylewski widział w obliczonych miejscach bardzo lekką mgiełkę, której nie było innego dnia w tym miejscu. Stąd powstała nazwa „Obłoki Kordylewskiego”, gdyż tylko on je widział. Natomiast Maciej Winiarski przeprowadzał później obserwacje przy pomocy bardzo czułych fotometrów; naświetlane były klisze i po analizie otrzymanych wyników stwier-

dzono, że faktycznie można twierdzić, że istnieją te obłoki, ale ich jasność jest zbyt mała, aby wzrok zwykłego człowieka mógł je zarejestrować. Temat ten wywołuje dyskusje do dnia dzisiejszego w świecie astronomów.

Po przerwie na kawę i herbatę mgr Mieczysław Borkowski, wiceprezes PTMA, przedstawił swoją prezentację na temat „Zakrycie gwiazdy w teorii Einsteina w roku 2005 – roku fizyki”. Albert Einstein, zgodnie ze swoją ogólną teorią względności, przewidział, że masa gwiazdy może zakrzywiać bieg promieni świetlnych. W celu sprawdzenia tego założenia, co byłoby namacalnym dowodem teorii Einsteina, podjęto w 1919 roku ekspedycję do Afryki na całkowite zaćmienie Słońca o wyjątkowo długim czasie trwania fazy całkowitej. Analizując zarejestrowane fotograficznie pozycje gwiazd tuż przy tarczy Słońca, uzyskano wymagany dowód obserwacyjny.

W następnym referacie Paweł Maksym, wiceprzewodniczący SOPiZ, na wstępie przekazał pozdrowienia i życzenia owocnych obrad od dra hab. Marka Zawilskiego, wieloletniego koordynatora naszej Sekcji, który nie mógł przyjechać w tym roku na konferencję. Paweł Maksym przedstawił znaczenie obserwacji zakryć planetoidalnych. Obserwacje te umożliwiają poznanie wielkości, kształtu planetoid, a także wyznaczanie bardzo dokładnych elementów ich orbit. Do tego potrzebna jest współpraca wielu obserwatorów na całym świecie, gdyż zaobserwowanie zakrycia gwiazdy przez planetoidę jest bardzo trudne, z uwagi na małe rozmiary planetoid, bowiem pas cienia gwiazdy na powierzchni Ziemi posiada szerokość zaledwie kilkanaście, kilkadziesiąt kilometrów. Paweł Maksym przedstawił także ciekawy pomysł, jaki ostatnio próbuje się zrealizować, aby na podstawie obserwowanej krzywej zmian jasności planetoidy w okolicach obserwowanego zakrycia i chwilowego profilu asteroidy uzyskanego z wielu pozytywnych obserwacji zakryciowych tego ciała, wygenerować trójwymiarowy kształt bryły samej planetoidy.

O 13⁴⁵ uczestnicy obrad udali się na obiad do „Cafe Bar”, a po obiedzie, przy ładnej słonecznej pogodzie, poszliśmy do Zamku Królewskiego w Niepołomicach. Tam obejrzelśmy wystawę zdjęć członków MOA z różnych wypraw na zaćmienia Słońca i Księżyca, a także ładne zdjęcia przyrodnicze. W jednej z sal Zamku były zaprezentowane muzealne już instrumenty astronomiczne, dawniej stanowiące szczyt techniki. Zobaczyliśmy także fragmenty aparatury do badania Słońca, wykonane u nas w kraju, które zostały wystrzelone w kosmos. Pan mgr Grzegorz Sęk, pracownik MOA, bardzo interesująco opowiadał o tym przedsięwzięciu.

Po przerwie obiadowej, o godzinie 16³⁰ ponownie zabrał głos Paweł Maksym, który przed-

stawił temat dotyczący popularyzacji astronomii wśród młodzieży. Na przykładzie realizowanej pod swoim kierunkiem akcji „Zostań młodym Kopernikiem” przedstawił, jak można przy pomocy finansowej UE zachęcić młodzież do poznawania kosmosu i prowadzenia własnych obserwacji astronomicznych. Z tych środków finansowych zostanie zakupiony teleskop, którym będą organizatorzy tej akcji prowadzili pokazy nieba i będą organizowali spotkania z młodzieżą szkolną w województwie łódzkim, w celu popularyzacji astronomii.

Następnie dr Franciszek Chodorowski, obserwator SOPiZ, opowiedział nam swoje wrażenia z obserwacji przejścia Wenus przed tarczą Słońca, 8 czerwca 2004 roku. Podczas tej obserwacji rejestrowany był powiększony obraz Słońca z widocznym czarnym kółkiem – tarczą planety Wenus. W pewnym momencie na tle tarczy Słońca pojawił się także wysoko lecący odrzutowy samolot pasażerski. Franciszek Chodorowski zademonstrował nam bardzo atrakcyjnie wyglądające stopklatki z tego nagrania, jak i ruchomy fragment tego filmu. Pokazał on jeszcze składankę swoich ładnych zdjęć komety, której przelot na niebie zahaczył o dość jasną gwiazdę. Wyglądało to na brzegowe zakrycie tej gwiazdy.

Janusz Pleszka, właściciel firmy *Astrokrak*, omówił rozwój firmy, która na początku istnienia, czyli od 1996 roku, bazowała wyłącznie na produktach wytworzonych własnymi siłami. Obecnie w sprzedaży w *Astrokraku* są instrumenty także innych firm. Prezentację aktualnej oferty firmy Janusz Pleszka ilustrował, pokazując poszczególne działy swojej strony internetowej www.astrokrak.pl. Do Niepołomic przywiózł także znakomity refraktor z obiektywem apochromatycznym 100 mm na porządnym statywie paralaktycznym z prowadzeniem. Niestety pogoda uniemożliwiła wykonanie nocnej prezentacji tego sprzętu. Obejrzelśmy jedynie wąski sierp Księżyca na jasnym jeszcze niebie, podczas jednej z następnych przerw w obradach.

Mgr Wojciech Burzyński, koordynator ds. zakryć brzegowych SOPiZ, przedstawił kolejno najciekawsze zakrycia brzegowe gwiazd przez Księżyc, poczynawszy od września br. przez następny rok. Niestety nie ma w najbliższym czasie spektakularnych brzegówek. Zakrywane będą brzegiem tarczy Księżyca w Polsce jedynie słabsze gwiazdy. Dokładniej omówił kilka najlepiej zapowiadających się z nich.

Następnie zaprezentowano nam wszystkim taśmę z nagraniem odkrycia Antaresa w dniu 27 lutego br., którą otrzymaliśmy od dr. hab. Marka Zawilskiego.

Mieczysław Paradowski, obserwator SOPiZ, pokazał swój album ze zdjęciami przejścia Wenus przed tarczą Słońca.

Dr Henryk Brancewicz podjął temat wydawania naszego wydawnictwa — *Materiałów SOPiZ*, które w obecnej powiększonej formie podobają się wszystkim, a co najważniejsze koszt ich wydawania jest zdecydowanie mniejszy. Ostatecznie nowa forma *Materiałów* została zaakceptowana przez uczestników obrad.

O 19⁰⁰ uczestnicy obrad udali się na kolację.

O 20³⁰ równolegle rozpoczęła się Videorama i grill z kiełbaskami. Część gastronomiczną zapewnili Danuta i Leszek Benedyktowiczowie, a na świetlicy prezentowane były: zdjęcia Zbigniewa Rzepki, obserwatora SOPiZ, z przejścia Wenus przed tarczą Słońca, zdjęcia Leszka Benedyktowicza z tej samej obserwacji, zdjęcia i wspomnienia Pawła Maksyma z jego udziału XXIII ESOP w Paryżu w 2004 roku, piękne slajdy wraz z komentarzem autora czyli Aleksandra Trębacza, byłego dyrektora MOA, z wyprawy na zaćmienie Słońca do Meksyku w 1991 roku, z 16 VII 2003 roku na całkowite zaćmienie Słońca do Australii oraz jego obserwacji zorzy polarnej w 2003 roku, zdjęcia mgr. Dominika Pasternaka, obserwatora MOA, o tematyce astronomicznej, a także puszczony był film przygotowany przez kolegów z Łodzi, stanowiący składankę najciekawszych i najważniejszych momentów wyprawy na całkowite zaćmienie Słońca nad Balaton, w dniu 11 sierpnia 1999 roku. W nagraniu tym wykorzystano materiały filmowe od wielu uczestników tamtej pamiętnej obserwacji.

Po obradach przeprowadzono próbę pokazu nieba przez teleskop Maksutow-Cassegrain 180 mm f/10, będący głównym instrumentem w MOA pod niebieską kopułą. Niestety chmury nie dały nam popatrzeć na niebo. Udało się tylko na chwilę rozdzielić cztery epsilon Lutni.

W niedzielę 12 czerwca, o godz. 10⁰⁰ dr Tomasz Ścieżor, prezes Ooddziału Krakowskiego PTMA, wygłosił referat na temat „Skąd się biorą meteoryty”. Zadeklamował 11 okazów oryginalnych meteorytów ze swojej kolekcji. Stwierdził, że jest kilka meteorytów, których znana jest orbita przed spadkiem na Ziemię, wyznaczona na podstawie obserwacji trasy przelotu meteoru w atmosferze ziemskiej. Omówił on dokładnie klasyfikację meteorytów. W materii niektórych z tych meteorytów, bryłek z kosmosu, można znaleźć także związki węgla organicznego takie jak aminokwasy, budulce RNA i DNA czy kwasy tłuszczowe. Uważa się, że materia z kosmosu mogła w dawnych czasach dostarczyć materiału organicznego do powstania życia biologicznego na Ziemi. Stwierdzono także, że materia niektórych meteorytów posiada widmo identyczne jak poszczególne znane nam planetoidy, na przykład Hebe czy Vesta. Tomasz Ścieżor jest w posiadaniu meteorytu typu eukryt, który został jednoznacznie określony jako fragment powierzchni planetoidy Vesta. Mieliśmy rzadką chwilę przy-

jemności, mogąc trzymać w dłoni okruch skalny, który kiedyś, bardzo dawno temu, był elementem tej jasnej planetoidy, którą często oglądamy przez nasze teleskopy. Na Ziemi znajduje się meteoryty pochodzące nie tylko z planetoid, ale także z absolutną pewnością stwierdzono marsjańskie i księżycowe pochodzenie niektórych okazów. Materii meteorytowej w kosmosie jest dużo, bowiem na skutek zderzeń ciał w układzie Słonecznym, drobna materia może zostać wybita z powierzchni, opuszcza rodzime ciało i po wielu latach dostaje się w strefę przyciągania ziemskiego i trafia na powierzchnię naszej planety.

Po krótkiej przerwie wznowiono obrady komunikatem mgra inż. Janusza Wilanda, prezesa Ooddziału Warszawskiego PTMA, który przekazał pozdrowienia od Agnieszki Wilińskiej i Andrzeja Mikiela — obserwatorów SOPiZ z Warszawy, którzy nie mogli wziąć udziału w tegorocznej Konferencji SOPiZ.

Leszek Benedyktowicz omówił stan opłacenia składki przez członków SOPiZ i także wnioskował, aby następna XXV koordynacja SOPiZ odbyła się ze względów finansowych i organizacyjnych także w Niepołomicach, co uczestnicy jednomyślnie przyjęli. Ustalono, że z różnych względów lepiej jest zorganizować tę konferencję w pierwszej dekadzie września 2006 roku.

Paweł Maksym przedstawił nadchodzące w najbliższym czasie zakrycia planetoidalne. Stwierdził, że obserwatorzy w Polsce stanowią liczną grupę i jesteśmy bardzo poważnie traktowani w Europie, jako bardzo prężna grupa. Janusz Wiland uzupełnił odczyt informacją, że w dniu 19 października 2005 roku dojdzie do zakrycia Regulusa przez planetoidę (166) Rhodope. Zjawisko będzie mogło być obserwowane nad ranem, a pas przechodzi równoleżnikowo przez Portugalię i Hiszpanię oraz na jaśniejącym już niebie w południowych Włoszech.

Następnie Leszek Benedyktowicz omówił sprawy organizacyjne i problemy występujące w Sekcji. Zmniejszenie liczby obserwatorów może być spowodowane gorszymi warunkami bytowymi w kraju. Młodzi ludzie nie chcą płacić składek i to może być przyczyną niezapisywania się do naszej organizacji. Stwierdził, że w dalszym ciągu jako koordynator będzie weryfikował nadsyłane przez członków SOPiZ raporty obserwacyjne z wynikami obserwacji, ale zaapelował o większą uwagę i staranność w ich wypełnianiu. Nadal komunikacja z obserwatorami w południowo-wschodniej Polsce nie jest najlepsza. Niedopuszczalny jest brak reakcji z ich strony na listy do nich kierowane. Poruszył także kwestię udziału naszego przedstawiciela w dość drogim, corocznym spotkaniu grupy obserwatorów z całej Europy. W tym roku reprezentować nas będzie na ESOP, tak jak poprzednio, Paweł Maksym. Pozytywnie

SPRAWOZDANIA

przyjęto wniosek o przygotowanie na następną, jubileuszową XXV konferencję SOPiZ pamiątkowej płytki CD, obrazującej działanie naszej Sekcji od początku jej istnienia. Zajmą się tym koledzy z Warszawy — Roman Fangor i Janusz Wiland — członkowie naszej Sekcji od samego jej początku. Koordynator SOPiZ, Leszek Benedyktowicz, podziękował Januszowi Wilandowi za powrót na stanowisko sekretarza Sekcji, a na koniec gorąco podziękował gospodarzom, za użyczenie ośrodka do przeprowadzenia tej XXIV konferencji naszej Sekcji, a także wszystkim uczestnikom za przyjazd i wzięcie w niej udziału.

Wszyscy obecni na XXIV Konferencji SOPiZ chwalili Leszka Benedyktowicza za świetną organizację, za co należą mu się słowa podzięko-

wania. Obrady przebiegały bardzo sprawnie i w miłej atmosferze. Warunki socjalne uczestników, takie jak noclegi i wyżywienie, były tanie i spełniające nasze oczekiwania. Jedyne można mieć pretensje do organizatora za pogodę, której nie udało mu się załatwić.

Dziękujemy prelegentom za wygłoszone ciekawe referaty, uczestnikom za przybycie, a także kierujemy podziękowania dla dyrektora MOA, Janusza Jagły, za udostępnienie ośrodka. Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach spełnia wszystkie wymagania, jakie można oczekiwać do przeprowadzenia tego typu konferencji naukowych i dlatego ze spokojem i na pewno z chęcią przyjedziemy tam na jubileuszową XXV Konferencję SOPiZ w przyszłym, 2006 roku.

Jan MIETELSKI*

POJĘCIE CZASU W ASTRONOMII

Natura wyposażyla nas w intuicyjną umiejętność odbioru czasu, jako czynnika towarzyszącego postrzeganiem przez nas procesom przyrodniczym, które „dzieją się” w miarę jego „upływu”. Czas jest uporządkowany i ukierunkowany; coś dzieje się wcześniej, a coś — później. Subiektywny odbiór tempa „upływu” czasu bywa jednak dość kapryśny; upływ ten niekiedy zbyt „dłuży się” nam, a innym razem zmusza wręcz do pośpiechu. Zatem każdy z nas ceni możliwość obiektywnego mierzenia czasu. Odnosi się to zwłaszcza do astronomów, zaangażowanych od tysięcy lat w śledzenie zjawisk świata fizycznego. Astronom świadomie rezygnuje z filozoficznych dywagacji na temat „istoty” czasu; jego podejście do problemu jest dyktowane prakseologią; ogranicza się zatem do rozstrzygania kwestii, jaki sposób mierzenia upływu czasu jest najbardziej godny zaletenia.

W sformalizowanym podejściu matematycznym, gdzie podejmujemy zadanie modelowania procesów fizycznych jako funkcji czasu, traktujemy go jako zmienną niezależną i — dążąc do maksymalnego uproszczenia opisywanych relacji — przyjmujemy, że ta zmienna (inaczej: argument) ma przebieg (np. skalę na osi odciętych) jednostajny. Pożądanym tego odpowiednikiem w dziedzinie obserwacyjnej jest zatem czas „jednostajnie upływający”.

W głębokiej przeszłości praktykowano w sposób naturalny — jako miarę czasu — odliczanie powtarzających się cyklicznie zjawisk, takich jak: zmiany dnia i nocy, fazy Księżyca czy pory roku. Próby wiązania i koordynacji niewspółmiernych okresów astronomicznych tych rytmów doprowadziły do wykształcenia się w różnych kulturach trzech podstawowych typów kalendarzy: księżycowych, księżycowo-słonecznych i słonecznych.

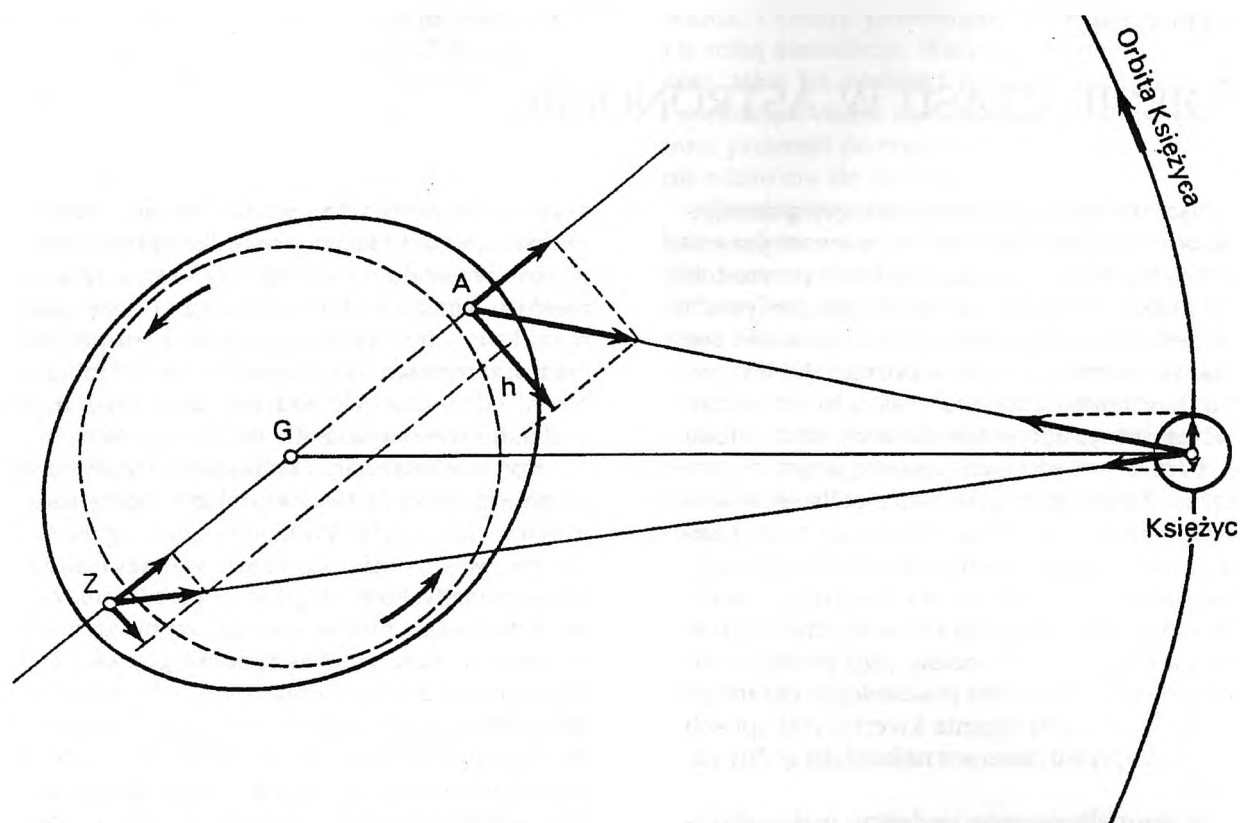
Osiągana i praktykowana w starożytności dokładność notowania momentów zjawisk astronomicznych nie dawała podstaw do kwestionowania stałości okresów używanych do pomiaru czasu. Za bardzo dokładne uchodzą zapisy, gdzie — obok daty — została podana (tak czy inaczej rozumiana) godzina; rekordowa precyzją niektórych obserwacji babilońskich pozwala zejść do pojedynczych stopni (4 minuty). Niemniej godne uwagi są takie osiągnięcia astronomów starożytnych, jak ustalenie wartości okresu Saros czy określenie przez kapłanów egipskich niecałkowitej liczby dni w roku zwrotnikowym z błędem mniej-

szym niż kwadrans. Ta wiedza pozwoliła na sformułowanie zasad kalendarza juliańskiego, którego stosowanie doprowadziło w XVI w. do poczynienia kolejnego kroku iteracyjnego — w postaci reguł kalendarza gregoriańskiego, a ten przybliżył rok zwrotnikowy z dokładnością pół minuty. Nadal jednak nie było podstaw do podejrzeń, że liczba dni w roku mogłaby być np. niestała.

Przy porównywaniu krótkich interwałów czasu najwcześniej zauważono nierównomierność upływu czasu wskazywanego przez zegary słoneczne, w stosunku do czasu wskazywanego przez gwiazdy. Pomysł jakiegoś uśredniania czasu słonecznego można spotkać wprawdzie już w dziejach starożytnej astronomii greckiej, lecz dane obserwacyjno-pomiarowe były wówczas niewystarczająco dokładne. W miarę doskonalenia zegarów mechanicznych, będących w użyciu w średniowieczu, precyzowały się poglądy na nierównomierność czasu prawdziwego słonecznego. Dopiero jednak konstrukcja zegara wahadłowego w 2. poł. XVII w. i doskonalenie czasomierzy mechanicznych różnego typu doprowadziło pod koniec XVIII w. do stanu wiedzy, który umożliwił głębszy wgląd w kwestię pomiaru czasu.

W astronomii pozycyjnej od dawna przyjmowano jako miarę czasu kąty godzinne odpowiednich obiektów; w przypadku pomiaru czasu gwiazdowego takimi obiektami są np. gwiazdy o znanych rektascensjach. Zegary mechaniczne potwierdzały słuszność takiego wyboru miary, opartego na — raczej sensownym — założeniu stałości prędkości kątowej obrotu Ziemi, której masa (i — zakładana — sztywność) dawały godny zaufania moment bezwładności. Przy takich warunkowaniach, niejednostajność czasu prawdziwego słonecznego (niestałość doby prawdziwej słonecznej) przypisano przede wszystkim: zmienności dobowych przyrostów rektascensji Słońca, spowodowanych roczną — „keplerowską” — cyklicznością dobowych przyrostów jego długości ekliptycznej, oraz rzutowaniu tych przyrostów z ekliptyki na równik niebieski, dającemu ewidentny okres półroczny. Za sensowne rozwiązanie uznano zatem czas średni słoneczny, odmierzany kątami godzinnymi fikcyjnego słońca średniego, które można sobie wyobrażać jako punkt poruszający się jednostajnie po równiku niebieskim w kierunku wschodnim i obiegający go w tym samym czasie, co Słońce ekliptykę. Warto jednak pamiętać, że w epoce, gdy jedynym godnym zaufania sposobem dokładnego wyznaczania czasu były obserwacje astronomiczne, używano czasu prawdziwego słonecznego nie tylko do

* Dr Jan Mietelski jest emerytowanym pracownikiem Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego.



Rys. 1. Wymiana momentu pędu w układzie Ziemia-Księżyc (wg [12]).

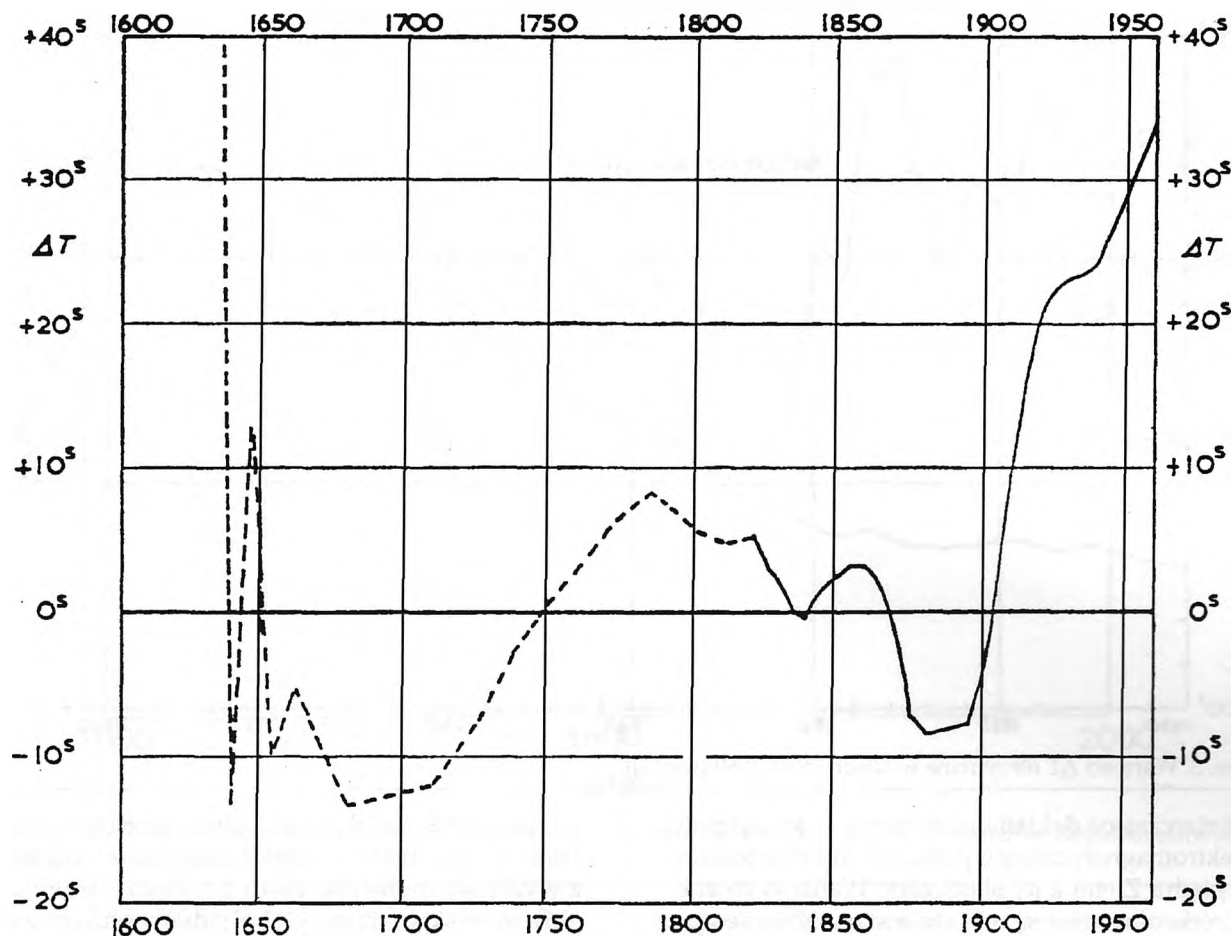
celów praktycznych, lecz nawet przyjmowano go jako argument tabel rocznikowych — jeszcze w pierwszych dekadach XIX w. Czas średni słoneczny (gdy był niezbędny) otrzymywano z równania czasu; później role te się odwróciły; ponadto sformułowano sposób obliczania czasu średniego słonecznego bezpośrednio z czasu gwiazdowego (i odwrotnie); wszystko oczywiście w przekonaniu, że czasy te upływają jednostajnie; innymi słowy — że prędkość kątowa obrotu Ziemi jest stała.

W tym także przekonaniu wprowadzono normalizację czasów urzędowych, przyjmując w konwencji waszyngtońskiej z 1884 r. system stref czasowych. Podstawą czasów strefowych stał się czas średni słoneczny Greenwich (GMT), odliczany wówczas w astronomii od południa. Zmianę odliczania tego czasu w 1925 r. na sposób dzisiejszy (od północy) zaznaczono zmianą jego nazwy na UT. Ideowa relacja otrzymywania czasu uniwersalnego wprost z czasu gwiazdowego Greenwich polega na odjęciu od tego ostatniego rektascensji słońca średniego i dodaniu 12 godzin.

Wydawało się, że sprawa pomiaru i normalizacji czasu została zasadniczo załatwiona, lecz kolejna komplikacja powoli już dojrzała. Otóż roczniki astronomiczne podawały m. in. efemerydy Księżyca, oparte na stale doskonalonych teoriach jego ruchu orbitalnego. W drugiej połowie XIX w. posługiwano się teorią P. Hansena (1857) [8] i konfrontowano obliczane na jej podstawie pozycje Księżyca z obserwowanymi. Już

po 20 latach dawał się zauważyć coraz wyraźniejszy efekt przyspieszania Księżyca. Zadufany teoretyk byłby skłonny w tej sytuacji wysuwać zarzuty pod adresem raczej obserwatora, który (zapewne bezkrytycznie) — używając np. zwalniającego swój bieg zegara — konstatuje to, co stwierdzałby jakiś potencjalny pasażer, dysponujący takim zegarkiem, gdyż dzięki niemu systematycznie spóźniałby się na pociąg (Księżyc), ponieważ ten za każdym razem — odjechawszy zgodnie z rozkładem jazdy — w chwili pojawienia się „spóźnialskiego” na peronie znajdowałby się już nieco dalej na swojej trasie. Obserwator natomiast mógł w tamtej epoce liczyć z pewnością na poparcie większości kolegów, kierując podejrzenia na jakość dopracowania teorii.

Zjawisko wiekowego przyspieszenia Księżyca było znane w astronomii od dawna i choć już w XVIII w. niektórzy astronomowie domyślali się, że odpowiedzialnym za ten efekt może być „leniwiejący” obrót Ziemi, to jednak czujność świata astronomicznego uśpił wtedy na długo P. S. Laplace (1749–1827), który uznał wiekowe przyspieszenie ruchu Księżyca za skutek zmniejszania się mimośrodowo heliocentrycznej orbity układu Ziemia-Księżyc. Mimo to J. C. Adams (1819–1892) — pechowy współzawodnik Leverriera przy odkryciu Neptuna — już w czasach stosowania teorii Hansena wskazał, że część odpowiedzialności może spadać na — hamowaną (przyptywami) w swym obrocie — Ziemię. W takich okolicznościach, rozbieżności pozycji Księżyca z efemery-



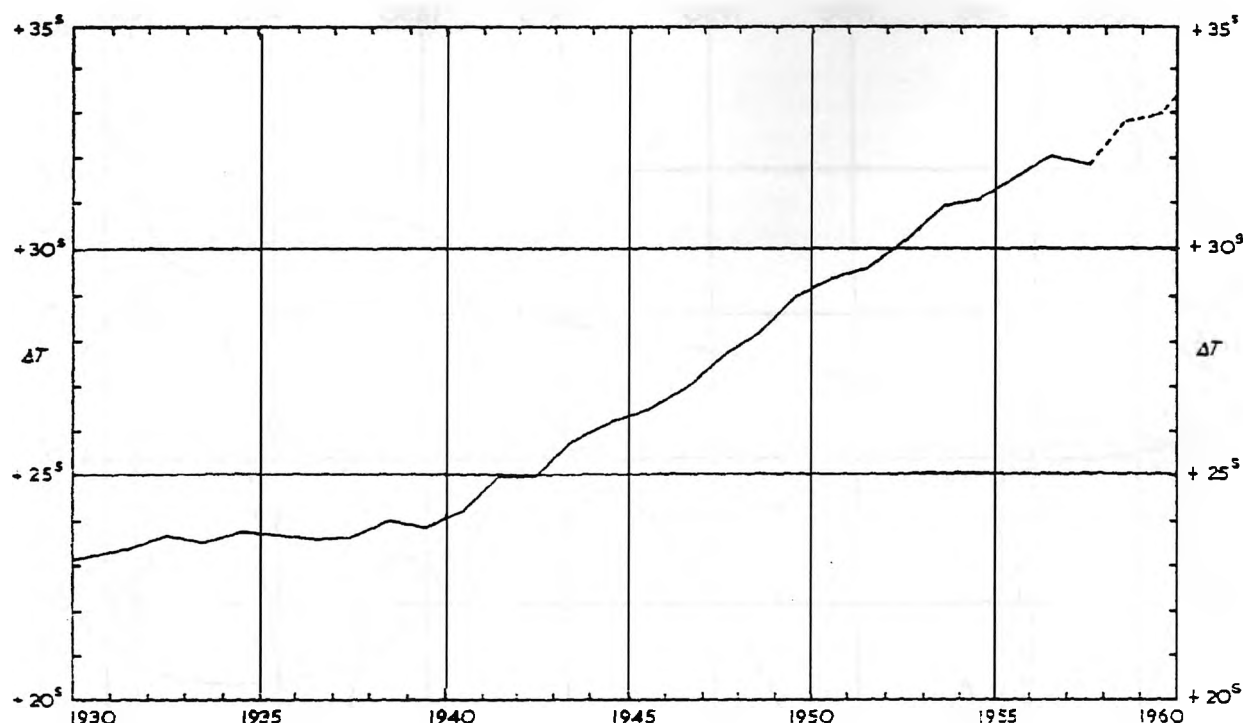
Rys. 2. Ogólny przebieg wartości różnicy czasów $\Delta T = ET - UT$ w przedziale lat 1635–1960 (wg [6]).

dą kładziono zatem najchętniej na karb niedoskonałości teorii jego ruchu. Dlatego S. Newcomb (1878) [14] zastosował poprawki do teorii Hanse- na, lecz niebawem poprawiona teoria i obserwacje Księżyca znowu zaczęły się rozbiegać. Gdy jednak E. W. Brown (1866–1938) w swych *Tables of the Motion of the Moon* (1919) [3], opartych na jego teorii, uchodzącej za doskonałą, musiał uciec się do wybiegu, w postaci tzw. wyrazu empirycznego, sytuacja stała się daleka od komfortowej.

Już w latach 1920. H. Jeffreys (1920) [10] i W. Heiskanen (1921) [9] podali liczbowe oceny wpływu hamowania obrotu Ziemi na wiekowe przyspieszenie Księżyca. Mechanizm tych działań można (przynajmniej jakościowo) łatwo zilustrować (Rys. 1 = Rys. 102 w [12]). Seria publikacji — S. Newcomba (1912) [15], W. de Sittera (1927) [19], H. Spencer Jonesa (1925, 1932, 1939, 1949) [20, 21, 22, 23] i D. Brouwera (1938, 1952) [1, 2] — przyczyniła się do wnikięcia w subtelniejsze cechy ruchu obrotowego Ziemi, zwłaszcza, gdy dostrzeżono, analogiczne do księżycowych, drobne efekty w ruchach planet. To, co dostrzeżono w XIX w., jest efektem kumulacyjnym wydłużania się doby, znacznie łatwiejszym do zauważenia, niż ono samo. Wystarczy uzmysłowić sobie przykładowo wydłużanie się doby w tempie 2 milisekund na 100 lat. Wtedy, po upływie — powiedzmy — stu-

lecia juliańskiego, kumulacja nadwyżek 36 525 dób, dłuższych średnio od wyjściowej o 1 milisekundę, wyniesie 36,525 sekundy. Natomiast, po np. 20 stuleciach, kumulacja nadwyżek 730 500 dób, dłuższych średnio od wyjściowej o 20 milisekund, da w wyniku 14 610 sekund, czyli 4 godziny oraz 3 i pół minuty. Konstatujemy przy tym, że efekt kumulacyjny jest proporcjonalny do kwadratu czasu, podobnie jak droga w ruchu jednostajnie przyspieszonym. Dopiero w latach 30., dzięki zegarom kwarcowym, udało się bezpośrednio zauważyć, a później zmierzyć (N. Stoyko, 1949, [25]), wahania długości doby. Pomiary te uściślano nadal po 1955 r., gdy zastosowano w tym celu zegary atomowe.

Następnie pokuszono się o przedstawienie udziału poszczególnych mechanizmów, odpowiedzialnych za skomplikowany przebieg tego zjawiska. Na tle wiekowego trendu — praktycznie liniowego — przyptywowego wydłużania się doby, załamanego wyraźnie ok. 1000 lat temu [24, 13] (Rys. 4 i 5 = Rys. 59 i 62 w [12]) — wyróżniają się wahania długookresowe (Rys. 6, 7 = Rys. 63 i 60 w [12]) (kilkudziesięcioletnie), roczne i krótkookresowe oraz nieregularne fluktuacje. Załamanie trendu wiekowego wiąże się z ruchami relaksacyjnymi mas wewnątrz globu, po ustąpieniu ostatniej epoki lodowej, natomiast wahania długookresowe przypisuje się — obecnie jeszcze nie-



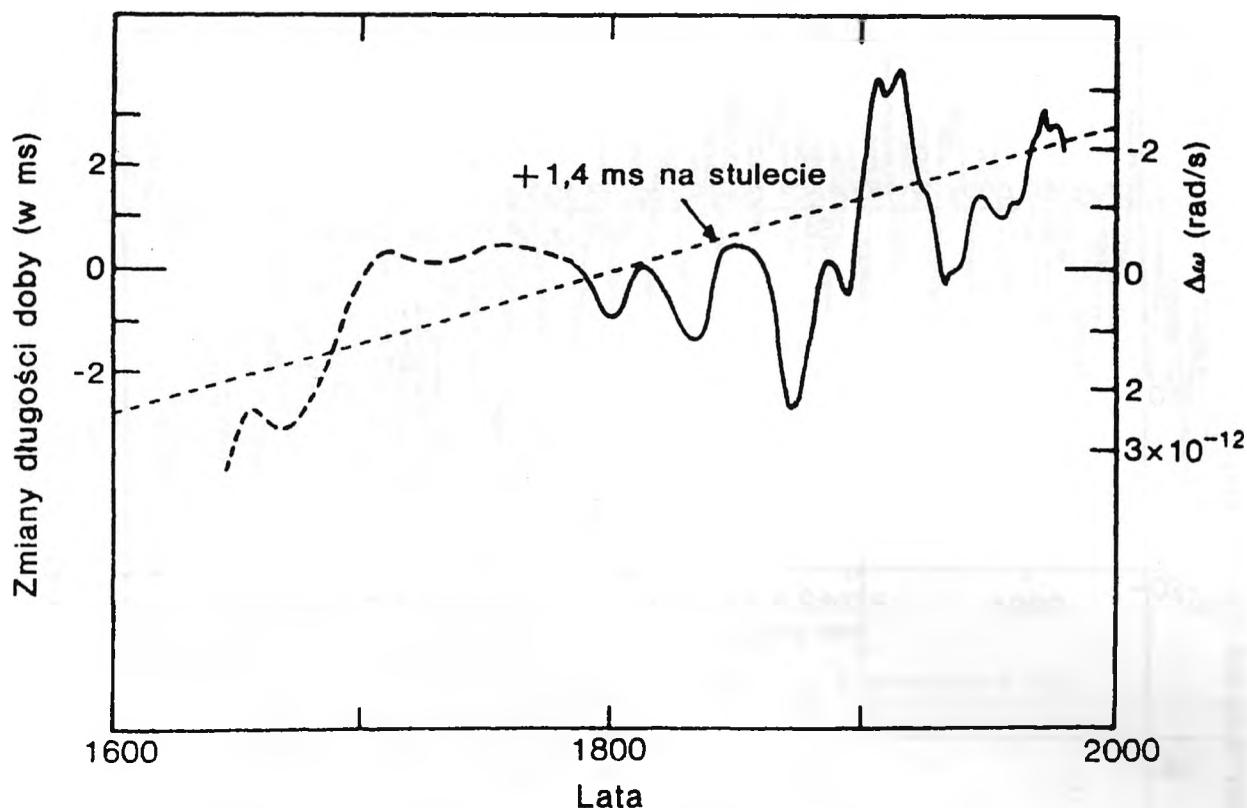
Rys. 3. Wartości ΔT otrzymane w latach 1930-1960 (wg [6]).

wystarczająco dokładnie znanemu — sprzężeniu elektromagnetycznemu pomiędzy płynną składową jądra Ziemi a jej płaszczem. Wahania roczne i krótkookresowe są wyraźnie skojarzone ze zjawiskami meteorologicznymi (Rys. 8 = Rys. 61 w [12]) i rytмами pulsacji sił przyptywowych, a fluktuacje najczęściej uznaje się za efekt nagłych przemieszczeń tektonicznych. Konkretnie, krótkookresowe wahania długości doby (dwu i czterotygodniowe) są skojarzone z pulsami pływów księżycowych, a w rocznych i półrocznych widnieją działania pływów słonecznych oraz wymiana momentu pędu między atmosferą a płaszczem Ziemi — głównie chodzi o silne uderzenia wiatrów w łańcuchy górskie; zmiany ciśnienia atmosferycznego wnoszą niewiele, zaledwie ok. 10%; podobnie prądy oceaniczne — w tym dominujący okołopółnocny — poniżej 5%. Podstawą korelacji ukazanej na Rys. 8 są obliczenia modulacji momentu pędu atmosfery, oparte na notowanych zmianach ciśnienia mas powietrza i prędkości ich przemieszczania się.

W obliczu tych faktów należało dokonać zasadniczej rewizji w dziedzinie pomiaru czasu. Najwcześniejsze zabiegi koncentrowały się na „wygładzaniu” przebiegu czasu uniwersalnego. Ów „surowy”, otrzymywany bezpośrednio z czasu gwiazdowego, oznaczono symbolem UT0. Po jego wstępnej rektyfikacji, przez uwzględnienie wpływu ruchu biegunów geograficznych (perturbacja Eulera-Chandlera), mamy do czynienia z czasem UT1, który, po usunięciu — dających się obliczyć — efektów okresowych pulsacji sił przyptywowych (czyli inaczej — po regularyzacji), zyskuje oznaczenie UT1R (dawniej UT2). Pozostają

w nim jednak nadal zmiany długookresowe i sezonowe oraz nieregularne fluktuacje, związane z wymianą momentu pędu pomiędzy trzema głównymi składnikami globu: jądrem, płaszczem i atmosferą (a obok nich m.in. także błędy pozycji katalogowych gwiazd służących do wyznaczania czasu gwiazdowego). Przede wszystkim jednak pozostaje jego wada naczelną — stałe wydłużanie się jego jednostek z powodu przyptywowego hamowania Ziemi. Trzeba było zatem określić na nowo jednostkę czasu, gdyż sekunda średnia słoneczna — jako $1/86\,400$ doby średniej słonecznej (zmiennej!) — została zdyskwalifikowana.

Na Konferencji Stałych Astronomicznych w Paryżu (1950 r.) postanowiono pierwotnie wprowadzić dodatnią poprawkę ΔT , dodawaną do wygładzonego UT, dla otrzymania czasu efemeryd (*Ephemeris Time*). Czas ten (ET) wykonywano w rocznikach astronomicznych, począwszy od 1960 r. Jego określenie powiązano już nie z obrotem Ziemi, lecz z ruchami orbitalnymi: Słońca (czytaj: Ziemi) i Księżyca. Fundamentalną rolę odegrały: teoria ruchu Słońca — S. Newcomba i teoria ruchu Księżyca — E. W. Browna. Znaczenie drugiej z nich było „warsztatowo” cenne, ze względu na szybki ruch Księżyca i łatwość dostrzegania wszelkich rozbieżności teorii z obserwacjami (zakrycia gwiazd, kamera Markowitza, przejścia przez południk). Przyjęto, że obserwowane pozycje Księżyca definiują ET, a ich momenty — notowane na podstawie zegarów kontrolowanych przez UT — służą tworzeniu różnicy $\Delta T = ET - UT$ (ten ostatni „wygładzony”). Sekundę (stałą!) czasu efemeryd zdefiniowano nie jako ułamek doby, lecz — roku zwrotnikowego



Rys. 4. Wiekowe i długookresowe zmiany długości doby w ostatnich stuleciach (wg materiałów Royal Greenwich Obs. [13], cytowanych w [2]).

(1s = 1/31 556 925,9747 takiegoż roku, dla ściślego astronomicznie początku roku 1900). Uściślenie owo było konieczne, gdyż liczba dób (niezmiennych) w roku zwrotnikowym systematycznie maleje, z powodu tzw. wiekowego przyspieszenia precesji (Rys. 9); oczywiście jeszcze szybciej maleje zawarta w roku liczba dób wydłużających się z powodu hamowania przypływowego. Sekundę czasu efemeryd możemy zatem uważać za „zakonserwowaną” czy „zamrożoną” sekundę średnią słoneczną z początku 1900 r. Posługując się skalą ET można było odtworzyć także wstecz przebieg zmian ΔT [2, 6]. Różnica ta wynosiła z początkiem 1900 r. $-4,5$ s; przekroczyła zero w połowie roku 1902; w roku 1930 osiągnęła $+23$ s, a potem — w 1960 r. wynosiła $+35$ s; w 1976 r. — już $+45$ s, a w 1993 r. przekroczyła $+60$ s i nadal systematycznie wzrasta.

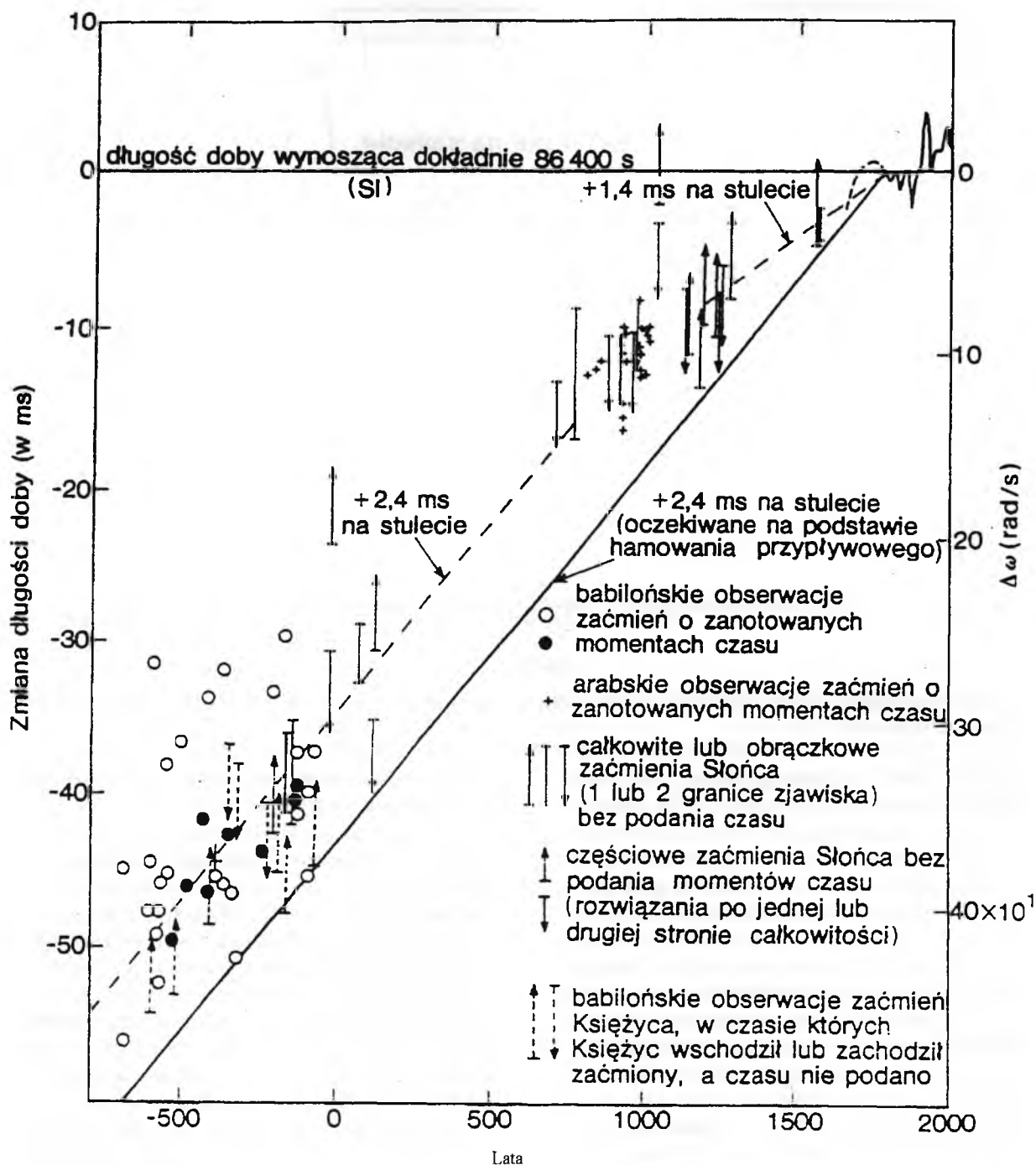
Wyznaczanie ΔT poprzez konfrontację teorii z obserwacją okazało się jednak mało praktyczne, gdyż opracowanie ogromnego materiału obserwacyjnego było czasochłonne, więc dokładne wartości ΔT otrzymywano z kilkuletnim opóźnieniem. Zaproponowano zatem bardziej bezpośrednią metodę otrzymywania (a raczej odczytywania) czasu jednostajnie upływającego.

W 1967 r. Generalna Konferencja Wag i Miar w Paryżu przyjęła definicję sekundy czasu atomowego (Atomic Time) w brzmieniu: 1 s (AT) = 9 192 631 770 okresów drgań, powstających przy przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133; nie-

co później dorzucono uściślające relatywistycznie uzupełnienie: „na poziomie morza”.

Definicja ta wywołała pewien opór psychologiczny u części astronomów, gdyż odwracała jakby tradycyjny proces precyzyjnego dopracowywania się stosunku dwóch różnych okresów; to, że zdefiniowano 1 s (AT) tak, by była równa 1 s (ET) — nie uśmierzało obaw o trwałą dokładność nowej skali czasu. Ostatecznie jednak tradycjonaliści dali się przekonać i definicja sekundy atomowej zyskała aprobatę IAU na jej Kongresie w Brighton w 1970 r. Sekunda ta jest dzisiaj jednostką czasu SI; związana jest ponadto z wzorcem metra i z prędkością fal elektromagnetycznych w próżni, poprzez określenie, że w ciągu sekundy SI fale te przemierzają 299 792 458 metrów.

Dziś jednolita skala TAI (*Temps Atomique International*) jest otrzymywana rachunkowo na podstawie kilkudziesięciu skal (AT1, AT2,...), realizowanych przez około 200 zegarów atomowych w różnych instytucjach pełniących służbę czasu. Jednostką tej skali jest sekunda SI, uzyskiwana na powierzchni rotującej geoidy. Skala TAI została uznana w 1980 r. przez CCDS (*Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*) za właściwą w geocentrycznym układzie odniesienia i można posługiwać się nią w stosunku do dowolnego punktu (ruchomego lub nie) w sąsiedztwie geoidy, stosując poprawki pierwszego rzędu (wynikające z ogólnej teorii względności) na różnicę potencjału siły ciężkości, na różnicę prędkości i na obrót Ziemi.

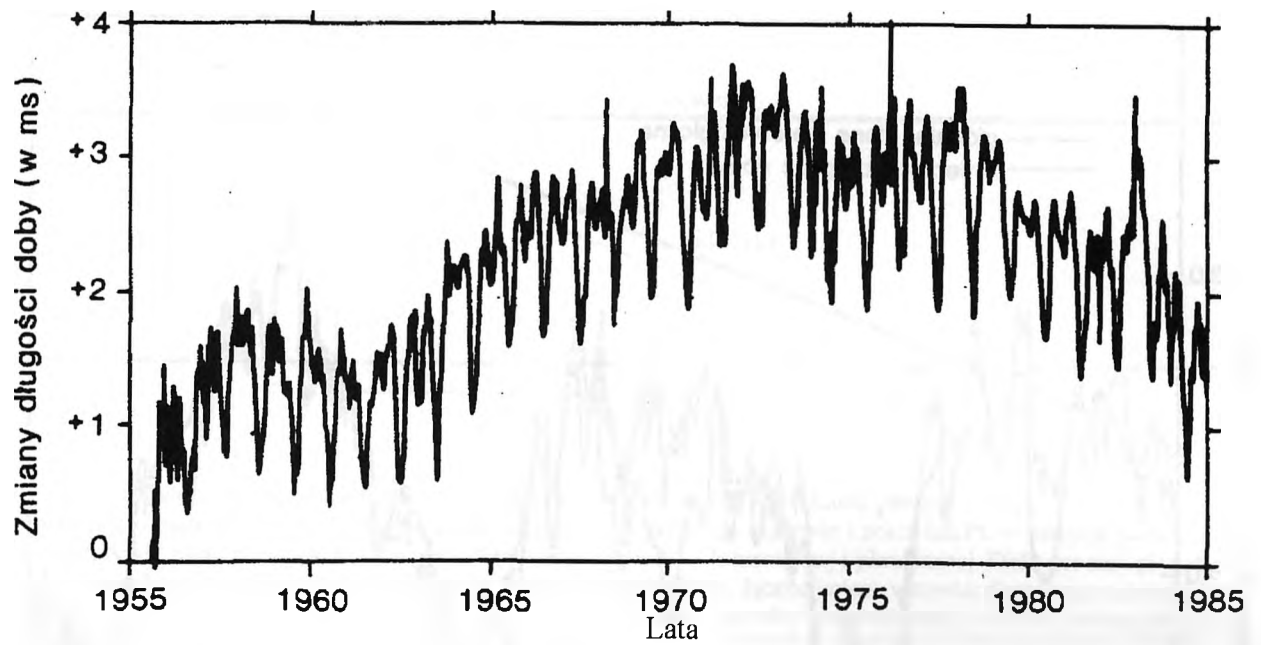


Rys. 5. Trend wiekowy zmian długości doby w ciągu ostatnich 28 stuleci i jego załamanie się około tysiąc lat temu (wg Materiałów RGO [13], cytowanych w [12]).

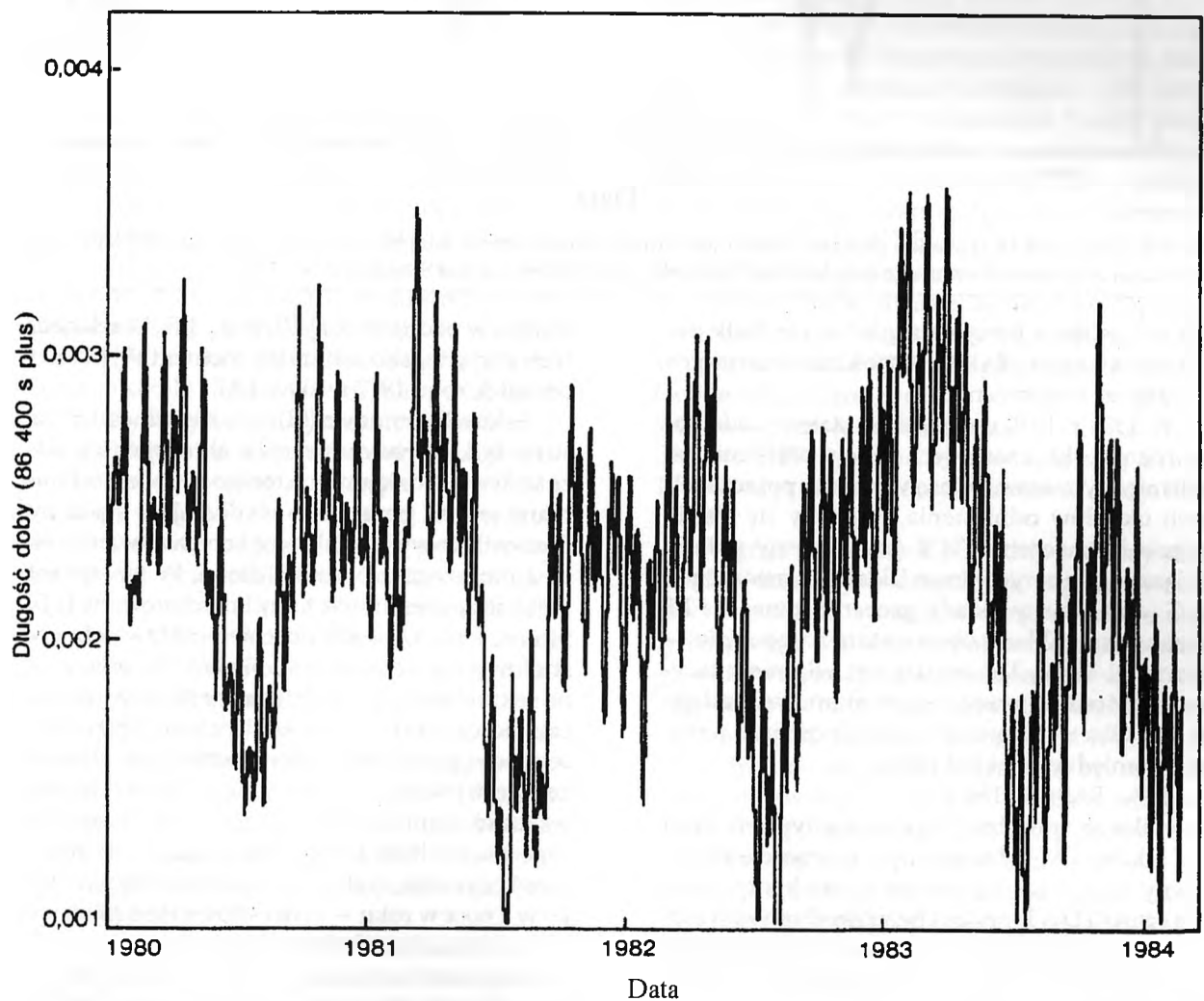
Wzrastająca stabilność względna zegarów, ilustrowana wykładnikami potęg 10 (od -7 dla najbardziej precyzyjnych układów zegarów wahadłowych, poprzez -8, dla wczesnych i -10, dla współczesnych zegarów kwarcowych, aż do -14 – w krótkich, a tylko trzykrotnie słabsza, w długich odstępach czasu [w przypadku wczesnych zegarów wodorowych NASA] i podobnie kształtująca się dla dzisiejszych – ale „lepszych” od tamtych o jeszcze jeden rząd wielkości) oraz doświadczenia (w których m. in. zmieniano wysokości zegarów nad poziomem morza, przewożono zegary szybkimi samolotami i porównywano ich wskazania ze wskazaniem zegarów pozosta-

jących na Ziemi) – wskazywały na realność podstawowych efektów relatywistycznych, a zatem – na potrzebę doprecyzowania koncepcji czasów dynamicznych. Czas efemeryd (ET) stał się anachronizmem. W pierwszym etapie rozróżniono w 1984 r. dwa jego aspekty relatywistyczne: dynamiczny czas barycentryczny (*Temps Dynamique Barycentrique*) TDB (związany ze środkiem masy Układu Słonecznego) i ziemski czas dynamiczny TDT (*Temps Dynamique Terrestre* = *Terrestrial Dynamical Time*), wyrażając ich różnicę w postaci sumy wyrazów okresowych o małych, lecz niezaniebdywalnych amplitudach¹. Niebawem jed-

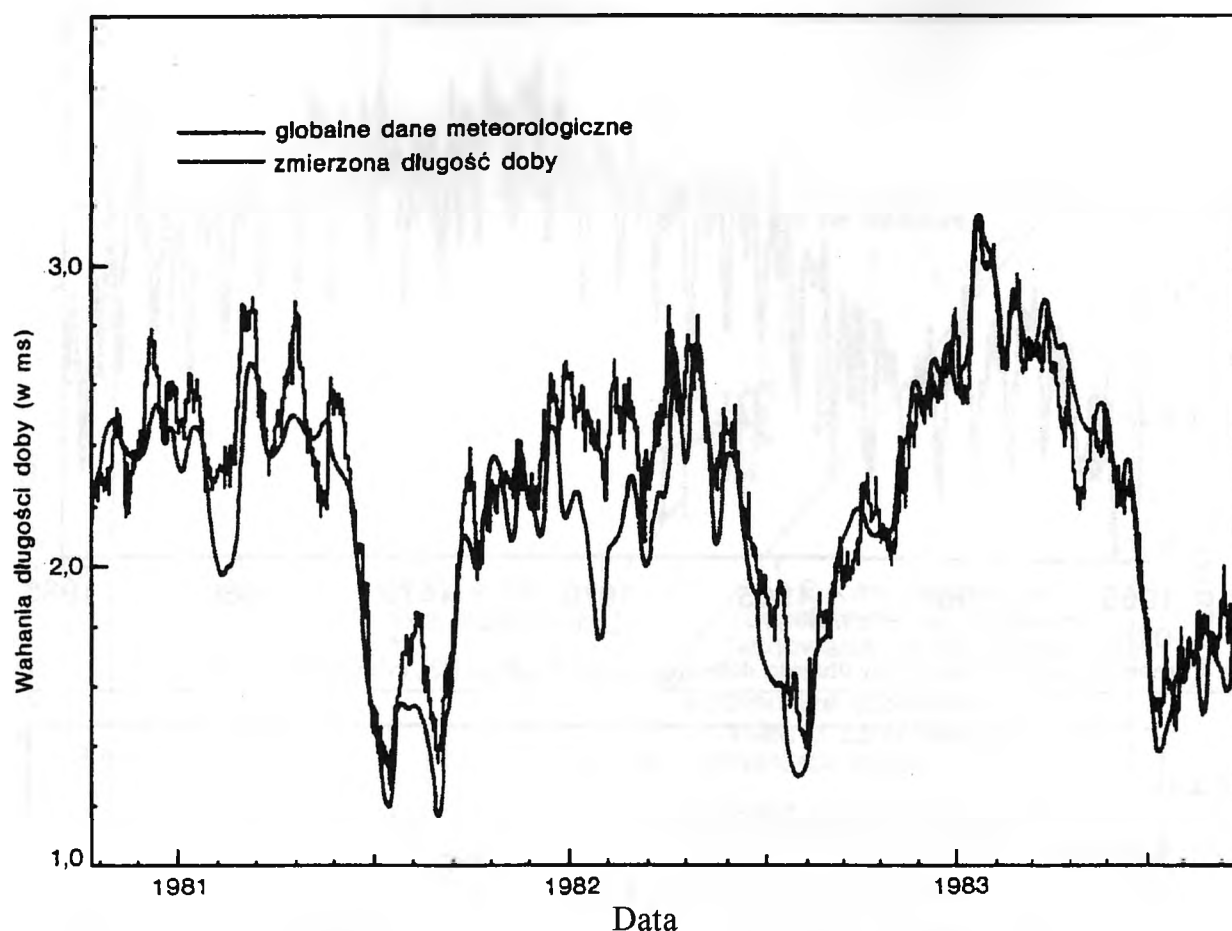
¹ Patrz [12], s. 177, formuły (164), (165).



Rys. 6. Sezonowe i wieloletnie zmiany długości doby (wg materiałów RGO [13], cytowanych w [12]).



Rys. 7. Wahania długości doby w latach 1980–1984, uzyskane metodami LLR (Lunar Laser Ranging) i VLBI (Very Long Baseline Interferometry) (wg Marshall Eubanks, Jet Propulsion Laboratory, cyt. w [12]).



Rys. 8 Wysoka korelacja wahań długości doby i globalnych danych meteorologicznych, dotyczących rozkładu wiatrów i ciśnienia atmosferycznego (wg Marshall Eubanks, Jean Dickey i Allan Steppe; cyt. w [12]).

nak wzrastająca precyzja zegarów i technik pomiarowych narzuciła konieczność staranniejszych rozróżnień teoretycznych.

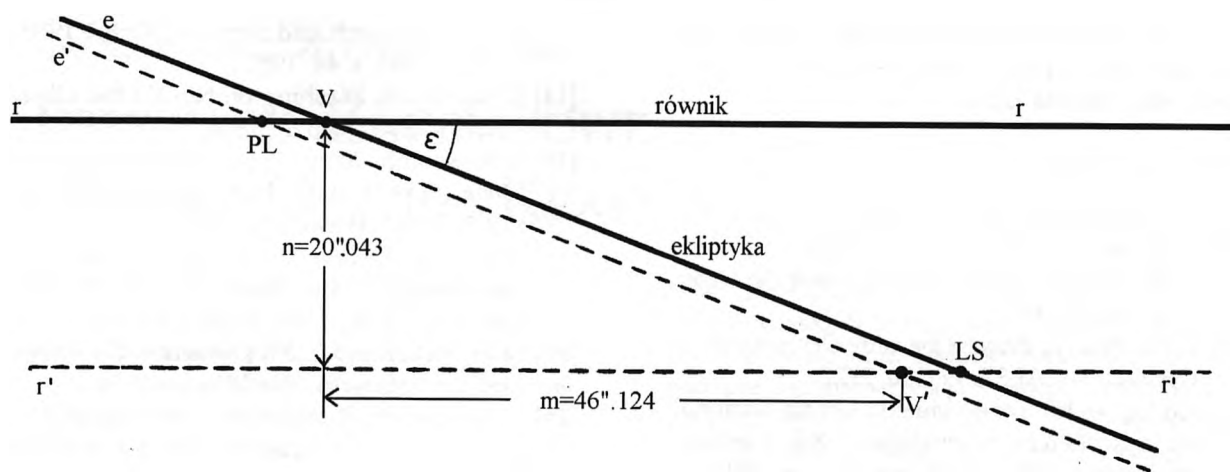
W 1991 r. IAU uwzględniła zatem dodatkowo różnice skal czasowych w celu uściślenia relacji między czasami właściwymi dla poszczególnych układów odniesienia. Pojawiły się wtedy pojęcia i oznaczenia: TCB (czas własny układu związanego z barycentrum Układu Słonecznego), TCG (czas własny układu geocentrycznego) i TT (czas własny układu obserwatora na geoidzie – *Terrestrial Time*). Ten ostatni jest właśnie ukazywany pośrednio przez zegary atomowe, podające TAI. Oba te czasy upływają jednostajnie, a różnica pomiędzy nimi jest stała:

$$TT - TAI = 32,184 \text{ s}$$

i wynika ze sposobu przyjęcia kiedyś zera skali TAI tak, by TAI był w pewnym momencie 1958 r. równy UT1. Czas TT uważa się za kontynuację idei czasu TDT, który był bezpośrednim sukcesorem ET. Skale wszystkich tych czasów opierają się na sekundzie SI. Oczywiście, zegar atomowy w barycentrum, czy w geocentrum, będzie odmierzał również swoje sekundy atomowe, lecz w tempie różnym z punktu widzenia obserwatora ułożonego w innych układach. Relacje wiążące trzy wymienione w poprzednim akapicie skale czasowe (TCB, TCG, TT) zostały w skrócie zacy-

towane w podręczniku [12] na str. 177. W relacjach tych przyjęto jako arbitralny moment wyjściowy początek roku 1977 w skali TAI.

Sekunda atomowa (SI) stała się jednostką czasu nie tylko w nauce i technice, ale oczywiście także w życiu codziennym, którego rytm jest odmierzany jednak przez stale wydłużające się doby. Postawiło to wymóg jakiegoś koordynowania czasu atomowego z obrotem Ziemi. W ten sposób pojawił się czas uniwersalny koordynowany UTC i to on, a nie UT1, jest obecnie podstawą czasów strefowych i urzędowych. Skala UTC opiera się na sekundzie SI, ale wydłużające się doby narzucają od czasu do czasu konieczność dorzucania sekundy „przestępnej”; dorzucenie takie wiąże się ze swego rodzaju „fałszowaniem” (przeskokiem) wskazań licznika sekund – takim, jakby tego dorzucenia nie było. Dopuszczono (na razie) możliwość czynienia tych „ciemnych machinacji” tylko w 2 noce w roku – sylwestrową i tę z 30 czerwca na 1 lipca. Przeskoki mogą odbywać się w obie strony (na wypadek gdyby np. Ziemia gwałtownie przyspieszyła swój obrót – co zdarzyło się nawet pod koniec 1979 r., ale – jak na razie – zmniejszyło tylko częstość stosowania dodatknych sekund przestępnych). Generalnie oczywiście wskazania zegara UTC pozostają coraz bardziej w tyle za wskazaniami TAI.



Rys. 9. Przemieszczenia ekliptyki (linie e, e') i równika niebieskiego (r, r') wskutek precesji w ciągu roku. V, V' – położenia punktu Barana – odpowiednio w momencie początkowym i po upływie 1 roku; LS, PL – pozycje punktu Barana po upływie roku, przy oddzielnym przedstawieniu precesji – lunisolarnej i planetarnej. Efekt precesji planetarnej został powiększony tu graficznie 50 razy; tempo precesji ogólnej (tzn. łącznej) nieco wzrasta; drugi wyraz przybliżonej formuły ($p \approx 5029''.10 + 2,22 T$) powoduje systematyczne skracanie się roku zwrotnikowego o 0,54 s w ciągu stulecia.

Międzynarodowa Służba Czasu rozpoczęła swoją pracę w 1913 r., jako Bureau International de l'Heure (BIH) w Paryżu i przez kilkadziesiąt lat koordynowała i kontrolowała wyznaczanie czasu pochodzącego z obrotu Ziemi oraz czuwała nad systemem światowych sygnałów radiowych czasu; stosowano wówczas m. in. sygnały sekundowe (co sekundę średnią słoneczną) lub nieco częstsze (61 impulsów na minutę), serwujące zatem swego rodzaju „noniusz czasowy”. Z chwilą przejścia na sekundy atomowe sprawa sygnałów skomplikowała działalność BIH. Stosowano się przez jakiś czas do normy: $|UT2 - UTC| < 0,1 s$, co zmuszało np. do czynienia 4 do 5 korekt skokowych rocznie, po 0,2 s każda (!); odbywało się to na przełomie określonych miesięcy. Niektóre stacje stosowały jeszcze gorszy system – impulsy w odstępie 1,00000003 s atomowej, tj. „prawie” – aktualnej wówczas – sekundy średniej słonecznej, ale i ten proceder wymagał oczywiście co jakiś czas korekty skokowej zegara. Od początku 1972 r. przyjęto dla sygnałów UTC jako kryterium graniczne $|UT1 - UTC| < 0,7 s$, by wreszcie – po paru latach ustalić najbardziej „tolerancyjną” normę: $|UT1 - UTC| < 0,9 s$. Ostatnią – drobną, lecz zasadniczą – korektę sygnałów UTC przeprowadzono z początkiem roku 1977 (wg skali TAI), gdy zwiększono stosowany dotychczas interwał ich impulsów o jedną bilionową sekundy, uzyskując przez to zgodność nowego interwału z wzorcem SI, z dokładnością $10^{-13} s$.

Dawniej – ze względów metodologicznych – traktowano oddzielnie znane subtelności obrotu Ziemi; BIH zajmowało się wyłącznie sprawą czasu (prędkość kątowna), a Międzynarodowa Służba Szerokości ILS (starsza o ok. 20 lat od BIH) – ruchem bieguna, rozpatrywanym początkowo jako wahania szerokości geograficznej. W miarę doskonalenia i uniwersalizacji technik pomiaro-

wych zmieniono zrazu nazwę tej organizacji na IPMS (International Polar Motion Service). Gdy jednak obok (a nawet częstokroć zamiast) klasycznych metod astrometrycznych (fotograficzne tuby zenitalne – PZT, teleskopy zenitalne – ZT, astrolabia przyzmatyczne i instrumenty przejściowe) wkroczyły do akcji metody i techniki nowoczesne (LLR – Lunar Laser Ranging i SLR – Satellite Laser Ranging, wykorzystywany w systemach LAGEOS i STARLETTE oraz VLBI – radiointerferometria długobazowa; a oprócz nich – nawet te mniej dokładne, jak satelitarne efekt Dopplera – badany m.in. w systemie TRANSIT) – IAU w porozumieniu z IUGG (Międzynarodową Unią Geodezyjno-Geofizyczną) powołała w 1985 r. służbę o nazwie International Earth Rotation Service (IERS), która rozpoczęła swą pracę 1 I 1988 r., przejmując dotychczasowe funkcje BIH i IPMS.

Pragnąc przedstawić poglądowo obecny stan różnic wskazań poszczególnych zegarów wzorcowych różnych systemów czasu – interesujących z punktu widzenia współczesnego (ziemskiego) obserwatora zjawisk astronomicznych – należy sobie wyobrazić jako najbardziej wysforowany naprzód (tj. w prawo na osi liczbowej) zegar czasu dynamicznego TT (poprzednio był to TDT, a jeszcze dawniej ET). Za nim – stale w odstępie 32,184 s – podąża zegar TAI, który pozostawia coraz bardziej w tyle za sobą (obecnie o ok. 33 sekundy) systematycznie zwalniający zegar czasu UT1, ilustrujący po prostu (skorygowany tylko na efekt ruchu bieguna) obrót Ziemi. Temu zaś towarzyszy bardzo blisko (z lewej lub prawej; zawsze w odstępie poniżej 0,9 s) zegar czasu UTC, korzystający czasem w którąś z wytypowanych 2 nocy w roku (jak dotychczas bywała to tylko noc sylwestrowa) z możliwości dokonania sekundo-wego skoku (w jedną lub w drugą stronę), by utrzymać się w przepisowych ryzach 0,9 s, gdy

grozi ich przekroczenie jako skutek „normalnego ociągania się” (lub np., niezwyklego raczej, przyspieszenia) zegara UT1.

LITERATURA

- [1] D. Brouwer, *AJ* **47**, 191, 1938.
- [2] D. Brouwer, *AJ* **57**, 125–146, 1952.
- [3] E. W. Brown, *Tables of the Motion of the Moon*, New Haven 1919.
- [4] E. W. Brown, *Request for more Observations of Occultations*, *AJ* **37**, 99–100, 1927.
- [5] Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, XXV: *Constantes Fondamentales de l'Astronomie*, ss. 100–101 i 127–128, Paris 1950.
- [6] Explanatory Supplement to the Astron. Ephemeris and the American Ephemer. and Nautical Almanac, *Systems of Time Measurements*, ss. 66–95, London 1961.
- [7] F. Gondolatsch, *Erdrotation, Mondbewegung und das Zeitproblem der Astronomie*, Veröffentl. des Astron. Rechen-Instituts zu Heidelberg, Nr 5, Karlsruhe 1953.
- [8] P. A. Hansen, *Tables de la Lune*, London 1857.
- [9] W. Heiskanen, *Über den Einfluss der Gezeiten auf die säkulare Acceleration des Mondes*, *Annal. Acad. Scient. Fennicae, Ser. A.*, Band **18**, Nr 2, 1–84, 1921.
- [10] H. Jeffreys, *The Chief Cause of Lunar Secular Acceleration*, *MN* **80**, 309–317, 1921.
- [11] K. Koziel, *Problem czasu w astronomii*, „*Post. Astronomii*” **2**, z. 1, 25–32, 1954.
- [12] J. Mietelski, *Astronomia w geografii*, wyd. IV, Wyd. Nauk. PWN, 2001.
- [13] L. V. Morrison, *Rotation of the Earth*, w: Royal Greenwich Observatory — Telescopes, Instruments, Research and Services, Oct. 1 1980–Sept. 30 1985, s. 44, 1985.
- [14] S. Newcomb, *Washington Naval Obs. Observations 1875*, App. II, 1878.
- [15] S. Newcomb, *Researches on the Motion of the Moon, Part II*, *Astr. Pap. Americ. Ephemer. Vol. 9, Part I*, Washington 1912.
- [16] *Reports of Commission 4 of the International Astronomical Union*, *Trans. I.A.U.* **7**, 75, 1950; **8**, 80, 1954; **9**, 80, 1957; **10**, 85, 1960.
- [17] D. H. Sadler and G. M. Clemence, *The improved lunar ephemeris*, Washington 1954.
- [18] A. Scheibe, U. Adelsberger, *Die Gangleistungen der PTR-Quarzuhren und die jährliche Schwankung der astronomischen Tageslänge*, *Z. f. Physik* **127**, 416–428, 1950.
- [19] W. de Sitter, *On the secular accelerations and the fluctuations of the longitudes of the moon, the sun, Mercury and Venus*, *BAN* **4**, 21–38, 1927.
- [20] H. Spencer Jones, *MN* **85**, 11, 1925.
- [21] H. Spencer Jones, *Discussion of observations of occultations of stars by the Moon 1672–1908, being a revision of Newcombs „Researches”*, *Ann. Cape Obs.*, Vol. **13**, Part 3, 1932.
- [22] H. Spencer Jones, *The rotation of the Earth, and the Secular Accelerations of the Sun, Moon and Planets*, *MN* **99**, 541–558, 1939.
- [23] H. Spencer Jones, *The determination of precise time*, *Smithsonian Report* 1949, ss. 189–202.
- [24] F. R. Stephenson, *Scientific Amer.* **247**, No. 10, 154, 1982.
- [25] N. Stoyko, *L'irrégularité de la rotation de la Terre et les horloges astronomiques*, *Bull. Acad. Roy. Belgique, Cl. Sci. (5)* **35**, 669–670, 1949.
- [26] G. Tiercy, *Reflexions sur la question des unités de temps*, *Annales Françaises de Chronométrie, Sér. 2, T. 6*, 183–191, 1951.

Henryk BRANCEWICZ*, ZG PTMA – Kraków

OBSERWACJE ZAKRYCIOWE W OBSERWATORIUM KRAKOWSKIM

Obserwatorium Krakowskie powstało w roku 1791. Pierwsze jednak znalezione ślady prac zakryciowych pochodzą z czasów, gdy dyrektorem Obserwatorium był Max Weisse. Istnieje publikacja z roku 1855 pt. *STERNBEDECKUGEN und MONDSTERNE beobachtet auf der k.k. STERNWARTE in KRAKAU herausgegeben von dr. Max. Weisse Director derselben Sternwarte*. W pracy tej, składającej się z dwu części, w pierwszej podane są obserwowane zakrycia, przy czym autor podaje datę, określenie gwiazdy, czas gwiazdowy oraz określenie jakości obserwacji. Obserwowane były gwiazdy nawet dziewiętej wielkości gwiazdowej. Spośród ciekawszych zjawisk wymienić należy obserwacje zakrycia planet, jak 27 III 1832 r. – Venus, 8 V 1832 r. – Saturn, 12 IV 1835 r. – Saturn, 17 XI 1835 r. – Venus, czy też dla gwiazd wielokrotne obserwacje zakrycia Aldebarana, Plejad czy też gwiazd określanych jako „Anonymus”, tzn. gwiazda nie figurująca w ówczesnych katalogach. Wielokrotnie podawane są też określenia „eines Sterns 9 Gr.”, tzn. gwiazda 9 wielkości czyli również bliżej nie określona. Może warto byłoby popracować nad szczegółowym ustaleniem, które obserwowano, co obecnie jest możliwe (na ogół). Wszystkich obserwacji dokonano 335.

W części drugiej autor podaje coś w rodzaju efemerydy dla zakryć na okres od 1829 r. do 1854 r. Część ta jest znacznie mniej ciekawa, w chwili obecnej świadczy natomiast o tym, że do obserwacji przygotowywano się dość solidnie. Po roku 1854 ponownie następuje „cichy” czas i w zasadzie nie jesteśmy w stanie (przynajmniej na razie) powiedzieć, czy obserwacje zakryciowe były wykonywane.

W roku 1922 profesor Eugeniusz Rybka opublikował w *Acta Astronomica* (A.A. a. 1922, pp. 95–134) pracę *Occultation of stars by Moon, observed in Cracow, Warsaw and Lwów from 1901 to 1922*. Z pracy tej dowiadujemy się o sporej liczbie obserwacji wykonywanych w Warszawie w latach 1901 do 1912. Obserwatorami byli Tadeusz Banachiewicz i Władysław Dziewulski oraz sporadycznie A. Krasnow. Jako pierwsza krakowska obserwacja zakryciowa, pojawia obserwacja Władysława Dziewulskiego z 23 lipca 1907 roku. Od tego momentu Kraków wyraźnie góruje nad Warszawą pod względem liczby wykonanych obserwacji zakryciowych. Obserwatorami w Krakowie są

Władysław Dziewulski, J. Ludwiński, J. Ryzner, Jan Gadomski, S. Szeligowski, Lucjan Orkisz, Józef Witkowski oraz Tadeusz Banachiewicz, którego pierwsza obserwacja wykonana w Krakowie pojawia się z datą 23 X 1920 r., choć wcześniej, z datą 1 I 1901 r., pojawiają się jego obserwacje wykonane w Warszawie. Ciekawy jest zupełny brak obserwacji w latach 1916–1919.

Tadeusz Banachiewicz został dyrektorem Obserwatorium Krakowskiego w roku 1919. Uznał on, że jednym z głównych programów w Krakowie będą obserwacje zakryciowe. Obserwacje te pozwalały na kontrolę ruchu Księżyca oraz na określanie profilu brzegu jego tarczy. Program tych obserwacji określił Banachiewicz w pierwszym numerze *Okólnika Obserwatorium Krakowskiego*, z 29 marca 1920 roku. W numerze tym ukazała się wzmianka o zamierzonych obliczeniach efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc. Pierwsza taka efemeryda, opracowana przez Józefa Witkowskiego, ukazała się w numerze trzecim *Okólnika*. Efemerydy zakryć gwiazd przez Księżyc później ukazywały się w *Roczniku Astronomicznym. Dodatku Międzynarodowym* początkowo dla Poznania, Krakowa, Warszawy, Lwowa i Wilna (w latach 1929–1939), a później dla Poznania, Wrocławia, Torunia, Krakowa i Warszawy (w latach 1947–1979). Wśród obliczających te efemerydy należy wymienić W. Wiśniewskiego, J. Mietelskiego, L. Orkisz i Zb. Klimka.

Kolejną pracą zawierającą krakowskie obserwacje zakryciowe jest praca Kazimierza Kordylewskiego w *Acta Astronomica* ser. b., Vol. 2, pp. 1–18, zatytułowana *Occultations of stars by the Moon, observed at the Astronomical Observatory of the Cracow University 1923–1932*. Praca ta, z roku 1933, podaje 383 momenty dla 205 zjawisk. Głównymi obserwatorami byli Tadeusz Banachiewicz, Jan Gadomski, Kazimierz Kordylewski, Janusz Pagačzewski, Józef Witkowski, M. Miedzwiecki, E. Rybka i inni. W zestawieniu obserwacji podawane są: numer efemerydy, data i moment w czasie uniwersalnym, określenie gwiazdy, określenie zjawiska, instrument i powiększenie, obserwator, uwagi i skąd pobrano sygnały czasu.

Początkowo sygnały czasu pochodziły z Paryża, ale później pojawiają się coraz częściej sygnały czasu nadawane z Nauen.

Kolejną pracą drukowaną w *Acta Astronomica* ser. c, Vol. 5, pp. 57–84 jest opracowanie K. Kordylewskiego. Podaje on 786 obserwacji dla 375 zjawisk za okres lat 1933–1951. Odpowiednie tabele

* Dr Henryk Brancewicz jest astronomem, Prezesem PTMA.

są określone jak w pracy poprzedniej z tym, że dodatkowo podawane jest dla obserwacji O-C. Podane są również współrzędne geograficzne instrumentów. Obserwatorami byli T. Banachiewicz — 114 momentów, J. Kordylewska — 39 momentów, J. Jasnorzewski — 4 momenty, F. Koebecke — 8, K. Kozieł — 72, K. Kordylewski — 200, J. Paga-czewski — 6, J. Piegza — 56, S. Piotrowski — 128, J. Rodkiewicz — 1, J. Ryzner — 4, L. Stankiewicz — 5, A. Strzałkowski — 1, K. Steins — 2, S. Szczyr-bak — 17, R. Szafraniec — 42, A. Szczepanowska — 46, J. Witkowski — 39.

Kolejna opracowanie K. Kordylewskiego obejmuje zakrycia za okres lata 1952–1960, dokładnie jak w tabelach poprzedniego opracowania. Zesta-wienie obejmuje 575 momentów dla 214 zjawisk. Wśród obserwatorów pojawiają się nowe nazwi-ska, jak B. Kolaczal — 3 momenty, J. Masłowski — 2, J. Mielicki — 12, W. Szulakowski — 5, W. Wi-śniewski — 23, Zb. Kordylewski — 20, Z. Kordy-lewska — 6.

Kolejne opracowania obejmują coraz to krót-sze okresy i przedstawiają się następująco.

Lata 1961–1963 opracował M. Winiarski, a ta-bela zawiera 64 momenty dla 38 zjawisk. Rok 1964 opracował J. M. Kreiner — 61 momentów dla 31 zjawisk i pojawiają się nowi obserwatorzy: M. Kurpińska — 6 momentów, M. Rysz — 2. Lata 1965–1966 opracował J. M. Kreiner — 28 momen-tów dla obserwatorium na ul. Kopernika oraz nowe miejsce obserwacji, 34 momenty obserwo-wane na Forcie Skała, a także nowi obserwatorzy: A. Michalec — 2 momenty, H. Brancewicz — 1. Rok 1967 opracował M. Winiarski — 10 obserwacji na ul. Kopernika oraz 47 na Forcie Skała. Rok 1968 opracowała M. Kurpińska — 14 obserwacji na ul. Kopernika oraz 43 na Forcie Skała. Rok 1969 opra-cowała M. Kurpińska — 22 obserwacje na ul. Ko-pernika oraz 62 na Forcie Skała. Rok 1970 opraco-

wał M. Winiarski — 115 obserwacji na Forcie Ska-ła, i tutaj pojawiają się nowi obserwatorzy: O. Abuladze — 1 moment, T. Z. Dworak — 28. Rok 1971 opracował T. Z. Dworak — 36 obserwacji na ul. Kopernika oraz 142 na Forcie Skała, nowy ob-serwator Zb. Klimek — 16 momentów i P. Kyn-chev — 1. Rok 1972 opracowała M. Kurpińska — 9 obserwacji na ul. Kopernika oraz 110 na Forcie Skała, z których 5 wykonano metodą fotoelek-tryczną, pojawili się tu nowi obserwatorzy: Z. Bem — 1 moment, R. Biedka — 1, K. Rudnicki — 1, A. Zię-ba — 1. Rok 1973 opracował Zb. Klimek podając 126 obserwacji, wszystkie wykonane na Forcie Skała, przy czym 10 obserwacji odnosi się do za-krycia Saturna, a pozostałe do gwiazd; również 10 z tych obserwacji wykonano fotoelektrycznie, z których 4 dla Saturna i 6 dla gwiazd.

Ostatnim z opracowań publikowanych w *Acta Astronomica* było opracowanie za lata 1974–1975 A. Michalca, zawierające 113 obserwacji za rok 1974 oraz 51 za rok 1975. W latach tych 28 obserwacji wykonano w obserwatorium na ul. Kopernika, a resztę na Forcie Skała.

Trzy obserwacje zakrycia Saturna oraz 14 ob-serwacji zakryć gwiazd wykonano elektrycznie.

Ostatnie opracowanie obserwacji zakrycio-wych wykonanych w Krakowie opublikowano już nie w *Acta Astronomica*, lecz w naszym Peteemow-skim *The Astronomical Reports* vol. V, 1981. Opra-cowanie T. Z. Dworaka, dotyczące lat 1976–1977, zawiera 66 momentów obserwowanych na For-cie Skała. Tak w zasadzie kończy się ogromny dorobek obserwacji zakryciowych, wykonanych w Obserwatorium Krakowskim. Dziwnym trafem koniec tych obserwacji prawie zbiega się z powsta-niem naszej Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć. Ten ogromny dorobek należy powiększyć o pra-ce nieobserwacyjne, publikowane w *Roczniku Astronomicznym* czy też w *Biuletynach Obserwato-rium*.

Maciej WINIARSKI*

OBŁOKI KORDYLEWSKIEGO

Około 200 lat temu J. L. Lagrange rozwiązał ograniczony problem trzech ciał. W systemie dwóch masywnych ciał, trzecie, o zaniedbywalnej masie, ma pięć punktów równowagi. Trzy z nich leżą na linii łączącej ciała masywne, a dwa, L4 i L5, są w wierzchołkach trójkątów równobocznych, których jednym z boków jest odcinek łączący masywne ciała. Spektakularnym przykładem zastosowania teorii Lagrange'a są grupy planetoid (Trojańczycy i Grecy) w pobliżu punktów L4 i L5 systemu Słońce-Jowisz. Planetoida nie przebywa ściśle w punkcie równowagi, tylko porusza się w jego pobliżu, stąd inna nazwa punktów równowagi – „libracyjne”, od *libra* = waga.

W 1948 roku, na sesji Poznańskiego Towarzystwa Naukowego, prof. Józef Witkowski zwrócił uwagę, że także w systemie Ziemia-Księżyc mogą istnieć ciała, które wpadły w pułapkę punktu libracyjnego i stale przebywają w jego pobliżu. Doc. Kazimierz Kordylewski przeprowadził obserwacje weryfikujące tę hipotezę.

Początkowo poszukiwał obiektu punktowego, typu mała planetoida. Obserwacje wizualne („amerykanka” czyli luneta o średnicy $D = 200$ mm i ogniskowej $f = 3$ m), fotograficzne (z prowadzeniem metodą Metcalfa) w Krakowie, na Łomnicy, w Skalnym Plesie i w Tautenburgu dały wyniki negatywne. Wykluczało to istnienie punktowego obiektu w przebadanym polu, do pewnej granicznej jasności, przy czym oba te parametry zależały od użytego instrumentu. Na przykład obserwacje dwumetrowym teleskopem w Tautenburgu wykluczyły istnienie obiektu o rozmiarach większych od 2m w polu $3,4 \times 3,4$ stopnia, z centrum w punkcie libracyjnym (chyba że ten obiekt miałby wyjątkowo małe albedo). Wtedy doc. Kordylewski zmienił cel swoich obserwacji, szukając w otoczeniu punktów libracyjnych obiektów słabych, ale rozciągniętych, „obłoków pyłowych”.

Zmiana charakteru poszukiwanego obiektu z punktowego na rozciągnięty wymusiła zmiany metod obserwacji. Zasięg dla obiektu rozciągniętego zależy od światłości użytego instrumentu, a nie od średnicy obiektywu. Podstawowym warunkiem powodzenia obserwacji jest ciemne niebo. Obrazuje to następujący przykład: światło zodiakalne (obiekt jaśniejszy od obłoków Kordylewskiego) jest niewidoczne z okolic Krakowa, bardzo rzadko widoczne na Suhorze a było widoczne w każdą bezksiężycową noc na stacji bieszczadzkiej, o ile tylko nie pokrywało się z Drogą Mleczną (w lecie, gdy ekliptyka i światło zodia-

kalne były blisko horyzontu, obserwacji nie wykonywano).

Wymaganie ciemnego nieba silnie ogranicza możliwość obserwacji. Czas obserwacji musi być dobrany tak, aby Księżyc był pod horyzontem, a punkt libracyjny nad horyzontem i to dostatecznie wysoko. Ponieważ odległość kątowa punktu libracyjnego od Księżyca wynosi 60 stopni, warunek ten dla danej nocy może być spełniony przez czas nie dłuższy niż dwie godziny, najdłużej w takim miejscu na Ziemi, w którym orbita Księżyca jest prostopadła do horyzontu. Dodatkowo pozycja obiektu nie może pokrywać się z Drogą Mleczną, przeciwswieceniem, światłem zodiakalnym i jasnymi planetami (możliwość fałszywego rozjaśnienia tła nieba w atmosferze lub w optyce). W rezultacie dla danego miejsca na Ziemi i dla każdego z punktów libracyjnych jest około dwudziestu nocy na rok, w których te warunki są spełnione. Do tego trzeba dodać żądanie fotometrycznej pogody.

Doc. Kordylewski poszukiwał ewentualnych obiektów fotoelektrycznie, fotograficznie i wizualnie. Obserwacje fotoelektryczne, przeprowadzone na Kasprowym Wierchu, dały wyniki negatywne. Także negatywne były wyniki innych fotometrystów. Teraz, gdy wiemy, że obiekty odchodzą od punktu libracyjnego na odległość nawet ponad 10 stopni, rozumiemy, że fotometrowanie najbliższego otoczenia punktu libracyjnego nie mogło dać rezultatów, a na fotometrowanie większego pola nie było czasu (warunki dla obserwacji trwały nie dłużej niż dwie godziny).

Obserwacje fotograficzne punktu L5 przeprowadzone zostały przez doc. Kordylewskiego na Kasprowym Wierchu małoobrazkową kamerą, o światłosile 1:1,5. Wykonał on w 1961 r. cztery zdjęcia (film 25 DIN, izopanchromat, bez filtra, ekspozycje po 12 minut) w czasie dwóch nocy, w odstępie miesiąca. Pomiar zdjęć (bardzo trudnym w obsłudze, termoelektrycznym, starym mikrofotometrem Zeissa) pokazał dla obu dat po dwa rozjaśnienia.

Dla obu nocy rozjaśnienia leżały podobnie względem punktu libracyjnego, a nie było ich na zdjęciach kontrolnych (to znaczy zdjęciach tego samego miejsca w nocy, gdy punkt libracyjny był daleko). Miarą trudności obserwacji niech będzie fakt, że przed wywołaniem filmu musiała zostać obcięta perforacja. W przeciwnym razie wywoływacz w obszarach między otworami perforacji działał intensywniej, niż w innych miejscach, co dawało efekt silniejszy, niż obłok libracyjny. Wyniki tych obserwacji doc. Kordylewski opublikował w *Acta Astronomica*.

* Dr Maciej Winiarski jest emerytowanym pracownikiem Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Najwięcej wysiłku włożył doc. Kordylewski w obserwację gołym okiem. Miał wspaniały wzrok. Testy pokazywały, że w dobrych warunkach widział gwiazdy 8,5 magnitudo! Z własnego doświadczenia przy obserwacjach sztucznych satelitów Ziemi wiem, że widział (i nastawiał lunetę) takie obiekty, które dla wszystkich innych (zawodowców z dobrym wzrokiem) były niewidoczne. Oko jest jednak instrumentem subiektywnym. Zdając sobie z tego sprawę, doc. Kordylewski zorganizował trzy wyprawy miłośników astronomii do Afryki (lata 1966, 1973 i 1976). W zwrotnikach korzystnym był duży kąt między orbitą Księżyca a horyzontem oraz brak światła zorzowego, a minusem tych obserwacji był fakt, że obserwowano z poziomu morza. Miłośnicy obserwowali niezależnie od siebie i nie wiedzieli, gdzie jest punkt libracyjny, więc nie mogli ulegać sugestii. Obserwacja polegała na rysowaniu na przygotowane mapki zauważonego (po 5 minutach przebywania bez światła) najsilniejszego rozjaśnienia w zadanym polu. Po następnych pięciu minutach w ciemności rysowały kolejne — najsilniejsze rozjaśnienia. O realności obiektów świadczyła zgodność pozycji otrzymanych przez kilku obserwatorów. Takie obserwacje dawały w pierwszym rzędzie inne obiekty (gromady gwiazd, mgławice, przeciwświecenie), ale także rozjaśnienia w pobliżu punktów libracyjnych.

Przeprowadzano także obserwacje kontrolne. Wyniki, jako pozytywne, były referowane przez doc. Kordylewskiego na zebraniach Krakowskiego Obserwatorium, ale niestety nie zostały opublikowane. Moim zdaniem, brakło Panu docentowi cierpliwości na przeprowadzenie statystyki, jakie jest prawdopodobieństwo, że wyniki powstały przez przypadek (rezultaty niektórych miłośników docent odrzucał, co teoretycznie mogło spowodować selekcję, pozostawiając tylko szukane obiekty). Myślę, że rozumowanie docenta było następujące: „ja, swoim wspaniałym wzrokiem, obiekty widzę, większa część miłośników niezależnie potwierdza ich istnienie, więc statystyka byłaby rozdziałaniem włosa na cztery części”.

Wyniki Kordylewskiego, to:

- 1) stwierdzenie istnienia realnych obiektów;
- 2) wykazanie, że występują one w dużych odległościach (kilka stopni) od punktów libracyjnych.

Mimo prób, nie udało mu się wyznaczyć orbit obiektów. Zastosowane metody nie pozwalały na obiektywny pomiar jasności (a tym bardziej koloru) obiektów, a pozycje były mało dokładne.

Następne obserwacje (dające pozytywne wyniki) zostały przeprowadzone przez J. R. Roacha, z nieporównywalnie większym nakładem środków. Roach użył fotoelektrycznego instrumentu, przeznaczonego do badania światła zodiakalne-

go. Instrument był umieszczony na sztucznym satelicie Ziemi. Za każdym razem, gdy satelita znalazł się po przeciwnej stronie Ziemi niż Słońce, przyrząd zliczał fotony przychodzące z punktu przeciwsłonecznego (a także z czterech punktów odległych o 5 stopni od tego punktu). Fotometr pracował bez filtru (maksimum czułości przypadało na 5000 Å) i zbierał fotony z wiązki o średnicy dwu stopni. Podczas około 7000 okresów obiegu satelity przez objęte pomiarami kierunki przechodziły także punkty libracyjne układu Ziemia-Księżyc. Obecność obłoku powinna się ujawnić zwiększoną liczbą zliczeń.

Wyniki obiektywnych pomiarów Roacha, to:

1. Obłoki istnieją.
2. Średnice obłoków są równe $6,3 \pm 1,5$ stopnia.
3. Średnia jasność obłoku, w czasie pojedynczej lunacji, to 20 w tradycyjnych jednostkach S10. Liczba ta jest zaniżona. Pomiary Roacha były wykonywane wtedy, gdy obłok libracyjny był w pełni (naprzeciw Słońca). Przy rozmiarach obiektu rzędu sześciu stopni, w czasie każdej pełni zachodzi jego zaćmienie (zmniejszające jasność). Roach zdawał sobie z tego sprawę i dodawał do wyznaczonych wartości poprawkę na jasność obłoku w cieniu Ziemi. Popęłił przy tym błąd: zamiast średnicy cienia Ziemi wziął jego promień, a jako osłabienie przyjął stosunek promieni, a nie ich kwadratów. Dzięki sumiennemu podaniu poszczególnych kroków redukcji, można te błędy poprawić. Otrzymuje się wtedy 33, a nie 20 [S10].
4. Obiekty unikają samych punktów libracyjnych. Występują w prostokątach o rozmiarach 20 na 12 stopni.
5. Obłoki są bliżej Księżyca, niż punkt libracyjny w lecie, a dalej w zimie. Stwarza to lepsze warunki do obserwacji z północnej półkuli niż z południowej.

Mając obiektywną jasność (20 S10 czyli 8 procent jasności przeciwświecenia), Roach stwierdza ostrożnie, że „wątpi w realność obserwacji takich obiektów z Ziemi”. I w tym nie ma racji: 33 (a nie 20) S10 daje różnicę (obiekt – tło) zależną od jasności tła i od ekstynkcji. Dla współczynnika ekstynkcji 0,2 mag, dla tła 3 mag/stopień kwadratowy (obiekt – tło) = 0,04 mag, ale dla tła 4 mag/stopień kwadratowy — już 0,09 mag. Taki obiekt jest już mierzalny. Dodatkowo za realnością wyników Kordylewskiego przemawia jego wspaniały wzrok i możliwość zmian jasności w czasie. Roach obserwował w czasie maksimum aktywności słonecznej. Dla przeciwświecenia istnieje zależność jasności od aktywności Słońca (im aktywność większa, tym jasność przeciwświecenia mniejsza). Jeżeli taki sam mechanizm zmienności obowiązuje dla obłoków, to Roach obserwował w minimum jasności obłoków. Pomiary Roacha zbierały dane z wiązki o średnicy dwu stopni, w szeroko-

WYGŁOSZONE REFERATY

pasмовym systemie z maksimum dla 5000 Å. Te wielkości wcale nie muszą być optymalne dla szukania obłoków.

Minusem zastosowanej przez Roacha metody jest praca zawsze w punkcie przeciwsłonecznym. Zwiększa to tło, gdyż obserwacje są na tle przeciwsłonecznym. Ponadto uniemożliwia ewentualne badanie zależności jasności od fazy, co byłoby ważne dla wyznaczania rozmiarów i natury fizycznej cząsteczek rozpraszających światło.

Obiektywne, dobrze wykalibrowane jasności, otrzymane przez Roacha, pozwoliły na przygotowanie obserwacji w Bieszczadach. Stwierdzono laboratoryjnie, że sztuczny obiekt, jaśniejszy od 0,02 do 0,04 mag od szumu, da, przy odpowiednim doborze klisz i ich wywołaniu, realny efekt na kliszy. Zastosowano profesjonalne klisze Kodak IIaO, Kodak IIaF i ORWO WP1, z maksimum czułości odpowiednio dla barwy niebieskiej, żółtej i czerwonej. Mając średnie wartości z dziesięciu lat dla stacji bieszczadzkiej (współczynnik ekstynkcji w filtrze B = 0,35, a w V = 0,20 mag) oraz tła nieba (3,81, 2,94 i 2,05 mag odpowiednio dla B, V, R) można było powiedzieć, że obserwacje mogą dać wyniki. Nieznany pozostawał wpływ szumu atmosferycznego, błędów aparaturowych i ewentualnej zmienności obiektów z czasem i fazą.

Aparatura stacji bieszczadzkiej to 10 kamer z obiektywami o światłosilach od 1:1,5 do 1:2, przerobionych do pracy z kliszami. Obiektywy miały głębokie, policzone oddzielnie dla każdego, odrośniki. Obiektywy były różne. Gdyby ewentualnie daleki jasny obiekt (planeta) produkował (przez odbicia na kolejnych powierzchniach soczewek) fałszywy obłok, to kamery z innymi obiektywami tego efektu by nie potwierdziły. Latarki w czasie obserwacji nie używano. Kamery były prowadzone za niebem (bez metody Metcalfa). Z reguły wykonywano jedną ekspozycję godzinową, a drugą nieco krótszą (brakło czasu, z teoretycznych maksymalnych dwóch godzin trzeba było odjąć czas na przeładowanie dziesięciu kamer). Kalibracja klisz była robiona na stacji, w tych samych warunkach, co obserwacja, fotometrem rurkowym (ale kalibrowanym fotoelektrycznie). Dało to możliwość przejścia od zaczerpnięć do jasności powierzchniowej, ale bez punktu zerowego skali. Aby go uzyskać, postępowano następująco: równocześnie ze zdjęciami, wykonywano przekroje fotometryczne (w barwach B, V, R), nieruchomym astrografem Ernstar (światłosiła 1:2), przerobionym na fotometr. Przekrój zaczynał od gwiazdy o znanej jasności, w fotogra-

fowanym równocześnie polu. Dawało to punkt zerowy skali jasności powierzchniowej.

Dla każdego zdjęcia obłoku robiono kilka zdjęć kontrolnych (ta sama pozycja na niebie, ale gdy punkt libracyjny był daleko). Pozwalało to na wyeliminowanie stałych pojaśnień tła nieba. Dodatkowo, przez szukanie obłoków na zdjęciach kontrolnych, wyznaczano jasność, do której mogą być produkowane (przez szum, opracowanie itp.) fałszywe obiekty.

Zdjęcia opracowywano fotoelektrycznym mikrofotometrem GII Zeissa. Uwzględniano szeregi efektów pasożytniczych. Eliminowano gwiazdy do 9 mag (Roach — do 5,5), błąd pola i zmianę jasności w kierunku horyzontu. W końcu całkowano pomiary po kole o średnicy sześciu stopni (rozmiar obłoku według Roacha). W wyniku takiego opracowania, szumy zmalały kilkanaście razy.

Na każdej kliszy, po redukcji, występowały obiekty najjaśniejsze. Ich realność potwierdzano zgodnością pozycji na równocześnie wykonanych zdjęciach. Zgodność pozycji pojaśnień na zdjęciach kontrolnych dawała prawdopodobieństwo przyjęcia fałszywego obiektu za prawdziwy.

Opracowano wyniki tylko z trzech kolejnych nocy, z lutego 1976 r. (i zdjęć kontrolnych). Wyniki:

18/19	-50	+8,1	90	58	15
19/20	-57	+9,5	86	79	10
20/21	-34	+8,9	60	58	22

gdzie kolejne kolumny to: data, rektascensja obiektu minus rektascensja L5, deklinacja obiektu minus deklinacja L5, jasności w barwach czerwonej, żółtej i niebieskiej [S10]. Inne położenie w rektascensji dla daty 20/21 może wynikać z tego, że w tej nocy było już blisko przeciwsłonecznie.

Prawdopodobieństwo wytworzenia fałszywego obiektu jest (dla poszczególnych ekspozycji) zawarte między 1:2,4 a 1:23,5. Dodatkowo, niezależnym potwierdzeniem realności jest zgodność położenia względem L5 w kolejnych nocach.

Obserwacje wykonywano bez filtrów, ale trzema rodzajami klisz, o maksimum czułości w niebieskim, żółtym i czerwonym świetle. Dało to pomiar koloru obiektu. Kolor ten okazał się istotnie różny od koloru przeciwsłonecznego. Jeżeli przyjmując pomiar jasności Roacha jako czwarty kolor, to zależność jasność-kolor pokazuje wyraźny skok dla obserwacji Roacha. Skok ten znika, jeżeli przyjmując, że jasność obłoków zależy od aktywności Słońca w taki sam sposób, jak przeciwsłonecznie.

SKĄD SIĘ BIORĄ METEORYTY?

Pytanie o źródło pochodzenia meteorytów stawiane było już od momentu stwierdzenia, że są one ciałami pochodzenia pozaziemskiego, czyli od początku XIX w. W okresie tym rozpoczęto także odkrywanie małych ciał Układu Słonecznego, jakimi są planetoidy. Wkrótce domyślono się, że meteoryty są spadającymi na Ziemię fragmentami planetoid. Większość planetoid krąży jednak w obszarze między orbitami Marsa i Jowisza, w tzw. Pasie Głównym, w związku z czym należałoby raczej oczekiwać istnienia grupy tych ciał zbliżających się do Ziemi. Taka klasa planetoid została także odkryta (ang. *Near Earth Asteroids*, NEA), a obecnie znanych jest już kilkaset jej przedstawicieli. Niewątpliwie znajdują się wśród nich ciała macierzyste spadającej na Ziemię materii meteorytowej. Ostateczne dowody uzyskano po wyznaczeniu orbit ciał meteorytowych, które były obserwowane przed upadkiem na Ziemię. Były to meteoryty Lost City, Innistree, Pribram i Tagish Lake. Okazało się, że orbity tych meteoroidów są typowymi orbitami planetoid, zbliżających się w peryhelium do Ziemi, w aphelium natomiast „powracających” do Pasa Głównego [Fig. 1.]. Oczywiście, należy wyjaśnić, czy i w jaki sposób planetoida, krążąca w Pasie Głównym, jest w stanie tak zmienić swoją orbitę, aby stać się planetoidą typu NEA? Okazuje się, że głównie na skutek tzw. efektu Jarkowskiego, z biegiem czasu zmieniają się średnie odległości planetoid od Słońca. Jeżeli w trakcie takiej „migracji” planetoida trafi w obszar jednego z licznych rezonansów w układzie Słońce-Jowisz, szybko wzrasta mimośród jej orbity, powodując, że może ona stać się obiektem typu NEA.

Kolejnym dowodem na tożsamość materii meteorytowej z planetoidalną są badania planetoid przeprowadzane in situ przez sondy kosmiczne. Do tej pory zbadane w ten sposób zostały planetoidy (951) Gaspra, (243) Ida, (253) Mathilde oraz przede wszystkim (433) Eros [Fig. 2.]. Czy można jednak w sposób jednoznaczny przydzielić konkretne typy meteorytów do określonych planetoid?

W tym celu przede wszystkim należy się zapoznać z obecnie obowiązującą klasyfikacją meteorytów [Fig. 3.].

Najpowszechniej spotykaną grupą są meteoryty kamienne, a szczególnie chondryty zwyczajne. Chondryty zwyczajne są meteorytami kamiennymi, które składają się z drobnych sferycznych ziaren krzemianowych, tzw. chondr, zanurzonych w „cieście skalnym”. Uważa się, że chondry po-

wstały w mgławicy protoplanetarnej ok. 4,5 mld lat temu i stanowią pierwotny budulec ciał Układu Słonecznego. W meteorytach chondry, na skutek procesów alteracji wodnej bądź termicznej, są mniej lub bardziej zniekształcone. W celu określenia stopnia zniekształcenia chondr wprowadzono tzw. typy petrologiczne od 1 do 6 (niekiedy 7), gdzie typ 3 oznacza chondry zachowane w stanie pierwotnym, cyfry niższe (2 i 1) oznaczają rosnącą alterację w środowisku wodnym, natomiast cyfry wyższe (4, 5, 6 czy 7) wzrost alteracji poprzez metamorfizm termiczny. Dla typów 6 i 7 chondry praktycznie rozpływają się w „cieście skalnym”, co wiąże się z wysokim ciśnieniem i temperaturą panującymi we wnętrzach ciał macierzystych meteorytów. W związku z tym stworzono model struktury tych ciał, gdzie materia o typie 6 i 7 znajduje się w pobliżu ich środka, natomiast warstwy przypowierzchniowe są tworzone przez materię o typie petrologicznym równym 3 [Fig. 4.]. Na powierzchni spoczywa jeszcze zwykła brekcja regolitowa – meteoryty z niej pochodzące poznaje się zarówno dzięki charakterystycznej strukturze, jak też uwięzionym w ich materii cząstkom wiatru słonecznego.

Znacznie rzadsze są chondryty węgliste, które zawierają znaczącą zawartość węgla i materii organicznej. Właśnie w tych meteorytach niejednokrotnie stwierdza się ślady działalności wody w stanie ciekłym.

W celu sprawdzenia, czy rzeczywiście materia różnych typów planetoid przypomina materię powyższych rodzajów meteorytów kamiennych, porównano widma światła odbitego od powierzchni wybranych planetoid i sproszkowanego (w celu „symulacji” regolitu powierzchniowego) meteorytów [Fig. 5.]. Podobieństwa są uderzające i świadczą o rzeczywistej więzi między tymi dwiema klasami obiektów.

W celu ustalenia, czy można przypisać znajduwane na Ziemi meteoryty do konkretnych planetoid (czy innych obiektów), poniżej przedstawiono wybrane typy meteorytów.

Chondryty węgliste

Typ CI1 (np. Orgueil, Ivuna) – jest to mikroregolitowa brekcja ferrihydrytowa z serpentynitem i saponitem powstałymi w środowisku wodnym. Wiek meteorytu to 4,564–4,560 mld lat, co oznacza, że jest to jedna z najstarszych zachowanych skał w Układzie Słonecznym. Co ciekawe, przez długi czas woda w stanie ciekłym oddziaływała na materiał meteorytu w niskiej temperaturze, zo-

* Dr Tomasz Ścieżor jest fizykiem, pracownikiem Politechniki Krakowskiej.

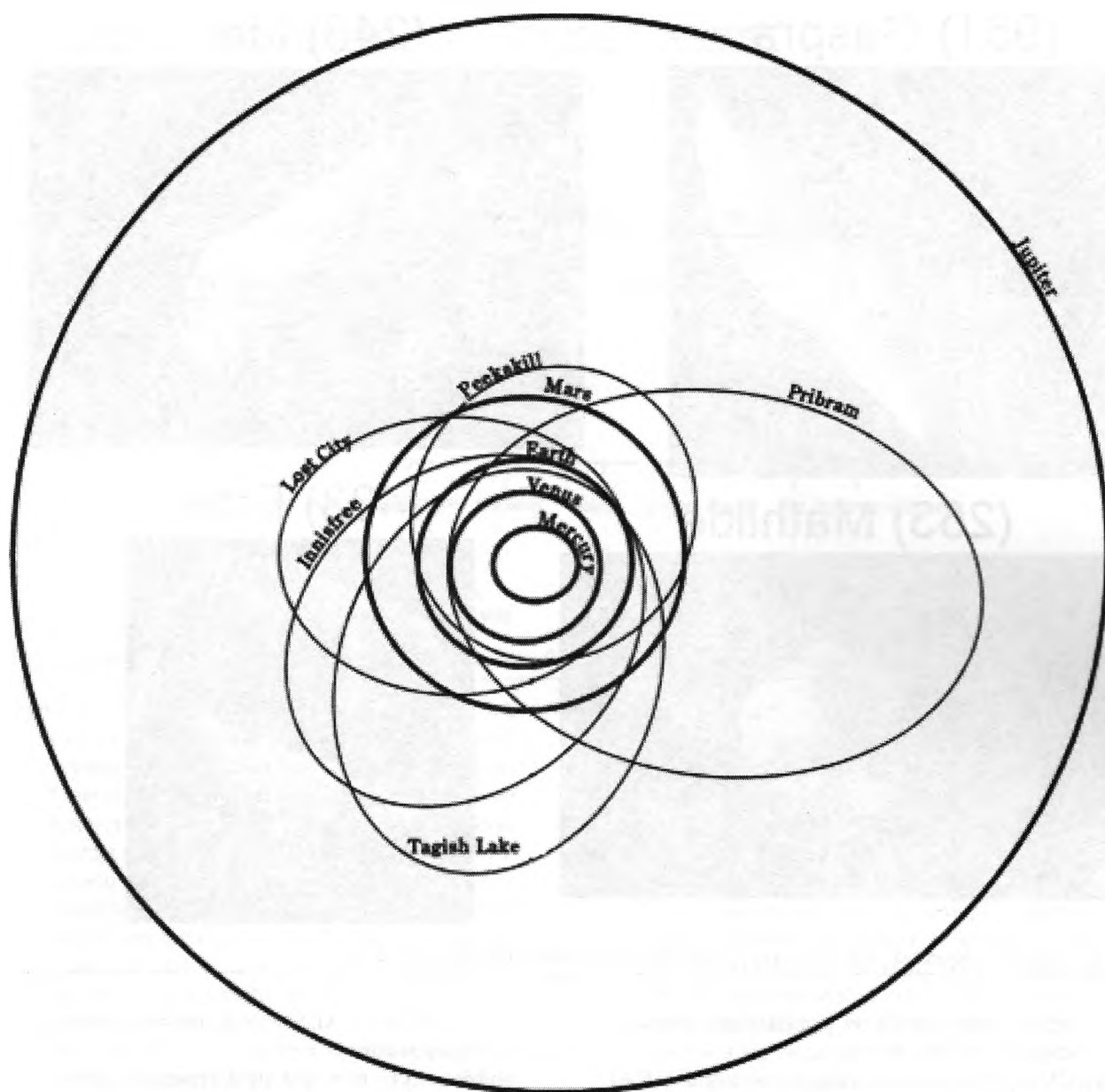


Fig. 1. Orbits znanych meteoroidów. [METEORITES: A Systematic Classification Through Photographs, <http://www.meteoritestudies.com/>, pobrane 21 I 2005 r.].

stał on dopiero podgrzany przy impakcie, który wybił meteoroid z ciała macierzystego. Meteority tego typu nie posiadają chondr, są za to obecne ziarna presolarnego grafitu, diamenty itp. Stwierdzono także obecność aminokwasów, m.in. alaniny i glicyny.

Wszystkie te dane świadczą o tym, że źródłem tego typu meteorytów mogą być komety. Wskazują także na to najnowsze dane dotyczące struktury i składu komet, pochodzące z badań misji *Deep Impact*.

Typ CM2 (np. Murchison) — posiada chondry o rozmiarach 0,1–0,5 mm, składające się z oliwinu i piroksenu, zanurzone w ciemnej macierzy, stanowiącej 48% objętości meteorytu. Widoczna jest wyraźna alteracja wodna w temperaturze niższej od 50°C. Powstały około 4 j.a. od Słońca, gdzie woda stanowiła 4–18%. Węgiel stanowi 2–2,5%, azot 0,09–

0,10%. Stwierdzono obecność policyklicznych węglowodorów aromatycznych (PAH), 79 aminokwasów (powstałych poprzez fotolizę ultrafioletową lodów międzygwiazdowych), elementów bazy DNA i RNA (7 kwasów dia-minowych), powstałych przez irradację lodów organicznych przez promieniowanie kosmiczne oraz składników cukrów (budulce RNA i DNA). Co ciekawe, obecne w meteorytach tego typu kwasy tłuszczowe w warunkach alkalicznych tworzą błony — strukturę komórkową z możliwością autoreplikacji. Występują w nich także diamenty i grafit z nukleosyntezy w gwiazdach węglowych i super-nowych.

Widmo tej klasy meteorytów jest podobne do widma planetoid typu C. Podejrzane o „macierzyństwo” są zwłaszcza dwie planetoidy tego typu, (19) Fortuna i (13) Egeria, gdyż ich

(951) Gaspra



(243) Ida



(253) Mathilde



(433) Eros



Fig. 2. Obrazy planetoid otrzymane przy pomocy sond kosmicznych [NASA/JPL].

orbity znajdują się w pobliżu rezonansów w układzie Słońce-Jowisz.

Typ CV (np. Allende) — zawiera tzw. inkluzje CAI (CaAl), powstałe z kondensacji w wysokich temperaturach (odparowały Fe i Mg). Przypuszcza się, że inkluzje CAI powstały w mgławicy słonecznej w czasie akrecji (może jeszcze w fazie T Tauri). Po akrecji przez około 15 mln lat materia tych meteorytów poddana była niskotemperaturowej alteracji wodnej (w niektórych widać nawet procesy sedymentacyjne), po których nastąpiła dehydracja. Ostatnie badania wskazują, że CAI pierwotnie wchodziły w skład dużych ciał, podgrzanych poprzez promieniotwórczy rozpad Al^{26} i zmetamorfizowanych, które potem uległy rozbiciu. W meteorytach tych znaleziono również diamenty i SiC, którego źródłem zapewne był wybuch bliskiej supernowej około 4,56 mld lat temu, a także fullereny. Praktycznie jedynym „podejrzany” źródłem chondrytów CV jest planetoida (599) Luiza, krążąca w pobliżu rezonansu 5:2.

Typ CO (np. Isna) — w meteorytach tego typu znaleziono zmetamorfizowany SiC, diamen-

ty i inkluzje CAI. Stwierdzono także ślady alteracji wodnej.

Meteoryty te wiąże się z typem K planetoid z grupy (221) Eos, zwłaszcza (653) Berenike, krążącą w pobliżu rezonansu 9:4.

- Typ C (jedynie Tagish Lake) — najprymitywniejszy znany meteoryt, zawierający aż 5,8% węgla. Zawiera także wodę związaną w hydratách i zaabsorbowaną w minerałach. Na jego materiał składają się dwie fazy: uboga w węgiel, związana z alteracją wodną w temperaturze niższej od 100°C, oraz bogata w węgiel, związana z alteracją wodną w temperaturze wyższej od 300°C. Zawiera znacznie mniej związków organicznych, niż typ CM. Głównie są to PAH z mgławicy protosłonecznej. W całej swojej historii przebywał w bardzo niskich temperaturach.

Widmo meteorytu Tagish Lake jest podobne do klas D i T planetoid z zewnętrznej części Pasa Głównego (aphelium 3,3 j.a.). „Podejrzana” jest zwłaszcza planetoida (308) Polyxo. Co ciekawe, tego samego typu są satelity Marsa, Phobos i Deimos!

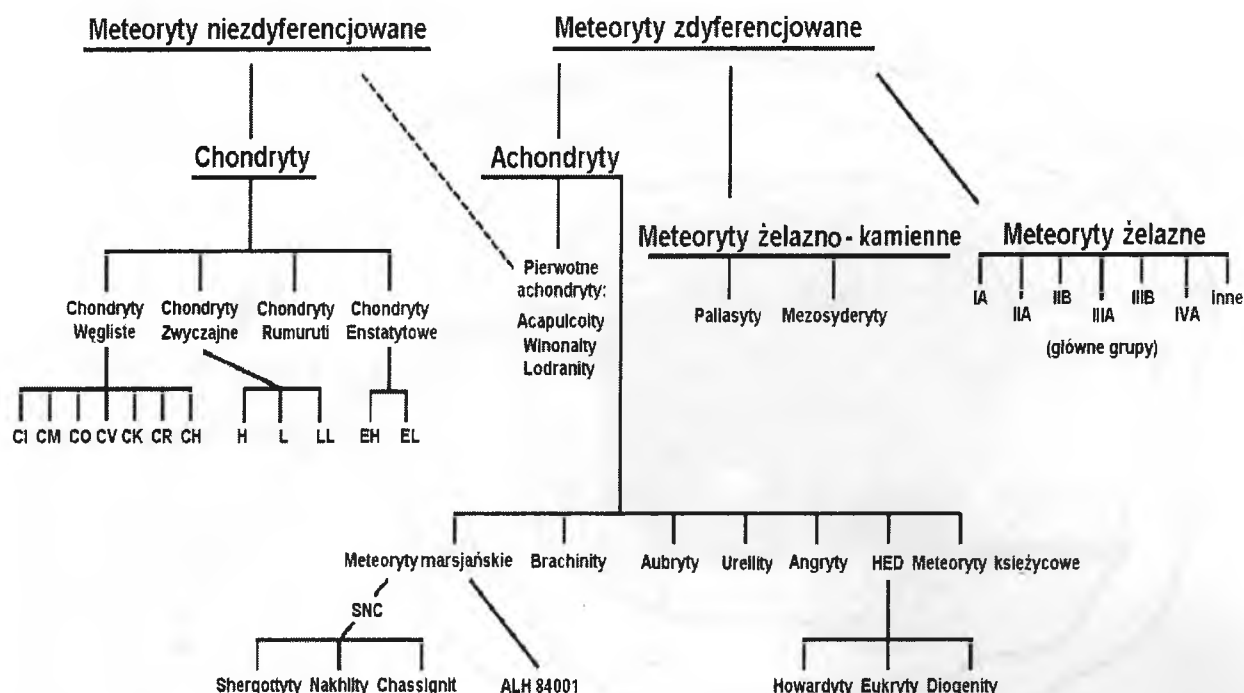


Fig. 3. Klasyfikacja meteorytów [M. Żmudzka *Nowa klasyfikacja meteorytów*, „Komeciarz” 38, 4/2004].

Typ CR – chondry stanowią 50–60% objętości, często są otoczone żelaznymi obwódkami, występują też „chondry” żelazne (kamacyt i taenit, 5–9%). Skondensowały w wysokich temperaturach w mgławicy słonecznej. Wykazują wysoki stopień alteracji wodnej w temperaturze 100–150°C.

Możliwe, że powstałe na skutek impaktów żelazo-niklowe „baseny powierzchniowe” na powierzchni ich ciała macierzystego są materiałem źródłowym dla meteorytów żelaznych typów IAB–IIICD.

Jako źródło tego typu meteorytów podaje się identyczną pod względem widma planetoidę (2) Pallas.

Chondryty zwyczajne

- Typ L – meteoryty kamienne o niskiej zawartości FeO.

Analiza izotopowa wskazuje, że wszystkie chondryty L powstały w wyniku rozpadu jednego ciała macierzystego około 480 mln lat temu (w warstwie geologicznej Ordowiku stwierdzono stukrotny wzrost mikrometeorytów tego typu). Prawdopodobnie rozpad ten nastąpił w pobliżu rezonansu 3:1 bądź 5:2. Pozostałością wokółsłoneczną tego rozpadu jest około 800 planetoid należących do rodziny Flory.

Typ H – meteoryty kamienne zawierające 40% FeNi, natomiast 60% materii chondrytowej (co ciekawe, niekiedy zawierają sól NaCl). Badania wykazują, że wszystkie znane chondryty H pochodzą z jednego ciała, a ich źródłem były dwa impakty w jego powierzchnię, zaśle 7 i 7,6 mln lat temu. Co więcej, z basenów powierzchniowych tego samego ciała pocho-

dzą meteoryty żelazne typu IIE (np. Miles). Obszary przejściowe między tymi basenami a materią chondrytową reprezentuje meteoryt Portales Valley.

Niewątpliwą „ojczyzną” chondrytów typu H jest planetoida (6) Hebe. Nie tylko świadczy o tym jej widmo, lecz także położenie w pobliżu rezonansów v_6 i 3:1, co daje bardzo wydajny transport jej materii w okolice Ziemi. Analizy wykazały, że odłamki z planetoidy Hebe mogą stanowić aż 10% całkowitego strumienia spadających na Ziemię meteorytów, co pokrywa się ze stwierdzonym rozpowszechnieniem chondrytów typu H.

Chondryty enstatytowe

Typy EL i EH – prawdopodobnie zarówno EL, jak i EH pochodzą z tego samego ciała, gdzie 55% stanowiła położona bliżej powierzchni materia EL. Głównym minerałem tych meteorytów jest enstatyt, praktycznie brak jest utlenionego metalu. Meteoryty te powstały prawdopodobnie w okolicach Ziemi lub Wenus (być może w odległości 1–1,4 j.a. od Słońca). Metamorfizacja EH6 byłaby związana z ciepłym wnętrzem ciała macierzystego, metamorfizacja EL6 z aktywnością młodego Słońca. Podobne widmo do chondrytów enstatytowych mają planetoidy (434) Hungaria, (44) Nysa i (64) Angelina, jednakże nie jest to pewne źródło ich pochodzenia.

Achondryty

Zupełnie odrębną grupę meteorytów stanowią achondryty. Są to meteoryty, których materia uległa silnej metamorfizacji, typu magmowego, na ciałach typu planetarnego.

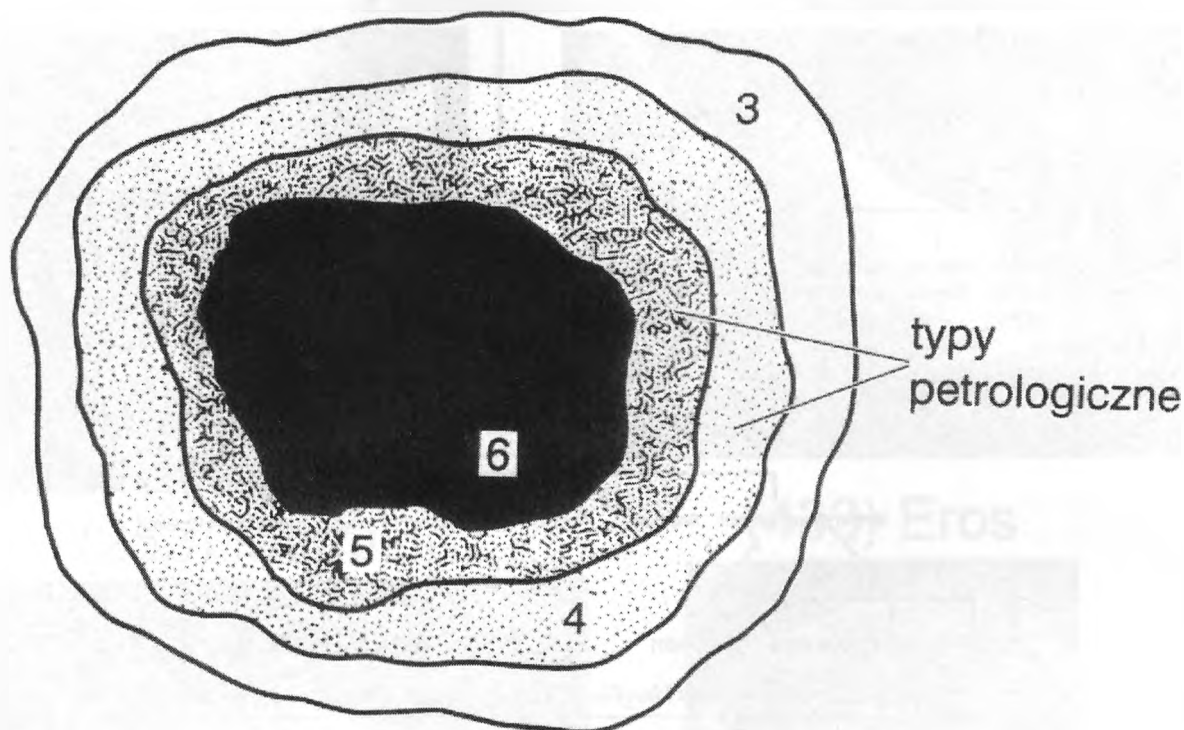


Fig. 4. Budowa ciała macierzystego chondrytów zwyczajnych [A. S. Pilski *Nieziemskie skarby*, Warszawa 1999].

Angryty — najstarsze bazalty w Układzie Słonecznym, ich wiek jest równy wiekowi inkluzji CAI, znanych z chondrytów węglistych. Powstały w ciągu 3 mln lat po pierwszych kondensatach w Układzie Słonecznym.

Analizy wykazały, że wszystkie angryty pochodzą z jednego ciała macierzystego. Pozostałością tego samego ciała mogą być planetoidy (289) Nenetta i (3819) Robinson.

Meteority z grupy HED — Howardyty, Eukryty i Diogenity.

Wszystkie meteority HED pochodzą z tego samego ciała macierzystego. Howardyty stanowią "gruz" regolitowy (mieszanina leżących niżej diogenitów i eukrytów) z powierzchni planetoidy. Eukryty są fragmentami oceanu magmowego, który w głębszych warstwach ma naturę diogenitową. Impakty, które „wyprodukowały” omawiane meteority, miały miejsce 22 i 39 mln lat temu.

Na podstawie badań meteorytów zbudowano następujący model ciała macierzystego: w środku planetoidy znajduje się jądro, o średnicy 75 km, otoczone płaszczem oliwinowym, o grubości 150 km, nad nim znajduje się 13 km warstwa diogenitowa, na niej cienka skorupa eukrytowa, przysypana „gruzem” howardytowym.

Jedynym kandydatem na ciało macierzyste HED jest planetoida (4) Westa, o średnicy 525 km. Na podstawie obserwacji określono, że powierzchnię planetoidy pokrywa skorupa bazaltowa o grubości 10–25 km. Przy biegunie po-

łudniowym widoczny jest krater, o średnicy 460 km i głębokości 13 km, niewątpliwie źródło materiału meteorytowego [Fig. 6.].

Można także dodać, że Westa krąży w pobliżu rezonansów v_6 i $3:1$, a identyczne widma jak ona i howardyty ma grupa małych planetoid, tzw. Westoidy, „łączących” orbitę Westy z orbitą Ziemi. Oznacza to, że w omawianym przypadku znamy nie tylko ciało macierzyste i miejsce pochodzenia materii meteorytowej, lecz także „pas transmisyjny” przekazujący meteority na Ziemię!

Aubryty — podobnie jak w przypadku chondrytów enstatytowych, głównym minerałem jest enstatyt, jednak pochodzą one z innego niż one ciała. Widmowo są zbliżone do niektórych planetoid z grupy Apollo. Jako źródło podaje się jednak głównie rodzinę planetoidy (434) Hungaria, a zwłaszcza planetoidę (3103) Eger.

Meteority z grupy SNC — Szergotyty, Nakhliity i Chassignity.

Bazalty pochodzenia marsjańskiego, szergotyty, pochodzą prawdopodobnie z krateru Zunil (o średnicy 10,2 km) oraz z podstawy wulkanu Ceraunius Tholus. Wybite meteorytów z powierzchni Marsa nastąpiło 3 mln, 1,2 mln, oraz 0,73 mln lat temu. Nakhliity są głęboką magmą plutoniczną. Chassignity pochodzą być może z obszaru Syrtis Maior.

Lunaity — meteority pochodzące z Księżyca, zarówno brekcje regolitowe, jak też bazalty z mórz księżycowych.

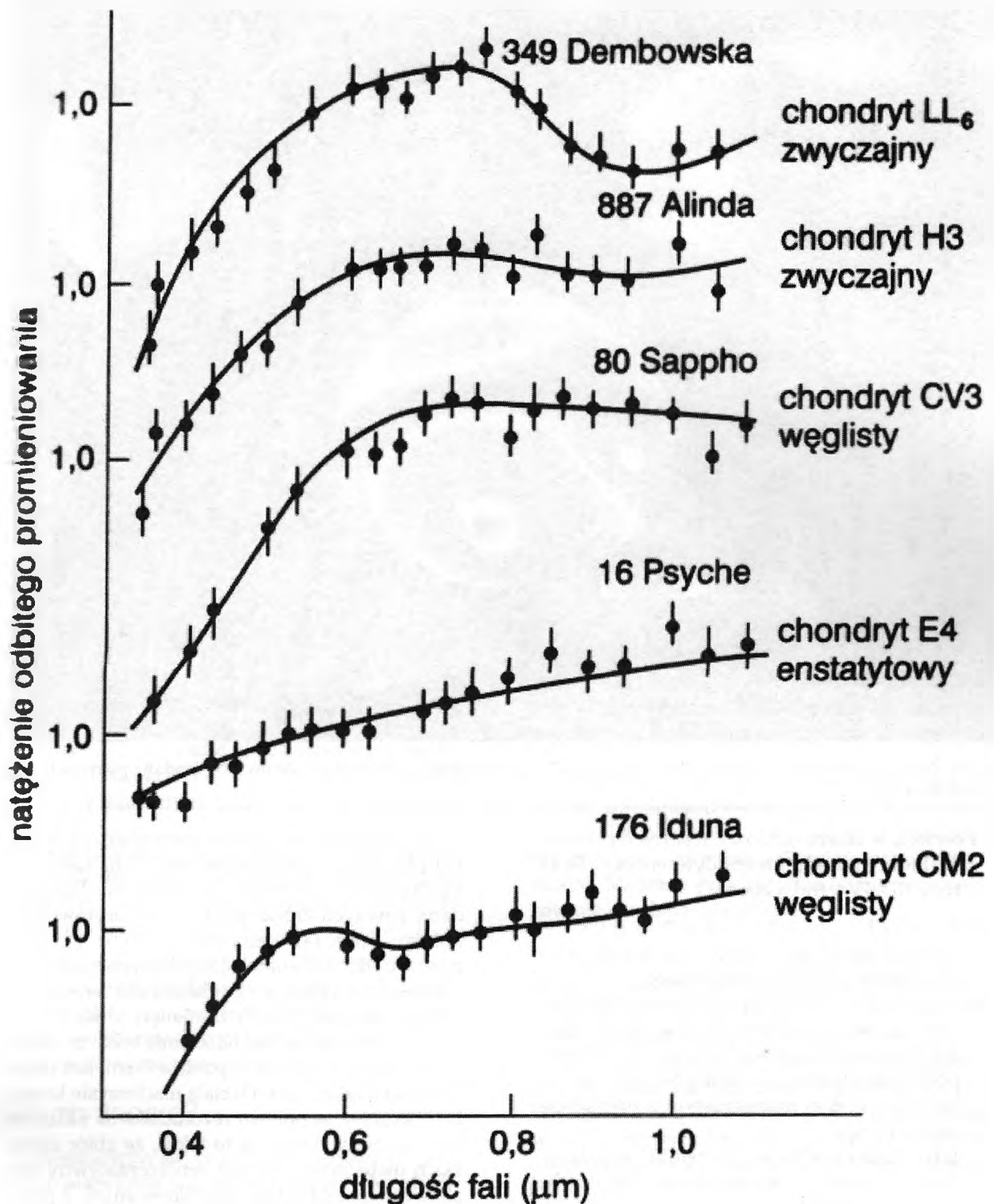


Fig. 5. Porównanie widm światła odbitego od powierzchni planetoid (punkty) i od sproszkowanych meteorytów (linie ciągłe) [A. S. Piłski *Nieziemskie skarby*, Warszawa 1999].

Meteoryty żelazne

Całkowicie odrębną grupę stanowią meteoryty żelazne, które pod względem pochodzenia można podzielić na cztery grupy.

1. Powstałe na skutek szybkiego schładzania płynnych żelazo-niklowych basenów powstałych na powierzchni planetoidy o naturze chondrytów węglistych wskutek uderzeń innych ciał.

Są to typy IAB, IB, IC, IIICD (np. Morasko, Canyon Diablo), IIAB (np. Sikhote Alin).

2. Powstały w basenach powierzchniowych częściowo zdyferencjowanej planetoidy o naturze chondrytu zwyczajnego, podobnego do typu H. Jest to typ IIE (np. Miles).

3. Powstałe we wnętrzu planetoid, które przeszły proces dyferencjacji. Jest to typ III AB (np. Cape York). Wszystkie mają wiek 650 mln lat.

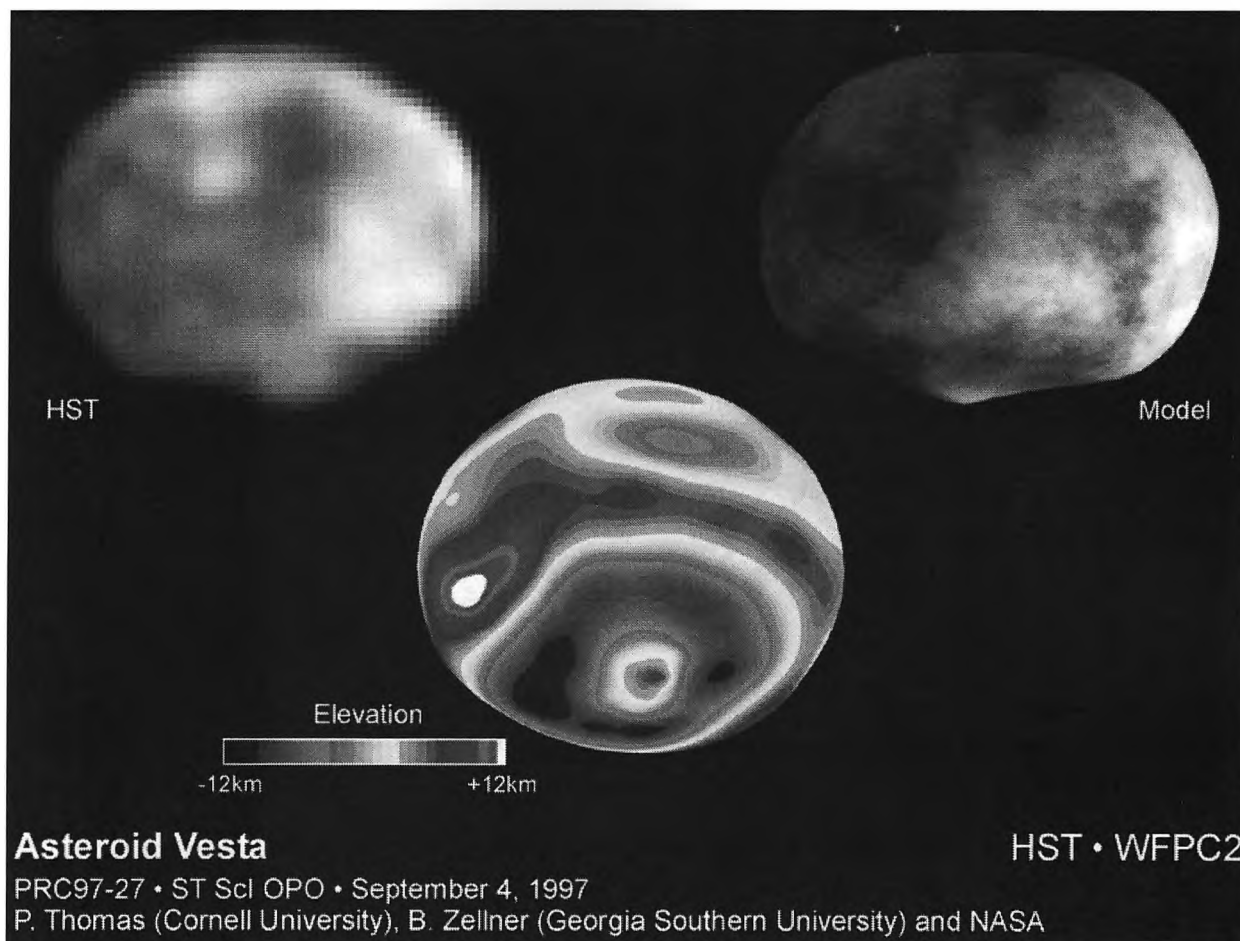


Fig. 6. Zdjęcie z teleskopu Hubble'a (po lewej), model (po prawej) i mapa wysokościowa (w środku) planetoidy (4) Westa [NASA].

4. Powstałe w żelazo-niklowych jądrach planetoid, które przeszły proces dyferencjacji. Są to typy IID, IVA (np. Gibeon).

Meteority żelazo-kamiennie

Wśród meteorytów żelazo-kamiennych można wyróżnić następujące.

Mezsyderyty – powstałe na skutek rozbicia i ponownej akrecji planetoidy o średnicy 200–400 km, zdyferencjowanej z jądrem. Prawdopodobnie impaktor o średnicy 50–150 km zderzył się z ciałem macierzystym z prędkością około 5 km/s.

Jako źródło podaje się planetoidy z rodziny Marxia i Aqura, w szczególności (16) Psyche (264 km) i (17) Thetis.

Pallasyty – pochodzą z granicy między jądrem żelazo-niklowym a krzemianowym płaszczem. Powstały w tym samym ciele macierzystym, co meteority żelazne typu IIIAB. Oznacza to, że ciało to uległo całkowitemu rozbiciu.

Tektyty

Na koniec trzeba wspomnieć jeszcze o jednym rodzaju materii kosmicznej, jakim są tekstyty. W tym przypadku nie tylko jednak nie można podać źródła ich pochodzenia, lecz nawet nie można wskazać z całą pewnością procesu, który doprowadził do ich powstania.

Podsumowując, można stwierdzić, że badania planetoid i meteorytów pozwalają niekiedy z całą pewnością powiązać je wzajemnie. Przykładami pewnych źródeł materii meteorytowej są: Księżyc, Mars, (4) Westa oraz (6) Hebe. Do tego można dodać kilkanaście innych hipotetycznych. Co ciekawe, wydaje się że ciałami macierzystymi meteorytów jest pewien zamknięty zbiór planetoid. Po prostu spadają na Ziemię tylko te meteority, których przylot w pobliżu Ziemi jest możliwy, czyli takie, których ciała macierzyste krążą, bądź krążyły, w pobliżu rezonansów w układzie Słońce-Jowisz. Oznacza to także, że zbiór ziemskich meteorytów nie jest reprezentatywny dla zbioru planetoid w Układzie Słonecznym. Z pewnością jest wiele rodzin planetoid, z których na Ziemię nigdy nie spadł, i nie spadnie, żaden meteoryt.

BIBLIOGRAFIA

- A. S. Pilski *Nieziemskie skarby*, Warszawa 1999.
- A. S. Pilski *Materia Układu Słonecznego z kolekcji Kazimierza Mazurka*, Frombork 2004.
- METEORITES: A Systematic Classification Through Photographs*, <http://www.meteoritestudies.com/>, pobrane 21 I 2005 r.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WYNIKÓW ZAKRYĆ PLANETOIDALNYCH I INNYCH PRZEZ MAŁE CIAŁA UKŁADU SŁONECZNEGO

Każdy z zakryciowców doskonale wie, do czego obserwacje zakryć przez małe ciała układu Słonecznego mogą służyć.

Podsumujmy podstawowe korzyści płynące z naszych obserwacji w tej dziedzinie:

- badanie parametrów orbity – precyzyjna astrometria;
- badanie profilu (i co za tym idzie rozmiarów) planetoidy w danej fazie;
- badanie (potwierdzenie) okresu rotacji;
- weryfikacja posiadania satelitów przez małe ciała.

Pamiętamy tak udane akcje, jak Tercidina, Alphonsina, Bertholda oraz opracowania innych obserwacji wykonane w Polsce. Wszyscy obserwatorzy mogą w wynikach obserwacji odnaleźć swój własny udział.

Wyniki naszych analiz są obiektem zainteresowania nie tylko tradycyjnie zajmujących się tą tematyką EAON i IOTA, ale również MPC, USNO czy JPL i wielu innych, o których może nawet nie wiemy.

Widzimy więc, że nasze obserwacje są powszechnie używane. Warto jednak zastanowić się nad innym sposobem wykorzystania naszych wyników.

Tutaj nasuwa się myśl użycia wygenerowanych z obserwacji zakryciowych profili planetoid do wymodelowania ich trójwymiarowego kształtu. Jak się okazuje, współpracując z fotometrykami możemy osiągać ciekawe wyniki.

JAK TO ZROBIĆ?

Zastanówmy się, co potrzeba nam, by poznać kształt planetoidy w trzech wymiarach. Niezbędna będzie krzywa blasku, rozmiar planetoidy w obu jej osiach, albedo planetoidy. Jak jest źródło tych danych?

Krzywą blasku musi dostarczyć fotometrysta, musi to być krzywa wygenerowana w miarę jak najbliżej czasu zakrycia, by jak najbardziej odzwierciedlała zachowanie planetoidy w badanym czasie. Rozmiar planetoidy, to nasze zadanie; im lepiej wykonamy obserwację, tym lepiej poznamy jej rozmiar. Albedo... i tu zaczyna się problem, który jednak zakrycia pomogą nam rozwiązać. Problem z albedo polega na tym, że w większości przypadków wartość ta jest czysto teoretyczną

stałą, zależną od typu planetoidy. Na przykład planetka 79 Eurynome, będąca ciałem typu S, posiada teoretyczne albedo $0,27 \pm 0,01$ (Tholen 1989). Jest to wartość wyliczona według modelu albedo dla każdego z typów ciał. To teoretycznie najsłabszy punkt potencjalnej analizy. Jednak da się wyeliminować tę niedogodność.

Musimy poznać, to zadanie fotometrysty, jasność planetoidy tuż przed zakryciem, zanim gwiazda zleje się z planetką, uniemożliwiając pomiar jasności. Jeśli obserwacja zakryciowa pozwoli nam poznać profil planetoidy, to będzie możliwość policzenia albedo, gdyż będziemy znali powierzchnię odbijającą i jasność.

Oczywiście musimy tak dobrać czas fotometrii przed zakryciem, by planetoida w czasie zakrycia miała taką samą fazę, jak podczas fotometrowania. Metoda ta może być trudna do wdrożenia w przypadku planetek o krótkim okresie rotacji.

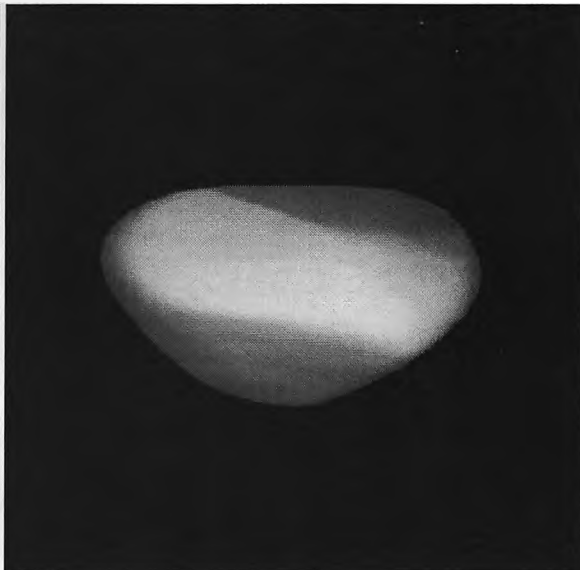
Mamy teraz wszystkie elementy. My, zakryciowcy, uzyskując dobre wyniki, podajemy profil – rozmiar planetoidy, fotometryści wykonują pomiary jasności przed zakryciem oraz krzywą blasku. Możemy policzyć albedo zindywidualizowane dla danej planetki.

Dalsza praca polega na poskładaniu wszystkiego w sensowną całość. Każdy student ostatnich lat astronomii czy fizyki nie powinien mieć problemu z wymodelowaniem kształtu ciała.

Skoro znamy jasność planetoidy w danej, wyliczonej przez zakrycia fazie, wystarczy, że zlokalizujemy daną jasność na krzywej blasku i znając wcześniej wyliczone albedo można pokusić się o wykonanie takich diagramów, jak ten na sąsiedniej stronie.

Jak widać, możemy niezmiernie szeroko użyć naszych obserwacji. Taka praca jest możliwa we współpracy z astronomami zawodowymi. Mgr Michał Drahus z UJ, który to zaproponował tego typu działania, jest gotów nam pomóc od strony fotometrycznej przy organizacji tego typu akcji.

Oczywiście taka akcja wymaga koordynacji ogólnoeuropejskiej, koledzy z innych krajów są żywo nią zainteresowani i obiecują pomoc. Kilkunastu z nich zadeklarowało się wspomagać działania analityczne, a pan H. H. Cuno obiecał wykonać odpowiednie oprogramowanie.



Myślę, że tego typu działalność jest przyszłością naszych obserwacji; wymaga to jednak skoordynowania i współpracy ze środowiskiem astronomicznym na co dzień nie zaangażowanym w tematykę zakryciową.

Wszystkie pytania i komentarze można kierować na adres e-mail: *astromax@poczta.onet.pl*.

Z ostatniej chwili:

Tematem użycia naszych obserwacji i analiz staram się zainteresować środowisko badaczy ciał naszego układu planetarnego z Polski. Niestety, wielu z nich nie wykazuje najmniejszej chęci współpracy, w przeciwieństwie do kolegów z zagranicy. Już po ESOP w Helsinkach odezwał się do mnie Pan dr F. Cone z Paryża obiecując wszelką pomoc merytoryczną i obserwacyjną w przypadku chęci poprowadzenia takiej akcji.

JAK CHCEMY POPULARYZOWAĆ ASTRONOMIĘ? JAK DALEJ ROZWIJAĆ NASZE PASJE POPULARYZATORSKIE?

Popularyzacja astronomii – temat rzeka. Każdy ma różne stanowisko na temat jak to robić – zachęcać do astronomii w ogóle, trafiać do konkretnego człowieka z konkretną propozycją... Wiele pomysłów, inicjatyw. Zawsze w naszych popularyzatorskich akcjach jest jeden problem – pieniądze – to zawsze bariera. Mamy pomysł, wiemy jak go realizować lecz nie mamy za co.

Dzisiejsza pozycja Polski, członkostwo naszego kraju w Unii Europejskiej, daje duże możliwości uzyskania dofinansowania naszej popularyzatorskiej działalności.

Jest wiele programów Wspólnotowych, które dają możliwość uzyskania pomocy. Można by napisać cały cykl artykułów na ten temat. Jednak nie jest to odpowiednie miejsce do umieszczania takich informacji.

Postaram się jednak przedstawić tu możliwości jakie daje jeden z programów Unii Europejskiej, dzięki któremu działa w województwie łódzkim inicjatywa „Zostań Młodym Kopernikiem”.

Program „Młodzież” jest programem Komisji Europejskiej skierowany do młodzieży w wieku 15-25 lat oraz pracowników młodzieżowych, wspierający uczestnictwo w kształceniu pozaszkolnym, czyli edukacji nieformalnej.

Cele programu to:

- przezwyciężanie uprzedzeń i stereotypów zakorzenionych w mentalności i kulturze młodych ludzi;
- przygotowywanie młodzieży do aktywnego uczestnictwa w życiu społecznym państw europejskich;
- rozwijanie osobowości młodych ludzi;
- zwiększanie udziału w życiu społecznym młodzieży z mniejszymi szansami.

Jak widać, nasze działania popularyzatorskie są w stu procentach kompatybilne z powyższymi celami. My, poprzez astronomię, możemy osiągnąć właśnie takie efekty.

Program „Młodzież” daje bardzo duże możliwości. Wszystko zależy od naszej inwencji.

To, jakie formalne wymogi trzeba spełnić i jakie czynności wykonać by otrzymać dofinansowanie, najlepiej opisuje strona internetowa programu – www.mlodziez.org.pl.

Dla zachęty przedstawię inicjatywę „Zostań Młodym Kopernikiem”.



Logo programu opracowane przez plastyka Krzysztofa Rajpolda.

Pomysł na zorganizowanie tego typu akcji narodził się już kilka lat temu. Jednak wyżej wymieniony powód, czyli fundusze, uniemożliwiał rozpoczęcie działań. Jakże to działania. Można powiedzieć, że jest to skoordynowane i zorganizowane wyjście z astronomią do dzieci i młodzieży w małych miastach i wsiach. Zależało też nam na tym, by każdy mógł wybrać obiekt i sam go odnaleźć, wchodził więc w grę teleskop z GOTO. Jak widać, tego typu przedsięwzięcie, to duże wydatki – jazda samochodem, teleskop; trzeba doliczyć promocję, ulotki itd.

Nagle stanęła przed nami wspaniała perspektywa. Program „Młodzież”. Skrzyknąłem się na spotkanie z kilkoma osobami z naszego PTMA – młodymi osobami i cóż... powiedziałem o myśle. I tak się zaczęło. Zrobiłem rekonesans – czy jest zainteresowanie taką działalnością, ile pieniędzy potrzeba na kilkumiesięczne prowadzenie akcji. Potem pisanie wniosku. Nie wiem, czemu na niektórych stronach internetowych tak straszą, ale pisanie wniosku nie jest trudne, pod warunkiem, że jesteśmy dobrze przygotowani, to znaczy mamy dobrze wszystko przemyślane i wiemy, czego chcemy. Do tego może się przydać znajomość terminów używanych w aplikacjach Unijnych. Wniosek złożyliśmy listownie w lutym, a 24 marca dowiedzieliśmy się, że został zaakceptowany.

I tak od 1 lipca realizujemy projekt. Realizujemy, bo jesteśmy tak zwaną grupą inicjatywną, nazywaną tak jak program – „Zostań Młodym Ko-

KRÓTKIE WYSTĄPIENIA

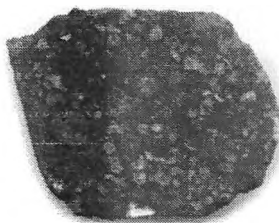
pernikiem". W Planetarium i Obserwatorium Łódzkim powstało biuro (remont sfinansowano też z funduszy programu „Młodzież”) – tam trzymamy wszystkie papiery i spotykamy się z zainteresowanymi, udzielamy porad na temat kupna sprzętu, prowadzenia własnych obserwacji, pisanie prac konkursowych itd. Media wykazały się wielkim sercem i bez najmniejszego „ale” popularyzują akcję. Po każdej publikacji telefon i mail są rozgrzane do czerwoności. My oczywiście nie dajemy też spokoju – nasze ulotki rozesłaliśmy do potencjalnie zainteresowanych instytucji pracujących z młodzieżą i dziećmi. Również mieszkańcy Łodzi mają dostęp do naszego programu za pomocą warsztatów astronomicznych, które odbywają się raz na miesiąc w Planetarium. Szczególną grupą odbiorców są dzieci i młodzież niepełnosprawna. Są oni szczególnie zainteresowani tak niezwykle formą edukacji. Przyznam oczywiście, że spotkania z upośledzonymi i chorymi dziećmiakami są najwspanialsze. Dzieci tak wspaniale reagują na przykład na M 13 czy też Księżyc. Każdy uczestnik naszych działań otrzymuje piękny imienny certyfikat w 2 językach – polskim i angielskim oraz ulotkę pamiątkową, która też

uprawnia do zniżki na kupno własnej lornetki czy teleskopu w jednej z firm dystrybucyjnych. *À propos* firm – praktycznie wszyscy dystrybutorzy sprzętu astronomicznego obiecali nam zniżkę na kupno teleskopu dla naszego programu. Wybraliśmy tę najlepszą cenowo i jakościowo ofertę i dla potrzeb Programu kupiliśmy Celestrona N8 ASGT na montażu CG5 GT. Na marginesie dodam, że to wspaniały sprzęt, dający piękne obrazy. Nasz program potrwa do kwietnia 2006 r. Planujemy dalej jeździć z naszymi astrowarsztatami po całym naszym województwie. W październiku dla najbardziej zainteresowanych odbędą się warsztaty fotografowania kamerami CCD. Przed nami jeszcze wiele pracy, ale warto...

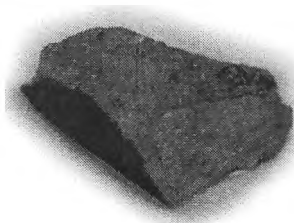
Zachęcam kolegów do prowadzenia podobnej działalności, bo nie tylko robimy coś dla społeczności lokalnej, ale też zdobywamy nowe doświadczenia i poznajemy wspaniałych ludzi. Zainteresujcie się możliwością finansowania projektów z funduszy Unii Europejskiej.

Zapraszam na stronę programu: www.zmk.astronomia.pl.

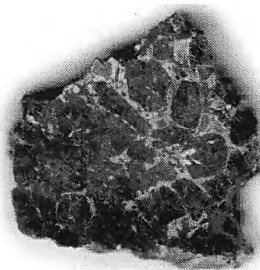
Do powyższego opisu wykorzystane zostały materiały ze strony www.mlodziej.org.pl.



Allende,
chondryt węglisty CV3



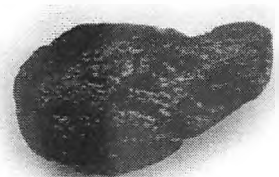
Bensour,
chondryt zwyczajny LL6



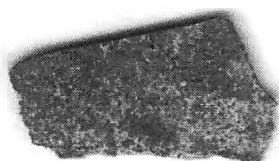
Brahin, pallasyt



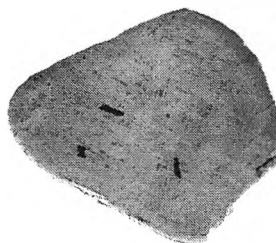
Canyon Diablo,
oktaedryt IA



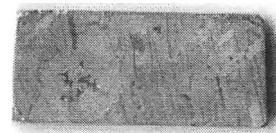
tektyt, chinit



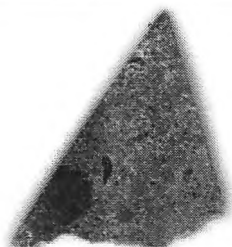
El Hammami,
chondryt zwyczajny H5



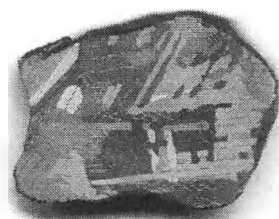
Gibeon, oktaedryt IVA



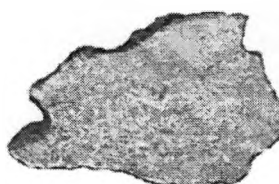
Klamath Falls,
oktaedryt IIIF



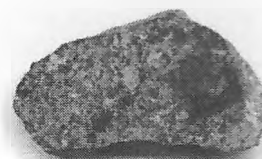
Mt Tazerzait,
chondryt zwyczajny L5



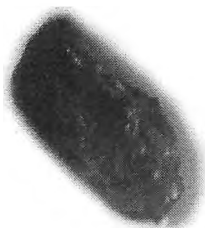
Mundrabilla,
oktaedryt III CD



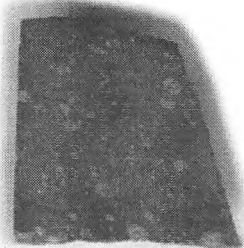
North West Africa 769,
eukryt



North West Africa 869,
chondryt zwyczajny L5



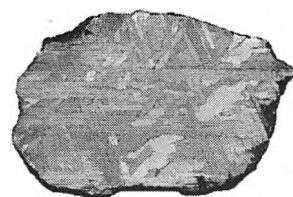
North West Africa 998,
nakhlit



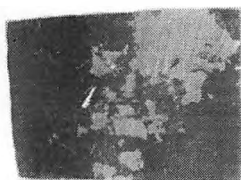
Sahara 97103,
chondryt enstatytowy EH3



Seymchan, oktaedryt IIE



Toluca, oktaedryt IA



Łowicz, mezosyderyt



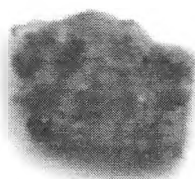
Dar al Gani 779, howardyt



Tatahouine, diogenit



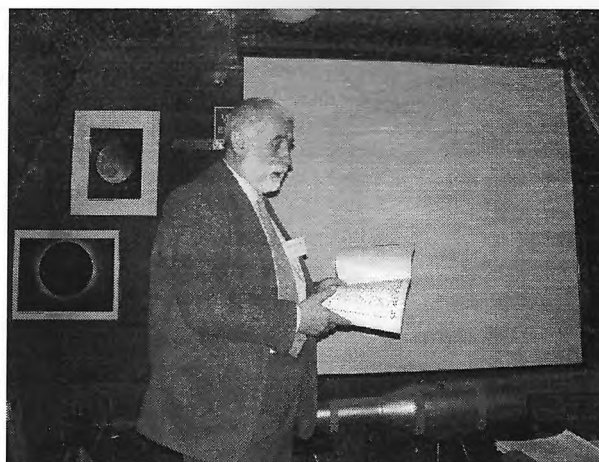
Mt Egerton, aubryt



Sahara 99555, angryt



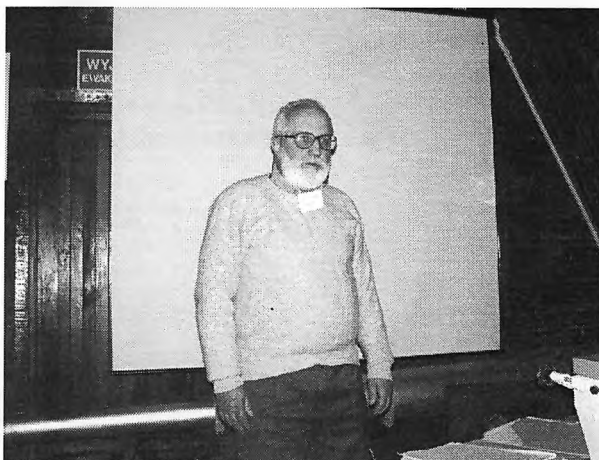
Dr Mietelski mówi o czasie.



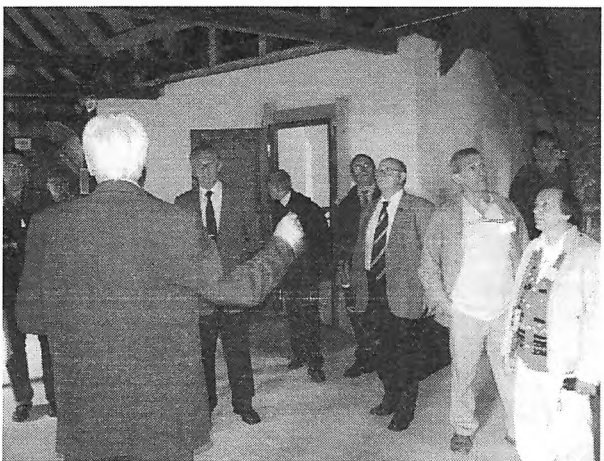
Dr Brancewicz wspomina historyczne obserwacje zakryciowe w Obserwatorium Astronomicznym UJ.



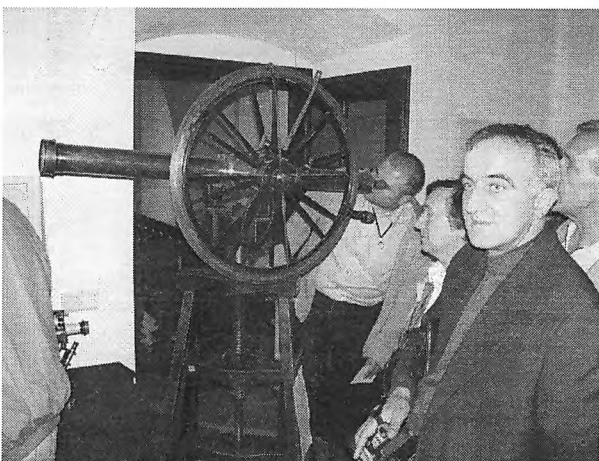
Ujęcie części uczestników.



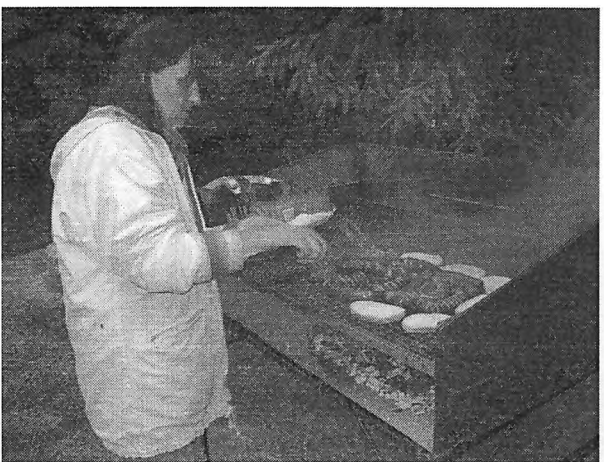
Dr Winiarski głosi referat o Księżycach Kordylewskiego.



Zwiedzanie wystawy fotograficznej w zamku niepołomickim.



Stała ekspozycja astronomiczna w zamku niepołomickim.



Wieczorny piknik.



Dyskusje obiadowe.