

KRÓTKA HISTORIA CZARNYCH DZIUR

Dlaczego niemal wszystko,
co o nich wiesz, jest błędne

DR BECKY SMETHURST

Tytuł oryginału: A Brief History of Black Holes: And why nearly everything
you know about them is wrong

Tłumaczenie: Amata-Jo Papaj

ISBN: 978-83-289-2340-9

Copyright © 2022 by Dr Becky Smethurst

All rights reserved.

Polish edition copyright © 2026 by Helion S.A.

Illustrations by Megan Gabrielle Smethurst, @megansmethurst_gdesign

Other image credits: image 2 on p. 41: NASA, ESA and Allison Loll/Jeff Hester
(Arizona State University). Acknowledgement: Davide De Martin (ESA/Hubble).

Image 4 on p. 49: data credit: University of California, San Diego. Image 7 on
p. 74: ESO/Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl/F. W. Dyson, A. S. Eddington,
& C. Davidson. Image 11 on p. 132: Granger/Shutterstock. Image 16 on p. 199:
Event Horizon Telescope collaboration et al.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in
any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying,
recording or by any information storage retrieval system, without permission
from the Publisher.

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock Images LLC.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości
lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione.
Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie
książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie
praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi
bądź towarowymi ich właścicieli.

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

helion.pl/user/opinie/czardz

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: helion.pl (księgarnia internetowa, katalog książek)

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

SPIS TREŚCI

PROLOG	11
Stojąc na ramionach gigantów	
ROZDZIAŁ 1.	21
Dlaczego gwiazdy świecą?	
ROZDZIAŁ 2.	39
Żyć szybko, umierać młodo	
ROZDZIAŁ 3.	63
Góry zbyt wysokie, bym mógł do ciebie dotrzeć	
ROZDZIAŁ 4.	81
Dlaczego czarne dziury są „czarne”?	
ROZDZIAŁ 5.	95
Łyzeczka neutronów i gwiazda się zapada!	

ROZDZIAŁ 6.	115
Zabawne, pisze się to tak samo jak „ucieczka”	
ROZDZIAŁ 7.	125
Dlaczego czarne dziury nie są czarne?	
ROZDZIAŁ 8.	143
Gdy 2 staje się 1	
ROZDZIAŁ 9.	165
Przyjazna czarna dziura w twoim sąsiedztwie	
ROZDZIAŁ 10.	185
Jak zrobić supermasę?	
ROZDZIAŁ 11.	201
Czarna dziura nie ssie	
ROZDZIAŁ 12.	213
Stara galaktyka nie może teraz podejść do telefonu. Dlaczego?	
Bo jest martwa	
ROZDZIAŁ 13.	229
Jutro i tak nadejdzie	
ROZDZIAŁ 14.	241
Udało ci się, Judy! Wreszcie się najadła	
ROZDZIAŁ 15.	251
Wszystko, co umiera, kiedyś powróci	

EPILOG **261**

Tutaj, gdzie wszystko się kończy

Podziękowania 267

Bibliografia 271

ROZDZIAŁ 1.

DLACZEGO GWIAZDY ŚWIECĄ?

W bezchmurną, pogodną noc postój w drzwiach kilka chwil z zamkniętymi oczami. Zanim wyjdiesz na zewnątrz i spojrzysz w górę, daj oczom trochę czasu, żeby mogły przyzwyczać się do ciemności. Już małe dzieci potrafią zauważyć, że w momencie gdy gaśnie nocna lampka, pokój pogrąża się w ciemności. Po przebudzeniu w środku nocy można jednak dostrzec kształty i rysy twarzy nawet w najsłabszym świetle.

Jeśli więc chcesz naprawdę zachwycić się nocnym niebem, pozwól oczom odpocząć przez chwilę od jasnych światła. Niech włączy się twój noktowizor. Nie rozczarujesz się. Dopiero po odpowiednim przygotowaniu wzroku można wyjść na zewnątrz i zmienić

swoją perspektywę spojrzenia na świat. Zamiast patrzeć pod nogi lub przed siebie, zwróć wzrok ku tysiącom gwiazd. Im dłużej po-
stoisz w ciemności, tym więcej zobaczysz — więcej gwiazd rozświe-
tli niebo małąkami punkcikami światła.

Spoglądając w niebo, możesz zauważyć rzeczy, które już znasz, takie jak wzory, w które układają się gwiazdy, a które nazywamy konstelacjami, wśród nich Oriona i Wielki Wóz*. Spozrzedzisz też rzeczy, które nie są ci znane. Ale tylko patrząc w niebo i dostrzegając jasność czy położenie gwiazd, możesz dołączyć do niewiarygodnie ogromnego grona ludzi, przedstawicieli różnych cywilizacji świata, zarówno starożytnych, jak i współczesnych, którzy od zawsze zachwycali się pięknem nieba. Gwiazdy i planety od dawna odgrywają ważną rolę w kulturze, religii i ogólnie w społeczeństwie — od nawigacji lądowej i morskiej po śledzenie pór roku, czego efektem było opracowanie pierwszych kalendarzy.

We współczesnym świecie nie mamy już tej pierwotnej więzi z nocnym niebem, a wielu z nas nie zauważa, że gwiazdy wyglądają inaczej w zależności od pory roku, i nie może dojrzeć odwiedzających nasze kosmiczne sąsiedztwo komet, ponieważ wszechobecne zanieczyszczenie światłem w miastach niweczy takie szanse. Jeśli masz szczęście mieszkać w miejscu, z którego dobrze widać gwiazdy, być może potrafisz dostrzec, jak każdej nocy zmienia się pozycja Księżyca albo że jedna szczególnie jasna „gwiazda” wędruje po niebie wraz z przemijającymi miesiącami. Grecy również zauważyli te „wędrujące gwiazdy” i nazwali je właśnie tak: *planetai*, czyli wędrowiec.

* Znany również jako Pług lub Wielka Chochła.

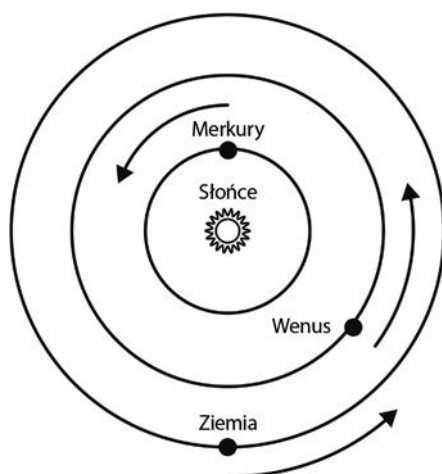
Ale nie każdy umie poprzestać na patrzeniu w niebo i napawaniu się tym pięknym widokiem. Niektórzy z nas pragną poznać wyjaśnienie tego, co widzimy. To wrodzona ludzka ciekawość. Natura gwiazd i to, co sprawia, że świecą, to pytania, które dręczyły ludzkość przez wieki. W 1584 roku włoski filozof Giordano Bruno jako pierwszy zaproponował, że gwiazdy mogą być odległymi słońcami, posuwając się nawet do sugestii, iż mogą wokół nich krążyć planety. Pomysł ten był na tamte czasy wyjątkowo kontrowersyjny, a pojawił się zaledwie 41 lat po opublikowaniu przez polskiego matematyka i filozofa Mikołaja Kopernika eleganckiej matematycznej hipotezy, mówiącej o tym, że to Słońce, a nie Ziemia, stanowi centrum Układu Słonecznego. Kopernik był wielkim fanem prostoty i matematycznego piękna okręgów i uważał, że Układ Słoneczny ze Słońcem w centrum i planetami poruszającymi się wokół niego po kołowych orbitach to najpiękniejszy matematycznie sposób aranżacji tegoż. Nie jest pewne, czy traktował ten pomysł poważnie z astronomicznego punktu widzenia, podobała mu się jednak jego geometria.

Kilkadziesiąt lat później pojawili się jednak tacy, którzy zaczęli popierać heliocentryzm w kontekście astronomicznym, wśród nich Bruno i jego kolega, włoski astronom Galileusz, którzy ostatecznie zostali ukarani za rzekomą herezję przeciwko doktrynie katolickiej. Dopiero połączone wysiłki Tychona Brahego, Johannesesa Keplera i Isaaca Newtona w ciągu następnego stulecia pozwoliły zebrać miażdżące dowody na to, że Słońce znajduje się w centrum Układu Słonecznego, a po publikacji *Principiów* Newtona w 1687 roku koncepcja ta została ostatecznie zaakceptowana zarówno przez świat

naukowy, jak i społeczeństwo. Newton określił prawa grawitacji i ruchów planet po orbitach. Ta sama siła, która przywiązuje nas do powierzchni Ziemi, powoduje, że Księżyc krąży wokół Ziemi, a Ziemia wokół Słońca. Te z grubsza kołowe orbity planet wyjaśniły, dlaczego planety wydawały się poruszać po niebie wstecz przez pewną część roku — jest to zjawisko znane jako retrogradacja. Planety znajdujące się bliżej Słońca poruszają się wstecz, gdy znajdują się po drugiej jego stronie (jak samochody jadące po przeciwnej stronie okrągłego toru)*, a planety znajdujące się dalej od Słońca niż Ziemia pozornie poruszają się wstecz, kiedy Ziemia je wyprzedza, podróżując szybciej niż one po swojej orbicie.

Chociaż Bruno wyprzedził swoje czasy, pomyśl, że Słońce jest po prostu jedną z gwiazd, tyle że bliżej Ziemi niż inne, nie pomógł w odkryciu, w jaki sposób gwiazdy produkują światło. Jednak fakt, że Słońce znajduje się w centrum Układu Słonecznego i rządzi nim te same siły, których doświadczamy tu na Ziemi, pozbawiło je boskiego statusu, czyniąc je czymś bardziej zwyczajnym. Fizycy XVIII wieku zaczęli więc się zastanawiać, czy Słońce i gwiazdy mogą być zasilane przez pospolite procesy, takie jak spalanie, posuwając się nawet do rozważania, czy tak duża ilość energii emitowana jako światło może pochodzić ze spalania węgla. Uwaga, spoiler: nie może. Gdyby Słońce było jedną wielką bryłą węgla, w obecnym tempie produkcji energii spaliłoby się w ciągu zaledwie

* Przestań więc zrzucać winę za swoje niepowodzenia na „Merkurego w retrogradacji”. Merkury po prostu krąży wokół Słońca, tak jak robił to przez ostatnie 4,5 miliarda lat. Ziemiska perspektywa na położenie nieożywionych skalnych obiektów nie ma żadnego wpływu na twoje życie.



Merkury w retrogradacji wydaje się poruszać wstecz, ale w rzeczywistości znajduje się po drugiej stronie „toru wyścigowego”

5000 lat^{*}. Biorąc pod uwagę, że spisane dzieje ludzkości sięgają wstecz dalej — choćby Piramidę Cheopsa w Gizie zbudowano ponad 4000 lat wcześniej — i że wówczas uważano, iż Ziemia liczy 6000 lat, pomysł ten został ostatecznie odrzucony.

Jeśli więc Słońce nie jest zbudowane z węgla, to z czego? Ustalenie tej kwestii stało się przedmiotem zainteresowania fizyków w XIX wieku, ale do pierwszego przełomu doszło za sprawą pewnego bawarskiego szklarza. Joseph Ritter von Fraunhofer urodził się w 1787 roku jako najmłodsze z jedenaściorga dzieci w rodzinie, która od wielu pokoleń zajmowała się produkcją szkła. Historia jego życia ma wszystkie cechy dobrego filmu Disneya: zanim Joseph

^{*} Zdesperowani, by rozwiązać ten problem, ówczesni naukowcy rozważali nawet pomysł, że uderzające w Słońce meteory zasilają je w nowe pokłady węgla, co pozwala mu kontynuować proces spalania.

osiągnął wiek nastoletni, był już sierotą i został wysłany na praktyki do Monachium, do mistrza szklarstwa, który wytwarzał dekoracyjne lustra i szklane naczynia dla dworu królewskiego. Mistrz Josepha był jednak dla niego okrutny — uniemożliwił mu dalszą edukację, a nawet pozbawił go lampy, dzięki której chłopak mógłby po zmroku czytać swoje ukochane książki naukowe. Ale pewnej nocy dom mistrza zawalił się, grzebiąc Josepha żywcem. Było to tak wielkie wydarzenie w Monachium, że na miejsce katastrofy przybył sam książę Bawarii i na własne oczy zobaczył, jak wyciągają Fraunhofera żywego spod gruzów. Kiedy usłyszał o trudnej sytuacji Josepha, zabrał go do królewskiego pałacu i oddał pod opiekę nowego mistrza, który zaopatrzył go we wszystkie książki o matematyce i optyce, jakie tylko wpadły mu w ręce. Historia jak z bajki.

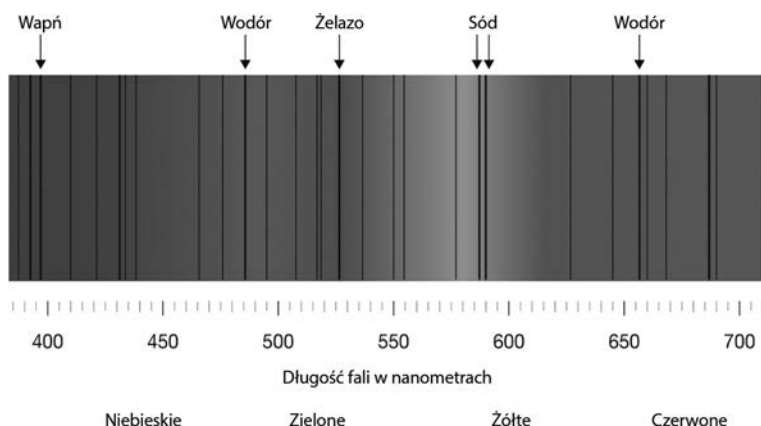
Jednak na tym się ona nie kończy. Fraunhofer rozpoczął pracę w Instytucie Optyki w Benediktbeuern, gdzie był odpowiedzialny za całą produkcję szkła i gdzie ulepszał metody szlifowania, aby to supergładkie szkło mogło służyć jako soczewki w teleskopach. Pochlonał go problem irytujących refrakcji (zmian kierunku światła), które rozszczepiały część światła na kolory tęczy. Jego soczewki były niedoskonałe. Próbował zmierzyć, do jakiego stopnia światło się załamuje, to znaczy jak bardzo zmienia się jego kierunek, używając w tym celu różnych rodzajów szkła o rozmaitych kształtach. Już w XVII wieku Isaac Newton wykazał, że białe światło składa się ze wszystkich kolorów tęczy, demonstrując, jak załamuje się, gdy przechodzi przez pryzmat. Pryzmat zmieniał kierunek światła czerwonego w mniejszym, a niebieskiego w większym stopniu, objawiając tęczę. Jeśli właśnie wyobrazasz sobie okładkę albumu *Dark Side of the Moon* zespołu Pink Floyd, idziesz w dobrym kierunku.

Największym zmartwieniem Fraunhofera był fakt, że kolory tęczy nie są od siebie oddzielone wyraźnymi granicami. Następnym razem, gdy zobaczysz tęczę, spróbuj określić, gdzie kończy się zieleń, a zaczyna błękit. Nie da się tego stwierdzić. Kolory zlewają się ze sobą, tworząc coś naprawdę miłego dla oka, ale niezwykle frustrującego, jeśli próbujesz zmierzyć, o ile zmienia się kierunek każdego z kolorów. Fraunhofer zaczął więc eksperymentować z różnymi źródłami światła. Zauważył, że w płomieniu palącej się siarki żółto-pomarańczowy fragment tęczy jest znacznie jaśniejszy od reszty. Zaciekało go, czy może na Słońcu również najjaśniej świeci fragment barwy żółtej, i udoskonalił swój eksperyment w taki sposób, aby tęcza obejmowała większy obszar — udało mu się ją powiększyć, dzięki czemu mógł dostrzec więcej szczegółów. Fraunhofer wynalazł oto pierwszy spektrograf — narzędzie, które stanowi fundament współczesnej astronomii i astrofizyki.

Fraunhofera zszokowało to, co zobaczył, obserwując Słońce przez swój spektrograf: zamiast jaśniejszych plam, zauważył, że w niektórych miejscach kolory światła słonecznego są całkowicie nieobecne. Były tam za to ciemne linie — luki, których nikt wcześniej nie dostrzegł. Na początku Fraunhofer określił dziesięć najbardziej oczywistych ciemnych sekcji, ostatecznie rejestrując 574 luki w tęczy światła słonecznego. Gdybyś mógł powiększyć tęczę na niebie, ujrzałbyś to samo.

Zaintrygowany odkryciem, Fraunhofer kontynuował badania i zauważył, że ciemne luki pojawiają się w świetle słonecznym odbitym od Księżyca i innych planet oraz od obiektów na Ziemi. Nie był jednak pewien, czy są one rzeczywistą właściwością światła słonecznego, czy też pojawiają się po przejściu światła przez atmosferę.

Wykorzystał więc swój spektrograf, aby przyrzeć się światłu innych gwiazd, takich jak jasny Syriusz, „Psia Gwiazda”^{*} w pobliżu gwiazdozbioru Oriona (Orion ma przypominać myśliwego, z psem myśliwskim u boku, mniejszym gwiazdozbiorem, którego Syriusz jest najjaśniejszą gwiazdą). Również w świetle Syriusza pojawiły się ciemne luki, ale znajdowały się w zupełnie innych miejscach i miały inny wzór niż te widoczne na Słońcu. Fraunhofer doszedł do wniosku, że nie powstają one w ziemskiej atmosferze, a ich istota leży w naturze samych gwiazd.



Widmo słoneczne — światło Słońca rozszczerpione przez spektrograf, z ciemnymi liniami, które zauważył Fraunhofer. Ostatecznie Bunsen i Kirchhoff wykazali, że powstają one wskutek pochłaniania fragmentów barw widma przez obecne na Słońcu pierwiastki

^{*} Tak, to stąd Syriusz Black, postać z książek o Harrym Potterze, wzięł swoje imię.

Tym odkryciem Fraunhofer zapoczątkował w 1814 roku współczesną astrofizykę i żył długo i szczęśliwie. A przynajmniej tak skończyłby się disneyowski film o jego losach. W rzeczywistości Fraunhofer zmarł na gruźlicę w 1826 roku, w wieku zaledwie 39 lat. Piece szklarskie, przy których pracował, wytwarzały trujący tlenek ołowiu i najprawdopodobniej to one przyczyniły się do jego śmierci.

Przedwczesna śmierć Fraunhofera pozbawiła go szansy poznania prawdy o ciemnych liniach w widmie światła słonecznego, którą kilka dekad później, w 1859 roku, odkryli niemieccy naukowcy: fizyk Gustav Kirchhoff i chemik Robert Bunsen. Kirchhoff i Bunsen wcale nie zamierzali wyjaśniać tego, co zaobserwował Fraunhofer. Próbowali tylko ustalić, w jaki sposób można wykorzystać opracowany przez Bunsena wynalazek, który produkował bardzo gorący, niewytwarzający sadzy płomień (jednocześnie nieoślepiająco jasny) do pracy w laboratorium. Dziś każde laboratorium naukowe na świecie, od zaawansowanych technologicznie instytutów badawczych po szkolne pracownie chemiczne, wyposażone jest w palnik Bunsena.

Kirchhoff i Bunsen spalali różne pierwiastki i notowali kolory płomieni. Użyli nawet ulepszonej wersji spektrografu Fraunhofera, aby rozszczepić emitowane światło na kolory składowe. Odkryli, że płomień powstający przy spalaniu każdego pierwiastka ma specyficzną dla niego barwę, czyli długość fali. Na przykład sód pali się na jasnożółto, a jego długość fali wynosi dokładnie 589 nanometrów (0,000000589 metra). Podobnie na żółto świecą starodawne latarnie, w których wykorzystuje się żarówki sodowe. Kirchhoff zauważył, że jedna z ciemnych luk w widmie słonecznym, którą zarejestrował

Fraunhofer, również ma dokładnie 589 nanometrów. Czy to możliwe, że sód jest obecny także na Słońcu, ale zamiast emitować światło, pochłania je?

Kirchoff i Bunsen porównali wszystkie zarejestrowane w swoim laboratorium długości fal emitowanych przez pierwiastki z odkrytymi przez Fraunhofera i we wszystkich przypadkach znaleźli zgodność, co sugerowało, że Słońce zawiera sód, tlen, węgiel, magnez, wapń, wodór i wiele innych pierwiastków. Potwierdziło to, że nasza gwiazda rzeczywiście składa się z tych samych pierwiastków, które można znaleźć na Ziemi. Na cześć Fraunhofera Kirchoff i Bunsen nazwali luki w widmie światła słonecznego „liniami Fraunhofera”.

Rok 1859 przyniósł więc odpowiedź na pytanie, z czego zbudowane jest Słońce, ale tajemnica, w jaki sposób Słońce zasila się pierwiastkami, z których zbudowana jest również Ziemia, wciąż pozostawała nieodkryta. W wydaniu czasopisma „Scientific American” z sierpnia 1863 roku można znaleźć wspaniały artykuł zatytułowany *Experts Doubt the Sun is Actually Burning Coal* („Eksperci wątpią, że Słońce faktycznie spala węgiel”), w którym pada stwierdzenie:

*Słońce najprawdopodobniej nie jest ciałem płonącym,
lecz żarzącym się. Jego światło to raczej produkt rozżarzonego stopionego metalu niż płonącego pieca.*

Innymi słowy, Słońce jest czymś podobnym do Ziemi, ale z jakiegoś powodu znacznie gorętszym, tak gorącym, że aż świeci.

Artykuł z „Scientific American” został oparty na pracach brytyjskiego fizyka Williama Thompsona — który jako pierwszy

naukowiec wszedł do Izby Lordów i otrzymał później tytuł lorda Kelvina (naukowa jednostka temperatury, kelwin, została nazwana na jego cześć) — oraz niemieckiego fizyka Hermanna von Helmholtza. Kelvin i Helmholtz to prawdziwi giganci świata termodynamiki: jako pierwsi zmierzili się z tematem ciepła i temperatury. W 1856 roku Helmholtz wyraził pogląd, że Słońce generuje ciepło pod wpływem zgniatającej je grawitacji, zamieniając ogromne ilości energii powstałej pod wpływem tej właśnie grawitacji w energię kinetyczną, która nadaje atomom (elementom budulcowym wszystkich pierwiastków) więcej energii, by mogły poruszać się szybciej. Pod wpływem wzrostu temperatury Słońce świeci jak rozgrzany metal czy stopione szkło.

W 1863 roku Kelvin wykorzystał pomysł Helmholtza, aby obliczyć, że Słońce będzie w stanie zasilać się w ten sposób przez co najmniej 20 milionów lat — znacznie dłużej niż domniemywany wtedy wiek Ziemi 6000 lat — co podważyło wyliczenia spod znaku „Słońca zasilanego węglem”. W tym samym roku Kelvin zastosował również ideę transferu energii cieplnej na Ziemię, aby obliczyć jej wiek. Stwierdził, że Ziemia była niegdyś wielką roztopioną skałą, a od tamtego czasu wystygła na tyle, abyśmy mogli stąpać po jej litej powierzchni. Kelvin obliczył, że Ziemia również musi mieć około 20 milionów lat*. Podobieństwo obu szacunków Kelvina — wieku Słońca i Ziemi — uznano za sukces. Jeśli Ziemia i Słońce

* Wynik ten *znacznie* odbiega od obecnych szacunków wieku Ziemi — ok. 4,5 miliarda lat. Kelvin nie wiedział, że należy wziąć pod uwagę ciepło wydzielane przez rozpad promieniotwórczy w jądrze Ziemi, ponieważ radioaktywność nie została jeszcze wtedy odkryta.

uformowały się w tym samym czasie, z tej samej mieszanek pierwiastków, to ostatecznie i za jednym zamachem wyjaśniałoby obecność podobnych pierwiastków na Słońcu i Ziemi oraz rozwiązywałoby zagadkę paliwa, którym Słońce się zasila.

Fizycy byli więc zadowoleni, za to biolodzy i geolodzy — zdecydowanie nie. W 1859 roku, kilka lat przed artykułem Kelvina, biolog Charles Darwin opublikował książkę *O powstawaniu gatunków*, w której szczegółowo opisał swoją nową teorię ewolucji. Twierdził, że całe życie na Ziemi wyewoluowało od jednego wspólnego przodka, rozgałęziając się po drodze w wyniku różnych mutacji spowodowanych dobozem naturalnym (które to zjawisko kilka lat później Herbert Spencer nazwał „przetrwaniem najsilniejszych”). W latach 70. XIX wieku większość świata nauki — i część, ta uważna, społeczeństwa — zaakceptowała koncepcję ewolucji. Był tylko jeden problem: proces ewolucji wymagał czasu — bardzo dużo czasu. W wydaniu *O powstawaniu gatunków* z 1872 roku sam Darwin stwierdził, że szacowany przez Kelvina wiek Ziemi na 20 milionów lat nie daje ewolucji wystarczająco dużo czasu. Ewolucja dokonuje się na przestrzeni miliardów, a nie milionów lat.

W międzyczasie geolodzy próbowali użyć własnych metod do obliczenia wieku Ziemi: albo poprzez ustalenie tempa formowania się skał i odkładania osadów, albo poprzez określenie stopnia gromadzenia się soli w oceanach. Gościem, który wpadł na ten pomysł, był irlandzki geolog i fizyk John Joly. W 1899 roku stwierdził, że zawarta w skałach sól (chlorek sodu) przenika do rzek, które następnie wpadają do morza. Jeśli pierwotne ziemskie oceany nie zawierały soli, to na podstawie tempa, w jakim przenoszą ją rzeki,

można obliczyć, ile czasu zajęłoby soli nagromadzenie się do poziomu stężeń, które dziś mierzymy w morzach i oceanach, a tym samym uzyskać przybliżony wiek Ziemi. Na wypadek, gdybyś się zastanawiał, Joly oszacował, że w oceanie znajduje się 14 bilionów 151 miliardów ton sodu, podczas gdy mila sześcienna wody rzecznej zawiera go 24 106 ton. Joly obliczył również, że całkowita objętość wody, która wpływa rzekami do oceanu, wynosi 6524 mil sześciennych rocznie. Matematyka wskazywała, że gromadzenie się soli w oceanach musiało trwać bez mała 90 milionów lat*.

To wynik bliższy temu, czego spodziewali się biolodzy — brakowało, co prawda, miliardów lat, które mogłyby przyjąć w sukurs teorii ewolucji Darwina, a dla szacunków Kelvina dotyczących wieku Słońca okazać się śmiertelnym ciosem. Kolejny przełom miał miejsce w 1895 roku, kiedy francuski fizyk Henri Becquerel odkrył, że atomy uranu są niestabilne, a z upływem czasu spontanicznie przekształcają się w bardziej stabilne pierwiastki, emitując przy tym promieniowanie. Jego doktorantka, francusko-polska fizyczka i chemiczka Maria Skłodowska-Curie, postanowiła zbadać to promieniowanie w ramach swojej pracy doktorskiej, wykorzystując narzędzie, które jej mąż, Pierre Curie, w tamtym czasie badacz kryształów, wynalazł 15 lat wcześniej do pomiaru ładunków elektrycznych.

* $14\,151\,000\,000\,000\,000 / (24\,106 \cdot 6524) = 89\,980\,422$ lat. Warto zauważyć, że wynik jest błędny z powodu *wielu* nieprawidłowych założeń. Na przykład tempo, w jakim rzeki dostarczają sól do oceanu, nie jest niezmiennie, a w dodatku oceany od dawna znajdują się w równowadze stanu zasolenia: skały oceanicznego dna pochłaniają sól w tempie, w jakim wpływa ona do oceanu.

Curie odkryła, że promieniowanie emitowane przez atomy uranu powoduje, iż powietrze wokół nich przewodzi prąd, i postawiła hipotezę, że musi ono być produktem samych atomów (a nie jest spowodowane interakcją z cząsteczkami powietrza).

Po urodzeniu córki Irène w 1897 roku badaczka poświęciła się poszukiwaniu kolejnych niestabilnych pierwiastków. Odkryła tor i stwierdziła, że wytwarza on cztery razy więcej promieniowania niż uran. W 1898 roku jej mąż Pierre porzucił pracę nad kryształami na rzecz znacznie ciekawszych badań tego zagadkowego promieniowania. Pod koniec roku małżonkowie ogłosili odkrycie dwóch kolejnych niestabilnych pierwiastków, które nazwali polonem na cześć ojczyzny Marii, Polski, oraz radem, od łacińskiego słowa *radium*, oznaczającego „promień”. I tak narodziło się pojęcie radioaktywności. W 1903 roku Maria i Pierre Curie oraz Henri Becquerel otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za odkrycie i scharakteryzowanie promieniotwórczości*.

Kluczowym elementem tego odkrycia było ustalenie, że przekształcanie (rozpad) niestabilnych pierwiastków zachodzi w stałym tempie. Jeśli zmierzyć ilość niestabilnego pierwiastka i porównać ją z ilością stabilnego pierwiastka, w który ten pierwszy się przekształca, można ustalić, jak długo trwał ten rozpad. To był

* Początkowo tylko Pierre Curie i Henri Becquerel mieli otrzymać nagrodę, ale członek komitetu, szwedzki matematyk Magnus Gösta Mittag-Leffler, zaalarmował Pierre’a o tej sytuacji, a ten natychmiast złożył skargę. Nazwisko Marii Skłodowskiej-Curie zostało słusznie dodane do listy nagrodzonych. To przykład dla nas wszystkich, czym jest prawdziwa lojalność.

prawdziwy przełom, który zrewolucjonizował geologię. W 1907 roku metody datowania izotopowego używano już do badania skał i okazało się, że Ziemia (a zatem i Słońce, wokół którego krąży) ma co najmniej kilka miliardów lat*.

To była wartość, która wreszcie miała sens dla wszystkich biologów od dawna przekonanych do teorii ewolucji Darwina. Niewesoło było za to fizykom, próbującym dociec, co powoduje, że Słońce świeci, i ostatecznie odrzucić pomysły Kelvina. Chociaż radioaktywność wytwarza ciepło (i można za jej pomocą wyjaśnić ilość ciepła wydzielanego przez Ziemię), nie może być jedynym źródłem energii Słońca. Na początku XX wieku mieliśmy więc dobre pojęcie o wieku Słońca (musiało być co najmniej tak stare jak Ziemia), ale za nic nie dało się wyjaśnić, jak to możliwe, że świeci już tak długo.

I tu do obsady dołącza fizyk Albert Einstein. To nazwisko, obok Stephena Hawkinga, chyba najbardziej kojarzy się z czarnymi dziurami. Można powiedzieć, że jest dziadkiem czarnych dziur — jego teorie zapoczątkowały dziesięciolecia badań nad naturą grawitacji, czasu i przestrzeni. Żeby opowiedzieć tę część historii, potrzebujemy tylko jego najsłynniejszego równania (prawdopodobnie najsłynniejszego równania w dziejach ludzkości), które sformułował w 1905 roku: $E = mc^2$. E oznacza energię, m masę, a c prędkość światła — zawrotne 299 792 458 metrów na sekundę. Wynika z tego, że energia i masa są *równoważne* — zasadniczo to

* Współczesne pomiary datowania izotopowego szacują wiek Ziemi na 4,55 miliarda lat (z marginesem błędu około 0,05 miliarda lat, czyli 1 procent).

nierozerwalnie związane ze sobą jedno i to samo. Masa przekształca się w energię*. Wreszcie pojawiła się idea, która mogła wyjaśnić, skąd wzięły się bajońskie ilości energii, które Słońce produkowało przez miliardy lat: przerabiało po prostu bezpośrednio w energię swoją ogromną masę. Tylko w jaki sposób?

Pierwszy trop wskazał w 1919 roku francuski fizyk Jean Baptiste Perrin, który w 1926 otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za odkrycie, że pojedyncze atomy mogą łączyć się, tworząc cząsteczki. Na przykład O_2 składa się z dwóch atomów tlenu. Perrin odkrył, że zawierający cztery cząstki atom helu waży *mniej* w porównaniu z całkowitą masą czterech jąder wodoru, z których każde ma po jednej cząstce. Różnica w masie była niewielka i wynosiła zaledwie 0,07 procent, ale w świetle $E = mc^2$ nawet niewielka masa może przekształcić się w ogromną ilość energii. Perrin[†] zdał sobie sprawę z doniosłości swojego odkrycia i zasugerował, że to właśnie ten mechanizm może zasilać Słońce. Gdyby połączyć cztery atomy wodoru, tworząc jeden atom helu, pozostała masa mogłaby zmienić się w energię emitowaną w postaci światła. Problem w tym, że Perrin nie posiadał fizycznego modelu, na którym można by zaobserwować ów mechanizm w akcji, a jednocześnie zwrócił uwagę, iż jądra atomów wodoru są naładowane dodatnio i odpychają się nawzajem z ogromną siłą (cząstki w centrach jąder atomów mają

* To również wyjaśnienie mechanizmu wytwarzania się energii w sytuacji, gdy cięższy niestabilny pierwiastek rozpada się radioaktywnie na lżejszy i stabilny.

[†] Do fanów *Koła czasu*: ja też chichotałam, czytając ten akapit. Perrin Aybara: kował, wilczy brat i fizyk jądrowy.

ładunek dodatni, a mniejsze krążące wokół nich elektrony — ujemny).

Potrzeba było uporczywości angielskiego fizyka Arthura Eddingtona, aby w 1920 roku przekonać świat, że jeśli proces łączenia czterech jąder wodoru, w wyniku czego tworzy się hel, ma zachodzić gdziekolwiek, to musi zachodzić w gwiazdach. Po opublikowaniu szeregu artykułów wyjaśniających nowo ogłoszoną ogólną teorię względności Einsteina anglojęzycznemu światu (więcej na ten temat później) Eddington był już w pewnym sensie sławny. Jego własne badania dotyczyły jednak natury gwiazd i tego roku skupił się na kilku związanych z nią założeniach.

Pierwsze założenie dotyczyło temperatur w rdzeniach gwiazd (mówił o tym sam lord Kelvin), które miały wynosić około 10 milionów stopni Celsjusza. Biorąc pod uwagę tak ekstremalne warunki, nasze pojmowanie interakcji między jądrami atomów wodoru i siły odpychania, która nie pozwala tym dodatnio naładowanym jądom zbliżać się do siebie, może być błędne. Po drugie, aby wytworzyć ilość energii wystarczającą do jego spalania przez miliardy lat, wodór musi stanowić zaledwie 5 procent masy Słońca. Na przestrzeni kolejnych dekad koncepcje te okazały się słuszne i przyczyniły się do uzyskania przez Eddingtona statusu BNIP (ang. *Big Name in Physics*, czyli wielkie nazwisko w fizyce).

Urodzona w Wielkiej Brytanii amerykańska astronomka Cecilia Payne-Gaposchkin opublikowała swoją pracę doktorską w 1925 roku. Jej badania wykazały, że ciemne linie Fraunhofera w widmie światła słonecznego są dowodem na to, iż wodoru na Słońcu jest milion razy więcej niż każdego innego pierwiastka. Było jasne, że wodór stanowi znacznie więcej niż tylko 5 procent masy Słońca.

Ostatni element układanki odnalazł się w 1928 roku, kiedy amerykańsko-rosyjski fizyk George Gamow przeanalizował obliczenia matematyczne i zdał sobie sprawę, że istnieje jakieś prawdopodobieństwo, iż jądro wodoru pokona odpychanie elektryczne i umożliwi sobie połączenie się z innym jądrem wodoru. Prawdopodobieństwo to jest niewiarygodnie małe, ale co najważniejsze — *niezerowe*. Jeśli w jedno miejsce napakuje się wystarczająco dużo wodoru — tak jak to jest na Słońcu — teoretycznie to pokonanie siły odpychania może wystąpić wystarczająco dużo razy, aby dzięki wytworzonej w ten sposób energii Słońce mogło świecić.

Problem nareszcie został rozwiązany. To wodór jest paliwem Słońca i wszystkich gwiazd widocznych na nocnym niebie: świecą dzięki zachodzącej w ich rdzeniach syntezie jądrowej. Nie mogę przestać się zastanawiać, co by było, gdybyśmy nie mieli możliwości patrzenia w gwiazdy. Czy w ogóle przyszłoby nam do głowy, żeby zapytać: co sprawia, że gwiazdy świecą? Czy zdalibyśmy sobie kiedyś sprawę, czym tak naprawdę jest Słońce? Gdyby Ziemia znajdowała się na orbicie wokół dwóch gwiazd i po obu stronach planety panowałby niekończący się dzień, nigdy nie zobaczylibyśmy nocnego nieba. Jakich pytań byśmy nie zadali? Jakiego rodzaju postęp w wiedzy i technologii by nas ominął?

Myślę, że my, ludzie, wiele zawdzięczamy wyjątkowej sytuacji, jaką jest możliwość wpatrywania się w nocne niebo. Zawdzięczamy jej również wiedzę na mój ulubiony temat: czarnych dziur. Ponieważ kiedy już dowiedzieliśmy się, dlaczego gwiazdy świecą, nieuchronnie pojawiły się nowe zagwozдки: co się stanie, gdy gwiazdzie skończy się paliwo? Jak wygląda jej śmierć? To właśnie te proste pytania zawiodły nas wprost do serca czarnej dziury.

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 

Urokliwy spacer przez historię Kosmosu... BBC Sky At Night Magazine

Ponad 500 lat zajęło naukowcom, by choć trochę przybliżyć się do zrozumienia, czym są czarne dziury. Tymczasem z zawrotną prędkością 700 000 kilometrów na godzinę okrążasz sam środek Drogi Mlecznej, gdzie skrywa się jedna z nich. Żjawisko próbowali zrozumieć tacy giganci jak Albert Einstein, Stephen Hawking, sir Roger Penrose czy dame Jocelyn Bell Burnell, którzy poświęcili dekady na przeprowadzenie badań i zadawali coraz to trafniejsze pytania o naturę czarnych dziur.

Ta błyskotliwa i pełna humoru książka jest fascynującą podróżą przez pół tysiąca lat historii badań nad czarnymi dziurami – od pierwszych obserwacji nieba i wczesnych koncepcji „ciemnych gwiazd” po spektakularne zdjęcia wykonane za pomocą nowoczesnych teleskopów. Dowiesz się, dlaczego czarne dziury wcale nie są czarne i czym grozi spaghettizacja, a także że są one raczej jak spoczywające na sofie poduszki niż kosmiczne odkurzacze. I przede wszystkim: jak to możliwe, że poza horyzontem zdarzeń przyszłość przestaje być kierunkiem w czasie, a staje się kierunkiem w przestrzeni. Dzięki lekkiej, przystępnej narracji nawet najtrudniejsze zagadki Wszechświata stają się zrozumiałe – i niesamowicie ekscytujące.

DR BECKY SMETHURST – brytyjska astrofizyczka i laureatka prestiżowych nagród, od 2022 roku stypendystka Królewskiego Towarzystwa Astronomii przy Uniwersytecie Oksfordzkim. Specjalizuje się w nauce o supermasywnych czarnych dziurach. Jako autorka bestsellerowych książek jest znana z umiejętności przekazywania złożonej wiedzy w przystępnej i inspirującej formie.

Helion 

ISBN 978-83-289-2340-9



9 788328 923409

cena: 59,90 zł