W PROSTOCIE TKWI SIŁA

wydanie V

Astronomia

dla bystrzaków



Poznaj fascynujące fakty na temat Księżyca i planet

Odkryj najnowsze osiągnięcia i badania astronomiczne

Wybierz się w podróż po Drodze Mlecznej i jeszcze dalej

Dr Stephen P. Maran

Dr Richard Tresch Fienberg

Odznaczeni przez NASA Medalem za Wybitne Osiągnięcia

Tytuł oryginału: Astronomy For Dummies, 5th Edition

Tłumaczenie: Amata-Jo Papaj, z wykorzystaniem fragmentów poprzedniego wydania w przekładzie Sławomira Kupisza.

ISBN: 978-83-289-4065-9

Original English language edition Copyright © 2023 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This translation published by arrangement with John Wiley & Sons, Inc.

Oryginalne angielskie wydanie © 2023 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Wszelkie prawa, włączając prawo do reprodukcji całości lub części w jakiejkolwiek formie, zarezerwowane. Tłumaczenie opublikowane na mocy porozumienia z John Wiley & Sons, Inc.

Translation copyright © 2026 by Helion S.A.

Wiley, the Wiley Publishing Logo, For Dummies, Dla Bystrzaków, the Dummies Man logo, Dummies.com, Making Everything Easier and related trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley and Sons, Inc. and/or its affiliates in the United States and/or other countries. Used by permission.

Wiley, the Wiley Publishing Logo, For Dummies, Dla Bystrzaków, the Dummies Man logo, Dummies.com, Making Everything Easier i związana z tym szata graficzna są markami handlowymi John Wiley and Sons, Inc. i/lub firm stowarzyszonych w Stanach Zjednoczonych i/lub innych krajach. Wykorzystywane na podstawie licencji.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
dlabystrzakow.pl/user/opinie/astrb5
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: *dlabystrzakow@dlabystrzakow.pl*
WWW: *dlabystrzakow.pl*

Printed in Poland.

• Kup książkę
• Poleć książkę
• Oceń książkę

• Księgarnia internetowa
• Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

O autorach **11**

Dedykacja **13**

Podziękowania od autorów **14**

Wprowadzenie **17**

CZĘŚĆ 1: PIERWSZE KROKI W ASTRONOMII **21**

ROZDZIAŁ 1: **Światło, czyli sztuka i nauka astronomii** **23**

Astronomia — nauka oparta na obserwacji 24

Zrozumieć to, co widzimy — język światła 26

Dziw nad dziwy, czyli planety kontra gwiazdy 27

Jeśli widzisz Wielką Niedźwiedzicę, czas wybrać się do okulisty — nazwy gwiazd i gwiazdozbiorów 28

Im mniejsza, tym jaśniejsza, czyli czym jest wielkość gwiazdowa 36

Co szpieguję? Katalog Messiera i inne obiekty na niebie 37

Wspominamy dawne lata (świetlne) 39

Wciąż w ruchu — pozycje gwiazd 41

Grawitacja — siła, z którą lepiej nie igrać 44

Kosmos: wciąż w ruchu 45

ROZDZIAŁ 2: **Dołącz do tysięcy — formy aktywności, źródła i materiały** **47**

Nie jesteś sam: kluby astronomiczne, strony internetowe i nie tylko ... 48

Kluby astronomiczne 48

Strony internetowe, czasopisma, oprogramowanie 49

Wycieczka do obserwatorium i planetarium 54

Kierunek: obserwatorium! 54

Wycieczka do planetarium 58

Kup książkę Poleć książkę

Wakacje z gwiazdami: spotkania obserwacyjne, wyprawy na zaćmienia, motele dla astronomów 59
Ruszaj na gwiezdny zlot! 59
Świętuj na astrofestiwalu 62
Astronomia z kuflem w dłoni — nietypowe spotkania miłośników nieba 62
Idź na całość — wyprawy na zaćmienie Słońca 63
Motele astronomiczne 66

ROZDZIAŁ 3: **Sprzęt do obserwacji nieba 69**
Geografia nieba — elementarz 70
Gdy Ziemia wiruje... 71
...nie trać z oczu Gwiazdy Polarnej 73
Obserwacja okiem nieuzbrojonym 75
Sięgamy dalej: lornetka i teleskop 78
Lornetka — przeczesujemy niebo 79
Teleskop — gdy liczy się bliskość 83
Zaplanuj swoją podróż po świecie astronomii 93

ROZDZIAŁ 4: **Rozpędzeni goście na nocnym niebie: meteory, komety i sztuczne satelity 97**
Meteory — „spadające gwiazdy" 98
Wypatrujemy meteorów sporadycznych i bolidów 99
Oczy utkwione w radiancie — rój meteorów 101
Komety — brudne kule lodu 105
Głowa i warkocz — budowa komety 106
Oczekiwanie na „kometę stulecia" 110
Polujemy na „grubego zwierza" 112
Sztuczne satelity — miłość i nienawiść 115
Wypatrujemy sztucznych satelitów 116
„Rozkład jazdy" satelitów — gdzie szukać? 117
UFO — czy niektóre z obiektów mogą być statkami Obcych? 119

CZĘŚĆ 2: WYCIECZKA PO UKŁADZIE SŁONECZNYM 121

ROZDZIAŁ 5: **Ziemia i Księżyc — dobrana para 123**
Ziemia pod astronomicznym mikroskopem 124
Jedyna w swoim rodzaju — unikalne cechy Ziemi 124
Strefy wpływu — budowa Ziemi 126
Rzut oka na ziemski czas, pory roku i rachubę lat 129
Wieczne orbitowanie 129

Kup książkę Poleć książkę

Pochylamy się nad porami roku ... 131
Ile lat ma Ziemia? ... 133
Księżyc — satelita Ziemi ... 134
Wycia nadszedł czas — fazy Księżyca ... 135
W cieniu — obserwujemy zaćmienia Księżyca ... 138
Odkrywamy zakrycia ... 140
Ciężka sprawa — geologia Księżyca ... 141
Teoria wielkiego zderzenia, czyli jak narodził się Księżyc ... 147

ROZDZIAŁ 6: **Merkury, Wenus i Mars — najbliżsi sąsiedzi Ziemi ... 149**
Gorący, spękany, zryty kraterami — oto Merkury ... 150
Sucha, górzysta, ociekająca kwasem — trzymaj się z daleka od Wenus ... 152
Odkrywanie tajemnic Wenus — misje DAVINCI+ i EnVision ... 154
Coś wisi w powietrzu — życie w chmurach? ... 154
Czerwony, zimny i jałowy — zagadki Marsa ... 154
Gdzie są woda i powietrze z tamtych lat? ... 155
Czy na Marsie może istnieć życie? ... 157
Planetologia porównawcza, czyli Ziemia, miejsce inne niż wszystkie ... 160
Obserwacja planet grupy ziemskiej ... 161
Czym są elongacja, koniunkcja i opozycja? ... 162
Podziwiamy fazy Wenus ... 165
Mars zatacza pętlę ... 167
Merkury — bądź lepszy od Kopernika ... 169

ROZDZIAŁ 7: **Pas planetoid i obiekty bliskie Ziemi ... 173**
Krótki wypad na pas planetoid ... 174
Zbieranie informacji o planetoidach ... 177
Zagrożenie, jakie stanowią obiekty bliskie Ziemi ... 178
Gdy nadejdzie ta chwila — przesuwamy planetoidę ... 181
Zawczasu ostrzeżony, na czas uzbrojony — badamy obiekty bliskie Ziemi ... 182
W poszukiwaniu małych świetlnych punktów ... 183
Pomoc w śledzeniu zakrycia ... 185
Wyznaczamy moment zakrycia planetoidalnego ... 186

ROZDZIAŁ 8: **Jowisz i Saturn — wielkie kule gazu ... 187**
Ciśnienie rośnie — wyprawa do wnętrza Jowisza i Saturna ... 187
Jowisz — niedoszła gwiazda ... 188
Wielka Czerwona Plama ... 190
Księżyce galileuszowe ... 192

Kup książkę Poleć książkę

Główna atrakcja Układu Słonecznego — oczy na Saturna! 196
Władca pierścieni 197
Polowanie na burze na Saturnie 199
Kierunek: Tytan 200
O gejzerach na Enceladusie 201

ROZDZIAŁ 9: **Odlot na całego — Uran, Neptun, Pluton i dalej 203**

Przełamujemy lody w kontaktach z Uranem i Neptunem 204
Cel: Uran! „Przewrócona" planeta i jej charakterystyka 205
Wbrew naturze — Neptun i jego księżyc 206
Pluton — „planeta" ekscentryczna 208
Definiowanie Plutona metodą geofizyczną 209
Serce Plutona 209
Skład Plutona pod lupą 212
Księżyc wierny swojej planecie 212
Zapnij pasy — wyprawa do pasa Kuipera 213
Obserwujemy dalekie planety zewnętrzne 215
Podziwiamy Urana 215
Neptun — prawie jak gwiazda 216
Pluton — tylko dla orłów 217
Polowanie na dziewiątą planetę 218

CZĘŚĆ 3: STARE, DOBRE SŁOŃCE — POZNAJEMY GWIAZDY I GALAKTYKI 221

ROZDZIAŁ 10: **Słońce — nasza ziemska gwiazda 223**

Słońce — garść faktów 224
Rozmiary i kształt Słońca — wielki bąbel gazu 225
Budowa Słońca — pomiędzy jądrem a koroną 226
Aktywność słoneczna — co tam się właściwie dzieje? 229
Wiatr słoneczny kontra ziemska magnetosfera 233
Słoneczne Biuro Śledcze, czyli tajemnica zaginionych neutrin 235
Ponad cztery miliardy i świeci dalej! Przyszłość Słońca 236
Oślepiające piękno — bezpieczne techniki obserwacji Słońca 237
Metoda projekcyjna 238
Obserwacja Słońca przez filtry przednie 243
Obserwacja — słoneczna zabawa 244
Ale plama! 245
Zaćmienie Słońca 247
Słońce w sieci 252

Kup książkę Poleć książkę

ROZDZIAŁ 11: **Wycieczka do gwiazd 255**
Cykle ewolucyjne gwiazd 256
Młody obiekt gwiazdowy — pierwsze dni życia 258
Gwiazdy ciągu głównego — długi wiek dojrzały 259
Czerwone olbrzymy — złote lata 260
Pożegnania nadszedł czas — schyłkowy etap cyklu życiowego gwiazdy 261
Barwa, jasność i masa gwiazdy 268
Typy widmowe — jakiego koloru jest moja gwiazda? 269
Jasno, ciemno — klasyfikacja jasności absolutnej 270
Im jaśniej płoną, tym bardziej pęcznieją — masa określa klasę 271
Analiza diagramu Hertzsprunga-Russella 272
Partnerzy — gwiazdy podwójne i wielokrotne 274
Gwiazdy podwójne a efekt Dopplera 274
Robi się tłoczno — gwiazdy wielokrotne 277
Czas na zmiany — gwiazdy zmienne 278
Gwiazdy pulsujące 278
Wybuchowi sąsiedzi — gwiazdy rozbłyskowe 281
Przedstawiamy nową — gwiazdy wybuchowe 281
Kosmiczna zabawa w chowanego — gwiazdy zmienne zaćmieniowe 284
Zjawisko mikrosoczewkowania 285
Na spotkanie z gwiezdnymi sąsiadami 286
I Ty możesz pomóc 288

ROZDZIAŁ 12: **Galaktyki — Droga Mleczna i jej kosmiczne towarzyszki 291**
W Drogę! (Mleczną) 292
Jak i kiedy powstała Droga Mleczna? 293
Jaki kształt ma Droga Mleczna? 294
Droga Mleczna — gdzie jej szukać? 296
Gromady gwiazd — galaktyczni przyjaciele 297
Na luzie, czyli gromady otwarte 297
Jak sardynki w puszce — gromady kuliste 300
Było miło — asocjacje typu OB 302
Mgławice dają się lubić 302
Rozpoznajemy mgławice planetarne 304
Wspomnienie po supernowej 307
Najpiękniejsze mgławice — gdzie ich szukać? 307

Kup książkę Poleć książkę

Sięgaj dalej — pora na galaktyki ... 310
Galaktyki spiralne, spiralne z poprzeczką i soczewkowate ... 311
Galaktyki eliptyczne ... 312
Galaktyki nieregularne, karłowate i o niskiej absolutnej jasności powierzchniowej ... 313
Duuuuże galaktyki ... 314
Grupa Lokalna Galaktyk ... 318
Gromady galaktyk ... 318
Wielkości na miarę kosmosu — supergromady, pustki i Wielkie Ściany ... 319

ROZDZIAŁ 13: **Skok w czarną dziurę i na kwazary ... 321**
Czarne dziury — fatalne sąsiedztwo ... 321
Czarna dziura w pigułce ... 322
Myszkujemy we wnętrzu czarnej dziury ... 323
Otoczenie czarnej dziury ... 327
Zakrzywienie czasoprzestrzeni ... 328
Wykrywanie zderzeń czarnych dziur ... 330
Obserwowanie gwiazd pochłanianych przez czarne dziury ... 331
Kwazary — zabawa definicjami ... 333
Linijkę poproszę ... 334
Przyśpieszamy do prędkości dżeta ... 334
I kwazary mają widma ... 335
Galaktyki aktywne — witaj w rodzinie kwazarów ... 335
Klasyfikacja aktywnych jąder galaktyk ... 336
Aktywne jądra galaktyk — to się nazywa siła! ... 339
Czym jest ORC? ... 340

CZĘŚĆ 4: NASZ NIEZWYKŁY WSZECHŚWIAT ... 343

ROZDZIAŁ 14: **Czy ktoś tam jest? Pozasłoneczne układy planetarne ... 345**
Odkrywanie obcych światów ... 346
Zmieniające się poglądy na egzoplanety ... 346
Odkrywanie egzoplanet ... 348
Spotkanie z (egzo)planetami ... 353
Gorączka Proximy — czerwone karły w centrum uwagi ... 356
Odkrywanie planet klasy Ziemi w układzie TRAPPIST-1 ... 359
Odkrywanie planet dla zabawy i nauki ... 360
Astrobiologia — jak wygląda życie na innych planetach? ... 361
Ekstremofile — życie na krawędzi ... 361
Poszukiwanie życia w Układzie Słonecznym ... 362

Kup książkę Poleć książkę

Równanie Drake'a i projekt SETI 366
Projekty SETI — nasłuchiwanie E.T. 370
Lot feniksa 371
Przeczesujemy kosmos — inne projekty w ramach SETI 372
Priorytetowe kierunki poszukiwań dla SETI 374
SETI@home 375

ROZDZIAŁ 15: **W głąb ciemnej materii i antymaterii 377**
Ciemna materia — kosmiczny klej 377
Dowody na istnienie ciemnej materii 378
Ciemna materia — cóż to takiego? 382
Po omacku, czyli poszukiwania ciemnej materii 384
Poszukiwanie WIMP-ów i innych mikroskopijnych form ciemnej materii 384
MACHO i wszystko jasne 386
Soczewkowanie grawitacyjne — sporządzamy mapę ciemnej materii 387
Pojedynek z antymaterią, czyli przeciwieństwa naprawdę się przyciągają 389

ROZDZIAŁ 16: **Wielki Wybuch i ewolucja Wszechświata 391**
Teoria Wielkiego Wybuchu — słuszna czy nie? 392
Inflacja — kosmos się rozbiega 394
Coś z niczego — inflacja a próżnia 395
Zagadka brakującej masy — inflacja a kształt wszechświata 395
Ciemna energia — kosmiczny akcelerator 397
Promieniowanie reliktowe — encyklopedia wiedzy o kosmosie 398
Nieregularności w mikrofalowym promieniowaniu tła 399
Mikrofalowe promieniowanie tła i mapa wszechświata 400
Gdzieś w odległej galaktyce — stała Hubble'a i świece standardowe 401
Świece standardowe — jak naukowcy mierzą odległości galaktyk? 401
Stała Hubble'a — jak szybko poruszają się galaktyki? 402
Losy wszechświata 403

CZĘŚĆ 5: DEKALOGI 405

ROZDZIAŁ 17: **Dziesięć ciekawostek z dziedziny astronomii i kosmosu 407**
Masz we włosach maleńkie meteoryty 407
Ogon komety często jest z przodu 408
Ziemia jest zbudowana z wyjątkowo rzadko występującej materii 408

Kup książkę Poleć książkę

Przypływy występują po obu stronach Ziemi w tym samym czasie 408
Deszcz nigdy nie dociera do powierzchni Wenus 409
Na Ziemi roi się od skał pochodzenia marsjańskiego 409
Pluton został odkryty na podstawie założeń błędnej teorii 409
Plamy na Słońcu nie są ciemne 410
Gwiazda, którą obserwujesz, być może już nie istnieje 410
Jedna supernowa lub kwazar mogą być widoczne w różnych miejscach 410

ROZDZIAŁ 18: **Dziesięć najbardziej rozpowszechnionych fałszywych wyobrażeń na temat astronomii i kosmosu 411**

„Światło tej gwiazdy potrzebuje tysiąca lat świetlnych, aby dotrzeć do Ziemi" 412
W kosmosie nie ma grawitacji 412
Lato nadchodzi, gdy Ziemia maksymalnie zbliży się do Słońca 412
Ciemna strona Księżyca jest ciemna 413
Czy Gwiazda Poranna to gwiazda? 413
Pas planetoid jest zatłoczony 413
Wysadzenie ładunkiem nuklearnym planetoidy znajdującej się na kursie kolizyjnym z Ziemią uratuje naszą planetę 414
Słońce jest niczym niewyróżniającą się gwiazdą 414
Teleskop Hubble'a przemierza wszechświat i fotografuje obiekty z bliska 415
„Teoria Wielkiego Wybuchu legła w gruzach" 415

CZĘŚĆ 6: DODATKI 417

DODATEK A: **Mapy nieba 419**

DODATEK B: **Słowniczek 427**

Ściąga 435

Kup książkę Poleć książkę

W TYM ROZDZIALE:

- Egzoplanety i ich właściwości
- Równanie Drake'a i projekt SETI
- Planety pozasłoneczne

Rozdział 14

Czy ktoś tam jest? Pozasłoneczne układy planetarne

Wszechświat jest jednocześnie przeraźliwie pusty i niezwykle zróżnicowany. Czy jednak dzielimy to bezkresne, rozgwieżdżone królestwo z innymi istotami rozumnymi? Każdy miłośnik *Star Treka* lub bywalec lokalnego multipleksu, w którym wyświetlane są filmy z Hollywood, odpowie bez wahania, że kosmos aż roi się od Obcych, z których wielu mówi w naszym języku lub przesyła myśli bezpośrednio do naszych mózgów.

Gdzie są ci kosmici, jeśli naprawdę istnieją? Większość filmów science fiction umieszcza ich na planetach krążących wokół odległych gwiazd. Wielu naukowców zgadza się, że to rozsądna możliwość. Astronomowie nazywają te światy *egzoplanetami*, a pierwsze z nich odkryto w latach 90. XX wieku.

W tym rozdziale opisujemy, jak astronomowie znajdują egzoplanety, i przedstawiamy kilka godnych uwagi przykładów. Niektóre z nich są bardziej prawdopodobnym miejscem występowania prymitywnego, a nawet zaawansowanego życia. Być może są to inteligentne istoty próbujące komunikować się z mieszkańcami innych planet, takimi jak my. Astronomowie nasłuchują

Kup książkę Poleć książkę

i wypatrują sygnałów od obcych cywilizacji w ramach programów określanych akronimem SETI (ang. *Search for Extraterrestrial Intelligence* — poszukiwanie pozaziemskiej inteligencji), a także szukają innych dowodów na istnienie życia na egzoplanetach. Założenia tych badań objaśniamy w dalszych częściach tego rozdziału, poświęconych SETI i astrobiologii (nauce o życiu w kosmosie lub w ekstremalnych środowiskach).

Odkrywanie obcych światów

Jeszcze do niedawna astronomowie nie wiedzieli, czy jakiekolwiek egzoplanety w ogóle istnieją, ale od lat 90. XX wieku odkryli ich już bardzo wiele. Liczba znanych egzoplanet znacznie przewyższa osiem planet Układu Słonecznego. Według ostatnich danych astronomowie potwierdzili istnienie około 8000 egzoplanet, a tysiące kolejnych kandydatek czeka na weryfikację. Wiadomo, że niektóre gwiazdy mają dwie, trzy, a nawet więcej planet, tworząc *układy planetarne* podobne do naszego, ze słońcem w centrum. Aktualną liczbę egzoplanet i najnowsze odkrycia można śledzić w encyklopedii planet pozasłonecznych pod adresem *exoplanet.eu*.

W tym podrozdziale wyjaśniamy, jak zmieniało się myślenie o egzoplanetach na przestrzeni lat oraz w jaki sposób astronomowie poszukują tych odległych światów. Przedstawiamy główne typy egzoplanet, z których część nie ma odpowiedników w Układzie Słonecznym. Podsumowujemy też najważniejsze wnioski płynące z dotychczasowych badań tych planet.

Zmieniające się poglądy na egzoplanety

Przez wieki naukowcy i uczeni zastanawiali się, czy wokół innych gwiazd krążą planety. Ponieważ aż do lat 90. XX wieku nie było przekonujących dowodów na ich istnienie, niewielu w nie wierzyło. Jednym z najbardziej znanych zwolenników tej idei był Giordano Bruno, włoski filozof renesansowy. Twierdził on, że gwiazdy na niebie są podobne do naszego Słońca, na długo zanim zostało to potwierdzone eksperymentalnie. Wysunął teorię, że wokół innych gwiazd również krążą podobne do Ziemi, zamieszkałe planety. To były tylko niektóre z jego niepopularnych poglądów (zaprzeczał też podstawowym naukom Kościoła katolickiego i był znany jako mag). Bruno został skazany i spalony na stosie w 1600 roku.

Jeszcze długo po czasach Bruna — właściwie przez znaczną część XX wieku — astronomowie wątpili, czy egzoplanety w ogóle istnieją. Sądzono wówczas, że planety Układu Słonecznego powstały w wyniku bliskiego przejścia innej gwiazdy obok Słońca. Według tej hipotezy siły pływowe miały wyrwać ze Słońca strumienie gazu, z których później utworzyły się planety. Problem polegał jednak na tym, że tak bliskie spotkania gwiazd zdarzają się niezwykle

Kup książkę Poleć książkę

rzadko — gwiazdy są przecież oddalone od siebie o całe lata świetlne. A skoro takie zderzenia czy bliskie spotkania prawie nigdy nie zachodzą, to egzoplanet również powinno być niewiele albo nie powinno być ich wcale.

Poglądy astronomów na możliwość istnienia egzoplanet zmieniły się w latach 90., kiedy Kosmiczny Teleskop Hubble'a i inne instrumenty ujawniły, że wiele nowo narodzonych gwiazd (młodych obiektów gwiazdowych, które opisujemy w rozdziale 11.) jest otoczonych obłokami gazu i pyłu w kształcie dysku. Warunki w tych obłokach sprzyjają powstawaniu planet. Innymi słowy, narodziny planet są skutkiem ubocznym powszechnego procesu formowania się gwiazd, a nie rzadkich kolizji. Astronomowie musieli jednak najpierw odkryć jakieś egzoplanety i sprawdzić, czy rzeczywiście są tak powszechne, jak sugerowała ta teoria.

CZYM JEST GWIAZDA TABBY?

Gwiazda Tabby, oficjalnie nazywana KIC 8462852, została zauważona jako interesujący obiekt przez obywatelskich naukowców pracujących przy projekcie Planet Hunters (w dalszej części tego rozdziału zachęcamy do udziału w tym przedsięwzięciu). Chociaż nieregularne zmiany jasności gwiazdy nie sugerowały obecności planety, wskazywały, że coś krąży wokół gwiazdy i przyćmiewa jej światło obserwowane przez sondę Kepler NASA. Gwiazda wydawała się tracić jasność, potem znów ją odzyskiwać i znów tracić bez wyraźnego wzorca, a także powoli bladła w ogólnym rozrachunku. Głębokość spadków jasności różniła się w zależności od koloru światła mierzonego przez astronomów. Na przykład światło niebieskie przygasało bardziej niż czerwone. Astronomowie doszli do wniosku, że za przyciemnienie w przeważającej mierze odpowiadają drobne cząsteczki pyłu. Jednak te drobne cząsteczki muszą być szybko zdmuchiwane przez światło Gwiazdy Tabby, podobnie jak pył w ogonach komet jest zdmuchiwany przez światło słoneczne (co opisujemy w rozdziale 4.).

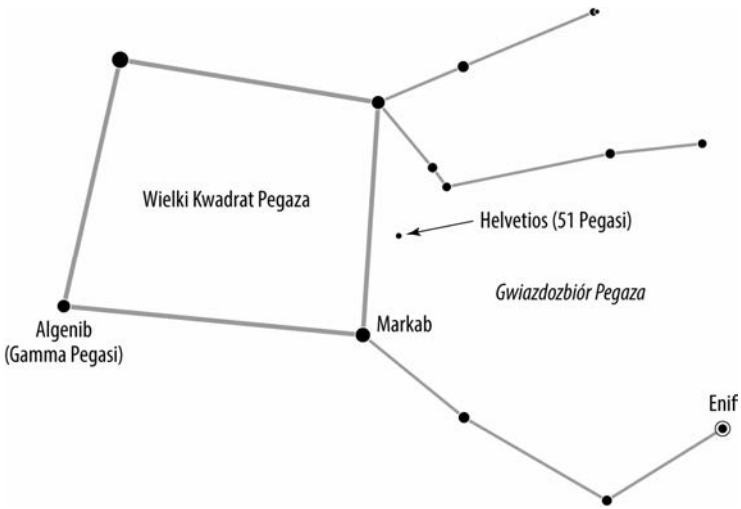
Duże obiekty, takie jak planety, planetoidy czy „obce megastruktury" (jedna z fantazyjnych hipotez, która została wykluczona), nie mogą powodować przyciemnień, ponieważ przygaszałyby poszczególne kolory w tym samym stopniu. Pył musi się łuszczyć lub odrywać od niewykrytych obiektów krążących po orbicie, takich jak komety, planetoidy lub, według jednej z teorii, egzoksiężyc niewykrytej (i prawdopodobnie zniszczonej bądź zbiegłej) egzoplanety. Gwiazda Tabby została nazwana na cześć profesor Tabethy Boyajian z Uniwersytetu Stanowego Luizjany w Baton Rouge, która kierowała pierwszym szczegółowym badaniem tego obiektu.

Przez lata kilku astronomów twierdziło, że odkryło egzoplanety. Jednak doniesienia te zostały obalone lub nie można było ich potwierdzić. Sukces przyszedł wreszcie w 1992 roku, gdy radioastronomowie (Polak Aleksander Wolszczan i Kanadyjczyk Dale A. Frail) wykryli dwie planety krążące wokół pulsara (dwa lata później odkryli trzecią planetę; pulsary opisujemy w rozdziale 11.) Następnie, w 1995 roku, szwajcarscy badacze odkryli pierwszą egzoplanetę krążącą wokół gwiazdy głównego ciągu. Do poszukiwań dołączyło

Kup książkę Poleć książkę

wielu innych astronomów, którzy dysponowali nowszymi i potężniejszymi instrumentami. Satelita NASA Kepler, wystrzelony w 2009 roku, odkrył ponad 2600 egzoplanet, a ekspert z projektu Kepler oszacował, że w naszej galaktyce może znajdować się 100 miliardów planet. Liczba potwierdzonych egzoplanet przekracza obecnie 8000, a astronomowie spodziewają się wykryć znacznie więcej.

Profesorowie Michel Mayor i Didier Queloz z Uniwersytetu Genewskiego zostali uhonorowani Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki w 2019 roku za odkrycie pierwszej egzoplanety krążącej wokół gwiazdy typu słonecznego. Tą gwiazdą jest 51 Pegasi, której w 2015 roku nadano oficjalną nazwę Helvetios. Krążąca wokół niej planeta, znana wcześniej jako 51 Pegasi b, otrzymała w wyniku publicznego głosowania nazwę Dimidium. Sama gwiazda Helvetios jest widoczna z Ziemi gołym okiem (przy bardzo dobrych warunkach), a do jej odnalezienia na niebie może posłużyć rysunek 14.1.



© John Wiley & Sons Inc.

RYSUNEK 14.1. *Znajdź Wielki Kwadrat w gwiazdozbiorze Pegaza (zobacz mapy nieba w dodatku A), a następnie spójrz tuż obok niego przez lornetkę, aby dostrzec 51 Pegasi — pierwszą zwykłą gwiazdę, przy której odkryto krążącą egzoplanetę*

Odkrywanie egzoplanet

Egzoplanety są znacznie ciemniejsze od gwiazd, wokół których krążą, więc planeta niemal zawsze ginie w blasku swojej gwiazdy. Dlatego astronomowie rzadko szukają planet bezpośrednio. Zamiast nich poszukują charakterystycznych efektów w wyglądzie gwiazd, które zdradzają obecność ukrytych planet.

Kup książkę Poleć książkę

Oto najważniejsze wskazówki świadczące o istnieniu egzoplanety:

- **Powtarzające się chybotanie gwiazdy**. Gdy astronomowie odkrywają gwiazdę kołyszącą się w tę i z powrotem w regularnych odstępach czasu, wnioskują, że ma ona małą towarzyszkę. Grawitacja sprawia, że niewidoczna towarzyszka i widoczna gwiazda krążą po orbitach wokół wspólnego środka masy, podobnie jak dwa składniki gwiazdy podwójnej (zobacz rozdział 11.). Jeśli jednak towarzyszki nie widać, może być znacznie mniejsza i ciemniejsza od gwiazdy — jest więc planetą. Astronomowie odkryli wiele takich chyboczących się gwiazd, obserwując zmiany ich widm w czasie. *Efekt Dopplera* (który również wyjaśniamy w rozdziale 11.) ujawnia ruchy w jedną stronę i z powrotem. Metodę tę wykorzystano przy odkryciu 51 Pegasi b (Dimidium), za które przyznano Nagrodę Nobla.

  Automated Planet Finder w Obserwatorium Licka (które opisujemy w punkcie „Przeczesujemy kosmos — inne projekty w ramach SETI" w dalszej części tego rozdziału) wykorzystuje efekt Dopplera (który naukowcy nazywają również *metodą prędkości radialnej*). Jest tak czuły, że potrafi zmierzyć prędkość drgań gwiazdy równą tempu spacerującego człowieka. Przy danej odległości od konkretnej gwiazdy im mniejsza (mniej masywna) planeta, tym mniejsze kołysanie gwiazdy wywołuje jej grawitacja. Zatem im mniejsze ruchy gwiazdy można zmierzyć, tym mniejsze planety można wykryć, przy założeniu, że pozostałe parametry pozostają bez zmian.

- **Okresowe osłabienie jasności gwiazdy**. Gdy obserwatorzy wykonują precyzyjne pomiary jasności gwiazdy i wykrywają okresowe, bardzo niewielkie przyciemnienia, może to oznaczać, że wokół gwiazdy krąży planeta, która przecina linię obserwacji gwiazdy, przechodząc przez jej tarczę. Zjawisko to nazywamy *tranzytem*. Planeta blokuje wtedy niewielką część światła gwiazdy. To, jaka część światła gwiazdy zostaje przesłonięta podczas tranzytu, pozwala astronomom określić wielkość planety w stosunku do jej macierzystej gwiazdy (im większa planeta, tym większy spadek jasności). Odstęp między dwoma tranzytami to czas potrzebny planecie na jedno okrążenie gwiazdy: „rok" planety. Egzoplanety tą metodą odkrywały teleskop Kepler oraz francuski satelita CoRoT. Wybrane odkrycia z tych misji zestawiliśmy chronologicznie w tabeli 14.1.

  SPECULOOS (Search for habitable Planets EClipsing ULtra-cOOl Stars, czyli poszukiwanie tranzytujących planet w ekosferach ultrachłodnych gwiazd), projekt prowadzony przez Uniwersytet w Liège w Belgii, wykorzystuje cztery 1-metrowe teleskopy robotyczne w Obserwatorium Paranal w Chile (zobacz rysunek 14.2) do poszukiwania planet podobnych do Ziemi wokół czerwonych karłów metodą tranzytową. CHEOPS (CHaracterising

Kup książkę Poleć książkę

ExOPlanet Satellite, czyli satelita do badania właściwości planet pozasłonecznych), opracowany przez Europejską Agencję Kosmiczną i Szwajcarię, bada wcześniej wykryte egzoplanety, dokonując bardzo precyzyjnych pomiarów tranzytowych, aby dowiedzieć się o nich więcej. Odkrył, że WASP-103b, krążąca wokół swojej gwiazdy po ciasnej orbicie (rok trwa na niej tylko 22 godziny!), ma kształt piłki do rugby.

TABELA 14.1. *Wybrane godne uwagi egzoplanety*

Planeta	Masa	Rozmiar	Rok	Odległość od Ziemi	Opis
PSR 1719-14 b	1 M_J	0,4 D_J	2,2 godziny	3900 lat świetlnych	Planeta krążąca wokół pulsara, planeta diamentowa
Kepler-138b	0,07 M_E	0,5 D_E	10 dni	218 lat świetlnych	Egzo-Mars
Kepler-20b	9,7 M_E	1,9 D_E	3,7 dnia	922 lata świetlne	Bardzo masywna super-Ziemia
Gliese 1214b	6,6 M_E	2,7 D_E	1,6 dnia	48 lat świetlnych	Mini-Neptun, świat wodny
55 Cancri e	8 M_E	1,9 D_E	18 godzin	41 lat świetlnych	Super-Ziemia z oceanem lawy
J 1407b	20 M_J	?	10 lat	434 lata świetlne	Masywny Jowisz z ogromnymi pierścieniami
CoRoT-9b	0,8 M_J	1 D_J	95 dni	1500 lat świetlnych	Typowy Jowisz
Cha 110913-773444	8 M_J	1,8 D_J	Nie dotyczy	529 lat świetlnych	Planeta swobodna
Kepler-16b	0,3 M_J	0,8 D_J	229 dni	245 lat świetlnych	Planeta typu Tatooine, krążąca wokół dwóch chłodnych gwiazd karłowatych
WASP-17b	0,5 M_J	2 D_J	3,7 dnia	1000 lat świetlnych	Planeta o obrocie wstecznym, gorący Jowisz
Gliese 436b	21 M_E	4,3 D_E	2,6 dnia	32 lata świetlne	Gorący Neptun z gigantycznym ogonem gazowym
TRAPPIST-1 f	0,7 M_E	1 D_E	9,2 dnia	39 lat świetlnych	Egzo-Ziemia w ekosferze, mimo to zbyt gorąca, by utrzymać wodę w stanie ciekłym

Kup książkę Poleć książkę



© *ESO/P. Horálek*

RYSUNEK 14.2. *Teleskopy wchodzące w skład obserwatorium SPECULOOS, poszukując egzoplanet, wpatrują się w oszałamiająco piękne nocne niebo nad pustynią Atacama w Chile*

- **Nagły wzrost jasności gwiazdy, któremu towarzyszy drugi, krótkotrwały rozbłysk, pojawiający się tuż przed nim albo zaraz po nim.** Niektórzy astronomowie korzystają z teleskopów monitorujących jednocześnie tysiące gwiazd. Wypatrują sytuacji, w których jedna z nich wyraźnie jaśnieje, a następnie w ciągu kilku tygodni stopniowo wraca do swojej zwykłej jasności. W tym samym okresie może wystąpić jeszcze jeden, znacznie krótszy wzrost jasności, trwający od kilku godzin do kilku dni. Rozjaśnienia te są wynikiem mikrosoczewkowania grawitacyjnego (które wyjaśniamy w rozdziale 11.). Grawitacja słabej gwiazdy znajdującej się na pierwszym planie wzmacnia światło bardziej odległej gwiazdy, przez co ta wydaje się przez pewien czas jaśniejsza. Jeśli pojawia się drugi, krótszy rozbłysk, odpowiada za niego planeta krążąca wokół tej bliższej gwiazdy.

  Eksperyment Soczewkowania Grawitacyjnego (Optical Gravitational Lensing Experiment, OGLE) odkrył wiele egzoplanet techniką mikrosoczewkowania i metodą tranzytową. Prowadzony przez polskich naukowców z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego wykorzystuje 51-calowy teleskop w Obserwatorium Las Campanas w Chile. Jednak jego pierwotnym celem było badanie ciemnej materii (którą omawiamy w rozdziale 15.). OGLE był nieaktywny przez ponad dwa lata z powodu COVID-19, ale w sierpniu 2022 roku wznowił działalność.

Kup książkę Poleć książkę

W tabeli 14.1 masa planety podana jest w jednostkach masy Ziemi (M_E) lub masy Jowisza (M_J). Rozmiar wyrażono w średnicach Ziemi lub Jowisza (D_E lub D_J). Znak „?" oznacza, że dana wielkość jest nieznana. Długość „roku" planety, czyli czas potrzebny na jedno okrążenie gwiazdy, podano w dniach ziemskich, godzinach ziemskich lub latach ziemskich. O niektórych terminach z kolumny „Opis" (takich jak „egzo-Ziemia" czy „planeta swobodna") można przeczytać w następnym punkcie.

Zdecydowana większość egzoplanet jest odkrywana metodami tranzytu, zmian prędkości radialnych i mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Jednak niewielką liczbę nietypowych egzoplanet pozwoliły znaleźć dwie inne metody:

- **Obrazowanie bezpośrednie**. Czasami astronomom udaje się dostrzec egzoplanety, które *nie* giną w blasku swoich gwiazd. Planety te widoczne są jako maleńkie punkty obok gwiazd na zdjęciach wykonanych przez teleskopy. Zdjęcia wykonywane w pewnych odstępach czasu pokazują, czy takie „punkty" przemieszczają się po niebie razem z gwiazdą. Jeśli tak, potwierdza to, że są to krążące wokół niej planety, a nie obiekty tła o nikłym świetle. Gemini Planet Imager (GPI) — zaawansowana kamera i spektrograf współpracujące z 8,1-metrowym teleskopem Gemini South na szczycie Cerro Pachón w Chile — pracuje w podczerwieni. Młode egzoplanety klasy Jowisza wciąż zachowują ciepło z okresu formowania i świecą w podczerwieni. W 2015 roku za pomocą GPI odkryto taką planetę — 51 Eridani b. GPI jest obecnie modernizowany w celu poprawy wydajności. Ostatecznie zostanie przeniesiony na Mauna Kea na Hawajach i zainstalowany przy teleskopie Gemini North.

  Nad udoskonalaniem metod bezpośredniego obrazowania egzoplanet trwają dalsze prace. Europejskie Obserwatorium Południowe rozwija instrument ERIS (Enhanced Resolution Imager and Spectrograph), który został zainstalowany na teleskopie UT4 (Yepun), należącym do Bardzo Dużego Teleskopu (VLT) w Obserwatorium Paranal w Chile. ERIS wyposażono między innymi w kamerę działającą w podczerwieni, która może pracować w trybie koronografu i fotografować słabo widoczne egzoplanety. Koronograf przesłania światło gwiazdy, dzięki czemu łatwiej dostrzec znajdujące się w jej pobliżu obiekty, które inaczej ginęłyby w jej silnym blasku. Na stronie „Zdjęcie tygodnia" Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) możesz oglądać często wręcz spektakularne fotografie wykonane w jego obserwatoriach położonych na odległych górskich szczytach. Zajrzyj na *www.eso.org/public/images/potw/* i podziwiaj te wspaniałe widoki.

  Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba udowodnił swoje możliwości obrazowania planet w 2022 roku, wykonując zdjęcie w podczerwieni znanej już dużej planety typu Jowisza — HIP 65426 b, znajdującej się

Kup książkę Poleć książkę

w ogromnej odległości około 90 AU od swojego słońca (nasz Jowisz znajduje się zaledwie 5,2 AU od Słońca; jednostkę astronomiczną AU definiujemy w rozdziale 1.).

- **Obserwacja pulsarów**. Radioastronomowie mierzą momenty docierania impulsów fal radiowych emitowanych przez pulsary (rodzaj martwych gwiazd opisanych w rozdziale 11.). Impulsy te pojawiają się w niezwykle regularnych odstępach czasu. W kilku przypadkach odkryto jednak, że rytm impulsów nie jest idealnie stały: przez pewien czas sygnały docierają wcześniej, niż przewidują obliczenia, po czym zaczynają się pojawiać z niewielkim opóźnieniem. Cykl ten regularnie się powtarza. Taki cyklicznie powtarzający się wzorzec wskazuje, że pulsar porusza się po niewielkiej orbicie pod wpływem grawitacji planety. Gdy znajduje się po stronie orbity bliższej Ziemi, impulsy docierają wcześniej, ponieważ mają do przebycia odrobinę krótszą drogę. Kiedy natomiast pulsar znajduje się po dalszej stronie orbity, sygnały przychodzą później, ponieważ muszą pokonać większą odległość. Większość egzoplanet powstała razem ze swoimi gwiazdami, ale planety krążące wokół pulsarów prawdopodobnie uformowały się już po śmierci gwiazd w wybuchach supernowych. Takie układy planetarne są niezwykle rzadkie, jednak to właśnie planety pulsarowe były pierwszymi planetami odkrytymi poza Układem Słonecznym.

Spotkanie z (egzo)planetami

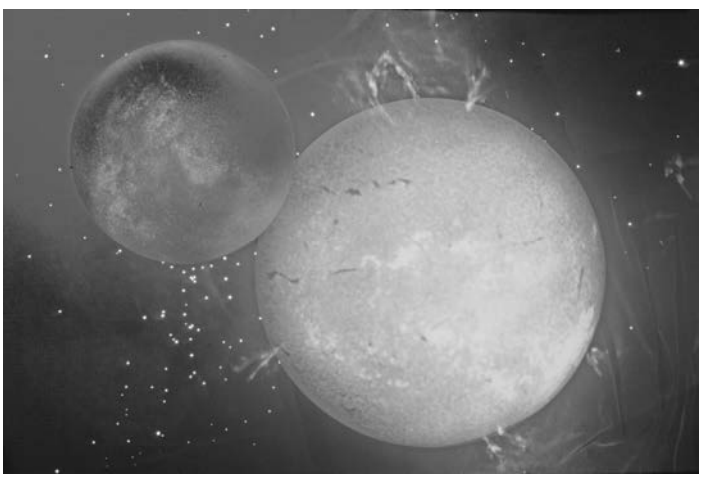
Astronomowie prawdopodobnie nie odkryli jeszcze wszystkich rodzajów egzoplanet, ponieważ niektóre są zbyt małe lub zbyt unikalne, by można je było wykryć przy obecnych możliwościach obserwacyjnych. Nasza wiedza o egzoplanetach jest więc najpewniej niepełna. Mimo to badacze zidentyfikowali już wiele interesujących typów, z których większość nie przypomina żadnej planety w Układzie Słonecznym.

Oto przegląd głównych znanych typów egzoplanet:

- **Planeta w stadium formowania** to obiekt, który prawdopodobnie jest planetą w trakcie powstawania, zazwyczaj znajdującą się w dysku protoplanetarnym (więcej o dyskach protoplanetarnych piszemy w rozdziale 11.).
- **Planeta węglowa (diamentowa)** to skalisty świat zawierający znacznie więcej węgla oraz dużo mniej skał krzemianowych i wody (jeśli w ogóle) niż Ziemia. Jej warstwa powierzchniowa może składać się głównie z grafitu (jak ten w ołówku), a pod powierzchnią planety węgiel tworzy warstwę diamentu (stąd jej określenie *planeta diamentowa*).

Kup książkę Poleć książkę

- **Egzo-Ziemia (lub po prostu Ziemia)** to skalista planeta o rozmiarze i masie zbliżonych do Ziemi, nazywana też *planetą typu ziemskiego*.
- **Super-Ziemia lub mini-Neptun** to egzoplaneta większa i masywniejsza od egzo-Ziemi, ale mniejsza od Neptuna (zobacz rozdział 9.). Planety te mają masę od 2 do 10 mas Ziemi. Gęste, skaliste to super-Ziemie, a gazowe, lodowe to mini-Neptuny. Jeśli astronomowie znają masę takiej planety, ale nie jej rozmiar i gęstość, nie zawsze potrafią określić, z którym typem mają do czynienia. Może to być nawet duża planeta węglowa lub świat wodny (opisany dalej na tej liście).
- **Planeta znajdująca się w ekosferze** to egzo-Ziemia lub skalista super-Ziemia z warunkami powierzchniowymi odpowiednimi do istnienia ciekłej wody. Powinna znajdować się w *ekosferze*, czyli w zakresie odległości od gwiazdy, w którym woda na powierzchni ani nie zamarza na stałe, ani nie wyparowuje. Niektóre skaliste egzoplanety z gęstymi atmosferami mogą znajdować się w ekosferze, jednak nie są zaliczane do tej kategorii, ponieważ ich atmosfery zatrzymują tak dużo ciepła, że temperatura powierzchni znacznie przekracza punkt wrzenia (dobrym przykładem takiej planety jest TRAPPIST-1, wymieniona w tabeli 14.1, a także Wenus, którą opisujemy w rozdziale 6.).
- **Gorący Jowisz** to gazowy olbrzym podobny do Jowisza (zobacz rozdział 8.), znajdujący się bardzo blisko swojej gwiazdy. Wiele gorących Jowiszów znajduje się bliżej swoich gwiazd niż Merkury Słońca. Rysunek 14.3 przedstawia wizję artystyczną gorącego Jowisza.



Dzięki uprzejmości Setha Shostaka (SETI Institute)

RYSUNEK 14.3. *Wizja artystyczna gorącego Jowisza krążącego wokół gwiazdy Helvetios (51 Pegasi)*

Kup książkę Poleć książkę

- **Jowisz** to gazowy olbrzym krążący daleko od swojej gwiazdy, a więc ogrzewany w znacznie mniejszym stopniu niż gorący Jowisz. Taka planeta może być dużo cieplejsza od naszego Jowisza, jeśli jest młodsza i nie zdążyła jeszcze wystarczająco się ochłodzić. Często tego typu planety nazywa się „pospolitymi Jowiszami", choć dotąd astronomowie odkryli ich znacznie mniej niż gorących Jowiszów.
- **Planeta swobodna (międzygwiazdowa)** to egzoplaneta, która nie krąży wokół żadnej gwiazdy. Mogła zostać wyrzucona z orbity wokół gwiazdy lub powstać samodzielnie z międzygwiazdowego obłoku gazu i pyłu, podobnie jak rodzą się gwiazdy. Ten drugi rodzaj astronomowie nazywają „brązowym podkarłem" (brązowe karły opisujemy w rozdziale 11.).
- **Planeta typu Tatooine** to egzoplaneta krążąca wokół gwiazdy podwójnej, a więc mająca dwa słońca. Nazwa pochodzi od fikcyjnej planety Tatooine z pustynnym krajobrazem i dwoma słońcami, z której pochodził Luke Skywalker z serii *Gwiezdne wojny*.
- **Planeta typu Wenus, rozgrzewana pływowo** to egzo-Ziemia, która mimo położenia w ekosferze swojej gwiazdy jest (podobnie jak nasza Wenus) zbyt gorąca, by mogła na niej istnieć woda w stanie ciekłym. Wenus Układu Słonecznego jest planetą gorącą z powodu zatrzymywania energii słonecznej pod gęstą atmosferą. Na Wenus rozgrzewaną pływowo natomiast działają wywierane przez jej słońce potężne siły pływowe, które powodują tarcie w skalistym wnętrzu.
- **Świat wodny (zwany też *planetą oceaniczną*)** to super-Ziemia zbudowana w znacznej części z wody. Dla porównania: nasza Ziemia składa się głównie ze skał i żelaza i ma oceany na powierzchni. Świat wodny może być co najmniej w połowie zbudowany z wody, tak że trudno o miejsce, gdzie można by zacumować łódź.
- **Planeta o ruchu wstecznym (retrogradalnym)** to egzoplaneta krążąca wokół swojego słońca w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu gwiazdy. W Układzie Słonecznym wszystkie osiem planet (i Pluton również) porusza się po orbitach *prograd*alnych. Innymi słowy, krążą w tym samym kierunku, w którym obraca się Słońce, czyli przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, patrząc z wyimaginowanego punktu wysoko nad biegunem północnym Słońca. Planeta retrogradalna przypomina słynnego lotnika Douglasa „Wrong Way" Corrigana, który w 1938 roku poleciał na wschód z Nowego Jorku do Irlandii, choć miał lecieć na zachód do Long Beach w Kalifornii.

Kup książkę Poleć książkę

Typowe przykłady różnych typów egzoplanet przedstawiamy w tabeli 14.1. Wiele znanych egzoplanet należy do większych układów, jak TRAPPIST-1 ze swoimi siedmioma znanymi towarzyszkami orbitalnymi.

Astronomowie zaczynają poznawać egzoplanety znacznie lepiej niż tylko pod względem podstawowych właściwości wymienionych w tabeli 14.1:

- Uzyskują widma niektórych egzoplanet podczas ich tranzytu na tle tarczy gwiazdy macierzystej. Widma te pokazują obecność atomów lub cząsteczek w atmosferach planetarnych. Na przykład Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba odkrył wyraźne ślady dwutlenku węgla w atmosferze gorącego Jowisza WASP-39b w gwiazdozbiorze Panny. Trzy wcześniejsze teleskopy kosmiczne wykryły parę wodną na K2-18b, super-Ziemi lub mini-Neptunie w gwiazdozbiorze Lwa. Wystrzelony w przestrzeń kosmiczną na początku 2026 roku satelita NASA Pandora ma na celu prowadzenie bardziej szczegółowych obserwacji tranzytów egzoplanet, aby określić rodzaj atmosfery i sprawdzić, czy planeta może być pokryta chmurami lub mgłą.
- Mają nadzieję wykryć impulsy fal radiowych z magnetosfer gorących Jowiszów za pomocą radioteleskopów takich jak NenuFAR we Francji. Dostarczyłoby to informacji o polach magnetycznych egzoplanet i ich środowisku plazmowym (zjonizowanego gazu).
- Poszukują dowodów na istnienie egzoksiężyców (księżyców krążących wokół egzoplanet) oraz badanie śladów egzokomet orbitujących wokół gwiazd.

Astronomowie w Chinach proponują misję Earth 2.0 — satelitę wyposażonego w siedem teleskopów, który będzie obserwował gwiazdy podobne do Słońca w poszukiwaniu dowodów na istnienie egzo-Ziem, czyli planet bardzo podobnych do naszej pod względem budowy, warunków fizycznych i odległości od gwiazdy macierzystej.

Gorączka Proximy — czerwone karły w centrum uwagi

Ogłoszenie w 2016 roku odkrycia egzoplanety krążącej wokół czerwonego karła Proxima Centauri wywołało entuzjazm wśród astronomów i miłośników kosmosu. Oto dlaczego:

- Proxima Centauri (lub Proxima Cen, czasem po prostu Proxima) to gwiazda najbliższa Układowi Słonecznemu, oddalona od Ziemi zaledwie o 4,24 roku świetlnego.
- Planeta, nazwana Proxima b, jest prawdopodobnie podobna do Ziemi, a jej masa może być tylko o 30% większa od masy naszej planety.

Kup książkę Poleć książkę

- Proxima b znajduje się w ekosferze gwiazdy, czyli w strefie zamieszkiwalnej — obszarze w takiej odległości od Proximy Cen, gdzie woda może występować w stanie ciekłym na powierzchni skalistej planety.

Innymi słowy, Proxima b może być planetą podobną do Ziemi, z warunkami sprzyjającymi życiu. Jednak taki wniosek nie jest przesądzony z następujących powodów:

- Chociaż Proxima b znajduje się w ekosferze, jej odległość od gwiazdy wynosi zaledwie 5% odległości Ziemi od Słońca (150 milionów kilometrów). Okres orbitalny, czyli „rok", trwa tylko 11,2 ziemskiego dnia, a planeta najprawdopodobniej jest zwrócona jedną stroną zawsze do swojej gwiazdy, podczas gdy druga strona jest pogrążona w wiecznym mroku (podobnie jak Księżyc, który jedną stroną zawsze zwrócony jest ku Ziemi, a drugą w kierunku przestrzeni, o czym piszemy w rozdziale 5.).
- Proxima Centauri jest gwiazdą rozbłyskową (zobacz rozdział 11.) i wykazuje aktywność w postaci plam gwiazdowych oraz innych zjawisk w 7-letnim cyklu magnetycznym, przypominającym 22-letni cykl magnetyczny Słońca z jego aktywnością słoneczną, plamami i innymi zjawiskami (zobacz rozdział 10.).
- Obliczenia sugerują, że Proxima Centauri wyzwala wiatr gwiazdowy podobny do wiatru słonecznego, ale znacznie silniejszy (ponownie zajrzyj do rozdziału 10.).
- Jeśli masa Proximy b okaże się nieco większa niż 1,3 masy Ziemi, może to nie być planeta skalista, lecz gazowa — jak mniejsza wersja Neptuna (wszystko o Neptunie znajdziesz w rozdziale 9.).

Te cztery stwierdzenia prowadzą do wniosku, że Proxima b może być jednym z następujących typów planet:

- Łagodna, gościnna planeta z temperaturami w okolicach 26 – 32°C i dużą ilością wody niezbędnej do powstania życia (gdyby miało się pojawić), z przyjazną atmosferą chroniącą powierzchnię przed znaczną częścią niebezpiecznego promieniowania ultrafioletowego i rentgenowskiego emitowanego podczas rozbłysków Proximy Centauri oraz z silnym polem magnetycznym wytwarzającym magnetosferę. Atmosfera rozprowadzałaby też ciepło za pomocą wiatrów z półkuli zwróconej ku gwieździe na drugą stronę, która w przeciwnym razie byłaby bardzo zimna. Magnetosfera chroniłaby planetę przed potężnym wiatrem gwiazdowym, który mógłby zdmuchnąć atmosferę i zacząć bombardować powierzchnię niebezpiecznym promieniowaniem (o tym, jak magnetosfera Ziemi nas chroni, piszemy w rozdziale 5.).

Kup książkę Poleć książkę

- Zimny, skalisty świat bez ciekłej wody na powierzchni i prawie bez atmosfery, jak Mars (zobacz rozdział 6.).
- Skalisty, piekielnie gorący świat z gęstą atmosferą i silnym efektem cieplarnianym, jak Wenus (zobacz rozdział 6.).
- Gazowy świat przypominający mini-Neptuna (w Układzie Słonecznym takiej planety nie mamy, jednak w Drodze Mlecznej mini-Neptuny występują powszechnie).

Dopiero dalsze badania pokażą, która z tych możliwości jest prawdziwa, ale nie będzie to łatwe zadanie. Gdybyśmy mogli obserwować tranzyty Proximy b na tle tarczy Proximy Centauri metodą okresowego osłabienia jasności opisaną wcześniej w tym rozdziale, byłoby wspaniale. Poznalibyśmy wtedy zarówno rozmiar, jak i masę egzoplanety, obliczylibyśmy jej gęstość i dowiedzielibyśmy się, z jakim typem planety mamy do czynienia. Jednak tylko niewielki ułamek wszystkich egzoplanet w galaktyce ma orbity zorientowane tak, że planety przechodzą bezpośrednio przed tarczami swoich gwiazd, jeśli patrzeć z Ziemi. W przypadku gdy tak się nie dzieje, nie możemy obserwować ich tranzytów. Szacuje się, że mamy mniej niż 2% szans na zobaczenie tranzytu Proximy b. Dotychczas żaden astronom nie zaobserwował tranzytu tej egzoplanety.

Jednym ze sposobów na poznanie Proximy b jest wysłanie w jej okolice sondy badawczej. Niestety rakieta typu, do którego mamy dostęp obecnie, potrzebowałaby około 100 000 lat, by dotrzeć do Alfa Centauri, a nikt z nas nie może tyle czekać. Jednak nad znacznie szybszymi metodami podróży międzygwiezdnych prowadzone są poważne badania. Szczegóły znajdziesz w ramce „Wynajdywanie nowych metod podróży międzygwiezdnych".

WYNAJDYWANIE NOWYCH METOD PODRÓŻY MIĘDZYGWIEZDNYCH

Inicjatywa Breakthrough Starshot rozpoczęła prace nad rewolucyjną koncepcją, która mogłaby umożliwić wysłanie sond w okolice Proximy b. Podróż miałaby trwać zaledwie 20 lat (początkowe finansowanie zapewnił miliarder i filantrop Jurij Milner, wspierający także projekt Breakthrough Listen, opisany dalej, w punkcie „Przeczesujemy kosmos — inne projekty w ramach SETI"). Niestety nie da się zabrać w tę podróż autostopowiczów. Każda z takich miniaturowych sond miałaby postać zaawansowanego układu elektronicznego o rozmiarach mniejszych niż cal — przypominającego chip ze smartfona, ale znacznie bardziej zaawansowanego. Urządzenie mogłoby wykonywać zdjęcia, a być może również przesyłać na Ziemię wyniki pomiarów (lepiej nawet nie myśleć o kosztach roamingu).

Kup książkę Poleć książkę

Rakieta posłużyłaby jedynie do wyniesienia około 1000 sond Starshot („StarChipów") ponad atmosferę Ziemi i ich uwolnienia w przestrzeń kosmiczną. Każdy chip byłby przymocowany do „żagla słonecznego" — arkusza z niewiarygodnie lekkiego i niemal idealnie odbijającego materiału, który wciąż czeka na wynalezienie. Następnie niezwykle potężny system laserów umieszczonych na Ziemi oświetlałby żagle przez około 10 minut. Odbijające się od nich światło laserowe nadawałoby sondom coraz większą prędkość, aż osiągnęłyby około 20% prędkości światła — mniej więcej 60 000 kilometrów na sekundę. Potem mogłyby już z tą niewiarygodną szybkością pędzić przez przestrzeń kosmiczną.

Aby Starshot zadziałał, trzeba dokonać wielu przełomów technologicznych. Jednak do projektu przyłączyły się niektóre z najtęższych umysłów naukowych i inżynieryjnych. Przygotowania do startu potrwają co najmniej 20 lat, kolejne 20 lat zajmie dotarcie do Proximy b, a nieco ponad 4 lata powrót zdjęć i innych danych na Ziemię. Mamy nadzieję, że wszyscy młodsi czytelnicy tej książki będą jeszcze mogli około 2060 roku podziwiać zdjęcia z Proximy. Jeśli Starshot nie odniesie sukcesu do tego czasu (niektórzy uważają, że zanim wszystkie wyzwania techniczne zostaną pokonane i sondy będą mogły wystartować, minie 40 lub nawet 50 lat), mogą przynajmniej wytrzymać jeszcze rok, a ujrzą wtedy na niebie kometę Halleya, która powróci w 2061 roku.

Odkrywanie planet klasy Ziemi w układzie TRAPPIST-1

Inny czerwony karzeł posiadający układ planet również wzbudził ogromne zainteresowanie astronomów. Gwiazda TRAPPIST-1 w gwiazdozbiorze Wodnika nie znajduje się wprawdzie tak blisko Ziemi jak Proxima (41 lat świetlnych wobec 4,24), ale krąży wokół niej co najmniej siedem planet wielkości Ziemi, z których aż cztery mogą mieć ciekłą wodę! Jedną z nich wymieniamy na końcu tabeli 14.1.

Naukowcy prowadzą badania, by ustalić, jak tak zwane modele ogólnej cyrkulacji, wykorzystywane do prognozowania zmian klimatu Ziemi, można zastosować do porównywania prawdopodobnych warunków na egzoplanetach systemu TRAPPIST-1, których atmosfery analizuje Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba. Być może jedna z tych planet przypomina Ziemię, na pewno jednak nie jest to TRAPPIST-1 b — według pomiarów Webba planeta nie ma atmosfery.

Kiedy Frank Drake zapoczątkował współczesny program SETI (który opisujemy w dalszej części tego rozdziału), on i inni eksperci skupiali się na gwiazdach podobnych do Słońca, ponieważ jedynymi znanymi planetami były planety Układu Słonecznego, a jedyne znane życie (inteligentne lub nie) istniało na jednej z nich — Ziemi. Dziś, dzięki odkryciu Proximy b, układu planetarnego TRAPPIST-1 i innych podobnych przykładów, wydaje się już oczywiste, że wokół czerwonych karłów często krążą planety o masie zbliżonej

Kup książkę Poleć książkę

do masy Ziemi, które potencjalnie mogą nadawać się do zamieszkania. Astronomowie poświęcają obecnie bardzo dużo czasu na ich badanie.

Gdyby na dwóch lub więcej planetach TRAPPIST-1 istniały zaawansowane cywilizacje (nie twierdzimy, że to prawdopodobne), mogłyby się właśnie teraz odwiedzać, handlować ze sobą, a nawet prowadzić wojny. Miejmy nadzieję, że nie połączą sił, by zaatakować Ziemię. Ale niczego się nie dowiemy, dopóki się z nami nie skontaktują. Naukowcy z SETI nasłuchują sygnałów z kierunku TRAPPIST-1.

Odkrywanie planet dla zabawy i nauki



Warto regularnie zaglądać do NASA Exoplanet Archive (*exoplanetarchive.ipac.caltech.edu*) oraz Europejskiej Encyklopedii Planet Pozasłonecznych (*exoplanet.eu*), aby być na bieżąco z najnowszymi odkryciami.

Dobrze napisane raporty o niedawno odkrytych egzoplanetach znajdziesz na stronie „Sky & Telescope" poświęconej tym obiektom: *skyandtelescope.org/astronomy-news/exoplanets*. Dobrych stron o egzoplanetach nie ma może aż tylu, ile potwierdzonych egzoplanet, ale i tak i jednych, i drugich jest naprawdę sporo.

Możesz też pomóc astronomom z Uniwersytetu Oksfordzkiego i innych ośrodków w poszukiwaniu egzoplanet w danych z satelity TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) NASA. Wystarczy wejść na stronę *www.zooniverse.org/projects/nora-dot-eisner/planet-hunters-tess*.

Zaawansowani astronomowie amatorzy mogą obserwować gwiazdy podejrzewane o posiadanie planet, a nawet samodzielnie potwierdzić istnienie egzoplanety przy użyciu własnego teleskopu. Zdarza się, że zawodowi astronomowie rejestrują dwa spadki jasności gwiazdy w odstępie kilku dni lub tygodni. Czy taki odstęp odpowiada okresowi orbitalnemu egzoplanety przechodzącej na tle tarczy gwiazdy? Jeśli tak, to po każdej pełnej liczbie kolejnych obiegów planeta powinna ponownie spowodować osłabienie blasku gwiazdy. Problem w tym, że zawodowych astronomów jest zbyt mało, by mogli obserwować przewidywane tranzyty wszystkich potencjalnych egzoplanet. Lukę tę mogą wypełnić odpowiednio wyposażeni amatorzy. Program prowadzony przez SETI Institute i jego partnera, firmę Unistellar (producenta „inteligentnych" teleskopów opisanych w rozdziale 3.), został przedstawiony na stronie *science.unistellaroptics.com*.

Obserwacji egzoplanet poszukuje także ExoClock — projekt związany z przygotowywaną przez Europejską Agencję Kosmiczną misją ARIEL (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey). ARIEL ma badać składy chemiczne tysiąca egzoplanet podczas przejść na tle tarcz ich gwiazd macierzystych. Aby przeprowadzić te obserwacje możliwie najefektywniej,

Kup książkę Poleć książkę

planujący misję muszą dokładnie wiedzieć, kiedy nastąpią tranzyty oraz jak dużą część światła gwiazdy planeta przesłoni. Astronomowie amatorzy dysponujący odpowiednim sprzętem mogą pomóc w tych przygotowaniach, rejestrując tranzyty gwiazd wytypowanych jako cele misji ARIEL jeszcze przed startem sondy planowanym na drugą połowę obecnej dekady. Więcej informacji można znaleźć na stronie www.exoclock.space.

Astrobiologia — jak wygląda życie na innych planetach?

Astrobiologia to nauka zajmująca się badaniem możliwości istnienia życia poza Ziemią. Skoro w galaktyce znajdują się miliardy egzoplanet, przynajmniej na niektórych z nich powinny panować warunki sprzyjające powstaniu i rozwojowi życia. Jak dotąd naukowcy odkryli jedynie niewielki ułamek spośród miliardów planet, a najbliższa z nich znajduje się w odległości wielu lat świetlnych od Ziemi. Nie jesteśmy w stanie uzyskać szczegółowego zdjęcia egzoplanety za pomocą jakiegoś ogromnego teleskopu i wypatrywać na nim stad dinozaurów, ławic wielorybów czy kosmicznych drapaczy chmur.

Obecnie dwa najbardziej obiecujące kierunki badań nad możliwością istnienia życia pozaziemskiego to:

- Badanie *ekstremofilów*, czyli organizmów żyjących w ekstremalnych warunkach środowiskowych na Ziemi — warunkach śmiertelnych dla większości zwykłych form życia, które mogą panować na innych światach.
- Poszukiwanie śladów życia — obecnego lub dawnego — na planetach i księżycach Układu Słonecznego za pomocą sond kosmicznych, lądowników i orbiterów.

Ekstremofile — życie na krawędzi

Większość ekstremofilów to mikroorganizmy, takie jak bakterie, choć również wiele gatunków roślin potrafi przetrwać w temperaturze sięgającej –18°C na Antarktydzie. Jeśli lubisz ekstremalny chłód, jesteś *kriofilem*. Niektóre bakterie świetnie rozwijają się w wodzie tak gorącej, że żadne życie nie miałoby szansy przetrwać. Takie *hipertermofile* żyją w gorących źródłach (jak te słynne w Parku Narodowym Yellowstone), w temperaturach do 93°C, a przy jeszcze wyższych temperaturach — w kominach hydrotermalnych w głębi oceanu, gdzie temperatura wody może przekraczać normalną temperaturę wrzenia, czyli 100°C, ale na dużych głębokościach, pod ogromnym ciśnieniem, nawet tak gorąca woda nie wrze.

Kup książkę Poleć książkę



Niektórzy naukowcy uważają, że życie na Ziemi mogło powstać w pobliżu głębinowych kominów hydrotermalnych, podobnych do tych, które występują we współczesnych oceanach. Najstarsze znane skamieniałości na świecie, których autentyczność potwierdzono w 2017 roku, to maleńkie struktury przypominające te, które tworzą dziś bakterie przy kominach oceanicznych.

Znane nam hipertermofile nie przetrwałyby na Wenus, gdzie temperatura powierzchni wynosi 465°C (zobacz rozdział 6.). Ale gdzieś prawdopodobnie istnieje umiarkowanie gorąca egzoplaneta, która byłaby dla takich organizmów idealna.

Jeśli zajmujesz się ogrodnictwem, zapewne sprawdzasz pH gleby, żeby upewnić się, że nie jest zbyt zasadowa ani kwaśna dla roślin, które chcesz uprawiać. Zbyt wysoka zasadowość (lub kwasowość) może być śmiertelna dla większości żywych istot. Niektóre ekstremofile, zwane *alkalofilami*, uwielbiają jednak ultrazasadowe warunki, a ekstremalnie kwaśne wody stanowią idealne środowisko dla *acidofilów*. Jeśli wrzucisz rybę do Morza Martwego, zginie — stąd zresztą jego nazwa. Dla niektórych bakterii (*halofilów*) ten skrajnie słony akwen jest jednak idealnym środowiskiem do życia.

Niektóre bakterie żyją w maleńkich porach litej skały ponad 5 kilometrów pod ziemią. Te ekstremofile nie czerpią energii ze Słońca, lecz zasilają się energią chemiczną z bezpośredniego otoczenia. Jeden gatunek żyjący głęboko w kopalni czerpie energię nawet z rozpadu promieniotwórczego uranu w skale. *Barofile* natomiast rozwijają się w głębinach oceanicznych, gdzie ciśnienie wody jest tysiąc razy większe niż ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza. Naukowcy odkryli nawet bakterie żyjące w chmurach nad naszymi głowami oraz dziwne jaskiniowe mikroby niepodobne do żadnych znanych bakterii.

Ekstremofile pokazują, jak wytrwałe i zdolne do przystosowania potrafi być życie. Niektóre organizmy mogą przetrwać — a być może także powstawać — w warunkach całkowicie nieprzyjaznych dla człowieka. To, co jest możliwe na Ziemi, może więc zachodzić również na egzoplanetach. A to tylko przy założeniu, że życie poza Ziemią przypomina to, które znamy. Jeśli natomiast istnieją organizmy całkowicie odmienne — na przykład nieoparte na węglu, jak ziemskie formy życia, lecz na innym pierwiastku — wtedy praktycznie wszystko staje się możliwe, a wiele obcych światów może okazać się zamieszkanych.

Poszukiwanie życia w Układzie Słonecznym

Uzyskanie wiarygodnych dowodów na istnienie życia poza Ziemią będzie trudne. Jeśli jednak nie będziemy próbować, nigdy nie poznamy prawdy. Naukowcy poszukują dwóch rodzajów dowodów. Są to:

Kup książkę Poleć książkę

- *Biosygnatury*, czyli substancje lub procesy chemiczne, mineralne lub fizyczne, które są wynikiem działalności żywych organizmów (lub same są żywymi istotami — na przykład gdy łazik podniesie marsjański kamień i natrafi na gniazdo lokalnych stworzeń).
- *Technosygnatury*, takie jak transmisje radiowe, wiązki laserowe, zanieczyszczenia przemysłowe w atmosferze planety, aktywne lub porzucone statki kosmiczne na trajektoriach międzygwiezdnych lub inne wytwory inteligentnych istot, a nie natury.

Projekty SETI, które opisujemy pod koniec tego rozdziału, poszukują właśnie technosygnatur.

Astronomowie zidentyfikowali następujące miejsca jako prawdopodobne lokalizacje do poszukiwania biosygnatur w Układzie Słonecznym (poza Ziemią):

- Mars,
- atmosfera Wenus,
- księżyc Jowisza Europa,
- księżyce Saturna Tytan i Enceladus.

Trwające poszukiwania Marsjan

Jak opisujemy w rozdziale 6., naukowcy zbadali i obalili twierdzenie o obecności mikroskopijnych skamieniałości w meteorycie z Marsa, a także uzyskali sprzeczne wyniki dotyczące tego, czy na czerwonej planecie od czasu do czasu pojawia się metan. Ale nawet jeśli metan tam występuje, może pochodzić z procesów geologicznych, podobnie jak niektóre gazy na Ziemi wydobywają się z wulkanów. Mimo to sondy orbitalne zmapowały formy terenu na Marsie, które wyglądają jak pozostałości dawnych den morskich i kanałów wyżłobionych przez wodę. Zrobotyzowane łaziki odkryły na Marsie skały i minerały, które powstały po wyschnięciu zbiorników wodnych. A skoro na Marsie była kiedyś woda, mogło istnieć tam również życie. Znaczna część planety pokryta jest wieczną zmarzliną, lecz głębiej pod powierzchnią, gdzie temperatura jest wyższa, może nadal występować ciekła woda. Niewykluczone więc, że do dziś żyją tam mikroorganizmy — ukryte głębiej, niż sięgają czerpaki marsjańskich łazików. Dociekliwi naukowcy pragną się tego dowiedzieć.

Łazik NASA Curiosity eksplorował zatokę Yellowknife na Marsie, po której niegdyś płynąca woda rozprowadzała skalny gruz i osady. Oto co odkrył Curiosity:

- gliniaste gleby, które według niektórych teorii sprzyjają powstaniu życia;

Kup książkę Poleć książkę

- odczyn pH dawnej (i nieistniejącej już) wody odpowiedni do podtrzymywania życia;
- przynajmniej część substancji chemicznych niezbędnych dla życia, w tym azotany w glebie.

Jak opisujemy w rozdziale 6., łazik NASA Perseverance pobrał wiele próbek skał rdzeniowych, które zostaną dostarczone na Ziemię przez misję Mars Sample Return w latach 30. XXI wieku. Gdy to nastąpi, naukowcy w laboratoriach powinni być w stanie określić, czy ewentualna materia organiczna znaleziona w próbkach łazika jest produktem życia, czy nie.

Czy Marsjanie zaatakują? Ze względu na zdrowie i bezpieczeństwo naukowców laboratoryjnych (i wszystkich innych ludzi) na Ziemi kierownicy misji muszą zabezpieczyć się przed możliwością, że próbki przywiezione przez Perseverance zawierają żywe marsjańskie organizmy, które mogłyby zagrozić Ziemianom. NASA projektuje nowe laboratorium do odbioru próbek właśnie w tym celu. Musi ono być pomieszczeniem czystym (ang. *clean room*), jak ultraczyste obiekty, w których testuje się delikatny sprzęt kosmiczny, i superszczelnym o najwyższym poziomie bezpieczeństwa biologicznego, jak laboratoria, w których prowadzi się badania nad najgroźniejszymi wirusami i innymi patogenami ziemskimi.

Wenus — czy życie wisi na włosku?

Powierzchnia Wenus jest piekielnie gorącym środowiskiem, które wydaje się całkowicie niegościnne dla życia. Pojawiły się jednak doniesienia o możliwej obecności fosforowodoru w górnych warstwach atmosfery planety. Na Ziemi gaz ten powstaje dzięki organizmom żywym, a nie w wyniku innych naturalnych procesów, dlatego jego wykrycie mogłoby sugerować istnienie życia w wenusjańskich chmurach (więcej o Wenus i fosforowodorze piszemy w rozdziale 6.).

Niektórzy badacze przypuszczają, że w chmurach Wenus mogłyby unosić się bakteryjne nanowłókna — tworzone przez bakterie układające się w długie, cienkie łańcuchy, znane również z Ziemi. „Długie" oznacza w tym przypadku zaledwie centymetr lub dwa. Nie wiemy jednak, czy takie bakterie rzeczywiście tam istnieją. Nie mamy nawet pewności, czy w atmosferze Wenus faktycznie występuje fosforowodór. Nie wiadomo też, czy planowane misje NASA i ESA na Wenus, wspomniane w rozdziale 6., będą w stanie rozstrzygnąć te kwestie — ale naszym zdaniem zdecydowanie warto spróbować.

Europa — wielka niewiadoma

Europa to skalisty księżyc Jowisza z powierzchniową warstwą lodu. Pod lodem znajduje się globalny ocean ciekłej wody (prawdopodobnie słonej), a naukowcy sądzą, że ocean ten może być siedliskiem mikroskopijnego życia.

Kup książkę Poleć książkę

Jednak grubość tej warstwy lodowej może wynosić nawet 16 kilometrów. Możliwe, że nie mamy jeszcze zdolności inżynieryjnych, by przewiercić się do oceanu Europy, nawet gdyby NASA lub inna agencja kosmiczna miała na to środki. Niektórzy badacze Europy podejrzewają, że od czasu do czasu dochodzi tam do wymiany materii między podpowierzchniowym oceanem a lodową skorupą. Jeśli tak rzeczywiście jest, część wody może wydostawać się na powierzchnię, gdzie następnie zamarza. W takim przypadku procesy te mogłyby wynosić na powierzchnię również ślady oceanicznego życia — a te być może uda się kiedyś wykryć sondzie Europa Clipper lub lądownikowi Europa Lander, nad którym prace rozpoczną się w przyszłości. Europę i obie misje NASA opisujemy w rozdziale 8.

Tytan — być może pierwotna Ziemia

Tytan, największy księżyc Saturna, jest większy od planety Merkury i ma gęstą atmosferę, co czyni go bardziej podobnym do planety niż jakikolwiek inny księżyc (zobacz rozdział 8.). Znajdują się na nim również rozległe jeziora ciekłych węglowodorów. Astronomowie uważają, że Tytan może przypominać bardzo wczesną Ziemię, zanim tlen stał się ważnym składnikiem jej atmosfery. Skoro życie powstało na Ziemi, mogło również pojawić się na Tytanie. Tytan jest wprawdzie zimniejszy niż Ziemia kiedykolwiek była, ma jednak podziemny wodny ocean. Niektórzy eksperci wysuwają teorię, że w jeziorach węglowodorowych mógł powstać nieznany nam rodzaj życia. Dlatego naukowcy badają najbliższy ziemski odpowiednik jeziora na Tytanie: Jezioro Asfaltowe wypełnione ciekłym asfaltem na Trynidadzie. Misja NASA Dragonfly będzie eksplorować Tytana i poszukiwać biosygnatur (więcej o Tytanie i misji Dragonfly znajdziesz w rozdziale 8.).

Pióropusz Enceladusa

Enceladus, lodowy księżyc Saturna, skrywa pod swoją powierzchnią zbiornik ciekłej wody — przynajmniej w rejonie bieguna południowego. Z okolic polarnej powierzchni w przestrzeń kosmiczną wyrzucane są strumienie wody, które natychmiast zamarzają, tworząc drobne kryształki lodu. W przeciwieństwie do Europy, gdzie ocean znajduje się głęboko pod grubą warstwą lodu, na Enceladusie woda zalega znacznie bliżej powierzchni. Dzięki temu naukowcom może być łatwiej pobrać próbki i poszukiwać śladów życia. Planowana misja Enceladus Orbilander miałaby właśnie szukać biosygnatur (więcej na ten temat w rozdziale 8.).

Bądź na bieżąco z astrobiologią

Pod adresem *science.nasa.gov/astrobiology* NASA prowadzi serwis informacyjny dla osób, które chcą śledzić najnowsze odkrycia w dziedzinie astrobiologii.

Kup książkę Poleć książkę

MARZENIA O ŻYCIU POZAZIEMSKIM

Fakt, że księżyce takie jak Europa, Tytan i Enceladus mogą być zdolne do podtrzymywania życia, ma istotne znaczenie dla astrobiologii: gdy astronomowie rozważają możliwość istnienia życia na egzoplanetach, muszą brać pod uwagę również ich księżyce. Naukowcy poszukują egzoksiężyców, ponieważ tam, gdzie są egzoplanety, powinny być też naturalne satelity. Istnienie niektórych egzoksiężyców zostało zasugerowane, ale dotąd nie udało się go ostatecznie potwierdzić. Jeśli planeta znajduje się w ekosferze swojej gwiazdy, lecz sama nie nadaje się do życia — na przykład dlatego, że jej atmosfera zatrzymuje zbyt dużo ciepła — odpowiednie warunki mogą panować na krążącym wokół niej księżycu.

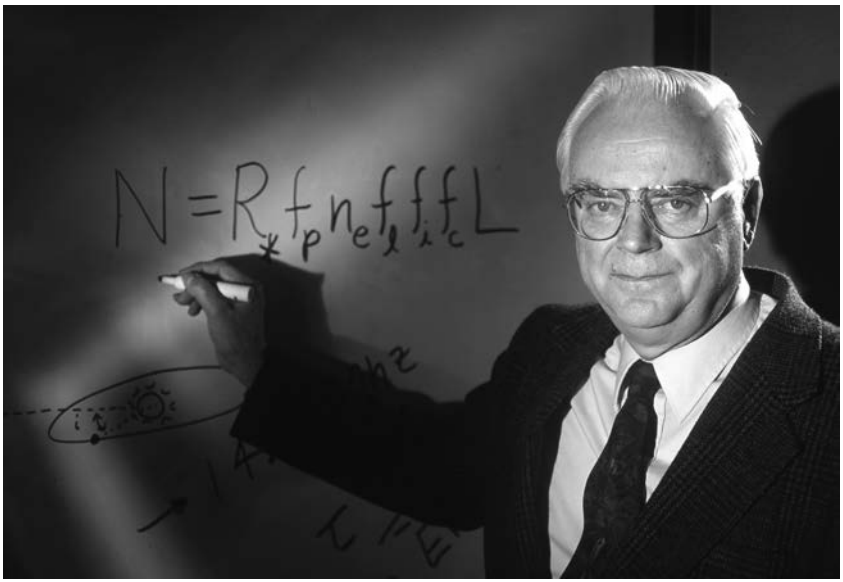
Równanie Drake'a i projekt SETI

Dlaczego tak wielu naukowców uznaje za pewnik istnienie inteligentnych form życia poza Ziemią? To optymistyczne nastawienie bierze się głównie z faktu, iż w skali kosmosu nasza planeta nie wyróżnia się niczym szczególnym. Również Słońce jest ważne jedynie z ziemskiej perspektywy — we wszechświecie jest ono typowym średniakiem. Już w samej Drodze Mlecznej znajduje się 10 miliardów podobnych gwiazd. Jeśli ta liczba nie robi jeszcze na Tobie wrażenia, wiedz, że w polu widzenia naszych teleskopów jest ponad 100 miliardów *innych* galaktyk. Zmierzamy do tego, że w obserwowanym przez nas wszechświecie jest więcej planet typu słonecznego niż źdźbeł trawy na Ziemi. Założenie, że jedynie na naszym źdźble może wydarzyć się coś interesującego, jest (by ująć to delikatnie) dość śmiałe. Dla naszego — Ziemian — poczucia wartości będzie to może mało budujące, ale musimy uzmysłowić sobie, że Ziemia wcale nie musi być rozumnym pępkiem wszechświata.

W jaki sposób odnaleźć naszych kosmicznych braci? Nie możesz ot tak, po prostu, odwiedzić ich w odległych domostwach. Podróż statkiem kosmicznym do dalekich systemów planetarnych to sprawa prosta jedynie w studiach filmowych Hollywood. Z naukowego punktu widzenia jest to wyzwanie, któremu dziś nie jesteśmy w stanie sprostać. Wydajność konstruowanych obecnie napędów pozwala na osiągnięcie zawrotnej, mogłoby się wydawać, prędkości ponad 45 000 kilometrów na godzinę. Tymczasem aby dolecieć napędzanym nimi wahadłowcem do Alfa Centauri, najbliższego „przystanku" na drodze do gwiazd, potrzeba byłoby tysiącleci. Szybsze rakiety, konstruowane w celach teoretycznych, potrzebowałyby mniej czasu, jednak kosztem ogromnych ilości zużywanego paliwa (możliwe rozwiązanie tego problemu wyjaśniamy we wcześniejszej ramce, „Wynajdywanie nowych metod podróży międzygwiezdnych").

Kup książkę Poleć książkę

Astronomowie nasłuchują sygnałów radiowych od zaawansowanych cywilizacji w galaktyce od czasu, gdy Frank Drake (zobacz rysunek 14.4) podjął pierwszą próbę w 1960 roku. Sformułowane przez niego równanie, tak zwane równanie Drake'a, pokazuje wiele czynników wpływających na prawdopodobieństwo sukcesu poszukiwań. Doktor Drake, związany zarówno z Uniwersytetem Kalifornijskim w Santa Cruz, jak i z Instytutem SETI, zmarł we wrześniu 2022 roku. Miał 92 lata i większość życia spędził, kierując poszukiwaniami pozaziemskiej inteligencji lub doradzając innym badaczom pracującym w tej dziedzinie.



Dzięki uprzejmości Setha Shostaka (SETI Institute)

RYSUNEK 14.4. *Radioastronom Frank Drake (1930 – 2022) i równanie, które nosi jego imię*

Minęło już ponad 60 lat, odkąd Drake podjął pierwsze próby nawiązania kontaktu z Obcymi. Dotychczas naszym teleskopom nie udało się wychwycić ani jednego sygnału, który bez najmniejszych wątpliwości pochodziłby od pozaziemskich istot rozumnych. Miejmy jednak na uwadze, że do tej pory nasze poszukiwania były znacznie ograniczone. Wraz z postępem technologicznym (i mamy nadzieję, że również ze wzrostem nakładów) nasze szanse na sukces rosną. Niewykluczone, że któregoś dnia astronomowie odbiorą niezidentyfikowany sygnał z ciemnych głębin kosmosu. Kto wie, może zaszyfrowana w nim będzie cenna lekcja: sens życia albo przynajmniej wytłumaczenie nieznanych nam praw fizyki? Jedno jest natomiast pewne: uświadomimy sobie dzięki temu, że nie jesteśmy jedynymi dziećmi na kosmicznym placu zabaw.

Kup książkę Poleć książkę

Drake posługiwał się radioteleskopem o średnicy 25 metrów, zlokalizowanym w Green Bank w stanie Zachodnia Wirginia. Jeśli oglądałeś film *Kontakt*, wiesz już, że radioteleskop to przyrząd przypominający pokaźnych rozmiarów antenę satelitarną. Drake podłączył swój radioteleskop do czułego odbiornika pracującego na częstotliwości 1420 MHz (częstotliwość powszechnie występującego w przestrzeni kosmicznej wodoru, leżąca w zakresie mikrofal), a następnie skierował antenę w stronę wymienionych gwiazd, które to działanie nazwał Projektem Ozma.

Podczas eksperymentu Drake'owi nie udało się co prawda usłyszeć głosów Obcych, jednak jego prace wywołały w środowisku naukowym olbrzymi oddźwięk, wzbudzając entuzjazm do poszukiwań. Rok później, w listopadzie 1961 roku, podczas pierwszej konferencji w ramach nowego programu SETI Drake zaproponował słynne równanie wyznaczające liczbę możliwych do zaobserwowania cywilizacji zamieszkujących naszą galaktykę. Formuła znana jest jako *równanie Drake'a* (entuzjaści matematyki znajdą ten nieskomplikowany i krótki wzór w ramce „Rozwiąż równanie Drake'a" w dalszej części rozdziału). Jej logika jest prosta. Chodzi o to, aby obliczyć N — liczbę istniejących w Drodze Mlecznej cywilizacji, z którymi możliwe jest nawiązanie komunikacji radiowej. N w oczywisty sposób zależy od liczby nowych gwiazd powstających co roku w galaktyce pomnożonej przez liczbę gwiazd mających systemy planetarne, pomnożonej przez liczbę... wystarczy, zainteresowani przeczytają o tym w ramce.

Równanie Drake'a to niezwykle kuszące wyzwanie i dajemy głowę, że próbując je rozwiązać, zaimponujesz znajomym podczas towarzyskich spotkań. Lecz cóż z tego: choć znamy lub potrafimy choćby w przybliżeniu podać wartość kilku parametrów równania (takich jak szybkość formowania się gwiazd mogących mieć systemy planetarne czy liczba gwiazd już je mających), to nie mamy żadnej popartej dowodami wiedzy na temat takich czynników jak liczba planet, na których wykształciły się inteligentne formy życia, czy długość istnienia cywilizacji technologicznej. Równanie Drake'a w dalszym ciągu czeka więc na rozwiązanie.

ROZWIĄŻ RÓWNANIE DRAKE'A

Naukowcy często posługują się równaniem Drake'a jako punktem wyjścia do rozważań na temat prac w ramach projektów SETI i szans na nawiązanie łączności z pozaziemskimi istotami rozumnymi. Równanie jest nieskomplikowane, a wymagana do jego rozwiązania wiedza nie wykracza poza to, czego nauczyłeś się w szkole podstawowej.

Rozwiązaniem równania jest liczba N — liczba zamieszkujących Drogę Mleczną cywilizacji na tyle rozwiniętych technologicznie, że możliwe jest nawiązanie z nimi komunikacji radiowej. Tak samo jak w przypadku Biblii istnieje kilka wersji równania Drake'a. Oto jego najczęściej spotykana postać w całej okazałości:

Kup książkę Poleć książkę

$$N = R^* \cdot fp \cdot ne \cdot fl \cdot fi \cdot fc \cdot L$$

- *R** oznacza tempo powstawania w naszej galaktyce długowiecznych gwiazd, wokół których mogą istnieć planety nadające się do zamieszkania. Według niektórych badaczy w Drodze Mlecznej powstaje w ten sposób jedna lub dwie gwiazdy rocznie, choć w jednym z opracowań oszacowano tę liczbę na siedem.
- *fp* oznacza odsetek gwiazd (zwykle wyrażany w procentach), które *mają* planety. Astronomowie nie znają dokładnej wartości tego parametru, jednak szacunki oparte na wynikach najnowszych poszukiwań planet wskazują, że przekracza on 50%, a być może zbliża się nawet do 100%.
- *ne* to średnia liczba przypadających na gwiazdę planet, na których panują warunki odpowiednie do rozwinięcia się życia. W przypadku Układu Słonecznego wskaźnik ten wynosi 1 (Ziemia); mógłby być wyższy, gdyby uwzględnić w rachubach Marsa oraz niektóre spośród satelitów Jowisza i Saturna. Nie znamy jego wartości dla innych systemów, toteż „domyślnie" wynosi on również 1.
- *fl* to liczba planet o charakterystyce właściwej do powstania życia, na których życie rzeczywiście istnieje. Z dużą dozą prawdopodobieństwa możemy założyć, że jest ich niemało, choć niektórzy astronomowie i inni naukowcy sądzą, iż życie we wszechświecie występuje znacznie rzadziej, niż mogłoby się wydawać.
- *fi* to liczba planet zamieszkiwanych przez inteligentne cywilizacje. Współczynnik ten wzbudza naturalnie liczne kontrowersje, gdyż to, co nazywamy „inteligencją", może być rzadkim przypadkiem w ewolucji biologicznej.
- *fc* to liczba inteligentnych cywilizacji zaawansowanych na tyle, by wynaleźć technologię wytwarzania nadajników radiowych lub lasera. Większość z nich zapewne to potrafi.
- *L*, ostatnia z niewiadomych, to średni czas istnienia takich cywilizacji. To bardziej domena socjologii niż astronomii, Twoja propozycja może być więc tak samo bliska prawdy jak nasza, a kto wie, czy nie bliższa.

Wartość *N* zależy od tego, jakie wartości przypiszemy poszczególnym parametrom równania. Pesymiści sądzą, że *N* może wynosić zaledwie 1, co oznaczałoby, że w Drodze Mlecznej jesteśmy sami. Z kolei Carl Sagan szacował tę liczbę na kilka milionów. A co sądził sam Drake? W pewnym okresie oceniał, że wynosi ona „około 10 000". Twoje przypuszczenie może być równie trafne jak oszacowanie Franka Drake'a — a z pewnością nie gorsze od naszego. Możesz także obliczyć własną wartość *N*, korzystając z internetowego kalkulatora równania Drake'a przygotowanego przez Public Broadcasting System. Wystarczy wpisać wybrane przez siebie wartości wszystkich parametrów równania na stronie *www.pbs.org/lifebeyondearth/listening/drake.html* — kalkulator wykona obliczenia za Ciebie.

Kup książkę Poleć książkę

Projekty SETI — nasłuchiwanie E.T.

Naukowcy pracujący obecnie w ramach programu SETI idą w ślady jego organizatora, Franka Drake'a: za pomocą wielkich radioteleskopów przeczesują fale radiowe dobiegające z kosmosu, usiłując wychwycić transmisję radiową z odległej galaktyki.

Dlaczego jednak wybór padł właśnie na radioteleskopy? Fale radiowe rozchodzą się z prędkością światła i z łatwością przenikają obłoki gazowo-pyłowe w przestrzeni międzygwiezdnej. Ponadto konstruowane obecnie odbiorniki radiowe charakteryzują się niezwykłą czułością, a ilość energii niezbędnej do przesłania z gwiazdy do gwiazdy wykrywalnego sygnału radiowego (przy założeniu, że Obcym udało się zbudować antenę o średnicy co najmniej 30 metrów) jest niewiększa niż ta, jaką pochłaniają nadajniki Twojej lokalnej stacji telewizyjnej.

Astronomowie z SETI często celowali w gwiazdy podobne do Słońca, ale teraz odkryto planety o masie Ziemi krążące wokół czerwonych karłów, o czym wspominaliśmy wcześniej w tym rozdziale. Dlatego czerwone karły stały się głównymi celami obserwacji (więcej o czerwonych karłach przeczytasz w rozdziale 11.).

Załóżmy, że w kosmicznym szumie udało się wyodrębnić interesujący sygnał. Skąd przypuszczenie, że pochodzi on od zaawansowanych technologicznie cywilizacji? Otóż wiedz, że naukowcy nie oczekują przekazanej drogą radiową wartości liczby π czy innego prostego komunikatu dowodzącego ukończenia przez Obcych co najmniej szkoły średniej. Badaczy pracujących w ramach projektu SETI interesują jedynie transmisje radiowe w wąskich pasmach częstotliwości.

Jak sama nazwa wskazuje, transmisje wąskopasmowe pojawiają się w wąskim zakresie fal radiowych, a wytwarzać mogą je jedynie specjalnie skonstruowane nadajniki. Kwazary, pulsary, a nawet zimny wodór — wszystkie one emitują fale radiowe, te jednak cechują się szerokim zakresem długości fali. Wąskie strumienie transmisji to stuprocentowy dowód istnienia nadajnika, obecność nadajnika to zaś bezdyskusyjne potwierdzenie istnienia zaawansowanej technologicznie cywilizacji. Aby zbudować nadajnik, potrzeba bowiem nie lada wiedzy (o lutownicy nie wspominając).

Kolejnym kryterium, jakie musi spełnić przechwycony w ramach SETI sygnał, zanim zostanie uznany za komunikat od Obcych, jest ciągłość. Innymi słowy, sygnał musi być słyszalny za każdym razem, gdy skierujemy radioteleskop w stronę, z której dobiega. Jeśli bowiem zostanie zarejestrowany tylko raz, jego potwierdzenie nie będzie możliwe i zostanie on uznany za zakłócenie spowodowane przelotem satelity, błąd oprogramowania lub po prostu psikus uzdolnionego technicznie studenta. W kolejnych punktach omawiamy kilka projektów SETI, obserwatoriów i teleskopów.

Kup książkę Poleć książkę

Lot feniksa

Projekt Phoenix, aktywny w latach 1995 – 2004, wykorzystywał kilka radioteleskopów, w tym 300-metrową antenę w Arecibo w Portoryko, do *ukierunkowanych poszukiwań* emisji radiowych pochodzących z około 750 gwiazd. Taka metoda polega na skupieniu jak najwięcej czasu obserwacyjnego na kierunkach uznawanych za najbardziej obiecujące pod względem możliwości wykrycia cywilizacji pozaziemskich. Z wyznaczeniem celu można się jednak pomylić, dlatego inne programy skanują jak największy obszar nieba w nadziei, że jedyny wykryty sygnał nadejdzie z miejsca, którego nikt wcześniej nie brał pod uwagę, i będzie na tyle silny, iż wystarczy nasłuchiwać w jego kierunku przez krótką chwilę. Nigdy nie dowiemy się, która strategia jest lepsza, dopóki jedna z nich nie odniesie sukcesu.

Niestety w 2020 roku w wyniku awarii konstrukcyjnej radioteleskop w Arecibo doznał uszkodzenia lin podtrzymujących, a następnie częściowo się zawalił. Podjęto decyzję o jego zdemontowaniu, a amerykańska Narodowa Fundacja Nauki, która finansowała go przez dziesięciolecia, nie ma w planach jego odbudowy.

W ramach projektu Phoenix (oraz szeregu innych projektów w ramach programu SETI) badacze poszukiwali sygnałów emitowanych w zakresie mikrofalowym promieniowania elektromagnetycznego. Mikrofale, oprócz najbardziej znanego zastosowania, jakim jest podgrzewanie posiłków w kuchence mikrofalowej, są — z dwóch powodów — ulubionym przez naukowców z SETI medium i kanałem łączności:

- W zakresie mikrofal kosmos jest stosunkowo cichy i występuje w nim mniejsza ilość naturalnych zakłóceń (E.T. z pewnością o tym wie).
- Wodór, najpowszechniej występujący w kosmosie pierwiastek, emituje naturalny sygnał na częstotliwości 1420 MHz, mieszczącej się w zakresie mikrofal. Każdy znający się na swoim fachu „obcy" radiooperator powinien zdawać sobie sprawę z istnienia takiego kosmicznego markera. Być może poprzez emisję sygnału o częstotliwości zbliżonej do wodoru zechce on zwrócić naszą uwagę (bądź uwagę innej cywilizacji we wszechświecie).

Należy mieć jednak świadomość, że naukowcy nie znają *dokładnej* częstotliwości, na której może pojawić się transmisja z kosmosu. Obejmując nasłuchem jak najszerszy zakres fal, naukowcy pracujący w ramach projektu Phoenix skanowali jednocześnie miliony kanałów.

Ostatecznie nie udało się znaleźć ani jednego ciągłego sygnału, który bez żadnych wątpliwości zostałby nadany przez przedstawicieli inteligentnych cywilizacji pozaziemskich. Jednak dzięki projektowi badacze nauczyli się konstruować urządzenia pozwalające na coraz szersze poszukiwania, takie jak Allen Telescope Array, o którym przeczytasz w kolejnym punkcie.

Kup książkę Poleć książkę

Przeczesujemy kosmos — inne projekty w ramach SETI

Obecnie działa wiele programów SETI, poszukujących zarówno sygnałów radiowych, jak i światła widzialnego lub podczerwonego, które mogłyby stanowić technosygnatury cywilizacji pozaziemskich:

- Projekt Breakthrough Listen to inicjatywa rozpoczęta w 2015 roku, mająca na celu poszukiwanie pozaziemskiej komunikacji radiowej za pomocą 100-metrowego radioteleskopu Green Bank w Wirginii Zachodniej, 64-metrowego radioteleskopu Parkes w Australii (oba opisane w rozdziale 2.) oraz zespołu radioteleskopów MeerKAT w Republice Południowej Afryki (zobacz rozdział 12.). Docelowe poszukiwania obejmą ponad milion gwiazd w Drodze Mlecznej, ze szczególnym uwzględnieniem gwiazd znajdujących się w naszym sąsiedztwie. Program celuje również w centralne regiony pobliskich galaktyk, choć szanse na wykrycie cywilizacji poza Drogą Mleczną wydają się bardzo nikłe. Więcej informacji o Breakthrough Listen można znaleźć na stronie Berkeley SETI Research Center (*seti.berkeley.edu*).
- Automated Planet Finder (APF, *www.lickobservatory.org/explore/research-telescopes/automated-planet-finder*) to zrobotyzowany teleskop o średnicy 2,4 metra mieszczący się w Obserwatorium Licka na górze Hamilton w Kalifornii. Jak sama nazwa wskazuje, został zbudowany do odkrywania egzoplanet (na czym to polega, wyjaśniamy w punckie „Odkrywanie egzoplanet" we wcześniejszej części rozdziału). Jednak Breakthrough Listen wykorzystuje również APF do poszukiwania sygnałów laserowych od pozaziemskich cywilizacji. Być może obcy wolę komunikację laserową od staromodnego radia. APF może rzucić nieco światła na tę kwestię.
- Instytut SETI ukończył gruntowną modernizację Allen Telescope Array (ATA, *www.seti.org/ata*) w Obserwatorium Hat Creek. Dzięki nowej infrastrukturze cyfrowej zestaw 42 anten może teraz nasłuchiwać w 32 kierunkach jednocześnie, co zwielokrotniło liczbę układów gwiezdnych przeszukiwanych w każdym momencie pod kątem obcych technosygnatur.
- LaserSETI (*www.seti.org/laserseti*) — kolejny projekt Instytutu SETI — rozwija sieć instrumentów badawczych w Kalifornii i na Hawajach, z planami rozszerzenia ich na Portoryko, Wyspy Kanaryjskie oraz Chile. System ten został zaprojektowany tak, aby nieprzerwanie monitorować całe nocne niebo w poszukiwaniu błysków laserowych. Zjawiska te mogą mieć dwojakie pochodzenie: być celową próbą nawiązania kontaktu z Ziemią lub innymi światami przez cywilizacje pozaziemskie albo stanowić technosygnatury laserów używanych do innych celów, na przykład do napędzania żagli świetlnych sond międzygwiezdnych (takich jak

Kup książkę Poleć książkę

mikrosondy StarChip, których misję do Proximy Centauri b opisaliśmy wcześniej w tym rozdziale).

- Projekt Galileo (*projects.iq.harvard.edu/galileo/home*), z siedzibą na Uniwersytecie Harvarda w Massachusetts, poszukuje technosygnatur w postaci fizycznych obiektów obecnych w pobliżu Ziemi lub przelatujących obok niej. Obejmuje to obiekty na orbitach międzygwiezdnych, które mogłyby być artefaktami lub sondami pozaziemskich cywilizacji, jak sugeruje jedna z teorii dotyczących natury ‘Oumuamua, a także niezidentyfikowane zjawiska anomalne (alternatywna nazwa dla UFO). Zarówno ‘Oumuamua, jak i UFO omawiamy w rozdziale 4. Projekt wykorzystuje teleskopy obrazujące o wysokiej rozdzielczości, radar i sztuczną inteligencję do poszukiwania prawdy na temat tych kontrowersyjnych kwestii.
- Near-Infrared Optical SETI (NIROSETI, *oirlab.ucsd.edu/NIROSETI.html*) to projekt Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego. Poszukuje za pomocą jednometrowego teleskopu w Obserwatorium Licka w północnej Kalifornii ekstremalnie krótkich (nanosekundowych) impulsów światła laserowego w podczerwieni, które mogłyby być próbą nawiązania kontaktu przez Obcych.
- FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope), znajdujący się w prowincji Guizhou w Chinach, to największy na świecie radioteleskop z pojedynczą czaszą. Prowadzi on niezwykle czułe poszukiwania w ramach programu SETI, a także inne nowatorskie badania naukowe. FAST pod względem konstrukcji przypomina nieistniejący już radioteleskop Arecibo, jest jednak od niego znacznie większy (zobacz rysunek 14.5). Jak pisze David Dickinson na łamach „Sky & Telescope”, „w jego pięćsetmetrowej czaszy mógłby swobodnie unosić się lotniskowiec typu Nimitz, i to ze sporym zapasem miejsca od dziobu do rufy”.
- COSMIC (akronim tak przeładowany naukowym żargonem, że darujemy sobie jego rozwijanie) to program typu „piggyback”, działający przy okazji innych badań. Wykorzystuje on każdą z 27 anten sieci Very Large Array (VLA) w Nowym Meksyku (*public.nrao.edu/?s=COSMIC+SETI+VLA*), prowadząc nasłuch w czasie, gdy instrumenty te realizują inne programy naukowe i śledzą wybrane przez nie obiekty.

Kup książkę Poleć książkę



Dzięki uprzejmości Xinhua

RYSUNEK 14.5. *Pięćsetmetrowy radioteleskop FAST w górzystej chińskiej prowincji Guizhou zastąpił niedziałający już radioteleskop Arecibo w Portoryko jako największe na świecie jednoantentowe obserwatorium radiowe. Arecibo miało średnicę około 300 metrów, średnica FAST wynosi 500 metrów*

Priorytetowe kierunki poszukiwań dla SETI

Projekty SETI nie koncentrują się wyłącznie na przypadkowo wybranych gwiazdach — ich celem są także gwiazdy, o których wiadomo, że mają egzoplanety, opisane wcześniej w tym rozdziale. W końcu zakładamy, że ewentualna obca cywilizacja najprawdopodobniej zamieszkuje jakąś planetę. Szczególnie interesujące są gwiazdy z egzoplanetami, które prawdopodobnie mają stałą powierzchnię (jak Ziemia) oraz temperaturę umożliwiającą istnienie ciekłej wody. Wiele takich światów odkryły satelity NASA Kepler i TESS. Inne wykryto za pomocą teleskopów naziemnych, między innymi 60-centymetrowego zrobotyzowanego teleskopu działającego w Chile w ramach projektu TRAPPIST (TRAnsiting Planets and Planetesimals Small Telescope). Nazwa „TRAPPIST" nawiązuje również do słynnych piw warzonych przez mnichów trapistów w Belgii (projekt prowadzi Uniwersytet w Liège). Więcej informacji o projekcie można znaleźć na stronie *www.trap*
↪pist.uliege.be/cms/c_5006023/en/trappist.

Kup książkę Poleć książkę

SETI@home

W latach 1999 – 2021 naukowcy z projektu SETI@home prosili społeczeństwo o pomoc w poszukiwaniu obcych sygnałów radiowych. Ogromny strumień danych napływających z prowadzonych obserwacji SETI dzielono na małe fragmenty i rozsyłano do komputerów osobistych zwykłych użytkowników na całym świecie. Komputery te automatycznie analizowały otrzymane dane wtedy, gdy były włączone, ale akurat nieużywane.

W ciągu dwóch dekad działania SETI@home miliony ludzi udostępniły niewykorzystaną moc obliczeniową swoich komputerów. Gdy wyniki analiz wracały do centrum dowodzenia projektu, czasem pojawiały się sygnały uznawane za podejrzane. Jak dotąd naukowcy z SETI odrzucili jednak wszystkie takie przypadki — nie znaleziono jeszcze dowodu na istnienie E.T. Analiza danych wciąż jednak trwa, więc nadal możliwe jest, że E.T. rzeczywiście zadzwonił, a któryś z komputerów obywatelskich naukowców gdzieś na Ziemi zarejestrował ten sygnał. I trzeba przyznać — bardzo podoba nam się taka możliwość!

Doktor Seth Shostak, starszy astronom w Instytucie SETI w Mountain View w Kalifornii, napisał ten rozdział do pierwszych dwóch wydań książki Astronomia dla bystrzaków*. Stephen P. Maran zaktualizował i przeredagował rozdział do trzeciego i czwartego wydania, a przy jego aktualizacji do obecnego wydania dołączył do niego Richard Tresch Fienberg. Wszystkie opinie wyrażone w tym rozdziale są opiniami Stephena P. Marana i Richarda Trescha Fienberga.*

Kup książkę Poleć książkę

Kup książkę Poleć książkę


PROGRAM
PARTNERSKI
GRUPY HELION
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ
Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!
Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!
http://program-partnerski.helion.pl
GRUPA
Helion

Poznaj wszechświat jak własną kieszeń

Co się dzieje tam na górze? Książka *Astronomia dla bystrzaków* zabierze Cię w fascynującą podróż przez Układ Słoneczny i Drogę Mleczną — aż po najdalsze krańce wszechświata. Spójrz w niebo z zachwytem i odkryj tajniki obserwacji astronomicznych, sekrety planet, planetoid, czarnych dziur i tajemniczej ciemnej materii. Wspólnie zastanówmy się nad fundamentalnymi pytaniami, które od zawsze nurtują ludzkość, choćby nad tym, czy jesteśmy sami we wszechświecie. Dwaj wielokrotnie nagradzani przez NASA astronomowie zapraszają w kosmos — na wyprawę, która całkowicie Cię urzeknie, a jeśli studiujesz astronomię, pomoże Ci łatwo opanować jej podstawy.



W książce:

- najnowsze odkrycia astronomiczne
- wszystko o Wielkim Wybuchu
- różne typy gwiazd
- narzędzia i technologie do obserwacji gwiazd i nieba
- co się dzieje, gdy zderzają się galaktyki
- zaktualizowane mapy nieba

Dr Stephen P. Maran
to były wicedyrektor do spraw nauk o kosmosie, informacji i edukacji publicznej w Centrum Lotów Kosmicznych im. Goddarda NASA.

Dr Richard Tresch Fienberg
to były redaktor naczelny magazynu „Sky & Telescope". Zarówno Steve, jak i Rick zostali odznaczeni medalami NASA za wyjątkowe osiągnięcia naukowe.

Cena: 69,00 zł

ISBN 978-83-289-4065-9

dla bystrzaków