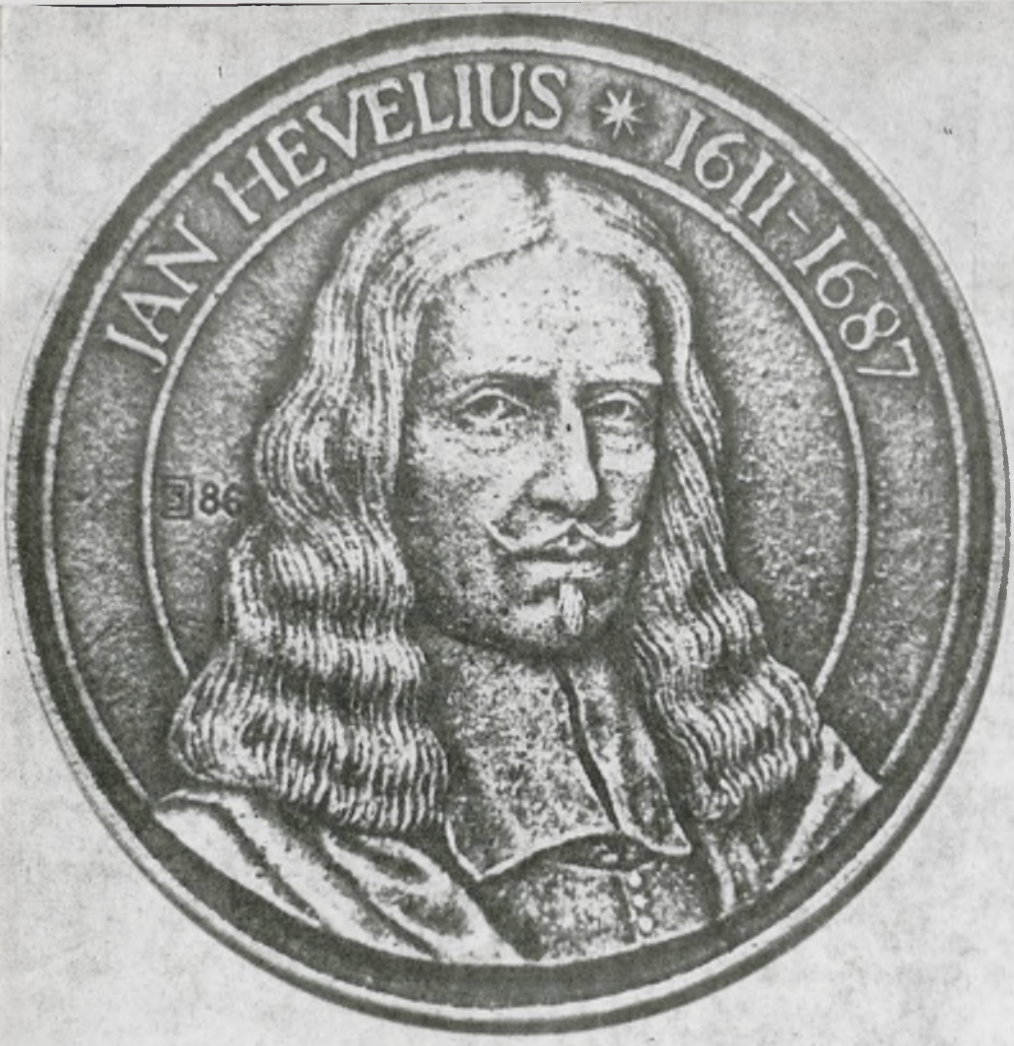



# URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LVIII WRZESIEŃ 1987 NR 9 (548

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

BIBLIOTEKA
UNIWERSYTECKA

SACRATISSIMÆ MAJESTA-
TIS TUÆ
Antinous
SCUTUM
SOBIESCIAN

PL ISSN 0042-07-94

# URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LVIII WRZESIEŃ 1987 Nr 9 (548)

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

*Wśród obchodzonych w tym roku rocznic wydarzeń o doniosłym znaczeniu dla astronomii nie sposób przemilczeć trzydziestolecia uruchomienia pierwszego sztucznego satelity Ziemi. Wystrzelenie pamiętnego Sputnika w dniu 4 października 1957 roku jest niekiedy traktowane jako początek „ery kosmicznej", której jednym z objawów a także rezultatów jest niebywałe przyspieszenie i rozszerzenie możliwości badań Wszechświata. Ukazywanie i popularyzowanie jego wyników należy dziś do najważniejszych celów* **Uranii**. *Artykuł rozpoczynający niniejszy numer sięga do korzeni zagadnień leżących u podstaw teorii lotów kosmicznych. Upamiętniamy więc nim nie tylko trzydziestolecie bezpośredniej eksploracji otaczającej nas przestrzeni, ale także trzechsetlecie dzieła, w którym zostało sformułowane prawo powszechnego ciążenia stanowiące podwalinę mechaniki nieba i astrodynamiki. Jest on jakby dalszym ciągiem odpowiedniego tekstu z tegorocznego numeru kwietniowego* **Uranii**.

*We wrześniu odbędą się w Gdańsku główne uroczystości Roku Heweliuszowskiego i dlatego sporo miejsca poświęcamy w tym numerze sławnemu Gdańszczaninowi z okazji trzechsetlecia jego śmierci.*

## SPIS TREŚCI

**Jadwiga Biała, Jacek Szubiakowski** — Od Newtona do lotów kosmicznych (242).

**Janusz Wiland, Marek Zawilski** — Zjawiska zaćmieniowe widoczne w Polsce w latach 1986—2020 (III) (250).

**Kronika:** Kalendarz marsjański (257) — Anomalne wschody Słońca (258)

**Kronika historyczna:** „Firmamentum Sobiescianum" Jana Heweliusza — bibliofilski rarytas (258).

**Poradnik Obserwatora:** Zakrycia gwiazd z gromady Plejad przez Księżyc (I) (260).

**Z korespondencji:** Jak można uczyć astronomii w szkole średniej (262).

**Kalendarzyk Astronomiczny** (269).

**Pierwsza strona okładki:** Medal w brązie upamiętniający trzechsetlecie śmierci Jana Heweliusza, który wykonał łotewski artysta rzeźbiarz Janis Strupulis. Znak Zodiaku — Waga, projektował Z. Stasik.

**Druga strona okładki:** U góry — strony *Firmamentum Sobiescianum* Jana Heweliusza z końcowym fragmentem listu żony Autora do króla Jana III Sobieskiego i portretem astronoma. U dołu — jedna z rycin atlasu nieba z *Firmamentum Sobiescianum* ukazująca Tarczę Sobieskiego (patrz Kronika Historyczna). Fot. St. Miotk.

JADWIGA BIAŁA, JACEK SZUBIAKOWSKI — Olsztyn

# OD NEWTONA DO LOTÓW KOSMICZNYCH

Dzień 17 lipca 1687 roku, czyli datę ukazania się drukiem dzieła Izaaka Newtona *Philosophiae naturalis principia mathematica*, powszechnie uważa się za cezurę oznaczającą początek nowego etapu rozwoju fizyki i związanych z nią nauk przyrodniczych oraz technicznych. Dzieło ukazało się w czasie, gdy w Europie zaczynały się pojawiać pierwsze zwiastuny rewolucji naukowej i przemysłowej — coraz powszechniej pracę człowieka zastępowały maszyny oraz sięgano po nowe źródła energii. Książka ukazała się zatem we właściwym momencie i została dobrze przyjęta w ówczesnych środowiskach naukowych. Dawała człowiekowi nowy, potężny oręż do „ujarzmiania przyrody".

Kim był człowiek, z którego nazwiskiem łączy się, trwający bez mała trzysta lat okres rozwoju fizyki, a ściślej jednego z jej działów — mechaniki. Izaak Newton urodził się w Woolsthorpe w 1642 roku. Był synem farmera. Uczył się w królewskiej szkole w Grautham, gdzie do dziś przewodnicy pokazują na ścianie wyryte jego ręką inicjały. Jak głosi tradycja, nie był zbyt dobrym uczniem. Następnie studiował na uniwersytecie w Cambridge. Podczas wielkiej zarazy, jaka panowała w Anglii w latach 1665—1666, powraca na rodzinną farmę i tu w odosobnieniu oddaje się intensywnym studiom nad ruchem ciał i nad ideą powszechnego ciążenia. Powstają wówczas pierwsze szkice teorii, która swą ostateczną formę przybiera w wydanych w 1687 roku *Principiach*. Aby odpowiedzieć na pytanie, na czym polegała doniosłość dzieła Newtona, odtwórzmy najpierw pokrótce stan fizyki, jaką zastał Newton.

W wieku XVII zyskał już powszechne uznanie układ heliocentryczny Mikołaja Kopernika, rozwinięty przez Jana Keplera. Kopernik jednak nie potrafił powiedzieć, dlaczego prezentowany przez niego obraz świata jest właśnie taki a nie inny. Prawa ruchu planet Keplera stanowiły duży krok w kierunku poszukiwania tej odpowiedzi. Wnioski dotyczące ruchu ciał, płynące z przeprowadzonych doświadczeń, zebrane przez Galileusza w dziele *Dialogi o dwu systemach świata*, stanowiły bodziec do zerwania z obowiązującymi jeszcze ówcześnie zasadami fizyki Arystotelesa i uwidoczniły istniejące w niej sprzeczności. W okresie swej młodości Newton studiował angielskie wydanie *Dialogów* i z kurtuazji z jaką

odnosi się w *Principiach* do postaci Galileusza, można wnosić, że ta lektura stanowiła dla niego ważne źródło inspiracji do własnych poszukiwań. Twierdzenie Arystotelesa, że na ciało poruszające się prostoliniowo ruchem jednostajnym działa stała co do wartości i kierunku siła, wypływa z obserwacji ruchu w pobliżu i na powierzchni Ziemi, gdzie znaczny opór powietrza i tarcie dają ruchowi postać zgodną z poglądami starożytnych.

Nowa zasada bezwładności płynąca z głębszego przemyślenia zjawiska ruchu została sformułowana jeszcze przed Newtonem, przez René Descartesa. Były to lata procesu Galileusza i prawdopodobnie dlatego Descartes nie publikował tej zasady. Zrobił to po raz pierwszy dopiero Pierre Gassendi. W roku 1673 ukazała się książka *Horologium Oscillatorium* autorstwa znanego fizyka i astronoma Christiana Huygensa. Zawierała ona teorię i opis konstrukcji zegara wahadłowego. Opublikował w niej Huygens wyprowadzony przez siebie wzór opisujący przyspieszenie dośrodkowe ciała w ruchu po okręgu. Zależność tę znalazł niezależnie Newton. Ważnym problemem, zauważonym zarówno przez poprzedników Newtona, jak również przez uczonych mu współczesnych, była siła działająca pomiędzy ciałami niebieskimi, a szczególnie zależność tej siły od odległości. Kepler na przykład uważał, że maleje ona odwrotnie proporcjonalnie do odległości. Prawidłowa postać tej zależności pojawiła się po raz pierwszy w pracy Ismaela Boulliau, wydanej w roku 1645. Znał ją również Robert Hooke i Edmund Halley. W 1665 roku w swej pracy o satelitach Jowisza, G. A. Borelli zawarł pogląd, że siła odśrodkowa, powstająca przy ruchu orbitalnym księżyców, jest dokładnie zrównoważona siłą przyciągania planety. Na czym więc polegała doniosłość pracy Newtona? Rolę, jaką odegrał ten geniusz, najcelniej określił Albert Einstein, nazywając Newtona „Wielkim systematyzatorem". Wymienione wyżej wyniki i postulaty były bowiem niespójne i częstokroć nieuzasadnione. Dotyczyły przy tym różnych obszarów fizyki — zarówno tej „ziemskiej", jak i tej „idealnej", obowiązującej ciała niebieskie. Newton zbudował na ich podstawie jedną, wewnętrznie spójną teorię, popartą ścisłymi dowodami matematycznymi. Ideałem, do którego dążył, była znajomość sił działających na ciała materialne i możliwość określenia położenia tych ciał w każdym momencie. I odwrotnie — ze znajomości położeń ciał można było określić siły ich wzajemnego oddziaływania.

*Principia* podzielone są na trzy części. W księdze pierwszej rozwinął Newton ogólne zasady dynamiki, zaś w trzeciej zastosował te zasady do mechaniki wszechświata. Księga druga omawia mechanikę cieczy, ruch ciał w różnych ośrodkach, teorię fal i inne zagadnienia fizyki ogólnej. Księgę pierwszą rozpoczyna zbiór definicji: ilości materii (masy), ilości ruchu (pędu), siły oraz dyskusja nad naturą czasu, przestrzeni i ruchu. W pierwszym twierdzeniu *Principiów* Newton pokazał, że wtedy, gdy ciało porusza się ruchem ściśle bezwładnym, to promień wodzący, poprowadzony od tego ciała do dowolnie ustalonego punktu przestrzeni, będzie zakreślał równe pola w równych odcinkach czasu. Dalej Newton rozumował w następujący sposób: Jeżeli na ciało, będące w ruchu bezwładnym, działa co pewien czas krótki impuls siły, skierowany w stronę ustalonego punktu, to w czasie pomiędzy impulsami ciało nadal porusza się ruchem bezwładnym, a promień wodzący, poprowadzony od centrum siły do ciała, będzie zakreślał równe pola. Jeżeli odstępy czasu między impulsami zmniejszać nieskończenie, to ciało przez cały czas ruchu będzie znajdowało się pod wpływem siły centralnej, a jego tor stanie się linią krzywą. Jednak pola, zakreślone przez promień wodzący, nadal będą proporcjonalne do czasu, w jakim zostały zakreślone. Następnie Newton udowodnił twierdzenie odwrotne. Z faktu, że ciało porusza się po krzywej i z założenia słuszności prawa równych pól względem ustalonego punktu, wysnuł on wniosek, że musi istnieć siła centralna przyciągająca do tego puktu poruszające się ciało. Klasyczne II prawo Keplera pojawiło się dopiero w przypadku, kiedy Newton znalazł „prawo działania siły centralnej skierowanej do ogniska elipsy". Okazało się, że siła ta zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości. Matematyczny dowód tego faktu zaszokował Halleya podczas jego słynnej wizyty w Cambridge w sierpniu 1684 roku i spowodował, że zajął się on wydaniem *Principiów*. W następnych twierdzeniach Newton dowiódł, że siła centralna, działająca na ciało poruszające się po hiperboli lub paraboli, również musi zmieniać się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości. Udowodnił też twierdzenie odwrotne, a mianowicie że siła centralna, zmniejszająca się odwrotnie proporcjonalnie do odległości, wywołuje ruch ciała po torze będącym krzywą stożkową. Zauważmy, że Newton rozważał prawa Keplera w innym porządku, niż się przyzwyczailiśmy. Najpierw ogólne prawo pól, a następnie, jako szczególny przypadek, orbity w postaci elips. Ponieważ w przypadku planet, przyjmował za Ko-

pernikiem centralne położenie Słońca, II prawo Keplera w ujęciu Newtona stało się ścisłym dowodem na to, że Słońce wywiera siłę działającą przyciągająco na wszystkie planety. Łączna masa wszystkich planet układu słonecznego jest 743 razy mniejsza od masy Słońca, dlatego w pierwszym przybliżeniu można uznać Słońce za nieruchome. Jeśli masy planet byłyby porównywalne z masą Słońca, zrozumienie praw ruchu w układzie słonecznym i wyprowadzenie prawa powszechnej grawitacji mogłoby nastąpić znacznie później.

Dzieło bez części trzeciej zostało zaprezentowane Towarzystwu Królewskiemu 28 kwietnia 1685 roku. Spotkało się z zarzutami, szczególnie ze strony Roberta Hooke'a, który twierdził, że Newton przywłaszczył sobie rezultaty wcześniejszych prac innych fizyków. Na zarzut ten odpowiedział Newton w liście do Halleya z 20 czerwca 1686 roku, pisząc: „...Matematycy, którzy wszystko wyjaśnili, rozwiązali problem i zrobili całą konieczną robotę, powinni uważać siebie jedynie za beznamiętnych rachmistrzów... A ten kto nie robi nic, ale pretenduje do wszystkiego, może przywłaszczać sobie odkrycia...". W takiej też formie, czyli bez części trzeciej, zamierzał Newton wydrukować swoje dzieło. Miało ono nawet nosić inny tytuł *De motum corporum*. Prawdopodobnie i w takiej niepełnej postaci, zapewniłoby swemu twórcy nieśmiertelną sławę. Los jednak chciał inaczej. Nie szczędząc pochwał Towarzystwo Królewskie przyjęło wprawdzie książkę do druku, jednak nie dało na jej druk pieniędzy. W tej sytuacji sprawę druku wziął na siebie Edmund Halley i wydał książkę na swój koszt. W trosce o zapewnienie dziełu szerszego kręgu odbiorców, Halley nakłonił Newtona, aby ten włączył do niego część trzecią, mówiącą o ruchu ciał niebieskich. Uważał bowiem, że matematyczne rezultaty otrzymane w części pierwszej, zastosowane do ruchu ciał niebieskich, staną się dostępne uczonym przyrodoznawcom, nie będącym matematykami. Ostatnia księga *Principiów* rozwija prawo powszechnej grawitacji i pokazuje, jak ono wyjaśnia spadanie ciał, krążenie Księżyca po orbicie wokół Ziemi, ruchy planet i ich satelitów, oraz zjawisko pływów. Jak Newton odkrył to ważne prawo? Powiedział on podobno przyjaciołom, że na prawidłowe rozwiązanie naprowadził go widok spadającego jabłka. Prawdopodobnie w tym czasie na niebie był też Księżyc. Jakkolwiek by nie było, Newton zadał sobie pytanie: dlaczego Księżyc nie odlatuje od Ziemi, bądź też, dlaczego nie spada na jej powierzchnię jak jabłko? Wiedział, że siła grawitacji sięga bez widocznego zmniejszania się, aż do

szczytów wysokich gór. Dlaczego więc nie miałaby się rozciągać dalej, aż do Księżyca. Wniosek ten, wraz ze znanym już prawem zmniejszania się siły centralnej odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości, połączył w jednej wspólnej teorii, opisującej zarówno zjawiska ziemskiej jak i niebieskiej fizyki. Ruch prostolinijny ciał spadających na powierzchnię Ziemi i krzywolinijne orbity planet i innych ciał niebieskich, które w fizyce Arystotelesa stanowiły dwa jakościowo różne pojęcia, stawały się skutkiem jednej przyczyny — grawitacji.

Wydanie dzieła Newtona zapoczątkowało rozwój nowego działu astronomii, zajmującego się badaniem ruchu ciał niebieskich pod wpływem sił grawitacji. Pod koniec XVIII wieku dział ten nazwany został mechaniką nieba.

W 1705 roku Edmund Halley opublikował pracę *Astronomiae Cometicae Synopsis,* w której przedstawił zestawienie 24 orbit komet oraz wyraził przypuszczenie, że kometa, widziana w 1682 roku, obserwowana była już w latach 1531 i 1607, a być może także w 1456. Powrót tej komety zapowiedział na rok 1758. Halley nie doczekał spełnienia swej przepowiedni, zmarł bowiem w roku 1742. W 1757 roku matematyk francuski Alexis Clairaut postanowił obliczyć orbitę komety i wskazać jej położenie na niebie w przepowiedzianym pojawieniu. Zdawał sobie sprawę, że wynik jego obliczeń byłby wspaniałym potwierdzeniem słuszności praw dynamiki Newtona. W rachunkach pomagali mu astronom Joseph J. Lalande i Nicole R. E. Lepaute — kobieta o niezwykłych jak na owe czasy uzdolnieniach matematycznych. Lalande tak potem wspominał tę pracę: „Przez sześć miesięcy liczyliśmy od świtu do nocy, często nawet bez jedzenia". Żmudne rachunki doprowadziły do wyników, których dokładność można uznać za bardzo dobrą i które ściśle zgadzały się z obserwowanymi położeniami komety na niebie. Należy zaznaczyć, że praca opisująca ruch komety Halleya, tak wspaniale potwierdzająca teorię Newtona opierała się na metodach analitycznych, a nie na rozważaniach geometrycznych jak u Newtona.

W połowie XVIII wieku tworzono podstawy analizy matematycznej i teorii równań różniczkowych oraz rozwijano mechanikę. Wielcy osiemnastowieczni uczeni: Jean d'Alambert, Leonard Euler, Alexis Clairaut oraz Joseph Louis Lagrange i Pierre Simon Laplace stowrzyli nowy dział astronomii — mechanikę nieba. Nazwę „mechanika nieba" wprowadził Laplace, tytułując swoje pięciotomowe dzieło, wydane w latach 1798—1825, *Traktat o mechanice nieba.*

Główne problemy pasjonujące tych uczonych dotyczyły ruchu Księżyca, planet Układu Słonecznego oraz ich księżyców, planetoid i komet. W związku z udoskonaleniem metod obserwacyjnych (używanie lunet, mikrometrów) dokładność wyznaczania pozycji ciał niebieskich wzrosła na tyle, że powstała potrzeba stworzenia bardzo dokładnych teorii ich ruchu. Z drugiej strony każda z powstających teorii mogła być dokładnie sprawdzona obserwacyjnie.

Opracowane zostały teorie ruchu Księżyca, który zawsze sprawiał astronomom wiele kłopotów. Najbardziej znaczące teorie stworzyli d'Alambert i Euler. Do teorii d'Alamberta, sformułowanej w latach 1747—1759, dołączone zostały tablice położeń Księżyca, które były potem przez autora kilkakrotnie poprawiane i udokładniane. Teorie Eulera nie zawierały tablic, ale pozwalały wyjątkowo dokładnie obliczać położenie Księżyca.

Kolejnym bardzo ważnym problemem był opis ruchu planet połączony z opisem zakłóceń, jakie w ruchu każdej z planet powodują pozostałe, czyli z uwzględnieniem perturbacji planetarnych. Teorią perturbacji zajmowali się: d'Alambert, Euler oraz Lagrange, który w 1763 roku zbadał szczegółowo wzajemne perturbacje Jowisza i Saturna, a w 1782 przedstawił teorię wiekowych zmian orbit planetarnych, oraz Laplace — twórca rozkładu funkcji perturbacyjnych w szeregi. Przy obserwacji komet, a również planetoid — od 1 stycznia 1801 roku, kiedy Giuseppe Piazzi odkrył pierwszą planetoidę — należało możliwie szybko obliczyć ich orbity. Metody obliczania orbit, które stosuje się również dzisiaj, podali Carl Gauss dla orbity eliptycznej oraz Heinrich Olbers dla orbity parabolicznej.

W 1781 roku, po odkryciu Urana przez Williama Herschela, uczeni zajęli się badaniem jego ruchu i stwierdzili, że w ruchu tym istnieją odchylenia, które można wytłumaczyć istnieniem poza orbitą Urana innej nieznanej planety. Wyliczeniem orbity tej nieznanej planety zajmowali się Urban Leverrier we Francji i John Adams w Anglii. Adams ukończył pracę we wrześniu 1845 roku, podając położenie nieznanej planety na niebie w dniu 1 października. Niestety w obserwatorium w Greenwich nie zadano sobie trudu, aby wykonać obserwacje proponowanego przez Adamsa fragmentu nieba. Jak się później okazało, pozycja planety była wyliczona z błędem około 2 stopni. W czasie, gdy Adams bezskutecznie oczekiwał na obserwacyjne potwierdzenie swych obliczeń, Leverrier we Francji pracował nad ruchem Urana nie wiedząc, że

ktoś już ten problem rozwiązał, Adams bowiem nie opublikował swej pracy. W czerwcu 1846 roku Leverrier opublikował pracę, podającą współrzędne planety pozauranowej. Opierając się na obliczeniach Leverriera, nową planetę nazwaną potem Neptunem zaobserwował astronom niemiecki Johann Galle 23 września 1846 roku.

Odkrycie Neptuna było wspaniałym osiągnięciem mechaniki nieba oraz osobistym sukcesem Leverriera. Okazało się, że mechanika nieba może nie tylko z zadawalającą dokładnością opisać ruch już obserwowanych ciał niebieskich, ale także umożliwić obliczenie położenia ciał nieznanych i doprowadzić do ich odkrycia. Leverrier zasłynął także jako twórca teorii ruchu wszystkich planet (oprócz Plutona), która przez wiele dziesięcioleci była stosowana do liczenia współrzędnych planet w rocznikach astronomicznych.

Istnienie ostatniej ze znanych obecnie planet Układu Słonecznego, również zostało najpierw przewidziane rachunkowo. Na początku XX wieku dwaj astronomowie amerykańscy: William H. Pickering w roku 1909 i Percival Lowell w roku 1915, przedstawili pracę o planecie pozaplutonowej. Lowell nie doczekał jej odkrycia — zmarł w roku 1916. Jednakże odkrycia dokonano w obserwatorium jego imienia — ogłoszono je 13 marca 1930 roku w 75 rocznicę jego urodzin, a nazwa nowej planety rozpoczyna się od inicjału Percivala Lowella. Odkrywcą był Clyde W. Tombaugh.

Na początku XX wieku polski astronom Maurycy Pius Rudzki we wstępie do swej książki *Astronomia teoretyczna* napisał, że mechanika nieba to „gałąź astronomii skazana na uschnięcie". Dzisiaj często cytuje się to stwierdzenie jako przykład nietrafnych przepowiedni. W tamtych czasach można było jednak tak napisać, widząc, że mechanika nieba stanęła przed trudnościami rachunkowymi nie do pokonania. Mając do dyspozycji jedynie tablice logarytmiczne oraz arytmometry, astronomowie długie miesiące i lata poświęcali na obliczanie orbit komet czy planetoid. Była to bardzo żmudna i ciężka praca. Wykazywano wiele pomysłowości, aby przystosować metody rachunkowe do liczenia ręcznego z pomocą tablic oraz wymyślano systemy kontroli tych obliczeń, aby błędy rachunkowe nie niweczyły tysięcy godzin pracy. Do rozwiązywania pewnych problemów w ogóle nie przystępowano, ponieważ ogrom prac rachunkowych wymagałby zatrudnienia olbrzymiej rzeszy rachmistrzów. Potrzebna więc była zupełnie nowe technika rachunkowa, pozwalająca szybko i niezawodnie wykonać skom-

plikowane obliczenia. Takie możliwości stworzyła dopiero elektroniczna technika obliczeniowa. Zastosowanie komputerów pozwoliło mechanikom nieba na rozwiązywanie zadań, które przedtem leżały daleko poza granicami ich rachunkowych możliwości.

Maszyny matematyczne weszły do użycia po drugiej wojnie światowej i od tej pory rozpoczął się nowy etap rozwoju mechaniki nieba. Kolejny impuls do rozwoju mechaniki nieba związany był z potrzebami astronautyki. Wystrzelenie w przestrzeń okołoziemską pierwszego sztucznego satelity Ziemi Sputnika-1 w dniu 4 października 1957 roku, rozpoczęło kosmiczną erę cywilizacji ludzkiej. Wysyłanie sztucznych ciał kosmicznych, najpierw w przestrzeń okołoziemską, a w miarę rozwoju astronautyki ku kolejnym ciałom Układu Słonecznego, wymagało nie tylko nowych rozwiązań z dziedziny techniki, ale także rozwoju metod liczenia orbit. Astronautyka postawiła do rozwiązania zupełnie inaczej sformułowane zadania. Do rozpoczęcia lotów kosmicznych mechanika nieba zajmowała się opisem ruchu naturalnych ciał niebieskich, poruszających się jedynie pod działaniem sił grawitacji. Natomiast loty kosmiczne wymusiły rozwiązywanie problemu: jak należy zaplanować orbitę sztucznego ciała, które startując z Ziemi ma dolecieć do określonego ciała niebieskiego, na przykład Księżyca czy Marsa, lub też poruszać się w określonych obszarach przestrzeni kosmicznej. Ruch takiego ciała odbywa się nie tylko pod wpływem sił grawitacji naturalnych ciał niebieskich, ale także pod wpływem siły ciągu silników rakietowych. Przy czym nie chodzi często o wyznaczenie orbity, uwzględniającej jedynie uwarunkowania dynamiczne, lecz także ograniczenia techniczne lub związane z rodzajem planowanych zadań. Trzeba brać pod uwagę na przykład ograniczone zapasy rakietowego paliwa oraz niemożliwość uzyskania dowolnie dużych prędkości. Dokładność, wymagana przy tego typu rachunkach orbitalnych, jest bardzo duża, bo tylko ona zapewnia lądowanie ludzi w określonym rejonie Księżyca, lądowanie sond kosmicznych na Marsie lub Wenus czy też, jak w zeszłym roku, bliskie spotkanie sond kosmicznych z kometą Halleya. Spotkanie próbników Vega-1, Vega-2 oraz Giotto z kometą Halleya, jest nie tylko sukcesem techniki kosmicznej, ale także mechaniki nieba. Ogromna praca, składająca się na ten sukces, miała następujące etapy:

1. precyzyjne wyznaczenie orbity komety na podstawie jej obserwacji z poprzednich pojawień,

2. ciągłe poprawianie orbity komety, począwszy od października 1982 roku,
3. wyliczenie planowanych orbit sond kosmicznych,
4. bieżące śledzenie lotu próbników i korekty ich trajektorii,
5. poprawienie orbity sondy Giotto w oparciu o obserwacje komety wykonane z sond Vega-1 i Vega-2.

Fakt, że w odległości 144 mln km od Ziemi, kometa poruszająca się z orbitalną prędkością 45 km/sek i sonda Giotto lecąca względem niej z prędkością 68 km/sek, minęły się w odległości zaledwie 600 km, świadczy o wielkiej dokładności zastosowanych metod rachunkowych. Oczywiście realizacja takiego zadania nie byłaby możliwa bez użycia nowoczesnych maszyn matematycznych.

Dzisiaj, kiedy zafascynowani rozwojem astronautyki, bardziej zwracamy uwagę na wyniki badań kosmicznych i ich zastosowanie w różnych dziedzinach wiedzy, warto uzysłowić sobie drogę, jaką przeszła nauka od prac Newtona do lotów międzyplanetarnych. Obecny rok, w którym mija 300 lat od wydania dzieła *Philosophiae naturalis principia mathematica* oraz 30 lat od wystrzelenia sztucznego satelity, jest dobrą ku temu okazją.

*JANUSZ WILAND — Warszawa*
*MAREK ZAWILSKI — Łódź*

## ZJAWISKA ZAĆMIENIOWE WIDOCZNE W POLSCE W LATACH 1986—2020 (III)

### 1. Zakrycia gwiazd i planet przez Księżyc w latach 1986—2020

Wielka liczba zakryć, jakie zdarzają się co roku, skłoniła autorów do przedstawienia przebiegu tylko zakryć jasnych gwiazd pierwszej wielkości — Aldebarana, Regulusa, Spiki i Antaresa, a także Plejad i jasnych planet — Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna. Są to zresztą wszystkie zakrycia najbardziej efektowne.

Wyniki obliczeń tych zakryć są zestawione w tabeli 1. Uwzględniono przy tym tylko te z zakryć, które będą w Polsce widoczne w dobrych i średnich warunkach. Podano dane o zjawiskach, które nastąpią po zachodzie Słońca lub przy jego niskim położeniu nad horyzontem. W przypadku Wenus i Jowisza uwzględniono także zakrycia dzienne, o ile nie zdarzają się zbyt blisko Słońca. Dla Plejad podano tylko te daty, dla

których oświetlenie tarczy Księżyca nie przekracza 85%. Inne zakrycia, których przebieg został także obliczony, zostały w tabeli 1 pominięte, chociaż i one będą mogły być obserwowane przez teleskopy. Podano również informacje na temat dobrze widocznych, bliskich koniunkcji, o ile podczas maksymalnego zbliżenia odległość kątowa obiektu od brzegu tarczy Księżyca na niebie nie jest większa niż 5′, a na terenie Polski nie dojdzie do zakrycia. W przypadku zakryć i odkryć podane są dwa momenty (lub jeden, o ile drugi nie może być zaobserwowany) zaś w przypadku zbliżeń — moment koniunkcji, odpowiadający maksymalnemu zbliżeniu Księżyca do gwiazdy lub planety na niebie. Dla Plejad podano jedynie orientacyjne momenty początku i końca widoczności przejścia Księżyca na tle gromady. Na rys. 1 przedstawiono schematycznie przebieg 25 zjawisk, które można uznać za wyjątkowo dobrze widoczne w omawianym okresie. Ograniczenie to jest spowodowane także szczupłością miejsca w naszym czasopiśmie. Jednakże każde z zakryć może być zobrazowane w podobny sposób na podstawie danych, zawartych w tabeli 1.

Jak wynika z prezentowanych wyników obliczeń, w nadchodzących latach będzie można zaobserwować dużo interesujących zakryć, z których niektóre zdarzają się rzadko. Jak zwykle, w dłuższych okresach czasu, zdarzają się lata o szczególnie dużym nagromadzeniu ciekawych zakryć. W omawianym okresie będą to lata: 1988, 1995—1998, 2007—2008 i 2015—2018. Najefektowniej zapowiadają się chyba: odkrycie Wenus 7 października 1988 r. oraz wieczorne zakrycie tej planety 1 grudnia 2008 r. Wspaniale będą też widoczne zakrycia Saturna 16 kwietnia 2002 r. i 22 maja 2007 r., Marsa 24 grudnia 2007 r. i odkrycie Jowisza 15 lipca 2012 r. Do efektownych zjawisk należą też wiosenne zakrycia Aldebarana i Plejad oraz odkrycia tych gwiazd, przypadające pod koniec lata i na początku jesieni.

## 2. Program obliczeniowy

Szczególną trudność sprawiała, (odmiennie, niż w przypadku zaćmień), nieznajomość dat możliwych zakryć. W związku z tym obliczenia wykonano dwuetapowo. Najpierw został opracowany program na wyszukiwanie bliskich koniunkcji Księżyca z planetami i gwiazdami. Za jego pomocą znaleziono momenty złączeń Księżyca z obiektami w długości ekliptycznej oraz różnice szerokości ekliptycznych Księżyca i danego obiek-

Tabela 1

Zakrycia gwiazd i planet przez Księżyc, widoczne w Polsce w latach 1986-2020

| L.p. | Data | Obiekt | Jasność | Zj. | Godz. c.s.e. | l | Faza Ks | A | h | $h_{\odot}$ | Uwagi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1986 IX 10 | Antares | $+1^{m}2$ | m | 17 9 | 4° | 43+% | +14° | 11° | 2° | K 1' |
| 2 | 1987 IV 14 | Spica | +1 2 | z | 3 24 | 82 | 100+ | +56 | 11 | -13 | |
| | | | | o | 4 29 | 266 | 100- | +69 | 2 | -3 | |
| 3 | 1987 VI 7 | Spica | +1 2 | z | 22 30 | 67 | 80+ | +38 | 20 | -14 | |
| | | | | o | 23 30 | 302 | | +52 | 13 | -15 | |
| 4 | 1988 I 27 | Plejady | | p | 19 | | 70+ | 0 | 62 | -24 | |
| | | | | k | 22 | | | +67 | 47 | -50 | |
| 5 | 1988 VI 19 | Regulus | +1 3 | m | 20 0 | 176 | 26+ | +73 | 28 | 0 | K 3' |
| 6 | 1988 VIII 6 | Plejady | | p | 0 | | 36- | -110 | 15 | -21 | |
| | | | | k | 1 | | | -88 | 33 | -16 | |
| 7 | 1988 X 7 | Wenus | -3 6 | z | 2 00 | 197 | 12- | -108 | 0 | -34 | |
| | | | | o | 2 44 | 284 | | -100 | 6 | 29 | |
| 8 | 1988 XI 3 | Regulus | +1 3 | m | 3 1 | 244 | 34- | 72 | 29 | 33 | K 4' |
| 9 | 1989 IX 19/20 | Plejady | | p | 23 | | 72- | -88 | 33 | -36 | |
| | | | | k | 1 | | | -62 | 50 | -34 | |
| 10 | 1990 II 3 | Plejady | | p | 23 | | 63+ | +88 | 33 | -53 | |
| | | | | k | 24 | | | +99 | 24 | -55 | |
| 11 | 1990 VII 18 | Plejady | | p | 0 | | 21 | -124 | 4 | -17 | |
| | | | | k | 3 | | | -92 | 30 | -6 | |
| 12 | 1991 II 21 | Plejady | | p | 18 | | 48+ | +18 | 61 | -9 | |
| | | | | k | 21 | | | +76 | 41 | -36 | |
| 13 | 1991 III 22 | Mars | +1 1 | z | 17 12 | 146 | 44+ | -2 | 64 | 6 | |
| | | | | o | 18.03 | 208 | | +22 | 62 | -1 | |
| 14 | 1991 IV 4 | Antares | +1 2 | z | 3 35 | 133 | 78- | +3 | 12 | -15 | |
| | | | | o | 4 39 | 225 | | +17 | 10 | -5 | |
| 15. | 1995 III 19 | Spica | +1 2 | z | 0.14 | 155 | 95- | -19 | 25 | -39 | |
| | | | | o | 1 17 | 265 | | -2 | 27 | -36 | |
| 16. | 1995 V 12 | Spica | +1 2 | z | 20.28 | 163 | 94+ | -21 | 25 | -8 | |
| | | | | o | 21·25 | 260 | | -6 | 27 | -14 | |
| 17 | 1995 V 27 | Wenus | -3 3 | z | 6.52 | 148 | 4- | -64 | 36 | 28 | |
| | | | | o | 7:56 | 236 | | -47 | 44 | 37 | |
| 18. | 1995 VI 26 | Merkury | +1 0 | o | 2.32 | 353 | 3- | -119 | 3 | -3 | NE |
| 19. | 1996 VII 12 | Wenus | -4 2 | z | 9.13 | 51 | 10- | +1 | 56 | 48 | |
| | | | | o. | 10 27 | 279 | | +31 | 53 | 56 | |
| 20. | 1996 X 1 | Aldebaran | +1 1 | z | 21.53 | 140 | 74- | -97 | 16 | -38 | |
| | | | | o. | 22:49 | 279 | | -86 | 24 | -41 | |
| 21 | 1996 XI 25 | Aldebaran | +1 1 | o. | 16:59 | 276 | 100- | -112 | 4 | -12 | |
| 22. | 1996 XII 22 | Aldebaran | +1 1 | m | 1 6 | 142 | 96+ | +6.9 | 36 | -54 | K 4' |
| 23. | 1997 III 14 | Aldebaran | +1.1 | z. | 20:08 | 28 | 38+ | +57 | 37 | -22 | |
| | | | | o. | 21:10 | 249 | | +81 | 28 | -30 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24. | 1997 XI 12 | Saturn | +0.6 | z.<br>o | 2:34<br>3:22 | 7<br>242 | 91+ | +84<br>+93 | 9<br>2 | -40<br>-33 | |
| 25. | 1997 XI 15 | Aldebaran | +1 1 | z<br>o | 19:35<br>19·43 | 38<br>23 | 98- | -88<br>-86 | 24<br>25 | -37<br>-38 | SE |
| 26. | 1998 II 5 | Aldebaran | +1 1 | m. | 19 7 | 342 | 70+ | +11 | 54 | -29 | K 3' |
| 27. | 1998 III 26 | Jowisz | -1 6 | z<br>o | 12:54<br>13:55 | 64<br>198 | 4- | +41<br>+55 | 22<br>15 | 39<br>34 | |
| 28. | 1998 IV 28 | Aldebaran | +1 1 | z<br>o | 19:57<br>20:06 | 326<br>308 | 8+ | +101<br>+103 | 12<br>11 | -8<br>-9 | |
| 29. | 1998 XI 6 | Aldebaran | +1 1 | z<br>o | 2:46<br>3:55 | ·59<br>228 | 94- | 35<br>56 | 51<br>43 | -37<br>-26 | |
| 30. | 1998 XII 31 | Aldebaran | +1 1 | z<br>o | 0:38<br>1 43 | 46<br>225 | 94+ | 61<br>77 | 41<br>31 | -60<br>-54 | |
| 31. | 1999 III 22 | Aldebaran | +1 1 | z<br>o | 19.49<br>20·52 | 46<br>222 | 32+ | 70<br>83 | 36<br>26 | -17<br>-26 | |
| 32. | 1999 IX 2 | Aldebaran | +1 1 | o | 22·35 | 311 | 50- | -111 | 5 | -29 | |
| 33. | 2000 VIII 28 | Mars | +2 0 | o | 3 20 | 260 | 2- | -115 | 2 | -13 | |
| 34. | 2001 XII 1 | Saturn | -0 3 | z<br>o | 3 38<br>4·42 | 35<br>226 | 100- | +78<br>+91 | 35<br>25 | -34<br>-24 | |
| 35 | 2002 II 23 | Jowisz | -2 0 | z | 3 47 | 73 | 76+ | +125 | 3 | -28 | |
| 36 | 2002 IV 16 | Saturn | +0 3 | z<br>o | 21 46<br>22 30 | 83<br>193 | 15+ | +114<br>+123 | 8<br>2 | -23<br>-26 | |
| 37. | 2004 V 21 | Wenus | -3 9 | z<br>o | 12.26<br>13 48 | 85<br>268 | 5+ | -30<br>+11 | 63<br>65 | 57<br>50 | |
| 38. | 2005 II 4 | Antares | +1 2 | z<br>o | 5.07<br>5·57 | 174<br>258 | 29- | -28<br>-18 | 7<br>10 | -20<br>-13 | |
| 39 | 2005 Iv 26/27 | Antares | +1 2 | z<br>o | 23.10<br>0·12 | 108<br>332 | 92- | -36<br>-23 | 4<br>9 | -24<br>-24 | |
| 40. | 2006 VII 27 | Mars | +2 0 | z<br>o | 18:57<br>19·56 | 101<br>241 | 6+ | +88<br>+100 | 16<br>7 | 5<br>-2 | |
| 41. | 2006 IX 12 | Plejady | - | p<br>k | 20<br>23 | - | 67- | -127<br>-95 | 2<br>27 | -18<br>-34 | |
| 42. | 2007 I 7 | Regulus | +1 3 | z<br>o | 7.38<br>7 50 | 161<br>104 | 86- | +86<br>+89 | 17<br>16 | -1<br>0 | NE |
| 43. | 2007 I 27 | Plejady | - | p<br>k | 17<br>19 | - | 69+ | -51<br>-2 | 54<br>68 | -6<br>-24 | |
| 44. | 2007 II 3 | Saturn | +0.2 | m | 0.3 | 216 | 99- | -5 | 53 | -55 | K 5' |
| 45. | 2007 III 2 | Saturn | +0 3 | z.<br>o. | 3:28<br>4:16 | 116<br>221 | 97+ | +87<br>+96 | 23<br>16 | -28<br>-21 | |
| 46. | 2007 III 30 | Regulus | +1 3 | z | 4.25 | 101 | 89+ | +110 | 1 | -9 | |
| 47. | 2007 V 22 | Saturn | +0 7 | z.<br>o. | 20:23<br>21:28 | 85<br>260 | 40+ | +65<br>+80 | 38<br>29 | -6<br>-12 | |
| 48. | 2007 VI 18 | Wenus | -4.0 | z.<br>o. | 15:28<br>16:48 | 108<br>277 | 15+ | +14<br>+44 | 57<br>51 | 39<br>27 | |
| 49. | 2007 VIII 7 | Plejady | - | p.<br>k. | 1<br>3 | - | 37- | -99<br>-76 | 24<br>42 | -20<br>-10 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50. | 2007 XII 24 | Mars | -1 4 | z | 4 43 | 102 | 100- | +96 | 30 | -27 | |
| | | | | o | 5 21 | 193 | | +103 | 25 | -21 | |
| 51 | 2008 III 12 | Plejady | | p | 19 | - | 31+ | +68 | 47 | -13 | |
| | | | | k | 20 | | | +81 | 39 | -22 | |
| 52. | 2008 VIII 23 | Plejady | - | p | 22 | - | 52- | -120 | 8 | -23 | |
| | | | | k | 23 | | | -109 | 16 | -26 | |
| 53 | 2008 XII 1 | Wenus | -3 7 | z | 17 18 | 69 | 14+ | 36 | 7 | -15 | |
| | | | | o | 18 29 | 185 | | 51 | 0 | -26 | |
| 54 | 2009 I 7 | Plejady | - | p | 18 | - | 83+ | -56 | 52 | -19 | |
| | | | | k | 20 | | | -10 | 63 | -37 | |
| 55. | 2009 VII 18 | Plejady | - | p | 2 | - | 23- | -102 | 21 | -12 | |
| | | | | k | 3 | | | -91 | 30 | -6 | |
| 56. | 2009 X 21 | Antares | +1 2 | z | 16.26 | 101 | 13+ | +30 | 7 | 1 | |
| | | | | o | 17 29 | 211 | | +43 | 1 | -8 | |
| 57. | 2009 XII 15 | Antares | +1 2 | m | 7 3 | 221 | 1- | -43 | 1 | -3 | K 4' |
| 58. | 2012 VII 15 | Jowisz | -1 7 | z | 2.47 | 74 | 15- | -100 | 19 | -7 | |
| | | | | o | 3 28 | 347 | | -92 | 25 | -2 | |
| 59. | 2013 XI 2 | Spica | +1 2 | z | 6 30 | 177 | 2- | -58 | 10 | -1 | |
| | | | | o | 7 25 | 288 | | -45 | 17 | 6 | |
| 60. | 2014 X 25 | Saturn | +0 8 | z | 17 23 | 95 | 4+ | +63 | 1 | -8 | |
| 61. | 2015 IV 21 | Aldebaran | +1 1 | m | 18 9 | 138 | 11+ | +83 | 25 | -1 | K 2' |
| 62. | 2015 VIII 9 | Aldebaran | +1 1 | o | 0 09 | 330 | 29- | -112 | 4 | -22 | |
| 63. | 2015 X 29/30 | Aldebaran | +1 1 | z | 22.59 | 106 | 91- | -59 | 42 | -51 | |
| | | | | o | 0 08 | 290 | | -39 | 50 | -51 | |
| 64. | 2015 XII 23 | Aldebaran | +1 1 | z | 19 21 | 115 | 96+ | -60 | 41 | -33 | |
| | | | | o | 20 31 | 280 | | -39 | 50 | -44 | |
| 65. | 2016 IV 6 | Wenus | -3 3 | z | 8 42 | 44 | 2- | -37 | 31 | 31 | |
| | | | | o | 9 36 | 305 | | -22 | 35 | 38 | |
| 66. | 2017 II 5 | Aldebaran | +1 1 | m | 23 6 | 315 | 70+ | +81 | 28 | -54 | K 4' |
| 67. | 2017 IV 28 | Aldebaran | +1 1 | z | 19 22 | 9 | 8+ | +95 | 18 | -3 | |
| | | | | o | 20 05 | 262 | | +103 | 11 | -9 | |
| 68. | 2017 VII 25 | Merkury | +0 5 | z | 8 38 | 202 | 6+ | -64 | 18 | 40 | N |
| | | | | o | 9 08 | 255 | | -78 | 22 | 44 | |
| 69. | 2017 XI 6 | Aldebaran | +1 1 | z | 4 02 | 95 | 94- | +58 | 42 | -25 | |
| | | | | o | 4 46 | 178 | | +70 | 36 | -18 | |
| 70. | 2017 XII 8 | Regulus | +1 3 | z | 22 24 | 176 | 64- | -100 | 7 | -58 | |
| | | | | o | 23 11 | 287 | | -92 | 14 | -61 | |
| 71. | 2017 XII 31 | Aldebaran | +1 1 | z | 2 22 | 76 | 94+ | +85 | 25 | -49 | |
| | | | | o | 3 10 | 191 | | +95 | 18 | -42 | |
| 72. | 2018 II 2 | Regulus | +1 3 | m | 18 9 | 213 | 98- | -100 | 8 | -22 | K 4' |
| 73. | 2018 II 23 | Aldebaran | +1 1 | z | 18.08 | 112 | 55+ | +1 | 55 | -9 | |
| | | | | o | 19 08 | 204 | | +26 | 53 | -19 | |
| 74. | 2019 II 2 | Saturn | +0 8 | z | 6.59 | 59 | 6- | -41 | 6 | -3 | |
| | | | | o | 7 37 | 356 | | -33 | 10 | 2 | |
| 75. | 2020 VI 19 | Wenus | -3 8 | z | 9.04 | 131 | 4- | -27 | 54 | 48 | |
| | | | | o. | 9 59 | 205 | | -4 | 57 | 55 | |

Oznaczenia w tab. 1.:

Zj. — rodzaj zjawiska:

z. — zakrycie

o. — odkrycie

m. — minięcie — w uwagach podano minimalną wartość odległości kątowej obiektu od Księżyca w minutach łuku

p. — początek widoczności przejścia Księżyca na tle Plejad

k. — koniec widoczności przejścia Księżyca na tle Plejad

Z — kąt pozycyjny zjawiska, liczony od zenitu odwrotnie, niż zegarowo

Faza Księżyca — procent oświetlonej tarczy: + faza rosnąca, — faza malejąca

A,h — współrzędne horyzontalne obiektu (dla zakryć Plejad — współrzędne horyzontalne Księżyca). Azymut jest liczony od południka, dodatni w kierunku na zachód, ujemny — na wschód.

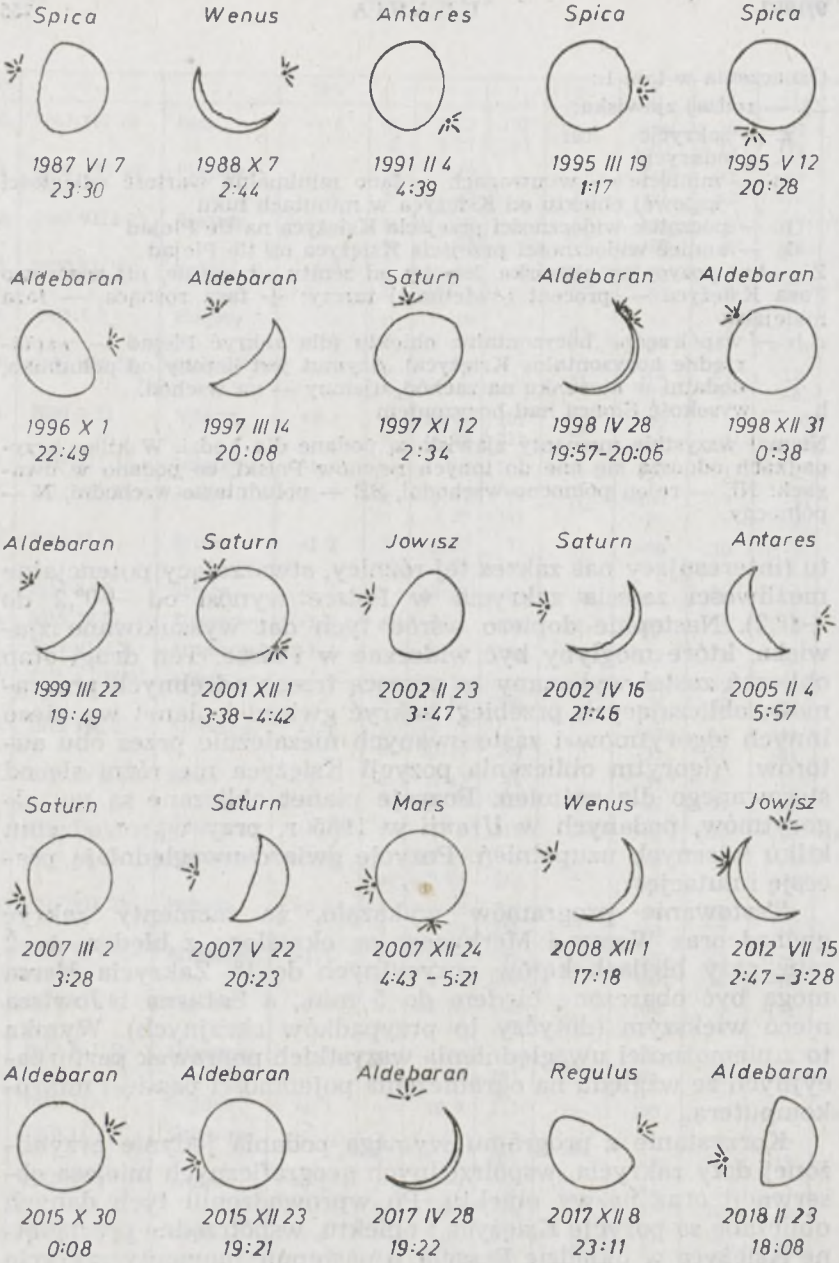
$h_{\odot}$ — wysokość Słońca nad horyzontem

Niemal wszystkie momenty zjawisk są podane dla Łodzi. W kilku przypadkach odnoszą się one do innych rejonów Polski, co podano w uwagach: NE — rejon północno-wschodni, SE — południowo-wschodni, N — północny.

tu (interesujący nas zakres tej różnicy, stwarzający potencjalne możliwości zajścia zakrycia w Polsce wynosi od +0°,2 do +1°,2). Następnie dopiero wśród tych dat wyszukiwano zjawiska, które mogłyby być widoczne w Polsce. Ten drugi etap obliczeń został wykonany za pomocą trzech odrębnych programów, obliczających przebiegi zakryć gwiazd i planet wg nieco innych algorytmów i zastosowanych niezależnie przez obu autorów. Algorytm obliczania pozycji Księżyca nie różni się od stosowanego dla zaćmień. Pozycje planet obliczane są wg algorytmów, podanych w *Uranii* w 1985 r. przy wprowadzeniu kilku własnych uzupełnień. Pozycje gwiazd uwzględniają precesję i nutację.

Testowanie programów wykazało, że momenty zakryć gwiazd oraz Wenus i Merkurego są określone z błędem 1—2 min. przy błędach kątów pozycyjnych do 1°. Zakrycia Marsa mogą być obarczone błędem do 5 min., a Saturna i Jowisza nieco większym (dotyczy to przypadków skrajnych). Wynika to z niemożności uwzględnienia wszystkich poprawek perturbacyjnych ze względu na ograniczenia pojemności pamięci mikrokomputera.

Korzystanie z programu wymaga podania jedynie przybliżonej daty zakrycia, współrzędnych geograficznych miejsca obserwacji oraz nazwy obiektu. Po wprowadzeniu tych danych obliczane są pozycje Księżyca i obiektu, współrzędne prostokątne Księżyca w układzie Bessela, a następnie momenty zakrycia i odkrycia bądź koniunkcji na niebie. Z kolei dla tych momen-




**Rys. 1 Przebieg najlepiej widocznych w Polsce zakryć gwiazd i planet przez Księżyc w latach 1986—2020.**

tów wyznaczane są kąty pozycyjne i współrzędne horyzontalne obiektu, Księżyca oraz Słońca. Określana jest równocześnie faza Księżyca. Możliwe jest też graficzne przedstawienie przebiegu zakrycia.

Przy okazji opracowano także inne, pokrewne programy, np. symulujące przebieg zakryć oraz obliczające granice zakryć brzegowych. Powstały one przy współpracy autorów, lecz ich opracowanie było udziałem przede wszystkim innych osób, a w związku z tym temat ten nie będzie tu rozwijany.

Errata

Do artykułu na temat przyszłych zaćmień Słońca (*Urania*, nr 12/1986) wkradł się z winy autorów błąd. Na rys. 1 (str. 333) data jednego z zaćmień winna być 2010 I 15 zamiast 2015 I 15 (tj. winna być zgodna z danymi z tabeli 1 na str. 336). Za błąd autorzy przepraszają Czytelników.

---

## KRONIKA

### Kalendarz marsjański

W referowanej pracy rozpatrywane są problemy rachuby czasu, w tym kalendarza, na ciałach niebieskich, na których w przyszłym stuleciu mogą być utworzone bazy załogowe. Według autora w rachubę wchodzą: Merkury, Księżyc, Mars, galileuszowe księżyce Jowisza oraz Tytan. Wyjąwszy Marsa i Merkurego, pozostałe ciała są związane siłami pływowymi z planetą, wokół której krążą, zaś okres, ich wirowania jest równy okresowi obiegu wokół planety. Merkury, ze względu na silne spłaszczenie orbity, również ma podobny okres wirowania do okresu obiegu wokół Słońca. Z tego powodu, na wszystkich wymienionych ciałach (za wyjątkiem Marsa) znacznie korzystniej jest posiłkować się ziemskim czasem uniwersalnym i kalendarzem gregoriańskim, zamiast wprowadzać jakikolwiek rodzaj czasu miejscowego. Dla Marsa autor proponuje stosować czas „marsjański", którego doba słoneczna liczy 10 godzin, godzina — 100 minut, minuta — 100 sekund. Kalendarz marsjański rozpoczyna się według tej koncepcji rokiem zerowym Ery Marsjańskiej. Za jej początek proponuje się przyjąć rok lądowania próbnika Viking 1. Pierwsze cztery lata w dziesięcioletnim cyklu tego kalendarza liczą po 668 dób, pozostałe — po 669 dób. Każdy tysięczny rok ma nie 669, lecz 668 dób. Wiąże się to z faktem, iż okres obiegu Marsa wokół Słońca wynosi 668,5990 marsjańskich dób słonecznych. Rok marsjański dzieliłby się według tej propozycji na 24 miesiące. Jego „przestępna" forma liczy 21 miesięcy po 28 dni i 3 miesiące po 27 dni, „zwykła" zaś 20 miesięcy po 28 dni i 4 po 27 dni. Miesiące miałyby nosić nazwy gwiazdozbiorów zodiakalnych — 12 łacińskich i 12 zaczerpniętych z sanskrytu i języka hindi. Dni siedmiodniowego tygodnia nosiłyby nazwy: Dzień Słońca, Księżyca, Marsa, Merkurego, Jowisza, Wenus i Saturna. W krótszym (27-dniowym) miesiącu nie byłoby dnia Saturna, dzięki czemu każdy miesiąc rozpoczynałby się Dniem Słońca.

Proponowany kalendarz autor nazywa „dariuszowym" — od imienia swojego syna.

Wg *Journal of the British Interplanetary Society*, 1986, 39, 282.

ZBIGNIEW PAPROTNY

**Anomalne wschody Słońca**

Zjawisko nazywane „efektem Nowej Ziemi", polegające na nieoczekiwanych pojawieniach się Słońca nad horyzontem rejonów polarnych podczas tamtejszej nocy, zostało po raz pierwszy sfotografowane w roku 1979, w pobliżu miasteczka Taktojaktuk (69°45′ szerokości geograficznej północnej), na brzegu Morza Beauforta. Na każdym z wykonanych wtedy zdjęć zobaczyć można kilka obrazów Słońca, usytuowanych na różnych wysokościach nad horyzontem. Opisywane zjawisko związane jest z silną inwersją temperaturową w rejonach biegunowych, wywołującą anomalne załamanie promieni świetlnych w atmosferze. Nazwa zjawiska upamiętnia pierwszą (wizualną) rejestrację, dokonaną w styczniu 1597 roku w pobliżu Nowej Ziemi (76°12′ szer. geogr. półn.), podczas trzeciej ekspedycji Wilhelma Barentsa, poszukującej przejścia północno-wschodniego.

Wg *Polar Research*, 1986, 23, 205.

ZBIGNIEW PAPROTNY

## KRONIKA HISTORYCZNA

**„Firmamentum Sobiescianum" Jana Heweliusza — bibliofilski rarytas**

Dla upamiętnienia przypadającej w tym roku trzechsetnej rocznicy śmierci wielkiego astronoma gdańskiego Oddział Gdański „Ossolineum" przygotował do druku jedno z dzieł Jana Heweliusza — *Firmamentum Sobiescianum* (Gedani 1690). Druku podjęły się Gdańskie Zakłady Graficzne w Suchaninie. W chwili obecnej (kwiecień 1987) prace nad wydaniem faksymilowego atlasu nieba są w stadium bardzo zaawansowanym: dokonuje się już szycia składu. We wrześniu dzieło to ma uświetnić międzynarodową sesję naukową poświęconą astronomowi.

Powstający reprint nie jest idealnie „czystym" reprintem, bowiem w niektórych miejscach dzieła dokonano polskich przekładów tekstów łacińskich. Zamieszczono posłowie pióra Przemysława Rybki i Karoliny Targosz. Posłowie i indeksy gwiazdozbiorów zostały przetłumaczone na cztery języki. Zabiegów tych dokonano w celu upowszechnienia wydawanego dzieła. Druk wykonano na specjalnym papierze, wzorowanym na papierze starodruku, specjalnie w tym celu wyprodukowanym przez Państwową Wytwórnię Papierów Wartościowych w Warszawie. Reprint został niezwykle starannie przygotowany, o czym może świadczyć siedem przeprowadzonych korekt. Nad jego wydaniem pracuje grupa wysoko wykwalifikowanych drukarzy. Przy zszywaniu składu i oprawie całkowicie wzorowano się na pierwodruku. Okładka wykonana zostanie z materiału skóropodobnego z nadrukiem i zdobieniami jak na oryginale.

Przeglądając wydawane dzieło, zobaczymy w nim m. in. rycinę frontyspisową podwójnej wielkości (na dwóch rozkładanych stronicach), na której Heweliusz zgięty w pokłonie zbliża się do tronu Uranii, aby

ofiarować odkryte przez siebie gwiazdozbiory. W prawej ręce trzyma Tarczę Sobieskiego, w lewej Sekstans Uranii. Tuż obok niego spoczywa otwarta księga z tytułem *Catalogus fixarum*. Za nim zaś, podąża gromadka zwierząt, których imionami nazwał nowoodkryte konstelacje. Wśród nich jest jaszczurka, lis z gęsią, psy gończe: Chara i Afterion, ryś, mały lew, cerber. Uranię widzimy na tronie wśród obłoków z gwiazdą nad czołem, Księżycem i Słońcem w rękach, w otoczeniu dzieci symbolizujących pięć planet. Pomiędzy tronem Uranii a Heweliuszem unosi się na obłoku wielki globus nieba. Przed samym Heweliuszem leży rozpostarta banderola, na której widnieją słowa, jakby wypowiadane przez samego astronoma: „Quaecunque divina concessit benignitas, haec submisse sisto, atque offero, vestroque sublimi comitto iudicio" (Cokolwiek udzieliła boska łaskawość, to pokornie przedkładam, ofiarowuję i powierzam waszemu najlepszemu osądowi). Po obu stronach tronu Uranii, stoi dziesięciu wybitnych astronomów (jakby synów Uranii-Astronomii). Po prawej ręce: Hipparch, Timochares, Uług-Beg, Tycho, Walterus (Bernard Walther), po lewej: Ptolemeusz, Albategnius (Al-Battani), Wilhelm Heski, Regiomontanus i Kopernik. Za uczonymi w tle ryciny, widzimy postacie rezprezentujące gwiazdozbiory do tej pory umieszczone na nieboskłonie. Nad całą tą „sceną"w otwartych niebiosach, unosi się rój małych aniołków, trzymających banderole z różnymi wersetami o treści religijnej. W prawym dolnym narożu unosi się nieco w górę ławica chmur, by ukazać panoramę Gdańska. Nie wiadomo czy rycinę tę wykonano już po śmierci astronoma, czy jeszcze za jego życia. Można przypuszczać, że astronom sam mógł zdecydować się na umieszczenie siebie przystępującego do tronu Uranii, przeczuwając nadchodzący kres życia. Kolejnymi ciekawymi elementami dzieła są: dedykacja odautorska, poświęcającą dzieło królowi Janowi III Sobieskiemu, list wdowy Elżbiety Heweliuszowej do króla Jana III oraz portret astronoma (patrz zdjęcie na drugiej stronie okładki). Na portrecie widzimy astronoma, jakby nieco utrudzonego i zmęczonego. Z obliczem poważnym, może trochę skupionym. Jego wielkie oczy patrzą badawczo i głęboko, kierując się gdzieś na odległy, „nieuchwytny" obiekt.

Atlas nieba zawiera 54 ryciny uranograficzne, przedstawiające 78 gwiazdozbiorów w formie antropo- i zoomorficznej. Z 54 rycin, 17 przedstawia gwiazdozbiory nieba południowego, pozostałe przedstawiają niebo północne i znaki zodiaku. Opracowanie ikonograficzne atlasu nieba zawdzięczamy siedemnastowiecznym artystom gdańskim: rysownikowi i malarzowi Andrzejowi Stechowi oraz Karolowi de La Haye, który rysunki Stecha przeniósł na płyty miedziorytnicze. Stech wykonał rysunki do atlasu, na podstawie szkiców wykonanych przez Heweliusza. Na każdej z rycin zaprezentowany jest jeden gwiazdozbiór (są wyjątki), który wyeksponowany jest spośród innych, poprzez zastosowanie grubszej ciemniejszej kreski i podaniu większej liczby szczegółów (zastosowano metodę światłocienia). W kilku przypadkach na rycinie pojawia się większa liczba gwiazdozbiorów, które są wyeksponowane spośród innych, nakreślonych cieńszą kreską. W atlasie odnajdziemy także gwiazdozbiory zaproponowane przez samego Autora, w tym Tarczę Sobieskiego (w atlasie fig. Q — patrz zdjęcie na drugiej stronie okładki). W tym przypadku cała rycina jest wykonana silnym światłocieniem. Wszystkie gwiazdozbiory w atlasie, ukazane zostały w widoku zewnętrznym (jakby widziane z góry). W ten sposób, w jaki prezentuje się gwiazdozbiory na globusach nieba. Heweliusz przyjął taką metodę prezentacji gwiazdozbiorów prawdopodobnie z myślą wykorzystania atlasu i

dla tych celów. W późniejszym okresie (w XVIII wieku), twórcy najważniejszych globusów, przejęli opracowanie graficzne atlasu. W ówczesnych czasach atlas Heweliusza był jednym z najpiękniejszych atlasów nieba przedstawiających gwiazdozbiory w sposób antropo- i zoomorficzny. Ten najwyższy poziom został osiągnięty dzięki zdolnościom artystycznym Heweliusza, a także jego współpracy z artystami, którzy reprezentowali najwyższy poziom artystyczny.

Z biegiem czasu zaprezentowany przez Heweliusza panteon nieba uległ przeobrażeniom. Wprowadzono zmiany w układzie gwiazdozbiorów, powstają nowe postacie i wyobrażenia, zmieniają się nazwy. Jednakże, po wielu latach, podczas obrad Międzynarodowej Unii Astronomicznej w 1922 roku, została podjęta uchwała ustalająca obowiązujący do dzisiaj podział nieba na 88 gwiazdozbiorów. Bardzo dużą rolę w tym przedsięwzięciu odegrał atlas nieba Heweliusza, był jakby wzorcem, materiałem wyjściowym do dogłębnego i dokładnego podziału nieba. Należy stwierdzić, że dokonano niewielu zmian, szczególnie w nazewnictwie gwiazdozbiorów i ich postaciach, które zaproponował i zebrał w swoim atlasie nieba Heweliusz.

Na końcu dzieła znajdują się dwie mapy o wymiarach: 50 cm × 50 cm — przedstawiające półkulę północną i południową nieba. Północna dedykowana jest Janowi III, południowa królewiczowi Jakubowi. Wszystkie elementy upiększające są w stylu ówczesnego baroku. Elementy te noszą jednak zawsze pewną szczyptę informacji. W swych dziełach (a także w tym prezentowanym) astronom wykorzystuje każdą możliwą sytuację, aby czytelnikowi dzieła przekazać jak największą ilość informacji. Łączy piękne z pożytecznym. Np. na mapie północnej nieba, w lewym dolnym narożniku, Heweliusz prezentuje dwa putta, stojące przy sekstansie, trzecie podbiega do nich z lunetą, lecz napotyka na tabliczce trzymanej przez jedno z nich, następujący napis: „Prostat nudo oculo" (Na pierwszym miejscu stawiam gołe oko). Scena ta to wyraz protestu przeciwko nowym metodom badań kosmosu, a także jakby odpowiedź dla tych, którzy z tego powodu atakowali Heweliusza.

Odbitkę dzieła wykonano z oryginału przechowywanego w zbiorach Gdańskiej Biblioteki PAN. Jest to wydanie bibliofilskie o nakładzie tylko 1200 numerowanych egzemplarzy. Znaczna ich część opuści granice naszego kraju, m. in. jeden z egzemplarzy *Firmamentum Sobiescianum* Jana Heweliusza, otrzymał już nasz rodak — papież Jan Paweł II.

*STANISŁAW MIOTK*

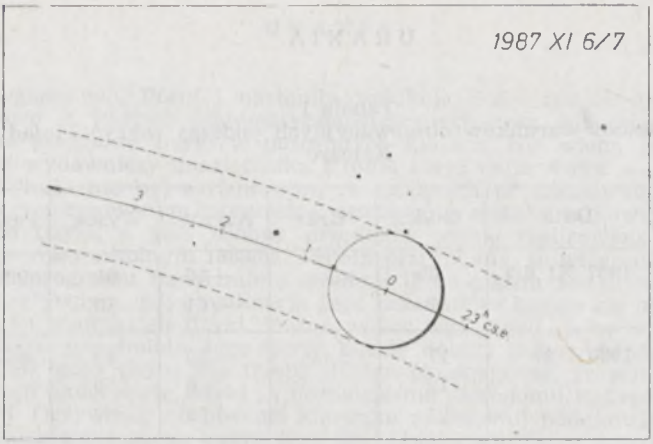
---

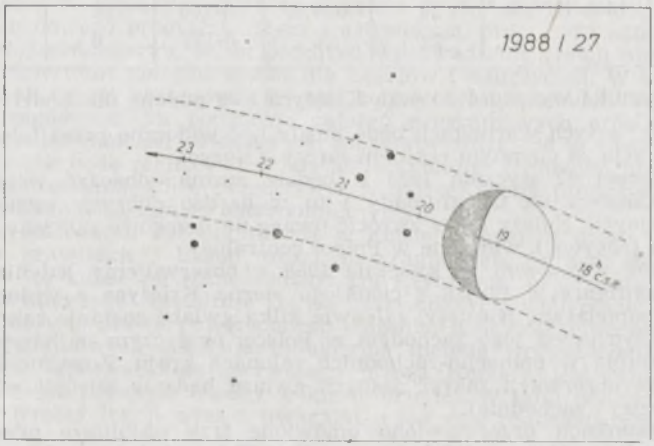
## PORADNIK OBSERWATORA

### Zakrycia gwiazd z gromady Plejad przez Księżyc (I)

W nadchodzących miesiącach będziemy świadkami szeregu pięknych zjawisk, jakimi są przejścia Księżyca na tle gromady gwiazdowej Plejady. Zakrycia gwiazd z tej gromady rozpoczęły się już pod koniec 1986 r., ale nie były wówczas w Polsce widoczne. W r. 1987 również trwała seria zakryć tych gwiazd, lecz dopiero pod koniec roku nastąpią zjawiska, widoczne u nas w stosunkowo dobrych warunkach.

Pierwsze z nich nastąpi w nocy z 6 na 7 listopada 1987 r. Mimo, że dojdzie do zakryć kilku jasnych gwiazd, warunki obserwacyjne będą utrudnione wskutek silnego blasku Księżyca w fazie 1 dnia po pełni.


1987 XI 6/7
3
2
1
0
23h сзв


1988 I 27
23
22
21
20
19
18h сзв

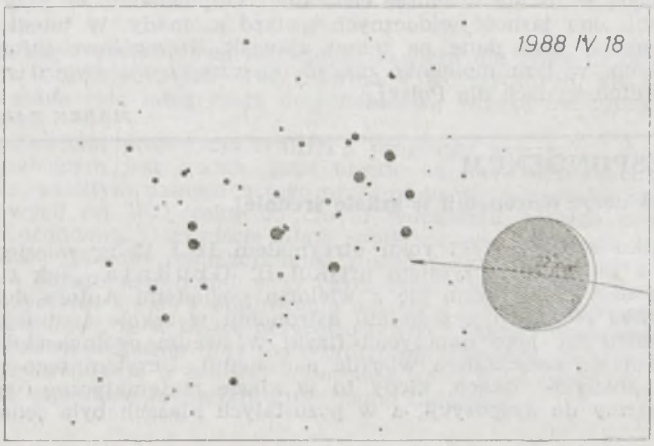

1988 IV 18

Tabela 1
Dane na temat warunków obserwacyjnych podczas zakryć Plejad przez Księżyc

| L.p. | Data | Godz. | Czas | Azymut | Wysok. | Faza Ks. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 1987 XI 6/7 | 0h | c.s.e. | +17 | 61 | 98—% |
| | | 2 | „ | +61 | 50 | |
| 2. | 1988 I 27 | 17 | c.s.e. | —50 | 59 | 69+ |
| | | 19 | „ | 0 | 70 | |
| | | 21 | „ | +50 | 60 | |
| 3. | 1988 IV 18 | 20 | c.w.e. | +100 | 24 | 7+ |
| | | 22 | „ | +121 | 6 | |

Azymut i wysokość dotyczą Księżyca i są podane dla Łodzi.

Oczywiście, w tych warunkach będę mogły być widoczne przez teleskopy tylko odkrycia za ciemnym rąbkiem tarczy Księżyca.

Wieczorem 27 stycznia 1988 r. będzie można zobaczyć wspaniały „pasaż" Księżyca na tle gromady i to w bardzo dobrych warunkach obserwacyjnych. Należy także zwrócić uwagę na brzegowe zakrycie gwiazdy η Tau (Alcyone), widoczne w Polsce centralnej.

Również wieczorem 18 kwietnia 1988 r. obserwujemy jedynie efektowną konfigurację Plejad i cienkiego sierpa Księżyca z widocznym światłem popielatym. Niestety, zaledwie kilka gwiazd zostanie zakrytych przez Księżyc przed jego zachodem w Polsce, przy czym najlepsze warunki wystąpią w północno-zachodnich rejonach kraju. Znacznie lepsze warunki do obserwacji zakryć jasnych gwiazd będą w Europie północno-zachodniej i zachodniej.

Na rysunkach przedstawiono omówione trzy najbliższe przejścia, tak, jak będą widoczne w Polsce centralnej. Odpowiednio do fazy Księżyca ograniczono jasność widocznych gwiazd gromady. W tabeli 1 podano natomiast inne dane na temat zjawisk. Szczegółowe informacje o zjawiskach, w tym momenty zakryć poszczególnych gwiazd zostaną podane w efemerydach dla Polski.

*MAREK ZAWILSKI*

## Z KORESPONDENCJI

### Jak można uczyć astronomii w szkole średniej

Na początku stycznia 1987 roku otrzymałem 11 i 12 nr miesięcznika *Urania* i z uwagą przeczytałem artykuł B. Grudnia „Jak i czego chciałbym uczyć". Zgadzam się z wieloma poglądami Autora dotyczącymi sposobu realizacji przedmiotu astronomii w szkole średniej, gdyż od kilkunastu lat jako nauczyciel fizyki w liceum ogólnokształcącym zajmowałem się nauczaniem właśnie astronomii. Uczyłem tego przedmiotu w „tłustych" latach, kiedy to w klasie matematyczno-fizycznej były 2 godziny do dyspozycji, a w pozostałych klasach była jedna go-

dzina tygodniowo. Później nastąpiła redukcja ilości godzin do jednej tygodniowo w klasach matematyczno-fizycznych oraz włączenie astronomii do programu fizyki w pozostałych klasach. Nie wiem, jak długi jest cykl wydawniczy miesięcznika *Urania* i być może Autor wspomnianego artykułu nie był zorientowany w zmianach programowych, ale w nowym zreformowanym programie astronomia została całkowicie włączona do fizyki, a jako osobny przedmiot będzie realizowana po raz ostatni w roku szkolnym 1988/89. Jestem przekonany, że włączenie astronomii do programu fizyki mimo redukcji ilości godzin jest jednak krokiem pozytywnym, gdyż realizacja tego przedmiotu będzie się odbywała tylko przez nauczycieli fizyki. Można wobec tego sądzić, że w większości przypadków przedmiotu tego uczyć będzie dobrze przygotowana kadra nauczycieli, gdyż chyba nie trzeba nikogo przekonywać, że w obecnych warunkach nauczyciele fizyki są do nauczania astronomii najlepiej przygotowani. Oczywiście absolwenci kierunku astronomii podejmujący pracę w szkolnictwie mogą uczyć tego przedmiotu, ale tylko jako nauczyciele fizyki. W bieżącym roku nauczyciele fizyki przygotowują się do wdrażania nowego programu fizyki z astronomią, przy czym istnieje duże prawdopodobieństwo, że na początku wprowadzenia zmian nie będzie podręczników oraz zbiorów zadań dla uczniów i nauczycieli. W tej realnej sytuacji należy zastanowić się nad konkretnymi sposobami realizacji nowych zagadnień. Na podstawie założeń programowych oraz dotychczasowych doświadczeń zawodowych mogę stwierdzić, że w chwili obecnej wiem jak będę realizował działy astronomiczne w nowym programie fizyki z astronomią. Chcę przedstawić w dalszej części propozycję koncepcji nauczania zagadnień astronomicznych.

Kurs astronomii rozpoczyna się w klasie drugiej w dziale „Astronomia i grawitacja". Układ treści programowych zwraca szczególną uwagę w tej klasie na różne rodzaje pól fizycznych, przy czym pojęcie pola grawitacyjnego kształtuje się na bazie odkryć ruchu planet i praw tego ruchu oraz prawa powszechnego ciążenia. Kolejność poszczególnych haseł programowych sugeruje indukcyjną metodę wprowadzenia praw grawitacji. Wprowadzenie pierwszego prawa Keplera jest praktycznie niemożliwe na poziomie wiedzy w klasie drugiej. W tabli poniżej przedstawiam tematy lekcji wraz z uwagami o zakresie realizowanych treści.

* *
*

Druga część programowa astronomii zawiera nie tylko ogromną sumę faktów obserwacyjnych oraz informacji teoretycznych, ale posiada pierwszorzędną rolę integrującą dotychczasową wiedzę nie tylko w zakresie fizyki.

Przedstawiona propozycja realizacji programu astronomii w liceum ogólnokształcącym jest realna, gdyż bazuje na doświadczeniach kilkunastoletniej praktyki nauczania tego przedmiotu we wszystkich wersjach programowych od 1971 roku do chwili wdrażania nowego programu fizyki z astronomią. Oczywiście zdaję sobie sprawę z tego, że w miarę upływu czasu projekt realizacji musi zostać przystosowany do nowego aktualnego obrazu astronomii, przy czym czasopismo *Urania* może skutecznie przyczynić się do kształtowania wiedzy o rozwoju astronomii. Nie oznacza to jednak, że w miarę przyrostu nowych faktów obserwacyjnych i rozwoju teorii wzrośnie ilość materiału programowego. Zadaniem nauczyciela jest redukcja w procesie nauczania treści mało istotnych, a eksponowanie zagadnień mających uniwersalne znaczenie.

| Ilość godzin | Temat lekcji | Zakres treści programowych i uwagi o realizacji |
|---|---|---|
| 2 | Ewolucja poglądów na budowę Wszechświata | Zarys teorii systemu geocentrycznego i heliocentrycznego. Odkrycia Kopernika. Ruch planet w układzie geocentrycznym i heliocentrycznym — symulacja mikrokomputerowa. |
| 3 | Budowa Wszechświata w świetle faktów obserwacyjnych | Obserwacja nieba jesiennego i typowych obiektów astronomicznych, orientacja na niebie. Hierarchiczna budowa Wszechświata w obserwacji z Ziemi przy pomocy najprostszych przyrządów — Księżyc, planety, gwiazdy, gwiazdy podwójne, gromady gwiazd, Droga Mleczna, galaktyka M 31., Hierachiczna struktura i masy kolejnych elementów tej struktury. Jednostki odległości używane w astronomii. |
| 2 | Źródła informacji o Wszechświecie | Promieniowanie elektromagnetyczne jako główne źródło informacji o Wszechświecie. Promieniowanie kosmiczne. Meteoryty. Badania bezpośrednie. |
| 1 | Obserwacja astronomiczna a doświadczenie fizyczne | Różnice między doświadczeniem a obserwacją. Obserwacja jako uzupełnienie niektórych doświadczeń fizycznych. |
| 1 | Charakterystka obserwacji astronomicznych w zakresie promieniowania elektromagnetycznego | Wpływ atmosfery na ilość informacji w zakresie promieniowania elektromagnetycznego. Atmosfera, a rozwój poszczególnych technik obserwacyjnych w zakresie optycznym i radiowym. Schemat uzyskiwania, zbierania i opracowywania wyników obserwacji. |
| 2 | Przegląd podstawowych instrumentów astronomicznych | Budowa teleskopu i lunety. Spektrometry. Klisza. Fotometry. Filtry. Radioteleskopy. Wzmianka o urządzeniach zbierających inne rodzaje promieniowania. |
| 2—3 | Prawa ruchu planet | Odkrycia Keplera. Wnioski wynikające z praw Keplera. |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | Prawo powszechnego ciążenia | Odkrycia Kopernika i Keplera przesłanką do sformułowania prawa powszechnego ciążenia. Ciąg rozumowania prowadzący do sformułowania prawa grawitacji. Masa grawitacyjna a masa bezwładna. Oddziaływanie grawitacyjne jako oddziaływanie elementarne. |
| 1 | Zasada zachowania momentu pędu w ruchu ciał niebieskich | Przypomnienie zasady zachowania momentu pędu. Prawo zachowania momentu pędu, a drugie prawo Keplera. Zasada zachowania momentu pędu jako fundamentalne prawo przyrody. |
| 1 | Pole grawitacyjne i jego natężenie | Przypomnienie określenia pola wektorowego. Natężenie pola jako wielkość charakterzująca pole grawitacyjne. Linie pola grawitacyjnego. Zasada superpozycji. |
| 1—2 | Natężenie pola grawitacyjnego, a przyspieszenie | Równość natężenia i przyspieszenia ziemskiego jako przejaw równości masy grawitacyjnej i bezwładnej. Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego. Zależność przyspieszenia ziemskiego od wysokości. Natężenie we wnęce kulistej oraz w jednorodnej kuli. |
| 2 | Praca w polu grawitacyjnym | Przypomnienie sposobów obliczania pracy. Wyprowadzenie wzoru. Zachowawczy charakter sił grawitacyjnych. |
| 2 | Przemiany energii w polu grawitacyjnym | Energia potencjalna grawitacyjna. Zasada zachowania energii mechanicznej w polu grawitacyjnym. Zastosowanie do ruchu planet. |
| 2 | Potencjał grawitacyjny | Potencjał jako funkcja skalarna. Potencjał jako wielkość charakteryzująca pole grawitacyjne. Powierzchnie ekwipotencjalne. Potencjał, a praca. |
| 1 | Uogólnienie praw Keplera | Prawo powszechnego ciążenia jako punkt wyjścia do analizy ruchu ciał niebieskich. Prawa Keplera jako szczególne przypadki ogólnych praw ruchu ciał w polu sił centralnych. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Uogólnienie praw Keplera w miarę możliwości. Wzmianka o zagadnieniu ruchu trzech ciał. |
| 1 | Loty kosmiczne | Definicja prędkości kosmicznej. Symulacja torów ruchu obiektów kosmicznych za pomocą mikrokomputera. Ruch swobodny i silnikowy pojazdów kosmicznych. |
| 1 | Słońce w układzie planetarnym | Rola Słońca w układzie planetarnym<br>— siła motoryczna ruchu wszystkich pozostałych ciał układu<br>— źródło energii (światła). |
| 1 | Wyznaczanie mas ciał układu planetarnego | Zastosowanie prawa grawitacji do wyznaczania masy Ziemi. III prawo Keplera w postaci uogólnionej bazą do wyznaczania mas innych ciał układu. Analiza możliwości wyznaczania mas ciał niebieskich. |
| 2 | Budowa układu planetarnego | Ogólna charakterystyka grup planet, ich księżyców oraz drobnych ciał niebieskich w oparciu o najnowsze aktualne informacje. Położenie Ziemi w układzie planetarnym (ekosfera). Hipoteza o możliwości istnienia życia w innych rejonach Wszechświata. |
| 2—3 | Podsumowanie działu | Pisemny sprawdzian wiadomości. Analiza realizacji działu. Prawo grawitacji jako wielkie odkrycie wynikające z badania ruchu ciał układu planetarnego.<br>Sformułowanie hipotezy:<br>— Prawa fizyki są takie same w całej przestrzeni.<br>— Ogólny obraz Wszechświata jest niezależny od miejsca obserwacji. |

Podsumowanie tego działu powinno wyrobić u uczniów przekonanie o słuszności zasady kosmologicznej (na tym poziomie bez podawania nazwy).

W klasie czwartej program ustala realizację elementów astrofizyki i kosmologii. Dlatego przewiduję zorganizowanie wycieczki do planetarium w Chorzowie na cykl zajęć tematycznych o treści astrofizycznej połączony z projekcją sztucznego nieba. Układ treści programowych przedstawia tabela:

| Ilość godzin | Temat lekcji | Zakres treści programowych i uwagi o realizacji |
|---|---|---|
| 1 | Ogólne wiadomości o Słońcu | Przedstawienie sposobu postępowania pozwalającego na wyznaczenie podstawowych parametrów Słońca takich, jak masa, odległość, rozmiary, gęstość, prędkość rotacji. |
| 1 | Budowa Słońca | Zasięg obserwacji optycznych. Wyznaczanie temperatury powierzchniowej, składu chemicznego Słońca. Oszacowanie temperatury wnętrza Słońca (twierdzenie o wiriale). Wyznaczenie ciśnienia wnętrza Słońca. |
| 1 | Źródła energii Słońca | Model wewnętrznej struktury Słońca. Analiza możliwych źródeł energii Słońca i gwiazd: chemicznej, grawitacyjnej, rozszczepienia jąder, syntezy jąder. Analiza warunków panujących wewnątrz Słońca podstawą do przyjęcia hipotezy o zachodzącym procesie syntezy. Cykl p—p. Transport wyprodukowanej energii. |
| 1 | Zjawiska zachodzące w atmosferze Słońca | Obserwacje plam słonecznych w pewnej skali czasowej. Aktywność słoneczna i jej zmiany. Źródła informacji o zjawiskach zachodzących w atmosferze Słońca. |
| 1 | Związki Ziemia-Słońce | Słońce jako główne źródło energii na Ziemi. Słońce motorem wszystkich zjawisk meteorologicznych. Aktywność słoneczna i jej powiązanie ze zjawiskami na Ziemi. |
| 1 | Wyznaczanie odległości i prędkości ruchu gwiazd | Efekt paralaksy heliocentrycznej. Odległości między gwiazdami. Efekt Dopplera i prędkość radialna gwiazd. Ograniczona możliwość zastosowania paralaksy do wyznaczania odległości. Cefeidy. |
| 1 | Jasności gwiazd | Rozwój fotometrii gwiazd. Wielkości gwiazdowe. Wielkość wizualna i wielkość absolutna. Wielkości gwiazdowe, a jasności. |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Spektroskopia gwiazd | Informacje uzyskiwane z badań spektroskopowych w zakresie optycznym. Spektroskopia w zakresie innych rodzajów promieniowania. |
| 1 | Widma i wielkości absolutne gwiazd | Zależność widma od temperatury i składu chemicznego. Stały skład chemiczny gwiazd. Klasyfikacja widmowa gwiazd. Wzajemne powiązanie temperatury i wielkości absolutnej. Diagram H-R. |
| 1 | Podstawowe typy gwiazd | Charakterystyka fizyczna obiektów należących do różnych gałęzi diagramu H-R. Inne obiekty gwiazdowe: cefeidy, nowe, supernowe, gwiazdy neutronowe, czarne dziury. Charakterystyka gwiazd w gromadach gwiazd (diagram H—R dla gromad gwiazd). |
| I | Materia międzygwiazdowa | Populacje gwiazdowe. Dowody świadczące o istnieniu materii międzygwiazdowej. Rodzaje obłoków materii międzygwiazdowej. Skład chemiczny. |
| 1 | Ewolucja gwiazd | Diagram H—R dla gromad gwiazd (przypomnienie). Zależność szybkości zmian ewolucyjnych od masy. Charakterystyka etapów ewolucji gwiazd. Ewolucja gwiazd jako wynik zachodzących procesów nukleosyntezy. Źródła energii gwiazd w poszczególnych stadiach rozwoju ewolucyjnego. |
| 1 | Budowa Galaktyki | Rozmieszczenie gwiazd w Galaktyce. Położenie Słońca w Galaktyce. Rotacja Galaktyki. |
| 1 | Astronomia pozagalaktyczna | Typy galaktyk. Rozmieszczenie galaktyk. Przesunięcie ku czerwieni (program HST?). Kwazary. Prawo Hubble'a. |
| 1 | Ogólna teoria względności i jej sprawdziany obserwacyjne | Zasada równoważności. Zestawienie efektów przewidywanyych przez OTW wraz z ich weryfikacją obserwacyjną. |

| | | |
|---|---|---|
| | Przemiany Wszechświata | Przesłanki teoretyczne i obserwacyjne współczesnej kosmologii. Zasada kosmologiczna. Konstrukcja modeli kosmologicznych. Testowanie modeli kosmologicznych (komputerowe?). Scenariusz przemian Wszechświata według standardowego modelu kosmologicznego (spójność modelu kosmologicznego z teorią cząstek elementarnych). |
| 2—3 | Analiza realizacji działu | Podsumowanie wiadomości. Nowe fakty obserwacyjne. Nowe drogi rozwoju astronomii. |

*Pińczów, 19 stycznia 1987 r.* *EUGENIUSZ BOGACZ*

## KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

**Opracował G. Sitarski** **Grudzień 1987 r.**

**Słońce**

W tym miesiącu osiąga najniższy punkt ekliptyki pod równikiem niebieskim wstępując 22 grudnia w znak Koziorożca. Mamy wtedy początek zimy astronomicznej oraz najdłuższą noc i najkrótszy dzień na naszej półkuli. W Warszawie 1 grudnia Słońce wschodzi o $7^h21^m$, zachodzi o $15^h28^m$, 22 grudnia wsch. o $7^h43^m$, zach. o $15^h26^m$, a 31 grudnia wsch. o $7^h45^m$, ale zach. o $15^h33^m$.

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

| Data 1987 | P | $B_0$ | $L_0$ | Data 1987 | P | $B_0$ | $L_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XII 1 | +16°02 | +0°89 | 300°29 | XII 17 | +9°22 | —1°12 | 89°46 |
| 3 | +15.24 | +0.64 | 273.93 | 19 | +8.30 | —1.38 | 63.12 |
| 5 | +14.44 | +0.38 | 247.58 | 21 | +7.36 | —1.62 | 36.78 |
| 7 | +13.61 | +0.14 | 221.22 | 23 | +6.42 | —1.87 | 10.42 |
| 9 | +12.77 | —0.12 | 194.87 | 25 | +5.46 | —2.11 | 344.08 |
| 11 | +11.90 | —0.37 | 168.52 | 27 | +4.50 | —2.35 | 317.74 |
| 13 | +11.02 | —0.62 | 142.16 | 29 | +3.54 | —2.59 | 291.40 |
| 15 | +10.13 | —0.88 | 115.82 | 31 | +2.57 | —2.82 | 265.06 |

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; $B_0$, $L_0$ — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
24d8h0m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

**Księżyc**

Kolejność faz Księżyca jest w grudniu następująca: pełnia $5^d9^h$, ostatnia kwadra $13^d13^h$, nów $20^d19^h$, pierwsza kwadra $27^d11^h$. Naldalej od Ziemi Księżyc znajdzie się 10 grudnia, a najbliżej Ziemi 22 grudnia. W grudniu tarcza Księżyca zakryje dwie jasne gwiazdy, Spikę (Kłos Panny) i Antaresa, ale żadne z tych zakryć nie będzie u nas widoczne.

**Planety i planetoidy**

Nad zachodnim horyzontem z dnia na dzień coraz wyżej świeci pięknym blaskiem Wenus jako Gwiazda Wieczorna —4 wielk. Mars wschodzi nad ranem i widoczny jest jako czerwona gwiazda +1,6 wielk na granicy gwiazdozbiorów Wagi i Panny. Jowisz jest dobrze widoczny w pierwszej połowie nocy jako jasna gwiazda —2,6 wielkości w gwiazdozbiorze Ryb. Pozostałe planety przebywają na niebie zbyt blisko Słońca i są niewidoczne. Natomiast przez lunety możemy poszukiwać wśród gwiazd siódmej wielkości planetoidy Westy, której współrzędne równikowe podajemy dla kilku dat: grudzień $1^d$: rekt. $8^h46^m9$, dekl. $+18°49'$; $11^d$: rekt. $8^h47^m5$, dekl. $19°16'$; $21^d$: rekt. $8^h45^m0$, dekl. $+19°58'$; $31^d$: rekt. $8^h39^m5$, dekl. $20°53'$.

**Meteory**

W grudniu promieniują dwa stałe roje meteorów, Geminidy i Ursydy. Geminidy promieniują od 7 do 15 grudnia, a maksimum przypada 14 grudnia, radiant leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i ma współrzędne: rekt. $7^h28^m$, dekl. $+32°$; rój jest bogaty, a warunki obserwacji są w tym roku niezłe. Ursydy mają radiant w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy (rekt. $14^h28^m$, dekl. $+78°$), promieniują od 14 do 24 grudnia, a maksimum przypada 22 grudnia; rój jest słaby, ale warunki obserwacji są w tym roku bardzo dobre (Księżyc bliski nowiu).

* *
*

$1^d11^h$ Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 4°.

2/3 O $1^h0^m$ obserwujemy początek zakrycia 2 księżyca Jowisza.

$3^d11^h$ Wenus w złączeniu z Neptunem w odl. 2°.

4/$5^d$ Księżyc 2 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Księżyc rozpocznie przejście o $20^h1^m$, a jego cień dopiero o $22^h8^m$; księżyc zakończy przejście o $22^h22^m$, a cień będzie jeszcze widoczny do $0^h27^m$. W tym czasie księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy planety i o $1^h43^m$ nastąpi początek jego zakrycia.

$6^d$ Księżyc 1 przechodzi za tarczą Jowisza. O $20^h10^m$ obserwujemy początek zakrycia, a o $23^h26^m$ koniec zaćmienia tego księżyca.

$7^d$ Do $20^h36^m$ na tarczy Jowisza widoczny jest cień jego 1 księżyca. Natomiast od $21^h58^m$ do $24^h22^m$ księżyc 3 przechodzi na tle tarczy Jowisza i jest niewidoczny; cień tego księżyca pojawi się na tarczy planety na krótko przed zachodem Jowisza w Polsce. O $23^h$ planetoida Westa nieruchoma w rektascensji.

$11^d$ Księżyc 2 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Obserwujemy początek przejścia księżyca o $22^h25^m$ i jego cienia o $24^h44^m$ oraz koniec przejścia księżyca o $24^h47^m$.

12d O 24h43m obserwujemy początek przejścia 1 księżyca na tle tarczy Jowisza.

13d Księżyc 2 ukryty jest za tarczą Jowisza i o 19h3m nastąpi koniec tego zakrycia, ale księżyc 2 będzie widoczny tylko przez dwie minuty, bo już o 19h5m zniknie w cieniu planety; koniec zaćmienia nastąpi o 21h26m. Księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy i o 22h1m obserwujemy początek jego zakrycia przez tarczę planety.

14d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Początek przejścia księżyca o 19h10m, a cienia o 20h22m; koniec przejścia księżyca o 21h21m, a jego cienia o 22h32m.

15d Księżyc 1 ukryty jest za tarczą Jowisza, a potem w jego cieniu; o 19h51m nastąpi koniec jego zaćmienia.

16d O 4h zdarzą się trzy zjawiska jednocześnie: Jowisz będzie nieruchomy w rektascensji, Saturn znajdzie się w złączeniu ze Słońcem, a Księżyc w bliskim złączeniu ze Spiką (Kłosem Panny), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Panny; zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie w północno-zachodniej Afryce, na Madagaskarze, na Oceanie Indyjskim i w Australii.

17d22h Mars w złączeniu z Księżycem w odl. 5°.

18d Księżyc 3 znajdjue się bardzo blisko prawego brzegu tarczy Jowisza i wkrótce zniknie w cieniu planety: początek zaćmienia o 20h29m, a koniec o 22h50m. O 0h52m obserwujemy jeszcze początek przejścia księżyca 2 na tle tarczy planety.

19d O 10h Uran w złączeniu ze Słońcem. O 13h bliskie złączenie Księżyca z Antaresem, gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona; zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Ameryce Południowej, na południowym Atlantyku, w Afryce Południowej i na Madagaskarze.

20d Księżyc 2 przechodzi za tarczą i przez strefę cienia Jowisza. Początek zakrycia o 19h8m, a koniec o 21h33m; początek zaćmienia o 21h44m, a koniec o 0h5m. Jednocześnie księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy i o 23h51m nastąpi początek jego zakrycia.

21d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Księżyc rozpocznie przejście o 21h2m, a jego cień o 22h18m; księżyc 1 kończy przejście o 23h13m, a jego cień widoczny jest do 0h28m.

22d O 10h46m Słońce wstępuje w znak Koziorożca, mamy początek zimy astronomicznej (długość ekliptyczna Słońca wynosi wówczas 270°). Księżyc 1 ukryty jest za tarczą i w cieniu Jowisza: o 21h46m obserwujemy koniec zaćmienia. O 23h Wenus w złączeniu z Księżycem w odl. 2°.

23d9h Górne złączenie Merkurego ze Słońcem.

25d Od 19h10m do 21h43m księżyc 3 przechodzi za tarczą Jowisza.

27d O 21h40m obserwujemy początek zakrycia 2 księżyca Jowisza.

28d16h Jowisz w złączeniu z Księżycem w odl. 4°. Księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy planety i o 22h55m rozpocznie przejście na jej tle.

29d O 7h planetoida Pallas w złączeniu ze Słońcem. Wieczorem księżyc 2 przechodzi na tle tarczy Jowisza i o 19h1m obserwujemy koniec przejścia. O 19h15m na tarczy Jowisza pojawi się cień księżyca 2 i widoczny będzie do 21h33m. Księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy planety i o 20h12m nastąpi początek zakrycia.

30d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Obserwujemy koniec przejścia: księżyca o 19h35m, cienia o 20h53m.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

CONTENTS

J. Biała, J. Szubiakowski — Since Newton to Space Flights.

J. Wiland, M. Zawilski — Occultation Phenomena Visible in Poland in 1986—2020 (III).

Chronicle: A Martian Calendar — Abnormal Sunrises

Historical Chronicle: „Firmamentum Sobiescianum" by J. Hevelius — a Bibliophilic Rarity.

Vade-mecum for Observers: Occultations of Stars from Pleiades by the Moon (I).

From Correspondence.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

Я. Бяла, Я. Шубяковски — От Нютона до космических полётов.

Я. Виланд, М. Завильски — Затменные явления видимые в Польше в 1986—2020 (III).

Хроника: Марсианский календарь — Аномальные восходы Солнца.

Историческая хроника: „Firmamentum Sobiescianum" Яна Гевелия — библиофильская редкость.

Справочник наблюдателя: Покрытия Луной звёзд из Плеяд. (I).

Из корреспонденции.

Астрономический календарь.

---

Zakład Budowy Astronomicznych Teleskopów Zwierciadlanych oferuje teleskop:

— średnica zwierciadła 67 mm
— ogniskowa 420 mm
— powiększenie 30 × i 80 ×

Jacek Uniwersał
ul. Poniatowskiego 9
34-300 Żywiec
tel. 33-74

---

**Trzecia strona okładki:** Zdjęcie Ratusza Staromiejskiego przy ul. Korzennej w Gdańsku, w którym Heweliusz zasiadał jako rajca miejski. We wrześniu 1987 roku odbędzie się w nim międzynarodowa sesja naukowa poświęcona Heweliuszowi oraz rozpocznie obrady XXIII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Fot. St. Miotk.

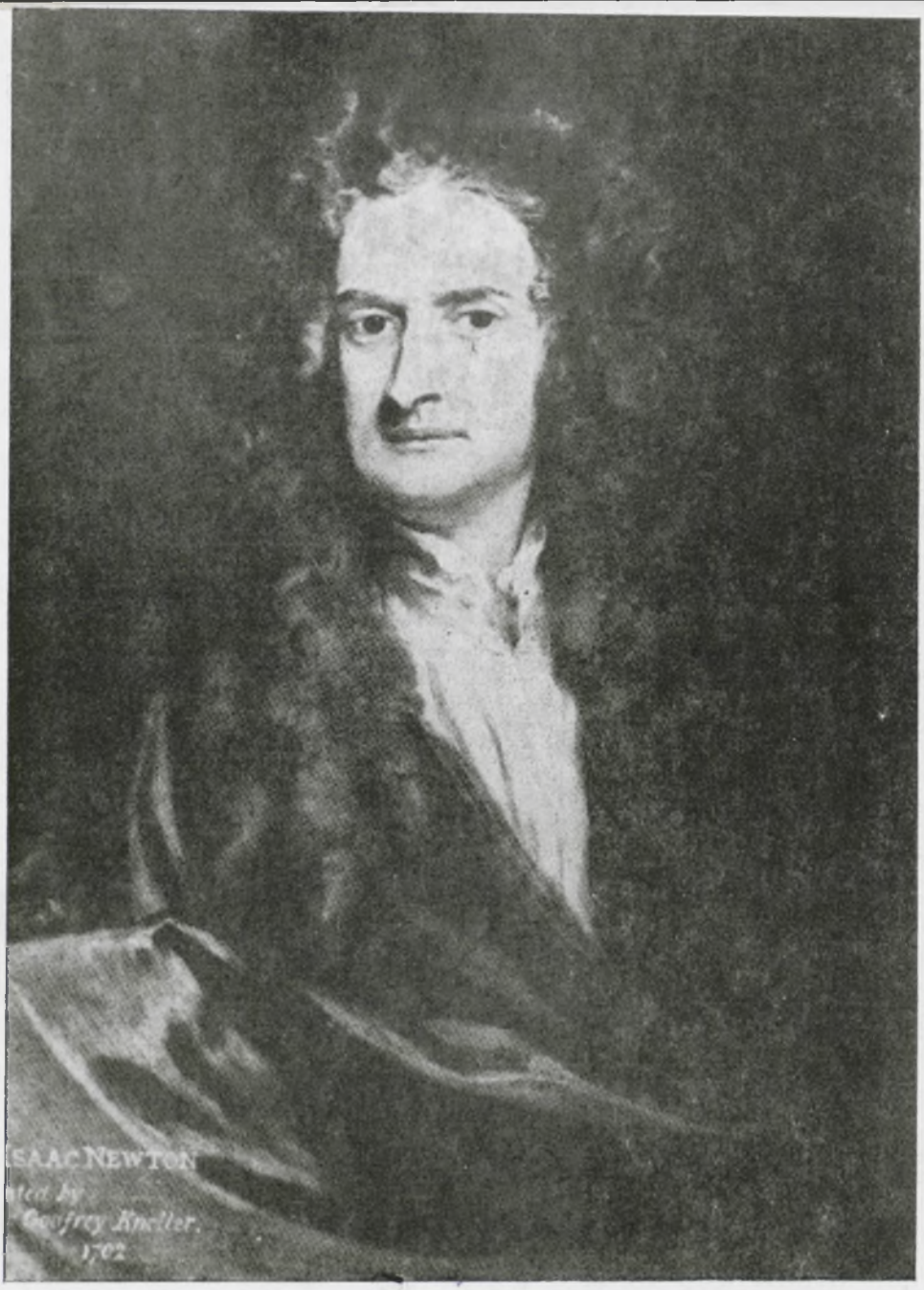
**Czwarta strona okładki:** Portret Izaaka Newtona pędzla G. Knellera (National Portrait Gallery, Londyn).

---

URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium w składzie: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji, T. Zbigniew Dworak — redaktor techniczny. Adres redakcji: ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa. Adres administracji: Zarząd Główny PTMA, ul. Solskiego 30/8, 31-027 Kraków, tel. 22 38 92; nr konta PKO I OM Kraków 35510-16391-132. Warunki prenumeraty: roczna dla członków PTMA — 588 zł, dla niezrzeszonych prenumeratorów — 720 zł, cena pojedynczego egzemplarza — 45 zł, zgłoszenia w administracji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław Oddział w Krakowie, 1987. Nakład 2750+32 egz. Obj. ark. wyd. 2,70, ark. druk. 2,0 Pap. druk. sat. kl. V. 55 g, 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa w Krakowie — Zam. nr 4804/87 — N9 — Nakł. 2750+32 egz.




Indeks 38001