DLA PRENUMERATORÓW: BIULETYN PTMA „KOMECIARZ”

Urania

Postępy Astronomii

2/2016 (782) marzec–kwiecień
Tom LXXXVII
ukazuje się od 1920 r.

Cena 12,90 zł
w tym 5% VAT

www.urania.edu.pl

Czarne dziury w twoim domu

Fale grawitacyjne

Tranzyt Merkurego! zjawisko roku

ISSN 1689-6009 indeks 401323

Sky-Watcher® | STAR ADVENTURER

Sky-Watcher Star Adventurer wyznacza nowe standardy w prostej, mobilnej astrofotografii szerokich pól [ang. wide-wield astrophotography]. Jest małym i niepozornym z wyglądu urządzeniem, które w istocie jest precyzyjną i zaawansowaną głowicą paralaktyczną z szeregiem bardzo użytecznych cech.

- 7 zaprogramowanych prędkości śledzenia
- 72 godzin pracy na 4 bateriach AA
- Podświetlana lunetka biegunowa
- Wyzwalanie migawki lustrzanek
- Dedykowany klin paralaktyczny
- Wbudowany port guidera ST-4

1599,-

DLA CZYTELNIKÓW URANII 10% RABATU NA KOD ADV516 *

* PROMOCJA WAŻNA DO 31.05.2016 LUB DO WYCZERPANIA AZAPASÓW, KOD „ADV516" NALEŻY PODAĆ W TRAKCIE SKŁADANIA ZAMÓWIENIA

Infolinia: 801.011.337 lub 25 786.05.20

www.deltaoptical.pl * facebook.com/Delta.Optical.Polska

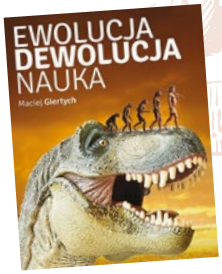
URANIA — NASZA MUZA

dla szkół, uczelni oraz miłośników astronomii i amatorów nocnego nieba

Podróże kształcą, zwłaszcza w mądrym towarzystwie! Z dumą więc odpowiedziałem dziennikarzowi, któ**ry dzwonił**, wypytując o Zosię Kaczmarek i moją rolę w jej sukcesach — ja jestem wyłącznie jej… kierowcą! W ten sposób, rok w rok wiozę ją do naszego wspólnego Torunia, razem z wygranymi na Olimpiadzie Astronomicznej teleskopami. W Chorzowie kręciliśmy część kolejnego odcinka *Astronarium*, o astronomii w szkole. Miało być o tym jak to poprzez astronomię młodzież pcha się na politechniki, a Zosia tylko niebo i niebo… i że przez dziesięciocalową Synthę „to już naprawdę wszystko widać". No i wygrała 10" Synthę, ale na Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomicznym w Grudziądzu. Ponieważ jest w drugiej klasie, organizatorzy już sobie zanotowali, że w przyszłym roku ma być 12 cali! Zosia, zamiast odebrać wymarzoną nagrodę, pojechała na finał Olimpiady Lingwistyki Matematycznej (IV miejsce), a więc po zwycięstwach w Chorzowie i Grudziądzu w jednym miesiącu prawie że **złapała** *hat-tricka*. Jak nasz fotograf, który na grudziądzkim tarasie złapał w jednym kadrze troje zwycięzców Olimpiad: Zosię (LIX), Damiana Puchalskiego (LIII) i… niżej podpisanego (XVI). Towarzystwo miałbym jeszcze bardziej doborowe, gdyby się gdzieś nie zawieruszył tryumfator IV Olimpiady, Henryk Brancewicz — 27 lat jurorowania na OMSie, prawie jak… pontyfikat!

Innym razem wiozłem do domu w Lidzbarku Warmińskim nieco starszą od Zosi, córkę naszego redaktora Jacka Drążkowskiego, Julię. Ta sama co u Zosi pasja i zaangażowanie, tyle że nie w astronomię, ale biotechnologię i inżynierię genetyczną. W moich szkolnych czasach uczono astronomii z podręcznika Konrada Rudnickiego, ale jeszcze nie uczono genetyki, bo jej prawie nie było. Wydawało się, że jakoś kumam, kiedy Julia opowiadała o fascynujących podmianach genów, których jako studentka dokonywała na moim uniwersytecie. Dzięki niej może lepiej pojąłem problemy genetycznego dzielenia na czworo rzekomego włosa Kopernika przy okazji identyfikacji jego czaszki. Kiedy więc koledzy biolodzy, uczeni i nauczyciele podnieśli larum, że do szkół dotarła — prywatnym sumptem autora — książka kwestionująca teorię ewolucji, ze zdziwieniem przeczytałem na skrzydełku okładki, że sędziwy profesor wykładał przez kilkanaście lat właśnie genetykę na moim UMK. Aby sprawdzić, na ile groźnego mamy przeciwnika, trzeba zobaczyć tzw. podstawę programową. Zajrzałem więc do podręcznika biologii z pierwszej klasy liceum. A tam wszystko, co najciekawsze, czyli DNA, chromosomy i geny, opisane po… chińsku i w żaden sposób nie sposób zrozumieć, jak się to przekłada na kolorowe paski po elektroforezie? Społeczno-etyczna, druga część podręcznika zdaje się wyjaśniać, skąd się później biorą ekoterroryści.

50 lat temu Zonn przetłumaczył, PWN wydało, a ja pokochałem sławną „Pseudonaukę i pseudouczonych" Martina Gardnera. Idealnym demaskatorem zwyczajnych oszustw (różdżkarstwa, lewitacji, homeopatii etc.) okazał się kumpel Gardnera, oszust zawodowy, czyli iluzjonista, James Randi. Trudniej sobie poradzić z „teoretykami", zwłaszcza jeśli mają akademickie przygotowanie w swojej dziedzinie. Jako redaktor „Uranii" otrzymuję od czasu do czasu różniste „ogólne teorie wszystkiego". Nawet pomyślałem, aby dwóm takim autorom posłać ich niedorzeczności nawzajem do… recenzji! Czy byłoby jednak ładnie naigrawać się z kogoś, kto prosi o podanie numeru konta bankowego, na które przeleje stosowny procent Nagrody Nobla po publikacji „dzieła"? Prawdziwa gratka dla badacza i tępiciela pseudonauki zdarza się wtedy, kiedy autor sam wydaje dzieło pod swoim nazwiskiem. Pieczołowicie je zbieram. Marzę kiedyś przygotować o tym wykład, napisać artykuł, a może nawet książkę.



„Ewolucja, dewolucja, nauka" to klasyczny przykład kreacjonizmu „naukowego". Nie mieści się w podstawie programowej, ale tak w „dewolucji", jak i w nieszczęsnym podręczniku, mamy do czynienia prawie wyłącznie z przedmiotem przemyśleń. Nie ważne, dobrych czy złych? W obydwu przypadkach biologia — jako nauka — zatraciła swój podstawowy, empiryczny charakter.

A z teorią ewolucji jest chyba tak jak z nukleosyntezą w gwiazdach. Nikt w nią nie zwątpił, nawet wtedy, gdy słonecznych neutrin było 3 razy za mało. Po prostu nie było nic lepszego! Ale astronomii w podstawie programowej nie ma…

09 kwietnia, Planetarium w Grudziądzu — Maciej Mikołajewski

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 1689-6009)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe w roku 1998 z połączenia „**Uranii**" (ISSN 0042-0794) — dotychczasowego miesięcznika Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, ukazującego się od 1920 r. i „**Postępów Astronomii**" (ISSN 0032-5414) — dotychczasowego kwartalnika Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, wychodzącego od 1953 r. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo częściowo finansowane przez:

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Nakład: 3000 egz.

Zespół Redakcyjny:
Krzysztof Czart (serwis www, redaktor)
Jan Desselberger (kalendarz astronomiczny)
Jacek Drążkowski (red. techniczny, skład)
Mateusz Krakowczyk (kącik olimpijczyka)
Maciej Mikołajewski (redaktor naczelny)
Marek Muciek (redaktor)
Sebastian Soberski (sekretarz redakcji)
Roman Schreiber (redaktor)
Marek Substyk (z-ca red. naczelnego)
Bożena Wyrzykowska (korekta językowa)
Karolina Zawada (orion.pta.edu.pl)

Współpraca:
Tadeusz Figiel, Sylwester Kołomański, Michał Kusiak, Robert Szaj, Adam Tomaszewski, Janusz Wiland, Łukasz Woźniak, Przemysław Żołądek

Adres Redakcji:
Urania, Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. 509 44 17 17
fax. (56) 611 30 08
e-mail: redakcja@urania.edu.pl

Adres WWW:
http://www.urania.edu.pl

Dystrybucja, marketing, sekretariat:
Ernest Świerczyński, tel. 698 55 61 61
e-mail: urania@urania.edu.pl

Cena Uranii w prenumeracie 10 zł
Prenumerata roczna 60 zł

Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160 2202 0000 0000 5530 5241

Wydawcy:

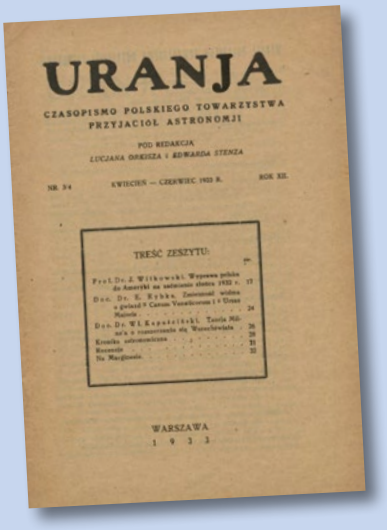
Polskie Towarzystwo Astronomiczne
ul. Bartycka 18,
00-716 Warszawa
tel. (0-22) 329 61 45
e-mail: zarzad@pta.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
ul. Miodowa 13a m. 35,
31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
e-mail: zarzad@ptma.pl
WWW: www.ptma.pl

*** MATERIAŁÓW NIE ZAMÓWIONYCH REDAKCJA NIE ZWRACA * ZASTRZEGA SIĘ PRAWO DO REDAGOWANIA I SKRACANIA TEKSTÓW * PRZEDRUK MATERIAŁÓW TYLKO ZA ZGODĄ REDAKCJI * OPINIE I POGLĄDY FORMUŁOWANE PRZEZ REDAKCJĘ I AUTORÓW NIE REPREZENTUJĄ OFICJALNEGO STANOWISKA WYDAWCÓW ***

DRUKARNIA
GRAFFITI BC
Toruń, ul. Równinna 11/13
www.graffitibc.pl
drukarnia@graffitibc.pl
tel. 56 654 47 14

Dawno temu w… „Uranii”


URANJA

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYJACIÓŁ ASTRONOMJI

TREŚĆ ZESZYTU:

WARSZAWA 1933

Roczne sprawozdanie Amerykańskiego Stowarzyszenia obserwatorów gwiazd zmiennych wykazuje, za czas: 1931 XI – 1932 X, 22 czynnych obserwatorów, którzy dokonali w sumie 33188 obserwacyj. Najczynniejszym z nich był znany odkrywca komet, Peltier (4030 obserwacyj). Wymienione stowarzyszenie istnieje od r. 1912, odkąd 417 różnych obserwatorów dokonało ogółem 374543 obserwacyj.

Budowa nowego olbrzymiego teleskopu. W. J. Mc Donald. zmarły w r. 1926 w Paryżu, w Stanie Texas, zostawił w spadku uniwersytetowi swego rodzinnego miasta sumę 840 000 dolarów, przeznaczoną na budowę nowego obserwatorium. które ma powstać w ciągu najbliższych 6 lat, na Górze Dawida w Texas. Głównem narzędziem nowej placówki astronomicznej ma być teleskop o średnicy 2 m, ogniskowej 9 m, który w przyszłości odciąży nieco wielki teleskop z Mt. Wilson, czynny każdej pogodnej nocy już od lat kilkunastu. Obserwatorium Mc Donalda organizuje się pod kierunkiem obserwatorium Yerkesa.

Nowy typ teleskopu prof. G. W. Ritchey’a. Twórca słynnego teleskopu z Mt. Wilson konstruuje obecnie w obserwatorium morskiem w Waszyngtonie, nowy ulepszony typ tego narzędzia (średnica 1 m), który ma przewyższać co do dobroci 100 razy refraktor o tych samych rozmiarach. Inowacja polega na tem, że główne zwierciadło narzędzia, o średnicy 1 m, ogniskowej 4 metry, ma mieć kształt hyperboliczny, drugie zaś zwierciadło pomocnicze ma być zbliżone do parabolicznego. Całe narzędzie będzie bardzo krótkie, tak że wystarczy dla jego osłony niewielka stosunkowo kopuła o średnicy 7 m, co bardzo wydatnie zmniejszy koszta ogólne. Dla podniesienia dobroci zdjęć nieba zamierza prof. Ritchey, zamiast klisz płaskich, stosować kliszе lekko sferyczne. 1/2 metrowy teleskop nowego typu, ustawiony prowizorycznie w Miami na Florydzie, spełnił całkowicie pokładane w nim nadzieje.

J. G. (Kronika astronomiczna), Urania 3/4, 1933, pisownia oryginału.

W AKTUALNYM NUMERZE

Dawno temu w… „Uranii” 4

Kronika **grudzień 2015 — styczeń 2016** 6

8 Grzegorz Karwasz

Zadrżała czasoprzestrzeń

Oczekiwali na nią astrofizycy, fizycy teoretycy i fizycy doświadczalni Gdy wreszcie nadeszła, blisko pół roku sprawdzali, czy aby nie jest artefaktem. Tak dokonało się największe jak dotąd odkrycie naukowe XXI wieku — fala grawitacyjna GW150914! To początek cyklu artykułów na jej — i może następnych — temat.

13 Grzegorz Wiktorowicz

Czarne dziury w twoim domu

Astronomowie z Uniwersytetu Warszawskiego prowadzą ogromny program komputerowej symulacji ewolucji układów gwiazdowych. Obliczenia są prowadzone na prywatnych komputerach tysięcy uczestników z całego świata. Jest wśród nich również miejsce dla Ciebie.

Tranzyt Merkurego — zjawisko roku 2016 18

21 Marek Zawilski

Przejście Merkurego przed tarczą Słońca 3 maja 1661 r.

Zbliżający się tranzyt Merkurego był obserwowany już wielokrotnie. W 1661 r. obserwował je również słynny gdański astronom i matematyk — Jan Heweliusz, tworząc sam efemerydę zjawiska.

25 Agata Różańska

Gorący Wszechświat w oku ATHENY

Prawie połowa obserwowanej materii we Wszechświecie występuje w postaci gorącego gazu o temperaturze rzędu milionów kelwinów. Dzięki teleskopowi kosmicznemu ATHENA możemy ten gaz obserwować na falach rentgenowskich między innymi w pobliżu czarnych dziur, w centrach pojedyńczych galaktyk oraz gromad galaktyk. Obserwacje rentgenowskie pozwalają niejako prześwietlać Wszechświat… a jest co prześwietlać!

Przeczytane w *Nature* i *Science*
Planetoidy bliskie Ziemi 30

Astronawigacja

32 Józef Gawłowicz

Sekstant: istotny wzrost dokładności

W XVIII wieku pojawił się sekstant — przyrząd, który wraz ze skonstruowanym mniej więcej w tym samym czasie chronometrem morskim umożliwił nawigowanie po morzach i oceanach z nieosiągalną wcześniej dokładnością.

W skrócie

Nowe zdjęcia pokrytych śniegiem szczytów na Plutonie 24
Rozpoczął się konkurs Catch a Star 2016 24
Odkryto planetę w gromadzie Hiady 35
Zamontowano ostatni segment zwierciadła głównego teleskopu JWST 35
W Nowej Zelandii dostrzeżono nieznany rój meteorów 35
Nowa mapa Drogi Mlecznej na falach submilimetrowych 37
HST obserwuje najdalej położoną galaktykę we Wszechświecie 38
Zarejestrowano powtarzalne radiowe sygnały z Kosmosu 39

Czy Kopernik obserwował Merkurego? 42

Szkoła astropejzażu

Fotografia gwiazd w formie punktów na niebie (cz. 2) 46

Spacerkiem po Księżycu

Apeniny i okolice 48

CYRQLARZ No 216

Podstawy nauki o meteorach 50

Młodzi badacze

LIX Olimpiada Astronomiczna 54

Kącik olimpijczyka

Zadanie zawodów finałowych LIX Olimpiady Astronomicznej 55

Kalendarz astronomiczny: *styczeń — luty 2016*

Niebo nad Polską w maju i czerwcu 2016 56
Wolność zgromadzeń na niebie 60

Obserwator Słońca

Kalendarz obserwatora Słońca na 2017 rok 62
Zjazd SOS PTMA 62
***Raport:* styczeń — luty 2016** 63

Nie tylko teleskopy

Sundial Atlas Mobile v2.4 64

Poradnik obserwatora

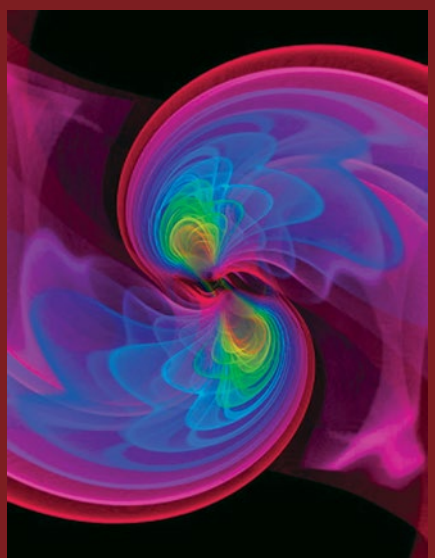
Astronomia w szkole: PIERWSZY TELESKOP 66

Ciekawe strony internetowe:
Poczytaj mi mamo: Fale grawitacyjne 68
Poczta 69
Zaproszenia (zloty, obozy, konkursy etc.) 69
Krzyżówka 70
Astrożarty Jacka D. 70
Astrofotografia amatorska 71

Obserwacje korony słonecznej poza zaćmieniem.
Czynione wielokrotnie próby obserwacji korony słonecznej poza zaćmieniem okazywały się dotychczas bezskutecznemi. Dopiero niedawno B. Lyot obserwując na górze Pic du Midi na wysokości 2877 m nad poziomem morza, zdołał wydzielić po raz pierwszy promieniowanie korony ze światła ubocznego, maskującego to promieniowanie. Okazało się przytem, że główną przeszkodę w obserwacji korony stanowi nie rozpraszanie światła przez cząsteczki gazowe naszej atmosfery, lecz rozpraszanie przez cząsteczki zawieszone w atmosferze oraz przez optykę narzędzi. Jest to fakt bardzo ważny, możemy się bowiem spodziewać. że ze szczytów wysokich gór, gdzie powietrze zawiera bardzo mało zawiesin, badania korony mogą być wykonywane w każdym czasie.
Przyrząd Lyot'a składał się z lunety o otworze obiektywu 4 cm, zaopatrzonej w krążek metalowy. zasłaniający tarczę słoneczną do odległości 30" poza brzeg Słońca. Lyot mógł obserwować zupełnie dogodnie okolice Słońca, widząc wyskoki bez spektroskopu. a nawet bez barwnego filtru. Były one barwy różowej, tak samo, jak widoczne podczas zaćmień. Lyot mógł zaobserwować polaryzację promieniowania korony, pozatem zaobserwował i sfotografował promieniowanie korony w pobliżu prążków λ=5303 Å (zielony prążek) i λ=6574 Å (czerwony prążek). Prążek zielony mógł być śledzony aż do odległości 4' od brzegu tarczy Słońca. Również promienie korony dostrzeżone zostały przez Lyot'a.

E. R., Urania 3/4, 1933, (według L'Astronomie, 1931, str. 485), pisownia oryginału.

NA OKŁADCE



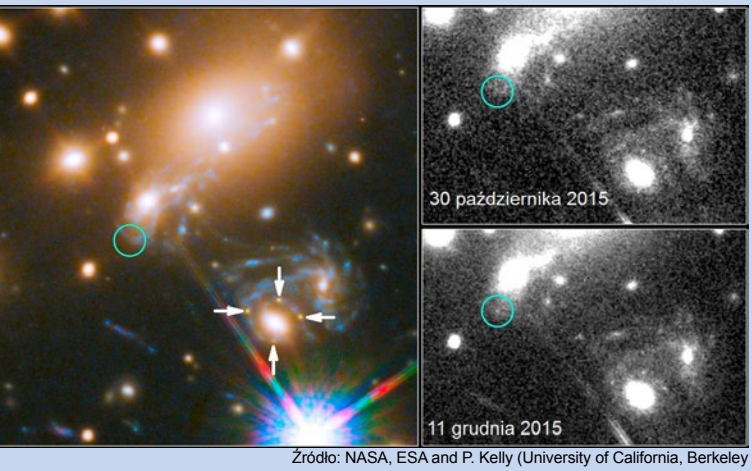
Artystyczna wizja fal grawitacyjnych powstających w trakcie zderzenia (a właściwie zapaści) dwóch czarnych dziur. Źródło: D. Castelvecchi, *Gravitational waves: How LIGO forged the path to victory*, *Nature*, 530 (2016) Issue 7590

GRUDZIEŃ 2015

3 XII — Zaobserwowano silnie spolaryzowane i szybko zmienne mikrofalowe promieniowanie, dochodzące z bezpośredniego sąsiedztwa (tylko 6 promieni Schwarzschilda) czarnej dziury, rezydującej w centrum Galaktyki. Jest to promieniowanie synchrotronowe, powstające gdy elektrony krążą wokół linii sił pola magnetycznego. A zatem pole tam jest! To wiadomość, na którą czekali teoretycy. Od dawna twierdzili, że właśnie pole magnetyczne umożliwia materii spływanie na czarną dziurę. Teraz mają obserwacyjne potwierdzenie, że są na właściwym tropie.

7 XII — CK Vulpeculae miałaby duże szanse zwycięstwa w konkursie na astrozagadkę z najdłuższą brodą. W miejscu, gdzie dziś znajduje się ten obiekt, w 1670 r. coś wybuchło (tzw. nowa Heweliusza) i było widoczne gołym okiem przez prawie 3 lata. Długo sądzono, że była to bardzo wolna nowa klasyczna, ale współczesne obserwacje wykluczyły tę i jeszcze parę innych możliwości. Niedawno wysunięto atrakcyjną hipotezę, że zjawisko z 1670 r. było efektem zlania się dwóch gwiazd w jedną. Niestety, ostatnie badania poddają w wątpliwość i ten scenariusz. Czy kiedykolwiek poznamy prawdę?

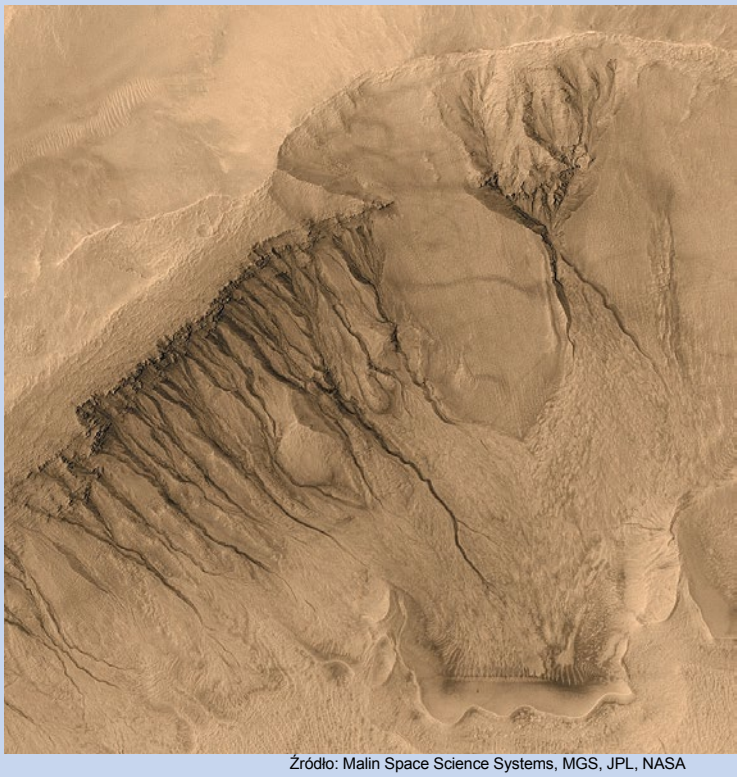
11 XII — W listopadzie 2014 r. zaobserwowano cztery obrazy tej samej, odległej supernowej, wytworzone przez potężną soczewkę grawitacyjną, jaką jest gromada galaktyk MACS J1149.5+2223 („Urania" 2/2015 s. 43, 3/2015 s. 7). Obliczono wtedy, że w ciągu kilku lat gdzieś w okolicy pojawi się piąty obraz tej samej supernowej. I tak właśnie się stało (fot. poniżej — pozycja nowego obrazu w niebieskim kółku, strzałki wskazują 4 obrazy odkryte wcześniej). Można by dumnie rzec, że po raz pierwszy w historii astronomowie przewidzieli pojawienie się supernowej, ale przecież nie jej wybuch.



Źródło: NASA, ESA and P. Kelly (University of California, Berkeley)

15 XII — Międzynarodowa Unia Astronomiczna zdecydowała się nadać nazwy 31 planetom pozasłonecznym. Przy okazji nazwano też niektóre z gwiazd, wokół których krążą te planety. O ile przypisanie gwieździe 55 Cancri imienia „Copernicus" jest miłe, a nazwanie HD 149026 „Ogma" sensowne, to już wymyślanie przezwisk dla np. ε Eridani, υ Andromedae czy ξ Aquilae wydaje się zbędnym słowotwórstwem (przynajmniej do czasu, gdy zaczniemy tam latać).

16 XII — Wolf 1061 jest niepozornym czerwonym karłem 10^m w Wężowniku, ale jedną z najbliższych nam gwiazd — odległą zaledwie o 14 lat św. Teraz stała się szczególnie ważna, bo właśnie odkryto wokół niej 3 planety, z których środkowa, Wolf 1061c, znajduje się w ekosferze (strefie, w której może istnieć ciekła woda). Jest to najbliższe znane nam ciało nie-



Źródło: Malin Space Science Systems, MGS, JPL, NASA

bieskie, na którym być może dałoby się żyć, choć ważylibyśmy tam co najmniej 4 razy więcej niż na Ziemi, a rok trwa tylko 18 dni.

17 XII — Nie Goodricke w 1783 r. ani nie Montanari w 1699 r., lecz już starożytni Egipcjanie odkryli periodyczną zmienność Algola i wyznaczyli jej okres (2,85^d; dzisiejsza wartość: 2,867^d). Do takich wniosków doprowadziła analiza tzw. „Kalendarza Kairskiego", papirusu powstałego ok. roku 1200 p.n.e. Gdzie byśmy dziś byli, gdyby nie 1000 lat mroków średniowiecza?

21 XII — Zdjęcie powyżej można by bez trudu zrobić na jednej z ziemskich pustyń, ale przedstawia fragment marsjańskiego basenu Newton. Kręte żleby na jego zboczu wyglądają, jakby zostały wyrzeźbione przez spływające strumienie. Ten dość pospolity widok przez lata dawał nadzieję, że na Marsie przynamniej gdzieniegdzie i przynajmniej czasami płynie woda. Niestety, ostatnie, szczegółowe modele komputerowe dowodzą, że dokładnie taką samą robotę może wykonywać CO_2, na przemian przymarzając i tając na zboczach kraterów. Co więcej, model ten tłumaczy również, dlaczego takie żleby pojawiają się tylko na pewnych szerokościach areograficznych. Marzenia o marsjańskich potokach należy więc raczej porzucić.

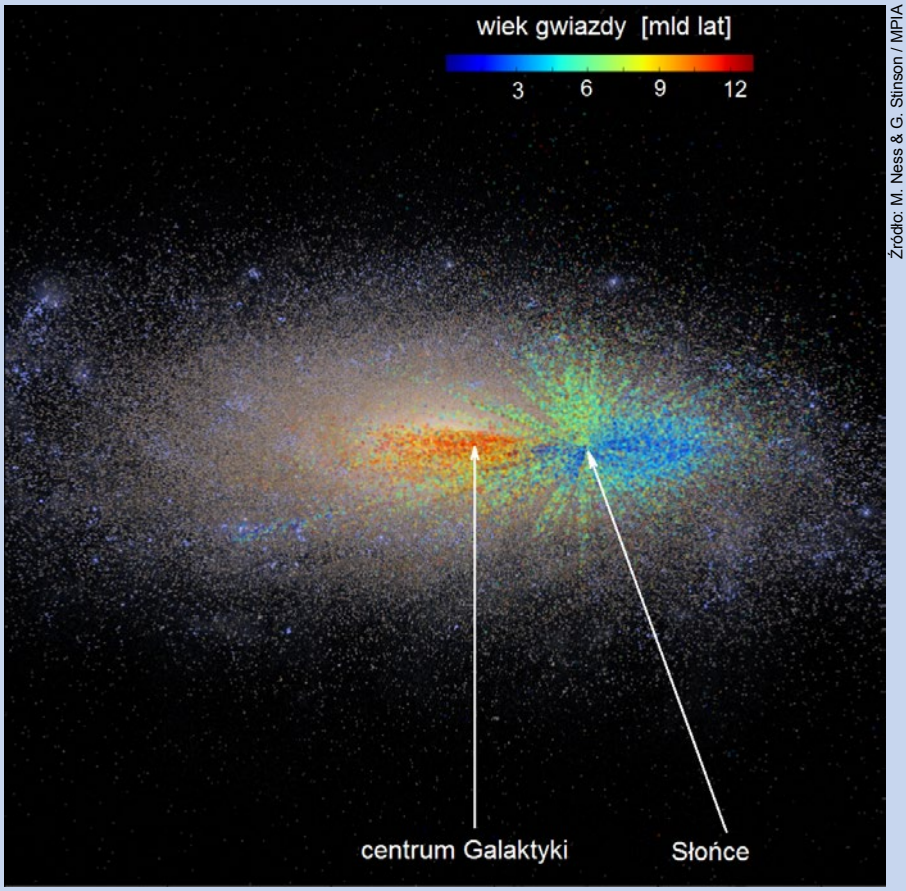
STYCZEŃ 2016

1 I — Leżąca w pobliżu centrum Drogi Mlecznej chmura gazowa CO–0.40–0.22 zwróciła uwagę badaczy dużym rozrzutem prędkości radialnej różnych jej części, sięgającym 100 km/s. Coś zmusza gaz do tak szybkiego ruchu. Wydaje się, że musi to być siedząca w obłoku czarna dziura, nie zdradzająca swego istnienia w żaden inny sposób. Zaskakująca jest masa, jaką musiałaby mieć — 100 000 $M_\odot$! To tysiące razy więcej od typowej gwiazdowej czarnej dziury. Mielibyśmy więc przedstawiciela gatunku wypatrywanego od dawna — czarną dziurę o pośredniej masie, i to zaled-

wie 200 lat św. od centralnej czarnej dziury naszej własnej Galaktyki (jej masa: 4 mln $M_\odot$).

6 I — Zgasł kolejny kwazar (podobny przypadek opisywaliśmy rok temu — „Urania" 2/2015 s. 6). Strata niewielka, bo zostało ich jeszcze setki tysięcy, ale zagadka spora. Ok. roku 2010, w ciągu zaledwie kilkuset dni blask SDSS J1011+5442 osłabł 10-krotnie. Zmieniło się również widmo. Szerokie linie emisyjne (miara aktywności kwazara) zmalały 50-krotnie, praktyczne znikły i dziś obserwujemy widmo normalnej galaktyki. Jedyne sensowne wyjaśnienie: spływ materii na centralną czarną dziurę galaktyki (sedno mechanizmu kwazara) został zatrzymany. Na zawsze czy tylko na chwilę? Czekamy na doniesienie o przebudzeniu któregoś z uśpionych kwazarów.

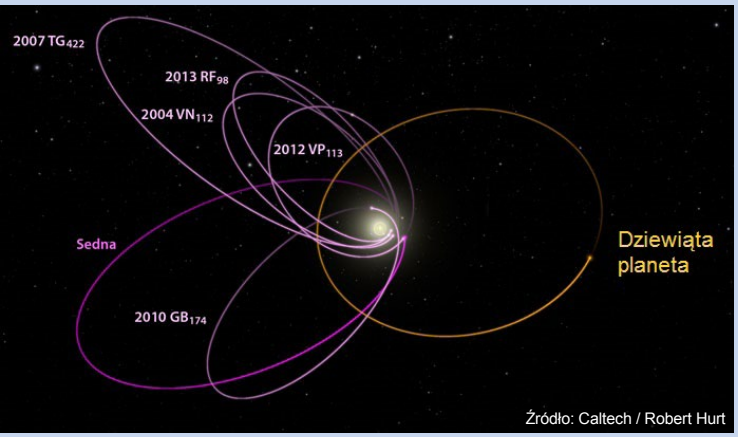
8 I — Powstał katalog wieku 70 000 gwiazd Galaktyki, położonych w odległości nawet 20 kpc od jej centrum. Wiek określano pośrednio, na podstawie masy gwiazdy, uzyskiwanej z wyglądu widma w bliskiej podczerwieni. Metoda nie jest bardzo dokładna i działa tylko dla czerwonych olbrzymów, ale wielka liczba robi swoje. Oparta na tym katalogu mapa Galaktyki z zaznaczonym wiekiem gwiazd (rys. obok) pokazuje wyraźnie, jak Galaktyka rosła od środka na zewnątrz.



Źródło: M. Ness & G. Stinson / MPIA

15 I — TYC 2505-672-1 to gwiazdka o jasności 10,7^m w Małym Lwie. W 2011 r. jej blask spadł o 4,5^m, by po 3,5 roku powrócić do stanu poprzedniego. Przegląd danych archiwalnych pokazał, że podobny epizod zdarzył się jej w latach 1942-46. Jest to więc układ zaćmieniowy o najdłuższym znanym okresie: 69 lat! Następna w kolejności pod tym względem, słynna ε Aurigae ma okres 27 lat. Podobnie jak w przypadku ε Aur, tu także udział w zaćmieniu bierze nieprzezroczysty dysk pyłowy. Trwa spór o jego pochodzenie. Rozstrzygnięcia nie należy się spodziewać przed następnym zaćmieniem, które nastąpi w latach 2080–2083. Niektórzy z nas dożyją.

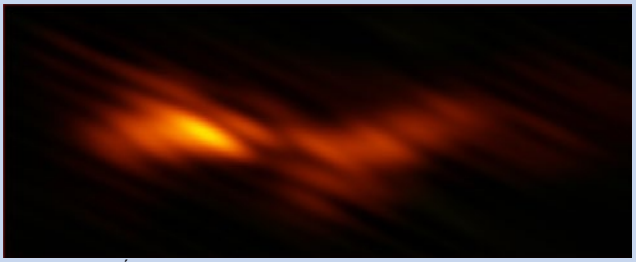
20 I — Dwaj amerykańscy badacze twierdzą, że jednak musi istnieć w Układzie Słonecznym dziewiąta planeta. Miałaby być wielkości Neptuna, ale krążyć 20 razy dalej od niego (okres obiegu: kilkanaście tysięcy lat!). Do tej konkluzji doprowadziło ich szczególne ułożenie 6 spośród najdalszych znanych obiektów naszego układu planetarnego (fioletowe elipsy na rys. na dole po lewej). Być może mają rację. Jednak jak na tak rewolucyjny wniosek, baza obserwacyjna jest nader skromna. Zanim uwierzymy, poczekajmy więc na mocniejsze argumenty.



Źródło: Caltech / Robert Hurt

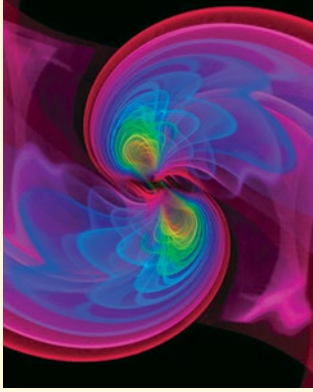
26 I — Opublikowano pierwsze wyniki badań, wykonanych kosmicznym interferometrem radiowym. Obserwacje prowadzono jednocześnie 15 radioteleskopami naziemnymi, położonymi od Hawajów, poprzez USA i Europę, aż po Kaukaz. Szesnastym instrumentem był 10-m radioteleskop umieszczony na rosyjskim satelicie Spektr-R. Przedmiotem zainteresowania była struga materii, pędząca w naszą stronę z jądra galaktyki aktywnej BL Lacertae. Uzyskany obraz nie jest może szczególnie piękny (rys. poniżej), ale jego zdolność rozdzielcza nie ma precedensu w historii astronomii: zaledwie 21 mikrosekund łuku. To grubość włosa oglądanego z odległości 800 km!

Wybrał i skomentował Marek Muciek



Źródło: Gomez, et al., Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF, Lavochkin Association

Zderzenie czarnych dziur



Zadrżała czaso-przestrzeń

Grzegorz Karwasz

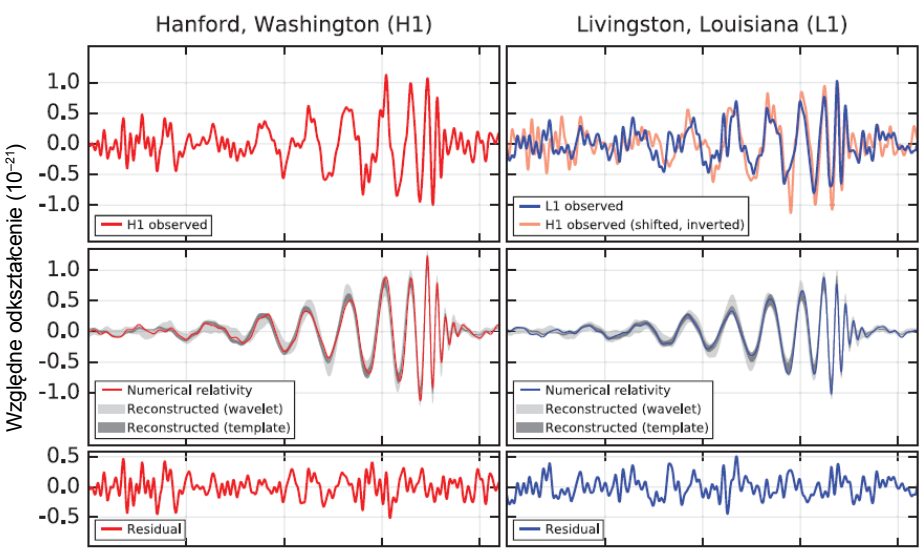
Oczekiwali na nią astrofizycy, fizycy teoretycy i fizycy doświadczalni Gdy wreszcie nadeszła, blisko pół roku sprawdzali, czy aby nie jest artefaktem. Tak dokonało się największe jak dotąd odkrycie naukowe XXI wieku – fala grawitacyjna GW150914!

14 września 2015 r., o godz. 9:50:45 czasu uniwersalnego zderzyły się dwie masywne czarne dziury. A tak właściwie, zderzyły się jakieś 1,3 mld lat temu, tylko że dopiero teraz dotarł do nas ślad tego zderzenia, fala grawitacyjna. Naukowcy, po niefortunnym „odkryciu" neutrin szybszych od światła (powodem był źle podłączony kabel) czekali 5 miesięcy z ogłoszeniem wiadomości o fali. Uczynili to dopiero 11 lutego [1], po szczegółowej analizie sygnału i porównaniu go z przewidywaniami teorii.

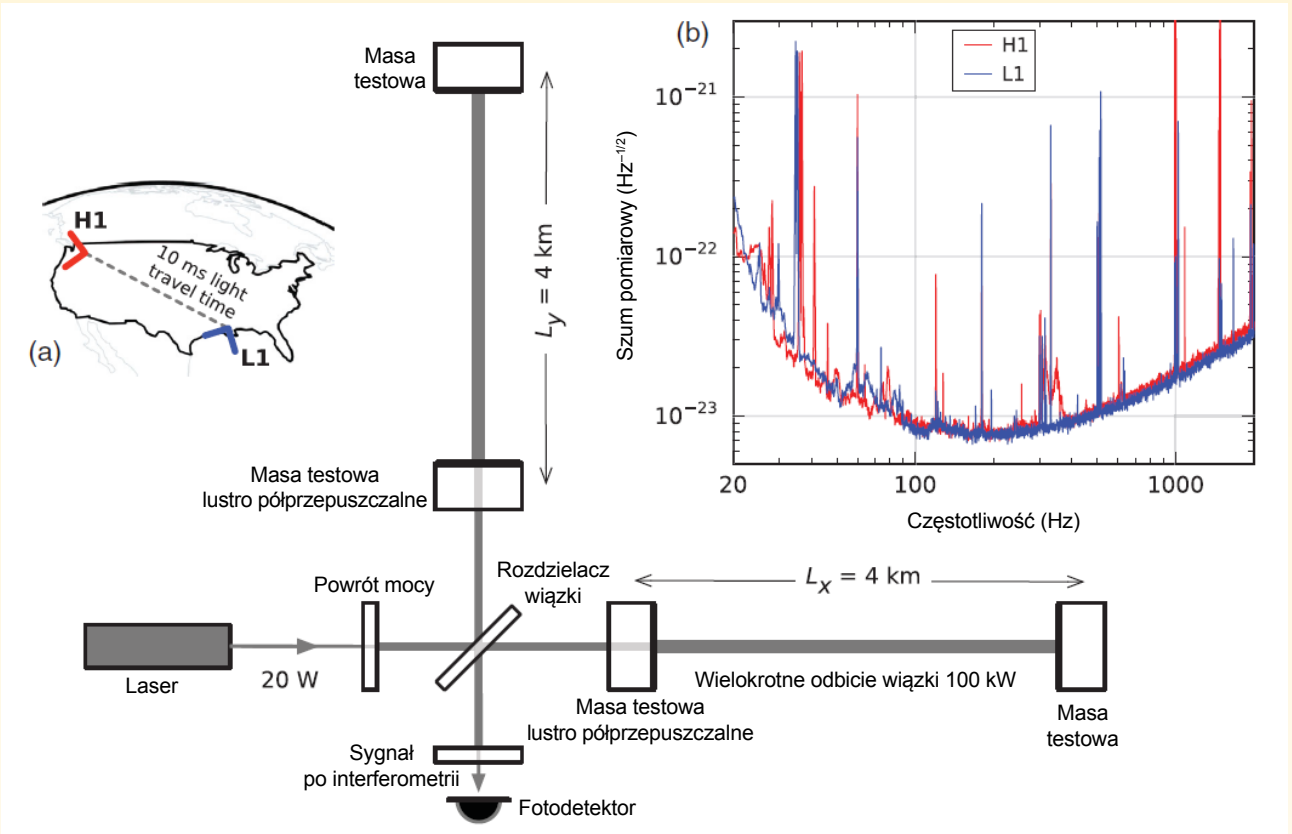
Fala grawitacyjna została zarejestrowana przez dwa detektory ustawione w Stanach Zjednoczonych na zachodnim i wschodnim wybrzeżu (rys. 1). Oczekiwali na nią astrofizycy — ci od czarnych dziur, fizycy teoretycy — ci od ogólnej teorii względności a przede wszystkim fizycy doświadczalni, aby zmierzyć się z niewyobrażalną precyzją pomiaru: 10^{-21}. Zarejestrowano rozszerzenie się przestrzeni: najpierw w jednym kierunku, a o setne części sekundy później w kierunku poprzecznym. Drgania zaczęły się z częstotliwością 35 Hz, błyskawicznie wzrosła ich częstotliwość (do 250 Hz) i amplituda, po czym nagle zanikły, jakby je pochłonęła… czarna dziura.

NA POCZĄTKU BYŁ MICHELSON

Prostota aparatury do poszukiwania fal grawitacyjnych jest wręcz zdumiewająca: w dwóch prostopadłych tunelach (w warunkach wysokiej próżni) zawieszono po dwa zwierciadła,



Rys. 1. Zarejestrowana (górny panel) i odtworzona przez modele teoretyczne fala grawitacyjna GW150914. Fala doszła najpierw do Livingston, a 7ms później do Hanford. Modele i pomiary zgadzają się na poziomie 94%. Źródło [1]



Rys. 2. Schemat detektorów LIGO, ich rozmieszczenie i analiza szumów aparaturowych. Zmierzona deformacja długości jest o prawie dwa rzędy wielkości ponad szumem. Źródło [1]

a między nimi puszczono promień lasera. Dwie wiązki światła odbitego od zwierciadeł spotykają się ponownie i sprawdza się, czy któraś z wiązek przebyła dłuższą drogę. Ta genialna idea została opracowana przez Abrahama Michelsona — mistrza światła [2], urodzonego w Strzelnie — pierwszego amerykańskiego noblistę.

W ten sposób Michelson stwierdził (1887 r.), że Ziemia w Kosmosie spoczywa, a raczej, że nie możemy wykazać jej ruchu dookoła Słońca za pomocą pomiaru prędkości światła. Dokładność pomiaru wyniosła 1/10 prędkości orbitalnej Ziemi (czyli 3 km/s). Innymi słowy, Michelson znalazł sposób na pomiar prędkości światła (lub alternatywnie długości dwóch ramion *interferometru*) z dokładnością względną 10^{-5}. A nie miał ani lasera, ani superwysokiej próżni, ani superamortyzacji drgań (jego interferometr, umieszczony na kawałku granitu, pływał na powierzchni małego jeziorka z rtęci).

Dwa interferometry LIGO (Light-interferometer gravitational-wave observatory) miały ramiona o długościach 4 km, ale promień lasera przebiegał odległość między zwierciadłami 300 razy (rys. 2). Superstabilne lasery, bezstratne zwierciadła, trójstopniowe zawieszania dla wyeliminowania drgań, specjalna obróbka sygnału — to wszystko pozwoliło zarejestrować względną różnicę długości dwóch ramion z dokładnością do 1/500 promienia protonu.

Przy precyzji pomiaru 10^{-21} kawałka przestrzeni o długości 4 km nie jest możliwe wyeliminowanie zakłóceń: należało je dokładnie zidentyfikować. Nie tylko ruchy skorupy ziemskiej, drgania atomów gazu w rurze, ale również 60 Hz amerykańskiej sieci elektrycznej.

> Drgania zaczęły się z częstotliwością 35 Hz, błyskawicznie wzrosły do 250 Hz razem ze wzrostem amplitudy, po czym nagle zanikły, jakby je pochłonęła… czarna dziura.

DWIE DZIURY W CAŁYM

GW150914, jak ochrzczono pierwszą falę grawitacyjną, jest nie tylko kolejnym potwierdzeniem ogólnej teorii względności Einsteina w 100 lat po jej sformułowaniu. Przede wszystkim udało się „przygwoździć" czarną dziurę — a nawet dwie.

Istnienie czarnych dziur — supermasywnych obiektów, z których nawet światło nie może się wydostać, przewidział Karl Schwarzchild w 1916 r., zaraz po ukazaniu się artykułu Einsteina. Jak sama nazwa wskazuje, są one niewidzialne, a ich istnienie wynika z braku obrazu: „Ciemność widzę, ciemność!". Astronomowie wnioskują o czarnych dziurach w pośredni sposób, np. poprzez szybki wypływ materii z sąsiadującej gwiazdy.

I tak intensywne źródło promieniowania rentgenowskiego w gwiazdozbiorze Łabędzia, *Cygnus X-1*, było pierwszym z kandydatów na czarną dziurę. Niestety, nie do końca potwierdzonym: źródłem promieniowania może być zjonizowana materia gwiazdy przyspieszana potężnym polem grawitacyjnym masywnego sąsiada, ale sąsiada nie widać. Innym kandydatem są centra galaktyk, także naszej Galaktyki, w szczególności zaś tzw. aktywne jądra galaktyk. Na przykład centra galaktyk

aktywnych typu Seyferta są tak nadzwyczajnie jasne, a linie emisyjne światła i promieni rentgenowskich mocno rozmyte wskutek efektu Dopplera, w szybko przepływającej, gorącej materii. Ale czarnych dziur nie widać: są to obiekty w tej skali zbyt małe.

Kiedy kilka lat temu rozmawiałem w Brukseli z kolegami astrofizykami, ekspertami UE, na pytanie, ile jest we Wszechświecie czarnych dziur, otrzymałem odpowiedź: „Powinna być w środku każdej galaktyki". — „Ale ile tak naprawdę ich zarejestrowano?". Po chwili milczenia padła odpowiedź: — „A dozen", czyli tak około 12. Mało! Są i inne pomysły, jak np., że w początkowym Wszechświecie było mnóstwo czarnych dziur, ale szybko wyparowały. Prof. Marek Abramowicz, dla „Gazety Wyborczej" (23.02) tak to skomentował: „Einstein-Hawking 1:0". Ani miniczarne dziury, ani kwantowo poplątane czasoprzestrzenie nie znalazły dotąd żadnego potwierdzenia. W myśl tak zwanej „brzytwy" Ockhama — nie istnieją.

Masy czarnych dziur przed zderzeniem wynosiły 36 i 29, a masa powstałej dziury 62 mas Słońca. W 0,1 sekundy zamieniły się w fale grawitacyjne, aż 3 masy Słońca. Sygnał fali zarejestrowano, gdy obiekty były oddalone od siebie o 300 km i okrążały się z prędkością 0,4 prędkości światła.

Ale fala GW150914 dowodzi bezpośrednio, że czarne dziury, dość masywne, nie tylko istnieją, ale że wzajemnie się zderzają (a raczej — „połykają"). Możemy poznać ich masy, prędkości, odległości a nawet kierunki wirowania.

ARCHEOLOGIA CZARNEJ DZIURY

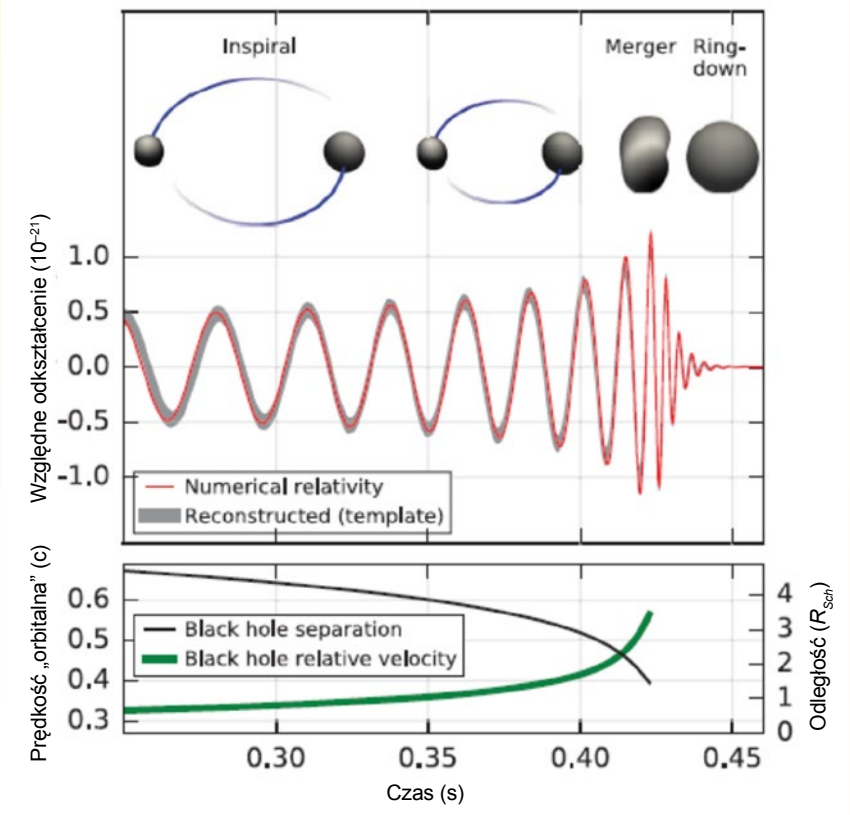
Zderzenie zaszło 1,3 mld lat temu, trwało ułamek sekundy, fala przebiegła 1/10 promienia całego Wszechświata, zarejestrowano kilka tylko drgnięć, zmiana długości to miliardowa część atomu, a mimo to o zderzeniu wiemy mnóstwo. Wiemy z modelu, że masy czarnych dziur przed zderzeniem wynosiły 36±5 i 29±4 mas Słońca a masa powstałej dziury 62±4 $M_{\odot}$. Innymi słowy, w 0,1 sekundy „wyparowały", a raczej zamieniły się w fale grawitacyjne, aż trzy masy Słońca. Sygnał fali zarejestrowano, gdy dwie masy były od siebie o 300 km i okrążały się z prędkością 0,4 prędkości światła (rys. 3).

Wynik powyższy nie jest pomysłem „z kapelusza". Grono astrofizyków [3] pracowało nad nim przez kilka miesięcy: dokonano 250 tys. symulacji różnych możliwych zderzeń, aby wybrać to, które w 94% odpowiada zarejestrowanemu sygnałowi. Nasilający się sygnał coraz szybciej wirujących wokół siebie czarnych dziur był przewidziany na stronach internetowych LIGO dużo wcześniej: inny niż wirujących gwiazd neutronowych i inny niż ewentualnego tła z pierwszych momentów (tj. 10^{-32} sekundy) Wielkiego Wybuchu.

KAMIEŃ Z SERCA FIZYKÓW

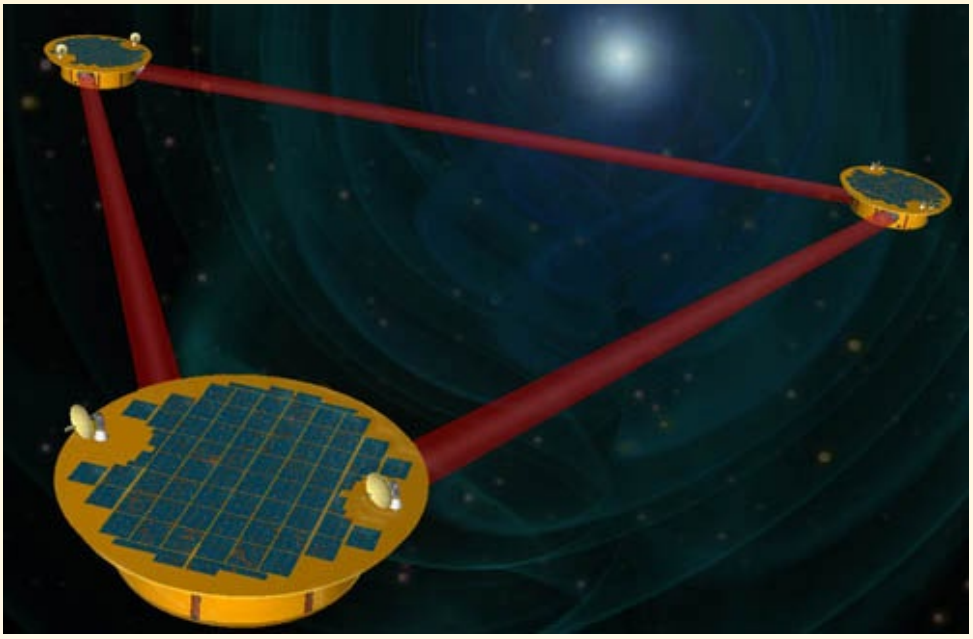
Fizycy doświadczalni czekali na GW150914 przez pełne 60 lat, a teoretycy przez 100! Z równań Einsteina jasno wynikało, że muszą istnieć fale podobne do tych elektromagnetycznych, a których źródłem są nie przyspieszane ładunki elektryczne a przyspieszane masy. Problem w tym, że ładunki są dwóch znaków, a mas ujemnych do tej pory nikt nie wymyślił. Źródłem fal grawitacyjnych mogą więc być tylko ogromne i mocno niejednorodne rozkłady masy. Dla porównania, wszystkie planety naszego układu w ich ruchu dookoła Słońca emitują zaledwie kilka kilowatów mocy — tyle co elektryczny piecyk.

Jest jeszcze inna, obok fali elektromagnetycznej, interpretacja światła — jako strumienia fotonów (też pomysł Einsteina). Nasze oko potrafi zarejestrować pojedyncze z nich. Fotony przebiegają Wszechświat w nieskończoność, bo nie mają masy (są nimi również fotony promieniowania mikrofalowego — relikty Wielkiego Wybuchu). Hipotetyczne cząstki fal grawitacyjnych, grawitony, też powinny poruszać się z prędkością światła.



Rys. 3. Model zderzenia GW150914. Dwie dość masywne i podobne czarne dziury znajdowały się w odległości (na rysunku w promieniach Schwarzschilda $2GM/c^2$) jakieś 300 km i okrążały się z prędkością 0,3–0,4 prędkości światła. W ostatnim westchnieniu wysłały trzy krótkie impulsy. Źródło [1]

GW150914 to potwierdza: dwa detektory, ten w Livingston i ten w Hanford „tyknęły" w odstępie 7 ms, mimo że wzdłuż powierzchni kuli ziemskiej dzieli je 10 ms: fala nadeszła nieco ukośnie. Z grubsza wiemy też skąd. Oceniona masa grawitonu jest mniejsza niż $1{,}2\times10^{-22}$ eV/c^2. Dla porównania masa elektronu to 511 keV a masa neutrin, które zasygnalizowały w 1987 r. wybuch supernowej, to jakieś 10^{-2} eV. Co to oznacza? Że zasięg grawitacji, podobnie jak światła, naprawdę może być nieskończony.



Rys. 4. LISA — Laser Interferometer Space Antenna, NASA: zasada działania podobna jak w LIGO, tylko że zwierciadła odległe o 5 mln km. Źródło: http://lisa.nasa.gov/

CZEMU AŻ TAK SŁABA?

Po szkolnych klasyfikacjach oddziaływań na „silne" i „słabe" budzi zdumienie nadzwyczajna delikatność sygnałów grawitacyjnych. Światło z wybuchów supernowych, znacznie słabszych, bo nie konsumujących aż trzech Słońc w ułamku sekundy, obserwujemy bez trudu i to z większych nawet odległości. Ba, wyłapujemy, i to przed nadejściem światła, nawet pozornie nieuchwytne neutrina. Dlaczego grawitacja jest tak słaba? Bo gdyby była silniejsza, świat by się dawno (w ułamku sekundy) zapadł albo tak szybko by puchł, że gwiazdowy pył nie skupiłby się w cząsteczki wody, atomy węgla i w to wszystko, z czego składa się choćby Ziemia i jej mieszkańcy.

Dlaczego grawitacja jest tak słaba? Bo gdyby była silniejsza, świat by się dawno (w ułamku sekundy) zapadł albo tak szybko by puchł, że gwiazdowy pył nie skupiłby się w cząsteczki wody, atomy węgla i w to wszystko, z czego składa się choćby Ziemia i jej mieszkańcy.

Pozostaje pytanie, czy fala pobudza do drgań również ciemną masę, niewidzialną dla światła (i zapewne neutrin), ale grawitacyjnie obecną, nawet w naszej Galaktyce. Jest jej jakieś 3 razy więcej niż całej masy widzialnej.

AUDENTES FORTUNA IUVAT[1]

Fizycy w wielu krajach, włączając moich włoskich kolegów, przez dziesięciolecia gonili za ułudną falą. „Antenę" grawitacyjną zaproponował Joseph Weber, jeszcze w 1961 r. (a w 1968 ogłosił, że zarejestrował falę). Był to walec z aluminium, mniej więcej jak duża beczka, zawieszony w superpróżni i w superniskiej temperaturze (czyli ciekłego, niezwykle kosztownego helu). Problem w tym, że walec mógł zarejestrować falę tylko o jednej częstotliwości, 1666 Hz, dziwacznej jak na grawitację. Oczywiście, nie fizycy decydują, jak się mają zderzać gwiazdy neutronowe czy czarne dziury.

Cały, niezwykły postęp, który doprowadził do rejestracji GW został zdefiniowany w krótkim artykule [4] B. C. Barisha i C. Weissa (to oni zapewne dostaną Nobla) w 1999 r.: zmniejszyć szumy anteny i to w tym zakresie, w jakim fala może nadejść, czyli najniższych, kilkuhercowych częstotliwości. I taka fala nadeszła.

Astrofizycy (i specjaliści od satelitów) oczekują jeszcze dłuższych fal — o długości nie paru, ale setek tysięcy kilometrów. Do takich pomiarów potrzebne są satelity. Niestety, start planowany w programie LISA (rys. 4) został w 2011 r. odsunięty na dalszą przyszłość.

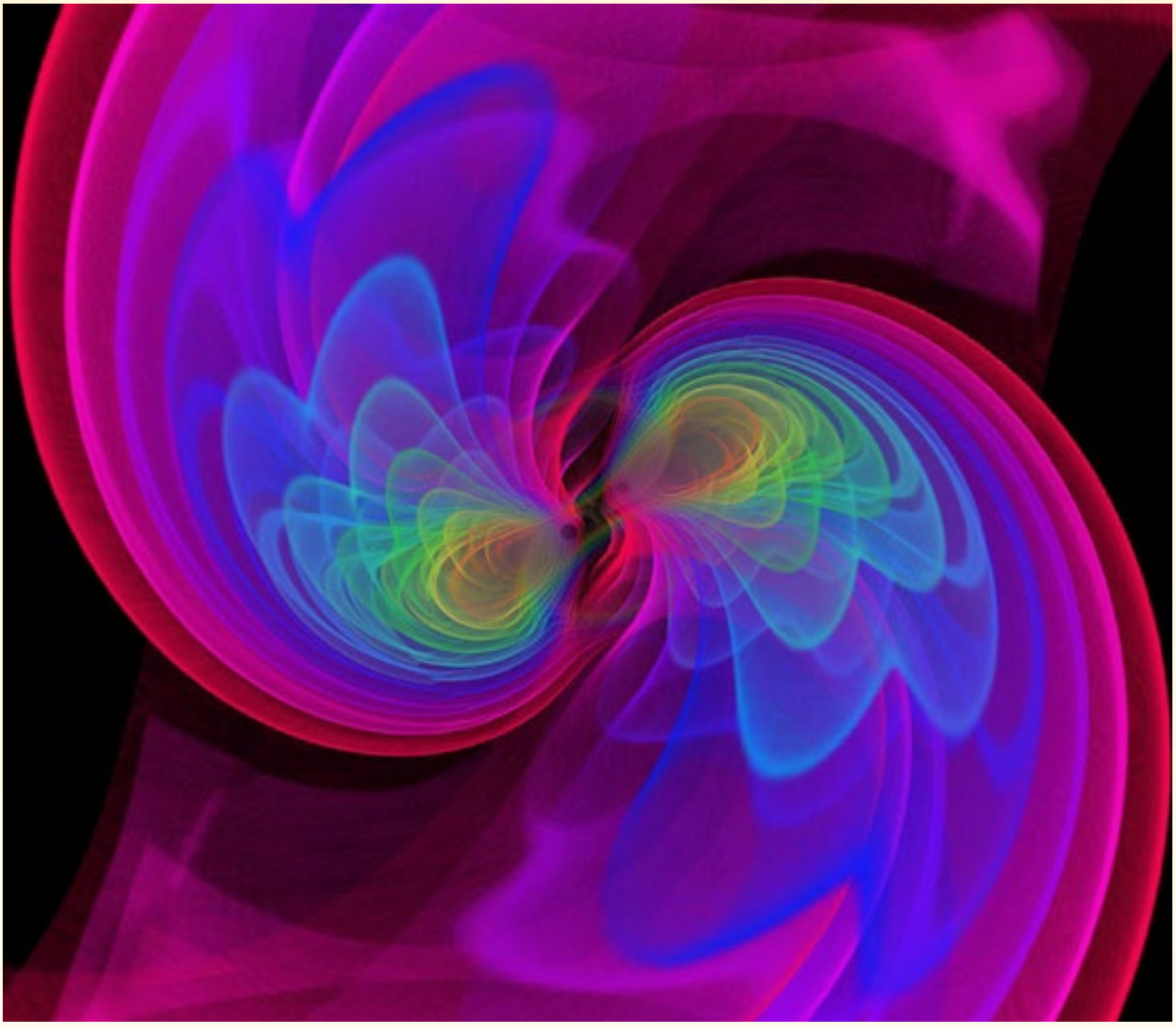
A CO Z CZASEM?

Na razie fizycy stwierdzili, że zadrżała przestrzeń. Czy zadrżał również czas? Na pewno tak, ale na razie nie mamy sposobu, aby to sprawdzić. W Toruniu buduje się zegar, nadzwyczajnej dokładności, oparty jak w wynalazkach Michelsona o standardy linii atomowych, Na razie precyzja zegara POZA[2] to „zaledwie" 10^{-14}. Ale już taka dokładność wymaga uwzględnienia poprawek ogólnej teorii względności — odniesienia wysokości nad tzw. „poziomem morza" (to dla geografów, dla fizyków jest to „nad poziomem geoidy", czyli powierzchni stałego potencjału grawitacyjnego Ziemi).

Znaleziono falę, dokładnie jak z wyników teorii Einsteina — rozciągają-

[1] Fortuna sprzyja odważnym

[2] Polski Optyczny Zegar Atomowy (POZA) — zlokalizowany w Krajowym Laboratorium FAMO w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu zbudowany przez konsorcjum trzech uniwersytetów (UW, UJ, UMK). Miał wystąpić w odc. 19. ASTRONARIUM (http://astronarium.pl/odcinki), ale kamery zakłóciłyby pomiary. Za to każdy może zsynchronizować swój komputer lub… zegarek do tego najdokładniejszego wzorca czasu w Polsce: http://www.fizyka.umk.pl/wfaiis/?q=node/18279 (red.)



Artystyczna wizja fal grawitacyjnych powstających w trakcie zderzenia (a właściwie zapaści) dwóch czarnych dziur. Źródło: D. Castelvecchi, *Gravitational waves: How LIGO forged the path to victory*, *Nature*, 530 (2016) Issue 7590

cą czasoprzestrzeń poprzecznie: raz w prawo, raz w górę. Nadeszła ukośnie w stosunku do dwóch detektorów na dwóch krańcach USA. Niezwykle słaba, krótka, z 1/10 odległości od/do „krańca" Kosmosu, ale przyszła! Galaktyka nasza, 100 tys. lat świetlnych promienia — nawet trudno sobie wyobrazić, ile to „krocset kroci tysięcy fur beczek furgonów milionów" metrów — przez ułamek sekundy spuchła o… metr!

To wszystko budzi zdumienie, zawarte w tytule biografii Einsteina [5], napisanej przez jego współpracownika, Abrahama Paisa — „jak jest delikatny nasz Pan"…

Literatura:

[1] B. P. Abbott i in., *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*, Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 061102; doi: 10.1103/PhysRevLett.116.061102

[2] M. Kardaś, *Michelson — mistrz światła*, Urania 1/2016, s. 8.

[3] B. P. Abbott i in., *Astrophysical implications of the binary black hole merger GW150914*, Astr. J. Lett. 818: L22 (20.02.2016)

[4] B. C. Barish i R. Weiss, *LIGO and the Detection of Gravitational Waves*, Physics Today, 52 (1999) 44

[5] A. Pais, Pan *Bóg jest wyrafinowany. Nauka i życie Alberta Einsteina*, Prószyński i S-ka, 2011.

Grzegorz Karwasz — na zdjęciu, wstrząśnięty odkryciem GW150914 demonstruje adekwatne... rozciąganie czasoprzestrzeni — atomowy i cząsteczkowy fizyk doświadczalny, profesor. Jako kierownik Zakładu Dydaktyki Fizyki w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu, jeden z najważniejszych sojuszników „Uranii" w dziele popularyzacji fizyki za pomocą astronomii, tak w szkole, jak i w społeczeństwie. Autor wielu wystaw, w tym słynnej Fiat Lux! Stronę internetową całego zespołu Profesora polecamy wszystkim czytelnikom, nauczycielom, uczniom i studentom:
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona

Czarne dziury w twoim domu

Grzegorz Wiktorowicz

Niedawno uruchomiony na Uniwersytecie Warszawskim projekt łączy tysiące ludzi, którzy na co dzień nie są związani z badaniami astronomicznym, pozwalając im uczestniczyć w badaniach naukowych prowadzonych na dużą międzynarodową skalę. Wystarczy posiadać komputer z dostępem do internetu.

Czy siedząc wygodnie w fotelu, mogę uczestniczyć w badaniach naukowych dotyczących całego Wszechświata? Czy nie wydając złotówki i nie poświęcając swojego czasu, mogę wspierać odkrywanie tajemnic przyrody? Czy mogę to wszystko robić za pomocą mojego małego komputera osobistego? Okazuje się, że odpowiedź na wszystkie te pytania jest twierdząca.

Żyjemy w czasach, gdy prawie wszyscy dysponują prywatnym komputerem osobistym. Często nie wyobrażamy sobie życia bez niego i bez internetu. Komputery stają się coraz tańsze i łatwiej dostępne. Dodatkowo firmy komputerowe uczyniły je bardzo uniwersalnymi, by zmniejszyć koszty produkcji. Chcemy na nich nie tylko mieć dostęp do internetu, ale także móc obejrzeć film, napisać dokument czy pograć w grę. Niektórzy używają komputera do pracy, a inni do uczenia się. Instalując odpowiedni program, możemy dostosować naszą maszynę do wielu różnych zadań.

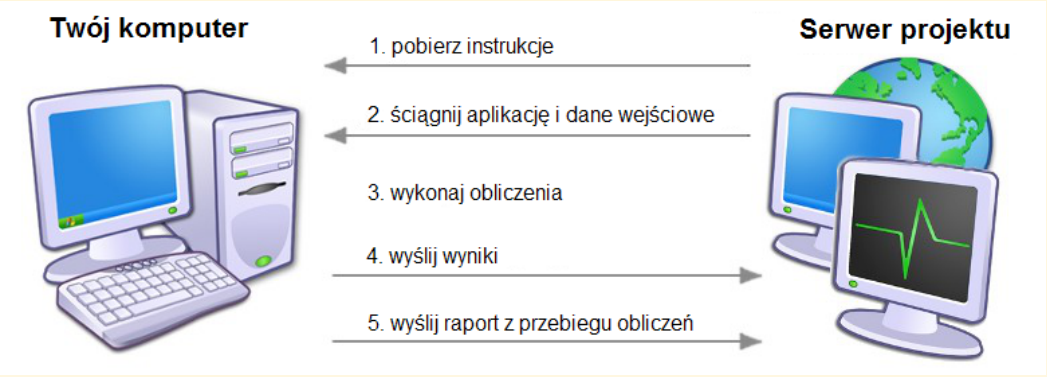
Ta uniwersalność doprowadziła jednak do tego, że rzadko jesteśmy w stanie wykorzystać wszystkie możliwości, jakimi nasz komputer dysponuje. Często nawet nie jesteśmy świadomi, jakich rzeczy możemy dokonać, bo po prostu nigdy ich nie potrzebowaliśmy. W rezultacie prawie nigdy nie jesteśmy w stanie wykorzystać całej mocy ukrytej w naszym komputerze. To trochę przykre, bo zazwyczaj lubimy wykorzystywać nasze środki maksymalnie efektywnie.

W całkowicie odmiennej sytuacji są naukowcy. Sprzęt, którego potrzebują, jest bardzo wyspecjalizowany i jego koszta są olbrzymie. Do tego bardzo szybko możliwości, jakie oferuje, przestają być wystarczające. Sprawia to, że nauka jest w ciągłym zapotrzebowaniu m.in. na moc obliczeniową. By zrozumieć ewolucję gwiazd, oddziaływania zachodzące między nimi w Galaktyce czy chociażby wyznaczyć dokładny promień odległego ciała niebieskiego, musimy wykonać zaawansowane symulacje. Do tego potrzeba potężnych komputerów, do których dostęp jest wciąż ograniczony.

Dlaczego w takim razie nie można przerzucić tej złożonej pracy obliczeniowej na nieużywane komputery osobiste? Dziś na świecie jest ich tak olbrzymia liczba, że bez problemu są w stanie zaspokoić bardzo wysokie zapotrzebowania nauki. Właśnie to pytanie zadali sobie pod koniec XX w. naukowcy z Uniwersytetu w Berkeley (USA).

Berkeley Open Infastructure for Network Computing (BOINC) to wolne oprogramowanie, które służy do wykonywania obliczeń rozproszonych przez internet. Jego wykorzystanie pozwala na uruchamianie wcześniej przygotowanych programów na komputerach

wolontariuszy, którzy zgłoszą chęć przystąpienia do projektu, i późniejsze zbieranie wyników. System BOINC sprawdza się wszędzie tam, gdzie obliczenia można rozłożyć na dużą liczbę małych porcji. Każdy podłączony komputer zajmuje się w każdej chwili tylko jedną z takich porcji, dzięki czemu nie jest przeciążony olbrzymimi obliczeniami. Jeżeli jednak tych komputerów będzie dużo, to ich wspólna moc obliczeniowa może być ogromna.



Rys. 1. Schemat działania infrastruktury BOINC. W pierwszej kolejności program „klient" na naszym komputerze dostaje instrukcje z serwera na temat przewidzianej dla niego pracy (1). Następnie pobierana jest aplikacja (konkretny kod wykonujący założone zadanie) i dane wejściowe (2). Najdłuższą częścią są obliczenia (3). Gdy już ten proces się wykona, dane wynikowe zostaną wysłane na serwer (4). Na końcu zostanie wysłany raport z przebiegu obliczeń (5). Ta ostatnia część zawiera informacje na temat ew. błędów, ale także mówi serwerowi, że nasz komputer jest gotowy na przyjęcie kolejnej porcji danych. Procedura (2) - (5) powtarzana jest cały czas, choć użytkownik może ją zatrzymać w dowolnym momencie. Przy tym aplikacja jest ściągana tylko w wypadku jej aktualizacji.

Jak wspomniano powyżej, projekt rozwijany jest w ramach wolnego oprogramowania. Oczywiście „wolny" w tym kontekście nie dotyczy prędkości. Wolne oprogramowanie to takie, które razem z kodem źródłowym jest dostępne dla każdej chętnej osoby. Można go ściągnąć ze strony https://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/SourceCodeGit. Każdy człowiek lub instytucja na świecie może więc postawić swój własny serwer BOINC, korzystając z gotowych rozwiązań. Każdy może również pomóc rozwijać infrastrukturę i dodawać do niej własne elementy. To sprawia, że BOINC bardzo szybko się rozwija i działa bardzo efektywnie, czego wyrazem jest olbrzymie zainteresowanie i duża ilość projektów prowadzonych za jego pomocą. Dodatkowy atut tego rozwiązania to bezpieczeństwo, bo łatwo sprawdzić, czy kod jest bezpieczny i czy wykonuje dokładnie taką pracę jaka jest opisana. Cała infrastruktura jest bardzo przemyślana i skierowana raczej na wygodę użytkownika niż na maksymalizację rezultatów.

Programy

System BOINC składa się zasadniczo z dwóch programów: klienta i serwera.

Uczestnik programu instaluje na swoim komputerze klienta. Będzie on czuwał w tle na moment, gdy przestaniemy używać komputera. Wtedy sam się uruchomi i zacznie przeprowadzać działania, których schemat ilustruje rysunek 1. Gdy wrócimy do pracy przy komputerze, program się wyłączy, zastopuje przetwarzanie danych i pozwoli nam bezproblemowo pracować. Wróci do obliczeń, gdy komputer znowu będzie wolny od innych zajęć.

Dużo większa odpowiedzialność spoczywa na serwerze projektu. Gdy już mamy gotowy kod, musimy podzielić dane na małe porcje. Serwer następnie wysyła je na każdy komputer, który zgłosi zapotrzebowanie. Jednocześnie musi przyjmować już policzone dane i gromadzić je na dyskach.

Bardzo ważna jest kontrola danych przypływających od użytkowników. Trzeba się upewnić, że wszystkie dane zostały policzone poprawnie. Niestety, okazuje się, że nie wszystkie powierzone obliczenia są wykonywane właściwie. Czasami jest to spowodowane źle działającym procesorem w komputerze wolontariusza, a innym razem są to zakłócenia w przesyle danych. Możliwe jest także celowe oszukiwanie serwera projektu i wysyłanie wadliwych danych. W związku z tym każda próbka jest wysyłana do dwóch (lub więcej) różnych wolontariuszy. Wyniki są akceptowane dopiero wtedy, gdy obaj zwrócą taki sam plik wynikowy.

Dalsza część pracy, czyli analiza tych wyników, spoczywa już bezpośrednio na naukowcach.

Jak to się zaczęło

W połowie lat 80. XX w. powstają początki tego, co później będzie stanowić projekt SETI (ang. *Search for ExtraTerrestial Inteligence*), czyli bardzo szeroki program służący do wspierania wszelkich dyscyplin naukowych, związanych z poszukiwaniami życia poza Ziemią. Projekt od samego początku zyskuje duże zainteresowanie zarówno wśród uczonych, jak i amatorów. Jednak, jak to bywa z większością projektów, które nie mają bezpośredniego przełożenia na biznes, trudno mu uzyskać finansowanie... a potrzeby są olbrzymie. Począwszy na obserwacjach, a skończywszy na analizie danych, SETI przerastało wszystkie dotychczasowe projekty badawcze. Choć obserwacje astronomiczne często można dzielić z innymi projektami, to już nie ma tak dobrze z analizą danych, która w SETI jest prowadzona pod całkowicie innym kątem niż w innych programach naukowych. Trzeba było coś zrobić, by dane się nie marnowały.

W 1999 r. na Uniwersytecie w Berkeley powstaje projekt wielkoskalowych obliczeń rozproszonych pod nazwą SETI@home. Cele były dwojakie. Po pierwsze, rzetelna praca naukowa nakierowana na wykrycie życia pozaziemskiego (najlepiej inteligentnego). Po drugie, udowodnienie użyteczności obliczeń rozproszonych w pracach naukowych. Chociaż w przypadku pierwszego celu nie osiągnięto żadnych znaczących rezultatów, to w przypadku drugiego sukces był całkowity. Prace prowadzone nad rozwojem SETI@home zaowocowały stworzeniem środowiska BOINC, które po raz pierwszy zostało publicznie udostępnione w 2002 r. Już w 2004 r. ruszył Predictor@home, pierwszy projekt na nim bazujący.

Obecnie BOINC obsługuje około 70 projektów. Na podstawie uzyskanych wyników powstało ok. 100 prac naukowych, a na całym świecie do projektu jest podłączonych ponad 12 mln komputerów. Średnia moc obliczeniowa,

którą osiągają sumarycznie wszystkie projekty, to 9 PetaFLOPS (FLOPS to liczba operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę), czyli prawie 1/3 mocy najpotężniejszego obecnie komputera na świecie. Polska drużyna BOINC@Poland jest w światowej czołówce pod względem wspierania projektów opartych o infrastrukturę BOINC.

Universe@Home

Od początku Polacy nie chcieli być tylko użytkownikami innych projektów. Nie zostając w tyle, szybko pojawiły się również polskie projekty, takie jak Radioactive@home, który służy do ogólnoświatowych pomiarów promieniowania radioaktywnego. Na pierwszy, który powstał na uczelni wyższej, trzeba było jednak czekać aż do roku 2015, kiedy ruszył Universe@Home.

W roku 2014 prof. Krzysztof Belczyński pracujący w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego przyszedł do mojego pokoju z ulotką o projekcie SETI@home, pytając, czy to da się zrobić z naszym kodem do syntezy populacji. Trzeba nadmienić, że prowadziliśmy wtedy kilka projektów badawczych opierających się o masowe symulacje układów gwiazdowych. By otrzymać rzetelne wyniki, musieliśmy symulować nawet całe galaktyki, składające się z miliardów obiektów, przez miliardy lat ewolucji. Obliczenia trwały bardzo długo i ciągle musieliśmy zabiegać o dodatkową moc obliczeniową.

Pomysł od razu mi się spodobał. Bardzo przeszkadzały mi ciągłe problemy z dostępem do dużych komputerów i uciążliwa biurokracja z tym związana. Przeszukawszy internet, bardzo szybko znalazłem informacje o Fundacji BOINC Polska, która propaguje infrastrukturę BOINC i uczestnictwo w projektach na niej opartych. Skontaktowałem się z zarządem i paroma innymi osobami, które poleciły mi poprosić o pomoc Krzysztofa Piszczka z firmy Roads Business Software. Krzysztof pasjonuje się rozwijaniem idei obliczeń rozproszonych, a jednocześnie jest członkiem wspomnianej fundacji. Okazało się, że nasz kod można w bardzo łatwy sposób dostosować do potrzeb obliczeń rozproszonych i w krótkim czasie udało się nam uruchomić serwer testowy.

Dużo pracy było jeszcze przed nami, a forma finansowania polskiej nauki nie ułatwiała sprawy. Na szczęście doświadczenie Krzysztofa i duże zapotrzebowanie na wyniki sprawiły, że rezultaty już z testowej części projektu udało się opublikować w renomowanym czasopiśmie amerykańskim *The Astrophysical Journal*. Nie bez znaczenia była olbrzymia pomoc, jaką otrzymaliśmy od uczestników projektu, którzy nierzadko zwracali nam uwagę na błędy lub trudności, jakie napotykali, a których my nie byliśmy w stanie wykryć podczas testów.

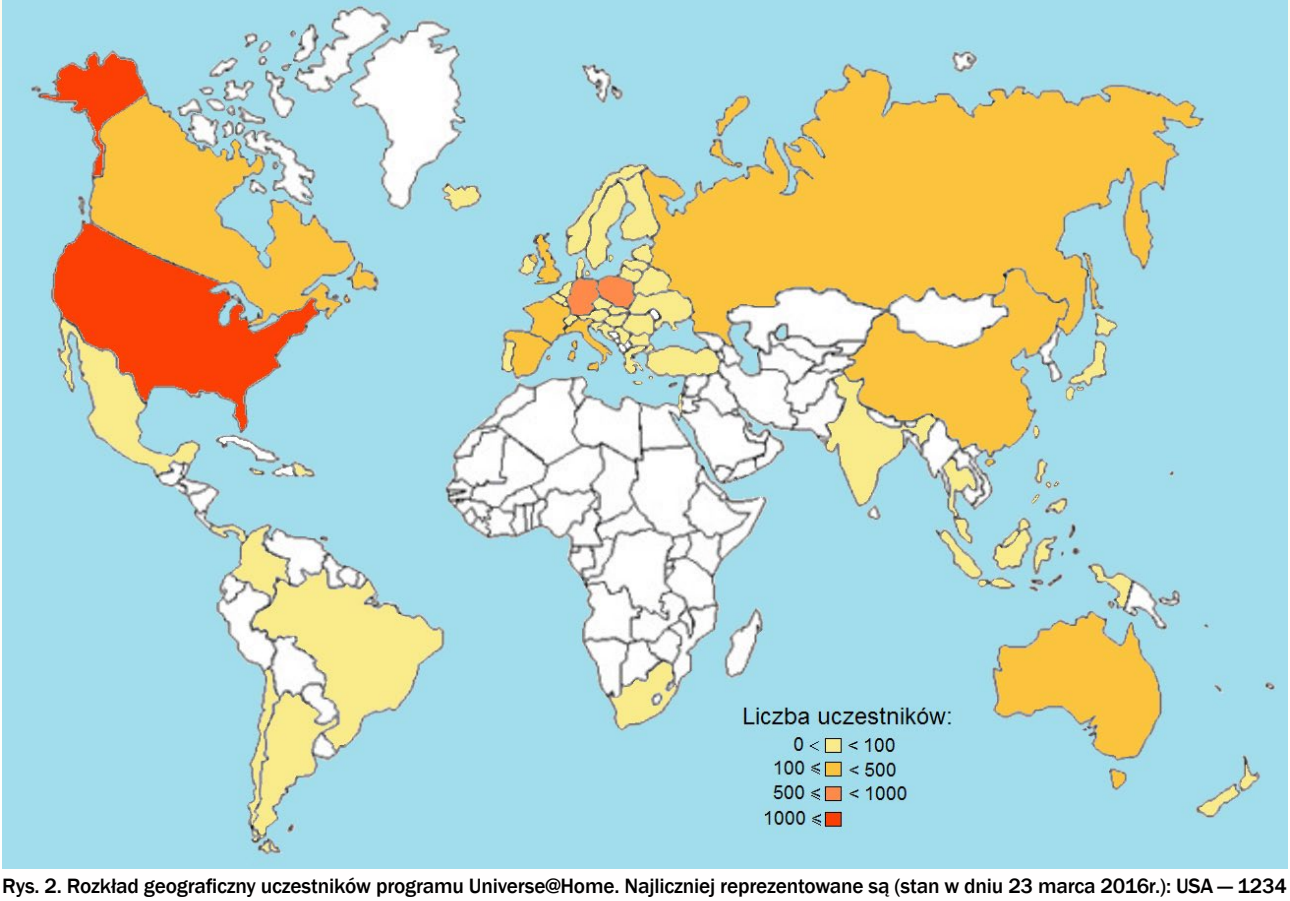
Obecnie projekt liczy ok. 5000 aktywnych członków z kilkudziesięciu krajów (rys. 2) i osiąga moc 75 TFLOPS (rys. 3). Universe@Home jest klasyfikowany na 13 miejscu na liście wszystkich projektów BOINC pod względem mocy obliczeniowej i wyprzedza wiele dużo starszych projektów.

Projekty badawcze

Z naukowego punktu widzenia prowadzimy prace nad następującymi problemami (choć inne są też przygotowywane pod infrastrukturę BOINC):

A. Ultrajasne źródła rentgenowskie

Obiekty, które nazywamy ultrajasnymi źródłami rentgenowskimi



Rys. 2. Rozkład geograficzny uczestników programu Universe@Home. Najliczniej reprezentowane są (stan w dniu 23 marca 2016r.): USA — 1234 uczestników, Niemcy — 606, Polska — 587, Francja — 408

(ULX: *UltraLuminous X-ray source*) obserwowane są bardzo rzadko (co najwyżej kilka na galaktykę), ale osiągają tak niezwykle wysokie jasności, że do niedawna ich istnienie było sprzeczne ze wszystkimi modelami. Świecą głównie w rentgenowskim przedziale widma i są praktycznie niewidoczne poza tym zakresem. Muszą więc być niezwykle gorące (rzędu 1 mln K). Nawet największe gwiazdy nie osiągają tak wysokich temperatur na swoich powierzchniach. Spodziewamy się, że tylko materia spadająca na czarne dziury może się tak mocno rozgrzewać. Jednak klasyczny model tego zjawiska nie przewiduje, by można było osiągać w ten sposób aż tak wysoką jasność. Czyni to ULX-y obiektami niezwykle ważnymi dla współczesnej astrofizyki.

Naszym celem jest zbadanie przyczyny tak wysokiej ich jasności i natury tych obiektów. We wspomnianej wyżej publikacji, podsumowującej fazę testową, udało nam się już pokazać, że prawdopodobnie nie jest to oddzielna grupa źródeł, a jedynie bardzo krótka faza wyjątkowo wysokiej emisji promieniowania, występująca w dużej części rentgenowskich układów podwójnych.

B. Koalescencja obiektów zwartych

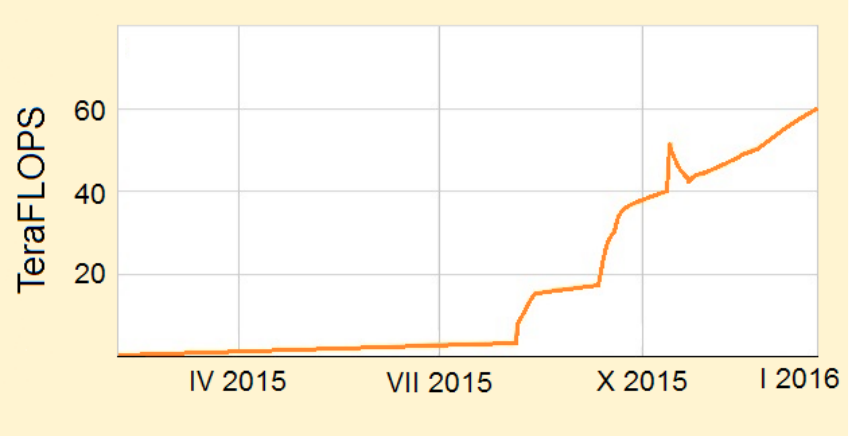
Od niedawna zajmujemy się także koalescencją obiektów zwartych, takich jak gwiazda neutronowa lub czarna dziura. Gdy dwa takie ciała tworzą układ podwójny o bardzo ciasnej orbicie to spodziewamy się, że będą bardzo szybko tracić energię i moment pędu na skutek emisji fal grawitacyjnych. Efektem jest dalsze zacieśnianie orbity. Ostatecznie doprowadzi to do tego, że obie gwiazdy zleją się w jedną. To właśnie zjawisko nazywamy *koalescencją*. Spodziewamy się, że szczególnie w ostatnich chwilach, taki układ podwójny będzie wysyłał bardzo silne promieniowanie grawitacyjne. Właśnie dokonano pierwszej historycznej obserwacji takiego zjawiska (por. artykuł na stronie 8 w tym numerze „Uranii"). Kolejne na pewno nastąpią. Do ich interpretacji będą potrzebne niezwykle szczegółowe symulacje ewolucji całego Wszechświata, by teoretycznie przewidzieć parametry oczekiwanego sygnału, które będzie można porównywać z wynikami obserwacji. Częścią obliczeń do określenia tych przewidywań zajmujemy się w ramach Universe@Home.

C. Spiny czarnych dziur

Czarne dziury, mimo że wykraczają daleko poza możliwości naszej wyobraźni, są niezwykle prostymi obiektami z punktu widzenia fizyki, gdyż opisanymi zaledwie trzema parametrami. Nawet pojedynczego atomu nie da się opisać tak łatwo! Masa, moment pędu i ładunek elektryczny są w stanie powiedzieć wszystko o czarnej dziurze i całkowicie określić jej wpływ na otaczającą ją przestrzeń. Moment pędu zazwyczaj zastępuje się tzw. *spinem*, który w uproszczeniu opisuje stosunek momentu pędu do masy obiektu.

Spin ma duży wpływ na oddziaływanie czarnej dziury na pobliską materię. Określa, jak blisko jest ona w stanie krążyć wokół czarnej dziury, zanim nieodwołalnie spadnie pod horyzont zdarzeń, czyli umowną powierzchnię czarnej dziury. Spin wiąże się też z niezwykle energetycznymi zjawiskami, które nazywamy dżetami. Są to strugi materii, wyrzucanej z okolic czarnej dziury w dwóch przeciwnych kierunkach z olbrzymimi prędkościami, porównywalnymi z prędkością światła. Gdy trafią w jakiś obłok międzygwiezdnej materii, są źródłem niezwykle ciekawych i widowiskowych zjawisk.

Nasze badania pozwalają na przewidywanie ewolucji spinu czarnych dziur w naszej Galaktyce, a także w innych galaktykach. Te przewidywania możemy porównywać z obserwacjami i badać różne modele akrecji materii na czarne dziury.



Rys. 3. Rozwój całkowitej mocy obliczeniowej programu Universe@Home od początku działania do końca roku 2015

Dołącz do nas

By wspierać polską naukę i dołączyć do projektu, wystarczą trzy kroki. Zapraszamy na naszą stronę **universeathome.pl**

Klikamy duży zielony przycisk „Dołącz do projektu". Na podstronie, która się wyświetli, znajdziemy opis kroków wraz ze zrzutami ekranu.

1. Pobieramy program BOINC,
2. instalujemy go na swoim komputerze,
3. gdy instalator nas o to zapyta, dołączamy do projektu „universathome.pl/universe/" (można się także dołączyć po instalacji),
4. rejestrujemy się, tworzymy swoje konto,
5. na koniec warto zrobić sobie na pulpicie skrót programu „boincmgr" (który znajdziemy we właśnie założonym folderze BOINC) i uruchamiać go zawsze, gdy włączamy komputer. Będzie nam pokazywał aktualny stan zadań i ciekawe statystyki.

W tym momencie cała praca przechodzi na program, który sam będzie cyklicznie wykonywał procedurę, pokazaną na rysunku 1. Natomiast gdy będziemy chcieli używać naszego komputera do innej pracy, to sam przejdzie w tryb czuwania i wstrzyma obliczenia.

Może się zdarzyć, że mimo pomyślnej instalacji program nie będzie chciał ruszyć z obliczeniami. Należy wtedy sprawdzić, czy jakiś program działający na naszym komputerze (np. antywirus lub przeglądarka internetowa) nie wykorzystuje znaczącej (>20%) części mocy procesora. W takim przypadku program klient uzna, że komputer jest wykorzystywany przez użytkownika i nie rozpocznie obliczeń.

Obecnie w programie Universe@Home działają dwie aplikacje:

1) Universe ULX — jak nazwa wskazuje, służy realizacji projektu opi-

sanego powyżej pod literą A. Jest również jej specjalna wersja, przeznaczona do uruchamiania na telefonach komórkowych (działa pod Androidem).

2) Universe BHspin — służy realizacji projektów B i C.

O tym, jakie zadanie dostaniemy do wykonania, za każdym razem decyduje serwer.

W obu wypadkach komputer liczy dla każdej próbki ewolucję 20000 układów podwójnych. Pliki wejściowe zawierają zawsze pierwszą liczbę generatora liczb losowych i parametry symulacji. Natomiast zawartość plików wynikowych zależy od aplikacji. Dla BHspin jest to informacja o powstawaniu podwójnych obiektów zwartych (np. czarna dziura — gwiazda neutronowa), których zwykle znajduje kilkaset. W przypadku ULX jest to informacja o fazach transferu materii na obiekty zwarte. Ciekawe układy potem sami przeliczamy dokładnie. Nie można tego zrobić na komputerach użytkowników, bo pliki wynikowe są wtedy olbrzymie i szybko by zapchały łącza naszego serwera.

Wszystkie te aplikacje oparte są na kodzie do syntezy populacji StarTrack, stworzonym przez prof. Krzysztofa Belczyńskiego, który do tej pory był wykorzystywany jedynie na dużych klastrach komputerowych.

Po zakończeniu obliczeń i wysłaniu raportu z danego zadania następuje faza weryfikacji. Dokonuje się ona poprzez porównanie wyników tego samego zadania, nadesłanych przez dwóch różnych uczestników. Jeśli są zgodne, to na koncie uczestnika pojawiają się punkty, które stanowią jego „zarobek". Ich ilość zależy od objętości wykonanych obliczeń (zwykle 333,33 pkt. za zadanie). Na razie, jedyną nagrodą (oprócz satysfakcji), którą otrzymuje uczestnik programu, jest honorowa odznaka. Ze względu na ilość zaangażowanych osób nie ma ona niestety formy fizycznej — to tylko obrazek na koncie użytkownika, przedstawiający symbol planety. Której? To zależy od liczby zarobionych punktów (tabela na górze strony).

W przyszłości planujemy dać użytkownikom większą możliwość wglądu w przeprowadzane przez nich obliczenia. Na przykład, chcielibyśmy, by wyniki były wizualizowane w sposób graficzny, a wszystkie dane dostępne bezpośrednio w internecie. Obecnie jednak nie mamy jeszcze takich możliwości technicznych i finansowych.

Liczba punktów	Odznaka	
10 tys. — 50 tys.	Neptun	
50 tys. — 100 tys.	Uran	
100 tys. — 250 tys.	Saturn	
250 tys. — 500 tys.	Jowisz	
500 tys. — 1 mln	Mars	
1 mln — 5 mln	Ziemia	
5 mln — 25 mln	Wenus	
25 mln — 100 mln	Merkury	
> 100 mln	Słońce	

Wliczając fazę testową, projekt działa już od roku. Do tej pory (marzec 2016 r.) dwóch wolontariuszy zdobyło już odznakę „Słońca": Sebastian M. Bobrecki z Polski, który zaangażował w projekt 18 komputerów (łącznie 382 procesory) i użytkownik o loginie MUMPS, o którym wiemy tylko tyle, że mieszka w USA. Autor niniejszego artykułu dotarł do „Ziemi" i jest na 174. miejscu. Mamy przeliczone prawie 9 mln pakietów, z czego ⅓ to ULX i ⅔ BHspin. Projekt będzie prowadzony w sposób ciągły, bo cały czas jest zapotrzebowanie na wyniki syntezy populacji. Zmieniać się będą tylko aplikacje i nasze naukowe zainteresowania.

Projekt Universe@Home jest cały czas w swojej fazie rozwojowej i choć olbrzymi nacisk kładziemy na bezpieczeństwo i wygodę użytkowania, na pewno pojawią się problemy, których nie byliśmy w stanie przewidzieć lub z powodu ograniczonych funduszy uniknąć. O wszelkich problemach wolontariusze mogą nas informować na przygotowanym do tego forum. Jest to dodatkowa forma pomocy dla nas.

Dołączenie do projektu nie zajmuje więcej niż 10 minut, a można uczestniczyć w badaniach Wszechświata prowadzonych na bardzo wysokim, światowym poziomie i tym sposobem wspierać polską naukę.

Od redakcji:

Spróbowaliśmy. Uwaga, to uzależnia! Gdy w to wejdziesz, żal ci będzie wyłączyć komputer.

■

Mgr Grzegorz Wiktorowicz jest doktorantem w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. Specjalizuje się w badaniu gwiazd podwójnych. Ostatnio ledwie nadąża z przygotowywaniem zadań dla wolontariuszy Universe@Home i opracowywaniem wyników.

Tranzyt Merkurego

zjawisko roku 2016

Tranzyt planety, to jedno z najrzadszych zjawisk astronomicznych na naszym niebie. Ma miejsce wtedy, gdy podczas dolnej koniunkcji ze Słońcem, Merkury lub Wenus znajdą się niemal dokładnie w płaszczyźnie ekliptyki. Właśnie wtedy mamy okazję do obserwowania przemierzającej tarczy planety na tle Słońca i w zależności od planety trwa to nawet ponad 7 godzin. Tak będzie podczas zbliżającego się tranzytu. Niektórzy żartobliwie opisują zjawisko jako „małe obrączkowe zaćmienie Słońca", bo przecież w pewien sposób tranzyt spełnia definicję tego zaćmienia.

Niektórzy z nas mają już za sobą obserwacje niedawnych tranzytów Merkurego w maju 2003 r. i Wenus w czerwcu 2004 i 2012 r. W pierwszych dwóch przypadkach pogoda w Polsce dopisała, umożliwiając prowadzenie licznych obserwacji tego malowniczego zjawiska. Ostatnie przejście z czerwca 2012 r. podzieliło Polskę: na zachód — gdzie były dobre warunki obserwacyjne i wschód — gdzie występowało niemal całkowite zachmurzenie.

W poniedziałek 9 maja 2016 r. będziemy świadkami przejścia przed tarczą Słońca dużo mniejszego od Ziemi Merkurego. Ta mała planeta, obiegając Słońce raz na 88 dni, dużo częściej znajduje się bezpośrednio przed tarczą Słońca niż Wenus. W XX w. uczyniła to 14 razy, tyle samo będzie w sumie tranzytów Merkurego w bieżącym stuleciu. Dwa poprzednie zjawiska tego typu miały miejsce w 2003 i 2006 r., przy czym to drugie nie było widoczne w naszej części świata. Najbliższe zobaczą w całości mieszkańcy wschodnich rejonów Ameryki Północnej i Południowej oraz zachodnich części Europy i Afryki. Główny obszar, na którym zjawisko będzie w całości widoczne, to Ocean Atlantycki.

W Polsce tranzyt będzie teoretycznie widoczny w całości w północno-zachodniej Polsce. W Świnoujściu, w momencie 4. kontaktu (zejścia Merkurego ze słonecznej tarczy), Słońce będzie krótko przed zachodem, zaledwie ułamek stopnia nad horyzontem. W pozostałej części kraju ostatnich dwóch faz przejścia nie będziemy w stanie śledzić. Widoczne natomiast będą pierwsze dwie fazy tranzytu oraz faza maksymalna. W momencie maksimum zjawiska Merkury znajdzie się w odległości 5'21" od centrum tarczy słonecznej. Średnica tarczy Słońca podczas tego tranzytu wyniesie 31'41", zaś Merkurego 12,07", co stanowi zaledwie 0,63% średnicy tarczy Słońca, czyli jest ona 157,5 razy mniejsza.

Efemeryda

Zjawisko rozpocznie się o godzinie **13.12:00** (I) i w zależności od naszego położenia rozbieżności mogą wynieść maksymalnie ±6 s. Przez kolejne 3 minuty i 11 sekund czarna i mała tarcza Merkurego zacznie się pojawiać na tarczy Słońca, aby na niej znaleźć się w całości o godzinie **13.15:11** (II).

Od tego momentu przez 3 godziny i 41 minut Merkury będzie podążał w kierunku punktu fazy maksymalnej, kiedy to o godz. **16.55:59** (środek tranzytu) znajdzie się 321" od jego geometrycznego środka. Po fazie maksymalnej Merkury zacznie wolno opuszczać tarczę Słońca, aby dotrzeć do jego brzegu w zdecydowanej większości terenu Polski już pod horyzontem (w zasadzie zaledwie kilka stopni). Będzie to miało miejsce o godz. **20.37:22** (III), a kolejne 3 minuty i 12 sekund później, o godz. **20.40:34** (IV), Merkury zejdzie z tarczy Słońca.

Objaśnienia

I — moment, w którym tarcza Merkurego po raz pierwszy styka się z tarczą Słońca.

II — moment, w którym tarcza Merkurego w całości znajdzie się na tarczy Słońca.

Środek tranzytu — moment, w którym Merkury znajdzie się najbliżej geometrycznego środka tarczy Słońca.

III — moment, w którym tarcza Merkurego znajdzie się na skraju tarczy Słońca, będąc jednocześnie

jeszcze widoczna w całości.

IV — moment, w którym tarcza Merkurego całkowicie opuszcza tarczę Słońca, stając się już niewidoczna.

Wszystkie momenty podano w czasie aktualnie obowiązującym (czas wschodnioeuropejski, czyli UT+2).

Tak jak wspomnieliśmy, dokładność podawanych momentów ze względu na nasze położenie na terenie Polski wynosi ±6 sekund i dla celów amatorskich jest w zupełności wystarczająca do zaplanowania obserwacji zjawiska.

Jeśli potrzebujemy dokładniejszych momentów zjawisk dla naszych lokalizacji, można obliczyć je, korzystając ze strony:

http://goo.gl/PYJzCZ

Jak obserwować?

Tak jak w przypadku innych obserwacji Słońca, po pierwsze musimy zachować szczególną ostrożność przy tego typu obserwacjach. Pamiętajmy, że Słońce emituje olbrzymie ilości światła i bezpośrednia obserwacja uszkodzi nam wzrok.

Po pierwsze, obserwacje musimy prowadzić za pomocą przynajmniej odpowiednio przygotowanego małego teleskopu lub lornetki . Obserwacje za pomocą oka nieuzbrojonego tym razem nie przyniosą pozytywnych wyników, ponieważ tarcza Merkurego jest po prostu zbyt mała.

Do dyspozycji mamy szereg metod bezpiecznej obserwacji Słońca i ta najbardziej popularna to wykorzystanie specjalnej folii mylarowej (filtru), która odcina niebezpieczny dla nas nadmiar światła. Na rynku dostępne są dwa typy folii, różniące się od siebie gęstością. Często mówimy o nich po prostu folia 3.8 i 5.0. Pierwsza z nich 3.8 służy do fotografowania tarczy Słońca i przepuszcza 16-krotnie więcej światła niż 5.0. Właśnie z tego powodu nie nadaje się do obserwacji wizualnych, a doskonale do fotografowania. Wykorzystanie folii 3.8 w fotografowaniu umożliwi nam wykonywanie bardzo krótkich ekspozycji, co daje nam większą szansę zarejestrowania bardzo subtelnych szczegółów powierzchni Słońca.

Folia (filtr) 5.0, jest dużo gęstsza i przepuszcza tyle światła, aby było to bezpieczne dla naszych oczu. Filtry te, niezależnie od wersji, montujemy w solidny sposób przez samym wejściem do teleskopu (odrośnik, tubus). Do folii należy wykonać lub zakupić odpowiednie mocowanie.

Mniej popularne ze względu na cenę są specjalne filtry szklane, które działają na podobnej zasadzie jak folia, ale są od niej trwalsze.

Nie stosujmy jakichkolwiek zabezpieczeń wewnątrz teleskopu. Jakikolwiek filtr z napisem „SUN" nie zapewni nam dostatecznej ochrony.

Jednym z rozwiązań są też specjalne kliny Herschela, które można stosować wyłącznie z refraktorami. Skierowanie teleskopu zwierciadlanego o dużej aperturze w kierunku Słońca może spowodować jego uszkodzenie.

Ostatnia metoda, od której się już odchodzi, to projekcja okularowa. W metodzie tej całe światło przechodzi przez układ optyczny, a obraz „rzucany" jest na ekran. Ze względu jednak na często stosowane elementy z tworzyw sztucznych i możliwość ich uszkodzenia, metoda ta nie jest polecana. Warto też pamiętać, że nie doświadczony obserwator może nieświadomie podejść do takiego teleskopu i spróbować popatrzeć przez okular!

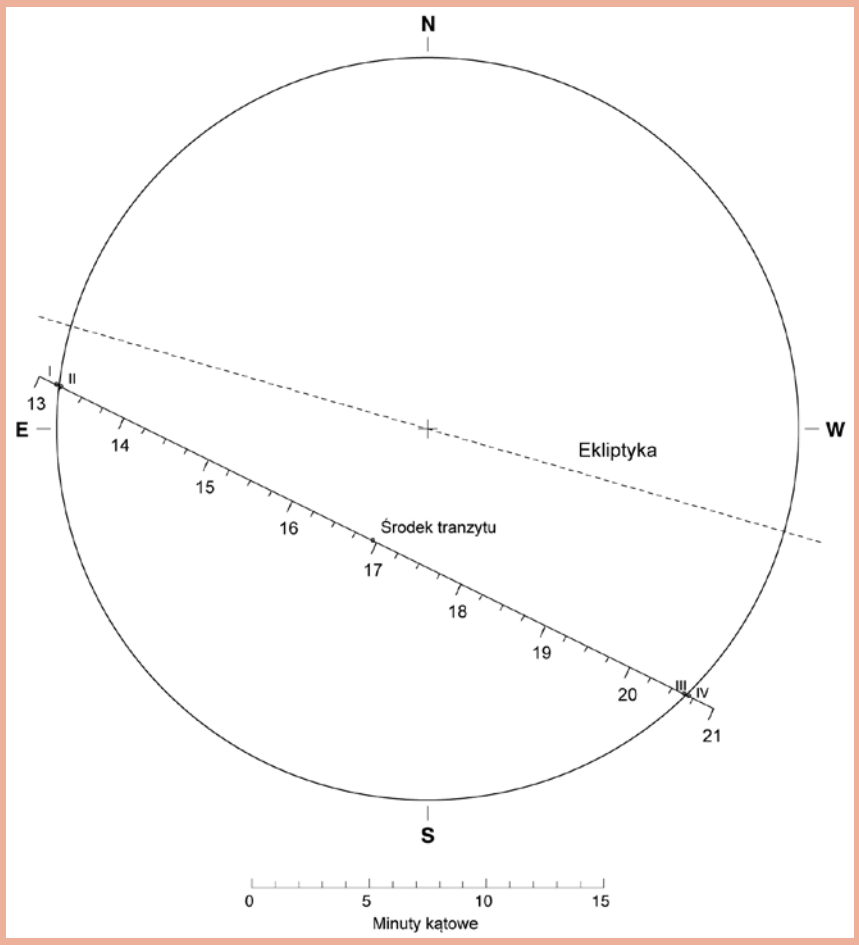
Jeśli już przebrnęliśmy przez zasady bezpieczeństwa, wróćmy do obserwacji.

Do obserwacji można wykorzystać w zasadzie każdy teleskop, jaki jest dostępny. Sprawdzą się zarówno refraktory, reflektory oraz systemy katadioptryczne (SCT, MAK).

Jak w większości tego typu obserwacji ważna jest zarówno apertura teleskopu (średnica), jak i ogniskowa, która zapewni nam odpowiednie powiększenie. Jeśli nie mamy odpowiedniej ogniskowej, możemy ratować się tzw. soczewkami Barlowa.

Jeśli nigdy nie obserwowaliśmy Słońca przez nasz teleskop, musimy koniecznie wykonać próby przed zjawiskiem. Oczywiście nie robimy tego w dniu tranzytu, lecz dużo wcześniej, aby zapobiec najprostszym błędom, które niespodziewanie mogą się pojawić.

W każdym przypadku należy wykonać pełną symulację obserwacji



z wykorzystaniem wszystkich elementów.

Fotografowanie i filmowanie

Jeśli mamy możliwość podpięcia do naszego teleskopu jakiegokolwiek sprzętu umożliwiającego rejestrację zjawiska, nie pozostaje nic, jak tylko zachęcać do takiej zabawy. Nie ma nic lepszego niż pamiątka w postaci zdjęcia czy materiału wideo z przebiegu tranzytu.

Metod utrwalania zjawiska jest wiele, a te najprostsze to dopięcie do układu optycznego aparatu lub kamery. Możemy więc do naszego teleskopu podpiąć lustrzankę cyfrową i fotografować w tzw. ognisku głównym, bezpośrednio mocując korpus aparatu w wyciągu za pomocą adaptera T-2. Jeśli jej nie mamy, a nasze wyposażenie to aparat kompaktowy, również możemy go dopiąć za pomocą specjalnego mocowania, które mocujemy do wyciągu okularowego i okularu.

Osoby posiadające kamery CCD też zapewne nie zrezygnują z takiej formy rejestracji zjawiska.

W ostatnich latach na rynku zaczęły się pojawiać specjalne teleskopy słoneczne (Lunt, Coronado), które umożliwiają obserwacje naszej gwiazdy dziennej w sposób zupełnie niezwykły, ujawniając szczegóły takie, jak m.in. protuberancje widoczne na brzegu tarczy słonecznej. To wyjątkowa okazja obserwacji Merkurego na tle tarczy, w najciekawszym widmie, jakie możemy obserwować. Być może komuś uda się zaobserwować Merkurego na kilka chwil przed tranzytem. Może będziemy mieć szczęście, aby zobaczyć planetę na tle protuberancji — tuż przy brzegu!

A może coś innego?

Jeśli będziemy też mieć trochę szczęścia, być może uda się nam sfotografować czy sfilmować tranzyt wraz z dodatkowym obiektem na tle Słońca jak samolot czy ptak. Jeśli się dobrze ustawimy i dzień wcześniej prześledzimy ruch Słońca po niebie w naszej lokalizacji, mamy okazję do wykonania wyjątkowych zdjęć

Transmisję na żywo z przebiegu tranzytu Merkurego będzie można śledzić na stronie Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego w Grudziądzu. Adres strony: www.planetarium.grudziadz.pl

czy filmów.

Jak wiemy, prawie w całej Polsce będzie taka możliwość i jeśli tylko taką obserwację dobrze zaplanujemy i znamy dokładne miejsce zachodu Słońca na horyzoncie, możemy „umiejscowić" Słońca na tle budowli znajdujących się nad horyzontem. Świetnie sprawdzą się bardzo oddalone wysokie budowle jak kościoły, kominy, maszty.

Wyboru każdy dokona sam, a jeśli to nam nie wystarcza, możemy pokusić się o sfotografowanie tranzytu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej na tle Słońca, z przebiegającym tranzytem. W tym jednak przypadku nie jesteśmy jeszcze w stanie przewidzieć możliwości obserwacji z terenu naszego kraju. Efemerydy, nawet te podawane na kilka dni przed zjawiskiem, mogą być obarczone błędem.

W „Uranii" 1/2016 (781) s. 62–63, znajdą Państwo artykuł o sposobie obliczania tego typu zdarzeń w bardzo prosty sposób za pomocą internetowej aplikacji Transit Finder (http://transit-finder.com/).

Jeśli będziemy mieć trochę szczęścia, być może w naszym najbliższym rejonie pojawi się taka możliwość. Warto przeanalizować miejsce obserwacji i udać się w rejon pasa tranzytu ISS na tle Słońca. Sfotografowanie podwójnego tranzytu na pewno byłoby nie lada wyczynem.

Warto pamiętać, że zdjęcia takie będą zdecydowanie ciekawsze niż setki innych, jakie ukażą się mediach po zjawisku.

Czekamy więc na Wasze zdjęcia, z których najciekawsze wydrukujemy w kolejnych numerach „Uranii–PA".

Kiedy następne?

Jak wspomniałem, tranzyty planet wewnętrznych są jednymi z najrzadszych zjawisk astronomicznych zachodzących na naszym niebie. Jeśli majowy tranzyt będzie poza naszym zasięgiem, np. z powodu niesprzyjających warunków atmosferycznych, na kolejny poczekamy do 11 listopada 2019 r., a potem dopiero do listopadowych zjawisk w 2032 i 2039 r.

Jak widać, zjawiska nie są częste, a można nawet śmiało stwierdzić, że są dużo rzadsze od zaćmień Księżyca, które mają podobną wielkość terenu, na którym zachodzą.

Jeszcze rzadziej na tarczy Słońca pojawia się Wenus. Po ostatnich zjawiskach z lat ubiegłych kolejne dopiero w roku 2117, a w Polsce w roku 2125.

To jednak temat już na inny artykuł.

Marek Substyk

Jan Heweliusz też to obserwował!

Przejście Merkurego przed tarczą Słońca 3 maja 1661 r.

Marek Zawilski

Zbliżające się zjawisko przejścia Merkurego przed tarczą Słońca, jakie nastąpi 9 maja 2016 r., skłania do refleksji na temat podobnych zdarzeń z przeszłości. Okazuje się, że bardzo podobne zjawisko było obserwowane w 1661 r. przez Jana Heweliusza.

W wieku XVII, po wprowadzeniu lunet do obserwacji astronomicznych, można było m.in. zająć się tak ważnymi zjawiskami, jakimi były przejścia planet dolnych przed tarczą Słońca. Są one, poza wyjątkami, nie do dostrzeżenia gołym okiem, toteż z okresów przed zastosowaniem teleskopów brak jest wiarygodnych obserwacji. W roku 1631 zostało wreszcie dostrzeżone przejście Merkurego — w Paryżu widział je P. Gassendi, w Rouffach — J.R. Quietanus, a w Innsbrucku — J.B. Cyssatus. W roku 1651 z kolei przejście Merkurego obserwował w Indiach J. Shakerley. W roku 1639 w Anglii J. Horrox dostrzegł ponadto przejście Wenus.

Kolejne przejście Merkurego miało nastąpić w 1661 r. i, co zrozumiałe, wywołało ono znaczne zainteresowanie wśród ówczesnych astronomów. Również znakomity astronom gdański postanowił podjąć obserwacje tego rzadkiego zjawiska i w efekcie osiągnął sukces.

Cała obserwacja przejścia Merkurego została opublikowana przez niego w 1662 r. w dziele *Mercurius in sole visus* (rys. 1), w którym Heweliusz zawarł także wyniki innych własnych obserwacji, w tym dwóch zaćmień Słońca oraz kilku zakryć gwiazd i planet przez Księżyc, jak też udostępnioną mu obserwację przejścia Wenus przed tarczą Słońca, jaką wykonał w roku 1639 Horrox.

W czasach późniejszych przejścia planet dolnych przed tarczą Słońca były wykorzystywane przede wszystkim do wyznaczania paralaksy Słońca. Jednak w połowie XVII w. chodziło głównie o sprawdzanie teorii ruchu planet, których położenia były znane z nadal niezadowalającą dokładnością.

Przejście Merkurego przed tarczą Słońca miało nastąpić na początku maja 1661 r. Wiedząc o tym, Heweliusz z zapałem rozpoczął przygotowania do obserwacji. Dokładna data i godzina zjawiska nie były jednak znane, toteż postanowił jego efemerydę wyliczyć. Jedyną możliwością było skorzystanie z ówcześnie dostępnych rozmaitych tablic, zawierających pozycje planet i Słońca. Znając zawarte w nich dane liczbowe, był w stanie określić moment dolnej koniunkcji Merkurego ze Słońcem oraz szerokość ekliptyczną planety w tym momencie. Stąd już tylko krok do wyznaczenia

Tabela 1. Wyniki obliczeń efemerydy przejścia Merkurego przed tarczą Słońca w maju 1661 r.

Rodzaj tablic Autor	T. Danicae Longomontanus	T. Rudolphinae J. Kepler	T. Philolaicae I. Boulliau	T. Lansbergii Ph. Lansbergen	T. Prutenicae E. Reinhold	T. Alphonsinae
Moment środka	$1^d\ 22^h41^m03^s$	$3^d\ 06^h47^m45^s$	$3^d\ 14^h36^m49^s$	$5^d\ 23^h23^m56^s$	$6^d\ 22^h06^m11^s$	$11^d\ 02^h44^m55^s$
Szerokość ekliptyczna Merkurego	1^o 44' 14"	0^o 07' 06"	0^o 02' 33"	0^o 47' 16"	32' 20"	2^o 04' 22"
Początek przejścia	Brak zjawiska	$3^d\ 03^h21^m16^s$	$3^d\ 10^h26^m49^s$	Brak zjawiska	Brak zjawiska	Brak zjawiska
Koniec przejścia	Brak zjawiska	$3^d\ 10^h14^m14^s$	$3^d\ 18^h46^m49^s$	Brak zjawiska	Brak zjawiska	Brak zjawiska
Czas trwania	Brak zjawiska	$6^h52^m58^s$	$8^h20^m00^s$	Brak zjawiska	Brak zjawiska	Brak zjawiska

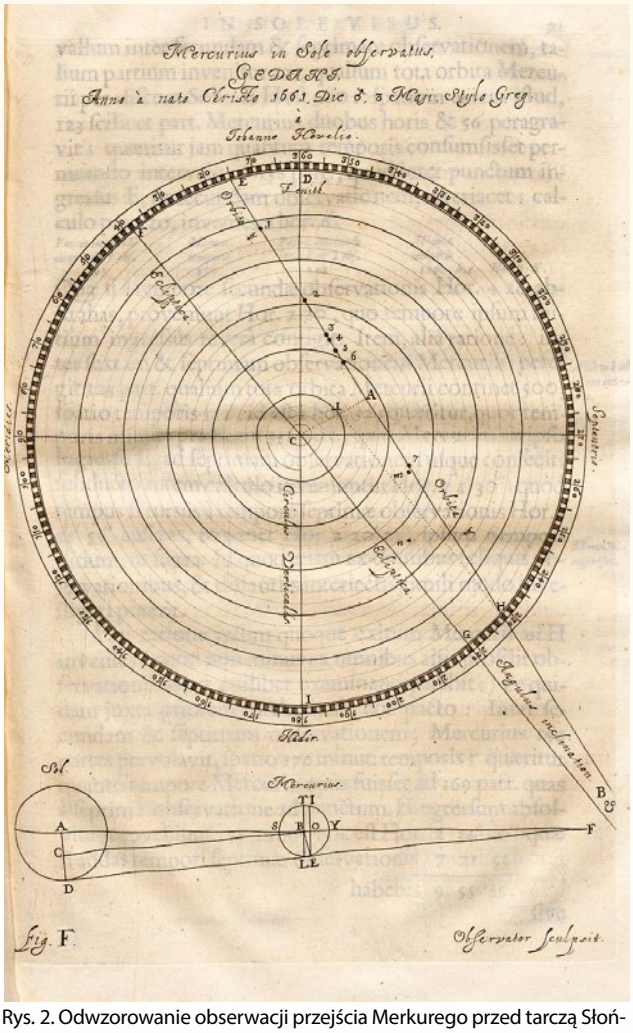
kontaktów — początku i końca przejścia, a więc i czasu trwania zjawiska. Wyniki tych rachunków przy wykorzystaniu sześciu rodzajów tablic, przedstawia tabela 1.

Jak widać, jedynie Tablice Rudolfińskie Keplera oraz Tablice Bullialdusa dawały wynik pozytywny — przejście planety przed tarczą Słońca w dniu 3 maja. Według pozostałych danych Merkury miał ominąć tarczę słoneczną, ponieważ w momencie dolnej koniunkcji szerokość ekliptyczna planety miała być większa od widomego promienia Słońca. Ponadto daty koniunkcji mieściły się w szerokim przedziale — od 1 do 11 maja! Nawet jednak biorąc pod uwagę wyniki wg dwóch wymienionych tablic przewidujących przejście planety, występowała i tak znaczna, około 7–8-godzinna niepewność co do momentów zjawiska.

Będąc świadomym małej precyzji tych obliczeń, Heweliusz nie ryzykował przeoczenia zjawiska i rozpoczął obserwacje już rankiem 1 maja 1661 r. Do obserwacji użył prawdopodobnie jednej z lunet o montażu azymutalnym, używanych do obserwowania plam słonecznych oraz Księżyca. Obraz Słońca był rzutowany na ekran, na którym został nakreślony okrąg, odwzorowujący tarczę Słońca, podzielony na 24 koncentryczne pierścienie oraz, na obwodzie, skalę kąta pozycyjnego od zenitu. Na ekranie tym w trakcie obserwacji Heweliusz miał zamiar zaznaczać pozycję czarnej plamki — Merkurego. Była to więc klasyczna graficzna obserwacja astrometryczna w projekcji na płaszczyznę prostopadłą do osi optycznej lunety. Jednocześnie były dokonywane pomiary wysokości Słońca nad horyzontem oraz czasu lokalnego. Czas ten, ówczesnym zwyczajem, był wyznaczany na dwa sposoby: bezpośrednio wg zegara wahadłowego (w tym przypadku własnej konstrukcji) uzyskiwano przybliżoną podstawę czasu, która następnie była korygowana wg obserwacji wysokości ciał nie-

JOHANNIS HEVELII
MERCURIUS
In Sole visus Gedani,
Anno Christiano M DC LXI, d. III Maji, St. n.
Cum aliis quibusdam rerum Cœlestium observationibus, rarisq; phænomenis.
Cui annexa est,
VENUS
In Sole pariter visa, Anno 1639, d. 24 Nov. St. V.
LIVERPOLIÆ, A JEREMIA HORROXIO:
NUNC PRIMUM EDITA, NOTISQUE ILLUSTRATA,
Quibus accedit succincta
HISTORIOLA,
Novæ illius, ac miræ Stellæ in collo Ceti, certis anni temporibus clarè admodùm affulgentis, rursùs omninò evanescentis,
Nec non
GENUINA DELINEATIO,
Parasselenarum, & Pareliorum quorundam rarissimorum.
ENARRANT DEI GLORIAM
Cum Privilegio Sac. Cæsareæ, & Regiæ P. & S. Majestatum
GEDANI.
AUTORIS TYPIS, ET SUMPTIBUS,
imprimebat SIMON REINIGER.
ANNO M DC LXII.

Rys. 1. Strona tytułowa dzieła Heweliusza *Mercurius in sole visus*, Gdańsk, 1662



Rys. 2. Odwzorowanie obserwacji przejścia Merkurego przed tarczą Słońca 3 maja 1661 r. wg projekcji Heweliusza

bieskich nad wschodnim i zachodnim horyzontem, dających dokładny czas lokalny. W danym przypadku była to mierzona kwadrantem wysokość Słońca — rano i wieczorem, a także Capelli i Wegi (po zachodzie Słońca). Czas ten Heweliusz nazywał czasem poprawionym (*tempus correctum*).

Wspomnianego ranka, 1 maja o godz. 7.30, słynny astronom nie dostrzegł, rzecz jasna, niczego na tarczy Słońca (prócz jakichś niewielkich plam słonecznych), podobnie jak w innych momentach tego dnia, aż do godzin wieczornych. Obserwacje Słońca zostały na powrót podjęte 2 maja, około 6.30. Jednak tego dnia niebo było zachmurzone i obserwacje początkowo były praktycznie niemożliwe. Później Słońce czasami wyłaniało się spoza chmur, ale aż do popołudnia Merkury na tarczy słonecznej nadal się nie pojawił. Trzeciego dnia obserwacji — 3 maja — niebo od rana znowu zachmurzone uniemożliwiało poszukiwanie planety aż do 5.10, kiedy to ponownie dało się stwierdzić brak śladu Merkurego na dysku słonecznym. Widok był nadal taki sam do godz. 10.30, kiedy to niebo ponownie się zachmurzyło. Na domiar złego rozpętała się burza… Heweliusz przyznał później, iż w tymże czasie poważnie brał pod uwagę możliwość przeoczenia zjawiska lub to, że zaszło ono poza okresami obserwowania Słońca.

Jednak po jakimś czasie chmury wreszcie ustąpiły i o 15.04 ku swojej radości Heweliusz dostrzegł czarną kropkę Merkurego niezbyt daleko od górnego (wschodniego) brzegu tarczy słonecznej (rys. 2, obserwacja nr 1).

Opracowując wyniki obserwacji, Heweliusz przyjął całą długość cięciwy, jaką Merkury przebył po tarczy Słońca (między punktami E i H na szkicu obserwacyjnym) jako 500 jednostek. W momencie obserwacji nr 1 odległość planety od brzegu tarczy Słońca została zmierzona jako 55 jednostek. Kontynuując obserwacje, Heweliusz zaznaczył na wyskalowanym ekranie jeszcze 6 pozycji planety — ostatni raz o 19.17:15, gdy Słońce znajdowało się już tylko kilka stopni nad zachodnim horyzontem. Odległość względna od punktu pierwszego kontaktu wyniosła wówczas 331 jednostek (rys. 2, obserwacja nr 7).

Tabela 2. Momenty przejścia Merkurego 3 maja 1661 r. dla Gdańska

Zjawisko	Czas lokalny wg Heweliusza	Równoważny czas UT[1]	Momenty UT wg obliczeń obecnych[2]
Początek	14.20	13.02	13.05,5
Środek	18.08	16.50	16.53,1
Koniec	21.56	20.38	20.40,7
Czas trwania	07.36	—	07.35,2

[1] dla momentu prawdziwego południa w Gdańsku 10.41,9 UT wg obliczeń obecnych
[2] dla Gdańska wg programu Occult v.4.1.5.4; momenty I i II (początek) oraz III i IV kontaktu (koniec) zostały uśrednione.

Z zaobserwowanych pozycji Merkurego na tarczy Słońca w ustalonych momentach czasu lokalnego mógł Heweliusz odtworzyć momenty początku, środka i końca przejścia (tabela 2).

Początek zjawiska został odtworzony wstecz, jako że nie mógł być dostrzeżony z powodu chmur, natomiast koniec, także nie zaobserwowany, był ekstrapolowany w przód, ponieważ nastąpił już po zachodzie Słońca.

Według Heweliusza czas poprawiony różnił się w tym dniu od zegarowego ok. 2 min 20 s rano i aż do niemal 6 min wieczorem. Natomiast porównując wartości czasu lokalnego pomierzone i obliczone współcześnie, można stwierdzić tylko niewielkie uchyby (błąd średni kwadratowy około 1 minuty).

Jak widać z tabeli 2, Heweliusz niemal idealnie określił czas trwania całego zjawiska, natomiast wyznaczone momenty są obarczone systematycznym błędem około 3 minut (niedoszacowania), który powstał zapewne w wyniku mało dokładnego zaznaczania pozycji Merkurego na tarczy Słońca.

Jak się później okazało, opisywane zjawisko obserwował jeszcze w Londynie Christian Huygens w towarzystwie astronoma Th. Streete'a oraz producenta teleskopów R. Reeve'a, jednak nie poczynili oni dokładnych pomiarów astrometrycznych, zaś Huygens sporządził tylko jeden uproszczony szkic obrazu Słońca z zaznaczonymi dwiema pozycjami Merkurego.

Oprócz obserwacji przemieszczania się Merkurego na tle tarczy Słońca Heweliusz dokonał także trudnych pomiarów widomej średnicy planety. Wartość tę oszacował na „jedynie 1/160 część średnicy tarczy Słońca", co odpowiadało w tym dniu średnicy kątowej 11,8". Wartość ta była znacznie bliższa prawdy niż podawana przez poprzednich astronomów (np. Gassendi ocenił średnicę kątową Merkurego na 20"). Faktyczna średnica widoma Merkurego w czasie przejścia planety w roku 1661 wyniosła bowiem 12,1".

Na koniec trzeba jeszcze przypomnieć, iż wiosną 1661 r. Heweliusz gościł w Gdańsku swojego przyjaciela, astronoma francuskiego Ismaila Boulliau. Obaj prowadzili długie dysputy oraz wykonali wspólnie szereg obserwacji. Jednak akurat kilka dni przed przejściem Merkurego, a dokładnie 30 kwietnia, Boulliau opuścił Gdańsk, udając się w planowaną podróż do Warszawy. Zjawisko zastało go w drodze, gdy nie miał możliwości prowadzenia obserwacji, czego szczerze żałował, gratulując jednocześnie sukcesu Heweliuszowi, co znamy z późniejszych pism francuskiego astronoma.

Nie jest więc, niestety, prawdziwa podawana czasem informacja o wspólnej obserwacji przejścia Merkurego przez obu astronomów w Gdańsku. ■

Dr hab. inż. Marek Zawilski jest członkiem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii od 1972 r. (Oddział Łódzki). Od wielu lat pełni funkcję przewodniczącego Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć PTMA. Aktywny obserwator zjawisk zakryciowych, kolekcjoner i badacz historycznych obserwacji zaćmień słonecznych i księżycowych oraz zakryć gwiazd przez Księżyc.

Nowe zdjęcia pokrytych śniegiem szczytów na Plutonie

Naukowcy wyodrębnili ze zdjęć Plutona przesłanych przez sondę New Horizons obrazy przedstawiające zaśnieżone szczyty na południowej jego półkuli. Najprawdopodobniej wierzchołki wchodzące w skład długiego łańcucha górskiego są pokryte zamrożonym metanem, który w atmosferze Plutona zachowuje się podobnie jak woda w atmosferze ziemskiej.

Opisywane szczyty odnaleziono na terenie regionu Cthulhu, mającego wielkość Alaski i leżącego na zachód od słynnego obszaru w kształcie serca. Sam łańcuch górski ma ok. 420 km długości i znajduje się w południowo-wschodniej części Cthulhu. Otaczająca go ciemna powierzchnia powstała najprawdopodobniej wskutek ekspozycji metanu na promienie słoneczne, dzięki czemu posiada charakterystyczną, czerwonawą barwę.

Odkryte szczyty zlokalizowane są wśród kraterów i ostrych dolin oddzielających poszczególne wierzchołki, przy czym najwyższe partie łańcucha górskiego są pokryte jasną substancją, która kontrastuje z ciemnoczerwoną powierzchnią regionu Cthulhu. Badacze sugerują, że ta jasna substancja może być zbudowana w większości z metanu, który osiadł na odkrytych szczytach wytrącony z górnych warstw atmosfery Plutona.

Region Cthulhu na Plutonie (po lewej) oraz ośnieżone szczyty w powiększeniu (po prawej). Na skrajnie prawym obrazku fioletowe obszary przedstawiające lód metanowy, odpowiadające opisywanym szczytom łańcucha górskiego. Źródło: NASA/JHUAPL/SwR

John Stansberry z misji badawczej New Horizons uważa, że metan w górnych warstwach atmosfery Plutona zachowuje się jak woda w atmosferze ziemskiej, stąd tylko wierzchnie partie opisywanych szczytów zostały pokryte jego lodową warstwą.

Zdjęcia, na podstawie których wyciągnięto opisane przypuszczenia, powstały na 45 minut przed największym zbliżeniem się sondy New Horizons do Plutona. Wykonane zostały z odległości ok. 34 tys. km od powierzchni Plutona, a ich rozdzielczość wynosi 680 m na piksel.

Sonda New Horizons przeleciała przez system Plutona w lipcu 2015 r., przesyłając pierwsze szczegółowe zdjęcia tej planety karłowatej i jej księżyców. Obecnie sonda zmierza do kolejnego obiektu z Pasa Kuipera, przesyłając cały czas pakiety danych sporządzone podczas przelotu obok Plutona.

Grzegorz Iwanicki

Rozpoczął się konkurs Catch a Star 2016

Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO) oraz European Association for Astronomy Education (EAAE) ogłaszają nową edycję konkursu dla uczniów Catch a Star 2016. Zachęcamy polskich uczniów do udziału! W ubiegłych latach uczniowie z naszego kraju zdobywali nagrody w tym konkursie.

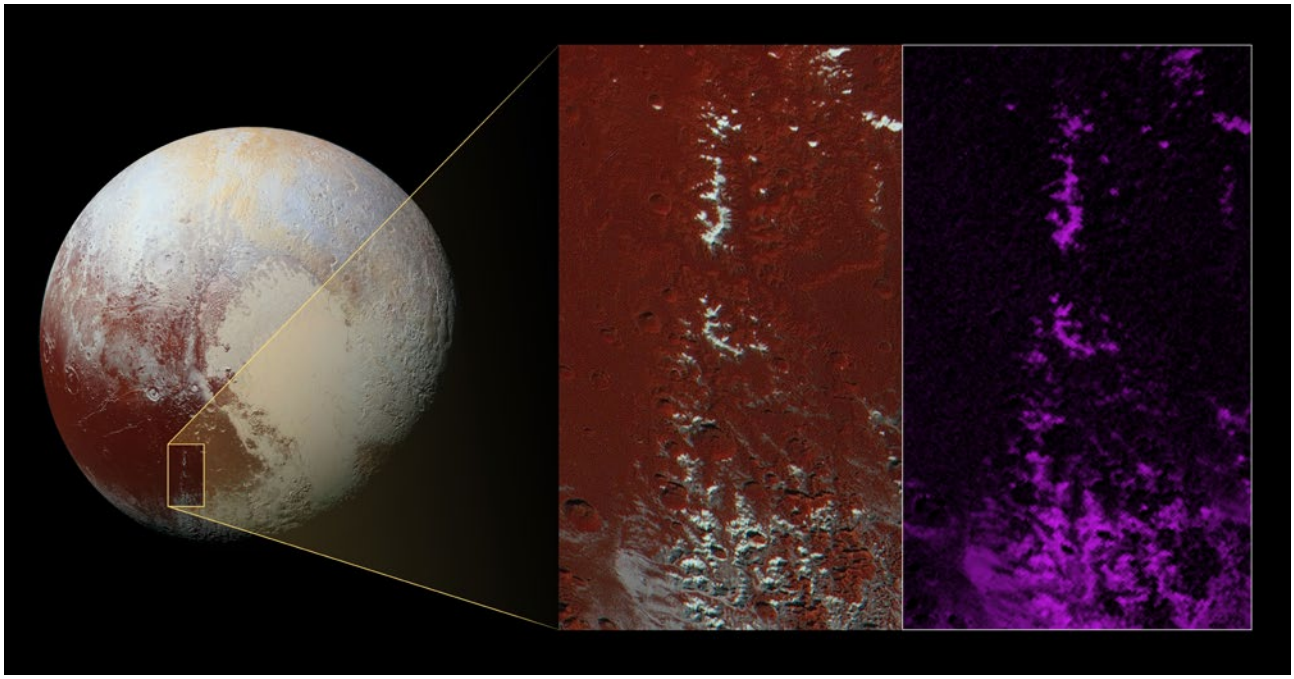
Konkurs jest skierowany do uczniów szkół z całego świata, w tym z Polski. Celem jest wzbudzenie kreatywności i niezależnej pracy wśród uczniów oraz poszerzenie ich astronomicznej wiedzy i umiejętności.

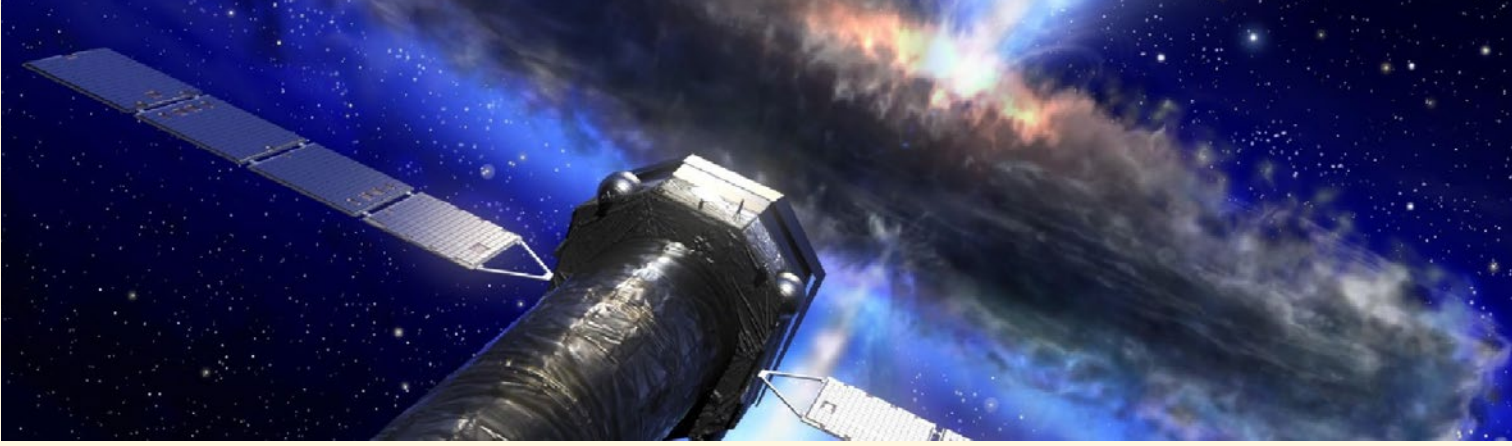
Jak wziąć udział? Należy sformować grupę maksymalnie trzech uczniów plus lider grupy — nauczyciel lub inna osoba zajmująca się edukacją. Następnie wybieramy interesujący nas temat lub obiekt astronomiczny o którym chcemy zebrać informacje i przygotowujemy pisemny tekst (raport) maksymalnie do 5000 słów. Przykładowo może to być raport z obserwacji prowadzonych w ramach zajęć szkolnych — na żywo albo za pomocą wirtualnego obserwatorium. Wybrany temat może dotyczyć też jakiegoś obiektu astronomicznego, zjawiska, problemu lub teorii naukowej, itp. Istotne dla projektu są kreatywność i praktyczne działanie. Raport należy przesłać w formie pliku PDF na adres astro.edu@gmail.com w terminie do 30 listopada 2016 r. do godz. 17.00 czasu środkowoeuropejskiego (czas zimowy w Polsce). Raport musi być napisany w języku angielskim.

Pięciu zwycięzców otrzyma w nagrodę od ESO oprawione w ramkę zdjęcia spektakularnych obiektów astronomicznych. Dodatkowo każdy z wygranych będzie miał też szansę wziąć udział w zdalnych obserwacjach w National Astronomical Observatory „Rozhen" w Bułgarii lub w wideokonferencji z zawodowym astronomem.

Krzysztof Czart

Logo konkursu Catch a Star 2016. Źródło: ESO





ATHENA — nowy satelita rentgenowski z planem wylotu w 2028 r. Źródło: Javier Garcia Nombela-art-eres.net/Volker Springel(MPA)/IRAP

Jak podglądnąć czarną dziurę wewnątrz Galaktyki?

Gorący Wszechświat w oku ATHENY

Agata Różańska

Prawie połowa obserwowanej materii w Kosmosie występuje w formie rzadkiego, ciepłego gazu, zwanego „fazą gorącą", o temperaturach rzędu milionów kelwinów. Tak rozgrzana plazma jest źródłem niewidzialnego gołym okiem promieniowania rentgenowskiego i tylko za pomocą specjalnych instrumentów możemy ją zbadać. Pierwsze obserwacje w rentgenowskiej dziedzinie widma pokazały naukowcom, że gorący gaz jest wszędzie. Występuje w centralnych obszarach gromad galaktyk, otacza pojedyncze galaktyki i ich aktywne jądra, a co więcej, znajduje się w pobliżu czarnych dziur, czego przykładem jest ta w naszej Galaktyce — SgrA.*

Najbardziej aktualny obraz fazy gorącej wokół centrum Drogi Mlecznej wykonany przy pomocy obecnie działającej misji kosmicznej CHANDRA przedstawia pierwsza fotografia (rys. 1).

Ciepłe obszary międzygalaktyczne popularnie zwane WHIM (z ang. *warm hot intergalactic medium*) stanowią istotną część znanej nam materii, ale nie wiemy, jak doszło do ich powstania. Większość gorącego gazu wypływa ze środków galaktyk w formie zjonizowanych wiatrów, których natury do końca nie rozumiemy. Kluczowe jest zbadanie, jak dochodzi do kumulacji gorącej plazmy w galaktykach, gromadach gwiazd i galaktyk oraz jaki ma ona wpływ na obecny kształt Wszechświata.

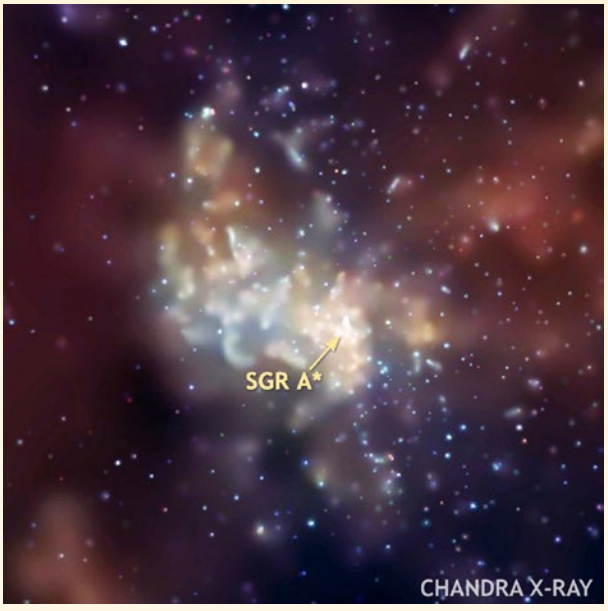
Najsilniej w promieniach rentgenowskich świecą aktywne jądra galaktyk (AGN) i galaktyczne układy podwójne. Obiekty te posiadają dyski akrecyjne, w których gaz opada na centralną masę dzięki wytwarzanemu przez nią silnemu polu grawitacyjnemu (patrz rys. 2). Opadająca materia bardzo często jest rozgrzana do milionów kelwinów, tworząc rodzaj korony nad dyskiem akrecyjnym. Niemniej naukowcy, podobnie jak w przypadku Słońca, nie do końca rozumieją mechanizm grzania tej korony. Zagadnienie rozkładu i kumulacji gorącego gazu w silnym polu grawitacyjnym ma kluczowe znaczenie w rozumieniu ewolu-

cji aktywnych galaktyk i sposobu wzrastania czarnych dziur.

Obserwacje Kosmosu w promieniach rentgenowskich to chyba najbardziej kosztowna działka współczesnej astrofizyki. Fotony o energiach od 0,1 keV do paru setek MeV są całkowicie zatrzymywane przez atmosferę. Toteż aby obejrzeć Wszechświat w promieniach Roentgena, musimy zbudować teleskop satelitarny i wynieść go w przestrzeń kosmiczną. Z tego powodu astronomia rentgenowska miała szansę rozwinąć się dopiero po drugiej wojnie światowej, kiedy to nauczyliśmy się wynosić detektory promieni wysokich energii ponad warstwy atmosfery.

Powojenne rakiety V2 dają początek badanion astronomicznym

A zaczęło się przypadkowo. Tuż po II wojnie światowej Amerykanie weszli w posiadanie niemieckich rakiet V2, które postanowili wykorzystać do badań górnych warstw atmosfery ziemskiej. Na pokładzie takiej rakiety, w 1946 r. Herbert Fridman umieścił licznik Geigera-Müllera, dokonując pierwszej detekcji miękkich promieni rentgenowskich z korony Słońca. Niemniej, jak być może pamiętamy z lekcji fizyki, liczniki proporcjonalne zliczają wpadające do nich fotony oraz mierzą ich energię, ale nie potrafią określić kierunku, z którego one przybyły. Astronomowie od dawna budują teleskopy w celu skupienia wiązki promieniowania, a tym samym zawężenia obszaru z jakiego ono do nas dociera. I tu pojawił się problem, gdyż fotony rentgenowskie o bardzo małej długości fali prawie całkowicie wnikają w materiał i nie można ich skupić za pomocą tradycyjnych, znanych z optyki luster. Aby astronomia rentgenowska dalej się rozwinęła, potrzebne było odkrycie Hansa Woltera. W 1951 r. pokazał on, że promienie X można skupić przy użyciu specjalnie wyprofilowanych luster o paraboliczn-nych i hiperbolicznych powierzchniach. Ułożone jedne w drugich warstwy lustrzane nachylone są pod bardzo małym kątem do osi ogniskowej, tak aby fotony wręcz się po nich ślizgały (patrz rys. 3). Hans Wolter udowodnił, że po dwukrotnym odbiciu udaje się skupić promieniowanie rentgenowskie, ale największą wydajność otrzymujemy dla promieni o energiach do 10 keV.



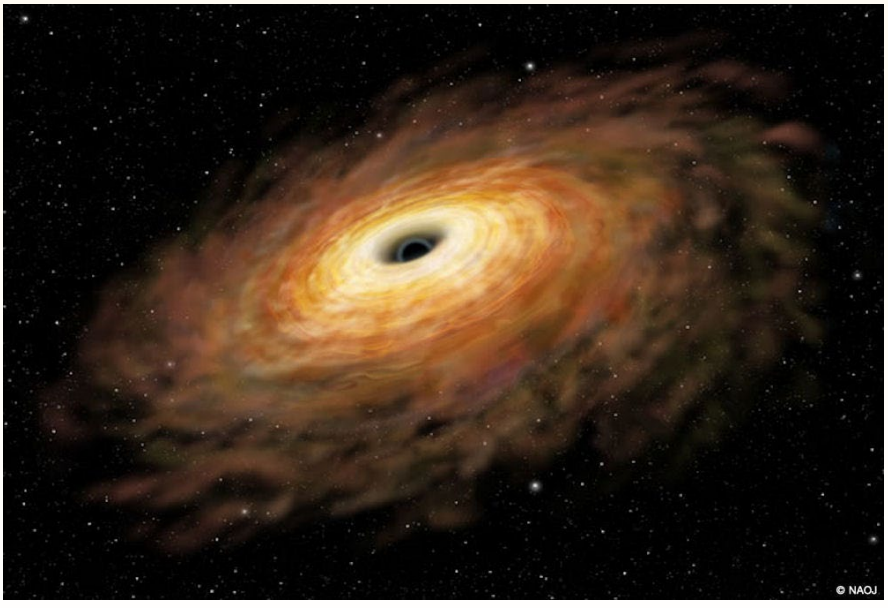
Rys. 1. Centrum naszej Galaktyki w promieniach rentgenowskich. Zdjęcie wykonane teleskopem CHANDRA. Gorący gaz najprawdopodobniej otacza aktywne źródło Sgr A*. Źródło: NASA/CXC/MIT/ Frederick K. Baganoff et al.

Nagroda Nobla za „prześwietlenie" Skorpiona

Kluczową rolę w rozwoju satelitarnych instrumentów rentgenowskich odegrał pracujący w USA Włoch Riccardo Giacconi. Przede wszystkim z wielkim uporem umieszczał on kolejne detektory na coraz to lepszych rakietach, aby zbadać naturę niewidzialnego promieniowania z Kosmosu. W 1962 r. dokonał obserwacji pierwszego źródła rentgenowskiego poza naszym Układem Słonecznym, w konstelacji Scorpius. Za to odkrycie otrzymał nagrodę Nobla, a Scorpius X-1 jest najjaśniejszym, znanym nam źródłem promieni X. Giacconi dzięki swojej niesłychanej intuicji połączył lustra systemu Woltera z licznikiem proporcjonalnym i tym samym zbudował pierwszy teleskop rentgenowski.

W praktyce budowa teleskopu rentgenowskiego od momentu jego pierwszej propozycji naukowej do wylotu w Kosmos trwała około 15 lat. Najpierw naukowcy zastanawiali się, co chcą zbadać. Potem długo dyskutowali z agencjami kosmicznymi, w jaki sposób zbudować urządzenie, które wykona pomiary najdokładniej. Promieniowanie elektromagnetyczne o wysokich energiach trudno jest skupić, a ponadto celem obserwacji było podglądanie bardzo odległych zakątków nieba. Dlatego nieustannie ulepszana jest aż do dzisiaj technologia detekcji promieni rentgenowskich. Celem tych badań jest coraz lepsze zrozumienie tego, jak fale rentgenowskie powstają i jak przemierzają kosmiczną materię.

Nie muszę dodawać, że każde takie urządzenie kosztuje kilkaset milionów euro i cała procedura walki o pieniądze przypomina największe transakcje



Rys. 2. Artystyczny obraz materii opadającej na czarną dziurę w formie dysku akrecyjnego. Temperatura dysku jest największa w jego centralnych obszarach i maleje w miarę oddalania się od czarnej dziury

handlowe. Naukowcy, wbrew swoim introwertycznym przyzwyczajeniom, muszą nagle wyjść ze swoich nisz i przy użyciu najnowszych technik negocjacyjnych powalczyć o wpływy w europejskich i międzynarodowych agencjach kosmicznych. Najskuteczniej pieniądze zdobywają duże konsorcja naukowe konsolidujące pracowników największych światowych instytutów.

ATHENA leci w Kosmos

Przy obecnym rozwoju technologii najlepiej umiemy badać promienie rentgenowskie z bardzo wąskiego przedziału energii od 0,1 do 10 keV, co oznacza, że z największą dokładnością potrafimy określić, z jakiego kierunku do nas dochodzą i o jakim czasie. Obecne detektory pozwalają nam rozdzielić obiekty oddalone od siebie na niebie o 1 sekundę kątową łuku, a pomiaru potrafimy dokonywać dość często, bo co 10 mikrosekund. Ze względu na znakomitą rozdzielczość kątową (1 sekunda łuku), najpiękniejsze fotografie rentgenowskie dostarcza nam obecnie działający satelita CHANDRA (rys. 1, 4 i 5). Zrobił on tyle dla astrofizyki rentgenowskiej, ile teleskop Hubble'a dla Wszechświata widzialnego.

Dzięki ogromnej pracy tysiąca naukowców z całej Europy w listopadzie 2013 r. nowy teleskop rentgenowski ATHENA (The Advence Telescope for Highe ENergy Astrophysics) został zatwierdzony do realizacji przez Europejską Agencję Kosmiczną z planowaną datą wylotu w 2028 r. Wygrał z detektorem fal grawitacyjnych eLISA, który miał konstrukcję jeszcze słabo sprawdzonej formacji latającej. Technologie zaproponowane do skonstruowania ATHENY są bardzo nowoczesne, jednak mniej ryzykowne niż zgranie trzech instrumentów eLISY tworzących trójkąt o długości boku aż jednego miliona kilometrów.

Anatomia ATHENY

Teleskop ATHENA będzie wyposażony w najnowocześniejsze lustra rentgenowskie o bardzo dużym nachyleniu, tak aby fotony rentgenowskie ślizgały się po ich powierzchni. Po dwukrotnym bardzo precyzyjnym odbiciu pod małym kątem takie fotony udaje się skupić i odczytać za pomocą detektorów ich energię, kierunek i czas nadejścia. Jak nigdy wcześniej, lustra te będą wyposażone w mikroskopijne kanaliki, które podziałają jak kolimatory i dodatkowo zogniskują fotony.

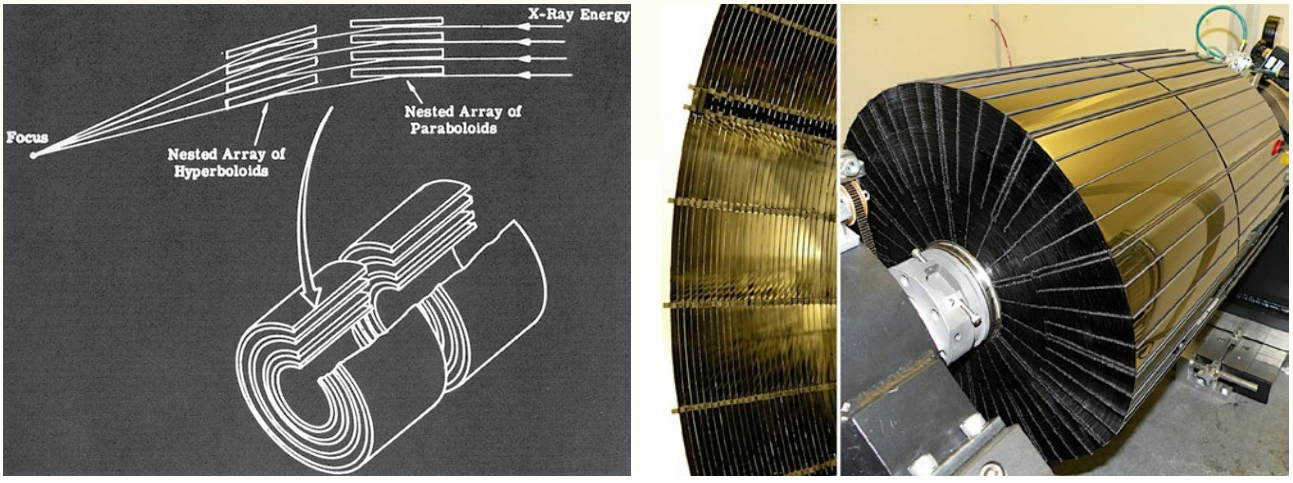
ATHENA będzie posiadała dwa wymiennie stosowane detektory, specjalnie przystosowane do pomiaru tak krótkich fal, jakimi są promienie rentgenowskie. W zależności od potrzeb obserwacyjnych, detektory będą naprzemiennie umieszczane w polu ogniskującym teleskopu. Każdy z nich to taki odpowiednik matrycy CCD złożony z wielu miniaturowych pikseli, przy czym w przypadku promieniowania rentgenowskiego idealna detekcja następuje wtedy, gdy w każdy piksel wpada jeden foton. Większa ilość fotonów X w pojedynczym pikselu nie pozwala nam zmierzyć ich energii i taki pomiar jest automatycznie odrzucany.

X-IFU (X -ray Integral Field Unit) to bardzo nowatorski detektor, w którym pojedynczy piksel działa jak mikrokalorymetr. Prosto rzecz ujmując, każdy piksel matrycy mierzy niesłychanie małą, rzędu milikelwinów, różnicę temperatur wywołaną wysokoenergetycznym fotonem rentgenowskim, który w niego wpada. Takie urządzenie, przetestowane na Ziemi, nigdy jeszcze nie działało w przypadku satelitów rentgenowskich. Cały detektor musi być utrzymywany w bardzo niskiej temperaturze, co wymaga umiejscowienia go w specjalnym kriogenicznym termosie. Mikrokalorymetr zapewni znakomitą rozdzielczość energetyczną ATHENY, pozwoli odczytać energię fotonu z dokładnością do 0,2 procenta. Niemniej będzie miał niezbyt duże pole widzenia — 5 na 5 minut kątowych łuku.

Sześćdziesiąt razy większe pole widzenia zapewni ATHENIE drugi detektor WFI (Wide Field Imager) zbudowany z konwencjonalnych krzemowych pikseli, ale za to z nowoczesną elektroniką zapewniającą ich szybki odczyt. Dzięki technice zwanej APS (Active Pixel Sensor) czas nadejścia fotonu będziemy mierzyli z dokładnością do 7 mikrosekund. To pozwoli zbadać jasne i szybkozmienne obiekty rentgenowskie, których jest bardzo dużo w naszej Galaktyce. Wszystkie pulsary lub układy podwójne z czarnymi dziurami czy gwiazdami neutronowymi są niesłychanie zmienne w skali milisekund i właśnie tę zmienność będziemy mogli pomierzyć z dużą precyzją.

Cele misji ATHENA

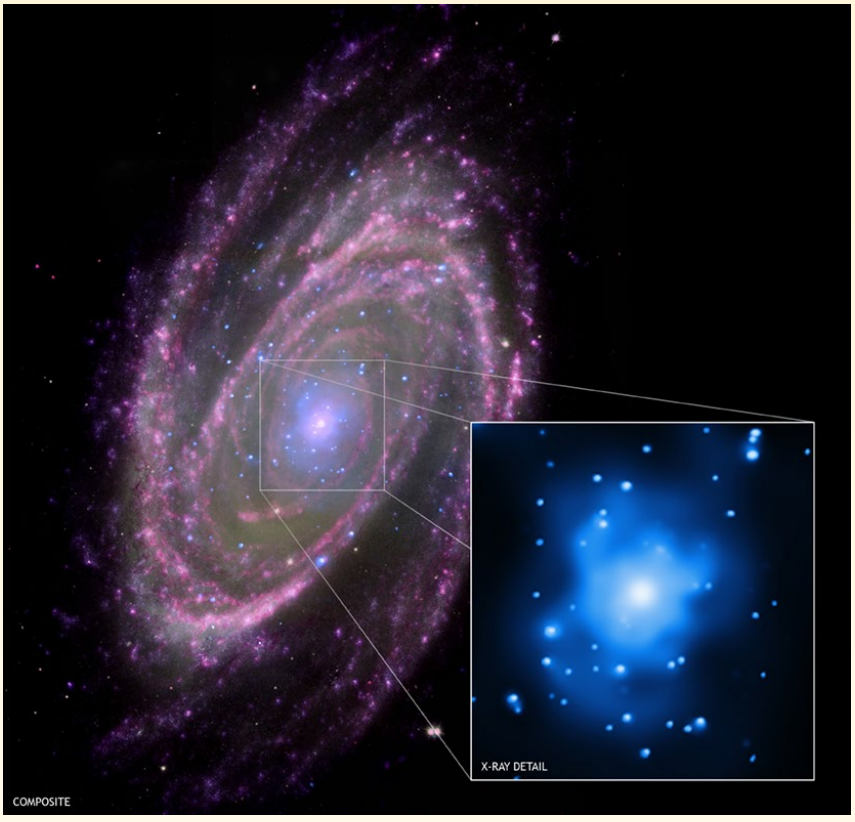
Kombinacja nowatorskich instrumentów na satelicie ATHENA pozwoliła naukowcom sformułować najważniejsze zadania badawcze, które we-



Rys. 3. Po lewej stronie widzimy schemat luster rentgenowskich według Hansa Woltera. Wpadające promieniowanie ślizga się najpierw po module luster o kształcie parabolicznym, a potem po module luster hiperbolicznych. Wolter obliczył, że po podwójnym odbiciu od tak wyprofilowanych warstw udaje się skupić krótkie promienie rentgenowskie. Prawa strona przedstawia system 133 koncentrycznych luster, umieszczony na satelicie NuSTAR, działającym od 2012 r.

dług Europejskiej Agencji Kosmicznej okazały się istotniejsze od detekcji fal grawitacyjnych. Faza gorąca, o temperaturze rzędu 10^{6-8} kelwinów, prawie zawsze towarzyszy dobrze nam znanym strukturom chłodniejszej materii promieniującej w zakresie światła widzialnego. Olbrzymie połacie ciepłej, rzadkiej plazmy wypełniają przestrzeń międzygalaktyczną. Gorący gaz znajduje się w centrach galaktyk normalnych i aktywnych (rys. 4), związany jest grawitacyjnie w gromadach galaktyk oraz wywiewany nieustannie z odległych kwazarów. Nadal nie wiemy, w jaki sposób tak duża ilość gazu nagromadziła tyle energii. I właśnie ten „Gorący Niewidzialny Wszechświat" stał się głównym tematem naukowym ATHENY.

Dzięki obserwacjom rentgenowskim uczeni potrafią ocenić temperaturę, gęstość oraz niejednokrotnie masę gorącej fazy w danym obszarze nieba . Czasami udaje się wyznaczyć prędkość radialną, z jaką porusza się gorący gaz oraz jego odległość od obserwatora. Te parametry fizyczne powiązane z czasem obserwacji dostarczają podstawowych informacji o morfologii i ewolucji obserwowanych obiektów, a co za tym idzie, związanej z nimi chłodniejszej, widzialnej w zakresie optycznym części gazu. Dzięki misji ATHENA dowiemy się więcej o dynamice i rozkładzie materii we Wszechświecie, zrozumiemy, jak rosną supermasywne czarne dziury i jak gorący gaz stabilizuje gromady galaktyk (rys. 5). Zbadamy dokładniej, bardzo



Rys. 4. Galaktyka spiralna M81. Zdjęcie jest połączeniem trzech różnych dziedzin widmowych. Kolor biały oznacza światło widzialne, kolor różowy podczerwień, a niebieski fotony X. W prawym dolnym rogu widać gorący gaz zgromadzony w środku galaktyki tylko w promieniach rentgenowskich. Zdjęcie pochodzi z archiwum satelity CHANDRA

istotny z astrofizycznego punktu widzenia, proces opadania materii na supermasywne czarne dziury, a w szczególności jego związek ze zjawiskiem wypływu gorącego gazu z aktywnych jąder galaktyk (z ang. *galaxy feedback*). Duża czułość teleskopu pozwoli nam zajrzeć dalej w przestrzeń kosmiczną. Jasne obiekty zobaczymy nawet w takich odległościach, że będą miały przesunięcie ku czerwieni 2 do 3 (ang. *redshift*).

Rys. 5. Gromada galaktyk 383 w świetle widzialnym (kolor biały) i w promieniach rentgenowskich (kolor różowy). Gorący gaz wypełnia centrum gromady i na pewno jest z nią związany grawitacyjnie. Zdjęcie wykonano za pomocą teleskopów CHANDRA i HUBBLE

Fabryka promieni rentgenowskich

Odkąd astronomowie obserwują źródła promieniowania rentgenowskiego, nieustannie zastanawiają się, jakie mechanizmy odpowiadają za produkcję promieni X. Najprościej założyć, że ośrodek, w którym powstaje to promieniowanie, jest w równowadze termicznej, czyli promieniuje, tworząc widmo o dobrze nam znanym kształcie krzywej Plancka.

Tak się zdarza, jeśli gaz jest stosunkowo rzadki i nie dochodzi do znacznego wtórnego oddziaływania promieniowania z materią. Niemniej czasami gęstość gazu jest na tyle duża, że promieniowanie rozprasza się na wolnych elektronach lub jest pochłaniane przez jony pierwiastków ciężkich. W obydwu przypadkach powstaje promieniowanie rentgenowskie o charakterystycznym kształcie, który potrafimy teoretycznie obliczyć i który obserwujemy w przypadku omawianych wyżej dysków akrecyjnych.

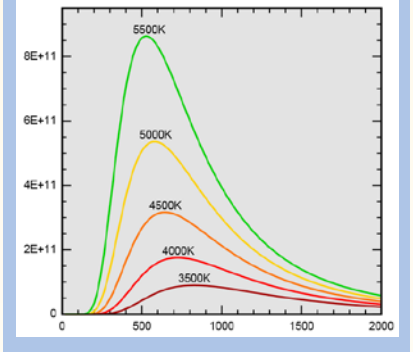
Promieniowanie rentgenowskie głęboko wnika w strukturę atomu. W efekcie jego oddziaływania z materią powstają liczne linie emisyjne lub absorp-

cyjne pochodzące ze zjonizowanych atomów pierwiastków ciężkich. Działające obecnie satelity CHANDRA, XMM-Newton oraz SUZAKU potrafią dostarczyć widm bogatych w charakterystyczne struktury spektroskopowe. Analizując rozmiary i kształty linii w zakresie rentgenowskim, możemy precyzyjnie zbadać zawartość w gazie pierwiastków cięższych od helu oraz zrozumieć ich chemiczną ewolucję.

Sytuacja robi się wyjątkowa, gdy promienie X oświetlają stosunkowo chłodny gaz.

Krzywa Plancka

Każde ciało ogrzane do pewnej temperatury wysyła promieniowanie elektromagnetyczne zwane promieniowaniem termicznym. Wszystkie ciała emitują i pochłaniają takie promieniowanie ze swojego otoczenia. Rozkład widmowy promieniowania termicznego opisuje funkcja zwana krzywą Plancka. Na wykresie mamy krzywe Plancka wyznaczone dla ciał o różnych temperaturach. Widać zależność, że ciała o wyższej temperaturze mają maksimum krzywej Plancka przesunięte w kierunku fal krótszych.



Rozkład Plancka dla różnych temperatur. Moc (kJ/s) promieniowana przez ciało o powierzchni 1 m² do pełnego kąta bryłowego w zakresie długości fal od 0 do 2000 nm. Źródło: Wikimedia Commons

Wówczas wybijają one z atomu elektron położony najbliżej jądra atomowego, oddając mu swoją energię. Powstała dziura niemal automatycznie zapełnia się elektronem z wyższej powłoki, czemu towarzyszy wyświecanie wtórnego promieniowania rentgenowskiego. Powyższe zjawisko, zwane fluorescencją, jest obserwowane w Kosmosie zawsze, gdy mamy do czynienia z silnym źródłem wysokoenergetycznych fotonów oświetlających stosunkowo chłodny gaz.

Przesunięcie ku czerwieni (ang. *redshift*)

Zjawisko polegające na tym, że linie widmowe promieniowania elektromagnetycznego obiektów astronomicznych (gwiazd, galaktyk i innych) są przesunięte w stronę dłuższych fal, czyli mniejszych częstotliwości. Przyczyną tego zjawiska jest efekt Dopplera dla fal elektromagnetycznych. Christian Andreas Doppler jako pierwszy w 1842 r. opisał efekt polegający na zmianie koloru światła pod wpływem ruchu w układzie gwiazd podwójnych. Naukowe badanie efektu po raz pierwszy przeprowadził Christophorus Buys-Ballot w 1845 r. Poprosił on grupę muzyków trębaczy, aby jadąc w pociągu, grali jeden ton. Buys-Ballot zaobserwował, że dźwięk instrumentów jest wyższy, gdy pociąg zbliża się do niego. Kiedy źródło muzyki się oddala, ton staje się niższy. Okazało się, że zmiana wysokości dźwięku dokładnie zgadzała się z przewidywaniami Dopplera. W 1848 r. podobny efekt został zaobserwowany przez Armanda Fizeau dla fal elektromagnetycznych.

Świetlana rentgenowska przyszłość

Teleskop ATHENA planuje obserwować z największą osiąganą precyzją linie pochodzące od wielokrotnie zjonizowanego tlenu, węgla, magnezu i innych metali aż do żelaza oraz linie powstałe w wyniku fluorescencji.

Oprócz możliwości obserwacji dalekiego Wszechświata ATHENA znakomicie będzie się nadawać do badań obiektów bliższych. Powstaną „rentgenowskie zdjęcia" centrum naszej Galaktyki, pozostałości po wybuchach supernowych, pulsarów, rentgenowskich układów podwójnych oraz zjonizowanych wiatrów w gorących gwiazdach. Ponadto, korony młodych gwiazd są silnym źródłem fotonów X. Nawet obiekty chłodne, jak planety i komety w naszym Układzie Słonecznym nie pozostają obojętne na promieniowanie rentgenowskie. Działają one jak tarcze dla fotonów X produkowanych w koronie słonecznej, wyświecając wtórne promieniowanie fluorescencyjne. Takie obiekty również będzie obserwować nowy satelita rentgenowski ATHENA.

Badania gorącego Wszechświata stanowią ważną dziedzinę zainteresowań współczesnej astrofizyki. W projektowaniu i budowie teleskopu ATHENA biorą udział polscy naukowcy i polskie instytuty badawcze. Polscy inżynierowie od lat budują elementy satelitarnych instrumentów astronomicznych. Wysoka ocena ich pracy spowodowała, że zostaliśmy zaproszeni przez naukowców z Instytutu Maxa Plancka do prac nad przygotowaniem systemu wymiany filtrów (z ang. Filter Wheel Assembly) detektora WFI satelity ATHENA. Ponadto, naukowcy z Francuskiej Agencji Kosmicznej powierzyli nam budowę mechanizmu otwierającego instrument X-IFU po wyniesieniu teleskopu na orbitę. To olbrzymia szansa dla polskich naukowców na zdobycie poważnej roli decyzyjnej przy planowaniu obserwacji misji ATHENA oraz bezpośredniego dostępu do ich wyników. Zaangażowanie środowiska naukowego w rozwój misji jest niezbędne, abyśmy byli przygotowani na przyszłe odkrycia. Udział w projekcie ATHENA doskonale wpisuje się w politykę nowo powstałej Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA) i pozytywnie wpłynie na rozwój polskiego przemysłu kosmicznego. Praca powstała przy wsparciu finanoswym grantu siódmego programu ramowego UE (FP7/2007-2013) o numerze umowy No.312789. ■

Agata Różańska, profesor nadzwyczajny w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika PAN w Warszawie. Polska reprezentantka w projekcie ATHENA. Pracując z danymi z rentgenowskich teleskopów satelitarnych, modeluje emisję promieniowania z atmosfer dysków akrecyjnych w aktywnych jądrach galaktyk oraz rentgenowskich układach podwójnych. Od dwóch kadencji jako Skarbnik Polskiego Towarzystwa Astronomicznego dba i zabiega o środki na wydawanie „Uranii".

Planetoidy bliskie Ziemi

Ile jest planetoid, które mogą uderzyć w Ziemię?

Liczba kraterów widocznych na Księżycu jest bardzo duża. Na Ziemi widać ich dużo mniej, na skutek m.in. procesów erozji. Ale ciągle mogą powstawać nowe, bowiem w naszą planetę mogą potencjalnie uderzać tzw. planetoidy z grupy NEO (obiekty zbliżające się do Ziemi). Jak oszacować ich liczbę i jakie są naturalne mechanizmy, które w pewnym stopniu chronią naszą planetę przed zbyt intensywnym bombardowaniem z kosmosu?

Planetoidy są niezbyt okazałymi ciałami. W latach siedemdziesiątych mówiło się, że to ciała o średnicy większej od kilometra, ale z czasem granica wyraźnie malała i obecnie nawet ciała kilkumetrowe określa się czasem jako planetoidy. Dotyczy to zwłaszcza tzw. NEO (*Near Earth Objects*), czyli planetoid zbliżających się do Ziemi. Oczywiście zainteresowanie tymi ciałami i ich „awansowanie" na planetoidy wynika w znacznej mierze z możliwości zderzeń z Ziemią. Ponieważ zderzenie z kilkumetrowym ciałem wydaje się już poważne, więc nawet takie ciała zaczęto od pewnego czasu klasyfikować jako planetoidy.

Obawy dotyczące zderzeń wydawały się bardzo poważne. Wystarczy popatrzeć na Księżyc, by zauważyć, że jest cały pokryty kraterami będącymi pozostałościami po zderzeniach (kraterami impaktowymi). Tym samym i Ziemia musiała doznawać takich zderzeń. Jednak na Ziemi takie kratery nie są łatwe do znalezienia. Erozja szybko je niszczy, a woda i roślinność ukrywa przed ludzkim okiem. Pamiętam, jak będąc na Saaremie (wyspa w Estonii), oglądałem krater impaktowy. Zrobił na mnie ogromne wrażenie: o średnicy rzędu 100 m, jednak głęboki na kilkadziesiąt metrów, ze sporym i pełnym ryb jeziorkiem na dnie. Po prostu piękny. I pewnie pozostałbym pod jego wrażeniem, gdybym nie zwiedził pobliskiego muzeum. Ze znajdującej się w nim ekspozycji dowiedziałem się, że kilkadziesiąt lat temu wcale tak nie wyglądał. Okazało się, że po stwierdzeniu impaktu postanowiono „przywrócić miejscu pierwotny wygląd", czyli mówiąc prosto: krater wykopano, a żeby nie wozić ziemi, dookoła usypano, skądinąd bardzo fotogeniczny, wał. Na zdjęciach sprzed „rewitalizacji" widać, że ziemia w miejscu obecnego krateru była prawie zupełnie płaska. Tak jest na Ziemi prawie wszędzie. By stwierdzić istnienie krateru, wymagane są badania geologiczne, dość często polegające na analizie fal sejsmicznych. Te ostatnie w dużej mierze nie zależą od stanu powierzchni i czasem odkrywa się dość niespodziewane rzeczy. Np. kilka lat temu (lub kilkanaście? — nie odnalazłem w swoich archiwach odpowiedniego artykułu, choć jestem przekonany, że było to *Nature* lub *Science*) — przy okazji poszukiwań ropy odkryto bardzo dobrze zachowany wielopierścieniowy krater impaktowy w pobliżu Leith (obecnie przedmieście Edynburga). Nie zobaczymy go jednak — jest pod powierzchnią morza i na dodatek całkowicie przykryty osadami. Nie dowiedzielibyśmy się o nim, gdyby nie badania sejsmiczne związane z poszukiwaniem ropy.

W sumie o kraterach impaktowych na Ziemi wiemy niewiele.

Jezioro wypełniające centralną część głównego spośród kilku kraterów meteorytowych na wyspie Saaremaa w Estonii. Zdjęcie było wykonane mniej więcej z połowy wysokości zbocza, w rzeczywistości krater jest dużo głębszy niż się wydaje na fotografii. Fot.: Kaspars Priede (Prusux) / Wikipedia

Radarowy obraz planetoidy 4179 Toutatis, należącej do najgroźniejszej podgrupy planetoid bliskich Ziemi. Fot. Steve Ostro / JPL

Być może niedługo dowiemy się nieco więcej, bo pod koniec marca zostało zaplanowane rozpoczęcie wiercenia w miejscu, gdzie znajduje się krater Chicxulub, czyli, jak się sądzi, krater będący pozostałością po zderzeniu, które spowodowało zagładę dinozaurów (E. Hand, *Science* 351, s. 1015). Zadanie wydaje się ambitne. Krater znajduje się pod powierzchnią Zatoki Meksykańskiej i w miejscu projektowanego wiercenia głębokość morza wynosi 17 m. Wiercenie będzie rzeczywiście głębokie. Projektuje się osiągnięcie co najmniej 800, a może nawet 1500 m, co daje wyobrażenie o głębokości wybitego przez planetoidę krateru. Prowadzący badania spodziewają się, że osiągną oryginalne dno krateru — fragmenty pokruszonego i stopionego w wyniku impaktu granitu, na głębokości między 650 a 800 m. Badania wydobytych rdzeni z płytszych niż ta głębokości powinny dać odpowiedź, jak życie wracało w miejscu katastrofy. Badania głębszych rdzeni powinny rzucić światło na to, jak zderzenie wpłynęło na głębsze warstwy Ziemi. Czy dowiemy się czegoś rewelacyjnego? Może, choć pewnie na wyniki będzie trzeba sporo poczekać.

Jednak znacznie ważniejsza od minionych zdarzeń wydaje się ocena tego, co może zdarzyć się w przyszłości. Inaczej mówiąc, ile jest planetoid typu NEO i jakie są ich rozmiary. Idea takich badań wydaje się raczej oczywista. Z jednej strony trzeba poszukać odpowiednio dużej ilości NEO, a następnie dzięki uzyskanej próbce, korzystając z wiedzy o ewolucji orbit i analizy statystycznej, oszacować, ilu planetoid i o jakich rozmiarach należy się spodziewać w pobliżu Ziemi. Pierwszą (znaną autorowi) taką pracę opublikowano kilkanaście lat temu w *Science* (W.F. Botte i in., *Science* 288 (2000), s. 2190). Jednak wówczas próbka nie była zbyt wielka. Wnioski też nie były zbyt precyzyjne. Wiadomo, że ewolucja orbit planetoid z pasa głównego często prowadzi do zbliżania się planetoid do Słońca (systematyczne zmniejszanie się peryhelium), a tym samym do przecinania orbity Ziemi. Według tych rachunków powinno być sporo planetoid o mimośrodzie bliskim jedynce i ewolucja orbity często powinna się kończyć zderzeniem ze Słońcem. Ciągły dopływ nowych ciał powinien jednak skutkować w przybliżeniu stałą ilością NEO. 18 lutego 2016 r. w *Nature* ukazał się artykuł na identyczny temat (*Nature*, 530, s. 303), napisany przez dziewięciu autorów z czołówki badań dotyczących planetoid; przy czym trzech z nich: Morbidelli, Jedicke i Bottke sygnowało również tekst z roku 2000. Tym razem autorzy korzystali z dość długiej serii obserwacji obejmujących okres od 2005 do 2012 r., z użyciem dwu, wprawdzie niezbyt wielkich, teleskopów. Przy pomocy 1,5-m teleskopu Mt. Lemmon poszukiwano planetoid w okolicach ekliptyki. Drugi mniejszy, bo 80-cm, teleskop Catalina poszukiwał ciał w nieco większym obszarze nieba. Oczywiście większym teleskopem można było znaleźć słabsze, a więc mniejsze ciała. W sumie odkryto 3632 różne obiekty o jasności absolutnej między 17 a 25 mag*. A więc statystyka jest już spora.

Dzięki temu można było spróbować oszacować metodami statystycznymi, ile tak w ogóle istnieje planetoid typu NEO. Inaczej mówiąc, spróbowano do tych danych dopasować odpowiednie modele, dodajmy, że metodami zbliżonymi do tych z pracy z roku dwutysięcznego. Okazało się jednak, że najwyraźniej coś się nie zgadza — modele przewidują więcej planetoid o małym peryhelium niż jest w posiadanej próbce. Założono więc, że planetoidy ulegają rozpadowi (są eliminowane z populacji) po osiągnięciu orbity o krytycznej wartości peryhelium. I, jak twierdzą autorzy pracy, przy takim założeniu odniesiono sukces. Okazało się, że najlepiej zmierzoną próbkę odtwarza założenie, że krytyczne peryhelium wynosi około 0,0760 au, czyli 16 ±0,5 promieni Słońca. Za poprawnością modelu przemawia również fakt, że model poprawnie odtwarza względne ilości dobrze zbadanych rodzin planetoid (rodziny Amora, Apolla i Ateny). Przy wspomnianych wyżej założeniach należy się spodziewać istnienia 700 tysięcy planetoid typu NEO o jasności z zakresu między 17 a 25 magnitudo, a dokładniej: $(7{,}32\pm1{,}33)\cdot10^5$ planetoid. Około tysiąca z nich powinno mieć jasność absolutną mniejszą od 17,75. Warto spróbować przeliczyć jasności absolutne na średnice. Zakładając albedo około 0,15, otrzymujemy, że planetoida o jasności absolutnej 18 ma średnicę około kilometra, a 100 metrom odpowiada magnitudo absolutne 22–23. Jak z tego widać, grozi nam blisko milion ciał, z czego jednak naprawdę niebezpiecznych, stwarzających zagrożenie na skalę całej kuli ziemskiej, jest jedynie kilka tysięcy. Z jednej strony sporo, a z drugiej, biorąc pod uwagę dość szybki postęp badań, jest szansa na odnalezienie i śledzenie prawie wszystkich tych naprawdę niebezpiecznych ciał.

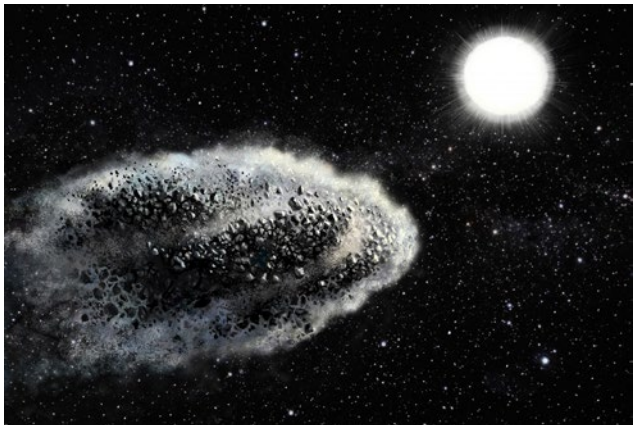
Pozostaje problem, co mogłoby powodować rozpad planetoid w stosunkowo sporej, bo wynoszącej przeszło 10 mln km, odległości od powierzchni Słońca. W tej odległości temperatura powierzchni zwróconej do Słońca wyniesie około 1000 kelwinów. Oczywiście w zależności od albedo. Jednak nawet dla tych bardzo ciemnych temperatura jest zbyt mała (właśnie wtedy sięga ona wspomnianego tysiąca kelwinów), by odparować kamienne ciała. Pozostaje więc próbować znaleźć mechanizmy, które mogłyby powodować rozpad planetoid w tych temperaturach. Autorzy wyliczają trzy takie mechanizmy. Po pierwsze, w wyniku zjawiska YORP („rozkręcanie" planetoidy w wyniku ogrzewania w części dziennej a chłodzenia w części nocnej planetoidy) planetoida może zostać rozerwana na skutek szybkiego obrotu — wzrostu siły odśrodkowej do wartości przekraczającej siły spójności. Po drugie, zawarte wewnątrz ciała lotne (sublimujące) gazy mogą rozerwać planetoidę. Obydwa mechanizmy nie wydają się zbyt przekonujące. Siły spójności dla ciał kamiennych są jednak spore i trudno przypuścić, by zjawisko YORP było w stanie aż tak rozkręcić planetoidę. Warto przypomnieć, że dla planetoid związanych tylko siłami grawitacji (nie połączonych siłami spójności) graniczny okres wynosi $T = (3\pi/G\rho)^{-1/2}$, czyli dla rozsądnych wartości gęstości ρ trochę poniżej trzech godzin. Ze względu na szybkie obroty omawianych ciał, „fale temperatury" prawdopodobnie nie sięgają głębiej niż kilkadziesiąt centymetrów w głąb ich wnętrza. Stąd wybuchy są mało prawdopodobne. Jeżeli nawet średnia temperatura wnętrza powoduje sublimację zawartych w planetoidzie lodów, zachodzi to raczej wolno i ucieczka gazów przez szczeliny powinna zredukować ciśnienie do wartości nie grożącej wybuchem powodującym całkowitą destrukcję ciała. Dlatego sugerowanym przez autorów mechanizmem rozpadu planetoid osiągających graniczną wartość aphelium jest kruszenie się powierzchni pod wpływem różnic temperatury. Konkretnie autorzy powołują się na pracę z kwietnia 2014 r. (*Nature* 508, kwiecień 2014, s. 233) relacjonującą badania laboratoryjne polegające na cyklicznym wygrzewaniu i chłodzeniu niewielkich, bo około centymetrowych, fragmentów meteorytów. Meteoryty poddawano różnicy temperatur około 190 K w okresie do 2,2 godzin, co odpowiada z grubsza warunkom na planetoidzie około 0,7 au od Słońca. Wykonano kilkaset cykli grzania i chłodzenia. Okazało się, że pierwotne szczeliny w tych warunkach powiększają się około 0,5 mm na rok. Inaczej mówiąc, kamyk o średnicy centymetra rozpadnie się po 20 latach. Odpowiednio bliżej Słońca zjawisko będzie szybsze, choć nie wiadomo jak szybkie — nieliniowości zjawiska powodują, że eksperyment laboratoryjny z drobnymi odłamkami meteorytów trudno ekstrapolować na duże ciała i na dużo wyższe różnice temperatur pojawiające się w odległości krytycznej od Słońca. Wyższych różnic temperatur z powodów technicznych w warunkach laboratoryjnych nie dało się uzyskać. Tym niemniej wydaje się, że w miarę szybko powierzchnia ciała znajdującego się w krytycznej odległości od Słońca ulegnie spękaniu na małe kamienie (regolit), a te z kolei na pył. Tak więc najbardziej prawdopodobny wydaje się mechanizm polegający na kruszeniu się powierzchni (wytwarzanie regolitu), a następnie ucieczce drobnych kamieni i pyłu w przestrzeń. To ostatnie być może przy współudziale szybkich obrotów i mechanizmu YORP. Autorzy pracy sugerują, że rozpad całej planetoidy może zajść w ciągu około 250 lat. Tak więc wydaje się, że znaleziono mechanizm usuwający z populacji planetoidy zbliżające się na podaną wyżej krytyczną odległość od Słońca. Autorzy pracy uważają, że okres przebywania typowej planetoidy w sytuacji, gdy można ją określać jako NEO, wynosi kilka milionów lat — w ciągu tego okresu peryhelium osiągnie wartość krytyczną i planetoida ulegnie rozpadowi.

Podsumowując problem i wracając do początkowego pytania o niebezpieczeństwo grożące ze strony planetoid, wydaje się, że jest dużo mniejsze niż dotychczas myślano. Wprawdzie z głównego pasa planetoid przybywają do nas coraz to nowe ciała, jednak prawdopodobieństwo trafienia w Ziemię jest niewielkie, a przebywające w naszym pobliżu NEO stosunkowo szybko są niszczone przez siły natury. Pojawia się jednak dość niespodziewana własność Układu Słonecznego. Jak się wydaje, jego ewolucja wcale się nie skończyła i może nie bardzo gwałtownie, a jednak coś się na naszym kosmicznym podwórku ciągle dzieje.

Jerzy Kuczyński

Near Earth Object (NEO)

Ciała zaliczane do kategorii NEO to niewielkie obiekty Układu Słonecznego, których orbity przebiegają w pobliżu Ziemi. Mogą to być planetoidy oraz komety. Dodatkowo według definicji obiekty te powinny docierać na odległość mniejszą niż 1,3 au od Słońca i mieć okresy obiegu nie dłuższe niż 200 lat. Ten drugi warunek ma eliminować komety długookresowe. Wśród wszystkich „obiektów zbliżających się do Ziemi" wyróżnia się też podgrupę „potencjalnie niebezpiecznych planetoid", oznaczając ją jako PHA (od ang. *Potentially Hazardous Asteriod*). Planetoidy PHA to takie, które przelatują koło Ziemi w odległości mniejszej niż 0,05 au i mają jasność absolutną 22 mag lub są jaśniejsze.



Artystyczna wizja dezintegracji planetoidy na skutek wielu zbliżeń do Słońca. Rys. Lauri Voutilainen / University of Helsinki

* Oczywiście jasność absolutna według definicji używanej w tej dziedzinie, czyli jasność, jaką miałoby ciało w odległości 1 au od Słońca i Ziemi.

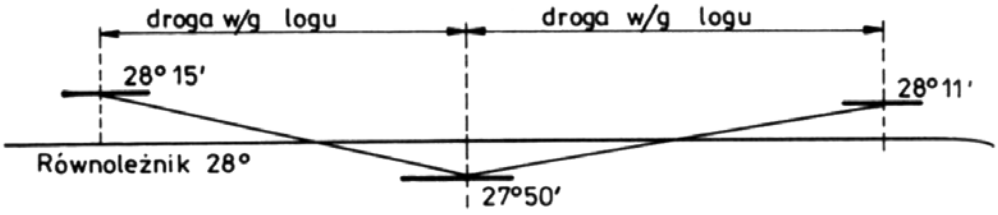
Sekstant: istotny wzrost dokładności

Józef Gawłowicz

Astronawigacja, najstarsza córa astronomii, była od starożytności do lat 70. ubiegłego wieku głównym sposobem prowadzenia okrętu po obszarach wodnych Ziemi w warunkach oderwania się od lądu. Sceneria tego działu nawigacji jest urzekająca. Oto ciemny aksamit olbrzymiej kopuły nieba skrzącego się gwiezdnym pyłem. Na jego tle rozsypane klejnoty migocących w nieskończonej dali gwiazd. Dookoła bezmiar oceanu i pusta linia widnokręgu. Samotny okręt, odległy o setki i tysiące mil od lądu, podąża do celu. Prowadzi go człowiek według tych właśnie gwiazd... Jak? Czy można to opisać językiem prostym, zrozumiałym i jednocześnie wystarczająco ścisłym?

Przykłady omówione w dwu poprzednich odcinkach nazwano metodą szerokościową — nawigator nie znał swojej długości geograficznej, ale według Gwiazdy Polarnej lub kulminacji Słońca mógł określić szerokość geograficzną, na której znalazł się jego okręt. Tę metodę stosowano w epoce Wielkich Odkryć Geograficznych. Wyprawa Kolumba jest przykładem osiągnięcia wielkiego celu przy zastosowaniu skromnych środków. Mając niedokładne instrumenty nawigacyjne, ale duże doświadczenie żeglarskie i wiedzę oraz notatki zbierane przez całe dojrzałe życie, Kolumb, wyruszając na pokonanie Atlantyku, stworzył pierwszy w historii system **nawigacji oceanicznej**. Wyruszył 3 sierpnia 1492 r. z Hiszpanii trzema karawelami najpierw na Wyspy Kanaryjskie, skąd po dokonaniu w ciągu miesiąca remontów i zmianie ożaglowania eskadra ruszyła z wyspy Gomera na tzw. „Morze Ciemności", trzymając się 28 równoleżnika, co pokazuje schematycznie rysunek 1. Kolumb kazał sterować kursem 270°, tj. na zachód, i określał szerokość geograficzną w południe ze Słońca oraz o świcie i zmierzchu z Gwiazdy Polarnej. Jeśli szerokość była większa, poprawiał kurs kilka stopni w lewo, czyli bardziej na południe, jeśli mniejsza — bardziej na północ. Jednak na sześciu mapach morskich wielkiego Genueńczyka wyrysowanych na baranich skórach brak było jeszcze siatki współrzędnych geograficznych.

Dobowe przebiegi Kolumb pomniejszał w dzienniku okrętowym, co mogło świadczyć, że znał w przybliżeniu faktyczną drogę, jaką jego statki miały do przebycia, a zabezpieczało go przed buntem załogi, która chciała zawrócić. Kolumb musiał posiadać wiedzę o pasatach oraz o tym, że warunki żeglugi na tych szerokościach są dogodne. Po 34 dniach żeglugi odkryto pierwszy ląd, tj. jedną z Wysp Bahama, a później Kubę i Haiti.



Rys. 1. Trasa Kolumba

Przed odkryciem Ameryki Kolumb bardzo dużo żeglował, zbierał mapy oraz informacje nawigacyjne i zdobył duże doświadczenie. Posługiwał się dobrą mapą kartografa Toskanellego, do mierzenia prędkości używał logu burtowego, a do głębokości sondy z ciężarkiem na sznurku. Wiemy, że rozwój ważnej pomocy nawigacyjnej, jaką były locje, odbywał się w średniowieczu bardzo powoli i w sposób przypadkowy. Dopiero w okresie renesansu w portugalskim Sagres oraz w hiszpańskiej Barcelonie zajęto się locjami w sposób systematyczny. Przed podróżą Kolumba została wydana w roku 1490 locja pt. „Portolano Rizo" oraz pierwsze **almanachy**, pierwowzory dzisiejszych roczników astronomicznych używanych w astronawigacji.

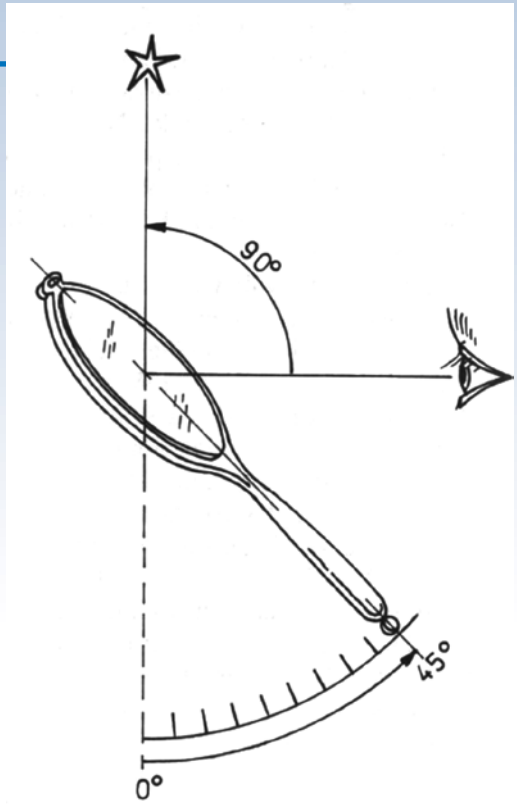
Przełom XV i XVI w. jest okresem silnej rywalizacji Portugalii i Hiszpanii. Kolumb swoich doświadczeń nie przekazał, ale dopłynąwszy i powróciwszy szczęśliwie z Morza Karaibskiego, udowodnił innym, że takie podróże są możliwe przy ówczesnym poziomie nawigacji.

Czterech wielkich żeglarzy końca XV w: Kolumba, Da Gamę, Diaza i Cabrala można nazwać nie tylko wielkimi odkrywcami, ale i wielkimi nawigatorami, gdyż każdy z nich miał znaczące sukcesy w żegludze zarówno przybrzeżnej, jak i oceanicznej. Wielkim nawigatorem początku XVI w. był z kolei Magellan. Niestety wszyscy ówcześni nawigatorzy borykali się z małą dokładnością pomiarów jeszcze przez dwa wieki, do czasu wynalezienia kątomierza lusterkowego.

Drogę rozwojową kątomierzy lusterkowych zapoczątkował londyński fizyk i matematyk, członek Royal Society Robert Hooke w roku 1666, ale nie doprowadził jej do końca. Opierając się na znanej zasadzie równości kątów padania i odbicia od lustrzanej powierzchni był już na dobrym tropie (rys. 2). Jeśli obserwator trzymałby je pionowo, widziałby w nim własną twarz. Na rysunku płaszczyzna lusterka odchylona jest od pionu o 45^{o} , a obserwator widzi gwiazdę znajdującą się w zenicie. Gdyby lusterko zamocować na osi, to jego rączka, przesuwając się po wyskalowanym łuku, wskaże nam zawsze kąt dwa razy mniejszy od wysokości gwiazdy.

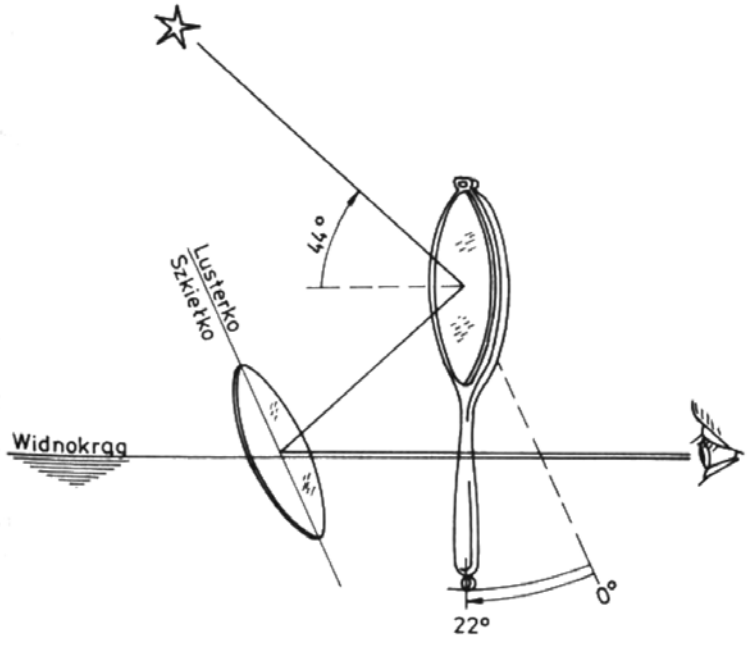
Podstawowym niedomaganiem takiego kątomierza jest możliwość mierzenia wysokości gwiazd znajdujących się wyłącznie za obserwatorem, przy czym gwiazdy znajdujące się nisko nad widnokręgiem będzie on zasłaniał swoją głową. Niedogodność tę usunął Izaak Newton, który w 1699 r. wynalazł kątomierz z dwoma lusterkami taki, że można mierzyć nim wysokość ciał niebieskich znajdujących się przed obserwatorem (rys. 3). Opis tego wynalazku został przetrzymany w biurku do roku 1731 przez astronoma Edmunda Halleya, prezydenta londyńskiego Royal Society — a więc ponad trzydzieści lat!

Ponieważ poszukiwania nowego, dokładniejszego kątomierza morskiego prowadziło równocześnie wiele osób, wynalazek o nazwie sekstant zgłosił do tejże instytucji w roku 1730 Amerykanin Thomas Godfrey, pracujący w Filadelfii jako szklarz (zawód szklarza miał wówczas wysoki status społeczny i wymagał znajomości optyki). Wynalazek Godfreya został jednak rozpatrzony dopiero w roku 1733 razem z oktantem, zgłoszonym w roku 1731 przez wiceprezydenta Royal Society Johna Hadleya.



Rys. 2. Zasada zagęszczenia skali

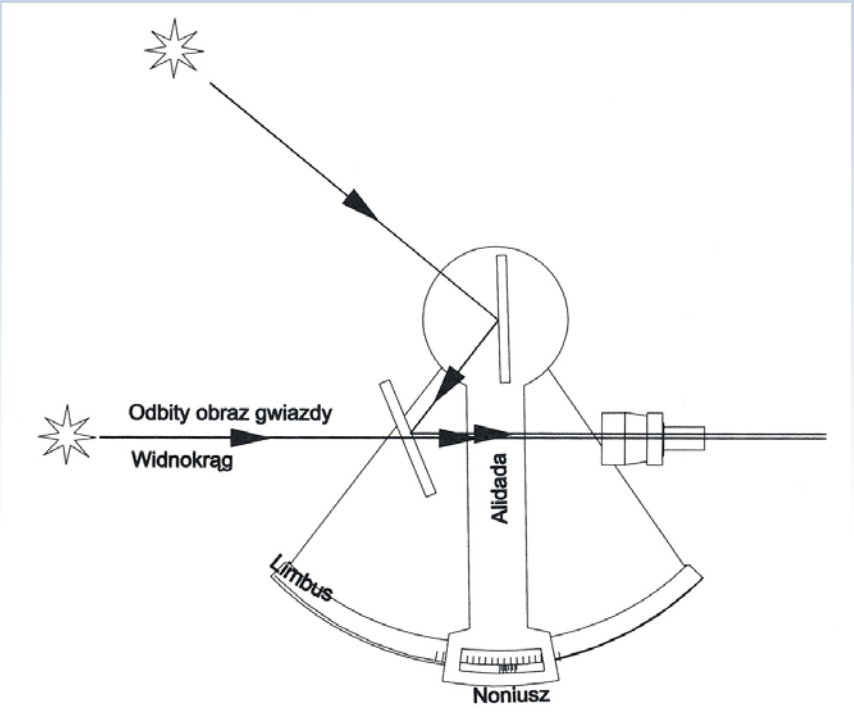
Na rysunku 3 przedstawiono ideę kątomierza Newtonowskiego z dwoma lusterkami — ozdobne lusterko z rączką ma powierzchnię odbijającą tak ustawioną, że odbija się od niej promień biegnący od gwiazdy znajdującej się przed obserwatorem, toteż na jego drodze musi być ustawione jeszcze jedno lusterko, aby promień odbity po raz drugi wpadł następnie do oka obserwatora. To drugie nieruchome lusterko jest jeszcze dodatkowo podzielone pio-



Rys. 3. Idea sekstantu

nowo na połowy, z których jedna jest lusterkiem, a druga przezroczystym szkiełkiem. To rozwiązanie pozwala nawigatorowi widzieć w połówce lustrzanej odbity obraz gwiazdy i równocześnie w połówce przezroczystej poziomą linię widnokręgu. Wtedy właśnie, gdy ta linia oddzielająca ciemniejszą wodę od jasnego nieba zostanie „dotknięta" przez obraz gwiazdy, rączka lusterka ruchomego wskazuje jej wysokość, z tym że odchylenie o 22° od położenia zerowego odpowiada wysokości gwiazdy wynoszącej 44°, a więc dla wygody należy skalować podziałkę od razu w podwójnym zagęszczeniu. Nazwa sekstant pochodzi od liczebnika łacińskiego — instrument sporządzony przez Godfreya pozwalał mierzyć kąty od 0° do 120°, a więc łuk, na którym była podziałka, wynosił 60°, co jest szóstą częścią koła. Kątomierz Hadleya miał łuk wynoszący ósmą część koła, stąd nazwa oktant — dziś każdy z tych instrumentów nazywany jest umownie **sekstantem**. Zasada działania oktanu i sekstantu jest identyczna.

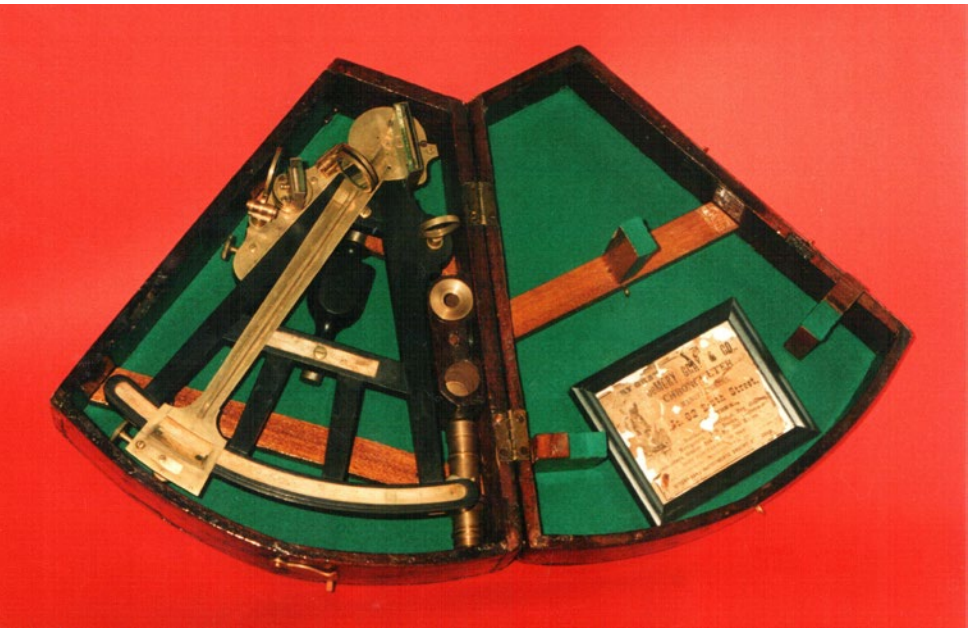
Próby przeprowadzone na otwartym morzu z użyciem sekstantu wykazały, że można nim mierzyć kąty z dokładnością daleko większą od wymaganej, gdyż promień światła jest linią nieskończenie cienką, to znaczy nie ma grubości, a więc odbity od gładzi lusterka daje idealny dla nawigacji pomiar wzniesienia ciała niebieskiego nad widnokręgiem. Rysunek 4 przedstawia uproszczony obraz sekstantu. Lusterka przedstawione są jako krawędzie, a lunetka obserwacyjna skierowana jest na lusterko nieruchome, podzielone na część odbijającą i przezroczystą. Podstawa ramy nazywa się limbusem i zawiera podziałkę. U szczytu znajduje się oś obrotu ramienia ruchomego nazywanego alidadą, której drugi koniec ślizgający się po limbusie ma wycięte okienko z podziałką nazywane w Polsce błędnie noniuszem (prawidłowa nazwa: vernier).



Rys. 4. Schemat sekstantu

Wynalezienie sekstantu jest dla nawigacji bardzo doniosłe — stworzono instrument, za pomocą którego można określać podczas dobrych warunków pozycję przez cały dzień ze Słońca, a o świcie i zmierzchu z gwiazd. Przyrząd był prosty i miał nieskomplikowaną budowę, czyli mógł być produkowany w małych warsztatach.

Z czasem zamiast noniusza zamontowano bębenek śruby mikrometrycznej z 60 minutami kątowymi na obwodzie — pełen obrót bębenka przesuwał po limbusie ramię z lusterkiem ruchomym o jeden stopień. Pierwsze oktanty i sekstanty miały ramę z hebanu, zaś alidadę i mocowania lusterek oraz lunetki z mosiądzu. Dzisiejsze sekstanty wykonane są całkowicie ze stopów metalowych (ewentualnie najtańsze z plastiku). Hebanowe sekstanty są pożądane przez muzea morskie i prywatnych kolekcjonerów. Przywiozłem w swoim czasie z USA dla szczecińskiego muzeum jeden z najsławniejszych hebanowych sekstantów (rys. 5) — instrument uratowany z pożaru żaglowca „Great Republic". Zachowała się także jego drewniana skrzynia o kolorze skrzypiec oraz certyfikat częściowo nadgryziony przez szczury. Okoliczności jego pozyskania opisałem w książce „Opowieści nawigacyjne". ■



Rys. 5. Hebanowy sekstant z żaglowca „Great Republic"

Odkryto planetę w gromadzie Hiady

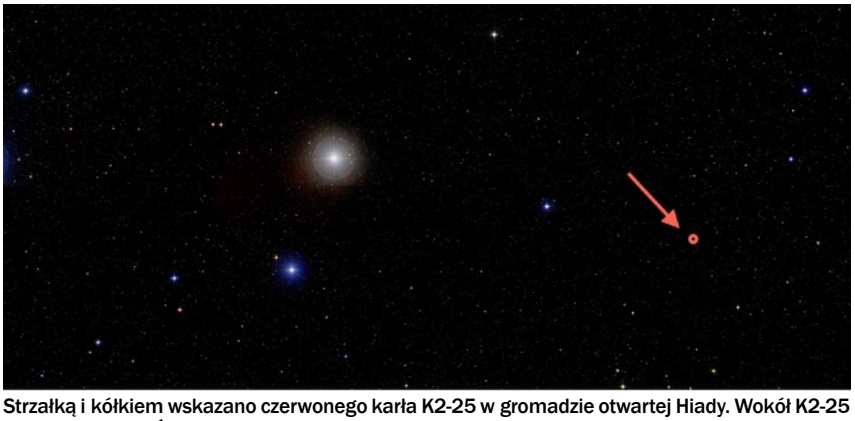
Grupa amerykańskich astronomów odkryła nieznaną planetę w pobliżu jednej z gwiazd w gromadzie otwartej Hiady. Do odkrycia planety K2-25 b użyto kosmicznego teleskopu Keplera oraz naziemnego teleskopu z McDonald Observatory. Przy znalezieniu planety pomogli miłośnicy astronomii.

Planeta K2-25 b okrąża czerwonego karła typu M4.5, czyli gwiazdę mniejszą i słabszą niż Słońce. Czerwone karły należą do najpowszechniej spotykanych gwiazd w Drodze Mlecznej. Gwiazdy gromady otwartej Hiady są młode, mogą mieć 650–800 mln lat, zatem planeta także musi być młodym obiektem.

Nowa planeta ma rozmiary czterokrotnie większe niż Ziemia, czyli mniej więcej takie jak Neptun. Naukowcy wskazują, że w porównaniu do innych znanych planet okrążających czerwone karły są to bardzo duże rozmiary, gdyż większość tego typu obiektów ma mniej niż dwie średnice Ziemi. Dokładne rozmiary promienia planety to 3,43 promienia Ziemi (z błędem +0,95/-0,31 promienia Ziemi). Okres obiegu dookoła gwiazdy wynosi 1,88 dnia.

Historia odkrycia planety jest bardzo ciekawa i pokazuje, że miłośnicy astronomii także mogą odnosić sukcesy na tym polu. Dwaj amatorzy astronomii, Thomas Jacobs i Daryll LaCourse, znaleźli kandydatkę na planetę w publicznie dostępnych danych K2 z rozszerzonej części misji Kepler. Skontaktowali się z Andrew Mannem, astronomem pracującym na University of Texas, który przeprowadził obserwacje czerwonego karła za pomocą 2,7-m teleskopu w McDonald Observatory. Przy użyciu technik uzyskiwania obrazów w ramach optyki adaptatywnej oraz spektroskopii wysokiej rozdzielczości udało się potwierdzić, że nie jest to układ podwójny gwiazd, a zaćmienia na krzywej blasku powodowane są przez planetę.

Krzysztof Czart



Strzałką i kółkiem wskazano czerwonego karła K2-25 w gromadzie otwartej Hiady. Wokół K2-25 odkryto planetę. Źródło: A. Mann/McDonald Obs./DSS

Instalacja segmentu zwierciadła dla teleskopu JWST za pomocą automatycznego wysięgnika. Źródło: NASA/Chris Gunn

Zamontowano ostatni segment zwierciadła głównego teleskopu JWST

NASA zamontowała ostatni z 18 segmentów zwierciadła dla Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba, który ma być następcą słynnego Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Poszczególne segmenty zwierciadła zostały zamontowane na głównej strukturze teleskopu. Jeden segment ma rozmiary 1,3 m, wagę około 40 kg i kształt sześciokąta. Połączone będą teleskopem o średnicy 6,5 m. Montaż pierwszego z segmentów nastąpił w listopadzie 2015 r., a ostatni założono 3 lutego 2016 r.

Oczywiście to jeszcze nie koniec prac montażowych przy teleskopie, trzeba jeszcze zamontować inne elementy optyczne, np. lustro wtórne. Potem inżynierów i techników czeka dokładne testowanie wszystkich elementów. Prace w hali montażowej można śledzić za pomocą kamery internetowej, którą udostępnia NASA. Obraz widać na stronie http://www.jwst.nasa.gov/webcam.html.

Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba, czyli w skrócie JWST (skrót od angielskiej nazwy James Webb Space Telescope), jest przedstawiany przez NASA i media jako następca Teleskopu Hubble'a. Będzie jednak miał nieco inny zakres długości fal w trakcie obserwacji - od widzialnego do średniej podczerwieni, podczas gdy Teleskop Hubble'a obserwuje od ultrafioletu do bliskiej podczerwieni. Zakres badań będzie zbliżony: najdawniejsze gwiazdy i galaktyki z początków Wszechświata, ich ewolucja oraz powstawanie układów planetarnych.

NASA planuje wystrzelenie teleskopu JWST na orbitę w 2018 r. za pomocą rakiety Ariane 5 z kosmodromu w Gujanie Francuskiej. To efekt współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA), która posługuje się tymi rakietami i to jej kosmodrom. Oprócz ESA w projekcie bierze też udział Kanadyjska Agencja Kosmiczna.

Krzysztof Czart

W Nowej Zelandii dostrzeżono nieznany rój meteorów

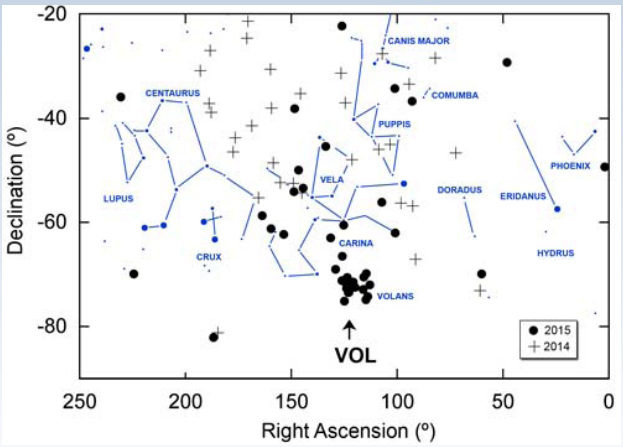
W Nowej Zelandii dzięki sieci kamer przeznaczonej do obserwacji meteorów, odkryto nowy, nieznany rój meteorów. Co ciekawe, nastąpiło to w sylwestra, 31 grudnia 2015 r., a o wynikach badań trajektorii meteoroidów wlatujących w atmosferę poinformował w marcu br. Insty-

tut SETI. Nazwa nowego roju meteorów to Wolantydy.

Sieć kamer w Nowej Zelandii została uruchomiona we wrześniu 2014 r. Projektem kieruje dwóch naukowców: astronom Peter Jenniskens oraz profesor Jack Baggaley z University of Canterbury w Christchurch w Nowej Zelandii. Celem sieci jest monitorowanie nieba półkuli południowej pod kątem przelatujących meteorów. Sieć dysponuje 32 kamerami rozmieszczonymi na obszarze dwóch stacji. Obsługą stacji zajmują się miłośnicy astronomii, a zebrane dane są przesyłane do Instytutu SETI w celu analizy trajektorii meteoroidów wpadających w ziemską atmosferę. Efekt takiego wejścia kosmicznego okruchu w atmosferę widzimy jako ślad meteoru.

31 grudnia 2015 r. nowozelandzka sieć zarejestrowała od godziny 9.12 do 15.45 czasu uniwersalnego łącznie 59 meteorów. 21 z nich okazało się meteorami z nieznanego roju posiadającego radiant w gwiazdozbiorze Ryby Latającej. Ponieważ nazwy rojów wywodzą się od gwiazdozbiorów, w których znajdują się ich radianty, nowy rój nazwano Wolantydami, od łacińskiej nazwy konstelacji Ryby Latającej. Międzynarodowa Unia Astronomiczna wpisała rój na roboczą listę pod numerem 758. Dodatkowo w kolejnym dniu (1 stycznia 2016 r.) zarejestrowano jeszcze dwa meteory z roju Wolantydów.

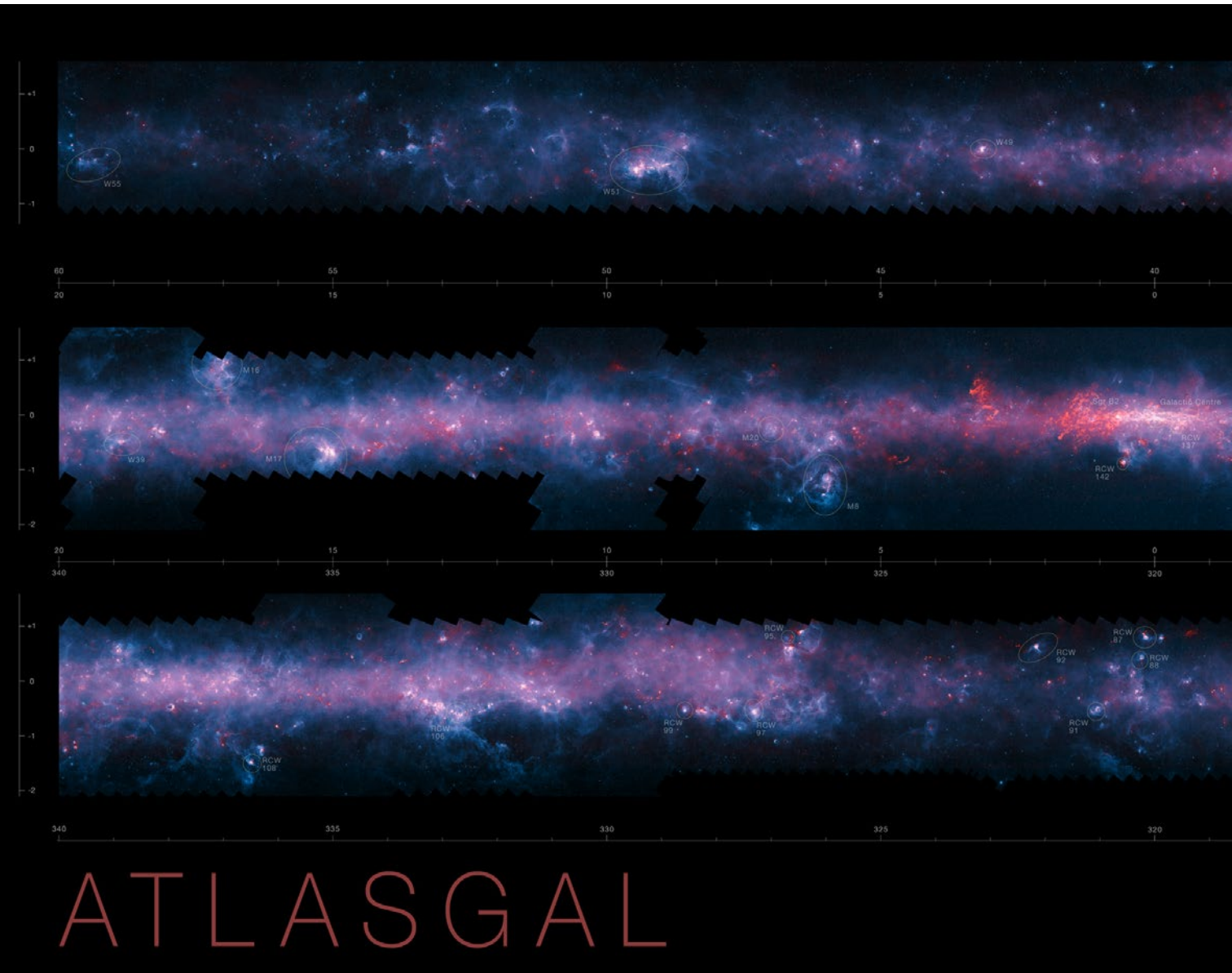
Przeprowadzone przez naukowców obliczenia sugerują, że Wolantydy są związane z jedną z komet z rodziny Jowisza, ale pozostaje ona nieznana. Informacje o zaobserwowaniu roju zamieszczono m.in. w telegramie astronomicznym CBET nr 4261, a artykuł opisujący wyniki analiz zostanie opublikowany w czasopiśmie pt. *Journal of the International Meteor Organization*, które jest wydawane przez Międzynarodową Organizację Meteorową.



Kierunki na niebie, z których przylatywały meteory 31 grudnia 2015 r. obserwowane przez sieć kamer w Nowej Zelandii. Źródło: SETI Institute

Warto wspomnieć, że również w Polsce działa podobna sieć kamer obserwujących niebo i rejestrujących przeloty meteorów. Nosi ona nazwę: Polska Sieć Bolidowa (Polish Fireball Network).

Krzysztof Czart



Nowa mapa Drogi Mlecznej na falach submilimetrowych

Przy pomocy radioteleskopu APEX naukowcy przeprowadzili przegląd południowej części płaszczyzny Drogi Mlecznej na falach submilimetrowych. W ramach przeglądu ATLASGAL opublikowano nową mapę naszej Galaktyki — informuje Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO).

APEX Telescope Large Area Survey of the Galaxy (ATLASGAL) to przegląd nieba na falach submilimetrowych wykonywany za pomocą teleskopu APEX. Zakres submilimetrowy mieści się pomiędzy falami radiowymi a podczerwienią. Przegląd objął obszary płaszczyzny Galaktyki widoczne z półkuli południowej. Jest to szczególnie istotny obszar, bowiem obejmuje m.in. centrum Drogi Mlecznej.

Nowe mapy ATLASGAL pokrywają obszar na niebie długi na 140° i szeroki na 3°, czterokrotnie większy niż pierwsza publikacja danych z przeglądu. Nowe mapy mają także lepszą jakość, ponieważ niektóre obszary były obserwowane ponownie w celu uzyskania danych o bardziej spójnej jakości na całym badanym obszarze. Do tej pory opublikowano prawie 70 prac naukowych wykorzystujących dane z ATLASGAL, a liczba ta niebawem się zwiększy na skutek udostępnienia astronomom nowych danych.

Nowa publikacja ATLASGAL uzupełnia obserwacje z należącego do ESA satelity Planck. Połączenie danych Plancka z APEX pozwoliło astronomom na wykrycie emisji rozciągającej się na większym obszarze nieba i oszacowanie z niego ilości gęstego gazu w wewnętrznych częściach Galaktyki. Dane ATLASGAL zostały także użyte do utworzenia kompletnego przeglądu zimnych i masywnych obłoków, w których formują się nowe generacje gwiazd.

APEX to skrót od Atacama Pathfinder EXperiment, czyli projektu prowadzonego wspólnie przez Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO), Max Planck Institute for Radio Astronomy (MPIfR) oraz Onsala Space Observatory (OSO). Teleskop o średnicy 12 m pracuje na płaskowyżu Chajnantor w Chile, na wysokości 5100 m n.p.m. Powstał jako prototypowa antena przed budową sieci 66 radioteleskopów ALMA. Ale uruchomienia ALMA nie zakończyło użytkowania APEX — oba instrumenty się uzupełniają. Na przykład APEX wykonuje obserwacje przeglądowe, a ALMA może zbadać niektóre obiekty bardziej szczegółowo. Niedawno świętowano 10 lat pracy teleskopu APEX.

Krzysztof Czart

Nowy obraz Drogi Mlecznej na falach submilimetrowych. Dane z pasma 0,87 mm uzyskane teleskopem APEX pokazano w kolorze czerwonym, a w tle zamieszczono w kolorze niebieskim zdjęcia z podczerwieni wykonane teleskopem Spitzera. Słabsze, szerokie struktury pochodzą z danych z Plancka. Źródło: ESO/APEX/ATLASGAL consortium/NASA/GLIMPSE consortium/ESA/Planck

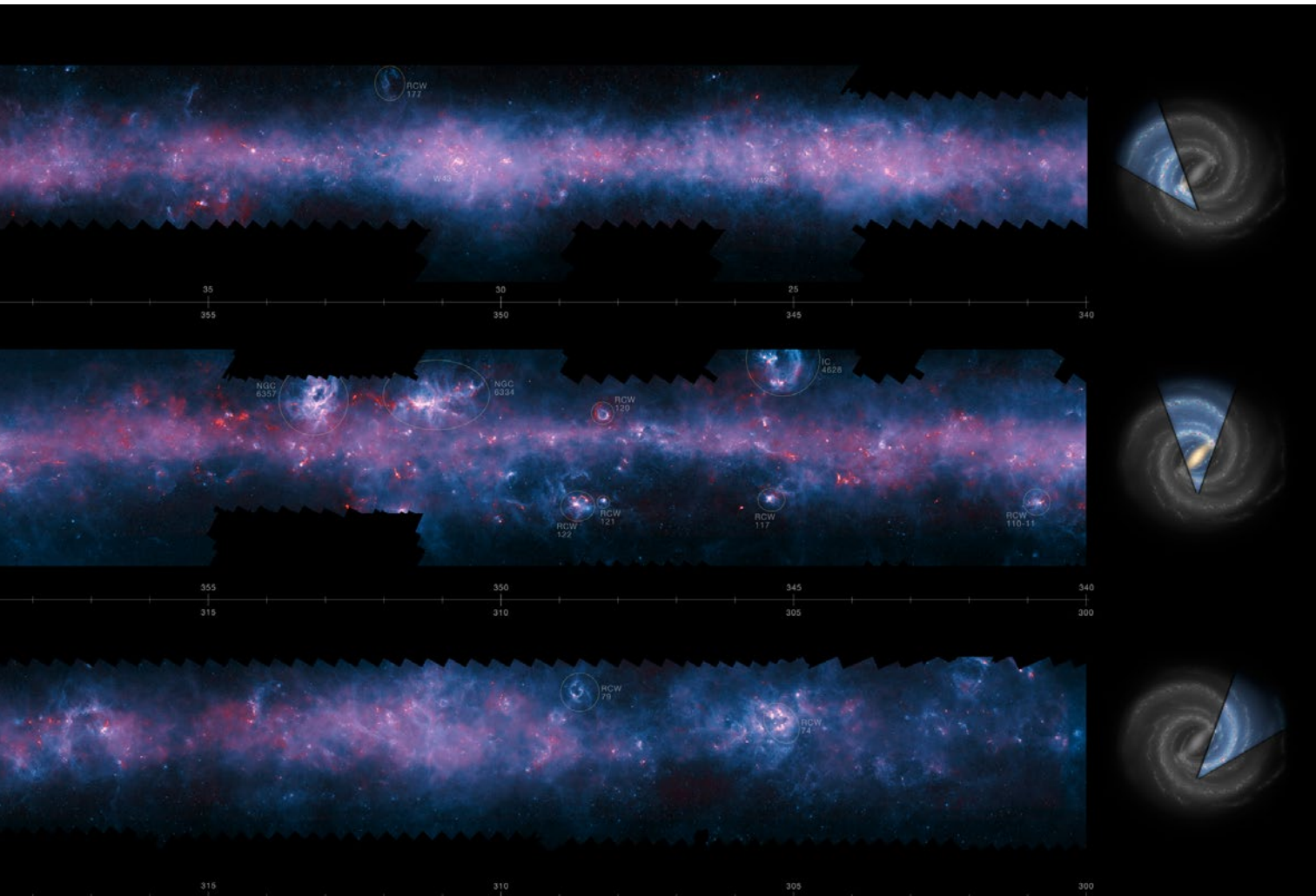


Image Credit: ESO/APEX/ATLASGAL, MPIfR, NASA/Spitzer/GLIMPSE
Image Data: Red represents ATLASGAL/submillimetre data and blue represents GLIMPSE 360/infrared data

HST obserwuje najdalej położoną galaktykę we Wszechświecie

Międzynarodowy zespół astronomów, korzystając z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a (HST), pobił rekord odległości we Wszechświecie pod względem dystansu zmierzonego do najdalej położonej galaktyki. Tę zaskakująco jasną, niemowlęcą galaktykę o nazwie GN-z11 obserwujemy jaką była 13,4 mld lat temu, czyli zaledwie 400 mln lat po Wielkim Wybuchu. Galaktyka znajduje się w kierunku gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy.

Astronomowie coraz bardziej zbliżają się do zbadania pierwszych galaktyk, jakie powstały we Wszechświecie. Do niedawna sądzono, że na takie odległości sięgnie dopiero ciągle budowany Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba. Ale pomiary dokonane dzięki teleskopowi HST pokazują, że niektóre z odkrytych jasnych galaktyk mogą być równie dalekie. Odległość do GN-z11 wyznaczono dzięki wykorzystaniu Wide Field Camera 3, dzieląc spektroskopowo światło na jego kolory składowe.

Pomiaru tak dużych odległości astronomowie dokonują, określając przesunięcie ku czerwieni galaktyki. Zjawisko to jest wynikiem rozszerzania się Wszechświata. Każdy odległy obiekt w Kosmosie oddala się od nas, a jego światło rozciąga się w kierunku dłuższego końca widma, fali czerwonej. Im większe przesunięcie ku czerwieni, tym odleglejszy obiekt. Obserwacje spektroskopowe galaktyki pokazały, że znajduje się ona znacznie dalej, niż początkowo sądzono, na granicy obserwowalności HST.

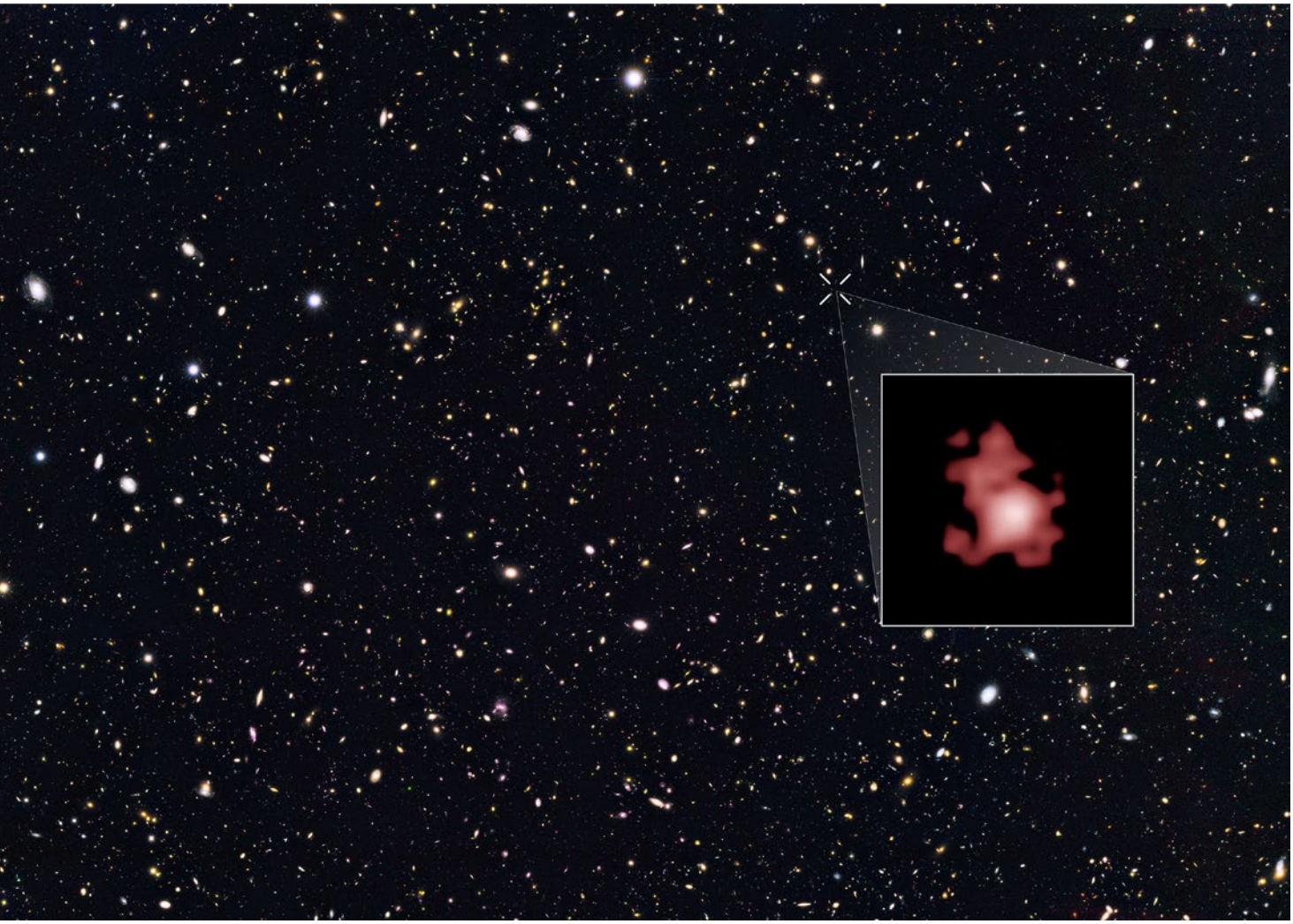
Zanim astronomowie określili odległość do GN-z11, najdalsza zaobserwowana galaktyka o odległości wyznaczonej metodami spektroskopowymi miała przesunięcie ku czerwieni równe 8,68 (13,2 mld lat wstecz). Redshift GN-z11 wynosi 11,1, czyli prawie 200 mln lat bliżej chwili Wielkiego Wybuchu. Jest to niezwykłe osiągnięcie dla teleskopu Hubble'a. Zajrzał dalej niż jakikolwiek naziemny teleskop do tej pory.

Połączone obrazy z Hubble'a i Spitzera pokazują, że GN-z11 jest 25 razy mniejsza od Drogi Mlecznej i ma masę zaledwie 1% tej, jaką ma nasza Galaktyka. Jednakże nowo narodzona GN-z11 formuje gwiazdy w tempie około 20 razy większym niż nasza Galaktyka dzisiaj. To sprawia, że tak odległa galaktyka jest wystarczająco jasna, by astronomowie mogli ją znaleźć i przeprowadzić obserwacje przy pomocy teleskopów kosmicznych.

Wyniki pokazują interesujące wskazówki na temat natury bardzo wczesnego Wszechświata. Zaskakującym jest fakt, że tak masywne galaktyki istniały 200–300 mln lat po tym, jak pierwsze gwiazdy zaczęły się tworzyć. Odkrycie to pokazuje, że Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba będzie w stanie sięgnąć być może nawet do pierwszych galaktyk, które powstały w Kosmosie.

Agnieszka Nowak

W ramce: galaktyka GN-z11 o przesunięciu ku czerwieni $z = 11{,}1$ — najdalsza galaktyka, do której wyznaczono odległość metodami spektroskopowymi. W tle: pole z głębokiego przeglądu nieba Great Observatories Origins Deep Survey (GOODS). Źródło: NASA, ESA, P. Oesch (Yale University), G. Brammer (STScI), P. van Dokkum (Yale University) oraz G. Illingworth (University of California, Santa Cruz)



Zarejestrowano powtarzalne radiowe sygnały z Kosmosu

Międzynarodowa grupa badawcza wykryła powtarzające się, krótkotrwałe wybuchy (rozbłyski) radiowe z tego samego obszaru na niebie, pochodzące spoza Drogi Mlecznej. I wcale nie chodzi tutaj o dobrze znane pulsary. Jak pochodzenie tych tajemniczych radiowych emisji z dalekiego Kosmosu tłumaczą naukowcy?

Chodzi tutaj o zjawiska nazywane „szybkimi wybuchami radiowymi", albo „szybkimi rozbłyskami radiowymi", po angielsku „fast radio bursts" (FRBs). Trwają one bardzo krótko, zaledwie kilka milisekund. Wiadomo o ich występowaniu od niecałej dekady, ale wszystkie znane do tej pory przypadki były jednorazowe. Jednak tym razem mamy do czynienia z powtarzającym się więcej razy wybuchem radiowym typu FRB.

Do tej pory hipotezy wskazywały jako źródło pochodzenia radiowych rozbłysków typu FRB zdarzenia typu kataklizmicznego, jak np. wybuch supernowej, albo zapadnięcie się gwiazdy neutronowej do czarnej dziury. Cały czas poszukiwano jednak powtarzalnych wersji radiowych wybuchów typu FRB. Sukces odniósł doktorant z McGill University, który jako pierwszy natrafił 5 listopada 2015 r. na taki powtarzalny przypadek. Dokonał tego podczas przeglądania wyników analiz obserwacji z radioteleskopu Arecibo. Były to dane zarejestrowane w maju i czerwcu 2015 r., poddane analizie za pomocą superkomputera McGill High Performance Computing Center.

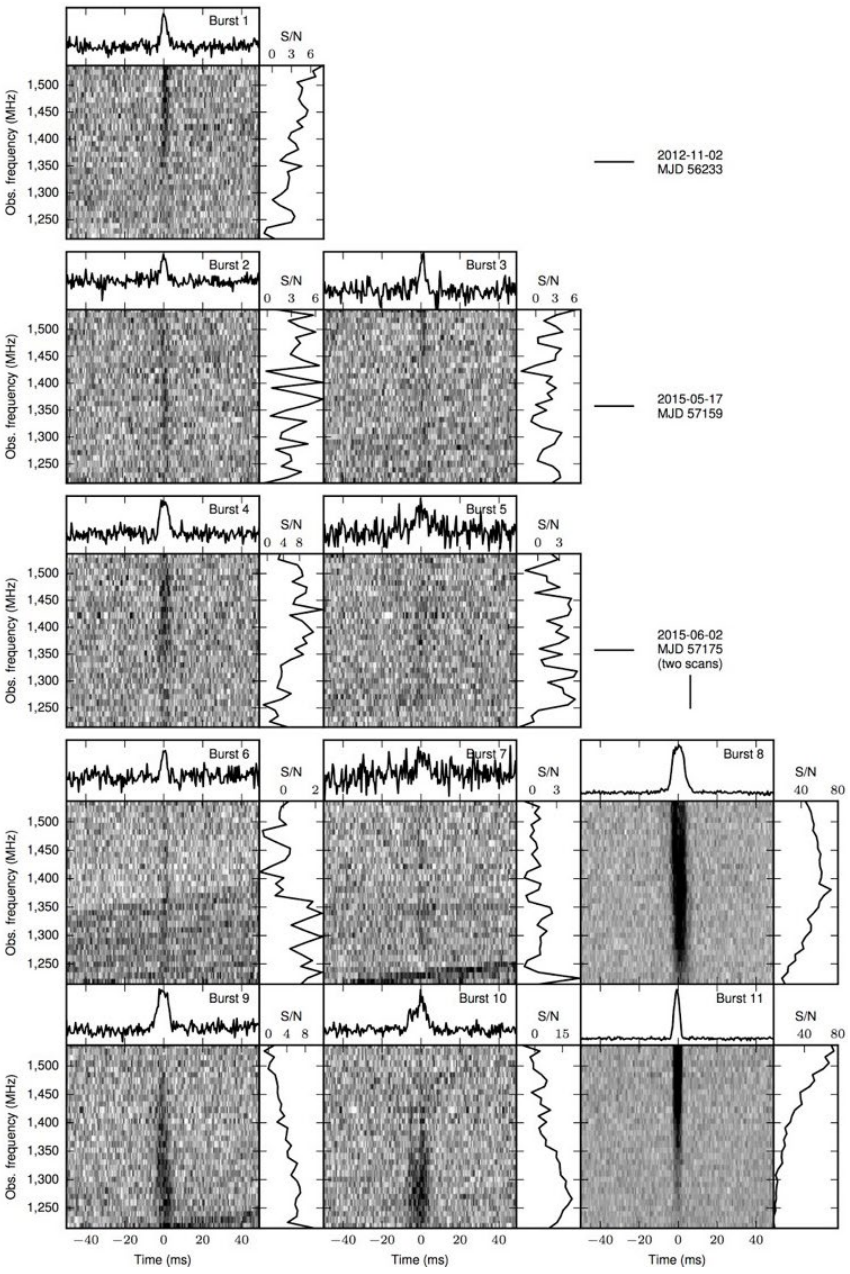
Okazało się, że w wynikach obserwacji występuje kilka radiowych wybuchów o własnościach takich jak wybuch typu FRB z 2012 r. Dalsze badania wykazały, że takich nowych wybuchów jest 10. Różnią się one od pojedynczych wybuchów radiowych typu FRB nie tylko powtarzalnością, ale dodatkowo jasnością i widmem. Wszystkie nowe wybuchy, podobnie jak przypadek z 2012 r., mają zmierzoną dyspersję fal radiowych trzy razy większą niż w przypadku źródeł występujących w naszej galaktyce Drodze Mlecznej. Pomiar dyspersji pozwala na odróżnienie fal radiowych od działalności radiowej człowieka, bowiem gdy promieniowanie radiowe podróżuje w przestrzeni kosmicznej, międzygwiazdowe elektrony powodują, że fale radiowe na niższych częstotliwościach przemieszczają się nieco wolniej.

W związku z powyższymi cechami badacze przypuszczają, że źródło, które wyemitowało powtarzalny wybuch radiowy FRB, znajduje się poza naszą Galaktyką. Być może jest to bardzo młoda gwiazda neutronowa z odległej galaktyki.

Wyniki badań przedstawiono w najnowszym numerze czasopisma *Nature*. Hipoteza je wyjaśniająca stoi jednak w sprzeczności z artykułem, który ukazał się w *Nature* tydzień wcześniej, a w którym inny zespół naukowców prezentuje hipotezę na temat pojedynczych szybkich błysków radiowych typu FRB, tłumacząc je wydarzeniami kataklizmicznymi, np. krótkotrwałymi błyskami gamma. Obie teorie da się jednak pogodzić, jeśli okaże się, że naukowcy natrafili na dwie osobne podklasy tego rodzaju zjawisk radiowych.

Badacze z grupy kierowanej przez Laurę Spitler z Max-Planck-Institut für Radioastronomie w Bonn (Niemcy), mają nadzieję, że kiedyś uda się zidentyfikować galaktykę, z której zarejestrowano szybki wybuch radiowy typu FRB. Do tego zadania będzie jednak potrzeba większej rozdzielczości niż dysponuje radioteleskop Arecibo — największy na świecie pojedynczy radioteleskop. Naukowcy będą musieli zastosować technikę interferometrii, czyli obserwować ten sam fragment nieba jednocześnie wieloma radioteleskopami rozmieszczonymi daleko od siebie. Pozwala to uzyskać zdolność rozdzielczą taką, jaką miałby teleskop o średnicy równej odległości pomiędzy skrajnymi radioteleskopami.

Krzysztof Czart



Wybuch (rozbłysk) radiowy z 2012 r. oraz 10 nowych szybkich wybuchów radiowych ze źródła FRB 121102. Na górnych wykresach pokazano wybuchy jako funkcję obserwowanej częstotliwości radiowej i sygnału zsumowanego we wszystkich częstotliwościach. Źródło: ASTRON

fot. NASA/AIA/Goddard Space Flight Center

Uniwersytet Wrocławski

NIEZŁY KOSMOS

Studia w Instytucie Astronomicznym UWr

Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego to jeden z najważniejszych ośrodków naukowo-dydaktycznych w Polsce.

Nasze mocne strony:

- Oferujemy heliofizykę jako jedyny ośrodek uniwersytecki w Polsce…
- … oraz astrofizykę gwiazdową na najwyższym poziomie.
- Współpracujemy z czołowymi ośrodkami astronomicznymi na świecie.
- Bierzemy udział w projektach ESA i ESO.
- Prowadzimy wiele przedsięwzięć popularyzujących astronomię.

Zapraszamy na studia stacjonarne na kierunku astronomia:

- 3-LETNIE STUDIA I STOPNIA (LICENCJACKIE)
- 2-LETNIE STUDIA II STOPNIA (MAGISTERSKIE)
- 4-LETNIE STUDIA III STOPNIA (DOKTORANCKIE)

Z nami nie będziesz się nudzić. W badania naukowe możesz zaangażować się już od pierwszego roku studiów licencjackich. Swoje zainteresowania naukowe możesz rozwijać również w studenckich kołach naukowych.

Co możesz robić po studiach?

- Kontynuować karierę naukową w ośrodkach astronomicznych w kraju i na świecie.
- Wybrać pracę w edukacji lub popularyzacji nauki – szkoły, planetaria, centra upowszechniające naukę.
- Dzięki posiadanej umiejętności programowania i rozwiązywania skomplikowanych problemów, możesz pracować w ośrodkach zajmujących się nowoczesnymi technologiami takimi jak np. przemysł kosmiczny oraz technologie informacyjne, cyfrowe i informatyczne.
- Solidne wykształcenie z zakresu matematyki, statystyki matematycznej i metod numerycznych umożliwi ci także pracę w firmach zajmujących się np. analizą statystyczną rynków, planowaniem lub specjalizujących się w bankowości i finansach.

Dowiedz się więcej:

Instytut Astronomiczny UWr	Wydział Fizyki i Astronomii UWr	Facebook
www.astro.uni.wroc.pl	wfa.uni.wroc.pl	facebook.com/IAUWr

Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego
ul. Kopernika 11, 51-622 Wrocław
tel. 71 372 93 73

Czy Kopernik obserwował Merkurego?

Starożytni obserwatorzy nieba znali i obserwowali na tle sfery gwiazd siedem ciał błądzących, czyli planet. Zaliczali do nich także Słońce i Księżyc, choć współcześnie klasyfikujemy je nie jako planety, lecz jako gwiazdę i satelitę planety Ziemia. Pozostałe to, według osiąganych jasności: Wenus, Jowisz, Mars, Merkury i Saturn. Może stąd mamy w kalendarzu nie pięć czy sześć, a właśnie siedem dni tygodnia? Wszak cała konstrukcja kalendarza bazuje na obserwacjach zjawisk astronomicznych[1].

Im większa jasność planety, tym łatwiej dostrzec ją gołym okiem. Pierwszą z pięciu wymienionych można w sprzyjających warunkach oglądać na dziennym niebie. Natomiast z dostrzeżeniem Merkurego jest już problem. Z racji niewielkiej odległości kątowej od Słońca można go oglądać w zasadzie tylko wtedy, gdy oddali się od naszej dziennej gwiazdy maksymalnie w bok. Mówimy wtedy, że znajduje się w największej elongacji wschodniej lub zachodniej. Może ona wynosić 18–29°.

W naszych szerokościach geograficznych sprawę utrudnia często mały kąt nachylenia ekliptyki, w pobliżu której znajdziemy wszystkie planety, do horyzontu. Przez to wysokość planety na niebie nie jest imponująca, a im bliżej horyzontu, tym grubsza warstwa pochłaniającej światło atmosfery i więcej w niej zanieczyszczeń. Musimy też pamiętać, że przy jasności obserwowanej Merkurego (z uwzględnieniem ekstynkcji atmosferycznej) w maksymalnej elongacji rzędu +1 mag, do jego w miarę dobrej widoczności trzeba poczekać, aż Słońce zejdzie odpowiednio głęboko pod horyzont. Wtedy wysokość Merkurego najczęściej jest już poniżej 10°. Czasami lepiej, aby nie był maksymalnie odchylony od Słońca, za to zdecydowanie jaśniejszy! W praktyce jednak na lepszą jasność gwiazdową niż 0,6 mag nie mamy co liczyć.

Korzystne, czyli duże nachylenie ekliptyki do horyzontu, mamy w okolicach kwietnia po zachodzie i w okolicach października przed wschodem Słońca. Problem tylko w tym, aby jeszcze Merkury był we właściwym miejscu swej orbity. Niestety, takie korzystne do obserwowania go nieuzbrojonym okiem konfiguracje zdarzają się u nas 1–2 razy rocznie i trwają zaledwie kilka dni. Oby jeszcze pogoda łaskawa nam była!

Wenus i Merkury na wieczornym niebie 3 kwietnia 2010 r. w towarzystwie lidzbarskiej rezydencji biskupów warmińskich. Fot. Jerzy Puszcz

Ponieważ nie doszukano się żadnych notatek Wielkiego Astronoma dokumentujących jego obserwację Merkurego, przyjęło się powszechnie uważać, iż tej planety osobiście Kopernik nigdy nie widział. Jak ryzykowna to teza, wie każdy miłośnik nieba, który nie raz w swoim życiu oglądał gołym okiem tę najbliższą Słońcu planetę.

Od 30 lat mieszkam w Lidzbarku Warmińskim. To trzecie w kolejności miasto pod względem długości pobytu Mikołaja Kopernika, zaraz po Fromborku i Toruniu. Prawdopodobnie spędził tu łącznie jakieś 7 lat, a może i więcej. Pamiętam, jak 6 lat temu urzeczony wieczornym widokiem Merkurego w towarzystwie Wenus, tuż przy murach zamku biskupów warmińskich, pobiegłem do mieszkającego w pobliżu znajomego, posiadającego dobry sprzęt fotograficzny, by nakłonić go do wzięcia aparatu ze statywem i wykonania stosownego ujęcia (zdjęcie wyżej). Od tamtej pory, przy każdej nadarzającej się okazji wypatruję okiem tej niesfornej planety i niejednokrotnie z pozytywnym efektem.

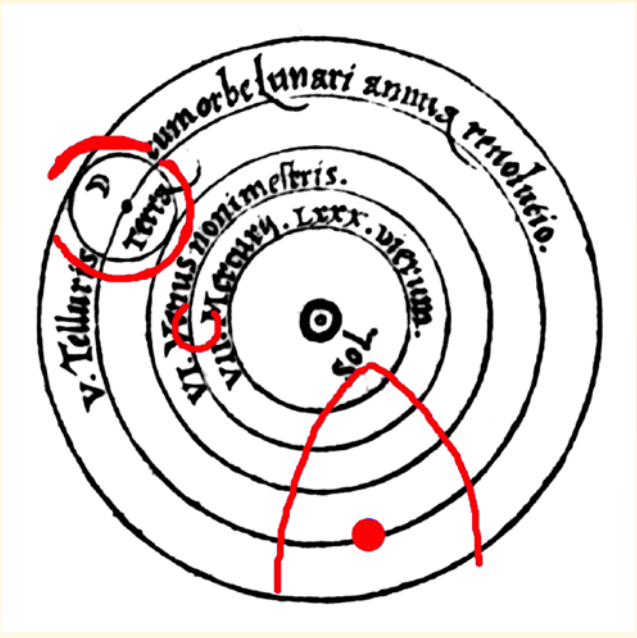
Obserwacje te uświadomiły mi jednak, jak rzadkie i krótkotrwałe to sytuacje. Liczba pochmurnych dni i nocy w roku wszak przewyższa u nas liczbę tych bezchmurnych. Warmińskie mgły i zanieczyszczenia atmosfery powodowane przez człowieka tylko pogarszają sytuację. W czasach Kopernika powszechnie palone ogniska i działalność smolarzy w lasach też robiły swoje.

We Fromborku, gdzie Kopernik wykonał najwięcej obserwacji, trudno analizować możliwości dostrzeżenia przez niego Merkurego, gdyż do tej pory nie udało się ustalić lokalizacji *pavimentum*, czyli miejsca, na którym rozstawiał swe przyrządy obserwacyjne. Na zamku lidzbarskim z kolei liczne obowiązki i tryb życia narzucony przez jego wuja, biskupa Łukasza Watzenrode, nie pozwalały mu zajmować się poważnie obserwacjami nieba. Trudno jednak przyjąć, że autor pamiętnych słów ze wstępu do *De Revolutionibus* nie lubił popatrzeć w rozgwieżdżone niebo ot tak, dla czystej przyjemności, jak czyni to wielu amatorów astronomii[2].

Kilka miesięcy temu jedna z pracownic muzeum, mieszczącego się obecnie w murach lidzbarskiego zamku, zwróciła moją uwagę na wyryte w ścianie na krużgankach pierwszego piętra dziwne okręgi, przypominające centralny fragment słynnego rysunku Układu Słonecznego znanego z kart dzieła Kopernika. Od kilku lat lidzbarska rezydencja biskupów warmińskich przechodzi serię prac konserwatorskich. Dzięki zaangażowaniu w nie tzw. Funduszy Norweskich, zakres prac jest dość szeroki. M.in. odkryto i poddano konserwacji cenne malowidła obiegające zewnętrzne ściany dziedzińca, datowane na przełom XIV i XV w. Później były one niejednokrotnie przemalowywane, by na koniec zniknąć na długi czas pod jednolitą

[1] Inne astronomiczne wyjaśnienie 7-dniowego tygodnia to przyjęcie, że tyle w przybliżeniu trwa jedna z czterech obserwowanych faz Księżyca. Faktem jest, iż każdy dzień tygodnia był poświęcony jednemu bóstwu planetarnemu, czego reliktem są nazwy dni w wielu językach. Np. ang. niedziela to *Sunday* — dzień Słońca, *Monday* — dzień Księżyca, z kolei w języku francuskim wtorek to *Mercredi* — dzień Merkurego, środa to *Mardi* — dzień Marsa itd.

[2] Z racji że Mikołaj Kopernik nie zajmował się zawodowo astronomią, możemy traktować go jako zaawansowanego miłośnika astronomii!



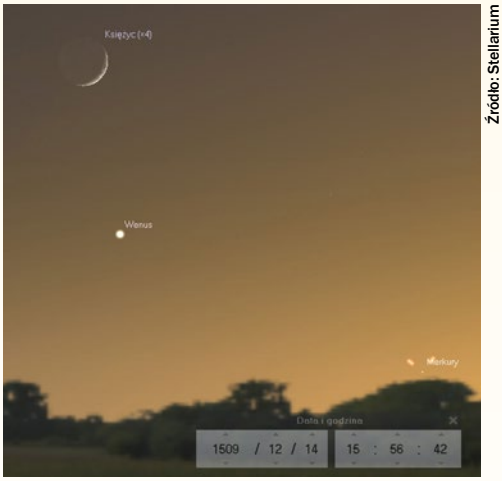
warstwą pobiały. Niestety, interesujący mnie ryt (zdjęcie obok) znajduje się znacznie poniżej dolnej linii pieczołowicie badanych malowideł i nie udało mi się jak na razie ustalić przedziału czasu, w jakim mógł on powstać.

Wyryty w murze rysunek jest dość intrygujący. Do jego wykonania autor musiał użyć cyrkla, przy czym wyraźnie widać, iż koła kreślił dwuetapowo: raz rył łuki górnych półokręgów, drugi raz dolnych. Nóżka wbita w środek okręgów, z racji kruszenia się zaprawy, musiała się podczas kręcenia cyrklem przesuwać, gdyż łuki są wyraźnie przesunięte. Przyjrzyjmy się uważniej wyrytemu rysunkowi (fot. wyżej). Skojarzenie z fragmentem rysunku Kopernika dotyczącym planet wewnętrznych i orbity Ziemi z Księżycem jest chyba jak najbardziej zasadne (rys. wyżej). Szczególnie interesujące zdały mi się dwa dodatkowe łuki obejmujące kropkę na orbicie Ziemi i jakby zawężające odcinek orbity Merkurego.

Owa kropka na ziemskiej orbicie nie może być jednak Ziemią, gdyż ta powinna być w centrum orbity Księżyca widocznej wyżej, po lewej stronie. Przyjmijmy, iż kropka na orbicie Wenus wskazuje tę właśnie planetę. Czy w takim razie zagadkowe łuki mogą wskazywać na położenie Merkurego? Z ciekawości sięgnąłem do starych notatek, z czasów kiedy analizowałem możliwości dojrzenia Merkurego w czasach pobytu Kopernika na zamku w Lidzbarku Warmińskim, czyli w latach 1503–1510[3]. Ponieważ z wcześniejszych moich dociekań, nad którymi teraz nie będę się rozwodził, wynikało, że obserwacje poranne były tu mało prawdopodobne, bacznie przyjrzałem się tym wieczornym konfiguracjom.

Uderzające okazało się podobieństwo względnego ustawienia Merkurego, Wenus i młodego Księżyca na wieczornym niebie 14 grudnia 1509 r. około godz. 16.00[4]. Proszę popatrzeć na zrzut ekranowy z popularnego programu Stellarium (obok) i porównać go z rysunkiem rytu. Intrygująca kropka na orbicie Ziemi odpowiada położeniu na niebie Merkurego, podczas gdy Wenus i Księżyc są niejako na swoich miejscach.

Powstaje pytanie: czy Mikołaj Kopernik mógł zabawić się w wandala ryjącego w murze zamkowych krużganków, by utrwalić swoją pierwszą tu (na Warmii) naoczną obserwację Merkurego? Jeśli przyjmiemy, że mury były właśnie przygotowywane do pokrycia ich tynkami pod nowe malowidła, to właściwie czemu nie? Wyobraźmy sobie jego podniecenie wynikające z faktu, iż oto dojrzał tego wrednego Merkurego i to na dodatek w pozycji przewidzianej nowym, autorskim modelem budowy świata. Przecież to prawie ukoronowanie dzieła życia, a jest okazja utrwalić ten ekscytujący moment w nie byle jakim miejscu i to na krótko przed swoją ucieczką do Fromborka. Miejsce na ryt nie jest przypadkowe, bo pod malowidłem ukazującym ukrzyżowanie Jezusa, następującym tuż po malowidle przedstawiającym młodego Jezusa w dyspucie z uczonymi w świątyni jerozolimskiej. Przecież ponadtrzydziestoletni Jezus na krzyżu dokonał swego najważniejszego dzieła i Kopernik jest już w tych latach swego życia. Naciągane? Możliwe, ale przyznają Szanowni Czytelnicy, że ładna to bajka…



Źródło: Stellarium

A może prawda o tajemniczym rycie jest całkiem banalna? Może wyjaśnienie jego pochodzenia jest takie, jak tajemniczych znaków templariuszy na zamku w Radzyniu Chełmińskim, gdzie kręcono film „Samochodzik i Templariusze”? Kto oglądał film lub czytał książkowy pierwowzór Zbigniewa Nienackiego, ten wie, o co chodzi. Jednak słowo daję, to nie moja sprawka!

Jacek Drążkowski

[3] Za dr. Jerzym Sikorskim, autorem książki „Prywatne życie Mikołaja Kopernika” przyjąłem, że Kopernik przeniósł się na stałe do Fromborka w 1510 roku.

[4] Data wg kalendarza juliańskiego, godzina wg obecnie obowiązującego czasu urzędowego (CSE).

Kultowa książka po polsku!

BRIAN I WSZECHŚWIAT

Gwiaździste niebo intryguje ludzi od czasów prehistorycznych. To właśnie gwiazdy były, są i pewnie nie raz będą inspiracją przy wyborze studiów na kierunkach ścisłych. Nie inaczej było w przypadku prof. Briana Coxa, który pod wpływem kultowej już książki *Kosmos* Carla Sagana postanowił zostać fizykiem i zagłębić się w meandry otaczającego nas świata na Uniwersytecie w Manchesterze. Swoje życie zawodowe poświęcił jednak skali odległości przeciwnej kosmicznej – cząstkom elementarnym. Co ciekawe, jak przystało na człowieka wszechstronnie uzdolnionego, był on klawiszowcem w dwóch zespołach rockowych: *Dare*, a później *D:Ream*. Razem z tym ostatnim nagrał utwory, które znalazły się w ścisłej czołówce list przebojów Wielkiej Brytanii! Jeden z ich utworów, *Things Can Only Get Better,* został wykorzystany przez Partię Pracy podczas wyborów parlamentarnych w 1997 r. Kto wie, może właśnie dzięki temu partia Tony'ego Blaira przejęła władzę w Wielkiej Brytanii?

Drugi z autorów, Andrew Cohen, skończył fizjologię i farmakologię, również na Uniwersytecie w Manchesterze. Przez lata pracował w BBC jako dziennikarz, współtworząc programy popularnonaukowe takie jak *Horizon*, *Wonders* czy *Stargazing Live*. Obecnie wykłada on Nauki Biologiczne na swojej Alma Mater.

Wróćmy jednak do gwiazd i otaczającego nas Wszechświata, który przecież jest nie tylko domeną naukowców. Nade wszystko jest to wspólny mianownik każdej cywilizacji i społeczeństwa, jakie było i będzie na Ziemi. Najczęściej właśnie podczas podziwiania nocnego nieba nasuwają się pytania natury egzystencjalnej. Tysiące lat temu podobne kwestie nurtowały naszych przodków. Czy jesteśmy sami? Dlaczego tu jesteśmy? Jaka nas czeka przyszłość? To niektóre z pytań, na jakie starają się odpowiedzieć w książce ,,Człowiek i Wszechświat" Brain Cox i Andrew Cohen. W przeciwieństwie do wielu tego typu publikacji, nie robią tego w sposób surowy, mało przystępny i nudny. Zamiast opisywać kolejne konkretne zjawiska i prawa, starają się przedstawić pewną ewolucję światopoglądu i intuicji związanych z danym zagadnieniem. Nie oznacza to jednak, że książka ma charakter historyczny. Nic bardziej mylnego! Historia tutaj to swoisty nośnik nauki, co niewątpliwie jest dobrym wyborem. O wiele łatwiej jest przeciętny czytelnik zrozumie zawiłość niektórych zagadnień, gdy przedstawi się rozumowanie, które doprowadziło pokolenia naukowców do obecnych konkluzji. Dodatkowo całość jest napisana niesamowicie lekkim językiem, z którego wręcz promieniuje pasja, z jaką obaj Panowie podchodzą do nauki. Część czytelników może kojarzyć programy BBC tworzone przez obu Autorów, podczas których m. in. w komorze testowej NASA JPL przeprowadzono eksperyment Galileusza pokazujący, że po usunięciu powietrza wszystkie ciała spadają na Ziemię z taką samą prędkością. Zainteresowanych zachęcam do wpisania w wyszukiwarkę hasła *Brian Cox eksperyment Galileusza*. Jeden z pierwszych linków powinien prowadzić do wspomnianego doświadczenia. Więcej materiału wideo z jego udziałem można z łatwością znaleźć w serwisie YouTube.

Książka nie ogranicza się tylko i wyłącznie do fizyki i astronomii. Odpowiadając na pytanie o nasze pochodzenie, są poruszane również tematy takie, jak ewolucja czy wędrówka, jaką odbył nasz gatunek w czasach prehistorycznych. W świetle ostatniego zamieszania spowodowanego przez książkę prof. Macieja Giertycha, warto sobie odświeżyć naukowe wyjaśnienie teorii ewolucji, aby w razie dyskusji ze sceptykami w odpowiedni sposób móc uargumentować solidne podstawy tej teorii.

Na szczęście Autorzy pokazują w swoim dziele, że piękno nauki polega na tym, że potrafi ona obronić się sama. Z różnym trudem, ale ostatecznie nawet najbardziej kontrowersyjne idee zostaną przyjęte, jeśli tylko mają rzetelne naukowe podstawy. Nie da się w nieskończoność zaprzeczać faktom, które wynikają z natury otaczającego nas Wszechświata. Summa summarum (cytując początek książki) jesteśmy czymś kompletnie nieznaczącym, swoistą *cząstką pyłku na nieskończonej arenie, istniejącą przez krótką chwilę pośród wieczności*.

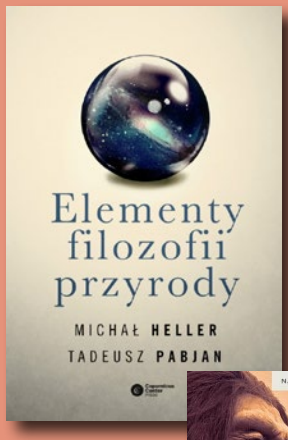
Krzysztof Domogała

Brian Cox, Andrew Cohen
„Człowiek i wszechświat"
Tłumaczenie: Łukasz Lamża
Copernicus Center Press, Kraków 2016
Format: 140×215 mm
stron: 380 +16 (wkładka zdjęciowa)

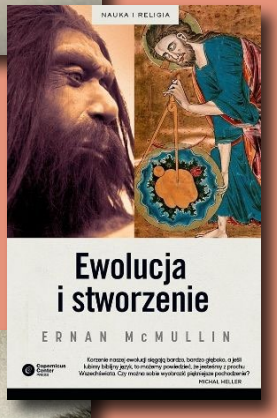
Copernicus Center PRESS

KRUCJATA MĄDROŚCI, ROZSĄDKU I WIEDZY

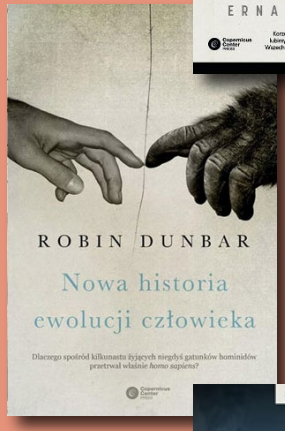
Wydawnictwo Copernicus Center Press działa pod auspicjami Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, ufundowanego przez ks. prof. Michała Hellera. Można chyba powiedzieć, ze od samego początku prowadzi działalność wydawniczą, obok której ukazanie się na rynku wydanej przez Macieja Giertycha książki „Ewolucja, dewolucja, nauka" wydawałoby się po prostu niemożliwe. Ale zawsze można podyskutować. Kto potrzebuje argumentów, wystarczy skorzystać z całej plejady wcześniejszych publikacji Copernicus Center Press. Na swojej redakcyjnej półce od razu znalazłem cztery.



Nowoczesny podręcznik filozofii przyrody, mający cechy „akademickie" (pytania kontrolne, tematy do dyskusji, ćwiczenia), ale napisany znakomitym, popularnonaukowym językiem. Klasyka interdyscyplinarności, od koncepcji czasu i przestrzeni, poprzez strukturę materii i Wszechświata do powstania życia i ewolucji. Tzw. kreacjonizm „naukowy" autorzy bez ogródek zaliczają do pseudonauki.



Fascynująca, filozoficzna odyseja, której autor dowodzi, że traktowanie ewolucji i stworzenia jako dwóch wykluczających się idei jest wyrazem niezrozumienia tych pojęć. Na koniec, książka syntetycznie obrazuje związki i sprzeczności ewolucji z filozofią, fizyką i … polityką. Ostatni wątek dotyczy głównie edukacji i to na rynku amerykańskim, ale, jak widać, u nas też się pojawił.



Genialna, intelektualna prowokacja napisana z wielkim literackim talentem! To na pewno nie jest lektura dla biskupów, a może właśnie przede wszystkim dla nich! Autor do znanych i perfekcyjnie szeregowanych argumentów antropologicznych, genetycznych i fizjologicznych dodaje argumenty z dziedzin, w których sam jest specjalistą, psychologii ludzi i zwierząt. To wymyśleniu religii i płynących z umartwień endorfin ludzkość zawdzięcza swój sukces wśród innych naczelnych. Pokochałem tę książkę od pierwszych zdań!

Zaczyna się nieźle, bo od „Historii o stworzeniu" napisanej… wierszem, zaczynającej się od: *Był czas / kiedy nie było czasu, / gdy czas jeszcze nie istniał.* I kończącej na: *pomiędzy / nadzieją* a *strachem / wielki projekt / myśli /* i *współczucia / na drodze / do wolności*. A gdzieś w środku (wiersz ma 5 stron) specjalnie dla profesora Giertycha: *Rzadka / powolna ryba dwudyszna / prześlizgnęła się przez trawę /* i *tak powstały płazy*. No i to jest ta fatalna cecha wiersza białego (przynajmniej w tłumaczeniu), gdy brak formy zamienia lapidarność w banał. Niby autor fizyk, niby to samo co u Dunbara, ale to nie moja książka. Nie znaczy jednak, że nie znajdzie innych fanów.

Maciej Mikołajewski

Fotografia gwiazd w formie punktów na niebie (cz. 2)

Ustawienia do fotografii gwiazd

Fotografując statyczne gwiazdy, musimy złapać maksymalnie dużo światła, jak to tylko możliwe w stosunkowo krótkim okresie czasu.

Poniżej znajdują się sugerowane parametry, które powinny być traktowane jako wskazówka i punkt wyjścia do ustawienia finalnych nastaw w aparacie. Te oczywiście będą zależne od czynników takich jak: światła Księżyca, zanieczyszczenia światłem, możliwości aparatu i obiektywu.

Format zapisu

Sugeruję fotografowanie i zapisywanie zdjęć w bezstratnym formacie RAW. W odróżnieniu od zapisywania obrazu bezpośrednio do plików JPEG format ten daje dużo większe możliwości na etapie obróbki.

Ostrość

Ustawienie ostrości możemy wykonać na dwa sposoby: z wykorzystaniem autofocusa lub manualnie. Ja zdecydowanie polecam skorzystać z automatyki aparatu. Jak to zrobić, opisywałem dość dokładnie w oddzielnym wpisie.

Ogniskowa

Zdecydowanie powinniśmy fotografować z wykorzystaniem najkrótszej ogniskowej, jaką posiadamy. Nie tylko pozwoli nam to na pokazanie większego obszaru nieba, ale też pozwoli dłużej naświetlać, rejestrując tym samym więcej światła. Nie musi być to obiektyw specjalnie przeznaczony do fotografii gwiazd. Spokojnie do pierwszych kroków wystarczy obiektyw sprzedawany w komplecie z aparatem. Zdecydowanie większe możliwości dają obiektywy ultra szerokokątne, których krótsze ogniskowe zaczynają się od 10–12 mm. Dobrze też się sprawdza obiektyw typu rybie oko zapewniające bardzo duży kąt widzenia. Tu jednak musimy się liczyć z odwzorowaniem, które nie każdemu musi odpowiadać.

Przysłona

W nocy raczej unikamy przymykania przysłony, operujemy na w pełni otwartym obiektywie. Ewentualnie, gdy kadr jest rozświetlony światłem Księżyca, trzeba przymknąć przysłonę o jedną działkę ev w celu zmniejszenia wad optycznych obiektywu. Typowy zakres przysłon, na których pracujemy w nocy to F/2,8 – F/5,6.

ISO

Będąc świadomym ograniczenia wynikającego z czasu naświetlania i chcąc poprawnie naświetlić kadr oraz zarejestrować możliwie najwięcej gwiazd, konieczne jest podbicie czułości. Czasem dość znaczne. Typowe czułości używane w fotografii punktowych gwiazd to ISO 800 – 3200.

Balans bieli

W terenie, aby oddać naturalną kolorystykę gwiazd (tak, tak, gwiazdy mają różne kolory), najlepiej jest ustawić WB w okolicach 4500–5500 kelwinów. Ewentualnie gdy nasz aparat nie umożliwia regulowania tak dokładnie tego parametru, można posłużyć się predfiniowanym ustawieniem „światło słoneczne", zazwyczaj oznaczone w formie słoneczka. Finalną kolorystykę zdjęć zdecydowanie najlepiej dostosowywać na etapie wywoływania plików RAW.

Czas

Długość ekspozycji powinniśmy dobrać tak, by przy używanej ogniskowej nie przekroczyć czasu, dla którego gwiazdy przestaną mieć postać punktów. Aby go oszacować, warto skorzystać z tzw. reguły 600, o której przeczytacie poniżej.

Odszumianie

Zdecydowanie polecam skorzy-

Wpływ długości ekspozycji na kształt gwiazd. Widok w kierunku północnym. Nikon D700, 14 mm

Wpływ długości ekspozycji na kształt gwiazd. Widok w kierunku północnym (kadr). Nikon D700, 14 mm

stanie z redukcji szumów dla długich ekspozycji. Pozwoli to wyraźnie zmniejszyć poziom szumów na zdjęciu. Nie przestraszmy się, gdy aparat z włączoną tą opcja nie będzie odpowiadał przez jakiś czas po zrobieniu zdjęcia. Jest to czas, w którym automatyka aparatu wykonuje drugie zdjęcie, na którym rejestruje tylko szumy w celu ich późniejszego odjęcia od docelowego obrazu.

Wyzwalanie

Aby uniknąć poruszonych zdjęć przy dłuższych ekspozycjach, powinniśmy zdalnie wyzwalać migawkę. Jeśli jednak nie dysponujemy pilotem lub wężykiem, bez problemu możemy skorzystać z funkcji samowyzwalacza w aparacie. To jednak pod warunkiem, że czasy naświetlania nie przekroczą maksymalnego czasu, na jaki możemy ustawić naświetlanie, nie przechodząc do trybu bulb.

Reguła 600

Reguła 600 jest to reguła określająca maksymalny czas naświetlania, dla którego gwiazdy wciąż będą odbierane na zdjęciu jako punkty.

Wiąże ona czas z kątem widzenia obiektywów, czyli tak naprawdę z ogniskową i wielkością matrycy aparatów. Zgodnie z tą regułą czas ekspozycji to wynik dzielenia liczby 600 przez ogniskową. Przy czym w przypadku matryc mniejszych niż tzw. matryce pełnoklatkowe, mające wymiary zbliżone do kliszy małoobrazkowej 35 mm, musimy ogniskową skorygować o tzw. crop.

Czas naświetlania [s] =
= 600 / ogniskowa [mm]

Jeśli planujemy prezentować zdjęcia w większym formacie lub po prostu jesteśmy bardziej pedantyczni, możemy zamiast liczby 600 podstawić do wzoru **500**. Otrzymamy tym samym krótsze, a co za tym idzie, bezpieczniejsze czasy naświetlania. W poniższej tabeli znajdują się obliczone czasy dla typowych ogniskowych wykorzystywanych w tego typu ujęciach oraz najpopularniejszych wielkości matryc.

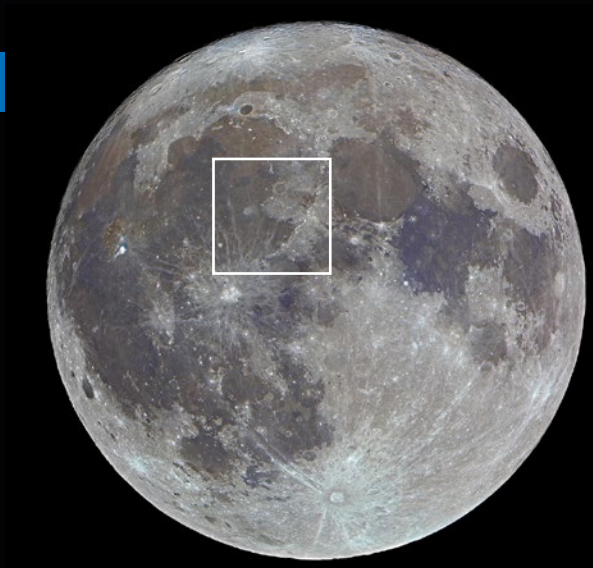
Powyższe wartości nie zostały zaokrąglone do czasów naświetlania dostępnych w aparatach. Zaokrąglać powinno się zawsze w dół. Dokładne wartości ustawimy, korzystając z opcji bulb.

Musimy pamiętać, że powyższa reguła jest tylko jakąś formą przybliżenia czasu ekspozycji i określa, kiedy ruch gwiazd jest „w miarę" niewidoczny. Tak naprawdę ruch gwiazd w rzeczywistości jest rejestrowany zdecydowanie wcześniej, w momencie, gdy gwiazda zaczyna być rejestrowana przez więcej niż jeden piksel na matrycy.

Piotr Potępa

ogniskowa [mm]	matryca pełnoklatkowa		APS-C x1.5 Nikon, Sony		APS-C x1.6 Canon		Micro 4/3 x2 Olympus	
	reguła 500	reguła 600	reguła 500	reguła 600	reguła 500	reguła 600	reguła 500	reguła 600
8	63	75	42	50	39	47	31	38
10	50	60	33	40	31	38	25	30
14	36	43	24	29	22	27	18	21
18	28	33	19	22	17	21	14	17
20	25	30	17	20	16	19	13	15
24	21	25	14	17	13	16	10	13
35	14	17	10	11	9	11	7	9
50	10	12	7	8	6	8	5	6

Wpływ długości ekspozycji na kształt gwiazd. Widok w kierunku południowym. Nikon D700, 14 mm



Czas na jeden z najbardziej charakterystycznych obszarów Księżyca: znajdujące się tuż obok centrum Srebrnego Globu wspaniałe pasmo górskie Apeniny, sąsiadujące z nim kratery Eratostenes, Archimedes, Autolykos, Aristillus i inne.

Apeniny i okolice

Ta część naszego naturalnego satelity nie jest mocno „podziurawiona" przez meteoryty, sporą jej powierzchnię zajmują pasma górskie oraz Morze Deszczów. Najlepsze warunki do obserwacji tego regionu mamy tuż po pierwszej jak i ostatniej kwadrze. Księżyc jest oświetlony wtedy w ok. 65–80% (cień po zachodniej stronie) oraz w ok. 65–40% (cień po wschodniej stronie).

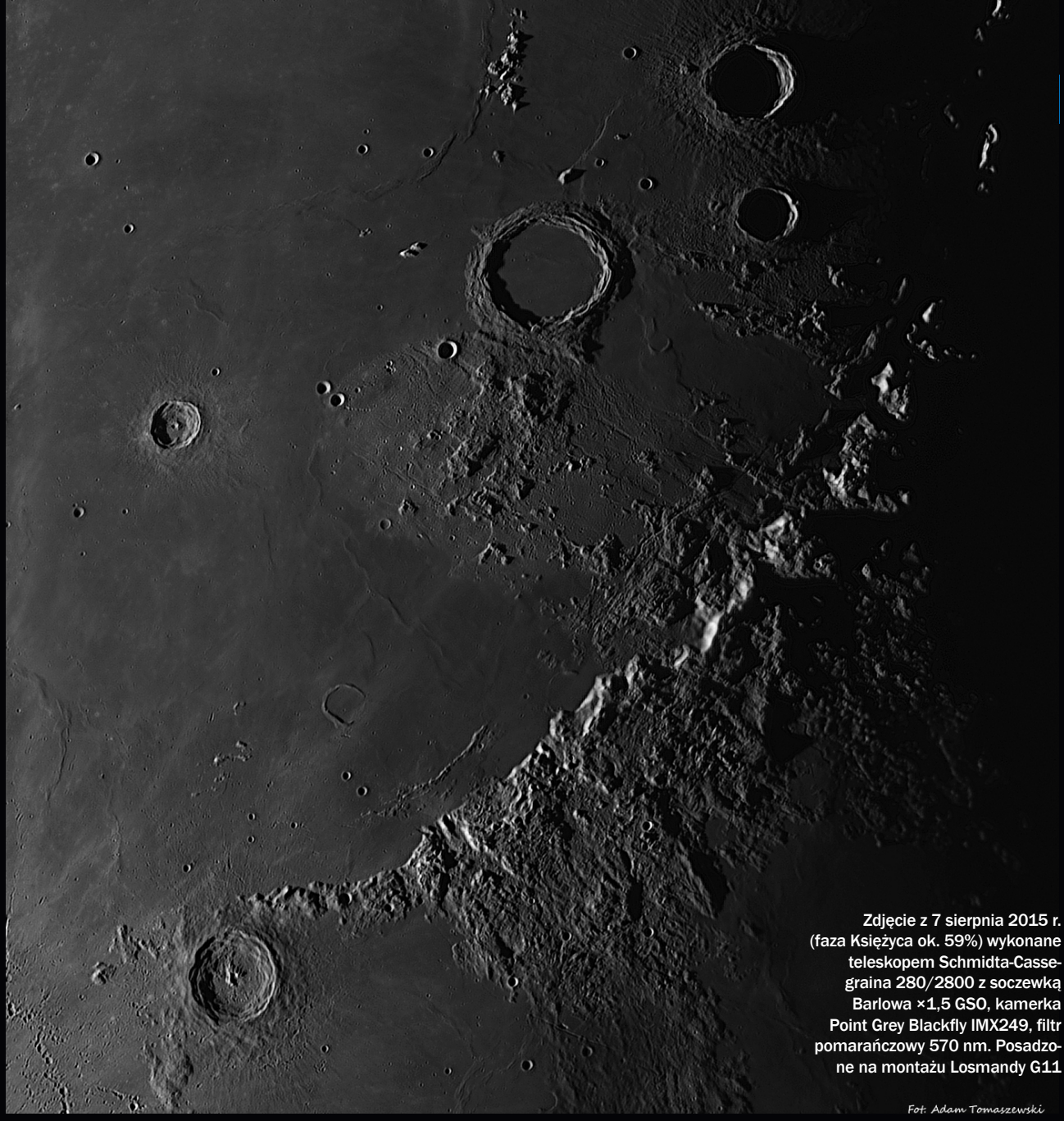
Jednym z ciekawszych kraterów w tym rejonie jest Archimedes. Jego nazwa pochodzi od słynnego greckiego filozofa, obserwatora przyrody i matematyka. Był on genialnym konstruktorem, a przekonali się o tym doskonale starożytni Rzymianie podczas II wojny punickiej. Niestety, zginął w czasie zdobywania miasta z rąk Rzymian. Zapisał się na stałe na kartach historii dzięki wybitnym odkryciom: prawo Archimedesa, zasada dźwigni, prawa równi pochyłej, środek ciężkości, aksjomat Archimedesa oraz pojęcie siły. Krater nazwany jego imieniem ma 83 km średnicy i 2,1 km głębokości. Dno krateru zalane przez lawę jest jest płaskie i nie posiada centralnego szczytu. Znajdują się tam rozproszone „wstęgi" jaśniejszej materii naniesionej najprawdopodobniej przez impakt, który stworzył krater Autolykos. Jest największym tworem pouderzeniowym na całym Morzu Deszczów. Jego ściana zewnętrzna jest wyraźnie pojaśniona przez materiał skalny wyrzucony podczas impaktu. Górna część jego ściany wewnętrznej ma strukturę tarasową. W południowo-wschodniej części rozciąga się 30 km trójkątny cypel. Archimedes jest na tyle okazałym kraterem, że nie potrzeba dużego teleskopu do jego obserwacji. Fantastycznie prezentuje się cień rzucany przez jego zbocza (szczególnie zachodnie), który jest mocno poszarpany i bardzo szybko zmienia kształt.

Niezwykle ciekawie prezentuje się również Montes Archimedes, pasmo górskie leżące na południe od Archimedesa wznoszące się na wysokość ok. 2 km. W kierunku północnym znajduje się kolejny górzysty twór zwany Montes Spitzbergen, leżący na Morzu Deszczów. Ich długość wynosi ok. 60 km, a w najszerszym miejscu osiągają 25 km. Są najprawdopodobniej pozostałością wewnętrznego pierścienia krateru, który został zalany lawą. Do ich dokładniejszych obserwacji potrzebny będzie już większy teleskop, minimum 250 mm.

W kierunku południowo-wschodnim od Archimedesa leży równina Palus Putredinis (Bagno Zgnilizny), rozciągająca się na ponad 150 km. W tych okolicach rozbiła się Łuna 2. Jest to niemal idealnie płaska powierzchnia pokryta lawą, znajduje się tam również system rowów zwany Rimae Archimedes. Największymi rowami na tym obszarze są Rimae Bradley, Rimae Hadley oraz Rimae Fresnel o długości kolejno 161 km, 80 km oraz 90 km. Warto dodać, że w okolicach północnej części tego drugiego lądował Apollo 15 (miejsce zaznaczone na zdjęciu poniżej).

Na zachód, tuż obok Archimedesa, znajduje się krater Autolykos o średnicy 39 km i głębokości 3,4 km. Jego nazwa wywodzi się z mitologii greckiej. Autolykos był synem Hermesa i Chione, mężem Amfitei oraz ojcem Antyklei (matka Odyseusza). Pierścień tego krateru jest nieregularny, jednak generalnie można nazwać go okrągłym. Ma niewielki zewnętrzny wał oraz nieregularne dno bez centralnego szczytu. Cechą charakterystyczną jest system jasnych „promieni" rozciągających się na 400 km. Są one charakterystyczne dla tworów z okresu kopernikańskiego. Część materiału skalnego wyrzuconego z Autolykosa nachodzi na Archimedesa, dzięki czemu można stwierdzić, że powstał później.

Nieco na północ znajduje się krater Aristillus o średnicy 56 km i głębo-



Zdjęcie z 7 sierpnia 2015 r. (faza Księżyca ok. 59%) wykonane teleskopem Schmidta-Cassegraina 280/2800 z soczewką Barlowa ×1,5 GSO, kamerka Point Grey Blackfly IMX249, filtr pomarańczowy 570 nm. Posadzone na montażu Losmandy G11

Fot. Adam Tomaszewski

kości 3,6 km. Nazwę swą zawdzięcza greckiemu astronomowi żyjącemu w ok. 3 w. p.n.e. Jest to najmłodszy krater z całej omawianej trójki w tych okolicach. Również posiada system „promieni" o długości do 600 km, które nachodzą zarówno na Autolykosa, jak i Archimedesa. Posiada nieregularne, strome zbocza zewnętrzne oraz tarasowo ukształtowane wewnętrzne. Gdy światło pada pod bardzo niskim kątem, prezentują się fenomenalnie nawet w niezbyt dużym teleskopie. Dno krateru nie zostało zalane przez lawę, a w centrum znajduje się formacja górska składająca się z trzech szczytów o maksymalnej wysokości 0,9 km.

Na południe od powyżej omawianych kraterów rozciąga się potężne pasmo górskie — Apeniny — od krateru Eratostenes od południa, skręcając w kierunku wschodnio-północnym, aż do gór Kaukaz. Te dwa łańcuchy górskie są od siebie oddzielone przez przesmyk łączący Morze Deszczów z Morzem Jasności. Łańcuch ten jest mocno poszarpany, z dużą ilością szczytów górskich, z których największy jest Mons Huygens o wysokości ok. 5,5 km i średnicy ok. 45 km. Piękno Apenin bardzo trudno opisać słowami, gra świateł jest bardzo dynamiczna, cienie rzucane przez szczyty mają różnorodne kształty i bardzo szybko się zmieniają. To po prostu trzeba zobaczyć!

Ostatnim kraterem, jaki chciałbym opisać, jest Eratostenes. Jego średnica wynosi ok. 58 km a głębokość ok. 3,6 km. Nazwę swą zawdzięcza Eratostenesowi, greckiemu matematykowi, astronomowi, filozofowi, geografowi i poecie, żyjącemu na przełomie III i II w. p.n.e. Postać ta wsławiła się dzięki wyznaczeniu obwodu Ziemi, oszacowaniu odległości Księżyca i Słońca od Ziemi oraz niemal idealnie określeniu daty zdobycia Troi. Krater leży na zachodnim podnóżu Apenin. Charakteryzuje się tarasową strukturą ściany wewnętrznej, stosunkowo nierównym zewnętrznym wałem oraz nieregularnym dnem, w którego centrum znajduje się centralny szczyt o wysokości maksymalnej ok. 1,5 km. Jest on stosunkowo starym kraterem, powstał ok. 3,2 mld lat temu, zapoczątkowując okres w historii Księżyca zwany eratosteńskim. Na jego obszarze leży materiał skalny wyrzucony z krateru Kopernik, który ma wyższe albedo. Krater ten prezentuje się fenomenalnie, szczególnie gdy światło pada pod bardzo niskim kątem. Można podziwiać wtedy strukturę jego ściany wewnętrznej z pomału odsłaniającymi się „tarasami" oraz okoliczne nieregularności. Właściciele większych teleskopów mogą pokusić się o obserwacje szczegółów szczytu centralnego.

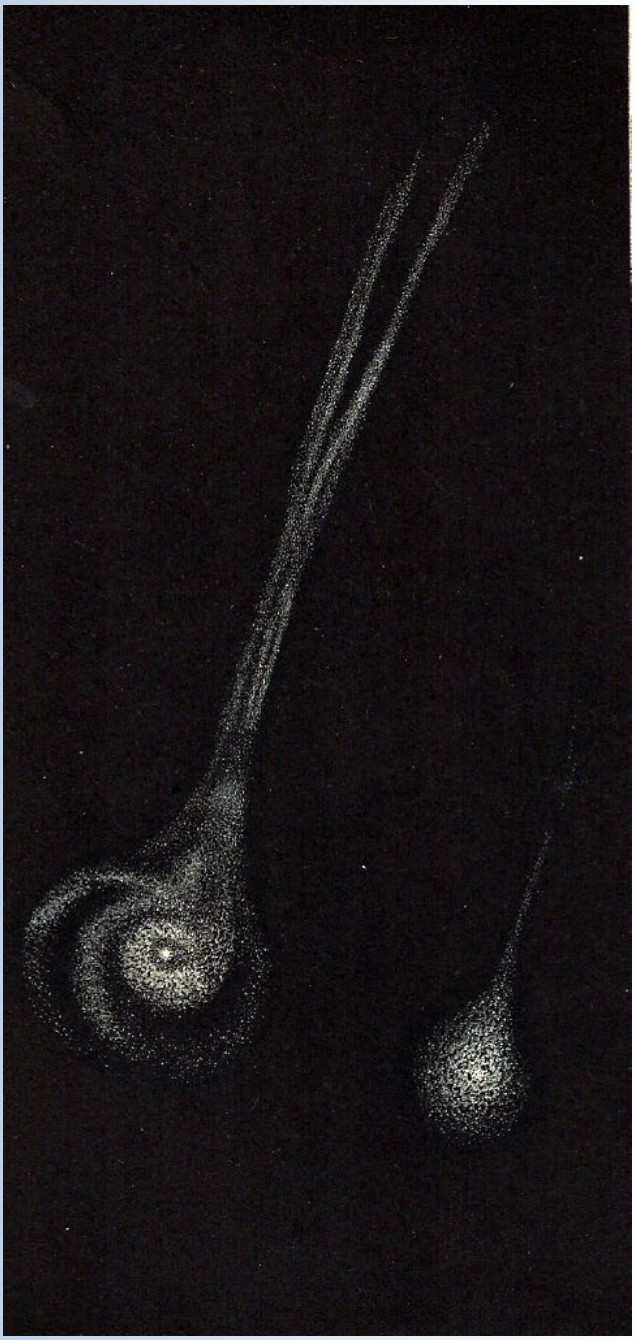
Adam Tomaszewski

Podstawy nauki o meteorach

Niniejszy tekst powstał w oparciu o wydany w 2008 „Handbook for Meteor Observers", podręcznik wydany przez International Meteor Organization będący aktualnym i przystępnym wprowadzeniem w świat współczesnej nauki o meteorach. W trzecim odcinku zajmiemy się meteoroidami.

Meteoroidy

Pierwsze próby porównywania orbit meteoroidów z orbitami ciał Układu Słonecznego podjęte zostały w 1860 r., kiedy wielu autorów opublikowało prace wiążące duże roje meteorowe ze znanymi wówczas kometami. Początkowo były to prace teoretyczne, na spektakularne potwierdzenie trzeba było poczekać do roku 1872.



Rys. 1. Kometa Biela w lutym 1846 r. E. Weiss, „Bilderatlas der Sternenwelt, 1888"

W 1826 r. kapitan austriackiej armii Wilhelm von Biela odkrył kometę, która otrzymała nazwę 3D/Biela. Okazało się, że jest to ta sama kometa, którą dostrzeżono w 1805 r. oraz wcześniej w roku 1772. Biela i inni badacze przeprowadzili obliczenia, wykazując bardzo krótki okres obiegu komety wynoszący jedynie 6,7 roku. Kometa wróciła ponownie w 1832 r., ale w roku 1839 nie została dostrzeżona z powodu niekorzystnego umiejscowienia względem Słońca. Podczas kolejnego powrotu na przełomie 1845 i 1846 roku dostrzeżono rzecz niezwykłą — kometa rozpadła się na dwie. Obie komety powróciły w okolice Słońca w 1852 r., odległe od siebie o 1,5 mln km. Więcej nie obserwowano już kolejnego powrotu ich w roku 1859 ani w 1865. W 1867 r. Edmund Weiss i Heinrich d'Arrest niezależnie zauważyli, że obserwowany co jakiś czas na początku grudnia rój meteorów ma radiant w gwiazdozbiorze Andromedy i może mieć jakiś związek z kometą Biela. Prace obliczeniowe obu badaczy zdawały się potwierdzać związek komety i roju, co więcej, 27 listopada 1872 r. miało dojść do wielkiego deszczu meteorowego. Ta pierwsza w historii prognoza aktywności okazała się trafna. Faktycznie doszło wówczas do ogromnego wybuchu aktywności. Kolejny deszcz Andromedydów wystąpił w listopadzie 1885 r. Perturbacje pochodzące od wielkich planet zmieniły niestety orbitę strumienia i w kolejnych latach wielkich deszczy Andromedydów już nie obserwowano.

Ewolucja strumieni meteoroidów

Meteoroidy krążące w przestrzeni ulegają wpływom różnych czynników — są to czynniki grawitacyjne, takie jak perturbacje, i czynniki niegrawitacyjne, takie jak na przykład ciśnienie promieniowania. Orbita meteoroidu ewoluuje od momentu jego powstania, a badanie tej ewolucji pozwala przewidywać zachowania rojów meteorowych obserwowanych z Ziemi. Ewolucja orbit meteoroidów nie została jeszcze do końca poznana, wiele czynników rozpatrywanych jest tylko teoretycznie, istnieje też wiele wątpliwości.

W czasie gdy kometa zbliża się do Słońca, jej jądro zaczyna powoli sublimować. Z powierzchni komety uwalniany jest gaz oraz cząstki pyłu uwięzione wcześniej w kometarnym lodzie. Uwalnianie to odbywa się w wyizolowanych aktywnych obszarach jądra obserwowanych bezpośrednio za pomocą sond kosmicznych. Nie jest do końca jasne, jaką prędkość mogą osiągnąć wyrzucane ziarna pyłowe. Zapewne ich część jest wyrzucana z prędkością większą niż prędkość ucieczki z jądra komety, rozpoczynając samodzielną podróż przez Układ Słoneczny, część opada ponownie na powierzchnię jądra, pokrywając je ciemną warstwą pyłową. Prędkości wyrzutu cząstek pyłowych z jądra komety są znaczne. Mieszczą się one w szerokim zakresie, od dziesiątków metrów na sekundę do nawet kilometra na sekundę. W przypadku komety Halleya tworzącej roje Orionidów i Eta Akwarydów, cząsteczki są wyrzucane z prędkościami od 0,5 do 1 km/s. Dla porównania — prędkość ucieczki z jądra komety Halleya to tylko 3 m/s.

Po uwolnieniu z jądra kometarnego każda cząsteczka staje się samodzielnym ciałem niebieskim okrążającym Słońce

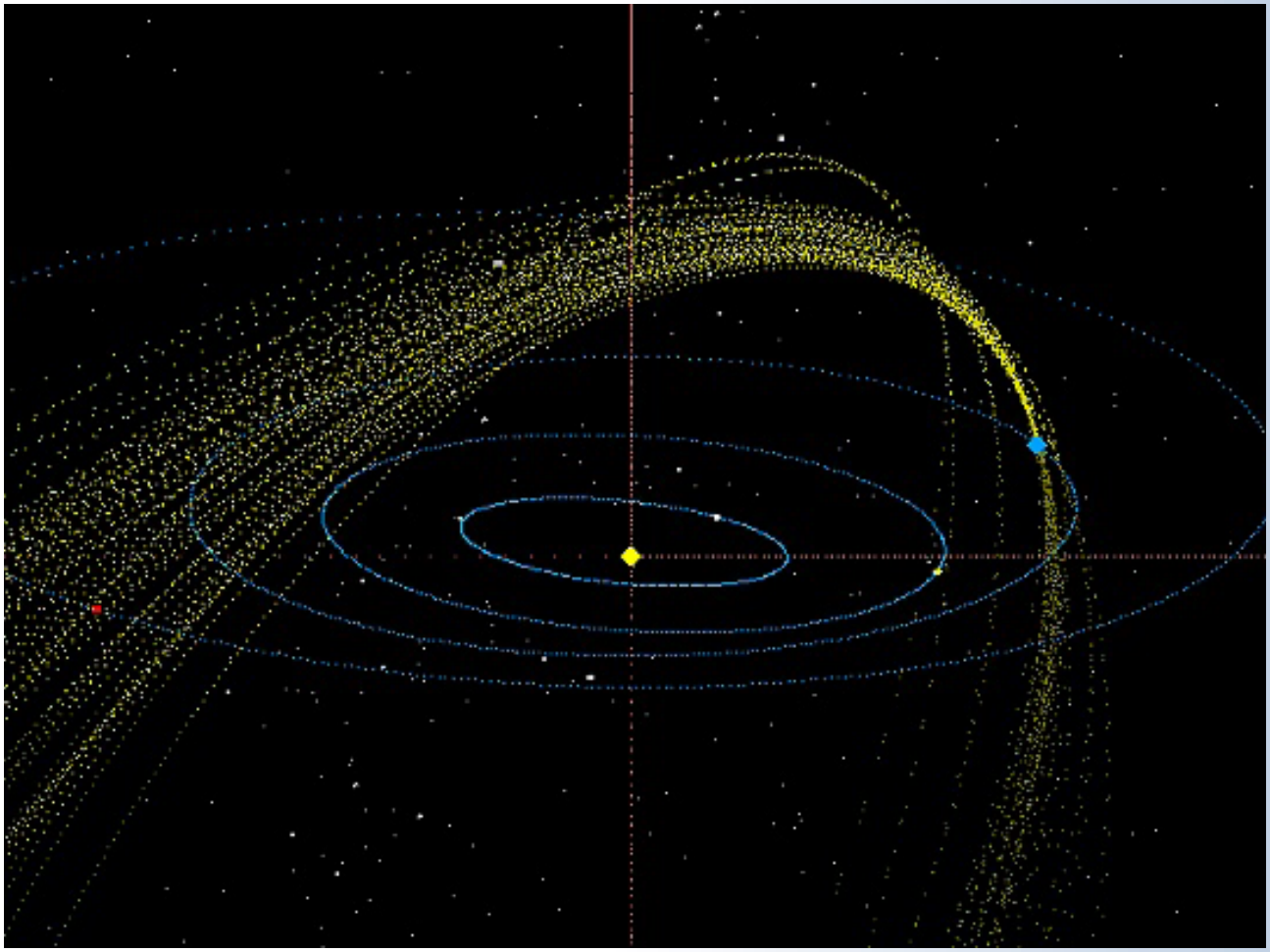
po obicie eliptycznej. Orbita ta różni się nieznacznie od pierwotnej orbity kometarnej. Różnice te mają dwie podstawowe przyczyny. Po pierwsze, cząsteczka wyrzucona została z komety z pewną prędkością i w pewnym kierunku, którą dodaje się do pierwotnej prędkości i kierunku komety macierzystej. W ten sposób powstaje nowa, nieco inna orbita. Po drugie, na cząstkę działa ciśnienie promieniowania działające w kierunku odsłonecznym, które największy wpływ wywiera na cząsteczki z jądra komety podczas ich przejścia przez peryhelium. Wpływ prędkości wyrzutu i kierunku wyrzutu cząsteczek z jądra powoduje powstanie niemal równomiernego rozrzutu elementów orbitalnych, natomiast wpływ ciśnienia promieniowania skutkuje poszerzaniem się pierwotnych orbit. Stopniowa zmiana elementów orbitalnych powoduje powstawanie chmury pyłowej stopniowo rozciągającej się wokół orbity komety macierzystej. Po wielu powrotach komety w okolice Słońca powstaje pierścień pyłowy rozciągający się wzdłuż całej orbity. Czas, w jakim powstaje taki strumień, jest uzależniony od wielu czynników, takich jak rozmiar jądra, odległość peryhelium czy też rozmiar samej orbity.

Na podstawie różnych modeli otrzymano dość znacznie różniące się czasy formowania strumienia. Generalnie cząsteczki mniejsze (przykładowo o wadze 2 mg), znacznie bardziej podatne na wpływy niegrawitacyjne, jako pierwsze tworzą strumień wzdłuż orbity. Ewolucja cząstek większych (przykładowo o wadze 0,5 g), wywołujących meteory obserwowane wizualnie jest wolniejsza i czas, w jakim tworzą one pełny pierścień, jest kilka razy dłuższy. Przykładowo dla Geminidów czas powstawania strumienia z drobnych cząstek to około 16 lat, czas powstawania strumienia wizualnego to 40 lat. Warto pamiętać, że Geminidy poruszają się po orbicie o bardzo krótkim okresie obiegu. Dla odmiany czasy te dla Kwadrantydów są wielokrotnie dłuższe, tutaj czas formowania się strumienia sięga 800 lat. Uogólniając wyniki symulacji, można powiedzieć, że przeciętnie formowanie strumienia odbywa się w czasie kilkudziesięciu obiegów komety.

Po uformowaniu strumienia mamy do czynienia z typowym rozkładem orbit i cząsteczek wokół orbity komety macierzystej. Przykład takiego rozkładu dla strumienia Perseidów przedstawiono na rysunku.

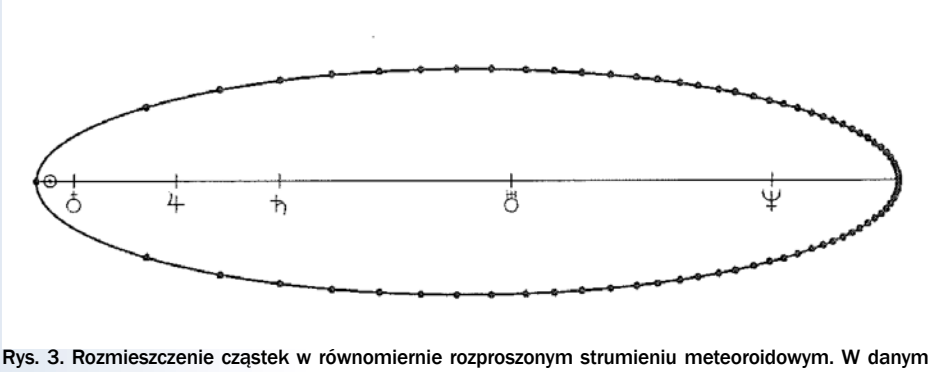
Jeśli chodzi o rozkład położenia cząsteczek, to tylko niewielka ich część znajduje się w pobliżu peryhelium, a to z prostej przyczyny — na eliptycznych orbitach ciała spędzają większość czasu, przemieszczając się gdzieś daleko, w okolicach aphelium. Pomijając ten oczywisty fakt, możemy spodziewać się większego zagęszczenia świeżo wyrzucanych cząstek w sąsiedztwie komety macierzystej. Tak też w istocie jest. W latach, w których kometa macierzysta roju przechodzi przez peryhelium, obserwuje się często wzmożoną aktywność roju. Świetnym przykładem jest tu rój Leonidów. Bardzo wysoką aktywność obserwowano w latach poprzedzających lub następujących po przejściu komety Tempel-Tuttle przez peryhelium, w latach odległych od momentu peryhelium obserwowana aktywność jest znacznie słabsza i wynika z obecności starych cząstek rozciągniętych wzdłuż całej orbity.

Z biegiem czasu kometa macierzysta traci swoją aktywność. Jednocześnie różnego rodzaju siły, takie jak perturba-



Rys. 2. Orbity Perseidów, fragment strumienia w pobliżu Peryhelium. Widoczne przecięcie strumienia z orbitą Ziemi

cje czy ciśnienie promieniowania wciąż działają na cząsteczki strumienia. Strumień, który początkowo znajdował się wzdłuż orbity kometarnej, stopniowo zaczyna się rozpraszać. Różnice elementów orbitalnych są coraz większe i stopniowo cząsteczki opuszczają strumień. Słabnąca aktywność komety nie zapewnia już odpowiedniej ilości nowych cząstek. Obserwujemy rozpraszanie strumienia, które dla nas, obserwatorów na Ziemi jest widoczne w dość charakterystyczny sposób. O ile młode strumienie wykazują krótkotrwałą, ale dość znaczną aktywność, o tyle te rozproszone mają dość niskie i płaskie maksima, ich aktywność nie robi na nikim wrażenia, natomiast meteory należące do strumienia można obserwować całymi tygodniami. W skrajnym wypadku aktywność roju może rozciągać się nawet na miesiąc lub dwa z niewielkim tylko wzrostem aktywności w pobliżu maksimum.



Rys. 3. Rozmieszczenie cząstek w równomiernie rozproszonym strumieniu meteoroidowym. W danym momencie tylko nieliczne cząstki przechodzą przez peryhelium. Obrazek przedstawia orbitę Perseidów, zaznaczono orbity planet Układu Słonecznego (Hughes, 1993)

Powyższy schemat jest pewnym uproszczeniem, a rzeczywistość bardziej skomplikowana i niepewna. Meteoroidy nie są w rzeczywistości równomiernie rozmieszczone wzdłuż orbity komety macierzystej. Strumienie są strukturą złożoną z indywidualnie ewoluujących pasm pyłowych pochodzących z różnych przejść przez peryhelium, z różnych okresów aktywności komety. Często w przypadku dużych rojów obserwujemy pewnie nieregularności, lokalne maksima aktywności czy też złożone wielokrotne maksima. Jest to efekt obecności filamentów — młodych, nierozproszonych jeszcze podstrumieni.

Starzenie się roju meteorowego i jego rozpraszanie są bardzo silnie uzależnione od rodzaju orbity, po jakiej krążą cząsteczki wchodzące w jego skład. Strumienie krążące w płaszczyźnie ekliptyki po orbitach krótkookresowych są rozpraszane błyskawicznie. Dla odmiany strumienie krążące po rozciągniętych i silnie nachylonych orbitach eliptycznych zachowują się dość stabilnie i mogą istnieć w niewiele zmienionej postaci przez tysiące lat. Przykładem takiego stabilnego roju są Lirydy obserwowane co najmniej od 687 r. p.n.e. Ciekawą cechą strumieni krążących w płaszczyźnie ekliptyki jest ich podział na części północne i południowe. Najbardziej znanym przykładem są Taurydy podzielone na część północną i południową. Cząsteczki strumienia ulegają silniejszym perturbacjom podczas przejścia w pobliżu planet Układu Słonecznego. Zazwyczaj mamy tu na myśli planety olbrzymy. Szczególnie duży wpływ na materię krążącą w Układzie Słonecznym ma Jowisz. Nie możemy też zapominać o wpływie grawitacyjnym naszej Ziemi — jest on bardzo mały w porównaniu z jowiszowym, ale dotyczy akurat tych meteoroidów, które wywołują zjawiska widoczne z Ziemi. Ogromna część tej materii nie wpada do atmosfery i krąży dalej, ale po bliskim przejściu w pobliżu Ziemi krąży po delikatnie innej orbicie.

Typowym efektem obserwowanym przy ewolucji orbitalnej rojów jest ruch węzłów orbitalnych, czyli ruch miejsca, w którym strumień przecina płaszczyznę ekliptyki. W przypadku gdy nachylenie orbity strumienia jest mniejsze od 90°, ruch jest wsteczny. Efekt ten wpływa na stopniowe przesuwanie się momentu maksimum. Dla orbit o nachyleniu poniżej 90° maksimum ma miejsce coraz wcześniej, dla strumieni poruszających się ruchem wstecznym maksimum przypada coraz później. Efekty te są zauważalne na przestrzeni setek lat. Jednocześnie wskutek perturbacji może zmienić się nachylenie orbity i jej rozmiar. Wszystkie te efekty są w stanie zmienić odległość pomiędzy orbitą strumienia a orbitą ziemską i mogą mieć wyraźny wpływ na obserwowaną z Ziemi aktywność roju. Wyrazistym przykładem jest rój Kwadrantydów. Ten duży strumień nie był obserwowany przed 1830 r. Wskutek perturbacji jego orbita znalazła się odpowiednio blisko orbity ziemskiej i od XIX w. jest to jeden z najbardziej aktywnych rojów naszego nieba. Również rój Geminidów powoli zmienia swoje położenie i za kilkaset lat przestanie być widoczny.

Zmiana średnich elementów orbitalnych strumienia w długiej skali czasowej to wypadkowa perturbacji wielu jego cząstek w różnym czasie. Oczywiste jest, że w krótkim czasie perturbacje różnie działają na różne części strumienia. Wyobraźmy sobie sytuację, w której Jowisz zbliża się do orbity strumienia. Cząsteczki, które akurat znalazły się w pobliżu ekliptyki i w pobliżu Jowisza, są zaburzane bardzo silnie, natomiast cząsteczki znajdujące się w dalekich częściach strumienia praktycznie nie zostają zaburzone. W takich sytuacjach zmieniona (niekiedy znacznie) zostaje część strumienia, a skutki tej zmiany mogą być dość niespodziewane.

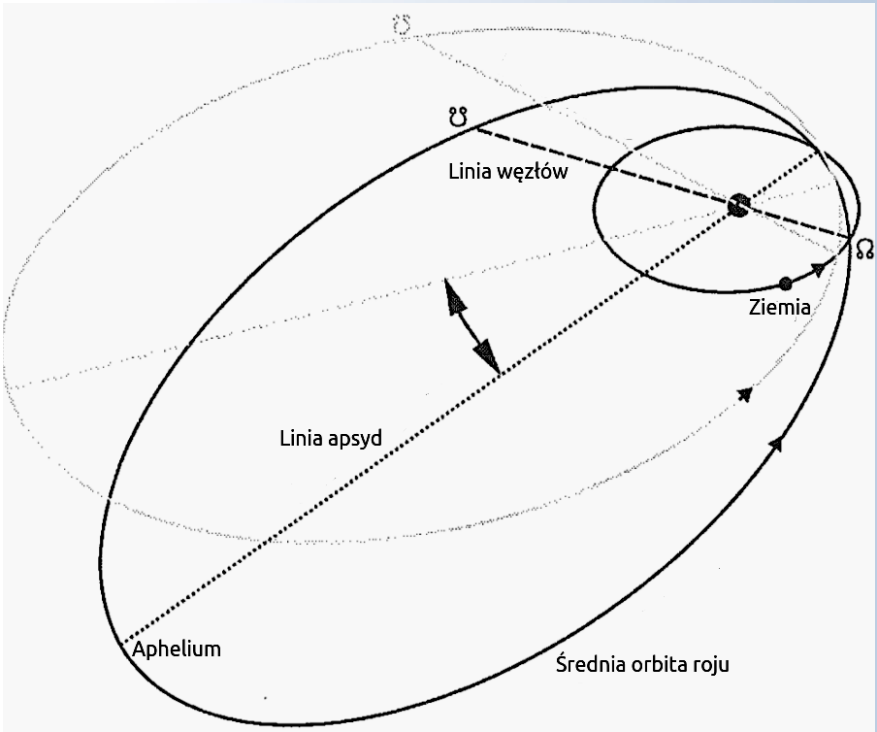
Niewiele dotąd wspominaliśmy o ciśnieniu promieniowania. Jest to jeden z efektów niegrawitacyjnych, mających znaczący wpływ na ewolucję orbitalną strumieni. Fotony uderzające w drobne meteoroidy powodują powstawanie siły skierowanej odsłonecznie. Im mniejszy meteoroid, tym większy wpływ ciśnienia promieniowania — im mniejszy meteoroid, tym większy stosunek powierzchni do masy; dla drobnego pyłu o rozmiarach mikrometrowych wpływ promieniowania na orbitę jest ogromny. Tak małe cząstki są dość szybko usuwane z Układu Słonecznego.

Dwa inne efekty brane pod uwagę przy modelowaniu strumieni to efekt Poyntinga-Robertsona oraz efekt Jarkowskiego. Mogą one zarówno przyspieszać, jak i hamować ciało w ruchu orbitalnym. Cząsteczka krążąca po orbicie jest oświetlana promieniowaniem słonecznym, absorbując je, nagrzewa się. Następnie w postaci promieniowania podczerwonego następuje reemisja w różnych kierunkach. Wskutek efektu Dopplera promieniowanie emitowane w kierunku ruchu jest nieznacznie przesunięte w kierunku krótszych długości fal, promieniowanie w kierunku przeciwnym do ruchu jest przesunięte ku falom dłuższym. Minimalna różnica w energii emitowanych fotonów wywołuje minimalne hamowanie ciała w ruchu orbitalnym. W długim okresie czasowym ten delikatny efekt ma wyraźny wpływ na rozmiar orbity i sam w sobie prowadzi do stopniowego opadania ciała po spiralnej trajektorii w kierunku Słońca. Efekt Jarkowskiego ma wpływ

na nieco większe, szybko obracające się cząsteczki nie będące w stanie równowagi termicznej. Cząstki takie, rotując, wypromieniowują ciepło w różnych kierunkach, tracąc lub zyskując moment pędu w zależności od sposobu rotacji. Wszystkie te efekty działają jednocześnie w mniejszym lub większym stopniu na ciało krążące wokół Słońca. To, który z efektów dominuje, zależy od rozmiaru ciała i od odległości od Słońca. Rzeczywista ewolucja orbitalna jest złożona i zwykłe modelowanie grawitacyjne nie do końca pozwala przewidzieć dalsze losy strumienia.

Wydaje się, że działanie wszystkich wymienionych efektów rozprasza strumienie meteoroidów w czasie rzędu 10 tys. lat. To bardzo niewiele, zważywszy na czas istnienia naszego Układu Słonecznego. Daje to też pewne pojęcie o pochodzeniu meteoroidów sporadycznych. Bardzo duża ich część wchodziła niegdyś w skład dużych i nieznanych nam rojów. Pierwsi ludzie zamieszkujący jaskinie podziwiali zupełnie inne deszcze „spadających gwiazd", być może znacznie bardziej okazałe niż obecnie.

Przemysław Żołądek



Rys 4. Zmiana położenia średniej orbity strumienia w dłuższym okresie czasu wskutek działania perturbacji grawitacyjnych. Kolorem szarym zaznaczono orbitę pierwotną, kolorem czarnym orbitę zmienioną

Nowe meteoryty odnalezione na podstawie danych Europejskiej Sieci Bolidowej

Jak informuje Instytut Astronomii Czeskiej Akademii Nauk w Ondrejovie wieczorem, w niedzielę 6 marca 2016 r. doszło do upadku meteorytu w okolicach miasta Stubenberg na pograniczu niemiecko-austriackim. Jednocześnie w stacjach Europejskiej Sieci Bolidowej zaobserwowano bolid EN060316 o jasności –15,5 mag. Bolid zaobserwowany został dokładnie o godzinie 21:36:51 UT przez stacje Churanov, Kocelovice, Kunzak, Ondrejov, Ruzova i Svratouch. Uzyskano fotograficzne obrazy bolidu, krzywe blasku z czujników pojaśnienia tła nieba oraz widmo fotograficzne zawierające około 60 linii. Meteoroid wchodząc do atmosfery ważył około 600 kg i miał około 70 cm średnicy. Pojawił się na wysokości 86 km w pobliżu miasta Mattighofen w Austrii. Poruszał się po bardzo stromej trajektorii nachylonej pod kątem 70 stopni. Przelot bolidu trwał 5,5 sekundy, a zjawisko przestało być widoczne na wysokości zaledwie 17 km z końcówką położoną w pobliżu miasta Braunau am Inn. Wysokość końcowa bolidu jest wyjątkowa, jak podkreślają czescy badacze; w kilkudziesięcioletniej historii badań obserwowano tak małą wysokość końcową tylko w wyjątkowych przypadkach. Zebrane dane pozwoliły stwierdzić, że bez wątpienia doszło tu do upadku wielu meteorytów. Na podstawie analizy krzywej zmian blasku stwierdzono, iż na powierzchnię Ziemi spadły liczne odłamki o szerokim spektrum mas — od fragmentów o masie kilku gramów do meteorytów o masie około jednego kilograma.

Bolid z 6 marca 2016 r. zarejestrowany przez automatyczną kamerę Czeskiej Sieci Bolidowej na stacji w Kocelovicach. Fot. Astronomický ústav AV ČR

Obszar spadku leży w większości na terytorium Niemiec, na północ od rzeki Inn. Od zachodu obszar ograniczony jest przez miasto Stubenberg, od wschodu przez miasto Ering przy czym meteoryty o największej masie znajdują się w pobliżu miasta Stubenberg. O zjawisku poinformowano 17 marca 2016 r. Pomiędzy momentem zjawiska a momentem ogłoszenia wyników zorganizowano ekspedycję do obszaru spadku. Już 12 marca odnaleziono pierwszy, 45-gramowy fragment meteorytu. Dość szybko przekazano do badań fragment o wadze 1,6 g, a z przeprowadzonych analiz wynika, że mamy tu do czynienia z chondrytem typu LL6. Aktualnie w obszarze spadku trwają szeroko zakrojone poszukiwania. Na dzień 8 kwietnia wiadomo było o odnalezieniu 5 meteorytów.

Przemysław Żołądek (www.pkim.org)

LIX OLIMPIADA ASTRONOMICZNA

W dniach 3–6 marca odbył się finał kolejnej, LIX Olimpiady Astronomicznej. Zawody finałowe tradycyjnie zostały przeprowadzone w Planetarium Śląskim w Chorzowie. W tym roku do zawodów stopnia centralnego zostało zakwalifikowanych 21 uczestników z całej Polski. Licealiści zmierzyli się nie tylko z zadaniami teoretycznymi — pod sztucznym niebem planetarium musieli również wykazać się dobrą znajomością nieba oraz umiejętnościami praktycznymi. Mimo oczekiwań, że w tym roku uda się przeprowadzić zadanie obserwacyjne, pogoda po raz kolejny nie dopisała. Choć na podjęcie ostatecznej decyzji Komitet Główny czekał do ostatniej chwili z nadzieją na poprawę warunków, obserwacje się nie odbyły. Zamiast tego uczestnicy spróbowali swoich sił w analizie danych.

Zwycięzczyni Olimpiady Zosia Kaczmarek (Liceum Akademickie w Toruniu) na rękach pozostałych Laureatów. Od lewej: Bartosz Dzięcioł (6 miejsce, XIII Liceum Ogólnokształcącego w Szczecinie), Mateusz Bronikowski (2 miejsce, I Liceum Ogólnokształcące im. Powstańców Śląskich w Rybniku), Cyryl Waśkiewicz (4 miejsce ex aequo, XIV Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica w Warszawie), Michał Wójcik (3 miejsce, III Liceum Ogólnokształcące im. Adama Mickiewicza w Tarnowie) i Patryk Rachwał (4 miejsce ex aequo, III Liceum Ogólnokształcące im. Adama Mickiewicza we Wrocławiu). Fot. Damian Jabłeka

Olimpiada Astronomiczna to jednak nie tylko sprawdzenie własnej wiedzy i rywalizacja o jak najlepszy wynik. Nieodłącznym i równocześnie bardzo istotnym elementem zawodów finałowych jest wspaniała atmosfera panująca wśród uczestników. Jako finalistka tegorocznej Olimpiady szczególnie doceniam możliwość spotkania wielu rówieśników o podobnych zainteresowaniach. Wymiana doświadczeń i wspólnie spędzony czas motywują do dalszego rozwijania naszej pasji, jaką jest astronomia. Cennym doświadczeniem są też dla nas spotkania z osobami, które również w dorosłym życiu aktywnie zajęły się tą dziedziną nauki i pokazują, że warto angażować się w to, co nas naprawdę interesuje. Udział w zawodach stopnia centralnego jest przeżyciem, które z pewnością na długo zapadnie w naszą pamięć.

Warto dodać, że w ostatnim czasie popularność Olimpiady Astronomicznej stale wzrasta. Dwa lata temu liczba uczestników Olimpiady od I etapu wyniosła zaledwie 92 osoby, w zeszłym roku osiągnęła liczbę 117 zawodników, a w tegorocznej edycji wzięło udział aż 137 uczniów. Fakt ten szczególnie cieszy, ponieważ świadczy o rosnącym zainteresowaniu młodzieży astronomią i sukcesie popularyzatorów tej dziedziny nauki.

Wyniki zmagań uczestników zostały ogłoszone w niedzielę 6 marca. Aż sześcioro z nas otrzymało tytuł Laureata Olimpiady. Szkoda więc, że dla jednej osoby zabraknie pewnie miejsca w reprezentacji Polski na 10. Międzynarodową Olimpiadę z Astronomii i Astrofizyki, która tym razem będzie miała miejsce w Indiach i odbędzie się w grudniu tego roku. Wszyscy pozostali uczestnicy otrzymali tytuły Finalisty.

Katarzyna Mikulska (Finalistka)

Wreszcie pojawiło się światełko w olimpijskim tunelu! Kultowa dziś książka „25 lat Olimpiad Astronomicznych" doczekała się kontynuacji o kolejną dekadę. Książeczka wydana przy subwencji Ministerstwa Edukacji Narodowej przez Planetarium Śląskie, zawiera treści zadań wszystkich etapów kolejnych 10 Olimpiad wraz z odpowiedziami. Pełne rozwiązania staramy się sukcesywnie publikować w „Uranii" – czekamy na propozycje! Lektura obowiązkowa dla nauczycieli i potencjalnych olimpijczyków. Do nabycia w Planetarium Śląskim i w sklepie Uranii: https://sklep.pta.edu.pl/.

Zbiór zadań z Olimpiad Astronomicznych XXVI-XXXV pod redakcją Henryka Chrupały, Marka T. Szczepańskiego i Stefana Janty., Wyd. Planetarium Śląskie, 2015, stron 97

Zadanie zawodów finałowych LIX Olimpiady Astronomicznej (2015/2016)

Treść zadania:

Współcześnie, energia promieniowania elektromagnetycznego wypełniającego Wszechświat, stanowi niewielką część energii związanej z materią Wszechświata. Wykaż, że nie zawsze tak było. W tym celu:

a) ustal, jak zmienia się gęstość energii promieniowania i materii barionowej wraz ze zmianą rozmiarów Wszechświata,

b) określ, ile współcześnie wynosi gęstość tych energii, wiedząc, że temperatura promieniowania wynosi 2,7 K i jest to promieniowanie ciała doskonale czarnego (czyli wspomniana gęstość opisana jest wzorem: $\frac{4\sigma \cdot T^4}{c}$), a materia barionowa stanowi 5% gęstości krytycznej, wynoszącej:

$$\frac{3\,H^2}{8\pi G}.$$

c) uwzględniając dane z punktów a) i b), znajdź wartość przesunięcia ku czerwieni *z*, dla której gęstość energii promieniowania i energii związanej z materią będą równe.

Uwagi:

— wzór opisujący związek przesunięcia ku czerwieni *z*, z rozmiarami Wszechświata (czynnikiem skali) ma postać: $z = \frac{R_w}{R_e} - 1$, gdzie $\frac{R_w}{R_e}$ jest stosunkiem rozmiarów Wszechświata (czynników skali) w chwili obecnej (R_w) i w chwili emisji fotonu (R_e),

— można przyjąć, że w tym przypadku liczba cząstek, w tym fotonów, nie ulega zmianie w trakcie ewolucji Wszechświata.

Rozwiązanie zwyciężczyni olimpiady:

a) Przyjmuję, że energia całkowita materii barionowej jest równa jej energii spoczynkowej: $E_{MB} = m_{MB} \cdot c^2$. Ponieważ przyjmujemy, że liczba cząstek materii barionowej jest stała, $m_{MB} = const$ i $E_{MB} = const$.

$$\eta_{MB} = \frac{E_{MB}}{V} \sim \frac{1}{V} \sim \frac{1}{R^3}$$

Gęstość energii materii barionowej zmienia się więc proporcjonalnie do $\frac{1}{R^3}$.

Jak zmienia się gęstość energii promieniowania? Liczba fotonów także jest stała. Jednak ich energia, w przeciwieństwie do energii barionów, zmniejsza się z upływem czasu. Podczas ekspansji Wszechświata wydłużeniu ulegają także fale — a energia fotonu, równa $\frac{hc}{\lambda}$, zależy właśnie od długości fali (jest to zjawisko przesunięcia fal ku czerwieni).

Ekspansja przebiega w taki sposób, że długość fali wzrośnie o taki sam ułamek, jak rozmiary całego Wszechświata: $\lambda \sim R$. Możemy zobaczyć, że wynika to z wzoru $z = \frac{R_w}{R_e} - 1$ (po rozwinięciu: $\frac{\lambda_w}{\lambda_e} - 1 = \frac{R_w}{R_e} - 1$).

Energia każdego fotonu (a więc i łączna energia wszystkich fotonów) zmaleje więc tyle razy, ile razy wzrośnie czynnik skali.

$$\eta_{pr} = \frac{E_{pr}}{V} \sim \frac{\left(\frac{1}{R}\right)}{R^3} = \frac{1}{R^4}$$

Do tych samych wniosków można dojść, korzystając z podanego w zadaniu wzoru: $\eta_{pr} = \frac{4\sigma T^4}{c}$.

Z prawa przesunięć Wiena $T = \frac{b}{\lambda_{max}}$, a zatem

$$\eta_{pr} = \frac{4\sigma T^4}{c} = \frac{4\sigma b^4}{c\lambda_{max}{}^4} \sim \frac{1}{\lambda_{max}{}^4} \sim \frac{1}{R^4}.$$

b) Gęstość energii materii barionowej wynosi obecnie:

$$\eta_{MB} = \frac{E_{MB}}{V} = \frac{m_{MB} \cdot c^2}{V} = \rho_{MB} c^2 = 0{,}05 \cdot \frac{3H^2}{8\pi G} \cdot c^2 =$$

$$= 4{,}14 * 10^{-11} \frac{J}{m^3}$$

Z kolei gęstość energii promieniowania jest równa:

$$\eta_{pr} = \frac{4\sigma T^4}{c} = 4{,}02 * 10^{-14} \frac{J}{m^3}$$

c) Gęstość energii promieniowania maleje szybciej niż gęstość energii materii barionowej. Wobec tego w przeszłości był moment, w którym ich gęstości były równe. Aby znaleźć przesunięcie ku czerwieni dla tego momentu, nie musimy wyliczać dokładnie, ile wynosiły te gęstości. Wystarczy, że posłużymy się ich stosunkiem, który oznaczę jako f:

$$f = \frac{\eta_{MB}}{\eta_{pr}}$$

$$f \sim \frac{\left(\frac{1}{R^3}\right)}{\left(\frac{1}{R^4}\right)}$$

$$f \sim R$$

Obecnie stosunek f wynosi $\frac{4{,}14 * 10^{-11}}{4{,}02 * 10^{-14}} = 1030$.

Poszukujemy przesunięcia ku czerwieni w momencie, kiedy był on 1030 razy mniejszy — a więc *R* musiało być wtedy 1030 razy mniejsze niż dzisiaj. Po podstawieniu do wzoru:

$$z = \frac{R_w}{R_e} - 1 = \frac{R_0}{\left(\frac{1}{1030}\right) R_0} - 1 = 1029 \approx 1000$$

Wartość przesunięcia ku czerwieni, dla której gęstości energii promieniowania i materii barionowej są równe, jest więc bliska 1000.

Otrzymana wartość przesunięcia ku czerwieni jest zadziwiająco wysoka — o wiele większa od rekordowych wartości, jakie obserwujemy. W kosmologii jednak takie przesunięcia ku czerwieni nie są niczym dziwnym. Wynik mówi wiele o skalach, z jakimi się w niej spotykamy (aż 1000-krotna zmiana rozmiarów całego Wszechświata!).

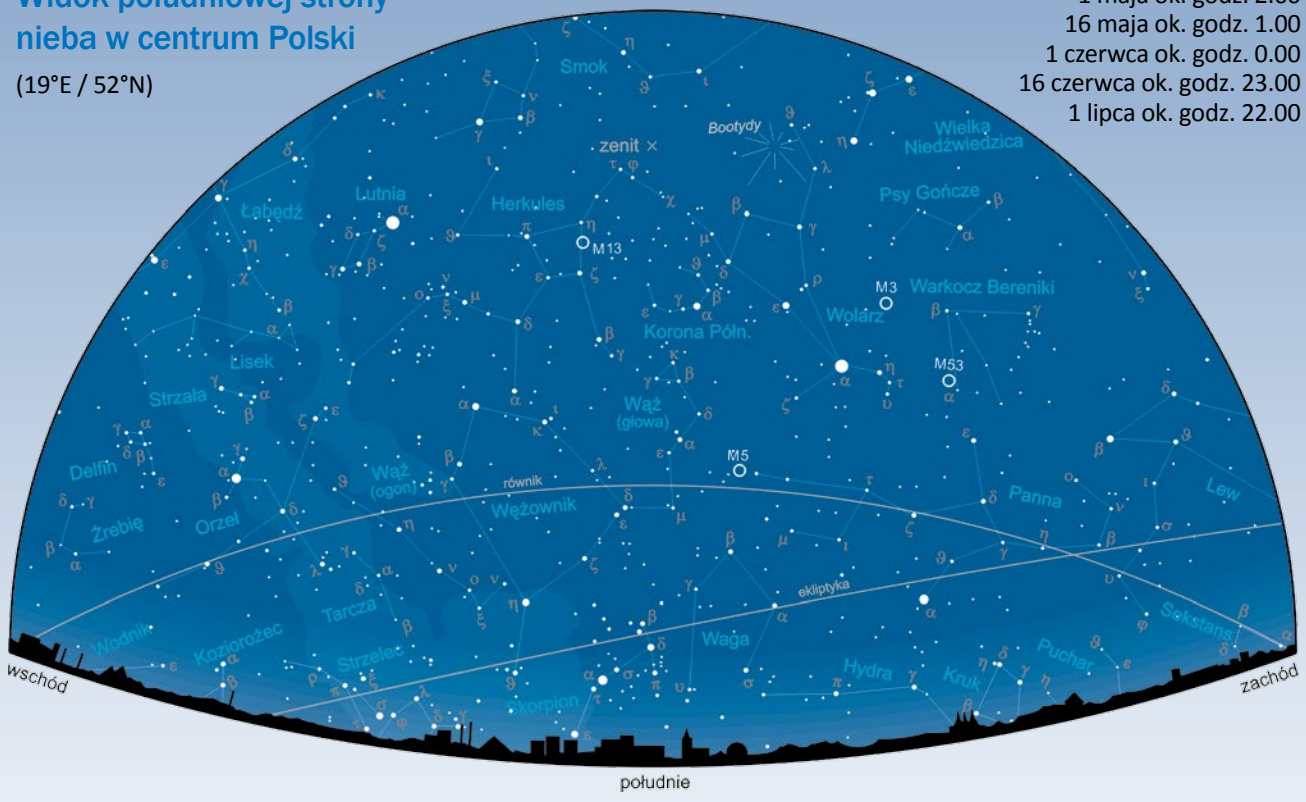
Zofia Kaczmarek

Niebo nad Polską

Widok południowej strony nieba w centrum Polski

(19°E / 52°N)

1 maja ok. godz. 2.00
16 maja ok. godz. 1.00
1 czerwca ok. godz. 0.00
16 czerwca ok. godz. 23.00
1 lipca ok. godz. 22.00



Niebo w maju i czerwcu 2016

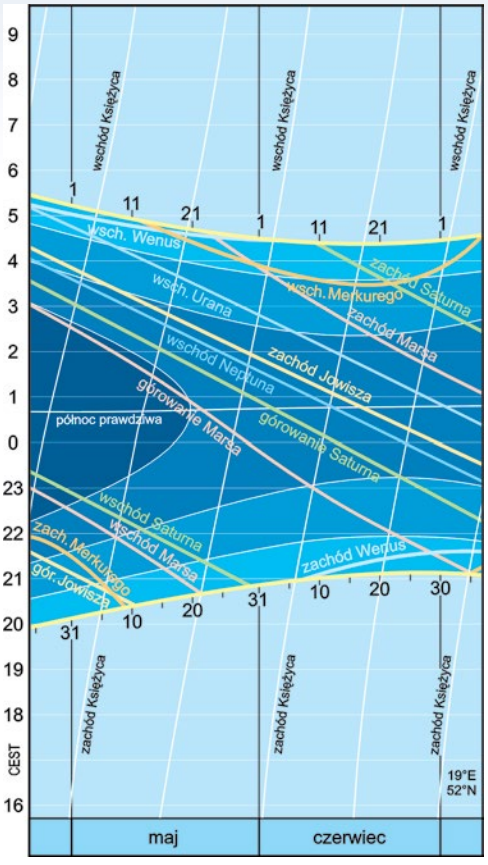
W sumie 61 dni maja i czerwca, to niemal w całości czas wydłużania się dni i skracania nocy, w związku z przypadającym krótko po północy z 20 na 21 czerwca letnim przesileniem. Jedynie przez ostatnie 10 dni tego okresu mamy odwrotną tendencję, kiedy jeszcze bardzo powoli, na powrót dnia zaczyna ubywać, by po kolejnych 6 miesiącach osiągnąć całkowicie przeciwną sytuację — najdłuższą noc podczas zimowego przesilenia.

W zasadzie bardziej niż dnie, z astronomicznego punktu widzenia powinny interesować nas noce, kiedy dostępnymi — czy to gołym okiem, czy też różnorodnymi instrumentami — stają się niezliczone obiekty, znikające za dnia w blasku słonecznego światła. Wprawdzie na pogodnym dziennym niebie gołym okiem możemy dostrzec Księżyc, jednak bez porównania lepiej prezentuje się on po zachodzie Słońca.

Jedynie nieliczne, rzadkie wydarzenia mają miejsce za dnia. To przede wszystkim zaćmienia Słońca, możliwe jednak do obserwacji na ograniczonym obszarze Ziemi i jeszcze rzadsze przejścia planet dolnych — Wenus lub Merkurego — pomiędzy Ziemią i Słońcem, co obserwujemy jako tzw. tranzyt. Takie właśnie zjawisko czeka nas 9 maja od wczesnych godzin popołudniowych aż do zachodu Słońca. Na krańcach północno-zachodnich Polski, w związku z najpóźniejszym tam zachodem Słońca, obserwować będzie można całe zjawisko — od wkroczenia aż do zejścia ciemnego punkciku tarczki Merkurego ze słonecznej tarczy. Na pozostałym terenie, podczas ostatniej fazy tranzytu Słońce będzie już pod horyzontem. Szczegóły dotyczące przebiegu i uwagi odnośnie obserwacji opisujemy w artykule „Tranzyt Merkurego — zjawisko roku 2016".

Letnie przesilenie, wypadające w tym roku 21 czerwca o godz. 0.34, skutkuje jedną z dwóch w roku sytuacji, kiedy największa jest różnica między długością dnia i nocy. Różnica ta zależy od szerokości geograficznej i na najdalej na północ wysuniętych terenach Polski osiąga 10,5 h, podczas gdy na krańcach południowych tylko 8,4 h — oczywiście na korzyść dnia i, niestety, na niekorzyść nocy.

Najkrótsze w roku noce są na dodatek nie do końca ciemne, co w przypadku słabszych obiektów astronomicznych drastycznie pogarsza lub wręcz uniemożliwia obserwacje. Na krańcach północnych Polski okres tzw. szarych

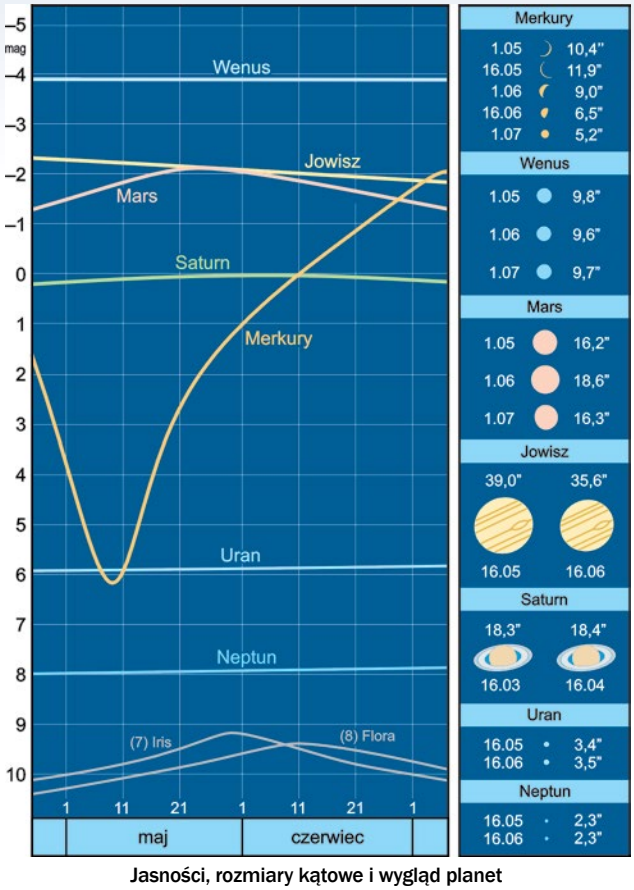


Wschody i zachody Słońca, Księżyca i planet

nocy, ze Słońcem nawet o północy niezanurzającym się na 18° pod horyzont (co dopiero gwarantuje wygaszenie wszelkich rozświetlających niebo promieni słonecznych) trwa blisko trzy miesiące: od 9 maja do 2 sierpnia. Również zmierzch nawigacyjny (Słońce co najmniej 12° pod horyzontem) w okolicy przesilenia trwa zaledwie pół godziny. Mamy więc tam niemalże białe noce. Aż tak źle nie wygląda ten problem na południowych krańcach naszego kraju. Noce bez zmierzchu astronomicznego trwają tam tylko trzy tygodnie — od 10 czerwca do 1 lipca. A więc — zdecydowanie lepsze warunki dla nocnych obserwacji panują teraz na południu Polski.

Na wczesnomajowym nocnym niebie, już krótko po zmierzchu zimowe gwiazdozbiory są w połowie pod horyzontem, a w południowej stronie firmamentu dumnie wznoszą się wiosenne konstelacje Lwa, Panny i Wolarza, z najjaśniejszymi gwiazdami wytyczającymi ogromny Trójkąt Wiosenny, którego wyraźny kształt od ponad roku zakłóca, goszczący w Lwie, znacznie jaśniejszy Jowisz. Pod koniec czerwca wystrój nieba u progu nocy nie ma już zimowych akcentów, jeśli nie liczyć błyszczących jeszcze nisko ponad północno-zachodnim horyzontem Kastora i Polluksa, najjaśniejszych gwiazd Bliźniąt oraz Kapelli z gwiazdozbioru Woźnicy. Zaś na wschodzie, jak na przełom wiosny i lata przystało, wysoko już błyszczą trzy najjaśniejsze gwiazdy letnich konstelacji, układające się w znacznie mniejszy od wiosennego — Trójkąt Letni, który również z początkiem maja możemy już podziwiać, ale dopiero od północy. Przemykający nisko nad horyzontem, równie jasny, pomarańczowy Antares z letniej konstelacji Skorpiona, stanowi jakby słup graniczny pomiędzy umownymi obszarami wiosennego i letniego nieba.

Mapki i wykresy zamieszczone na pierwszych dwóch stronach Kalendarza pozwalają zorientować się w wyglądzie południowej części naszego nocnego nieba, widzianego z centrum Polski w majowe i czerwcowe noce, wyznaczyć godziny wscho-



Jasności, rozmiary kątowe i wygląd planet

Ważniejsze wydarzenia maja i czerwca 2016

maj

2	12.22	koniunkcja Księżyca 1,6°N z Neptunem
3	3.26	Księżyc w węźle zstępującym, λ = 350°32'
5	6.16	koniunkcja Księżyca 2,1°S z Uranem
5	~22.00	maks. aktywności roju meteorów Eta Akwarydy
6	7.12	koniunkcja Księżyca 2,6°S z Wenus
6	6.13	perygeum Księżyca, 357 833,1 km od Ziemi
6	21.30	nów Księżyca
7	4.10	koniunkcja Księżyca 5,1°S z Merkurym
8	~9.55	zakr. 3,4^m Aldebarana przez Księżyc, w SE Polsce
9	13.12	początek tranzytu Merkurego przez tarczę Słońca
9	13.50	Jowisz powraca do ruchu prostego w długości ekl.
9	16.57	koniunkcja dolna Merkurego ze Słońcem (0,1°S)
9	20.40	koniec tranzytu Merkurego, 14 min po zach. Słońca
9	23.55	maksymalna deklinacja Księżyca, δ = +18°27'
13	19.02	pierwsza kwadra Księżyca
13	21.10	bliska koniunkcja Merkurego 23'S z Wenus
14	2.05	Słońce wkracza do gwiazdozbioru Byka
15	10.01	koniunkcja Księżyca 1,9°S z Jowiszem
15	22.40	Księżyc w węźle wstępującym, λ = 169°38'
19	0.06	apogeum Księżyca, 405 939,6 km od Ziemi
20	16.36	Słońce wstępuje w znak Bliźniąt (λ = 60°)
21	23.14	pełnia Księżyca
22	0.42	koniunkcja Księżyca 5,9°N z Marsem
22	13.16	Mars w opozycji do Słońca, 0,5095 au od Ziemi
22	14.52	Merkury powraca do ruchu prostego w długości ekl.
23	0.20	koniunkcja Księżyca 3,2°N z Saturnem
24	13.21	maksymalna deklinacja Księżyca, δ = –18°32'
29	20.11	koniunkcja Księżyca 1,4°N z Neptunem
29	14.12	ostatnia kwadra Księżyca
30	9.32	opoz. planetoidy (7) Iris, 1,851 au od Ziemi
30	6.45	Księżyc w węźle zstępującym, λ = 348°04'

czerwiec

1	17.41	koniunkcja Księżyca 2,3°S z Uranem
3	8.37	Saturn w opozycji do Słońca, 9,015 au od Ziemi
3	12.07	koniunkcja Księżyca 0,7°S z Merkurym
3	12.55	perygeum Księżyca, 361 145,5 km od Ziemi
5	4.08	koniunkcja Księżyca 4,9°S z Wenus
5	5.00	nów Księżyca
5	10.45	maks. elongacja Merkurego, 24,2°W od Słońca
6	11.09	maksymalna deklinacja Księżyca, δ = +18°35'
6	23.44	koniunkcja górna Wenus ze Słońcem (0,9'S)
11	19.21	opoz. planetoidy (8) Flora, 1,405 au od Ziemi
11	20.29	koniunkcja Księżyca 1,4°S z Jowiszem
12	0.20	Księżyc w węźle wstępującym, λ = 166°49'
12	10.10	pierwsza kwadra Księżyca
13	22.25	Neptun rozpoczyna ruch wsteczny w długości eklipt.
15	14.01	apogeum Księżyca, 405 030,8 km od Ziemi
16	0.41	zakrycie 4,2^m kappa Vir przez Księżyc, do 1.52
17	15.52	koniunkcja Księżyca 6,9°N z Marsem
19	3.06	koniunkcja Księżyca 3,2°N z Saturnem
20	13.02	pełnia Księżyca
20	20.54	maksymalna deklinacja Księżyca, δ = –18°37'
21	0.34	Słońce w punkcie Raka – początek astronom. lata
21	9.42	Słońce wkracza do gwiazdozbioru Bliźniąt
26	0.47	zakrycie 3,7^m lambda Aqr przez Księżyc, do 1.20
26	1.12	zakrycie Neptuna przez Księżyc, do 1.49
26	1.45	koniunkcja Księżyca 1,1°N z Neptunem
26	7.28	Księżyc w węźle zstępującym, λ = 345°15'
27	~5.00	maks. aktywności roju meteorów Bootydy
27	20.19	ostatnia kwadra Księżyca
29	2.11	koniunkcja Księżyca 2,6°S z Uranem
30	1.07	Mars powraca do ruchu prostego w długości eklipt.

dów i zachodów Słońca, Księżyca i planet, prześledzić zmiany obserwowanych jasności i rozmiarów kątowych planet, w tym również szczególnie szybko zmieniające się kształty oświetlonej części tarczy Merkurego i Wenus. Ostatnia, panoramiczna mapa ukazuje m. in. zmieniające się w tym czasie położenia planet na tle gwiazd. Wszystkie momenty podano w obowiązującym w Polsce wiosną i latem czasie urzędowym — środkowoeuropejskim letnim (CEST).

Słońce

W maju i czerwcu Słońce pozornie pokonuje na niebie dystans zaledwie 58,5° (podobnie będzie w lipcu i sierpniu), a to w związku ze zbliżaniem się Ziemi do najodleglejszego punktu okołosłonecznej orbity — aphelium, które osiągnie 4 lipca.

Majowo-czerwcowa trasa Słońca na tle gwiazd rozpoczyna się niemal w centralnym punkcie odcinka ekliptyki zawartego w granicach konstelacji Barana, dokładnie dwa tygodnie później docierając do Byka, by po kolejnych 38 dniach, pokonawszy dystans ponad 36°, nocą z 20 na 21 czerwca dotrzeć do położonego zaledwie 1/3 stopnia od granicy z Bliźniętami, punktu Raka — punktu letniego przesilenia. Do końca czerwca nasza dzienna gwiazda zagłębi się jeszcze na 9° w gwiazdozbiór Bliźniąt. Od 1 maja do 21 czerwca dzienny łuk zakreślany na niebie przez Słońce wzniesie się o nieco ponad 12°, w centrum Polski, w momencie przesilenia osiągając podczas górowania 61,2°. Od tego momentu jednak z powrotem stopniowo Słońce z każdym dniem wędrować będzie coraz niżej, do końca miesiąca zmniejszając wysokość górowania się o niespełna 1,5°.

W omawianym okresie dwóch ostatnich wiosennych miesięcy brak zaćmień Słońca, nawet na antypodach. Z całego jednak obszaru, gdzie pomiędzy godziną 13.12 a 20.40 naszego czasu będzie dzień, 9 maja obserwować będzie można jakby mikrozaćmienie Słońca, zakrytego zaledwie w 1/25 000 powierzchni przez maleńkiego w stosunku do naszej gwiazdy Merkurego — podczas jego tranzytu, wędrówki przed słoneczną tarczą.

Księżyc

Majowa trasa Księżyca na tle gwiazd rozpoczyna się dobę po ostatniej kwadrze, niemal na styku gwiazdozbiorów Koziorożca i Wodnika, z oświetloną jeszcze w blisko 42% tarczą. Po 2,2-krotnym okrążeniu pasa zodiaku i pokonaniu dystansu ponad 797°, z końcem czerwca niespełna 17-procentowy Księżyc, malejący pomiędzy ostatnia kwadrą a nowiem, dotrze dokładnie do granicy pomiędzy zodiakalnymi konstelacjami Barana i Byka.

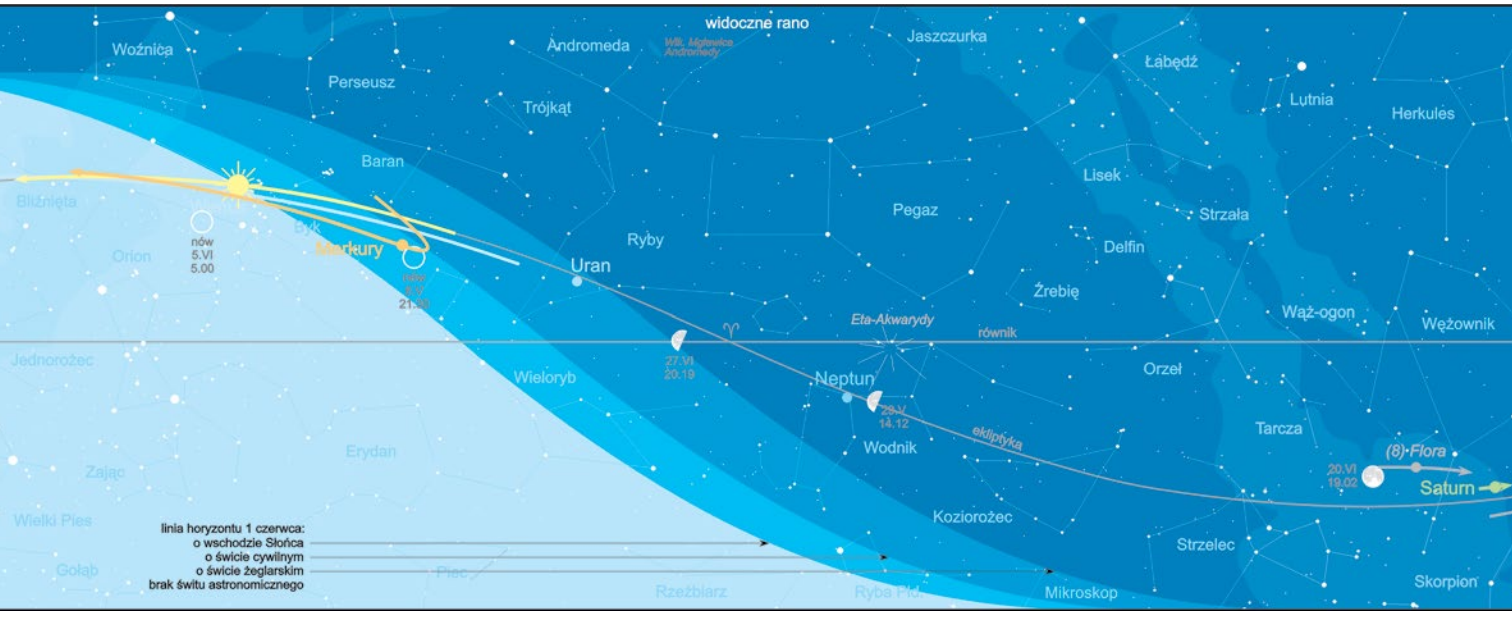
Kolejna seria, tym razem 16 w sumie koniunkcji Księżyca z planetami, zaowocuje trzykrotnymi spotkaniami z Neptunem i Uranem. Nocą z 25 na 26 czerwca, z terenu całej Polski, przez około 30–45 minut będzie można obserwować zakrycie Neptuna przez oświetlony w 69% Księżyc.

Znacznie częściej na swej drodze spotykając jasne gwiazdy pasa zodiakalnego, 8 maja Księżyc zakryje Aldebarana, najjaśniejszą gwiazdę konstelacji Byka. Niestety, zakrycie to można by obserwować jedynie z południowo-wschodnich krańców Polski, gdyby nie pora — w pełni dnia. W dogodniejszej porze, godzinę po północy 16 czerwca, przez 71 minut, około 10° ponad zachodnim horyzontem obserwować będzie można niemal centralne zakrycie $4{,}2^m$ gwiazdy kappa w gwiazdozbiorze Panny. O podobnej porze 10 dni później, już w Wodniku, przez nieco ponad 0,5 h, około 10° ponad wschodnim horyzontem, 70-procentowy Księżyc, 2 doby przed ostatnią kwadrą, zasłaniać będzie nieco jaśniejszą ($3{,}7^m$) gwiazdę lambda w gwiazdozbiorze Koziorożca.

Planety i planetoidy

W omawianym okresie przypadają opozycje dwóch jasnych planet: Marsa i Saturna, dzięki czemu na przełomie maja i czerwca obie widoczne będą przez niemal całą noc. W przypadku Saturna sytuacje takie powtarzają się w podobnej formie co 378 dni, a więc każdego roku o blisko dwa tygodnie później niż poprzednio. W tym roku najmniejsza podczas opozycji odległość Saturna od Ziemi wyniesie tylko 9,01 jednostki astronomicznej (au). Dzięki temu sam glob planety osiągnie na niebie kątową średnicę 18,4", a jasność 0,0 magnitudo. To jednak tylko 88% maksymalnej możliwej średnicy i 76% jasności, jakie Saturn osiąga podczas największych zbliżeń do Ziemi przy okazji opozycji.

Z Marsem nie jest aż tak prosto, bo choć i jego opozycje powtarzają się regularnie — raz na 780 dni, czyli nieco ponad dwa lata i 1,5 miesiąca, to kolejne mogą bardzo znacznie różnić się między sobą pod względem odległości od Ziemi, a więc również w znacznym zakresie jasności: od $-1{,}3^m$ do nawet — $2{,}9^m$ (4,3-krotna różnica) oraz obserwowanych rozmiarów jego tarczy: od 14,4" do 25,2" (blisko dwukrotnie). Te najefektowniejsze opozycje Marsa zwykło się nazywać jego wielkimi opozycjami. Ostatnią taką wielką opozycję Marsa mieliśmy 28 sierpnia



2003 roku, następną będzie już najbliższa, za dwa lata: 27 lipca 2018 roku, kiedy Mars osiągnie jasność $-2{,}8^m$.

Podczas nie aż tak efektownej — rzec można średniej — tegorocznej opozycji, 22 maja Czerwona Planeta osiągnie jasność $-2{,}1^m$, przyćmiewając blask 17-krotnie słabszej, odległej zaledwie o 9° stopni — również czerwonawej — najjaśniejszej gwiazdy konstelacji Skorpiona. Ze stopniowo zmniejszającym się blaskiem i kilkugodzinną wieczorną widocznością, Mars przetrwa na naszym nocnym niebie aż do połowy przyszłego roku.

Wobec praktycznie nieobecnej w tych miesiącach na nocnym niebie Wenus, najjaśniejsza planeta majowo-czerwcowego nieba — Jowisz systematycznie zmniejsza czas swojej widoczności, jednak nawet w końcu czerwca będziemy mogli obserwować samą planetę, jak i jej galileuszowe księżyce (tu już potrzebna będzie co najmniej dobra lornetka) przynajmniej do północy.

Wenus pojawi się znów dopiero w pierwszej połowie lipca, przez kilka miesięcy zachodząc jednak krótko po zmierzchu. Również Merkury, nawet podczas elongacji w połowie czerwca, wschodzić będzie niespełna godzinę przed Słońcem. Niewidoczny ani wieczorem, ani rano, brak swej obecności na nocnym niebie z nawiązką zrekompensuje nam 9 maja tranzytem — wielogodzinną wędrówką na tle słonecznej tarczy, opisaną w odrębnym artykule.

Maj i czerwiec to czas opozycji dwóch dość jasnych planetoid, obydwu odkrytych w 1847 roku przez angielskiego astronoma Johna Hinda — (7) Iris, której opozycja przypada 30 maja i (8) Flory, z opozycją 11 czerwca. To najlepszy, bo całonocny czas ich widoczności, przy maksymalnej jasności.

Roje meteorów

Pomiędzy 19 kwietnia a 28 maja przypada okres aktywności roju meteorów Eta Akwarydy, Obserwowane już od blisko półtora tysiąca lat, bardzo szybkie meteory z długimi śladami, związane są ze słynną okresową kometą Halleya. Podczas przypadającego nocą z 5 na 6 maja maksimum, pod koniec nocy możemy mieć szansę zaobserwowania w ciągu godziny nawet do ponad 80 przelotów meteorów, pozornie wybiegających z północnych rejonów gwiazdozbioru Wodnika.

Z kolei od 22 czerwca do 2 lipca aktywność wykazuje rój meteorów Bootydy Czerwcowe, z radiantem w północnej części gwiazdozbioru Wolarza. Znany od niespełna dwustu lat, związany jest z kometą 7P/Pons-Winnecke, która ostatnio zbliżyła się do Słońca 30 stycznia 2015 roku. Tegoroczne maksimum aktywności przypada rankiem 27 czerwca około godz. 5.00 — u nas już za dnia, ale krótko przed świtem powinniśmy mieć szansę dopatrzenia się nawet do stu powolnych przelotów czerwonawych meteorów na godzinę.

Gwiazdy zmienne

Poniżej zamieszczamy charakterystyczne momenty (maksima lub minima) trzech przedstawicieli różnego typu gwiazd zmiennych, możliwe do zaobserwowania na nocnym niebie.

Algol (β Persei), zmienna zaćmieniowa o okresie 2,8674 doby i zakresie zmian jasności od $2{,}1^m$ do $3{,}4^m$. Tabelka zawiera momenty głównych (głębszych) minimów jasności:

maj		czerwiec
1, 0.05	21, 1.46	10, 3.27
3, 20.54	23, 22.34	13, 0.16

Cefeida klasyczna (δ Cephei), gwiazda pulsująca o okresie zmian jasności 5,3663 doby w zakresie od $3{,}5^m$ do $4{,}4^m$. Tabelka podaje momenty maksimów jasności:

maj		czerwiec
10, 22.14	27, 0.38	12, 3.02

Mirydy — gwiazdy zmienne długookresowe o okresie zmian powyżej 100 dni. Ich prototypem jest Mira (omikron Ceti), której najbliższe maksimum przypadnie w końcu lutego 2017 roku. W tabelce zestawiono przypadające w tych miesiącach maksima blasku innych, jaśniejszych miryd:

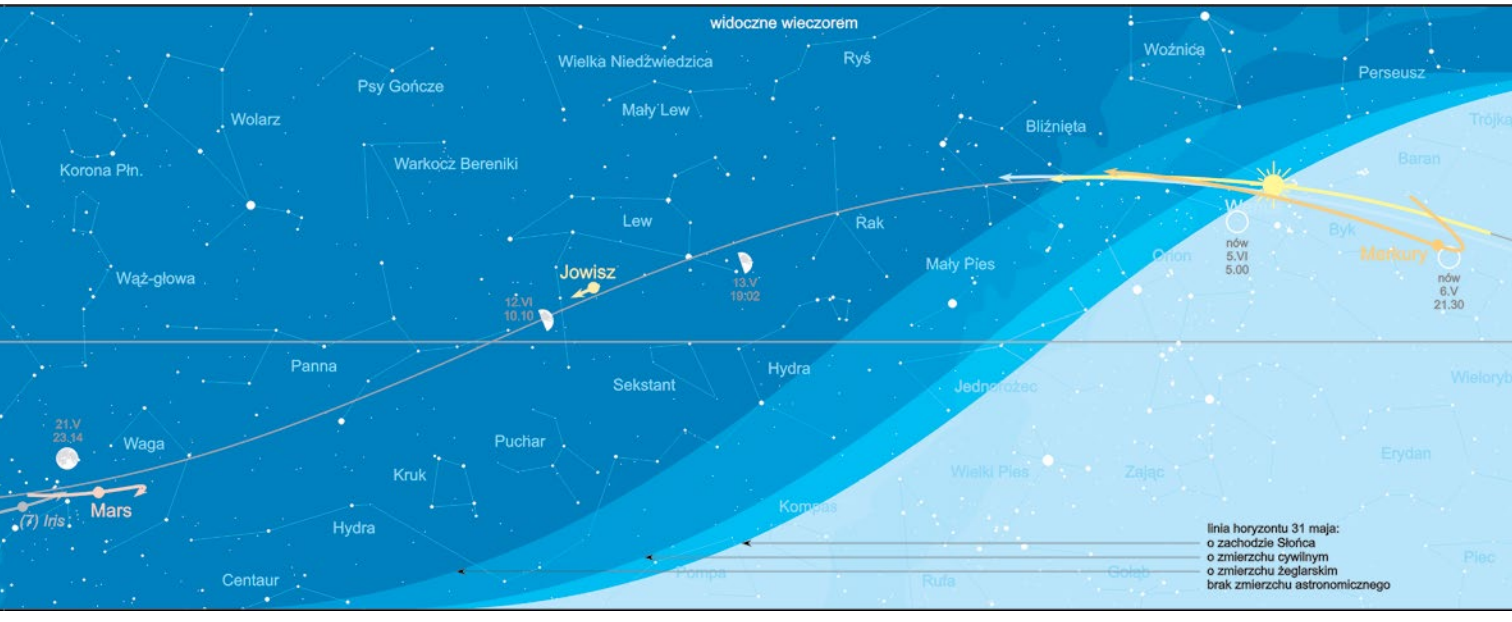
maj			czerwiec	
6,	RTCyg	$7{,}3^m$	3, R Aql	$6{,}1^m$
14,	R Vir	$6{,}9^m$	6, U Her	$7{,}5^m$
17,	SS Vir	$6{,}8^m$	20, RU Her	$8{,}0^m$
18,	T Cep	$6{,}0^m$		
19,	T Hya	$7{,}8^m$		
20,	X Oph	$6{,}8^m$		
26,	S CMi	$7{,}5^m$		
29,	R Aqr	$6{,}5^m$		

Opracował Jan Desselberger

Więcej informacji:

ALMANACH ASTRONOMICZNY
TOMASZA ŚCIĘŻORA
http://www.urania.edu.pl/almanach

ROCZNIK ASTRONOMICZNY
INSTYTUTU GEODEZJI I KARTOGRAFII
http://www.igik.edu.pl/



Wolność zgromadzeń na niebie

Coraz krótsze wiosenne noce, to dla miłośników nocnego nieba mniej czasu na obserwacje. Jednak nie tylko w majowe, ale nawet czerwcowe noce — nie tylko krótkie, ale również nie do końca ciemne — mogą się udać obserwacje w miarę jasnych obiektów. Spróbujmy odnaleźć kilka z nich, mniej popularnych, ale dość łatwych do odszukania na wiosennym niebie. To cztery godne uwagi gromady kuliste gwiazd. Zaznaczono je na mapce nieba na pierwszej stronie Kalendarza.

Niech nie zwiodą nas jasności trzech z nich — około 6 magnitudo, co mogłoby sugerować widoczność gołym okiem. Na ogół niełatwo dostrzec gwiazdę o takiej jasności, a co dopiero niepunktowy, mglisty obiekt. Dysponujący „sokolim wzrokiem" obserwator, na idealnie czarnym niebie miałby szansę dostrzec taki rozmyty punkcik — na przełomie wiosny i lata trudno jednak o spełnienie drugiego warunku. Gromady te bez trudu odnajdziemy za pomocą lornetki, zaś nawet średnich rozmiarów amatorski teleskop pozwoli już dostrzec w nich pojedyncze gwiazdy.

Obiekty te znane były już w drugiej połowie XVIII wieku i znalazły się na poczesnych miejscach w słynnym „Katalogu mgławic i gromad gwiazd" Charlesa Messiera.

M3. Fot. Henryk Sielewicz

Pod symbolem **M3** zamieszczono, odkrytą przez samego Messiera, obfitą gromadę gwiazd w Psach Gończych, o kątowej średnicy 18,6', a więc 60% średnicy tarczy Księżyca. Odległy od nas o blisko 34 tysiące lat św., kulisty obiekt o rzeczywistej średnicy 160 lat św. zawiera około pół miliona gwiazd. Na niebie odnajdziemy ją jako obiekt o jasności 6,2^m, na południowym krańcu konstelacji Psów Gończych, przy granicy z Warkoczem Bereniki i Wolarzem, 12° na północny zachód od Arktura.

W tym samym rejonie nieba, 12° na południowy zachód od M3 i 15° na zachód od Arktura, w południowo-wschodniej części konstelacji Warkocza Bereniki, usytuowana jest niewiele mniejsza na naszym niebie, ale 3,6 razy ciemniejsza, gromada kulista **M53**. Jednym z jej odkrywców był również Charles Messier, traktując ją jako mgławicę. Przy rzeczywistej średnicy 220 lat św., z odległości 58 tys. lat

M53. Fot. ESA, Hubble & NASA

M5. Fot. Mariusz Świętnicki

św. widzimy ją jako obiekt o kątowej średnicy 13', czyli 2,5 razy mniejszej od Księżyca. Ćwierć miliona gwiazd tej gromady zapewnia jej na naszym niebie jasność 7,6^m.

Kolejną gromadę kulistą, o symbolu **M5**, odnajdziemy 23° na południowy wschód od Arktura w zachodniej części konstelacji Węża (Głowa). Głównie dzięki mniejszej odległości, 24,5 tysiąca lat św., na niebie widzimy ją jako wyraźnie większą i jaśniejszą od poprzednich — jej, niewiele mniejsza od księżycowej tarczy, kątowa średnica wynosi 23', a jasność 5,7^m, W 1702 r., 62 lata przed Messierem odkrył ją, tym razem jako „rozmazaną gwiazdę", Gottfried Kirch. W kulistym obiekcie o rzeczywistej średnicy 164 lat św. zawiera się około 100 tys. gwiazd.

Odnalezienie czwartej gromady, **M13**, zwanej również Gromadą Herkulesa, nie jest trudne, jeśli tylko zidentyfikujemy sześć gwiazd konstelacji Herkulesa, układających się w charakterystyczny kształt nieco koślawej litery H. Gromada usytuowana jest tuż ponad środkiem górnej połówki prawego ramienia tej litery. Oglądany z odległości 25,1 tys. lat św., kulisty obiekt o rzeczywistej średnicy 145 lat św., na naszym niebie ma kątową średnicę 20' i jasność 5,8^m. To jedna z najbardziej znanych gromad kulistych północnej półkuli niebieskiej, odkryta w 1714 r. przez Edmonda Halleya.

Jan Desselberger

M13. Fot. Marcin Jeziorny

SKLEP INTERNETOWY URANII

www.sklep.pta.edu.pl

– prenumerata „Uranii” i ciekawe książki

– numery bieżące i archiwalne „Uranii”

– niezwykły parasol, dzięki któremu możesz mieć rozgwieżdżone niebo nad sobą, nawet gdy pada deszcz

– praktyczna czapka z latarką, do wyboru światło czerwone lub białe

wygodny sposób zakupów – częste promocje i rabaty – możliwość płatności kartą oraz przelewem

Cyfrowe wersje naszych wydawnictw na tablety, smartfony, laptopy

www.urania.edu.pl/cyfrowa

Almanach GRATIS!

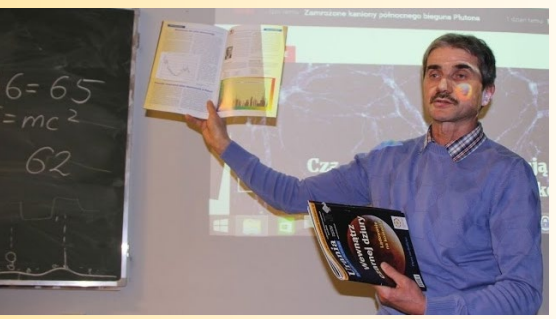
Kalendarz obserwatora Słońca na 2017 rok

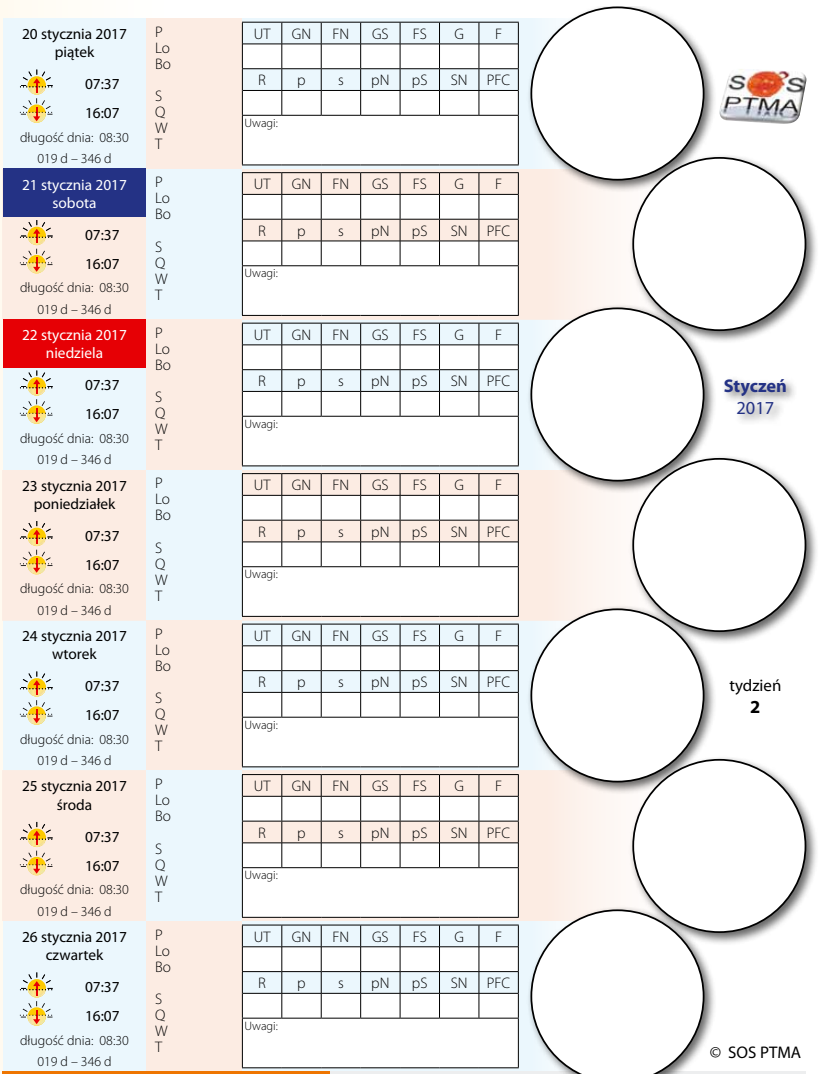
Pomysł utworzenia kalendarza obserwatora Słońca powstał, kiedy zacząłem prowadzić obserwacje wizualne Słońca teleskopem z wytrawionymi lustrami. Dzisiaj z wielką satysfakcją przedstawiam wam efekt mojego pomysłu. Na ten efekt złożyła się współpraca z Januszem Bańkowskim, który wykonał wszelkie potrzebne obliczenia. To, co widzicie, jest zasługą p. Macieja Polaka z drukarni Tempoprint. Oprócz zjawisk astronomicznych, jakie będzie można obserwować w 2017 r., zostanie zamieszczony dziennik obserwacji Słońca na każdy z jego efemerydami dzień. Zamieścimy również skrócony poradnik obserwatora Słońca. Prezentacja kalendarza na zjeździe SOS PTMA 10–11 września 2016 r. w Toruniu.

Kalendarze będziemy wysyłać tylko na podstawie indywidualnego zamówienia oraz po wcześniejszym opłaceniu, tak jak to było podczas zakupu naszych biuletynów.

Zapraszam do zapoznania się z naszą ofertą.

Koordynator SOS PTMA
Tadeusz Figiel





ZJAWISKA ASTRONOMICZNE

data 08-01-2017

Wenus 107,3 mln km -4,0 mag. 23,4" 47,0ºE	**Mars** 252,4 mln km +1,1 mag. 5,5" 56,9ºE
Jowisz 812,8 mln km -1,6 mag. 32.6" 88,7ºW	**Saturn** 1633,9 mln km +0,7 mag. 15,1" 27.5ºW

SŁOŃCE: 03 sty. godz. 10:00 Ziemia w peryhelium 0,98329952 AU
KSIĘŻYC: 04 sty. godz. 15:18 zakr. gw. 29 Pic +5,1 mag. faza +37%
04 sty. godz. 16:32 odkr. gw. 29 Pic +5,1 mag. faza +37%
07 sty. godz. 16:06 zakr. gw. ZC 405 +4,3 mag. faza +71%
07 sty. godz. 17:11 odkr. gw. ZC 405 +4,3 mag. faza +71%
RÓJ METEORÓW: 03 sty. maksimum roju Kwadrantydy godz. 14
α=15,3 h δ= +490 aktywność roju do 120 na godzinę
Pierwsza kwadra księżyca 05 sty. godz. 19:47

Zjazd SOS PTMA

Osoby, które bacznie obserwują portal społecznościowy facebook oraz naszą stronę SOS PTMA, wiedzą o mającym się odbyć I zjeździe naszej sekcji. Od momentu reaktywacji sekcji minęły już 4 lata, dlatego wraz z II koordynatorem sekcji Januszem Bańkowskim postanowiliśmy spotkać się z naszymi członkami i obserwatorami. Początkowo na miejsce naszego spotkania szukaliśmy ośrodków wczasowo-rekreacyjnych blisko naszych miejscowości. Pomysł zorganizowania zjazdu w Toruniu podsunął nam redaktor naczelny „Uranii" prof. Maciej Mikołajewski i pierwotnie miał to być ośrodek UMK Bachotek. Niestety, ośrodek ten jest położony 80 km od Torunia. Dlatego na miejsce spotkania wybraliśmy hotel Walter w Toruniu, skąd mamy niedaleko do Piwnic. Chcemy, aby w programie naszego zjazdu było zwiedzanie Obserwatorium w Piwnicach. Prof. Mikołajewski sam zdecydował się być naszym przewodnikiem po obserwatorium. Również mgr. Janusz Jagła, prezes PTMA, postanowił dofinansować nasz zjazd. Termin zjazdu został ustalony z wyżej wymienionymi osobami na 10–11 września 2016 r.

Co w programie:
— zwiedzanie obserwatorium
— prelekcje i odczyty na temat naszego Słońca
— sprawy sekcji,
— obserwacje Słońca.

Na zjazd został przygotowany projekt identyfikatora osobistego oraz smycz sekcji. Projekt wykonał Maciej Polak

z drukarni Tempoprint w Słupsku, a autorem zdjęcia umieszczonego na identyfikatorze jest Pan Marek Pilarczyk (zdjęcie obok).

Dodam jeszcze, iż hotel Walter dysponuje pokojami 2- i 3-osobowymi i pełnym wyżywieniem. Na czas prelekcji udostępni nam salę medialną, za którą niestety trzeba będzie zapłacić. Przy hotelu znajduje się duży parking. Z hotelu do Piwnic jest już nie daleko. Podobno można tę trasę pokonać nawet pieszo. Zapisy prowadzimy do końca kwietnia, na grupie facebookowej SOS PTMA oraz bezpośrednio, pisząc na adres

astrotafig@gmail.com

Tadeusz Figiel

Raport nr 1/2016

Styczeń nie zapisał się niczym niezwykłym. Średnia aktywność Słońca spada i na tarczy coraz mniej plam. W tym miesiącu swoje raporty przysłało 9 obserwatorów. Średnia liczba Wolfa wyniosła 36,23, uzyskana spośród 87 obserwacji, natomiast średnia aktywność plamotwórcza SN wyniosła 30,92, uzyskana spośród 56 obserwacji. Wszystkim obserwatorom, którzy nadesłali swoje raporty, bardzo dziękuję i zapraszam do dalszej współpracy w monitorowaniu naszej dziennej gwiazdy.

Obserwatorzy:

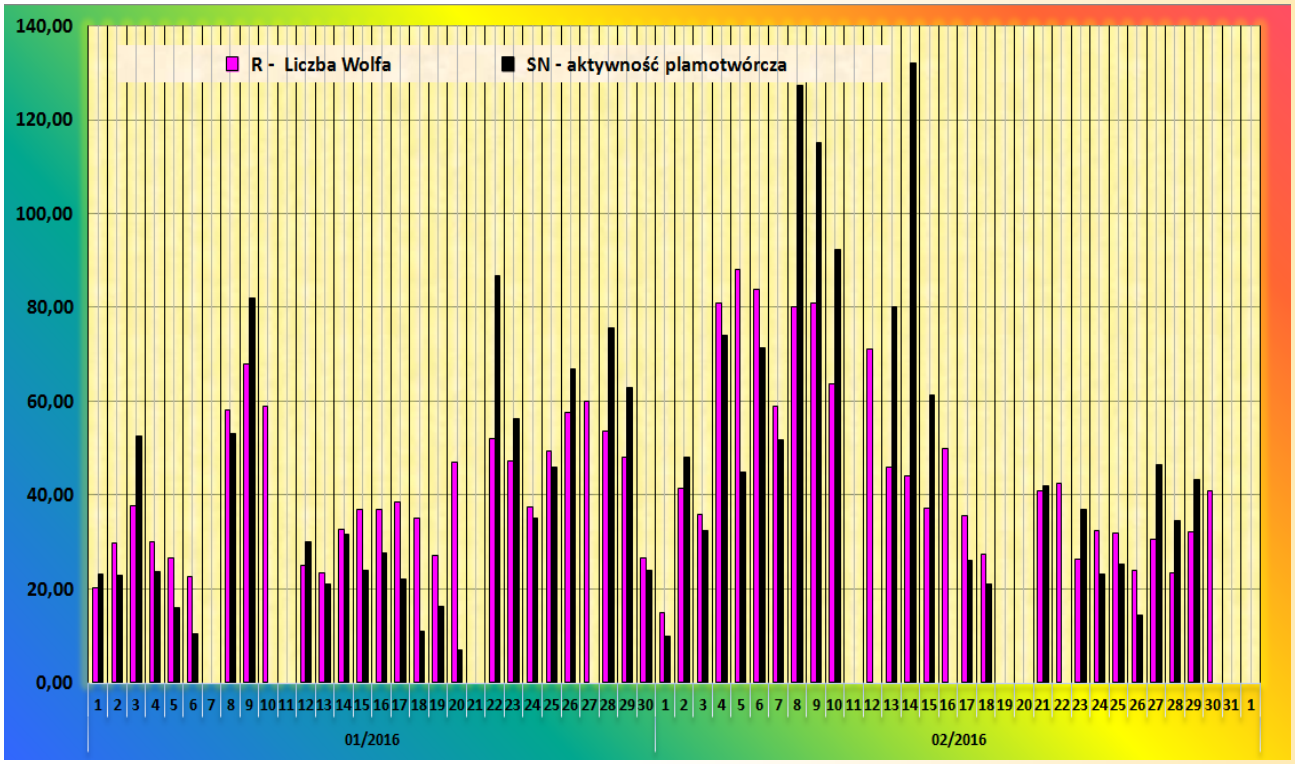
1. Jimenez Francisco	18	6. Raczyński Łukasz	8
2. Zagrodnik Jerzy	15	7. Burda Alex	5
3. Kucemba Łukasz	13	8. Figiel Tadeusz	5
4. Bańkowski Janusz	10	9. Skorupski Piotr	4
5. Sidor Monika	9		

Raport nr 2/2016

Miesiąc luty bardzo nas rozczarował pod względem pogody obserwacyjnej. Nawet w słonecznej Hiszpanii odnotowano tylko 19 dni słonecznych. Mimo tej nieoptymistycznej pogody nasi obserwatorzy wykonali 90 obserwacji, wyliczając z nich liczbę Wolfa i 57 obserwacji dla SN. Średnia z tych obserwacji wyniosła odpowiednio dla R = 43,09, a dla SN = 42,88 Jak zawsze dziękuję za przysłane raporty. Zapraszam do dalszej współpracy w ramach naszej sekcji.

Obserwatorzy:

1. Jimenez Francisco	19/0	6. Raczyński Łukasz	9/9
2. Zagrodnik Jerzy	15/15	7. Wirkus Krystyna	7/7
3. Kucemba Łukasz	11/0	8. Skorupski Piotr	6/6
4. Figiel Tadeusz	11/9	9.Burda Alex	3/2
5. Bańkowski Janusz	9/9		



Przydatna aplikacja:

Sundial Atlas Mobile v2.4

Zdarzyło ci się podróżować po kraju i przy okazji szukać nowych słoneczników? A może byłeś kiedyś w delegacji w innym mieście i miałeś trochę wolnego czasu? Mógłbyś wtedy odwiedzić któryś zegar i wykonać mu fotosesję. A co, jeśli nie wiedziałeś, gdzie go znaleźć? Wiele podobnych dylematów rozwiąże bezpłatna aplikacja Sundial Atlas Mobile v2.4 (SAM) na smartfony i tablety, której autorem jest Gian Casalegno związany z włoskim stowarzyszeniem miłośników zegarów słonecznych.

Działanie programu wykorzystuje doskonale wszystkim znane mapy serwisu Google Maps, na których są wyświetlane wszystkie zegary słoneczne zlokalizowane w twojej okolicy. Oznaczono je ikonkami żółtych pinesek rozrzuconych po widocznym aktualnie fragmencie mapy. Kliknięcie którejś z pinesek wyświetla kilka wstępnych informacji o zegarze (tj. jego numer w bazie danych czy współrzędne geograficzne) oraz daje trzy możliwości działania:

1. obejrzenie szczegółowej karty w serwisie Sundial Atlas (SA) z informacjami o danym zegarze,

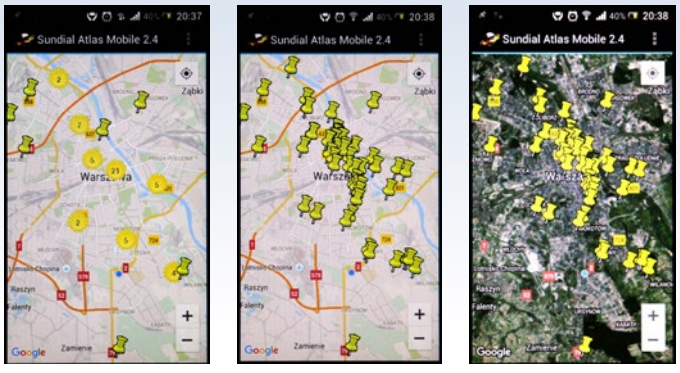
2. uruchomienie aplikacji nawigacyjnej, która poprowadzi we wskazane miejsce oraz

3. włączenie widoku Street View pozwalającego zobaczyć obiekt z zegarem (kościół, budynek, park) wraz z jego otoczeniem.

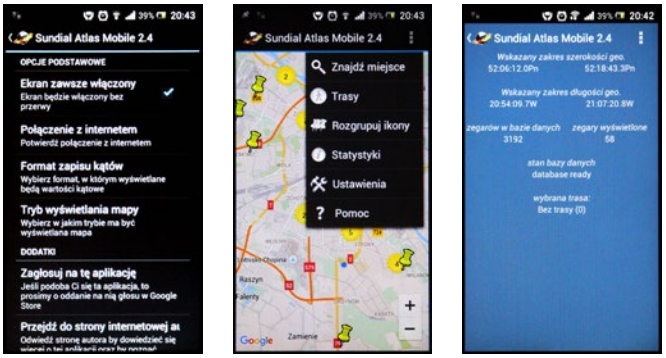
Jak nietrudno się domyślić, aplikacja ta jest powiązana z serwisem Sundial Atlas, który został stworzony przez Fabio Saviana, włoskiego pasjonata gnomoniki. SAM do pokazywania lokalizacji zegarów na mapie świata korzysta z bazy danych serwisu SA. Innymi słowy, jeśli dodać do bazy SA nowy zegar, to po kilku sekundach pojawi się on także na mapie w aplikacji mobilnej. Ważne jest tylko, by lokalizację zegarów podawać z najwyższą możliwą precyzją przy użyciu współrzędnych geograficznych.

Program jest wręcz banalnie prosty w konfiguracji i obsłudze. W zasadzie na początku musisz tylko zdecydować, jaki format map ci odpowiada (satelitarne czy zwykłe – osobiście uważam, że te drugie lepiej się tu sprawdzają), i od razu możesz zobaczyć wszystkie okoliczne słoneczniki. Jak to jednak bywa z wszelkiego rodzaju urządzeniami komunikacyjnymi, twój smartfon musi spełniać pewne niewygórowane wymagania. Po pierwsze musi działać w oparciu o system Android – SAM jak do tej pory opracowano wyłącznie na tę jedną platformę. Drugi warunek to posiadanie aktywnego łącza internetowego. Rzecz ostatnia to uruchomienie modułu GPS, który powie aplikacji, gdzie aktualnie jesteś. I to wszystko. Nie musisz nawet znać żadnego obcego języka, gdyż zarówno serwis Sundial Atlas, jak i aplikacja Sundial Atlas Mobile, zostały w całości przetłumaczone na polski.

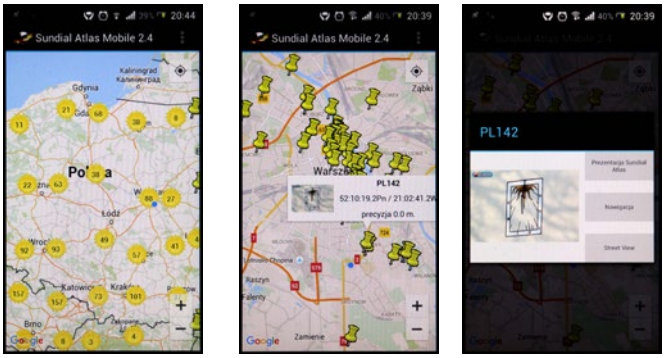
Jako że autorem obu przekładów jestem ja, to z ręką na sercu przyznaję, iż nie są one do końca udane, zaś tryb tłumaczenia nie ułatwiał tej pracy, gdyż otrzymałem samą listę ponad 1500 haseł i komend bez związku z kontekstem ich występowania. Myślę jednak, że na tę chwilę zarówno serwis, jak i aplikacja są już na tyle sprawne, że poruszanie się po nich nie będzie nikomu nastręczać żadnych problemów. Proces tłumaczenia



Po lewej standardowa mapa z pogrupowanymi ikonkami zegarów. W środku standardowa mapa z ikonkami rozgrupowanymi. Po prawej mapa satelitarna



Po lewej ekran z ustawieniami aplikacji. W środku menu podręczne. Po prawej plansza statystyk



Po lewej widok mapy Polski. W środku okienko wyświetlane po kliknięciu wybranego zegara (zawiera kilka podstawowych o nim informacji). Po prawej efekt kliknięcia ogólnego info o zegarze — wyświetlone zostają trzy najważniejsze działania: prezentacja zegara w serwisie Sundial Atlas, przełączenie do nawigacji i podgląd okolicy zegara na Street View

zajął bardzo dużo czasu ze względu na sporą liczbę haseł oraz przypominające chodzenie po ciemnym pokoju próby zrozumienia faktycznego sensu i znaczenia poszczególnych fraz. Niemniej cały ten projekt został ostatecznie zakończony i chyba można go uznać za sukces.

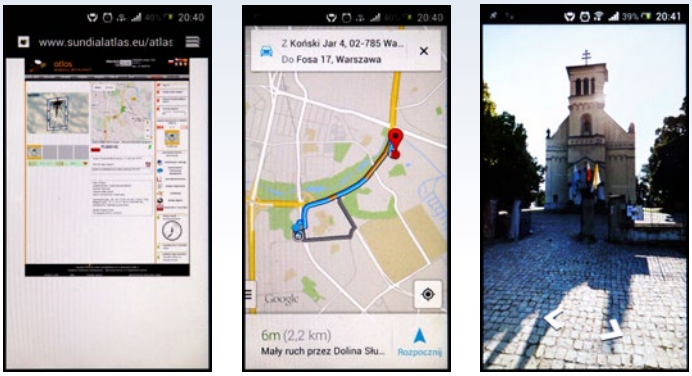
Jestem w ścisłym kontakcie z zespołem tworzącym SA/SAM i zabiegam o wprowadzenie kilku opcji, które w moim odczuciu będą przydatne wszystkim użytkownikom. Moje sugestie dotyczą głównie dwóch rzeczy:

1. możliwości indywidualnego oznaczania w systemie już odwiedzonych zegarów (np. innym kolorem pineski), dzięki czemu patrząc na swoją mapę, każdy będzie wiedział, gdzie już był, a co jeszcze na niego czeka oraz

2. możliwości dodawania nowych zegarów do bazy za pomocą aparatu fotograficznego wbudowanego w każdy telefon i tablet (moduł GPS pozwoliłby automatycznie określić położenie zegara i przypisać go do konkretnego terytorium).

Wszystkie znane obecnie polskie zegary słoneczne (a na tę chwilę wiemy o 1115 obiektach) zostały już dodane do bazy danych SA, toteż aplikacja bez wątpienia przyda się polskim pasjonatom pragnącym docierać do zegarów słonecznych naszego kraju. Dotyczy to zarówno nas samych, jak i obcokrajowców odwiedzających Polskę. Oczywiście w podobny sposób można uatrakcyjnić sobie wyjazd zagraniczny, gdyż SA i SAM obejmują przecież cały świat. Niestety nie można jeszcze liczyć na to, że wszystkie istniejące zegary zostały już skatalogowane. W tej kwestii prym wiodą Włosi, którzy do tej chwili dodali niemal 13 000 swoich słoneczników, choć to nadal nie jest koniec ich pracy. Popularność rozwijającego się serwisu i zbudowanej na jego podstawie aplikacji sprawiła, że użytkownicy z całego świata udostępnili już prawie 25 000 obiektów, co bez wątpienia może pomóc w planowaniu kolejnych wojaży.

Darek Oczki



Po lewej prezentacja danych o wybranym zegarze w serwisie Sundial Atlas. W środku okno nawigacji kierującej do wybranego zegara z aktualnego miejsca pobytu. Po prawej podgląd otoczenia zegara na Street View

MK-Astro

ZDJĘCIE WYKONANE Z POMOCĄ NASZYCH URZĄDZEŃ:
M1 - MGŁAWICA KRABA, ŁĄCZNIE 34H EKSPOZYCJI
H-ALFA, OIII ORAZ SII

SIĘGNIJ DALEJ
Elektronika w astronomii

Perfekcyjnie wyostrz swoje zdjęcia, w pełni kontroluj ekspozycje w lustrzance albo pozbądź się uporczywej rosy z obiektywów - to tylko niektóre z propozycji w naszej ofercie.

Produkty MK-Astro zostały stworzone z myślą o potrzebach astronomów i astrofotografów – ciesz się czystym niebem i pozwól nam zadbać o szczegóły.

WSZYSTKIE NASZE URZĄDZENIA PRODUKOWANE SĄ W POLSCE.

GORĄCO POLECAM
MICHAŁ KLIMASZEWSKI

MK AstroShooter

MK Focus mark II

MK DewHeater

ZAPOZNAJ SIĘ Z KOMPLETNĄ OFERTĄ NASZYCH PRODUKTÓW NA **WWW.MK-ASTRO.COM**

Astronomia w szkole: PIERWSZY TELESKOP

Przez długie dziesięciolecia praktyczna nauka podstaw astronomii w szkołach napotykała na liczne problemy. Trudno było o dobrą literaturę, dobry atlas nieba był prawdziwym skarbem, a zdobycie dobrej jakości sprzętu obserwacyjnego graniczyło z cudem i wiązało się z potężnymi kosztami. W niektórych szkolnych pracowniach można jeszcze trafić na teleskopy produkcji PZO — siedmiocentymetrowe urządzenia konstrukcji Maksutowa, wyposażane w ekrany słoneczne i zintegrowane z obrotową głowicą. Stan techniczny tych urządzeń nie jest już najlepszy, a możliwości optyczne są dość skromne. Dziś, gdy w wielu szkołach pojawiły się fundusze na zakup sprzętu, stajemy przed złożonym wyborem. Przedstawiona poniżej garść porad może okazać się bardzo pomocna.

Współcześnie na rynku jest dostępny sprzęt astronomiczny w ogromnej różnorodności. Co najmniej kilku producentów oferuje teleskopy we wszystkich popularnych systemach optycznych, o średnicach od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Dostępne są zarówno teleskopy porównywalne rozmiarami ze sprzętem dostępnym w polskich obserwatoriach, jak i urządzenia przenośne, o umiarkowanych gabarytach. Istnieje też pewna grupa sprzętu, która do obserwacji się nie nadaje. Uczestnictwo w różnego rodzaju pokazach nieba w terenie pozwoliło na wyciągnięcie pewnych wniosków, które istotne będą w praktyce szkolnej.

Dobry teleskop, to taki teleskop, przez który prowadzone będą obserwacje

Tak mówi stare porzekadło. Na nic zda się ogromny teleskop ważący 50 kg stojący w pomieszczeniu na pierwszym piętrze. Teleskop musi być przyjazny dla prowadzącego zajęcia i dla uczniów. Zwracamy więc w pierwszej kolejności uwagę na gabaryty. Nie można przesadzić w drugą stronę — teleskop dający rozsądnej jakości obrazy nie powinien być zbyt mały. Najważniejsza jest tutaj apertura, czyli średnica lustra bądź też obiektywu. Można uznać, że około 130–150 mm średnicy to minimum pozwalające dostrzegać rzeczywiste szczegóły na planetach Układu Słonecznego. Idealnym rozwiązaniem dla nauczycieli, jak też innych popularyzatorów astronomii są umiarkowanej wielkości teleskopy katadioptryczne, czyli Maksutowy i Schmidty, podobne w budowie do wspomnianego we wstępie teleskopu PZO. Mimo niewątpliwych zalet teleskopy te są droższe od innych o porównywalnej aperturze. W przypadku, gdy mamy bardziej ograniczony budżet, warto pomyśleć o krótkoogniskowym, światłosilnym teleskopie Newtona. Teleskop tego typu przy średnicy 15 cm zachowuje umiarkowane gabaryty i bez problemu daje się przenosić z miejsca na miejsce. Przy obserwacjach grupowych istotne jest nawet najprostsze prowadzenie za ruchem sfery niebieskiej. Obiekty na sferze niebieskiej obserwowane z Ziemi przy dużych powiększeniach, dość szybko opuszczają pole widzenia i raz ustawiony obiekt po minucie czy dwóch przestanie być widoczny, o ile nie zapobiegnie temu działające prowadzenie (lub prowadzący). Przypatrzmy się kilku najbardziej interesującym teleskopom.

Teleskop Celestron NexStar Evolution

Można powiedzieć, że teleskop Celestron Nextar Evolution 6 najlepiej odpowiada temu, co napisano powyżej. Jest to teleskop systemu SCT, katadioptryczny, o średnicy 15 cm. Przy tej aperturze i przy dobrej stabilności powietrza dostrzeżemy drobniejsze detale na tarczy Jowisza. Wprawne oko, w sprzyjających okolicznościach, wypatrzy Wielką Czerwoną Plamę, a w pierścieniach Saturna powinna być zauważalna Przerwa Cassiniego. Ci, którzy będą mieli szczęście użytkować taki sprzęt pod ciemniejszym niebem, będą w stanie odnaleźć dziesiątki obiektów mgławicowych, spośród których te najjaśniejsze będą prezentować się dość efektownie.

Charakterystyczna dla Evolution 6 (jak i dla innych Schmidtów) jest krótka i zwarta tuba optyczna. W przypadku Evolution 6 ma ona około 30 cm długości i waży niecałe 4 kg. Tubus zawieszony jest na

montażu azymutalnym z elektrycznymi napędami w obu osiach. Całością steruje system NexStar, który odpowiada między innymi za prowadzenie teleskopu za ruchem sfery niebieskiej, a co więcej, pozwala automatycznie wyszukiwać obiekty na niebie. Z praktycznych udogodnień warto wymienić wbudowany w podstawę akumulator. Przed obserwacjami podłączamy teleskop do ładowania na kilka godzin. Gdy zapada zmrok, odłączamy teleskop i najzwyczajniej w świecie przenosimy w miejsce obserwacji. Żadnych kabli, zasilaczy, całość tworzy dość zwarty i łatwy do przeniesienia zestaw. Waga całego teleskopu wraz ze statywem, głowicą i tubusem wynosi 16 kg, co sprawia, że jedna dorosła osoba jest w stanie przenieść taki teleskop w dowolne miejsce.

Po ustawieniu teleskopu w miejscu obserwacji, przeprowadzamy kalibrację systemu GoTo. Trwa to kilkanaście minut i w tym czasie kierujemy urządzenie kolejno na 3 gwiazdy, tworząc punkty odniesienia dla systemu prowadzącego. Bezpośrednio po kalibracji możemy już rozpocząć obserwacje. Można w prosty sposób wybierać obiekty z listy, korzystając z opcji wyszukiwania, ale można też obiekty wyszukiwać ręcznie za pomocą szukacza i przycisków sterujących. Przy prawidłowym ustawieniu systemu odnalezione obiekty są precyzyjnie śledzone i nie opuszczają pola widzenia. Ważne, aby podczas obserwacji nie potrącić przypadkowo statywu, skutkuje to utratą precyzji prowadzenia i w takim wypadku procedurę kalibracji trzeba powtórzyć.

Evolution 6 to bardzo wygodny sprzęt świetnie sprawdzający się w praktyce edukacyjnej. Warto też zwrócić uwagę na podobny model ze starszej serii, NexStar 6SE. Jest on zauważalnie tańszy i znacznie lżejszy, waży tylko 9 kg. Różnica w wadze spowodowana jest brakiem wbudowanego akumulatora i niższej klasy systemem napędowym. Jest za to miejsce na 8 akumulatorków typu AA. Optyka jest identyczna jak w przypadku Evolution 6, a tuby Nexstar 6SE i Evolution 6 różnią się tylko kolorem.

Teleskop Sky-Watcher BK15075EQ3-2

Gdy fundusze nie pozwalają na zbyt wiele, warto postawić na model o klasycznej i sprawdzonej optyce w systemie Newtona. Dobrym wyborem jest teleskop o średnicy 15 cm. W przeciwieństwie do bardzo popularnych 20-centymetrowych Dobsonów są to teleskopy, które można uznać za łatwe do przenoszenia. Piętnastocentymetrowe teleskopy Newtona wpasowują się gdzieś pomiędzy małe teleskopy dla zupełnie początkujących, a duże, ciężkie konstrukcje o raczej stacjonarnym zastosowaniu. Cena Sky-Watchera BKP15075 od lat nie przekracza 1500 zł, a kolejny z serii, większy o 5 cm BKP2001 EQ5 jest prawie dwa razy droższy i nieporównywalnie cięższy.

BKP15075 to klasyczny, krótkoogniskowy Newton z lustrem parabolicznym o średnicy 150 mm. Przy ogniskowej 750 mm, jest to teleskop dość krótki — ma około 65 cm długości. Teleskop został zawieszony na montażu paralaktycznym EQ3-2 ze statywem aluminiowym. EQ3-2 można nazwać pierwszym montażem, który nadaje się do poważniejszych zastosowań i ostatnim, który można przyjąć za mobilny. Od takiego zestawu wiele osób rozpoczynało swoją przygodę z astrofotografią. Krótkoogniskowa tuba zawieszona na EQ3-2 po wyposażeniu nawet w prosty napęd pozwala podjąć pierwsze realne próby z fotografowaniem nocnego nieba. W tym akurat zastosowaniu BKP15075EQ3-2 będzie nieporównywalnie lepszy niż wspomniany wcześniej Evolution 6.

Opisywany model nie posiada żadnej elektroniki i nie wymaga zasilania. Warto doposażyć go w prosty napęd w jednej osi. Napędy takie produkowane przez Sky-Watchera są zasilane z pojemnika na baterie lub z zasilacza o napięciu 6V. Teleskop najwygodniej przenieść po rozłożeniu na 3 podstawowe części — tubus, głowicę i statyw. Mając do dyspozycji niewielki plecak, można całość samemu przenieść w miejsce obserwacji (głowica jako najcięższy element w plecaku, tubus i statyw można wziąć do rąk). Na miejscu staramy się ustawić oś biegunową na Gwiazdę Polarną. W przypadku prostych obserwacji szkolnych wystarczy zgrubne ustawienie teleskopu w kierunku północnym, przy prawidłowo ustawionym kącie podniesienia osi. Prosty napęd pozwoli śledzić obiekty, natomiast wyszukiwanie przeprowadzamy w takim wypadku ręcznie, korzystając z dołączonej lunetki celowniczej zwanej szukaczem. Pod względem jakości dawanego obrazu teleskop ten nie będzie wiele ustępował opisanemu wcześniej znacznie droższemu Evolution 6.

W kolejnym artykule postaramy się nieco bardziej przybliżyć budowę i obsługę popularnych typów teleskopów.

Damian Demendecki

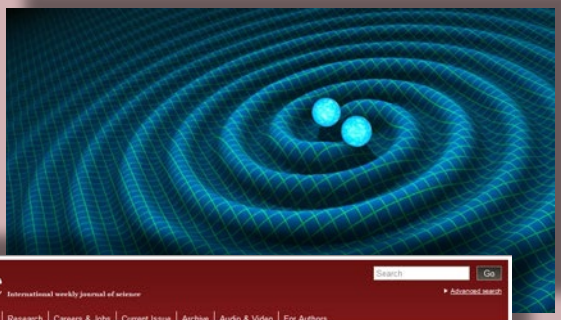
Specjalna oferta dla Szkół i Placówek Oświatowych: 10% rabatu w sieci sklepów Delta Optical na teleskopy prezentowane w artykule

tel. 801-011-337, (25) 786-05-20,

www.deltaoptical.pl

DELTA optical

Poczytaj mi mamo: Fale Grawitacyjne



Dziś proponuję trzy adresy (odnosząc się do tytułu nazwijmy je książeczkami) — pod każdym z nich znajdziemy komentarze do pierwszej udanej, bezpośredniej obserwacji fal grawitacyjnych. Każdy z adresów odsyła do serii artykułów związanych z tematem.

(1) http://www.nature.com/news/gravitational-waves-1.19321

(2) http://www.sciencemag.org/topic/gravitational-waves

(3) http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/feb/19/how-ligo-will-change-our-view-of-the-universe

Najbardziej obszerne materiały można znaleźć pod pierwszym adresem związanym z czasopismem *NATURE*. Drugi adres należący do *SCIENCE* również umożliwia dostęp do szeregu artykułów, chociaż niektóre z nich mogą zobaczyć tylko prenumeratorzy. Trzeci adres należy do omawianego w ostatnim numerze z roku 2014 pisma *PHYSICS WORLD*. Można tu znaleźć spis odnośników do interesującego nas tematu, przynajmniej jeden z nich znajdujący się w sekcji „In Depth" wymaga jednorazowej rejestracji — ale daje to dostęp do całej interesującej i dobrze prowadzonej sekcji. Krótko mówiąc, jest co czytać i oglądać, bo niektóre materiały to krótkie pliki video.

Roman Schreiber

Poczta

W „Uranii" 1/2016 na stronie 43 w tabeli z nazwami gwiazd i planet jest chyba błąd przy 55 Cancri, powinno być gwiazda a nie planeta w kolumnie rodzaj.

Andrzej Midura

Red. *Bardzo słuszna uwaga. Przepraszamy za ten błąd.*

* * *

Okazuje się że w 1939 r. w Europie były co najmniej dwa czasopisma-magazyny o nazwie Urania:
Revista Urania (1939) Buletinul Asociaţiei Tinerilor Astronomi. Bucuresti, Romania, 1939, iniţiat de Jean Dragesco.
http://www.astro-urseanu.ro/biblioteca/urania/Urania-01-mar-apr1939.pdf

Paweł Drożdżal

Red. *Rzeczywiście duża ciekawostka. Powielaczowa technika bardzo przypomina pierwsze cztery nasze „Uranie" z 1920 r. (patrz Urania 5/2014). W 1939 roku od 17 lat polska Urania miała już postać druku offsetowego. Nazwa Urania, była i u nas popularna, jak przypomniany w serialu Bodo w telewizji teatr variete URANIA w Łodzi z początków XX w., albo wybudowana w latach 70. na kanwie rocznicy kopernikańskiej HALA URANIA w Olsztynie. Wśród Uranii, prym wiedzie chyba jednak odkryta w 1854 r. Planetoida 30 URANIA. Może na stulecie naszej „Uranii", czytelnicy pomogą w odkryciu możliwie dużej i ciekawej liczby jej imienniczek?*

Chcesz poznać pasjonatów z całej Polski, ludzi zafascynowanych materią pozaziemską?

W programie:
- Warsztaty spektroskopii Ramana
- Pokazy nieba przez teleskop
- Pokazy w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym im. Arego Sternfelda w Łodzi,
- Pokazy fascynujących eksperymentów fizycznych.

http://www.ptmet.org.pl/konferencja-2016/

ZAPROSZENIA
zloty, obozy, konkursy, spotkania, wykłady, wystawy

„Wiosenne spotkania z astronomią"
CAMK, Warszawa, ul. Bartycka 18
do 30 maja 2016, poniedziałki, godz. 17.00
http://www.camk.edu.pl

Konferencja „Kopernik na Ziemi Lubawskiej"
Lubawa, 27 kwietnia 2016

„Wiosenne spotkania z astronomią"
Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego
Katowice, ul. Uniwersytecka 4
29 kwietnia 2016, godz. 18.00, http://ptma.pl

Tranzyt Merkurego, 9 maja 2016
Lokalne oddziały PTMA
oraz OA w Truszczynach
http://www.ptma.pl

13 Bieszczadzki Zlot Miłośników Astronomii
Stężnica, 5–8 maja 2016
PTMA O/Lublin, http://www.astrozloty.pl

26 zlot miłośników astronomii
Zwardoń, 12–15 maja 2016
PTMA O/Katowice
http://www.forum.astrocd.pl

27 zlot miłośników astronomii
Zwardoń, 9–12 czerwca 2016
PTMA O/Katowice
http://www.forum.astrocd.pl

6 AstroWczasy w Bieszczadach
Stężnica, 30 lipca – 13 sierpnia 2016
PTMA O/Katowice, O/Kraków,
http://www.astrowczasy.ptma.pl

WARUNKI PRENUMERATY

Prenumerata roczna (6 numerów) — 60 zł
Przedłużona (12 numerów) — 120 zł
Prenumerata zagraniczna jest 100% droższa

Dla członków Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii cena prenumeraty wynosi 30 zł przy wysyłce na adres oddziału lub 40 zł przy wysyłce na adres indywidualny. Szczegóły i wpłaty w oddziałach PTMA. Skarbników lub prezesów prosimy o wpłaty zbiorcze oraz przesłanie imiennej listy prenumeratorów na adres urania@urania.edu.pl.

Prenumeratę oraz zamówienia numerów poprzednich można opłacić na konto Polskiego Towarzystwa Astronomicznego
nr 44 1160 2202 0000 0000 5530 5241.
Prosimy o dokładne podanie adresu, na który ma być wysłane pismo, oraz numeru „Uranii", od którego ma być realizowana prenumerata.

Zamówienia internetowe: sklep.pta.edu.pl
W razie pytań kontakt:
urania@urania.edu.pl lub tel. 698 55 61 61

PRENUMERATA SPONSOROWANA DLA SZKÓŁ
50% TANIEJ — TYLKO 30 ZŁ!

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Polskie Towarzystwo Astronomiczne oferują szkołom i bibliotekom szkolnym specjalne warunki prenumeraty. Szkoły płacą jedynie 30 zł za prenumeratę na rok szkolny 2015/2016 albo cały rok 2016*.

Prosimy o wpłaty z tytułem:
„Urania" — prenumerata sponsorowana dla szkół

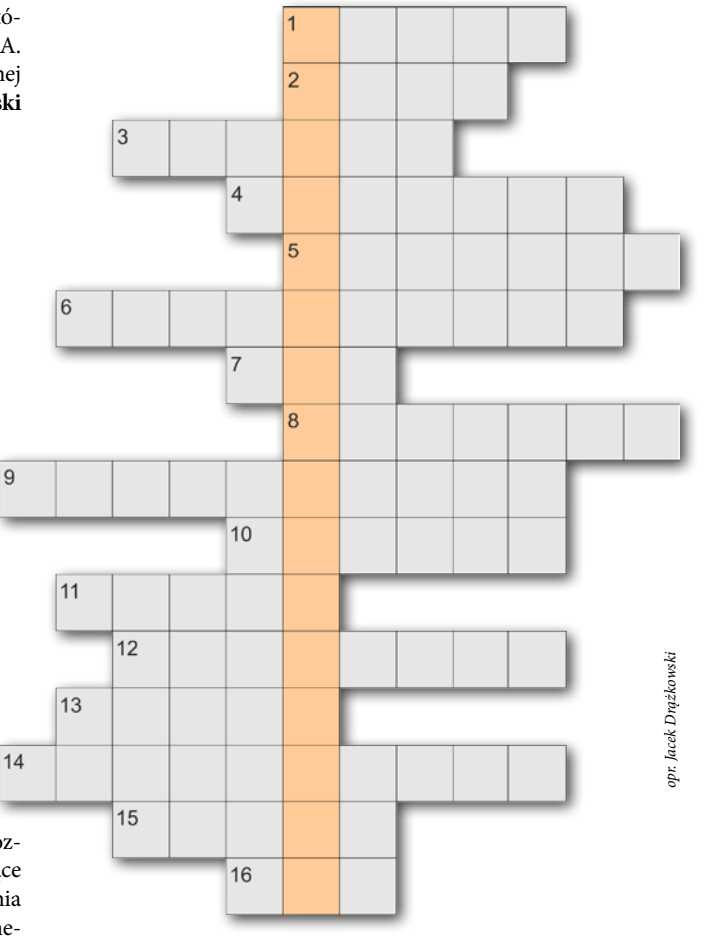
Szczegóły i formularz zgłoszeniowy
na www.urania.edu.pl w sekcji „prenumerata".

* Nadal czekamy na decyzję MNiSW w sprawie dopłat do prenumerat dla szkół. Jeśli będzie pozytywna, szkoły otrzymają pełen komplet 6 numerów, a w przypadku negatywnej gwarantujemy wysłanie 5 numerów.

W „Uranii–PA” nr 6/2015 zamieściliśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło HIPOTEZA TIPLERA. Nagrody w postaci książek o tematyce astronomicznej wylosowali **Kasper Fabrowski** z Bydgoszczy i **Radosław Macuski** z Wrocławia. Nagrody zostaną wysłane pocztą.

1. W czerwcu w opozycji
2. Prototyp sieci teleskopów ALMA
3. Autor Tablic Rudolfińskich
4. W maju przejdzie przed Słońcem
5. Wynalazca sekstantu
6. 55 Cancri
7. Dla miłośników „słoneczników” w podróży
8. Imię odkrywcy komety, która się rozpadła na dwie
9. Sąsiad księżycowego Archimedesa
10. Pomoże lepiej poznać supermasywne czarne dziury
11. Stosowne imię dla mądrej niewiasty
12. Autor pierwszego teleskopu rentgenowskiego
13. Gromada otwarta z planetą
14. Odkryli zmiennośćAlgola
15. Oprogramowanie do wykonywania obliczeń rozproszonych przez internet
16. Groźne planetoidy

Rozwiązanie utworzą kolejne litery z wyróżnionych kratek. Na rozwiązania czekamy do końca czerwca 2016 r. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii–PA” muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną na adres: urania@urania.edu.pl. Wśród autorów poprawnych odpowiedzi rozlosujemy dwie książki Józefa Smaka „Nowe opowiadania starego astronoma”



opr. Jacek Drążkowski

Słowa kluczowe do rozwiązania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii–PA” 6/2015: 1. MITCHELL, 2. FENIKS, 3. SUPERNOWA, 4. ORION, 5. PRESTON, 6. ENCELADUS, 7. NAVRUZ, 8. ASTRONAWIGACJA, 9. KOMETY, 10. GRUDZIĄDZ, 11. HIPPARCH, 12. PLUTON, 13. WIERNASZ, 14. STELLARIUM, 15. LOFAR.

astrożarty Jacka D.

Rodzina analem naświetlanych od 9 grudnia 2014 do grudnia 2015 r. Widać analemy naświetlane o godzinach: 7.00, 8.00, 9.00, 10.00 i 11.00 CŚE. Doświetlanie: 15.00–18.00 CŚE. Miejsce naświetlania: Wrocław, Polska. Orientacja kamery: południowy wschód. Materiał światłoczuły: Kodak na podłożu papierowym. Pętle nie domykają się, ponieważ podczas naświetlania częściowo przesunęła się taśma izolacyjna w jednym z rogów papieru.

Więcej informacji o projekcie na stronie http://analemma.pl

Fot. Łukasz Fajfrowski i Maciej Zapiór

Zdjęcie całkowitego zaćmienie Słońca wykonane 9 marca 2016 r. w Cieśninie Makasarskiej pomiędzy wyspami Celebes a Borneo (Indonezja) przez członków polskiej wyprawy astronomicznej. Wyprawę zorganizowało Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika w Grudziądzu przy współpracy z Polskim Towarzystwem Astronomicznym. Dokumentacja z wyprawy oraz zjawiska posłuży do montażu kolejnych odcinków programu „Obserwatorium". Pełna relacja z wyprawy już w następnym numerze „Uranii" (Esprit 100/550, f=5.5, AZ EQ5 SynScan GT (pier), Pentax K-3, fot. Sebastian Soberski)

nowy program telewizyjny
o astronomii i badaniach kosmosu

ASTRONARIUM

odcinki popremierowe
www.youtube.com/c/AstronariumPl

Premiery w TVP3:
soboty 30 kwietnia,
14 i 28 maja, 11 czerwca
godz. 17.00 i 24.15
Powtórki w środy 4, 18
maja, 1 i 15 czerwca
godz. 11.45 i 24.55

www.astronarium.pl

facebook.com/AstronariumTVP

producenci programu

TVP TELEWIZJA POLSKA

TVP BYDGOSZCZ

partner medialny

Urania POSTĘPY ASTRONOMII

dofinansowanie produkcji

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego