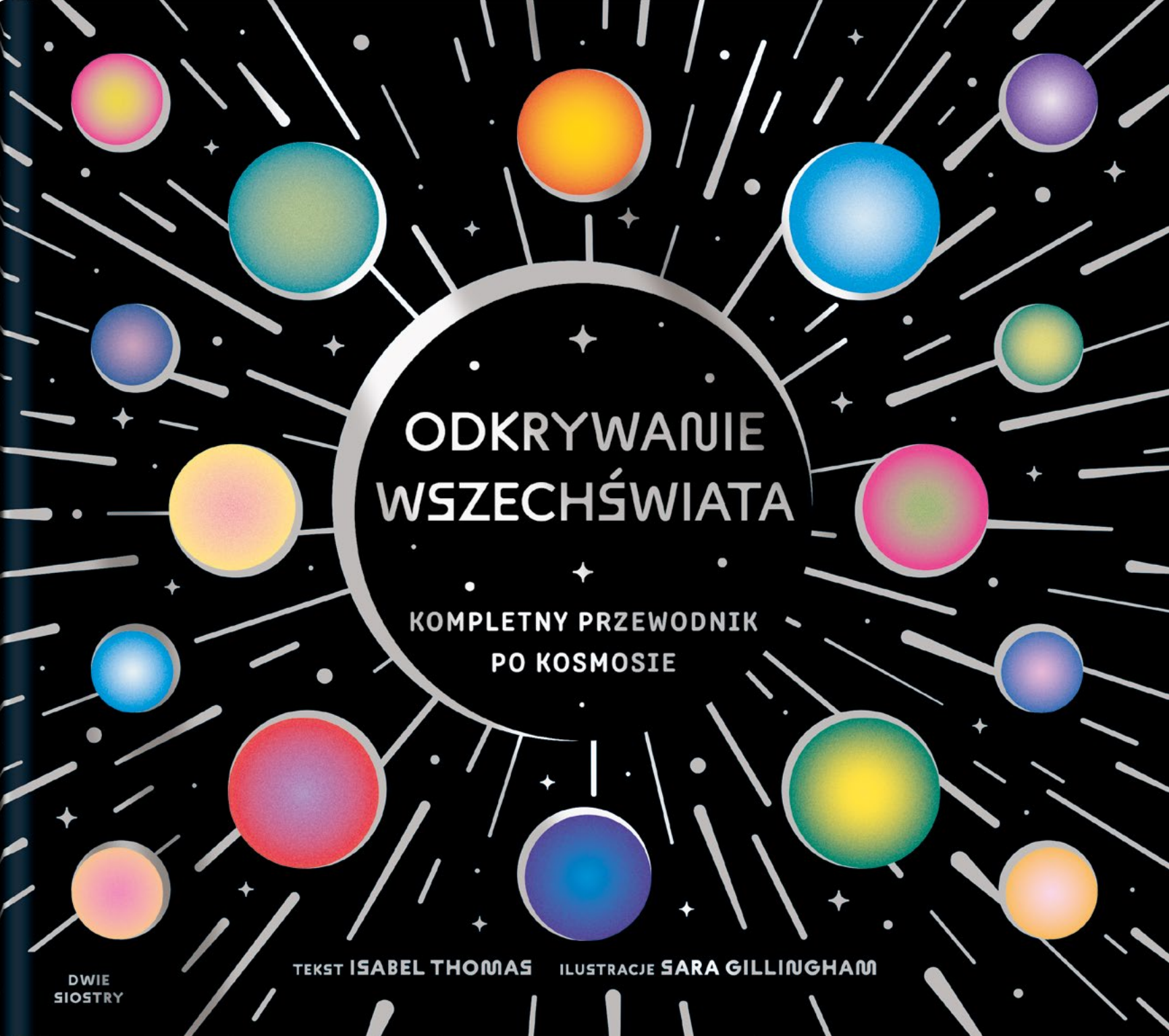




ODKRYWANIE WSZECHŚWIATA

KOMPLETNY PRZEWODNIK
PO KOSMOSIE

DWIE
SIOSTRY

TEKST ISABEL THOMAS ILUSTRACJE SARA GILLINGHAM

Joeyowi, jednemu z najwspanialszych skupisk gwiazdnego pyłu we wszechświecie
— Isabel Thomas

Mojemu tacie Bryanowi Gillinghamowi, który teraz spoczywa w pokoju z wszechświatem
— Sara Gillingham

Drogi Czytelniku,

Często trudno jest dostrzec gwiazdy, gdy nocne niebo jest tak jasno podświetlone od dołu. Mam w domu niewielki teleskop, lecz jedyne, co mogę przez niego zobaczyć, to Księżyc. Wpatrywanie się w księżycowe kratery i góry nigdy mnie nie nudzi, jednak nic nie może się równać z widokiem prawdziwie ciemnego nieba, jaki ujrzałam w wieku 22 lat na chilijskiej pustyni Atakama. Mgławice, galaktyki, szerokie świetliste pasmo Drogi Mlecznej – to, co jak dotąd sądziłam, można zobaczyć tylko na fotografiach – nagle widniały nade mną rozrzucone po całym niebie, sprawiając, że Ziemia wydała mi się w porównaniu niemal pusta. Całymi godzinami leżałam na ziemi, nie mogąc oderwać wzroku od wszechświata.

Od tamtej pory starałam się napawać ciemnym niebem za każdym razem, kiedy tylko nadarzała się po temu okazja. Zabierałam ze sobą lornetkę na północnoamerykańskie wulkany i w hiszpańskie góry, do lasów deszczowych Amazonii, na indyjską pustynię Thar i do parków narodowych w Walii. Ale jedną z najbardziej niesamowitych chwil przeżyłam znacznie bliżej. Gdy pewnej nocy w 2024 roku wyszłam przed swój dom w Cambridge w Wielkiej Brytanii, okazało się, że niebo jest różowe. Potężny wybuch energii na naszej najbliższej gwiazdzie sprawił, że zorza polarna pojawiła się u moich drzwi. Astronomia wymaga cierpliwości, ale i przygotowania. Czytanie o wszechświecie pomaga lepiej zrozumieć zdumiewające cuda, które możesz zobaczyć na niebie, przez co stają się jeszcze bardziej fascynujące. Mam nadzieję, że ta książka pomoże Ci się przygotować na spektakularne zorze polarne, wizyty planetoid i komet, zaćmienia, deszcze meteorów, parady planet i inne zadziwiające zjawiska astronomiczne.

Isabel Thomas

NAZWY CIAŁ NIEBIESKICH

Międzynarodowa Unia Astronomiczna (International Astronomical Union) jest organizacją nadzorującą nazewnictwo ciał niebieskich w obrębie Układu Słonecznego i poza nim, a także definicje ich poszczególnych kategorii. Nazwy i oznaczenia użyte w tej książce są zgodne z jej nomenklaturą. W niektórych przypadkach informacyjnie podano również nazwy starożytne lub tradycyjne. Więcej na stronie www.iau.org.

ODKRYWANIE WSZECHŚWIATA



KOMPLETNY PRZEWODNIK PO KOSMOSIE

TEKST: ISABEL THOMAS ILUSTRACJE: SARA GILLINGHAM

Z JĘZYKA ANGIELSKIEGO PRZEŁOŻYŁ MAREK KROŚNIAK



WYDAWNICTWO DWIE SIOSTRY
WARSZAWA 2026

S P I S T R E Ś C I

6
WSTĘP
OD ZIEMI
PO KRAŃCE
WSZECHŚWIATA

16
ROZDZIAŁ 1
WIDOK
Z ZIEMI

34
ROZDZIAŁ 2
PRZESTRZEŃ
OKOŁOZIEMSKA

68
ROZDZIAŁ 3
UKŁAD
SŁONECZNY

126
ROZDZIAŁ 4
GWIAZDY

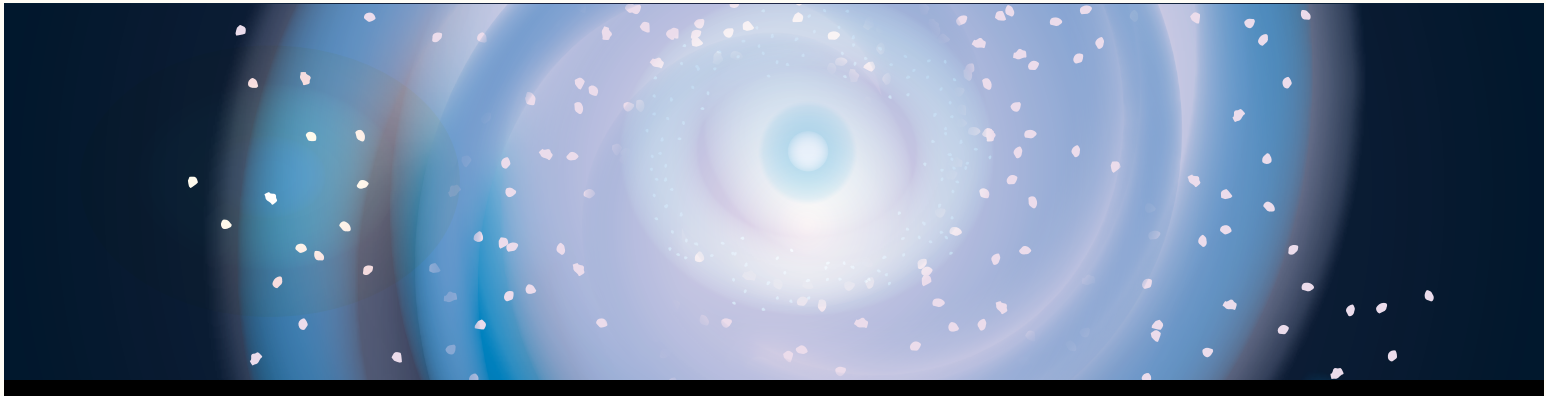
168
ROZDZIAŁ 5
GALAKTYKI

216
SŁOWNICZEK
I DODATKOWE
ŹRÓDŁA

188
ROZDZIAŁ 6
WSZECHŚWIAT

208
ZAKOŃCZENIE
DANE
ASTRONOMICZNE
I INNE ZASOBY

220
INDEKS



OD ZIEMI PO KRAŃCE WSZECHŚWIATA

**WSZECHŚWIAT TO WSZYSTKO,
CO ISTNIEJE, OD GWIAZD NA NOCNYM
NIEBIE PO CZĄSTKI, Z KTÓRYCH
ZBUDOWANE SĄ NASZE CIAŁA.**

NAJWAŻNIEJSZE PYTANIE

Rysunki **gwiazdozbiorów** odnajdowane na ścianach jaskiń świadczą o tym, że ludzie od zawsze spoglądali na nocne niebo i zastanawiali się – co jest za nim? Odpowiedź na to pytanie stanowi jedno z największych wyzwań technologicznych i intelektualnych ludzkości.

Ta książka to przewodnik po tym, co wiemy o wszechświecie, i po źródłach tej wiedzy. Zaczynając od widoku z naszej planety, zabierze cię ona w podróż w jej najbliższe okolice i dużo dalej. Jedno z najbardziej zaskakujących ustaleń kosmologii polega

na tym, że na wszechświat składa się znacznie więcej niż to, co jesteśmy w stanie zobaczyć bezpośrednio czy wykryć przy użyciu instrumentów. Poznawanie wszechświata to także zgłębianie zjawisk niedostępnych dla ludzkich zmysłów. Wymaga więc wyjścia poza nasz zwykły sposób myślenia o tym, co nas otacza.



**KIEDY PATRZYMYS
NA NOCNE NIEBO,
DOSTRZEGAMY
RZECZY TAK
ODLEGŁE, ŻE ICH
OBSERWACJA JEST
FORMĄ PODRÓŻY
W CZASIE.**

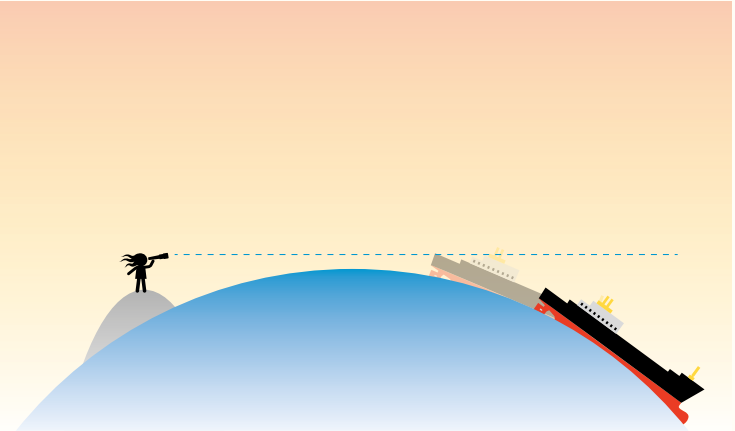
Dzięki tej książce poznasz obiekty tak niezwykle, że nie rozumiemy jeszcze w pełni tego, co się w nich dzieje, i tak odległe, że ich obserwacja jest formą podróży w czasie. Dowiesz się też, w jaki sposób ciekawość wszechświata pozwala nam lepiej poznać najbardziej znajome jego elementy – Ziemię i istoty, dla których jest ona domem.

NASZE MIEJSCE W KOSMOSIE

Potrzeba było ogromnego wysiłku wyobraźni, aby zrozumieć, że żyjemy na kulistej planecie, która obraca się wokół własnej osi i krąży wokół Słońca. Ten przełom nie dokonał się w głowie jednego uczonego. Wymagał on wieków obserwacji, hipotez i dyskusji, a każdy kolejny krok opierał się na dokonaniach tych, którzy żyli wcześniej. Isaac Newton, którego **prawo powszechnego ciążenia** pozwoliło wyjaśnić, dlaczego Ziemia jest **kulista** i **obiega** Słońce, opisał to jako „stanie na ramionach gigantów”.

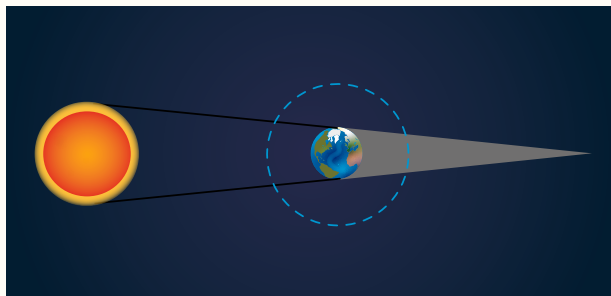
Należeli do nich tacy starożytni greccy myśliciele jak Arystoteles, który stwierdził, że tylko kulista Ziemia może rzucać okrągły cień na Księżyc podczas jego zaćmienia. Inne dowody wynikały z obserwacji żaglowców wypływających w morze. Zamiast zmniejszać się do punktu (jak byłoby w przypadku płaskiej Ziemi) ich maszty stopniowo chowały się za horyzontem – co mogło się zdarzyć, tylko jeśli statki poruszały się po powierzchni olbrzymiej kuli.

Masywne ciała w kosmosie są kuliste dzięki równowadze między ciśnieniem działającym od wewnątrz a przeciwnie skierowaną siłą grawitacji.

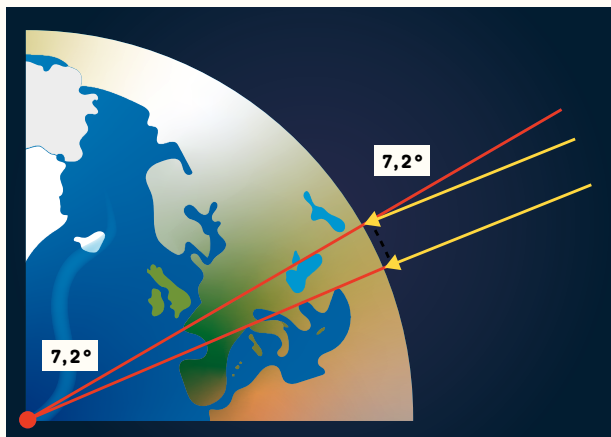


POMIAR NASZEJ PLANETY

Jak zmierzyć średnicę gigantycznej kuli, jeśli się na niej stoi?



Starożytny grecki astronom Arystarch z Samos próbował zmierzyć cień Ziemi na Księżycu podczas jego zaćmienia. Nie uzyskał prawidłowego wyniku, ale tylko dlatego, że ówczesne instrumenty nie były zbyt precyzyjne.

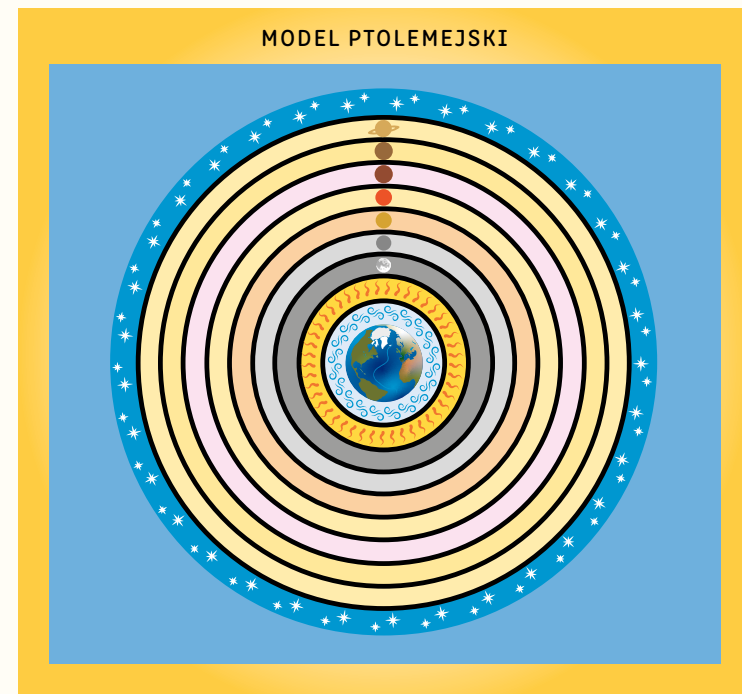


W 240 roku p.n.e. grecki bibliotekarz Eratostenes z Cyreny zmierzył kąt, pod jakim pada cień w dwóch różnych miejscach na powierzchni Ziemi, i obliczył obwód kuli. Uzyskany wynik 40 250 km odpowiadał niemal dokładnie rzeczywistej wartości.

WIDOK Z ZIEMI

Gdy obserwujemy zmiany położenia Słońca, Księżyca i gwiazd na niebie, mamy wrażenie, że ciała te poruszają się wokół Ziemi. Uczeni w starożytnej Grecji doszli do takiego właśnie wniosku, uznając wręcz, że Ziemia leży w centrum wszechświata. Ten model, zwany **geocentrycznym**, został tak dobrze opisany przez greckiego astronoma Klaudiusza Ptolemeusza, że obowiązywał przez ponad 1000 lat. Jednak później odkryto, że nie jest on w stanie wyjaśnić wszystkiego, co widać na nieboskłonie.

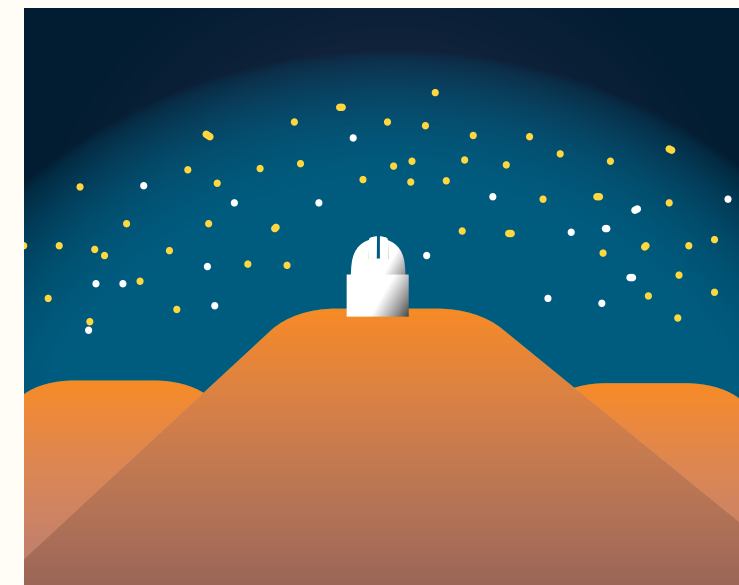
Rozdział 1 opowiada o ogromnym przełomie w myśleniu naukowym, który nastąpił w XVI wieku, choć jego korzenie tkwiły we wcześniejszych obserwacjach astronomicznych. W ciągu stulecia badacze udowodnili, że Ziemia jest tylko jedną z kilku planet krążących wokół Słońca. Całkowicie zmieniło to sposób postrzegania przez ludzi własnego miejsca we wszechświecie, dając początek nowożytnej kosmologii.



PRZESTRZEŃ OKOŁOZIEMSKA

Dzięki wynalezieniu **teleskopu** w XVII wieku ludzie przekonali się, że we wszechświecie jest dużo więcej obiektów niż te, które widać gołym okiem. Przez kolejne trzy stulecia zgromadzono o nich mnóstwo informacji, co pozwoliło **kosmologom** opracować lepsze **modele wszechświata**. Jednak dopiero w drugiej połowie XX wieku ludzkość mogła spojrzeć na swą planetę z kosmosu.

Rozdział 2 opowiada o tym, jak udało nam się oderwać od Ziemi. Kosmos jest całkiem blisko – jego oficjalna granica znajduje się zaledwie 100 km ponad nami. Jednak sięgająca daleko w głąb przestrzeni kosmicznej grawitacja naszej planety sprawia, że jest to najtrudniejsza ze wszystkich podróży.



Badanie przestrzeni okołoziemskiej pomogło nam znacznie lepiej poznać naszą planetę. Wysłanie człowieka na orbitę wokół Ziemi – a później na Księżyc – w latach 60. XX wieku do dziś uchodzi za jedno z największych osiągnięć technologicznych w historii.

Dzięki wyjściu w kosmos mamy też znacznie lepsze możliwości badania wszechświata i różnych typów **promieniowania** docierającego do Ziemi ze wszystkich stron.

ATMOSFERA ZIEMSKA



Atmosfera ziemską utrzymywana wokół Ziemi przez grawitację to jedyna bariera między nami a zagrożeniami z przestrzeni kosmicznej.

TERMINY KOSMOLOGICZNE

Niektóre słowa mają odmienne znaczenie w kosmologii (i w tej książce). Na przykład w fizyce **masa** określa, jaką ilość materii zawiera dana rzecz. Termin „masywny” w przestrzeni kosmicznej nie oznacza, że obiekt jest bardzo duży, lecz że mieści się w nim dużo masy. **Czarne dziury**, jedne z najbardziej masywnych obiektów we wszechświecie, są w istocie bardzo małe. Słowniczek terminów kosmologicznych znajdziesz na s. 216.

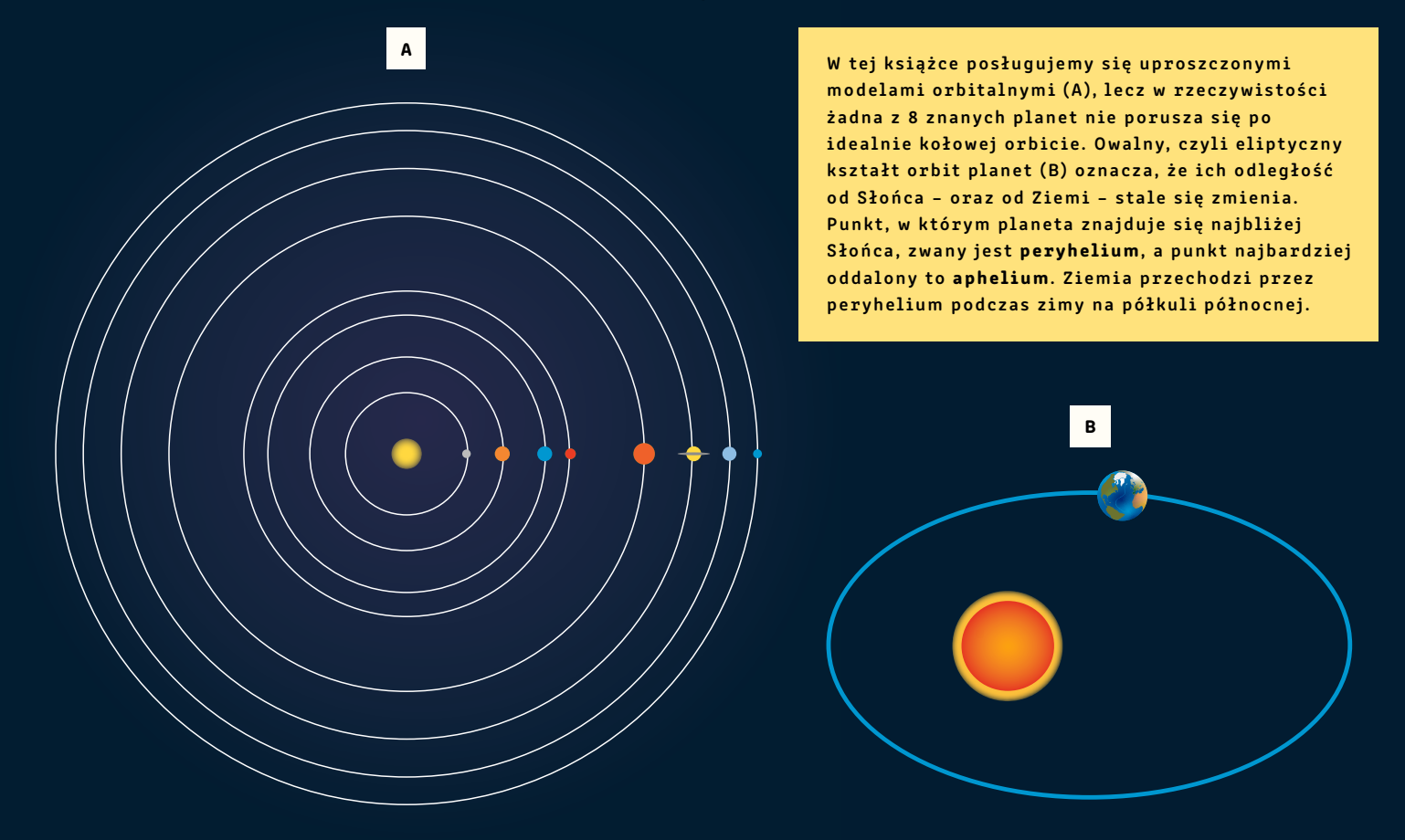
UKŁAD SŁONECZNY

Na długo zanim oderwaliśmy się od Ziemi, astronomowie odkryli, że wokół Słońca krąży bardzo wiele ciał różnego typu, od planet i ich księżyców po **planetoidy** i **komety**. Jednak dopiero era kosmiczna zmieniła sposób eksploracji naszego sąsiedztwa – Układu Słonecznego.

Począwszy od lat 60. XX wieku wysyłano automatyczne **sondy kosmiczne**, aby przeleciały obok każdej planety w Układzie Słonecznym lub weszły na jej orbitę. W podobny sposób badano **księżyce**, **planety karłowate**, planetoidy i komety. Powierzchnię

niektórych z nich penetrowały **lądowniki** i **łaziki**. Sondy dostarczyły nawet na Ziemię próbki pozaziemskich skał i gleby.

W rozdziale 3 poznasz najważniejsze ciała Układu Słonecznego oraz ich fascynujące cechy odkryte przez sondy, **orbitery**, **impaktory**, lądowniki i łaziki. Dzięki tym danym dowiadujemy się, jak uformował się Układ Słoneczny i co się z nim stanie w przyszłości. Przeczytasz również o poszukiwaniach życia poza Ziemią, które mogłyby pomóc odpowiedzieć na pytanie, skąd się wzięło życie na naszej planecie.



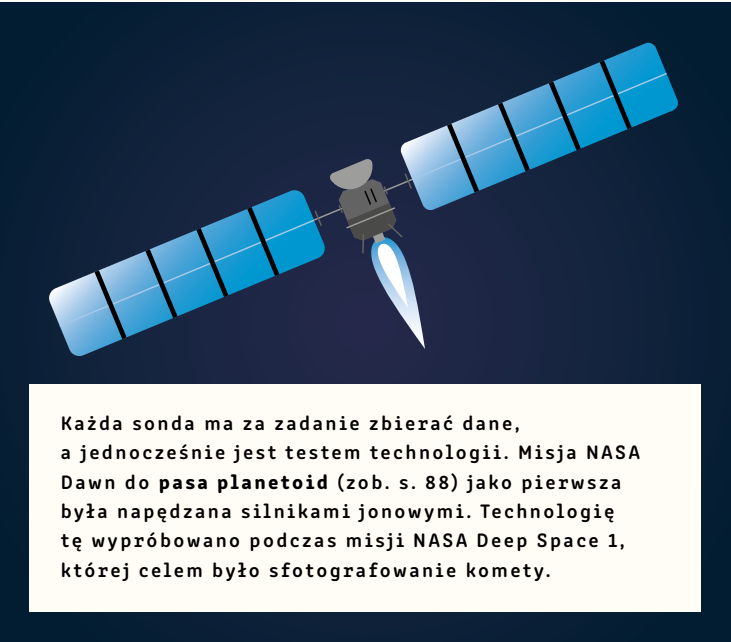
WSPÓŁCZESNA ASTRONOMIA

Współczesna astronomia opiera się na pracy zespołowej. Wykorzystuje ona zaawansowane technologicznie instrumenty na Ziemi i w kosmosie, obsługiwane przez ogromne międzynarodowe zespoły naukowców i inżynierów. Nowe odkrycia nie są wynikiem przypadku lub przebiegu inspiracji, lecz efektem wytrwałych, wieloletnich działań tysięcy ludzi. W tej książce natrafisz na nazwy **agencji kosmicznych** i innych instytucji, które odgrywają kluczową rolę w badaniu kosmosu.

- Agenzia Spaziale Italiana (Italy) – ASI
- Asia-Pacific Space Cooperation Organization – APSCO
- China National Space Administration – CNSA
- Canadian Space Agency – CSA
- European Space Agency – ESA
- Indian Space Research Organisation – ISRO
- Inter-Agency Space Debris Coordination Committee – IADC
- International Astronomical Union – IAU
- Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA
- National Aeronautics and Space Administration (USA) – NASA
- Rosyjska Federalna Agencja Kosmiczna – Roskosmos
- Program kosmiczny byłego Związku Radzieckiego (ZSRR)

GWIAZDY

W centrum Układu Słonecznego znajduje się najbliższa nam gwiazda, Słońce. W rozdziale 4 dowiesz się, w jaki sposób bliskość Słońca pomogła astrofizykom zrozumieć procesy, w których gwiazdy przekształcają materię w energię promieniowania. Choć dzieje ludzkości to ledwie mgnienie oka w porównaniu z wiekiem obiektów kosmologicznych, obserwacje bardziej odległych gwiazd pozwoliły zrekonstruować pełen **cykl życia gwiazdy**.

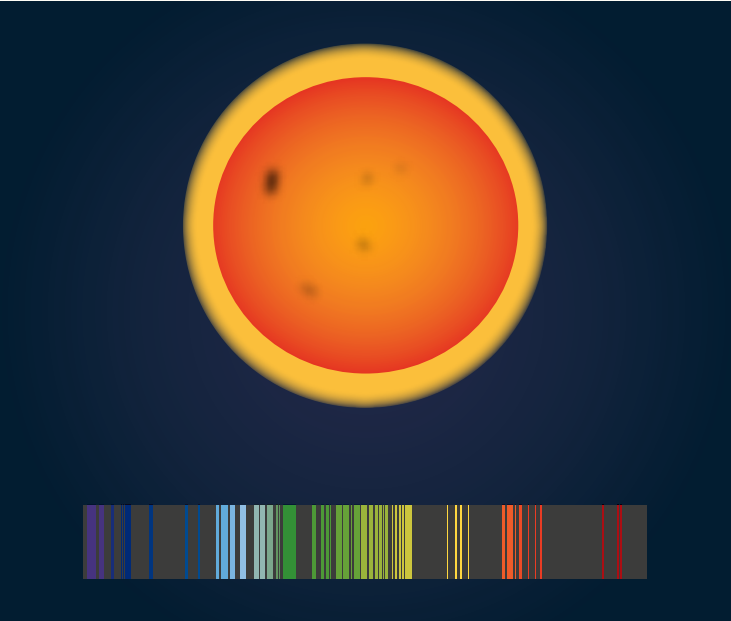


Co kilka sekund gdzieś we wszechświecie eksploduje umiara-
jąca gwiazda, nieustannie też rodzą się nowe. Potężne teleskopy
o szerokim polu widzenia pomagają astronomom wykrywać te
nagłe wybuchy energii, co pozwala skierować inne teleskopy
na odpowiedni wycinek nieba.

Procesy zachodzące w gwiazdach są kluczem do zrozumienia
wszystkiego innego we wszechświecie. Dostarczają one budulca nie
tylko dla nowych gwiazd, lecz również planet i ludzi. W rozdziale 4
przeczytasz o prawdopodobieństwie istnienia życia na **egzoplanetach**
krążących wokół innych gwiazd oraz o poszukiwaniach jego oznak.

RODZAJE PROMIENIOWANIA

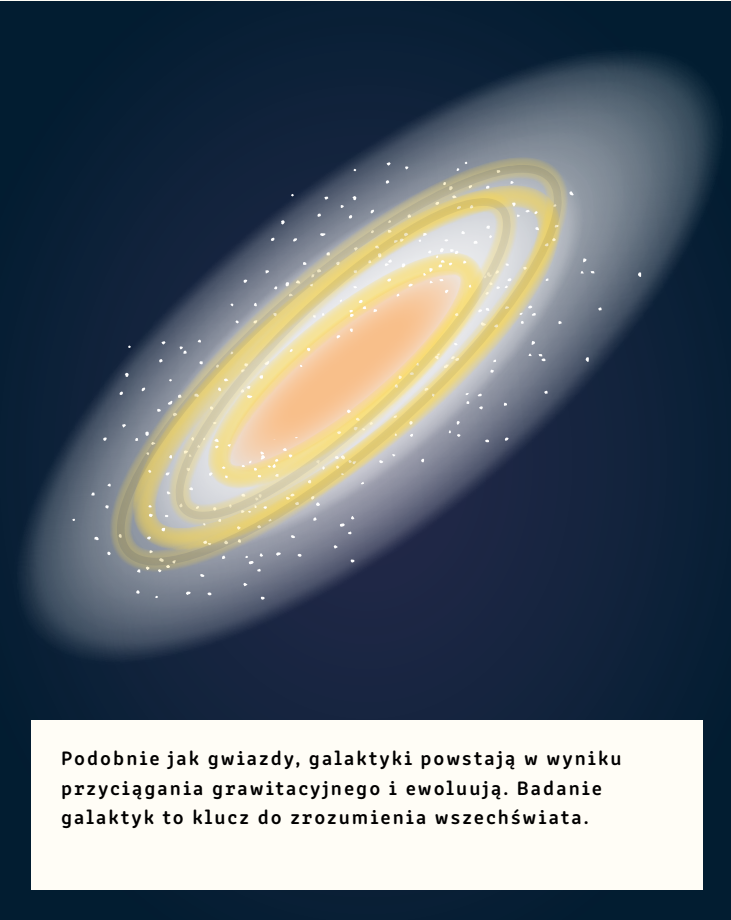
Dzięki instrumentom wyniesionym ponad atmosferę dowiedzieli-
śmy się, że Słońce – podobnie jak inne gwiazdy – emituje znacz-
nie więcej rodzajów promieniowania poza tym, który rejestrują
nasze oczy (zob. s. 138). Spektakularne obrazy oparte na danych
z różnego rodzaju teleskopów pokazują nam, jak wyglądałby
kosmos, gdybyśmy byli w stanie zobaczyć pełen zakres **widma**.



GALAKTYKI

Przestrzeń między gwiazdami wydaje nam się pusta. W rzeczywi-
stości większość widocznej materii we wszechświecie nie wchodzi
w skład gwiazd ani planet, lecz znajduje się pomiędzy nimi w po-
staci gazu i pyłu. Pod wpływem grawitacji skupia się ona w **mgła-
wice** – olbrzymie obłoki, w których rodzą się nowe gwiazdy.

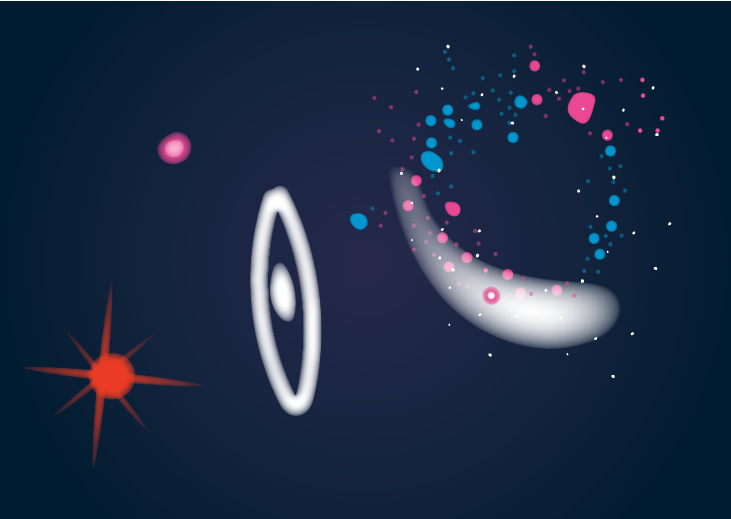
W latach 20. XX wieku okazało się, że oprócz mgławic zwią-
zanych z gwiazdami jest wiele takich, które są w istocie innymi
galaktykami. Rozdział 5 opowiada o tym, jak doszło do tego
przełomowego odkrycia prawdziwej skali wszechświata.



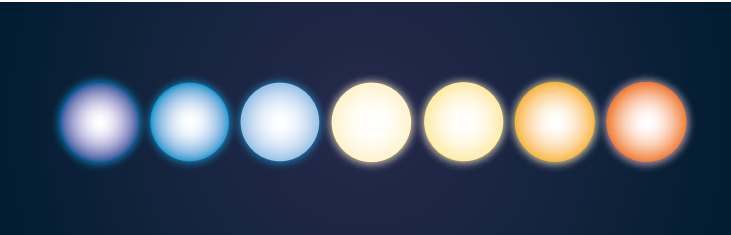
Podobnie jak gwiazdy, galaktyki powstają w wyniku
przyciągania grawitacyjnego i ewoluują. Badanie
galaktyk to klucz do zrozumienia wszechświata.

ASTRONOMIA TO PODRÓŻ W CZASIE

Światło jest najszybsze we wszechświecie (porusza się w próżni
z prędkością około 300 000 km/s), lecz nie dociera do celu na-
tychmiast. Dlatego widzimy galaktyki i gwiazdy nie takimi, jakimi
są obecnie, lecz jakie były w momencie, gdy światło dochodzące
do naszych oczu lub teleskopów wyruszyło w swoją podróż. Pa-
trząc na odległe galaktyki, spoglądamy w przeszłość na znacznie
młodszy wszechświat.



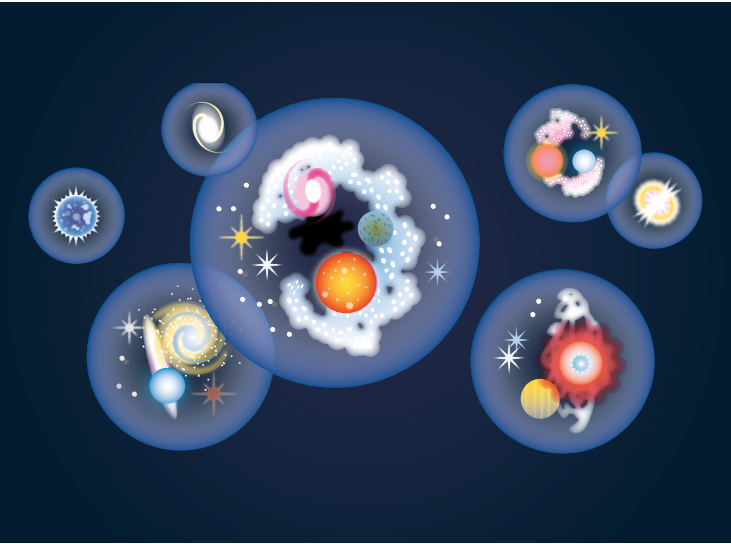
Prędkość światła w próżni jest niezmienna, co pozwala ją
wykorzystać do mierzenia odległości. Światło zawsze pokonuje
10 bilionów km w ciągu roku, więc zamiast pisać, że do centrum
naszej galaktyki jest 260 bilionów km, możemy powiedzieć,
że znajduje się ono w odległości 26 lat świetlnych. **Rok świetlny**
to dystans, jaki światło przebywa w ciągu roku.



OBSERWOWALNY WSZECHŚWIAT

Rozmiary galaktyk są wręcz niewyobrażalne, lecz ostatni rozdział
tej książki wymaga od czytelnika jeszcze większego wysiłku,
by wyobrazić sobie, że są one rozmieszczone w **kosmicznej sieci**
obejmującej cały wszechświat.

Zrozumienie wielkoskalowej struktury wszechświata opiera
się w równej mierze na teorii (odkrywaniu rządzących nim praw
za pomocą matematyki), jak i na astronomii (eksperymentach
i obserwacjach). Wiele zjawisk, na przykład czarne dziury i **fale
grawitacyjne**, przewidziano teoretycznie na długo przed ich
odkryciem przez astronomów. Z kolei innych, jak **ciemnej energii**
i **ciemnej materii**, choć w teorii istnieją, dotąd nie udało się
zaobserwować. Rozdział 6 poświęcony jest aktualnym wyzwaniom
w dziedzinie badań wszechświata.



W miarę postępu badań kosmos wciąż okazuje się większy
i dziwniejszy, niż ktokolwiek wcześniej przypuszczał. Nie ma
powodu, aby sądzić, że to się zmienia, ale właśnie dlatego astro-
nomia i kosmologia są tak fascynujące. Uzyskiwanie odpowiedzi
na pytania dotyczące zjawisk, które widzimy na niebie, daje wiele
satysfakcji, ale dużo większą frajdą jest wpaść na trop czegoś
zupełnie nieznanego.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

KATEGORIA

PLANETA

WIEK

4,5 MILIARDA LAT

MARS, PLANETA NIEWIELKA, ALE ROBIĄCA DUŻE WRAŻENIE, MOŻE SIĘ POCHWALIĆ NAJWIĘKSZYMI WULKANAMI I KANIONAMI W CAŁYM UKŁADZIE SŁONECZNYM ORAZ BURZAMI PIASKOWYMI WIDOCZNYMI Z ZIEMI.

WSZYSTKO O...

Dzisiaj Mars jest suchą i zimną planetą, lecz na jego powierzchni widać ślady ekscytującej przeszłości. Wiele jego krajobrazów, takich jak wyschnięte doliny rzek, dna jezior i równiny zalewowe, jest niesamowicie podobnych do ziemskich. Mogły one zostać wyrzeźbione przez wodę w stanie ciekłym, która występowała tam miliardy lat temu.

Obecnie wiatry wzbijają na powierzchni Marsa tumany pyłu, wywołując trwające wiele tygodni burze piaskowe. Rozpędzony pył rzeźbi skały w niezwykle kształty i powoduje osuwanie się krawędzi kraterów i kanionów.

Skorupa Marsa nie jest podzielona na olbrzymie ruchome płyty, jak skorupa ziemska, więc lawa może wypływać w jednym miejscu przez miliard lat lub dłużej, stopniowo tworząc gigantyczne wulkany. Gdy skorupa wybrzuszała się w jakimś miejscu pod wpływem przegrzanej magmy napierającej od spodu, pobliski teren ulegał rozerwaniu i zapadnięciu, co doprowadziło do powstania monumentalnych kanionów.

Ponieważ Mars jest niewielki, jego roztopione wewnątrz ostygło znacznie szybciej niż wewnątrz Ziemi. Dzisiaj jego jądro jest prawie na pewno stałe, a czasy ogromnych strumieni lawy minęły. Jednak nadal rejestrowane są trzęsienia marsjańskie, co oznacza, że aktywność wulkaniczna nie dobiegła końca. Podobnie woda nie pozostaje wyłącznie sprawą przeszłości. Oprócz czap lodowych na biegunach na planecie nadal istnieją lodowce ukryte pod warstwami skał i pyłu. Od czasu do czasu słona woda w stanie ciekłym może nawet skapywać po ścianach dolin.

W SKRÓCIE

- Dzień trwa 24 godziny i 37 minut.
- Rok trwa 687 dni ziemskich.
- Wokół Marsa krążą 2 księżyce – Fobos i Deimos.
- Światło słoneczne dociera do Marsa w ciągu 13 minut.
- Wewnątrz Ziemi zmieściłoby się ponad 6 globów wielkości Marsa.

TEMPERATURA

☀ 25°C

❄ -125°C

NAZWA

Mars otrzymał imię rzymskiego boga wojny, bo jego kolor kojarzył się z krwią. Księżycy nazwano na cześć koni ciągnących boski rydwan.

Z CZEGO SIĘ SKŁADA?

1 Rozrzedzona atmosfera zawierająca głównie dwutlenek węgla z domieszką azotu i argonu.

2 Cienka skorupa z żelaza, magnezu, aluminium, wapnia i potasu.

3 Skalisty płaszcz bogaty w krzemiany.

4 Małe gęste jądro z żelaza, niklu i siarki.

PRZESZŁOŚĆ, TERAŹNIEJSZOŚĆ, PRZYSZŁOŚĆ

Mały księżyc Fobos co roku zbliża się do Marsa o 2 cm. Za około 50 milionów lat zderzy się z nim i rozpadnie, być może tworząc pierścienie pyłowe doskonale pasujące do pyłowej powierzchni planety.

* NA S. 153 DOWIESZ SIĘ, DLACZEGO GWIAZDA NADOLBRZYM ANTARES JEST CZĘSTO MYŁONA Z MARSEM. *

14

WSTĘP: OD ZIEMI PO KRAŃCE WSZECHŚWIATA

JAK KORZYSTAĆ Z TEJ KSIĄŻKI

Książka ta odzwierciedla podróż, która rozpoczęła się, gdy ludzie z epoki kamienia łupanego po raz pierwszy sporządzili mapę gwiazd na nocnym niebie. Zaczynając od widoku nieba z Ziemi, wędrujemy coraz dalej w przestrzeni i czasie – od przestrzeni okołoziemskiej w obręb Układu Słonecznego, od gwiazd Drogi Mlecznej do innych galaktyk, by na koniec zagłębić się w cały **obserwowalny wszechświat**.

Nie musisz jednak czytać rozdziałów po kolei. Możesz podążać własną trasą, dzięki „tunelom czasoprzestrzennym” i odsyłaczom do powiązanych tematów oraz danym astronomicznym zebranych w ostatnim rozdziale.

JAK CZYTAĆ POSZCZEGÓLNE ARTYKUŁY

1 Oficjalna kategoria naukowa danego obiektu lub struktury.

2 Szacowany czas od powstania danego obiektu lub struktury bądź przewidywany wiek, jaki mogą osiągnąć.

3 Podstawowe informacje o danym obiekcie lub strukturze oraz ich znaczeniu dla zrozumienia wszechświata jako takiego.

4 Dane porównawcze pomagające zrozumieć skalę danego obiektu lub struktury we wszechświecie.

5 Średnia temperatura powierzchni. Tam, gdzie to ma sens, podano temperaturę maksymalną (☀) i minimalną (❄).

6 Pochodzenie nazwy danego obiektu lub struktury bądź odległość od Ziemi ich najbliższego przykładu.

7 Skład fizyczny i chemiczny.

8 Prosty schemat pozwalający zobaczyć, co kryje się pod powierzchnią.

9 Informacje na temat powstania danego ciała bądź tego, co może się z nim stać w przyszłości.

10 Korzystaj z „tuneli czasoprzestrzennych”, aby poznać powiązane tematy.

CZTERY TYPY TEKSTÓW

OBIEKTY I STRUKTURY

Od maleńkich planetoid po supermasywne czarne dziury – znajdziesz tu podstawowe fakty i dane liczbowe, które pozwolą ci zrozumieć miejsce danego obiektu w kosmosie. Na końcu książki podane są też zestawienia parametrów najważniejszych obiektów.

EKSPLORACJA

Tu dowiesz się, w jaki sposób ludzie zdobywali wiedzę o danym obiekcie od momentu jego odkrycia do dziś. Znajdziesz tu też kalendarium eksploracji, sylwetki najważniejszych badaczy i dowiesz się, co wynikało z tych odkryć.

ZJAWISKA I KONCEPCJE

Tutaj znajdziesz niezbędną wiedzę wstępną. Poznaj różne rodzaje energii i materii, które składają się na nasz wszechświat, oraz główne teorie i metody, których używamy, aby je zrozumieć. Przyłącz się do poszukiwań życia w Układzie Słonecznym i daleko poza nim.

TECHNOLOGIA

Poznaj bliżej instrumenty i narzędzia, dzięki którym udało się zobaczyć to, co niewidoczne. Prezentowane są tu znaczące osiągnięcia technologiczne w historii eksploracji kosmosu, od wynalezienia pierwszych teleskopów po sondy kosmiczne i sztuczną inteligencję (AI).

15

WSTĘP: OD ZIEMI PO KRAŃCE WSZECHŚWIATA

SŁOWNICZEK

Lista akronimów nazw agencji kosmicznych znajduje się na s. 11.

akcelerator cząstek: Duże urządzenie wykorzystujące silne magnesy i prądy elektryczne do przyspieszania cząstek do bardzo dużych prędkości, a następnie zderzania ich z innymi cząstkami. Akceleratorów cząstek używa się w badaniach naukowych do tworzenia warunków i cząstek, które nie występują naturalnie na Ziemi.

astrofizyka: Dziedzina astronomii, która wykorzystuje prawa i teorie fizyki, by interpretować obserwacje astronomiczne i badać gwiazdy oraz inne ciała niebieskie.

astronomia: Nauka zajmująca się badaniem ciał niebieskich, przestrzeni kosmicznej i wszechświata poza atmosferą ziemską.

atmosfera: Warstwa gazów otaczająca ciało niebieskie utrzymywana przez grawitację.

atom: Najmniejsza możliwa ilość pierwiastka chemicznego; podstawowy budulec materii.

ciemna energia: Tajemnicza postać energii, której nie można wykryć bezpośrednio, lecz uważa się, że przyczynia się do przyspieszenia ekspansji wszechświata.

ciemna materia: Tajemnicza postać materii, której nie można wykryć bezpośrednio, ponieważ nie emituje promieniowania ani nie wchodzi w interakcje ze zwykłą materią czy energią. O jej obecności wnioskuje się na podstawie oddziaływania grawitacyjnego na materię widzialną.

ciężar: Siła wywierana na dane ciało przez grawitację innego obiektu, zwykle wyrażana w niutonach (N) lub kilogramach siły.

czarna dziura: Obszar w przestrzeni kosmicznej otaczający nie-zwykle gęste ciało nazywane osobliwością, w obrębie którego siła grawitacyjna jest tak duża, że nawet światło nie może się z niego wydostać.

czasoprzestrzeń: Czerowymiarowa tkanka wszechświata.

cząsteczka: Najmniejsza jednostka związku chemicznego składająca się z dwóch lub więcej związanych ze sobą atomów.

cząstka: Małeńki fragment materii, taki jak atom, proton lub elektron.

czerwony olbrzym: Duża jasna gwiazda w późnej fazie ewolucji, ekspandująca i stygnąca po zużyciu większości zasobów wodoru.

dysk akrecyjny: Dysk rotującej materii, który pod wpływem grawitacji spada po spirali na masywne ciało (takie jak czarna dziura) w przestrzeni kosmicznej.

egzoplaneta: Planeta poza Układem Słonecznym krążąca wokół innej gwiazdy.

ekosfera (strefa zamieszkiwalna): Obszar wokół gwiazdy, w obrębie którego panują warunki sprzyjające występowaniu wody w stanie ciekłym na powierzchni planety.

ekspansja gwiazdy: Gwałtowne zwiększenie rozmiarów gwiazdy pod koniec jej ewolucji.

ekspansja wszechświata: Powiększanie się odległości między galaktykami.

kolaps (zapadanie grawitacyjne): Kurczenie się skupiska materii pod wpływem grawitacji. Jest jednym z etapów ewolucji gwiazd.

koma: Pyłowo-gazowa otoczka komety.

kometa: Krążące wokół Słońca małe ciało złożone z lodu i skał, które po zbliżeniu się do niego tworzy jasną komę i warkocze z gazu i pyłu.

ekstremofil: Organizm, który żyje w skrajnie niesprzyjającym środowisku, na przykład bardzo gorącym albo bardzo suchym.

elektron: Cząstka znacznie mniejsza od atomu posiadająca ujemny ładunek elektryczny; jeden z elementów atomów.

fala grawitacyjna: Zaburzenie czasoprzestrzeni spowodowane przez jedno z najbardziej gwałtownych i energetycznych procesów we wszechświecie.

galaktyka: Duże skupisko gwiazd, gazu, pyłu i ciemnej materii zwiżzane grawitacyjnie.

gamma promienie: Typ wysokoenergetycznego promieniowania elektromagnetycznego, na ogół emitowanego przez substancje radioaktywne lub zjawiska kosmiczne.

gęstość: Miara masy (ilości) substancji zawartej w określonej objętości (lub przestrzeni).

grawitacja (oddziaływanie grawitacyjne): Siła przyciągania działająca między dowolnymi dwoma ciałami fizycznymi, proporcjonalna do sumy ich mas i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi.

gwiazda: Masywna, świecąca kula gazu, która wytwarza energię poprzez syntezę termojądrową. Termin ten jest również używany

do opisania bardzo młodych i bardzo starych gwiazd, w których nie dochodzi do syntezy pierwiastków.

gwiazda ciągu głównego: Gwiazda w stabilnej fazie cyklu ewolucyjnego, podczas której w jej wnętrzu zachodzi synteza wodoru w hel. Kombinacja jej jasności bezwzględnej i temperatury powierzchni pozwala ją umieścić na ciągu głównym diagramu Hertzsprunga-Russella (zob. s. 214).

gwiazda podwójna: Układ dwóch gwiazd obiegających wspólny środek masy.

gwiazda zmienna: Gwiazda, której jasność zmienia się w czasie, często w bardzo regularny sposób.

hipoteza: Naukowe przypuszczenie, które wyjaśnia dane zjawisko i wymaga sprawdzenia poprzez badania.

jasność bezwzględna (absolutna): Miara rzeczywistej jasności ciała niebieskiego widzianego ze standardowej odległości (zamiast z Ziemi).

jasność widoma: Miara jasności ciała niebieskiego widzianego z Ziemi. Zależy zarówno od jego jasności bezwzględnej, jak i odległości od Ziemi.

jednostka astronomiczna (au): Jednostka długości równa średniej odległości między Ziemią a Słońcem, wynoszącej w przybliżeniu 150 milionów km.

jon: Atom lub cząsteczka, która utraciła lub zyskała jeden lub więcej elektronów, w wyniku czego wykazuje ładunek elektryczny.

korona: Najbardziej zewnętrzna część atmosfery gwiazdy widoczna jako świetlista aureola podczas zaćmienia Słońca.

kosmiczna sieć: Wielkoskalowa struktura wszechświata złożona z połączonych ze sobą gromad galaktyk otaczających ogromne pustki w przestrzeni kosmicznej.

kosmiczne promieniowanie tła (CMB): Poświata słabego promieniowania (światło) pozostała po Wielkim Wybuchu, wypełniająca cały wszechświat jako mikrofale.

kosmologia: Naukowe badanie pochodzenia, struktury i ewolucji wszechświata jako całości

kwazar: Niezwykle energetyczne i odległe aktywne jądro galaktyczne zasilane energią przez supermasywną czarną dziurę.

magnetosfera: Obszar wokół gwiazdy, planety lub księżyca, w którym dominuje ich pole magnetyczne.

magnetyczne pole: Obszar wokół ciała namagnesowanego, w obrębie którego oddziałuje ono na inne materiały magnetyczne.

masa: Ilość materii w obiekcie, zazwyczaj mierzona w kilogramach lub gramach.

masywny: Posiadający dużą masę.

materia: Każda substancja, która ma masę i zajmuje przestrzeń, od cząstki subatomowej po gwiazdę.

meteor: Planetoida lub meteoroid, które weszły w atmosferę ziemską i spalają się, często tworząc na niebie świetliste smugi nazywane „spadającymi gwiazdami”.

meteoroid: Drobne skaliste lub metaliczne ciało przemieszczające się w przestrzeni kosmicznej, mniejsze od planetoidy.

meteoryt: Meteor, który przetrwał przejście przez atmosferę i dotarł do powierzchni Ziemi.

mgławica: Duża świecąca chmura gazu i pyłu w przestrzeni kosmicznej. Istnieje kilka typów mgławic, w tym mgławice emisyjne, które emitują własne promieniowanie elektromagnetyczne, mgławice refleksyjne, które odbijają lub rozpraszają światło z innych źródeł, mgławice planetarne, które tworzą się wokół umierających gwiazd, mgławice ciemne (znane również jako obłoki molekularne) oraz pozostałości po supernowych. Również niektóre galaktyki były kiedyś błędnie nazywane mgławicami.

młody obiekt gwiazdny: Gwiazda na wczesnym etapie rozwoju, w której wnętrzu nie zachodzi jeszcze stabilna synteza termojądrowa.

molekularny obłok: Zimny, gęsty obłok gazu i pyłu w przestrzeni kosmicznej, w którym formują się nowe gwiazdy i planety. Patrz też: mgławica.

nadolbrzym: Niezwykle duża i jasna gwiazda, znacznie masywniejsza od Słońca.

neutrino: Cząstka subatomowa bez ładunku elektrycznego i o masie bliskiej zera, która rzadko wchodzi w interakcje ze zwykłą materią.

neutron: Cząstka subatomowa bez ładunku elektrycznego występująca w jądrach większości atomów.

neutronowa gwiazda: Rodzaj pozostałości po eksplozji masywnej gwiazdy (supernowej) o postaci gęstego jądra gwiazdnego bogatego w neutrony.

obrotowa mapka gwiazd: Podręczna mapa pozwalająca sprawdzić, jakie gwiazdy powinno być widać na nocnym niebie.

okres obrotu: Czas, w jakim ciało niebieskie wykonuje obrót wokół własnej osi.

<p>okres orbitalny: Czas potrzebny ciału niebieskiemu do wykonania pełnego obiegu wokół innego ciała.</p> <p>orbita: Zakrzywiona trajektoria ciała poruszającego się wokół innego ciała w przestrzeni kosmicznej.</p> <p>ośrodek międzygwiazdowy: Gaz, pył i plazma dryfujące w przestrzeni kosmicznej pomiędzy większymi ciałami.</p> <p>pas planetoid: Obszar między orbitami Marsa i Jowisza, w którym krąży większość planetoid należących do Układu Słonecznego.</p> <p>planeta: Krążące wokół gwiazdy duże ciało niebieskie, które oczyściło swoją orbitę z innych ciał i jest wystarczająco masywne, aby grawitacja nadała mu kształt kulisty.</p> <p>planeta karłowata: Krążące wokół Słońca ciało niebieskie, które ma kształt kulisty, lecz nie oczyściło swojej orbity z innych ciał.</p> <p>planetoida: Krążące wokół Słońca niewielkie ciało skaliste niebędące planetą, kometą, meteoroidem ani księżycem planety. Patrz też: pas planetoid.</p> <p>plazma: Materia, która przypomina gaz, ale składa się ze swobodnych cząstek (jonów i elektronów). Występuje na przykład we wnętrzu gwiazd.</p> <p>podczerwień (promieniowanie): Typ promieniowania elektromagnetycznego o długości fali większej niż światło widzialne, ale mniejszej od mikrofal. Promieniowanie podczerwone odczuwamy jako ciepło.</p> <p>promieniotwórczy: Naturalnie emitujący określone rodzaje promieniowania lub cząstek.</p> <p>promieniowanie elektromagnetyczne: Forma energii, która obejmuje światło widzialne, fale radiowe, mikrofałe, podczerwień, światło ultrafioletowe, promienie rentgenowskie i promienie gamma.</p> <p>promieniowanie kosmiczne: Strumień wysokoenergetycznych cząstek i fal elektromagnetycznych, które docierają do Ziemi z głębi kosmosu.</p> <p>protogwiazda: Młoda gwiazda, która pozostaje wciąż na etapie formowania, zanim w jej wnętrzu rozpocznie się synteza termojądrowa.</p> <p>proton: Cząstka subatomowa o dodatnim ładunku elektrycznym występująca w jądrze każdego atomu.</p> <p>radiowe fale: Typ promieniowania elektromagnetycznego o niskiej energii. Mikrofałe to szczególny zakres częstotliwości fal radiowych.</p>	<p>rentgenowskie promienie: Zakres promieniowania elektromagnetycznego o bardzo wysokiej energii.</p> <p>satelita: Naturalny lub sztuczny obiekt krążący po orbicie wokół jakiegoś ciała niebieskiego.</p> <p>spektroskopia: Analiza składu chemicznego ciał i substancji poprzez pomiar częstotliwości promieniowania, które absorbują, emitują lub rozpraszają.</p> <p>subatomowy: Mniejszy od atomu.</p> <p>supermasywny: Określenie czarnej dziury lub ciała o masie od milionów do miliardów razy większej od masy Słońca.</p> <p>supernowa: Potężna, niezwykle jasna eksplozja, która oznacza śmierć masywnej gwiazdy.</p> <p>synteza termojądrowa: Reakcja, podczas której jądra atomów łączą się, tworząc jądra o większej masie, czemu towarzyszy wyzwalenie dużych ilości energii.</p> <p>światło: Promieniowanie elektromagnetyczne. Terminu „światło” lub „światło widzialne” używamy przede wszystkim w odniesieniu do zakresu promieniowania elektromagnetycznego, na który reaguje ludzkie oko.</p> <p>teleskop: Instrument sprawiający, że odległe obiekty widać jako większe i jaśniejsze. Pierwsze teleskopy skupiały światło widzialne, ale obecnie tym terminem określa się instrumenty przeznaczone do obserwacji wszelkich typów promieniowania elektromagnetycznego.</p> <p>teoria: Dobrze uzasadnione wyjaśnienie jakichś aspektów świata przyrody oparte na zestawie dowodów.</p> <p>ultrafiolet (UV): Zakres promieniowania elektromagnetycznego, którego nie widzimy, o długości fali krótszej od światła widzialnego.</p> <p>wiatr gwiazdowy: Strumień naładowanych cząstek emitowany z zewnętrznych warstw gwiazdy do przestrzeni kosmicznej.</p> <p>widmo: Zestaw barw lub typów światła powstający po przepuszczeniu wiązki światła ze źródła przez pryzmat; lub zakres promieniowania z danego źródła.</p> <p>Wielki Wybuch: Koncepcja, zgodnie z którą wszechświat powstał z punktu o bardzo wysokiej temperaturze i gęstości, który zaczął ekspandować.</p> <p>wszechświat obserwowalny (widzialny): Część wszechświata, którą jesteśmy w stanie obserwować z Ziemi.</p>

<p>DODATKOWE ŹRÓDŁA</p> <p>Podczas pisania i ilustrowania tej książki skorzystano z setek źródeł. Nie sposób wymienić ich wszystkich, niemniej autorka poleca czytelnikom, którzy chcieliby dalej zgłębiać tajniki wszechświata, następujące książki i strony internetowe.</p>	<p>STRONY INTERNETOWE I APLIKACJE</p> <p>Europejska Agencja Kosmiczna: esa.int</p> <p>Niezwykłe zdjęcia wykonane przez teleskop Webba: science.nasa.gov/mission/webb/multimedia/images</p> <p>Gdzie znaleźć najbliższe miejsce z ciemnym niebem: darksky.org/what-we-do/international-dark-sky-places/all-places</p> <p>Międzynarodowa Unia Astronomiczna: iau.org</p> <p>NASA Solar System Exploration: science.nasa.gov/solar-system</p> <p>Rozmowa z astronautami w Międzynarodowej Stacji Kosmicznej: ariss.org</p> <p>Aplikacje mobilne dla astronomów amatorów: space.com/best-stargazing-apps</p> <p>Stellarium Web (mapy gwiazd online): stellarium-web.org</p> <p>The Sky Live (planetarium online): theskylive.com/planetarium</p> <p>Polskie Towarzystwo Astronomiczne: pta.edu.pl</p> <p>Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii: ptma.pl</p> <p>Adresy URL były aktualne w momencie oddania książki do druku. Autorki i wydawca nie ponoszą odpowiedzialności za treść ani poprawność podanych adresów URL.</p>

INDEKS			
A <div>agencje kosmiczne 11</div> <div>Aglaonike z Tesalii 21</div> <div>AI (sztuczna inteligencja) 90, 206–207</div> <div>Akatsuki (sonda) 79</div> <div>akceleratory czqstek 101</div> <div>Alfa Centauri 146</div> <div>Allen Telescope Array 166</div> <div>ALMA (teleskop) 143</div> <div>Anaksagoras 20</div> <div>Andromedy Galaktyka 33, 176, 179181, 186, 204</div> <div>Antares 153</div> <div>aphelium 10</div> <div>apogeum 54</div> <div>Apollo (misje) 48, 49, 58</div> <div>Armstrong Neil 49, 58</div> <div>Arrokoth 118, 119, 210</div> <div>Arystarch z Samos 8, 28</div> <div>Arystoteles 7, 28, 29</div> <div>astronauci 58, 60, 61, 64</div> <div>atomy 156, 157, 194, 197–199</div>	C <div>Cannon Annie Jump 147</div> <div>Cassini (sonda) 73, 96, 99, 104, 105, 106</div> <div>Cassini Giovanni 92, 105</div> <div>Cavendish Henry 28</div> <div>Cefeidy 179, 180</div> <div>Centaury 86</div> <div>Ceres 86–87, 88, 89</div> <div>Chandra X-ray Observatory 57, 185</div> <div>Chandrasekhar Subrahmanyan 151, 185</div> <div>Chang’e 4 (łazik) 59</div> <div>Charon 107, 116, 119</div> <div>CHIME (satelity) 55</div> <div>ciemna energia 13, 56, 189, 194, 196, 202–203, 205</div> <div>ciemna materia 13, 172, 180, 181, 184, 185, 189, 194, 196, 202–205</div> <div>cieplarniany efekt 132</div> <div>ciężar 31</div> <div>Cosmic Background Explorer (satelita) 196, 197</div> <div>Curiosity (łazik) 84</div> <div>czarne dziury 9, 13, 57, 127, 137, 154, 160–161, 162, 163, 172, 180, 184, 199, 201</div> <div>o masie gwiazdowej 160, 161, 170</div> <div>supermasywne 169, 170, 171, 173175, 182–183, 185, 186, 195</div> <div>czarne karły 151</div> <div>czasoprzestrzeń 198, 199</div> <div>czqstki elementarne 199</div> <div>czerwone karły 146, 147</div> <div>czerwone nadolbrzymy 152–153</div> <div>czerwone olbrzymy 102, 148–149, 150, 151, 163, 170, 171, 179</div>	D <div>Daktyl 88</div> <div>DART (misja) 88, 90–91</div> <div>Dawn (misja) 11, 8789</div> <div>Deep Impact (sonda) 73, 125</div> <div>Deep Space Network 85</div> <div>Deimos 81</div> <div>deszcze meteorów 66, 67, 123</div> <div>Didymos 91</div> <div>dinozaury 59, 88, 162, 170</div> <div>Dione 102</div> <div>Dopplera efekt 179</div> <div>Dragon (statek kosmiczny) 65</div> <div>Dragonfly (misja) 105</div> <div>Drake’a równanie 166</div> <div>Dream Chaser (wahadłowiec) 65</div> <div>Droga Mleczna 25, 32, 141, 154, 158, 160, 165, 166, 169, 170–173, 176, 177, 182, 183, 186, 187, 202, 203</div> <div>dysk rozproszony 118, 120, 121</div> <div>dyski akrecyjne 159, 160, 161, 180, 182</div> <div>dyski protoplanetarne 142–143</div>	<div>elektrony 156</div> <div>Enceladus 99, 102, 106</div> <div>Eratostenes 8</div> <div>Eris 116, 118, 119</div> <div>Europa 94, 95, 99</div> <div>Europa Clipper (sonda) 96</div> <div>Event Horizon Telescope 175</div> <div>ExOPlanet Satellite (CHEOPS) (teleskop) 164</div> <div>Extremely Large Telescope (ELT) 25</div>
B <div>balony meteorologiczne 38, 39</div> <div>Bennu 89</div> <div>BepiColombo (sonda) 74, 75</div> <div>Betelgeza 152, 153</div> <div>białe karły 137, 150–151, 155, 163, 170, 184</div> <div>Boeing CST-100 Starliner 65</div> <div>Brahe Tycho 28</div> <div>brqzowe karły 142–144, 205</div> <div>Burnell Jocelyn Bell 159</div> <div>Burney Venetia 117</div>		E <div>Earendel 136</div> <div>egzoplanety 12, 158, 164–165, 166, 167</div> <div>egzosfera 9, 39</div> <div>Einstein Albert 30, 74, 139</div> <div>ogólna teoria względności 158, 161, 193, 194, 198–199, 200, 201</div> <div>ekosfera 98, 99, 165, 166</div> <div>Ekstremalnie Wielki Teleskop patrzą: Extremely Large Telescope</div> <div>ekstremofile 43</div> <div>elektromagnetyczne fale 138</div> <div>elektromagnetyczne promieniowanie 138, 144, 174</div>	F <div>Falcon 9 (rakieta nośna) 65</div> <div>FAST (Five-hundred-metre Aperture Spherical Telescope) 175</div> <div>Fermi Gamma-ray Space Telescope 173, 185</div> <div>Fermiego bqble 173, 185</div> <div>Filary Stworzenia 141</div> <div>fitoplankton 42, 43</div> <div>Fobos 80, 81, 83</div> <div>fotony 199</div> <div>fotosfera 128, 129</div> <div>fotosynteza 19, 132</div>
		G <div>Gacrux 148, 149</div> <div>Gagarin Jurij 58</div> <div>Gaia (satelita) 137, 161, 172, 173, 179, 187</div> <div>Gaia BH3 160, 161</div> <div>galaktyki 12, 13, 142, 168–187, 190–194, 202</div> <div>Galileo (sonda) 64, 88, 96</div> <div>Galileusz 20, 24–28, 48, 74, 78, 94, 96, 97, 104, 136, 172</div> <div>galileuszowe księżyce 27</div>	

gamma promieniowanie 56, 136, 138, 139, 155, 159, 184, 185, 205	Halleya Kometą 33, 119, 122–124	Jowisz 24, 26, 86, 92–97 , 100, 101, 104, 107–109, 113, 149, 208, 211–213	księżyce 10, 27, 69, 73, 111
Ganimedes 94–96	Hawking Stephen 161	101, 104, 107–109, 113, 149, 208, 211–213	Jowisza 93, 94–96, 99, 102, 208–209, 210
Genesis (sonda) 130	Hayabusa (sonda) 88	księżyce 26, 93–96, 99, 102, 208–210	Iqdownniki na 73
geocentryczny model 8, 28, 29	heliocentryczny model 28, 29	208–210	Neptuna 112–115
Gilbert William 29	heliosfera 120	Juno (misja) 96, 97	Plutona 107, 116, 119
Giotto (misja) 124	Hera (misja) 91	Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE) 96, 97, 106	Saturna 99, 102–104, 106
grawitacja 11, 12, 30–31 , 35, 74, 128, 150, 182, 193, 194, 198, 202, 204	Herbiga-Haro obiekty 142, 143		Urana 111
grawitacyjne fale 13, 158, 198, 200–201	Herschel William 110, 130, 136, 139, 144, 172	K	Kuiper Belt Objects (KBO) 116, 118, 122
grawitacyjne soczewkowanie 193, 198, 203	Hertzsprunga-Russella diagram 146, 214	kalendarz kosmiczny 209	Kuipera Pas 107, 110, 112, 116–119 , 120, 179
gwiazdy 11–12, 24, 126–167 , 179, 184, 194, 203, 210, 214	Hipparchos 22	Kalipso 102	kwantowa fizyka 198, 199
białe karły 150–151	Hipparcos (misja) 172	Kallisto 94, 95	kwazary 159, 182–184, 186, 210
ciqgu głównego 146–147, 148, 149, 157, 170	Hooker Telescope 25	kapsuły wielokrotnego użytku 65	
czerwone nadolbrzymy 152–153	horyzont kosmiczny 191	Kármána linia 38, 58	L
czerwone olbrzymy 148–149	horyzont zdarzeń 160, 161, 182	Kepler Space Telescope 114, 149, 164, 165	Lagrange’a punkty 47
gwiazdozbiory 6, 17, 22, 23, 208, 215	Hubble Space Telescope 56, 57, 64, 110, 114, 142, 148, 181, 184, 186, 187, 192, 195, 202	Kepler Johannes 2628	Laplace Pierre-Simon 29
Herbig Ae/Be 142, 143	Hubble Edwin 25, 172, 176, 179, 181, 190, 192, 202	kolapsary 160	Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO) 200, 201
kolebki gwiezdne 140–141	Hubble’a stała 192	komety 10, 11, 25, 32, 33, 66, 69, 106, 119, 124, 125, 209	lata świetlne 13
nasze spojrzenie na 22–23, 208	Huygens (próbnyk) 73, 104, 105	106, 119, 124, 125, 209	Iqdownniki 10, 72–73 , 206
neutronowe 127, 137, 154, 156, 157, 158–159, 162, 163, 174, 184, 210	Huygens Christiaan 104	długookresowe 120, 124, 125	Leavitt Henrietta Swan 179
podwójne 163, 184	Hyperion 103	1P/Halley 33, 119, 122–123 , 124	Leonidy 32, 33
spadające 32, 33, 39, 66–67, 69		67P 124, 125	LICIA Cube 91
supernowe 154–155		9P/Tempel 1 73, 124	Lokalna Grupa 176
T Tauri 142, 143		Shoemaker-Levy 97, 125	Iornetka 25
typy 14, 214		Koński Łeb (mgławica) 141	Low Earth Orbit (LEO) 53, 55, 58, 63
układy wielokrotne 162–163		Kopernik Mikołaj 18, 26, 28, 29	Lunar Reconnaissance Orbiter 49
zmienne 137, 152		Kordylewskiego obłoki 47	Lunar Rover Vehicles 84
		kosmiczna sieć 13, 196–197	ładunki 50, 51, 64
		kosmiczne promieniowanie tła (CMB) 192–196, 204, 210	
		Kraba Mgławica 154, 163	
		Księżyc 19, 24, 44–49	
		i Ziemia 44, 45, 46–47 , 52, 54	
		meteoryty 44, 67	Ł
		zaćmienia 7, 8, 21	łaziki 10, 49, 59, 82, 83, 206, zob. też poszczególne łaziki
		eksploracja 9, 46, 48–49 , 58, 59, 73, 84	Łuna (misje) 48, 49, 106
		fazy 17, 20, 21	Łunochod (łaziki księżycowe) 84
		światło 20, 21, 32	
H <div>Habitable Worlds Observatory 167</div> <div>Halley Edmond 27, 32, 122</div>	J <div>Japet 102, 105</div> <div>jasność bezwzględna 136, 179</div> <div>jasność widoma 22, 214</div> <div>Johnson Katherine 207</div>		

M	księżyce 112115	Pitagoras 26	R
M87* 182, 183	neutrina 185	plamy słoneczne 87	radioteleskopy 141, 166, 173,
Magellan 78	neutrony 156	Planck satelita 205	174–175 , 179, 182, 192, 200
magnetary 159	New Horizons (sonda) 48, 96, 107 ,	planety 10, 26–27, 28, 29, 54, 69,	radiowe fale 78, 136, 138, 139, 141,
magnetosfera 36	110, 117–119, 179	211, 212, zob. też poszczególne	158, 171, 172, 174, 175, 182
magnetyczne pola 36, 70, 93, 95,	Newton Isaac 7, 24, 28, 30, 32,	planety	rakiety 38, 50–51 , 52, 56, 62–65,
101, 113, 129, 131, 141	50–52, 128, 138	karłowate 10, 26, 69, 86, 106,	130
Mariner (misje) 74, 75, 78, 79, 82, 83	Newtona zasady dynamiki 51	107, 116, 121	rentgenowskie promieniowanie 56,
Mars 26, 67, 80–85 , 98, 153, 208,	niebieskie nadolbrzyny 153, 155	samotne 165	57, 136, 138, 159, 182, 205
211, 213	niesporczaki 59	planetarne mgławice 150, 151	robotyczne lądowniki 72–73
eksploracja 73, 82–85		planetoid pas 11, 86–87 , 88, 116, 118	robotyczne łaziki 84–85
masa 9, 31		planetoidy 10, 69, 76, 88–91 , 94,	Roman Space Telescope 56
materia 9, 156–157 , 190	O	106, 206, 209	Roman Nancy Grace 56
Maxwell James Clerk 139	Obłok Oorta 120–121 , 173	potencjalnie niebezpieczne 90	Rosetta (sonda) 124, 125
Merkury 26, 36, 70–71 , 149, 208,	obłoki molekularne 140, 141	Pluton 26, 48, 107, 112, 116–117 , 118,	Rubin Observatory Legacy Survey
210–213	odpady kosmiczne 35, 62–63, 83	211–213	of Space and Time (LSST) 207
eksploracja 74–75	Oort Jan 120, 173	księżyce 107, 116, 119	Rubin Vera 180, 203, 204
MESSENGER 74, 75	Opportunity (łazik) 84	pływy 46, 47, 94	
Messier Charles 32, 180, 181, 186	orbitery 10, 106	podczerwień 56, 57, 136, 138, 139,	S
meteoroidy 66–67, 69	Orbiting Astronomical Observatory	144–145	SagDEG 187
meteory 32, 33, 39, 42, 66–67 , 70,	(OAO) 136	podróż w czasie 7, 13	Sagittarius A* 170, 173, 182,
71	Orbiting Solar Observatory	pogoda 3739, 54, 132	183
meteoryty 44, 45, 66–67, 75, 77, 83,	(OSO 1) 130	pogoda kosmiczna 36, 130, 133	satelity 35, 38, 39, 50, 52, 53,
88, 94	orbity 52–54	Polarna Gwiazda 23, 147, 162	54–55 , 58, 62, 63, 137, 212
mezosfera 9, 39	Orion 23	pory roku 17, 18	Saturn 26, 100–105 , 108, 109, 149,
mgławice 12, 33, 141, 142, 144, 154,	OSIRIS-REx (statek kosmiczny) 88	Potentially Hazardous Asteroids	208, 211–213
169, 172	osobliwość 160, 161, 182	(PHA) 90	eksploracja 104–105, 106, 107
Międzynarodowa Stacja Kosmiczna		prędkość orbitalna 51	księżyce 73, 99, 102–103, 104,
patrz: International Space	P	prędkość światła 13, 139, 198	106
Station	paliwa 50, 51	prędkość ucieczki 51	Sedna 121
Mimas 102, 193	paralaksa 178–9	promienie kosmiczne 127, 136, 141	Shoemaker Carolyn i Gene 125
Mir (stacja kosmiczna) 59	paralaksa gwiazdowa 178, 179	protogwiazdy 127, 140, 142, 143, 170	Sloan Digital Sky Survey 179
Model Wielkiego Rozdarcia 194	Parker Solar Probe (sonda) 130, 131,	protony 156	słoneczny wiatr 107, 129, 130, 135
Model Wielkiego Zamrożenia 194	134–135, 172, 180	Proxima Centauri 136, 137, 162, 167,	Słońce 8, 11, 17, 20, 21, 29, 57, 102,
	Perseverance (łazik) 83, 85, 98	170	127, 128–135 , 146, 149, 169, 170,
N	perygium 54	próbniki 10, 11, 50, 58, 106–107 ,	210
NEAR Shoemaker (sonda) 88	peryhelium 10	206, zob. też poszczególne sondy	eksploracja 130–131
Nemesis 162	Philae 124, 125	przesunięcie ku czerwieni 179 , 193,	energia 18, 19, 39, 132, 133
Neptun 29, 108, 112–115 , 118,	Pierścień Mgławica 151	195	heliopauza 107
211–213	pierwiastki 42, 153, 155–159	Ptolemeusz 8, 18, 28, 29	heliosfera 121
eksploracja 114–115	Pioneer (misje) 72, 96, 104, 130	pulsary 154, 158–159 , 185, 200	rozbłyski 133

światło 18, 26, 32, 36, 56, 128,	słoneczne 18, 19, 26, 32, 36, 56,	V	i Księżyc 44–47, 52, 54
129	128, 129	Vega (sondy) 72	pomiar 8
układ Słońce–Ziemia 7, 8, 18–19 ,	supernowych 154	Venus Express 78, 79	układ Słońce–Ziemia 7, 8, 18, 28,
27–29, 82, 128, 132–133	ultrafiolet (UV) 38, 56, 57, 136,	Voyager (misje) 88, 94, 96, 104, 107,	29, 82, 128, 132–133
wiatr 107, 129, 130, 135	138, 139, 184	110, 114, 115, 120, 136, 167	życie na 36, 42–43 , 46, 98
zaćmienia 19, 21, 131	świece standardowe 154, 179	VY Canis Majoris 153	Złota Płyta 167
Sojourner (łazik) 82, 83, 84			Zoozve 76
Sojuz (statek kosmiczny) 60, 61	T		zorze polarne 33, 39, 101
Solar and Heliospheric Observatory	Teleskop Horyzontu Zdarzeń patrz:	W	zwierzęta w kosmosie 58–59
(SOHO) 57, 131	Event Horizon Telescope	wahadłowce patrz: Space Shuttle	
Solar Orbiter (sonda) 134	teleskop sferyczny o aperturze 500	System	
Space Rider (obserwatorium) 65	metrów patrz: FAST	Webb Cosmic Telescope 57, 110, 111,	Ż
Space Shuttle System 59, 60, 64	teleskopy 9, 18, 22, 24–25 , 26, 28,	114, 142, 144, 145 , 155, 180, 187,	życie: na Ziemi 36, 42–43 , 46, 98
SpaceX 65	48, 131, 136, 178, 180, 184, 206	192, 195, 206	poza Układem Słonecznym
spektroskopia 22, 130, 131, 136,	termosfera 9, 38, 39	Wenera (misje) 72, 78, 79	166–167
139 , 156, 190, 214	Tetyda 102	Wenus 24, 26, 27, 74, 76–79 , 98, 99,	w przestrzeni kosmicznej 58–59
Spirit (łazik) 84	Thea 44	134, 148, 208, 210–213	w Układzie Słonecznym 98–99
Sputnik (misje) 55, 58, 62	Tiangong (CNSA) (stacja	Westa 86, 88, 89	
Square Kilometre Array (SKAO) 174	kosmiczna) 55	wiatr gwiezdny 127	
stacje kosmiczne 31, 35, 55, 58, 59,	Transiting Exoplanet Survey	widmo 138–139	
60–61 , 62–64	Satelite (TESS) 164, 165	Wielki Wybuch 156, 157, 174, 192,	
standardowy model kosmologiczny	transneptunowe obiekty 116	194, 195, 210	
194, 195, 199	tranzyt 27, 78, 164	WIMPS (Weakly Interacting	
stany skupienia materii 40	triangulacja 82, 178	Massive Particles) 204, 205	
Starliner (statek) 65	Trojańczycy 86, 102	włókna galaktyczne 196, 197	
statki kosmiczne 10, 64–65	troposfera 9, 39	woda 37, 40–41 , 48, 76, 79, 94, 98,	
stratosfera 9, 39	Tryton 112, 115	99, 133	
superkomputery 90, 206–7	tunele czasoprzestrzenne 199	wszechświat 188–215	
supernowe 17, 32, 33, 140, 154–155 ,	Tytan 73, 99, 102–105	ciemny 202–203	
158, 160, 174, 179, 184, 185, 203	Tytania 111	obserwowalny 190–193	
superziemie 165		pochodzenie 194–195	
synteza termojądrowa 128, 156	U	pomiar i mapowanie 178–179	
Syriusz 22, 23, 147, 162	Układ Słoneczny 8, 10, 68–125	wysokoenergetyczne	
	układy podwójne 162, 163	promieniowanie 184–185	
Ś	ultrafiolet (UV) 38, 56, 57, 136–139,	Z	
światło 9, 12, 13, 47, 56, 138–139 ,	184	Ziemia 8-9, 36–43 , 46, 98, 124, 191,	
199	Uran 29, 108–111 , 112, 114, 211–213	211–213	
gwiazd 22, 23, 56, 179		atmosfera 9, 23, 35, 38–39 , 56,	
księżyc 20, 21, 32		63, 66, 175	
podczerwień 56, 57, 136, 138, 139,		grawitacja na 9, 31, 35, 46	
144–145			

Dziękuję Kate Shaw za wsparcie, a także Sarze Gillingham oraz zespołowi kreatywnemu i redakcyjnemu wydawnictwa Phaidon odpowiedzialnemu za tę książkę, w szczególności Meagan Bennett, Mai Gartner i Alice-May Bermingham. Ogromne podziękowania dla Robin Pridy za pomoc w upakowaniu całego wszechświata na 224 stronach – byłaś moją ostatnią deską ratunku! Dziękuję tysiącom astronomów, astrofizyków, kosmologów i inżynierów, których odkrycia i wynalazki pozwalają nam opuścić naszą planetę i podróżować w czasie i przestrzeni do światów przekraczających granice wyobraźni. Jestem wdzięczna UK Association for Science and Discovery Centres (ASDC), którego Space Community Calls dało mi możliwość bezpośredniego kontaktu z naukowcami pracującymi przy takich cudach jak Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba, łazik Mars Perseverance i program Artemis. Dziękuję również American Association for the Advancement of Science (AAAS) za dofinansowanie, które umożliwiło mi udział w dwóch inspirujących dorocznych spotkaniach, podczas których miałam okazję wysłuchać bezpośrednio takich osób jak dr Jane Rigby, starsza naukowczyni projektu Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba. Jej poetycki opis tej misji był ogromną inspiracją dla książki łączącej sztukę i kosmologię. Nade wszystko dziękuję mojej rodzinie za wytrwałość, podczas gdy ja przez rok odkrywałam wszechświat.

– Isabel Thomas

ŹRÓDŁA ILUSTRACJI:
Zestawienie wystrzelonych satelitów na s. 212 oparte jest na danych i wykresach z ESA Annual Space Environment Report z lipca 2024.

Wykres Hertzsprunga-Russella na s. 214 oparty jest na grafice ESO i wykorzystany na podstawie licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License. Obraz obserwowalnego wszechświata na s. 191 oparty jest na fotografii Pablo Carlosa Budassiego/thecelestialzoo.

Materiały fotograficzne wykorzystane na stronach 7, 9, 18, 20, 36-39, 45, 48, 69-71, 74-78, 80-82, 86-8, 92-93, 96-97, 100-101, 104-105, 107-114, 116-118, 125, 128-130, 212 oraz na obwolucie zostały udostępnione przez NASA.

Szczególne podziękowania dla wspaniałej konstelacji gwiazd, które wspólnie stworzyły tę książkę: Meagan Bennett za połączenie miliona elementów kosmosu z taką maestrią i wdziękiem; Isabel Thomas i Robin Pridy za inspirujące słowa, mądrość i wskazówki dotyczące grafiki; Alice-May Bermingham i Mai Gartner za cierpliwość, inspirację i popieranie tej książki; a także dla Michelle Clement i Nory Aoyagi za wsparcie i wzorową pomoc przy procesie produkcyjnym.

– Sara Gillingham

Wydawnictwo Dwie Siostry House Sp. z o.o.
ul. Stefana Jaracza 2
00-378 Warszawa

Tytuł oryginału:
Exploring the Universe: A Complete Guide to the Cosmos
© 2025 Phaidon Press Limited

This Edition published by Wydawnictwo Dwie Siostry House Sp. z o.o.
under licence from Phaidon Press Limited, of 2 Cooperage Yard,
London E15 2QR, England.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of Phaidon Press.

© Copyright for the Polish translation by Marek Krośniak, 2026

ISBN 978-83-8150-799-8
Wydanie I

wydawnictwodwiesiostry.pl

redakcja: Dominika Cieśla-Szymańska
korekta: Marta Choińska
skład i przygotowanie do druku: Piotr Bałdyga
druk: Dimograf Sp. z o.o.

Wydawnictwo Dwie Siostry sp. z o.o.
ul. Stefana Jaracza 2
00-378 Warszawa

Biblioteki, szkoły, przedszkola, księgarnie i inne instytucje zainteresowane ofertą specjalną zachęcamy do kontaktu z działem handlowym (marketing@wydawnictwodwiesiostry.pl, +48 577 888 278)





ISBN 978-83-8150-799-8



9 788381 507998 >

WYDAWNICTWODWIESIOSTRY.PL

DWIE
SIOSTRY