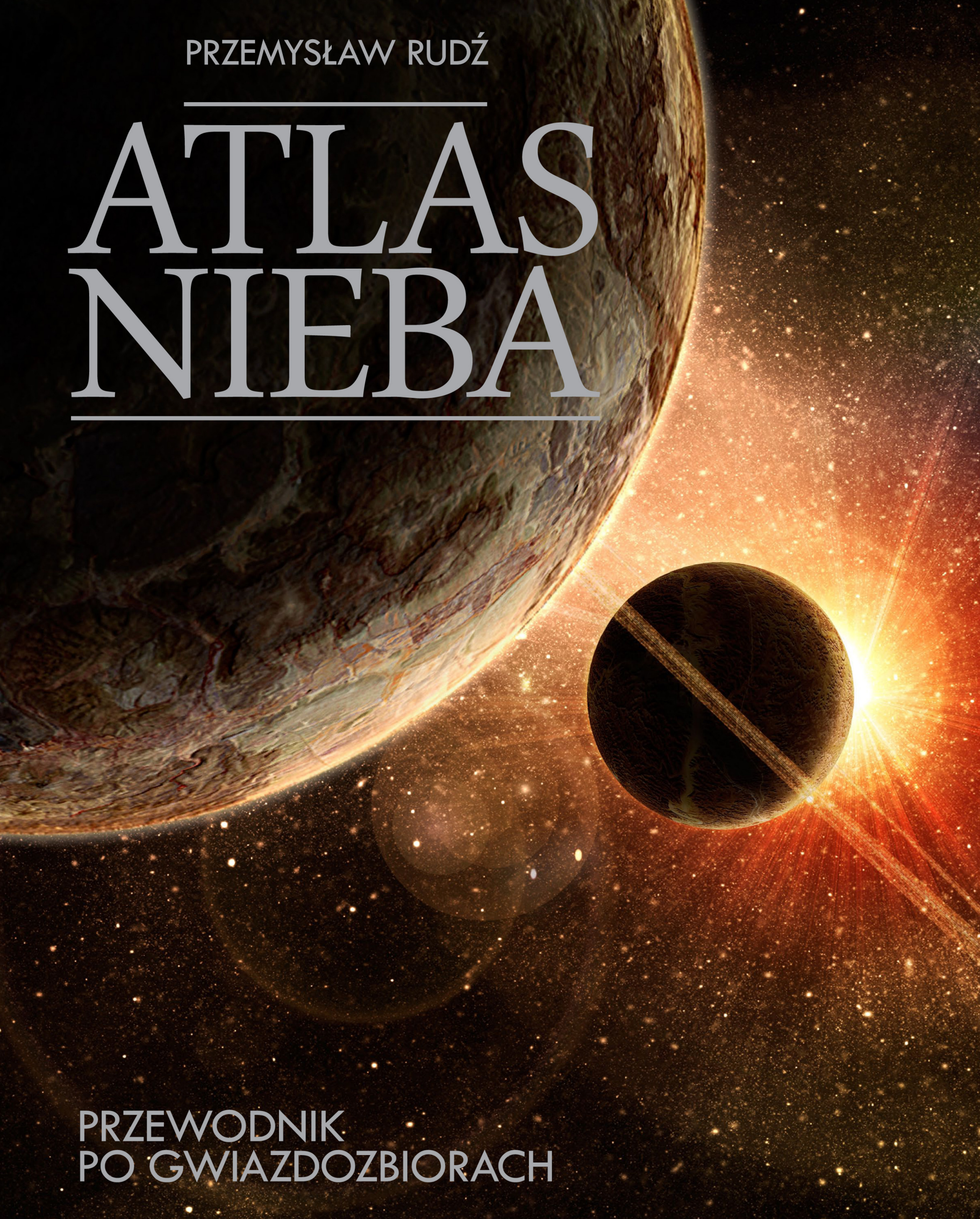


The background of the entire image is a deep space scene. On the left, a large, textured planet with brown and grey hues curves across the frame. In the center-right, a smaller planet with a prominent ring system is visible. To the right of the ringed planet is a bright, glowing star or sun, creating a lens flare effect. The space is filled with numerous small, distant stars.

PRZEMYSŁAW RUDŹ

ATLAS NIEBA

PRZEWODNIK
PO GWIAZDOZBIORACH

ATLAS NIEBA

PRZEMYSŁAW RUDŹ

ATLAS NIEBA



PRZEWODNIK
PO GWIAZDOZBIORACH



WSTĘP	6
--------------------	----------

ZIEMIA JAKO MIEJSCE SPOSTRZEŻEŃ ASTRONOMICZNYCH	8
--	----------

ZIEMIA JAKO CIAŁO NIEBIESKIE	10	ZMIANA WYGLĄDU NIEBA W ZALEŻONOŚCI	
UKŁAD SŁONECZNY Z PERSPEKTYWY 400 LAT		OD MIEJSCA I CZASU OBSERWACJI	24
BADAŃ ZA POMOCĄ TELESKOPÓW	14		
RUCHY ZIEMI – JAKO ŹRÓDŁO PODSTAWOWYCH			
ZJAWISK ASTRONOMICZNYCH – DNIA I NOCY			
ORAZ ROKU	20		

NIEBO – ROZPOCZYNAAMY PRZYGODĘ	30
---	-----------

RODZAJE OBIEKTÓW NA NIEBIE	32	SKĄD SIĘ WZIĘŁY GWIAZDOZBIORY?	56
• Gwiazdy	32	PIERWSZY KOSMICZNY SPACER	62
• Planety	34	• Najnowsze technologie	62
• Naturalne satelity planet	35	• Organizacja miejsca obserwacji	63
• Planetoidy	36	• Dbłość o instrument optyczny	64
• Komety	37	• Miejsce obserwacji	65
• Meteory	38	• Ubiór	65
• Gwiazdy podwójne i wielokrotne	41	OBSERWACYJNE ABC	66
• Gwiazdy zmienne	43	• Odległości na niebie	66
• Gromady gwiazd	44	• Podstawowe współrzędne astronomiczne	69
• Mgławice	48	• Ścieżki i drogowskazy na sklepieniu niebieskim	70
• Galaktyki	51	• Oczy, lornetka, teleskop astronomiczny	
• Kwazary	54	i montaż	72
• Sztuczne satelity	55		

GWIAZDOZBIORY	76
----------------------------	-----------

NIEBO W STYCZNIU	78	NIEBO W KWIETNIU	93
• Woźnica	78	• Lew	94
• Mała Niedźwiedzica	79	• Panna	96
• Orion	80	• Puchar	98
NIEBO W LUTYM	83	NIEBO W MAJU	99
• Byk	84	• Warkocz Bereniki	99
• Wielki Pies	86	• Wolarz	100
• Hydra	87	• Korona Północna	102
NIEBO W MARCU	88	• Psy Gończe	103
• Mały Pies	88	NIEBO W CZERWCU	105
• Rak	89	• Herkules	106
• Wielka Niedźwiedzica	90	• Wężownik	108
		• Wąż	110

►
Start
wahadłowca
Atlantis,
Cape Canaveral,
Floryda,
16 listopada
2009 roku



NIEBO W LIPCU	112	• Koziorożec	133
• Lutnia	112	NIEBO W PAŹDZIERNIKU	134
• Łabędź	114	• Perseusz	134
• Orzeł	116	• Andromeda	136
• Lisek	117	• Wieloryb	138
• Strzała	118	• Ryby	140
NIEBO W SIERPNIU	120	NIEBO W LISTOPADZIE	142
• Skorpion	120	• Trójkąt	142
• Strzelec	122	• Baran	143
• Delfin	124	• Ryba Południowa	144
• Tracza	125	NIEBO W GRUDNIU	146
NIEBO WE WRZEŚNIU	127	• Bliźnięta	146
• Wodnik	128	• Rufa	148
• Pegaz	130	• Zając	149
• Kasjopeja	132	• Jednorożec	150

NIEBO POŁUDNIOWE 152

SKARBY NIEBA POŁUDNIOWEGO	154	• Mały Obłok Magellana	164
• Konstelacje nieba południowego	155	• Gwiazdozbiór Centaura	166
• Wielki Obłok Magellana	156	• Mgławica w konstelacji Kila	168

OBSERWUJEMY UKŁAD SŁONECZNY 172

SŁOŃCE	174	ZAĆMIENIE SŁOŃCA I KSIĘŻYCA	210
KSIĘŻYC	184	• Inne zjawiska zakryciowe	213
WENUS I MERKURY	190	GWIAZDY ZMIENNE I SUPERNOWE	214
MARS	194	• Poszukiwania supernowych	216
JOWISZ	196	ASTROFOTOGRAFIA	217
SATURN	199	• XX wiek w fotografii nieba	218
URAN I NEPTUN	202	• Warunki do astrofotografii	220
PLANETOIDY, KOMETY I ROJE METEORÓW	204	• Fotografia – efekt finalny	221
• Komety	206		
• Roje meteorów	208		

POSŁOWIE 222

SŁOWNICZEK 224

LITERATURA POMOCNICZA 232

INDEKS 234

WSTĘP

Astronomi towarzyszy nam od najdawniejszych czasów. Zarówno wtedy, jak i teraz nauka ta opiera się na tej samej ludzkiej ciekawości świata, chęci obcowania z wielką tajemnicą stworzenia i niezbadanymi zagadkami z najodleglejszych zakątków przestrzeni kosmicznej. Ci, którzy poświęcili się pasji, za każdym razem kiedy zerkają w okular teleskopu, aby obserwować pasy w atmosferze Jowisza, pierścienie Saturna czy bogactwo gromad gwiazd, mgławic i galaktyk, zawsze czują ten sam dreszcz emocji, który towarzyszył ich pierwszemu kosmicznemu spacerowi. Ja sam obserwuję niebo od ponad 30 lat. Pamiętam jedną z moich pierwszych lektur, która dla siedmioletniego wówczas chłopca stała się przewodnikiem po świecie konstelacji i kryjących się w nich skarbów. Była to niewielka książeczka *W kosmos na piechotę*, w której w elementarny sposób zaznajomiłem się z podstawowymi pojęciami, takimi jak gwiazda, gwiazdozbiór, planeta, galaktyka, teleskop, współrzędne astronomiczne. Dzięki tej wiedzy, a potem systematycznemu podnoszeniu kwalifikacji, zdobywaniu doświadczenia i praktyki, z biegiem lat z kompletnego żółtodzioba stałem się przewodnikiem dla kolejnych pokoleń obserwatorów nieba. Zadanie to odpowiedzialne, ale niezmiernie satysfakcjonujące, gdyż nie ma nic bardziej budującego niż obserwowanie postępów i wewnętrznego rozwoju młodych ludzi, w których udało się kilkoma napisanymi książkami zaszczyć ziarenko pięknej astronomicznej przygody.

Ale na astronomię nigdy nie jest za późno. W żadnym wypadku nie należy sądzić, że tylko najmłodszy posiadają licencję na zgłębianie tajemnic nieba. Ta wspaniała nauka odkrywa swoje zagadki przed każdym, kto tylko zechce zadać sobie pytanie o porządek panujący w świecie planet i nasze miejsce w tym barwnym kalejdoskopie. Pasją obserwowania nieba zbliża do siebie pokolenia, gdyż podczas zlotów astronomicznych lub ekspedycji obserwacyjnych młodzi wspólnie ze starszymi dzielą się swoimi przemyśleniami i doświadczeniami. Obie strony uczą się siebie i od siebie, a konsekwencją tego jest wzajemny szacunek, rodzące się przyjaźnie, plany na przyszłość. Wychowawczy aspekt tego hobby jest nie do przecenienia

i to zarówno w kwestii kontaktów międzyludzkich, jak również podejścia do zdobywania wiedzy, krytycznego spojrzenia na problemy otaczającego nas świata. Niejednokrotnie przecież środki masowego przekazu serwują widzom i słuchaczom lekkostrawną papkę, w której tylko przy dużej dozie zaangażowania odnaleźć można odrobinę rzetelnej informacji mającej oparcie w faktach. Studiowanie tajemnic przyrody, praw fizyki nią rządzących skutecznie impregnuje umysł na wszelkiego rodzaju skróty myślowe, generalizacje czy wręcz jawnie fałszywe teorie wszystkiego.

Współczesny świat oferuje nam kontakt w czasie rzeczywistym nawet z najodleglejszymi zakątkami Ziemi. Oczywiście w innych krajach również odnajdziemy ludzi oddanych rozgwieźdżonemu niebu, którzy starają się każdą pogodną noc spędzić z teleskopem na obserwacjach nie tylko dla czystej satysfakcji, ale czasem również realizując ambitniejsze programy naukowe i popularnonaukowe. Może to być poszukiwanie komet, wyznaczanie jasności gwiazd zmiennych, obserwacje meteorów, poszukiwanie supernowych w odległych galaktykach, a także poszukiwanie planetoid, obserwacje zjawisk zakryciowych, monitorowanie aktywności słonecznej, ekspedycje w rejon całkowitych zaćmień Słońca, szlifowanie i polerowanie lusterek amatorskich teleskopów, czy wreszcie działalność ściśle popularyzatorska z wykładami, prelekcjami i pokazami nieba dla szkół, mieszkańców dzielnicy lub miasta. Zakres możliwości jest tak szeroki, jak szerokie jest spektrum zagadnień, którymi interesuje się astronomia. Każdy więc po pewnym czasie doskonale będzie się orientował na którym z wymienionych pól działania czuje się najlepiej, i gdzie chciałby dołożyć swoją cegiełkę. Astronomia daje niepowtarzalną okazję, aby włączyć się w działalność licznej międzynarodowej społeczności, dla której poznawanie tajemnic kosmosu jest nie tylko szlachetnym wyzwaniem, lecz także obowiązkiem spoczywającym na istotach rozumnych, którymi wszak jesteśmy. Bo jeśli nie my poznamy monumentalne dzieło Matki Natury, to kto zrobi to za nas?

Trzeba też zauważyć, że w ostatnich latach astronomia i jej technologiczny sprzymierzeniec – astronautyka, mają na swoim



koncie wiele fantastycznych osiągnięć, które uczyniły poruszane przez nie problemy bardzo lotnymi medialnie, jeśli nie powie-
dzieć, że modnymi. W ślad za tym idą coraz większe fundusze
na popularyzację nauki o Wszechświecie, powstają miasteczka
naukowe z wyraźnie zaakcentowanymi ekspozycjami tematycz-
nymi poświęconymi astronomii i podbojowi kosmosu. Daje to
znacznie więcej możliwości, aby poszerzać swoje zainteresowa-
nia z wykorzystaniem najnowszych technologii interaktywno-
multimedialnych. Warto więc śledzić doniesienia o lokalnych
inicjatywach popularyzujących nauki ścisłe i przyrodnicze, pod-
czas wyjazdów z miejscą zamieszkania starać się wyszukiwać
interesujące nas miejsca i przedsięwzięcia w innych ośrodkach
miejskich. Wspomniane już centra nauki, planetaria, miejskie
obserwatoria astronomiczne, muzea, oddziały lokalnych klubów
astronomicznych i miejsca z ciekawą historią, powinny znaleźć
się w kręgu naszych zainteresowań i na trasie wędrówek.

Drogi Czytelniku, trzymasz właśnie w dłoniach książkę, któ-
ra jest zaproszeniem do oderwania się na moment od proble-
mów codzienności i skierowania oczu ku skarbowi sklepienia
niebieskiego. Przewodnik ten, ze względu na ograniczoną
objętość, tylko zarysowuje pewne podstawowe zagadnienia,
które samodzielnie można pogłębiać lekturą innych szczegó-
łowych opracowań, aktywnością na forach astronomicznych
w internecie oraz codzienną praktyką w gronie podobnych
sobie pasjonatów. Przy odrobinie samozaparcia i cierpliwości
masz szansę stać się astronomicznym guru dla członków rodzi-
ny, przyjaciół i znajomych. Jednak będzie to przede wszystkim
ważny element samorealizacji, ciągłego podnoszenia własnych
kwalifikacji i czynienia z siebie nie tylko coraz to doskonalsze-
go znawcy tajemnic nieba, ale także lepszego, pełnego empatii
i świadomego otaczającego go świata człowieka. Taki jest głów-
ny tel tego przewodnika.

*Mojemu przyjacielowi
Pawłowi Maksymowi (1983–2013)*



The background of the entire image is a composite of two astronomical photographs. The upper portion shows a wide-field view of the Milky Way galaxy, with its dense band of stars and interstellar dust stretching across the frame. The lower-left corner features a curved horizon of the Earth, showing dark landmasses and white, swirling cloud patterns. A solid dark blue horizontal band is positioned at the bottom of the image, serving as a background for the title text.

ZIEMIA JAKO MIEJSCE SPOSTRZEŻEŃ ASTRONOMICZNYCH

ZIEMIA JAKO CIAŁO NIEBIESKIE

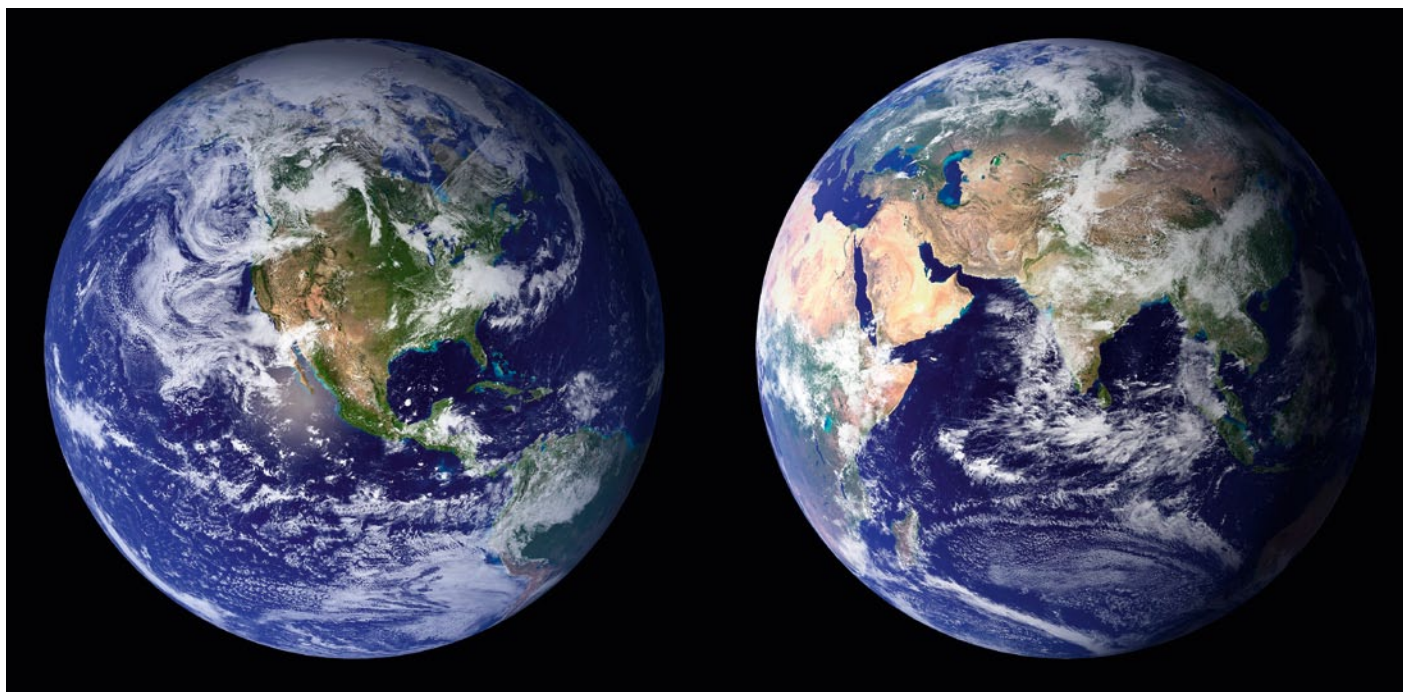
Poetyckie określenie Carla Sagana nazywa ją „niebieską kropką”. Bo faktycznie z kosmicznej perspektywy Ziemia wygląda właśnie jak malutki, niepozorny, błękitny punkt, który niesie ze sobą wszystkie nasze doczesne sprawy i problemy. Czy ktoś obserwujący nas z odległej, hipotetycznej zamieszkałej planety mógłby pomyśleć, że na tym niewielkim skalistym globie od milionów lat toczy się życie, raz spokojnie i niczym niezakłócone, innym razem gwałtownie przerywane w wyniku lokalnego lub globalnego kataklizmu? Zapewne mógłby stwierdzić, że Ziemia znajduje się w ekosferze swojej gwiazdy centralnej, błękitny kolor świadczy o istnieniu wody w stanie ciekłym, a wędrujące połacie chmur są świadectwem aktywnych procesów atmosferycznych. Proste badanie spektralne wyjaśniłoby mu skład gazowej otuliny planety, który sprzyja

procesom biologicznym (o ile on sam oddycha tlenem). Dodatkowo pojawiające się w dobowym cyklu światła mogłyby naprowadzić kosmitów na ślad rozwiniętej cywilizacji, w której w wielkich aglomeracjach uliczne latarnie, reflektory,

neony i reklamy nawet z nocy czynią biały dzień. Czy w istocie jesteśmy wnikliwie obserwowani? Tego nie wiemy, ale jeżeli my sami zagłębimy coraz głębiej w otchłań Wszechświata, odkrywamy kolejne planety pozasłoneczne, a w przy-



▲ Skąpana w miejskich światłach Europa Zachodnia



▲ Powierzchnia Ziemi widziana z pokładu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS)

szłości będziemy potrafili badać je szczegółowo niczym kosmiczni detektywi, to nie ulega wątpliwości, że podobna naszej ciekawsza cywilizacja robi to samo. Skupmy się jednak na naszym wspólnym domu – Ziemi.

Planeta ta powstała około pięć miliardów lat temu z ogromnego obłoku materii, z której uformowało się Słońce i krążące wokół niego planety, planetoidy, komety oraz gaz i pył międzyplanetarny. Był to bardzo długi proces i wymagał, aby wcześniej

jakaś gwiazda, a może kilka gwiazd zakończyło swój żywot w ogromnej eksplozji supernowych. Skąd o tym wiemy? Ciężkie pierwiastki, z których zbudowane są nasze ciała, wszelka materia ożywiona i nieożywiona, nie powstają same z siebie.

▼ Wahadłowiec Discovery na orbicie wokółziemskiej





▲ Księżyc w pełni widziany z pokładu promu Discovery. Widoczna deformacja kształtu satelity na granicy atmosfery

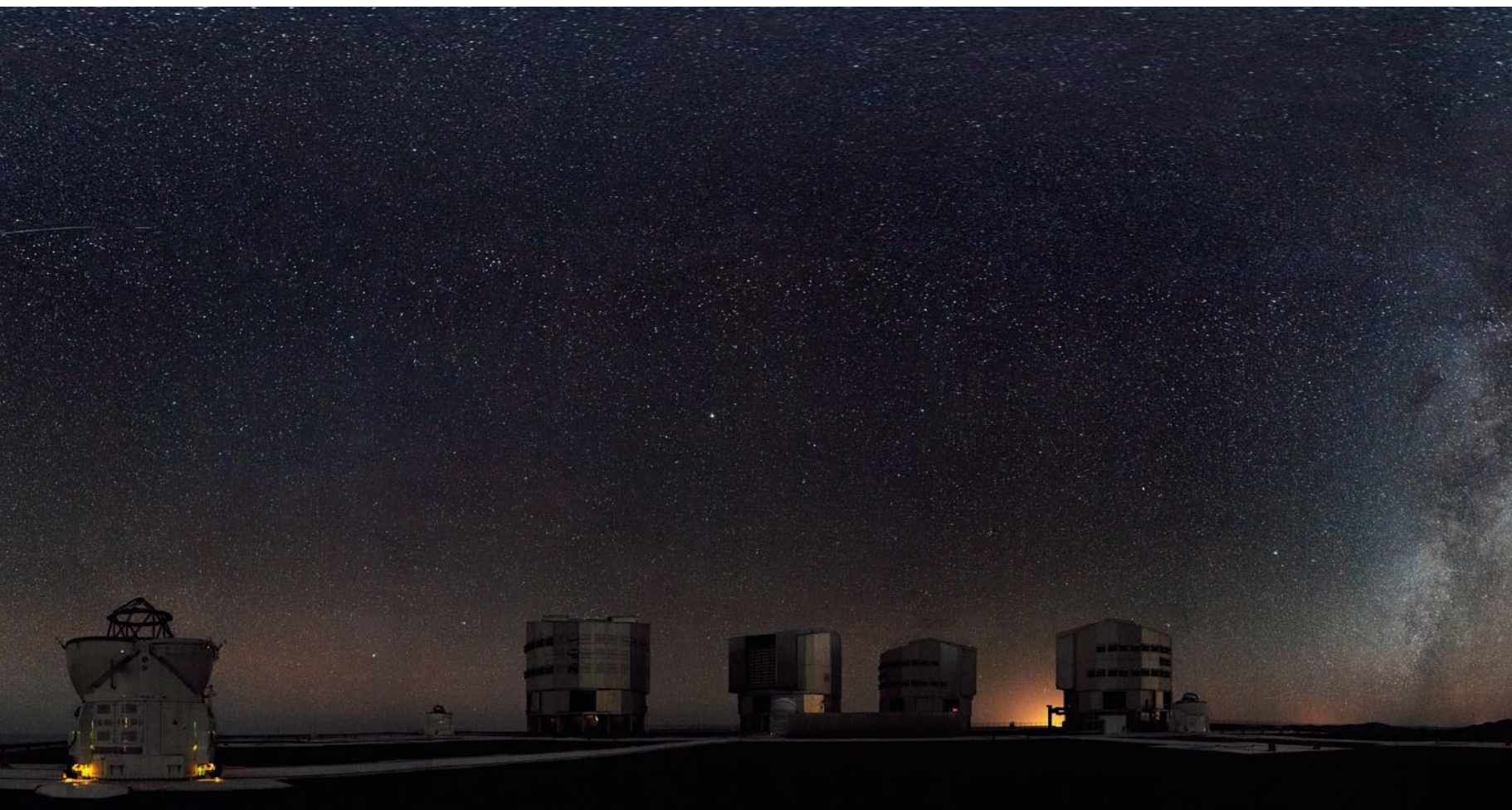
Ich źródłem są wysokotemperaturowe i wysokociśnieniowe procesy termonuklearne zachodzące w jądrach gwiazd. Nie istnieją inne naturalne procesy, które mogłyby prowadzić do powstania węgla, tlenu, żelaza, złota i wielu innych pierwiastków śladowych niezbędnych do

funkcjonowania organizmu. Nasze ciała są zatem zbudowane z gwiazdnej materii. Ogromny obłok gazu i pyłu wykazywał lokalne zagęszczenia będące doskonałą pożywką dla siły grawitacji, która jak tocząca się kula śniegu skupiała materię coraz bardziej i intensywniej. Objętość

układu zaczęła się zmniejszać, a zarazem rosła temperatura. Całość zaczęła wykazywać coraz bardziej regularną strukturę z wielkim zagęszczeniem centralnym, które było zalążkiem Słońca, oraz licznymi lokalnymi zagęszczeniami, które w późniejszym czasie przekształciły się w planety. Gdy gęstość gazu i temperatura centralnego zagęszczenia wzrosła na tyle, aby zapoczątkować reakcje termonuklearne, narodziło się Słońce. Oczywiście nawet po uformowaniu się gwiazdy i planet młody system planetarny był bardzo dynamiczny i niekoniecznie przyjazny. Liczne kolizje, zderzenia, ustawiczne bombardowanie młodych obiektów przez meteoryty i komety, wszystko to kształtowało jego ówczesne oblicze. Ostatecznie gdzieś na krańcach – Droga Mleczna, w jej ramieniu spiralnym, zwanym Ramieniem Strzelca, powstał Układ Słoneczny.

Oblicze naszej Ziemi również ewoluowało. Aby dokładnie poznać jej przeszłość, należałoby przestudiować opracowania z zakresu geologii historycznej i paleontologii. Lektura ta uświadomiłaby nam, że na przestrzeni wieków zmienił i wciąż się zmienia układ lądów oraz

▼ Łuk Drogi Mlecznej rozpostarty nad obserwatorium na Cerro Paranal w Chile



oceanów, czego motorem napędowym są wulkanizm i procesy tektoniczne. Góry w jednych miejscach powoli, lecz systematycznie wypiętrzają się, w innych z kolei ogromne masywy skalne poddają się zjawiskom erozji, która nieubłagannie przekształca je w drobny piasek i pył. Również życie równoległe do zmian środowiskowych musiało przystosowywać się do nowych warunków i co najwspanialsze, zawsze to mu się udawało. Nawet największe katastrofy, nieważne czy związane z aktywnością wewnętrzną planety, czy też z kosmicznymi kolizjami w stylu tej, która 65 milionów lat temu zmiotła z powierzchni Ziemi dinozaury, nie potrafiły zniszczyć biologicznego żywiołu, którego kulminacją było pojawienie się człowieka. To on, wyposażony w inteligencję i zdolność kreatywnego oraz abstrakcyjnego myślenia, jako pierwszy skierował oczy ku gwiazdom i postawił pytanie o swoje miejsce w tej skomplikowanej kosmicznej układance. Czytając te słowa, także my ulegamy odwiecznej i przyrodzonej nam ciekawości świata, która dla dociekliwych jest sensem pasjonującej wędrówki przez życie.

ZIEMIA – PODSTAWOWE DANE

masa	5,975 · 10 ²⁴ kg
średnia gęstość	5,51 g/cm ³
promień równikowy	6 378 km
promień biegunowy	6 357 km
promień orbity	149,6 mln km (odległość przyjęta jako astronomiczna jednostka długości, AU)
okres obiegu wokół Słońca	365 dni 5 h 48 min 46 s
czas obrotu wokół własnej osi	23 h 56 min 4 s
przyspieszenie	ok. 9,7805 m/s ²
prędkość ucieczki na równiku	11,2 km/s
księżyc	1
ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza (tzw. normalne)	1013,25 hPa (1 atm)
masa atmosfery	ok. 5,29 · 10 ¹⁸ kg
skład atmosfery (w % objętościowych)	azot: ok. 78, tlen: ok. 21, argon: ok. 1
temperatura powierzchni (średnia)	15°C

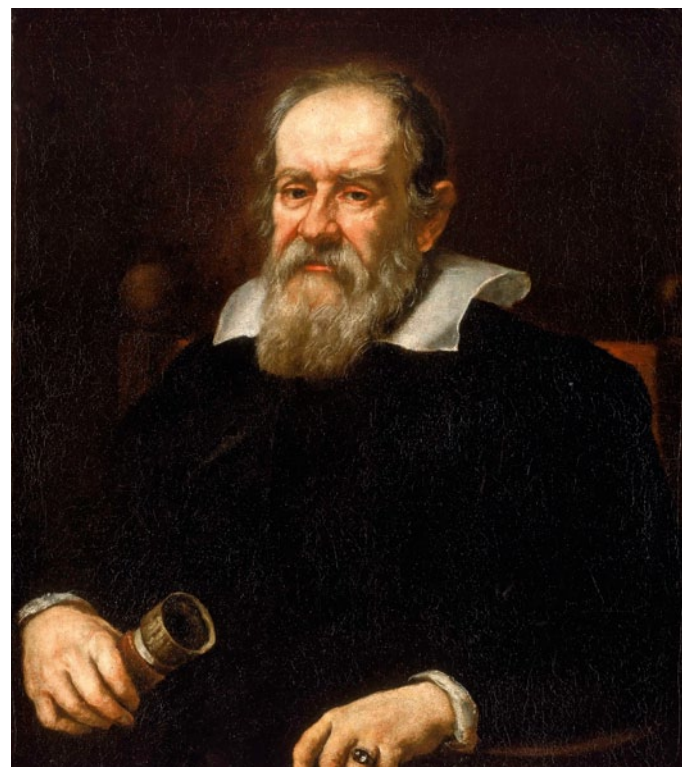


UKŁAD SŁONECZNY

Z PERSPEKTYWY 400 LAT BADAŃ ZA POMOCĄ TELESKOPÓW

W 1609 roku Galileo Galilei, zwany po prostu Galileuszem, usłyszał o niderlandzkim wynalazku, jakim była luneta. Pierwszy egzemplarz, jak twierdzi pierwszy biograf Galileusza, a zarazem jego ostatni uczeń Vincenzo Viviani, Galileusz miał okazję podziwiać u jednego z bogatych kupców weneckich. Wszystko wskazuje, że przywieziona do Republiki Weneckiej na wiosnę 1609 roku luneta rozbudziła wyobraźnię Galileusza na tyle, że postanowił skonstruować własną. Pierwsza luneta Galileusza powstała najprawdopodobniej z pomocą rzemieślnika, który produkował cyrkle artyleryjskie projektu uczonego. W ten sposób w czerwcu Galileusz trzymał w ręku swój pierwszy refraktor o trzykrotnym powiększeniu. Podczas gdy dokonywał pierwszych obserwacji nieba refraktorem

i udoskonaliał swój instrument, w okolicy Londynu Thomas Harriot wykonał pierwsze szkice Księżyca. Był sierpień 1609 roku. Dzięki znajomości z Paolem Sarpim Galileusz zaprezentował teleskop (już o ośmiokrotnym powiększeniu) senatorom Republiki Weneckiej. To wydarzenie, datowane między 15 a 19 sierpnia, możemy uznać za pierwszy publiczny pokaz nieba przez teleskop. Dalszy rozwój technik wykonywania lunet doprowadził Galileusza do jednej z najważniejszych jego publikacji – *Sidereus Nuncius* (*Gwiazdny posłaniec*), wydanej w marcu 1610 roku. Odkrycia i obserwacje włoskiego uczonego położyły podwaliny pod rozwój współczesnej astronomii. Wymieńmy tu tylko najważniejsze z nich: plamy słoneczne, fazy planety Wenus, księżyc Jowisza, pierścienie Saturna, góry i kratery na Księżycu.



▲ Galileusz (1564–1642)

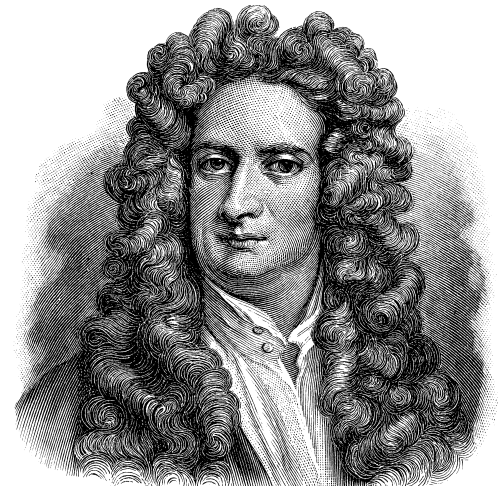


▲ Johannes Kepler (1571–1630)

Galileusz, który skierował teleskop na niebo, był gorącym zwolennikiem teorii heliocentrycznej Mikołaja Kopernika. Jego odkrycia wspierały ją, choć nie były popularne i powszechnie akceptowane. Władze kościelne zakazały Galileuszowi publicznego głoszenia swoich tez, skazując go na dożywotni areszt domowy. Na szczęście późniejsze lata wykazały, że uczonego miał rację, a co najważniejsze – znalazł genialnych naśladowców. W tym samym czasie działał niemiecki astronom Johannes Kepler, uczeń słyn-

nego Tychona Brahe'a. W 1618 roku opublikował on swoje prawa ruchu planet, które modyfikowały system kopernikański, usuwając z niego kołowe orbity na rzecz eliptycznych. Dodatkowe zależności odkryte przez Keplera spowodowały, że nagle obserwacje zaczęły doskonale zgadzać się z teorią, co uchyliło furtkę do matematycznego opisu ruchu planet, pierwszych rzetelnych efemeryd i przewidywania przyszłych wydarzeń na niebie. W 1687 roku Izaak Newton, jeden z największych uczonych wszech czasów, opublikował słynne dzieło *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Matematyczne zasady filozofii naturalnej*). Zawarł w nim fundamentalne prawo powszechnego ciążenia, które stało się prawdziwym przełomem i skierowało astronomię na zupełnie nowe tory. Okazało się, że łącząc ze sobą prawa Keplera i nowo odkryte przez Newtona zależności pomiędzy przyciągającymi się masami w polu grawitacyjnym, można na podstawie kilku obserwacji astrometrycznych wyznaczać orbity ciał niebieskich z niespotykaną dokładnością.

W 1705 roku angielski astronom Edmond Halley, korzystając z aparatu ma-

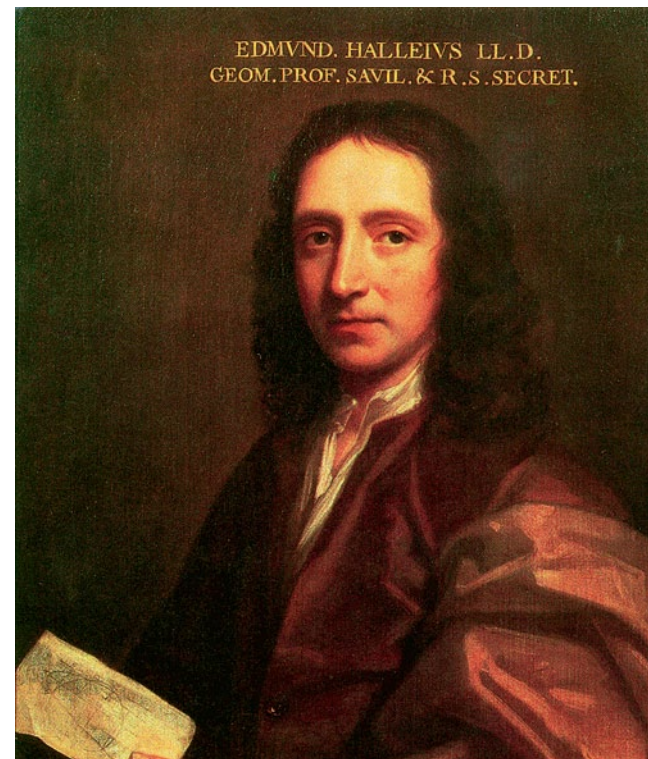


▲ Izaak Newton (1642–1727)

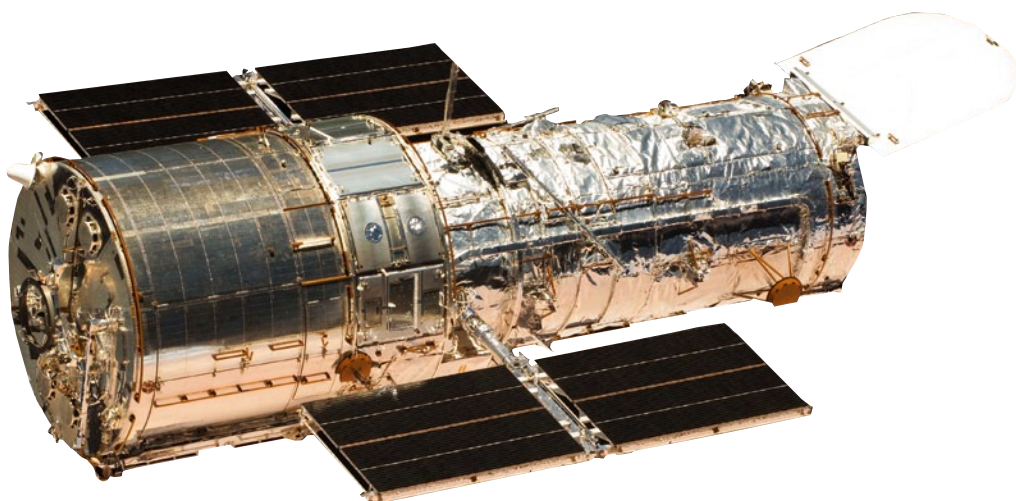
tematycznego Newtona, opublikował pracę o kometach obserwowanych w latach 1337–1698. Doszedł w niej do wniosku, że komety z lat 1531, 1607 i 1682 mają bardzo podobne orbity, i wyciągnął z tego konkluzję, że to jeden i ten sam obiekt, który musiał pojawiać się na ziemskim niebie kilkukrotnie w przeszłości. Przenosząc tę prawidłowość w przyszłość, wskazał też poprawnie rok, kiedy powinna pojawić się znowu. W 1758 roku, zgodnie z przewidywaniami Halleya, kometa została dostrzeżona, co było



▲ Joseph von Fraunhofer (1787–1826) – niemiecki optyk, demonstruje swój spektroskop



▲ Edmond Halley (1656–1742)



▲ Kosmiczny Teleskop Hubble'a (HST)

nadzwyczajnym osiągnięciem. Na cześć uczonego, który przewidział powrót komety w pobliże Słońca, nazwano ją jego nazwiskiem. Dwadzieścia trzy lata po przewidzianym pojawieniu się komety odkryto planetę Uran. Dokonał tego słynny obserwator i konstruktor teleskopów William Herschel, który początkowo

wziął odkrycie za kometę. Natychmiast przeprowadzone obliczenia wykazały, że porusza się po niemal kołowej orbicie w sposób podobny do innych znanych planet. Mechanika newtonowska znów zatriumfowała, a Układ Słoneczny powiększył się o nowy obiekt. W 1801 roku odkryto pierwszą planetoidę, której or-

bitę umiejscowiono pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza. Ceres, bo o niej mowa, została odkryta przez włoskiego astronoma Giuseppe Piazzi, na długi czas stała się głównym obiektem lawinowo powiększającej się rodziny małych ciał niebieskich. Dziś znamy ponad pół miliona planetoid o wyznaczonych orbitach, a Ceres w międzyczasie zdążyła zostać zaliczona do grona planet karłowatych.

W 1814 roku teleskopy wyposażone w spektrografy zostały skierowane ku naszej Gwiazdzie Diennej. Joseph Fraunhofer, który był pionierem heliofizyki, odkrył linie absorpcyjne w świetle Słońca, a także stwierdził, że widma gwiazd różnią się od siebie. Był to wstęp do fundamentalnej metody badania odległych ciał niebieskich dzięki analizie dochodzącego od nich światła. Nie sposób wyobrazić sobie współczesnej astronomii bez potężnego narzędzia badawczego, jakim jest spektroskopia. W 1838 roku dokonano pierwszego pomiaru odległości

▼ Kosmiczny Teleskop Hubble'a na orbicie wokółziemskiej



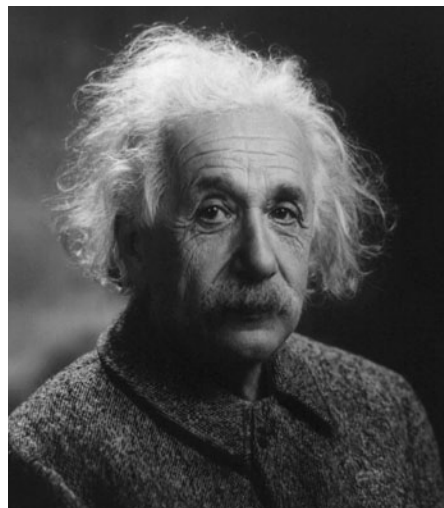


▲ Otwarta ładownia wahadłowca Discovery podczas umieszczania HST na orbicie

do gwiazdy innej niż Słońce z zastosowaniem metody paralaksy heliocentrycznej. Niemiecki matematyk i astronom Friedrich Wilhelm Bessel wziął za cel gwiazdę 61 Cygni. Stwierdził, że w ciągu roku zakreśla ona na niebie niewielką elipsę, będącą najprawdopodobniej odbiciem ruchu Ziemi wokół Słońca. Jego pomiary wykazały odległość około 10 lat świetlnych, co zgadza się z wynikami współczesnymi. Ten sam uczony wskazywał również na nieregularności ruchu Urana, które być może są skutkiem oddziaływania nieznanej odległej planety. Istotnie, w 1846 roku Johann Gottfried Galle odkrył planetę Neptun. Było to ogromne osiągnięcie ówczesnej astronomii i mechaniki nieba, ponieważ odkrycia dokonano najpierw na drodze rachunkowej, dzięki której dokładnie wskazano położenie hipotetycznej planety.

W 1912 roku astronomia zyskała kolejną genialną metodę pomiaru odległości we Wszechświecie. Amerykańska astro-

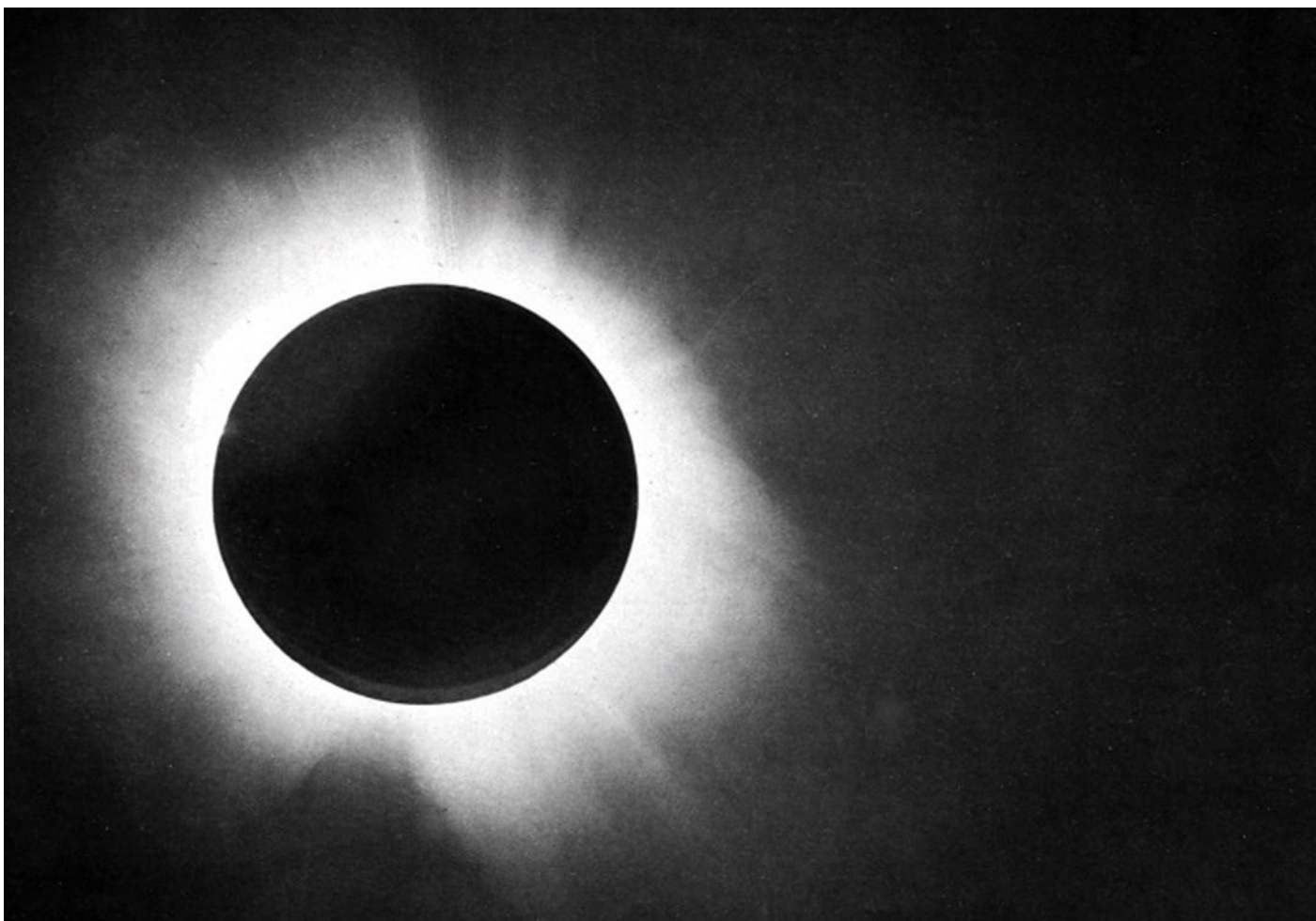
nom Henrietta Leavitt określiła zależność pomiędzy okresem zmian blasku pewnego typu gwiazd zmiennych, zwanych cefeidami, a ich jasnością absolutną. Pozwoliło to na wyznaczanie z dużą dokładnością odległości pomiędzy galaktykami, co uutorowało drogę



▲ Albert Einstein (1879–1955)

do przyszłych odkryć Edwina Hubble'a. Wpierw jednak Albert Einstein, który zrewolucjonizował fizykę i astronomię w sposób niespotykany od czasów Izaaka Newtona. Jego ogólna teoria względności opublikowana w 1915 roku zmieniała spojrzenie na grawitację, traktując ją jako przejaw i efekt lokalnego zakrzywienia czasoprzestrzeni wokół wielkiej masy. Cała lista efektów opisanych przez teorię Einsteina szybko znalazła potwierdzenie (m.in. ugięcie promieni świetlnych w pobliżu Słońca, wyjaśnienie nieregularności orbity Merkurego), a prawo ciążenia Newtona stało się tylko szczególnym przypadkiem ogólniejszego opisu świata. Dziś nie można wyobrazić sobie obliczeń wzajemnych oddziaływań ciał niebieskich bez uwzględnienia teorii względności.

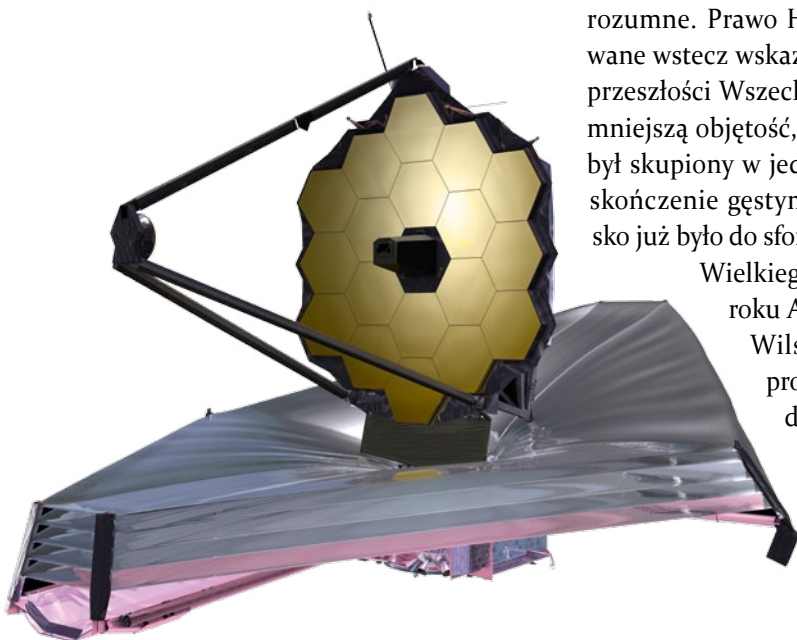
Edwin Hubble w 1923 roku stwierdził, że poza Drogą Mleczną istnieje niezliczona ilość innych galaktyk, będących niezależnymi skupiskami gwiazd.



▲ Zaćmienie w 1919 roku. Ugięcie promieni odległych gwiazd w pobliżu tarczy słonecznej było potwierdzeniem słuszności ogólnej teorii względności

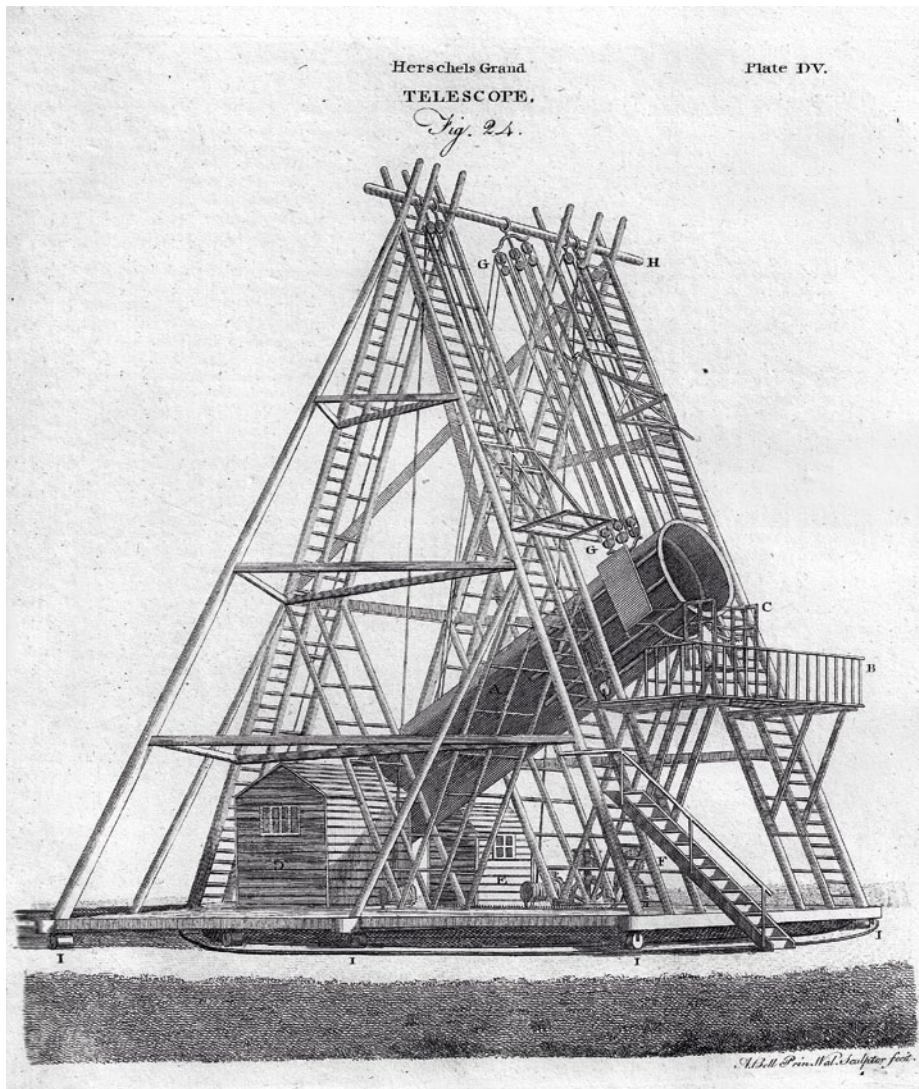
Sześć lat później ten sam uczony sformułował fundamentalne prawo zależności prędkości ucieczki galaktyk od ich odległości, wskazujące, że Wszech-

▼ Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba



świat się rozszerza. Były to pionierskie momenty rodzącej się nowej dziedziny nauki zwanej kosmologią. Nauka ta skupia się na dociekaniu, skąd wziął się Wszechświat, dlaczego wygląda tak, a nie inaczej, jaka czeka go przyszłość, a także jaką rolę pełnią w nim istoty rozumne. Prawo Hubble'a ekstrapolowane wstecz wskazywało, że w odległej przeszłości Wszechświat miał znacznie mniejszą objętość, a idąc jeszcze dalej, był skupiony w jednym gorącym i nieskończenie gęstym punkcie. Stąd blisko już było do sformułowania hipotezy Wielkiego Wybuchu. W 1965 roku Arno Penzias i Robert Wilson odkryli radiowe promieniowanie tła, będące jednym z najsilniejszych dowodów, że coś takiego jak Wielki Wybuch miało miejsce.

W drugiej połowie XX wieku miał miejsce intensywny rozwój astronautyki, która otworzyła przed ludźmi fascynujące tajemnice Układu Słonecznego. Kolejne udane misje sond kosmicznych, takich jak Pioneer, Viking, Wenera, Voyager, Galileo, Ulysses, Cassini, a także załogowe misje na Księżyc w ramach projektu Apollo spowodowały, że astronomowie wyszli o wiele dalej poza obserwatoria i zainstalowane tam teleskopy. Wielkie instrumenty optyczne są regularnie wynoszone na orbitę, gdzie niezakłócone ziemską atmosferą obrazy ciał niebieskich są przetwarzane i przesyłane na Ziemię. Niebawem swoją długą misję zakończy Kosmiczny Teleskop Hubble'a. Trudno sobie wyobrazić aktualny stan wiedzy o Wszechświecie bez osiągnięć tego wspaniałego instrumentu. Już przygotowuje się jednak jego następcę. Będzie nim Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba, którego trzy-

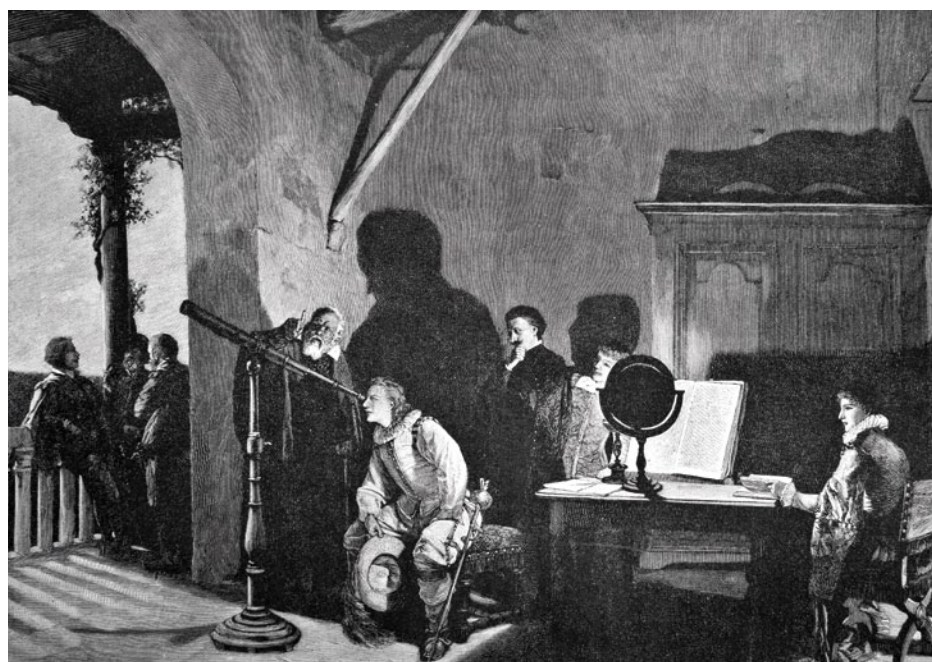


▲ Teleskop o średnicy zwierciadła 1,26 m zbudowany w 1789 roku przez Williama Herschela

podtrzymał żar rewolucji naukowej zapoczątkowanej przez Mikołaja Kopernika, Międzynarodowa Unia Astronomiczna wraz z UNESCO zachęcają każdego z nas do własnych poszukiwań. W 2009 roku w ramach Międzynarodowego Roku Astronomii ogłoszonego przez powyższe organizacje zainicjowano projekt o nazwie „Galileoscope”, czyli w wolnym tłumaczeniu „Luneta Galileusza”. Projekt ten ma za zadanie pokazać konstrukcję refraktora jako prostego narzędzia naukowego, które pozwoliło Galileuszowi zapisać się złotymi zgłoskami na kartach historii. Każdy z nas uzbrojony w taki instrument, którym może być już zwykła lornetka, może samemu poczuć dreszczyk emocji, gdy własnoręcznie odkryje coś nowego na niebie. I nie chodzi tu o jakieś spektakularne odkrycie naukowe. Wręcz przeciwnie, odkrywamy rzeczy nauce znane, ale nieznanie nam do tej pory. Każde samodzielne zlokalizowanie konkretnego obiektu na niebie może być powodem do dumy i satysfakcji. Włączmy się w ten sposób do grona wszystkich tych, którzy poświęcili życie na wyrwanie przyrodzie jej głęboko skrywanych tajemnic.

krotnie większe lustro pozwoli zajrzeć tam, gdzie poprzednik już nie potrafił. Podbój kosmosu to prawdziwa rewolucja, która wydaje się nie mieć końca, tak jak nieskończona jest ludzka ciekawość. Znamy już kilkaset planet pozasłonecznych, niebawem zabierzemy się do badania ich składu chemicznego i właściwości fizycznych. Myślimy o kolonizacji planet i ich księżyców. Zadanie to pewnie wypełnią przyszłe pokolenia, jednak naszym obowiązkiem jest położyć podwaliny pod ich sukcesy. Tak samo jak wymienieni wcześniej uczeni kładli fundamenty, na których zbudowaliśmy nasz obecny świat.

Dzisiaj to, czego dokonał Galileusz, jest dostępne właściwie dla każdego z nas. W nieco ponad 400 lat po tym, jak kierując lunetę w niebo, uczony



▲ Galileusz razem z angielskim pisarzem Johnem Miltonem, rysunek z magazynu „Niva”, 1893 rok



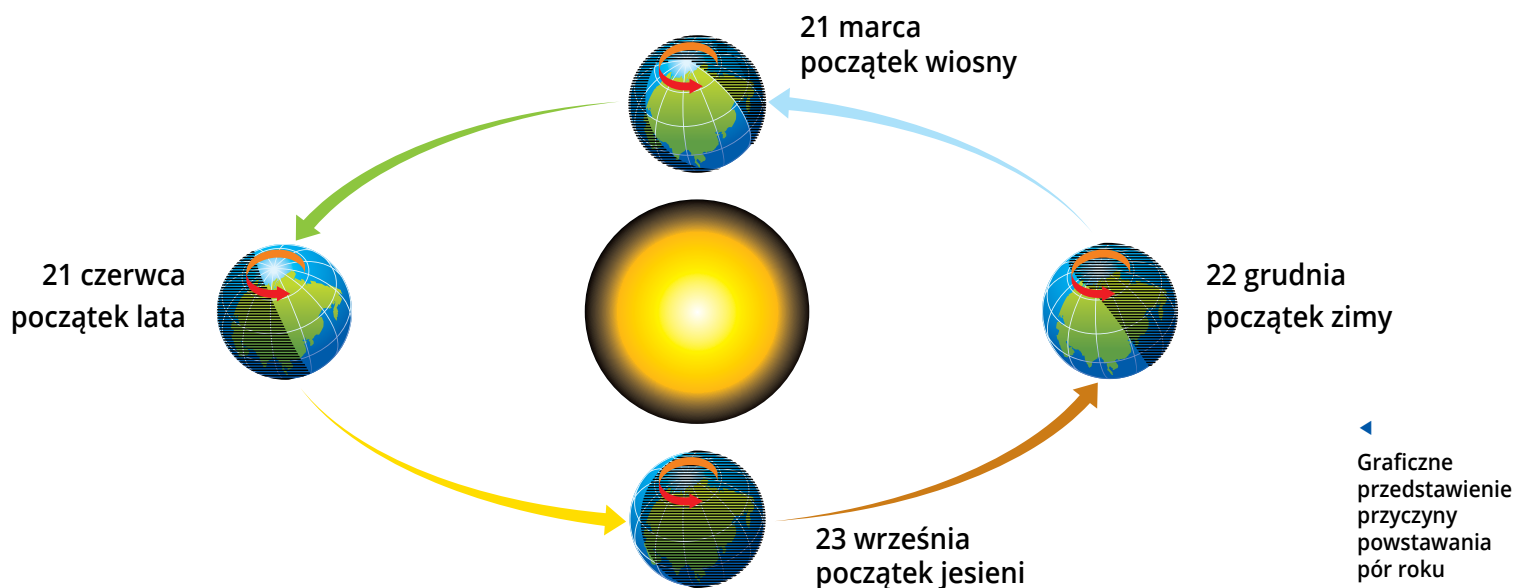
RUCHY ZIEMI

JAKO ŹRÓDŁO PODSTAWOWYCH ZJAWISK ASTRONOMICZNYCH – DNIA I NOCY ORAZ ROKU

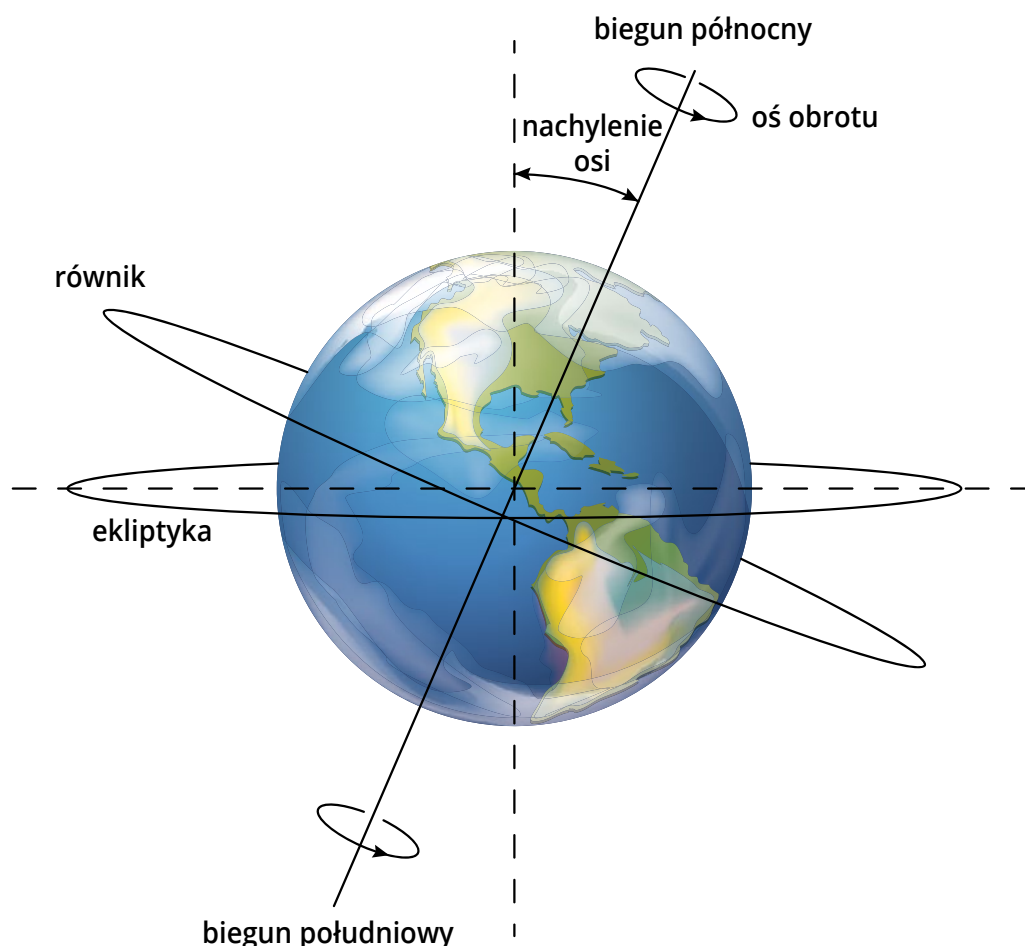
Od najdawniejszych już czasów ludzie zwracali uwagę na cykliczność podstawowych zjawisk astronomicznych, które mają wpływ na ich egzystencję.

Następstwo dnia i nocy, a także pochod pór roku wyznaczały ogólne ramy życia społecznego, gospodarowania zasobami naturalnymi, zasiewami i zbiorami pól, a także zaangażowania w kwestii

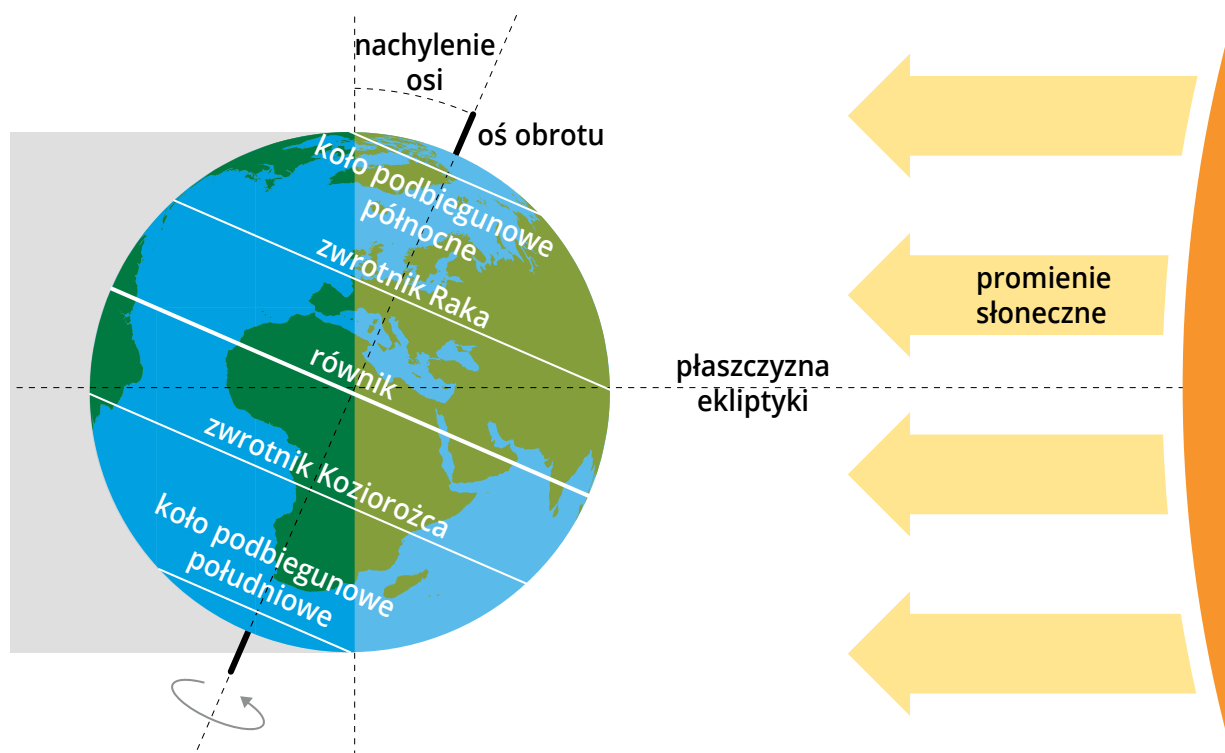
obzędów religijnych i rytualnych, które dla pierwotnych i starożytnych cywilizacji miały kolosalne znaczenie. Również dziś zjawiska te mają dużą wagę, nawet pomimo wysokiego rozwoju technologii tylko



pozornie niezależniającą nas od kosmicznych rytmów życia. Człowiek wciąż przecież doświadcza tego, że w starciu z naturą jest często bezsilny, a wytwory jego intelektu i skomplikowane zabiegi inżynieryjne nijak się mają do potęgi pierwotnych sił rządzących planetą. Ziemia wykonuje dwa podstawowe ruchy mające bezpośrednie przełożenie na to, o czym przed chwilą wspomnieliśmy. Pierwszym z nich jest obrót wokół własnej osi, drugim – ruch obiegowy wokół Słońca. Obrót wokół osi sprawia, że dana półkula planety jest aktualnie oświetlona promieniami słonecznymi, a zatem panuje tam dzień, natomiast pozostała część w tym czasie doświadcza zmierzchu lub skrywa się w mroku nocy. Ruch wirowy sprawia też, że podczas pogodnej nocy obserwujemy pozorny obrót sfery niebieskiej, a w ciągu dnia także wędrówkę Słońca – od wschodu poprzez górowanie w południku aż do zachodu. U zarania cywilizacji nie potrafiono sobie poradzić z wyjaśnieniem tego mechanizmu. Jedynym rozwiązaniem było przypisanie ciałom niebieskim i sferze gwiazd stałych boskich arcybutów, a przy tym centralne unieruchomienie Ziemi, wokół której bogowie kreowali swoje mityczne historie.



▲ Oś ziemską, równik i płaszczyznę ekliptyki



▲ Różnice w oświetleniu powierzchni Ziemi wynikające z nachylenia jej osi obrotu do płaszczyzny ekliptyki



▲ Ziemia i Księżyc

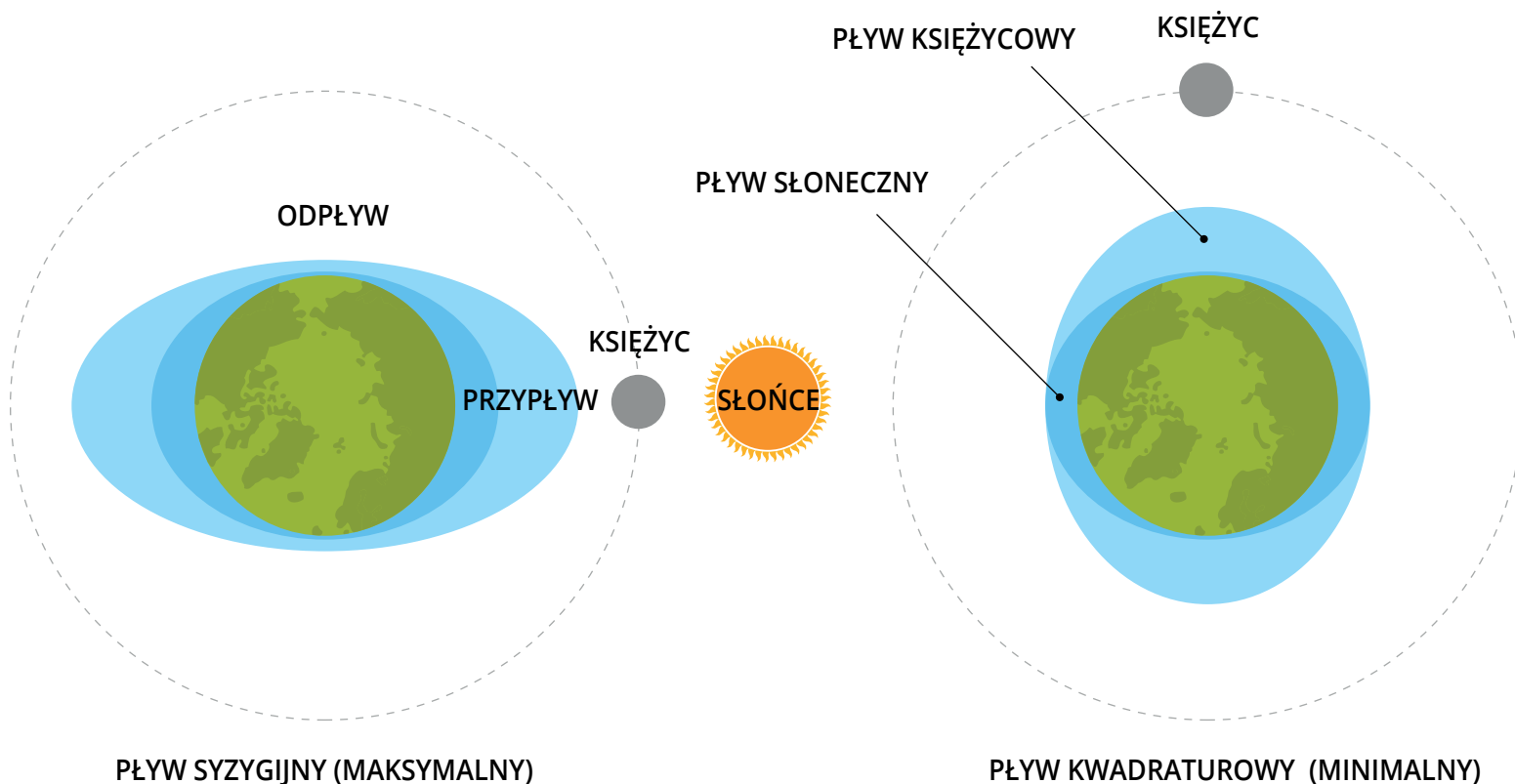
Cykl dnia i nocy ma podstawowe znaczenie dla materii żywej, gdyż wyznacza naturalne okresy dobowej aktywności, po których przychodzi pora zasłużonego odpoczynku. Dotyczy to zarówno roślin, zwierząt, jak i ludzi. Ktokolwiek chciałby czynić na przekór temu odwiecznemu rytmowi, szybko przekona się, że jest to bardzo trudne. Organizm instynktownie broni się, a wszelkie dalsze jego forsowanie grozi poważnymi komplikacjami zdrowotnymi, ze śmiercią włącznie. Ruch wirowy Ziemi nie zawsze wyglądał tak, jak doświadczamy tego obecnie. Duże znaczenie dla zrozumienia fenomenu ma Księżyc i jego oddziaływanie grawitacyjne. Dzięki niemu nasza planeta w odległej przeszłości wirowała znacznie szybciej niż teraz. Jednak Księżyc znajdował się wtedy dużo bliżej Ziemi. Można to porównać do tancerza figurowego na lodzie, który aby wejść w piruet, gwałtownie przysuwa dłonie do

ciała, nadając sobie w ten sposób szybkiej i efektownej rotacji. Rozłożenie szeroko rąk spowalnia ten proces. Analogicznie, choć z zachowaniem proporcji, można zagadnienie rozpatrywać w świecie planet i ich księżyców. Na podstawie geologicznych zapisów w skałach, a także skamieniałości organicznych, w których zachowały się ślady rytmu dobowego, ustalono, że od momentu gdy powstał nasz naturalny satelita, doba wydłużyła się o blisko sześć godzin. Dziś wiemy, że Księżyc oddala się od Ziemi o kilka centymetrów na rok, a doba sukcesywnie się wydłuża. Ten sam Księżyc wraz ze Słońcem odpowiedzialny jest za występowanie zjawiska pływów morskich (czyli cyklicznego podnoszenia i opadania poziomu wody), które występują w powiązaniu do dobowego rytmu wyznaczanego przez ruch wirowy planety.

Następstwami ruchu wirowego Ziemi są zatem pozorna wędrówka Słońca po skle-

pieniu niebieskim i związana z tym zmiana wysokości Słońca nad horyzontem, zmiany oświetlenia w przebiegu dobowym oraz pływy na morzach i oceanach spowodowane grawitacyjnym przyciąganiem Księżyca. Warto jeszcze wspomnieć o takich efektach wynikających z obrotu wokół osi jak spłaszczenie biegunowe Ziemi i siła Coriolisa. Spłaszczenie biegunowe naszej planety spowodowane jest tym, że w makroskali zachowuje się ona jak ciało plastyczne. Siła odśrodkowa wynikająca z ruchu obrotowego, której wektor ma największą wartość na równiku, powoduje tam wybrzuszenie się planety w stosunku do szerokości geograficznych polarnych. Stąd też obszary bliskie równikowi są bardziej oddalone od środka Ziemi. Ten właśnie fakt sprawia, że czasem za najwyższą górę świata uważa się nie Mount Everest, a andyjski wygasły wulkan Chimborazo. Góra ta sięga 6268 m n.p.m. i położona jest zaledwie jeden stopień na południe od równika, co sprawia, że efekt wybrzuszenia ziemskiego globu czyni ją „wyższą” od Mount Everestu aż o około dwa kilometry! Siła Coriolisa powoduje odchylenie toru swobodnie spadających ciał. Na półkuli północnej odchylenie to ma wektor skierowany w prawo, a na półkuli południowej w lewo. Ma to istotne znaczenie dla rozkładu i kierunku wiatrów (pasatów) i prądów morskich.

Ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca jest praprzyczyną cykliczności pór roku, choć istotne znaczenie ma tu również kąt nachylenia naszej wirującej wokół osi planety. Ten wynoszący w przybliżeniu 23,5 stopnia powoduje, że w różnych miejscach wokółsłonecznej orbity, a zatem w różnym czasie w roku, w stronę gwiazdy skierowana jest inna część globu. Latem na półkuli północnej oświetlona jest bardziej północna część planety, zimą odpowiednio południowa. Oczywiście układ pór roku na półkuli południowej jest odwrotny. Gdyby oś ziemską nie była nachylona do płaszczyzny orbity, wypadkowy efekt klimatyczny byłby znacznie słabszy i warunkowany tylko niewielką eliptycznością orbity, co przekłada się na kilkuprocentową zmianę w dopływie energii słonecznej. Warto wspomnieć, że w peryhelium Ziemia znajduje się na początku



▲ Typy pływów morskich

stycznia, a zatem podczas zimy na półkuli północnej. Powinno więc to wpływać łagodząco na chłodną porę roku. Na półkuli południowej, która otrzymuje wtedy więcej energii przy panującym tam lecie, można by się spodziewać z kolei dodatniego sprzężenia zwrotnego. Zależności te jednak są silnie modyfikowane przez ogólną cyrkulację atmosferyczną przenoszącą ciepło w skali planetarnej, a także różnice pomiędzy półkulami w reakcji klimatycznej podłoża – północna jest przecież zdecydowanie bardziej kontynentalna, a południowa bardziej oceaniczna. Generalnie można usystematyzować, że najważniejszymi skutkami ruchu obiegowego Ziemi są: występowanie pór roku, wydzielenie stref oświetlenia naszej planety, zmiany wysokości Słońca nad horyzontem w różnych szerokościach geograficznych w ciągu roku, zmiany temperatury powietrza przebiegające zgodnie z cyklem pór roku, zmiany długości dnia i nocy na Ziemi, występowanie dni i nocy polarnych (powyżej równoleżników $66,5^\circ$ N i $66,5^\circ$ S). W świecie organicznym ruch obiegowy implikuje występowanie stref klimatycznych i charakterystycznej dla nich fauny i flory.



▲ Dzień i noc – następstwo ruchu obrotowego Ziemi