

PHILIP PLAIT

POD OBCEMI NIEBAMI

PODRÓŻ PRZEZ NIEZWYKŁE ZAKĄTKI
WSZECHŚWIATA

Kosmiczna przygoda, jakiej jeszcze nie było

książka polecana przez *Financial Times*, *Science News*
i *Scientific American*

Helion 

Tytuł oryginału: Under Alien Skies: A Sightseer's Guide to the Universe

Tłumaczenie: Krzysztof Krzyżanowski

Projekt okładki: Maciej Grzegorek

ISBN: 978-83-289-3661-4

Copyright © 2023 by Bad Astronomy, LLC.

All rights reserved.

Originally published by W. W. Norton & Company, Inc.

Polish edition copyright © 2026 by Helion S.A.

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.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek 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.

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

helion.pl/user/opinie/podobc

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

PRZEDMOWA	9
JEDEN MAŁY KROK: KSIĘŻYC	13
NIEBO CZERWONEJ PLANETY: MARS	47
KOSMICZNE SZKODNIKI: ASTEROIDY I KOMETY	79
JEDNA OPASANA PIERŚCIENIAMI PLANETA, BY RZĄDZIĆ NIMI WSZYSTKIMI: SATURN	109
NA OBRZEŻACH UKŁADU SŁONECZNEGO: PLUTON	143
MINIATUROWY UKŁAD SŁONECZNY: PLANETY KRAŻĄCE WOKÓŁ CZERWONYCH KARŁÓW	173
NIEBO NAD TATOOINE: PLANETA Z DWOMA SŁOŃCAMI	207

PLANETA Z MILIONEM SŁOŃC:
GROMADY KULISTE 235

WEWNĄTRZ FABRYK, W KTÓRYCH POWSTAJĄ GWIAZDY:
MGŁAWICE 261

OSTATNIE NIEBO, JAKIE ZOBACZYSZ:
CZARNE DZIURY 291

EPILOG 323

PODZIĘKOWANIA 327

LEKTURY DODATKOWE 329

JEDEN MAŁY KROK

KSIĘŻYC

Jest północ czasu lokalnego — choć to mało istotne, bo wszyscy i tak posługują się dla wygody uniwersalnym czasem koordynowanym — a Ty znajdujesz się na zewnątrz i leżysz na specjalnym fotelu. Właściwie bardziej przypomina on dostosowany do obszernego skafandra szezlong, który podtrzymuje Cię we właściwej pozycji: zasadniczo pozwala Ci spoglądać prosto w górę. Inni turyści z Twojej grupy leżą wokół Ciebie na swoich fotelach, ale gdy przybyliście, na miejscu było już kilkanaście innych osób. Ich skafandry kosmiczne świadczą o tym, że są pracownikami kopalni znajdującej się w pobliżu bieguna południowego; najwyraźniej agencje kosmiczne i firmy przyznały z okazji tego wydarzenia specjalne przepustki tym wszystkim pracownikom, bez których mogły się obyć. W końcu nikt nie chciałby właśnie w takiej chwili pracować w kopalni lodu.

Ta konkretna, rozległa platforma przylega do dużej, wieloosobowej służby powietrznej bazy Alfa i została specjalnie zaprojektowana jako zewnętrzny taras służący do prowadzenia takich właśnie obserwacji. Fotele są regulowane, ale przymocowano je na stałe do uchwytów wbudowanych w platformę. Wykonane są z jakiegoś materiału odpornego na wahania temperatury i intensywne promieniowanie ultrafioletowe. Sama platforma zbudowana jest z regolitu — sproszkowanych skał i wszechobecnego pyłu — ubitego i utwardzonego z myślą o zapewnieniu mu większej solidności.

Nie jest Ci do końca wygodnie, aczkolwiek nie masz powodów do narzekania. Przewodnicy już wcześniej wyregulowali wszystkim fotele i upewnili się, że każdy czuje się tak komfortowo, jak to tylko możliwe w tych okolicznościach. Przed chwilą wyłączono zewnętrzne światła, ale widzisz wszystko bez żadnych problemów: Ziemia w pełni wisi niemal dokładnie nad Tobą, zapewniając więcej światła, niż to konieczne, by Twoje otoczenie było dobrze widoczne. Z pewnością jest jaśniejsza niż Księżyc w pełni widziany z Ziemi.

Spoglądasz w górę i przyglądasz się kolebce ludzkości. Faktura powierzchni Ziemi — chmury, lądy, oceany — utrudnia początkowo dostrzeżenie tego, co skłoniło Cię do przybycia w to miejsce. W pewnym momencie zauważasz jednak to, czego szukał Twój wzrok: małe, rozmyte czarne kółko, dosyć niewielkie w zestawieniu z tarczą Ziemi, pełnące powoli po powierzchni ojczystej planety gatunku ludzkiego. Prędkość jest oczywiście względna — ten cień przemieszcza się w tempie ponad 1600 kilometrów na godzinę, czyli szybciej niż dźwięk. Gdy jednak obserwujesz to wszystko z odległości ponad 384 tysięcy kilometrów, nawet ta ogromna prędkość wyraźnie maleje.

Łącze komunikacyjne wypełnia się westchnieniami i radosnymi okrzykami w rodzaju: „O, tam jest!”. Uśmiechasz się, ale wyciszasz łącze. Wolisz doświadczać tego wszystkiego wyłącznie w towarzystwie własnych myśli. Gdyby pojawiła się taka potrzeba, przewodnicy i tak mogą wyłączyć wyciszenie.

Wiercąc się trochę w skafandrze, żeby wygodniej się ułożyć, wspominasz czasy, kiedy rodzice pokazali Ci zaćmienie Słońca. To jedno ze wspomnień z Twojego dzieciństwa. Pamiętasz, jak zmieniło się wówczas światło, powietrze zrobiło się chłodne, śpiew ptaków ustał, a świerszcze zaczęły cykać, ponieważ myślały, że nadchodząca ciemność to noc, a nie cień Księżyca przesuwający się po ziemskim krajobrazie. Gdy nastąpiła faza całkowitego zaćmienia i Księżyc przestonił Słońce, widok korony słonecznej — eterycznej atmosfery, która otacza tę gwiazdę niczym świetlista mgła — zapierał dech w piersiach. Był to niesamowity obraz, być może piękniejszy niż wszystko, co było Ci dane podziwiać — aż do teraz.

Tym razem otacza Cię absolutna cisza. Żadnego wiatru, żadnych ptaków, żadnych owadów. Jesteś tylko Ty i z wnętrza swojego skafandra obserwujesz cień Księżyca przesuwający się po Ziemi.

Zastaniasz Ziemię dłońią i blask znika. Niebo wokół jest całkowicie czarne, choć zauważasz na nim kilka gwiazd. Gdyby Twoje oczy miały kilka minut na przystosowanie się, dostrzegłyby tysiące takich obiektów, ale nie ma sensu powtarzać eksperymentu realizowanego przez Ciebie wielokrotnie podczas wcześniejszych pobytów na zewnątrz. Opuszczasz dłoń i Ziemia znów przyciąga Twój wzrok.

Kilka minut później widzisz już, że cień nie przechodzi przez centralny punkt tarczy Ziemi, lecz przecina ją płytką cięciwą. To trochę rozczarowujące, ale i tak zapiera dech w piersiach — i wciąż się liczy.

Wkrótce jest już po wszystkim. Musisz poczekać, aż przewodnicy pomogą Ci wstać, ponieważ wykonywanie tego typu ruchów w środowisku o niskiej grawitacji jest dosyć trudne. Górnicy wstają jednak od razu i kierują się do służby powietrznej. Podejrzewasz, że duże doświadczenie sprawia, iż poruszanie się przychodzi im z dużo większą łatwością.

Po kilku minutach stoisz pośród reszty Twojej grupy wycieczkowej — wszyscy są uśmiechnięci, a na ich twarzach maluje się wyraz zachwytu, który z pewnością jest też widoczny na Twoim obliczu. Kierujecie się do służby powietrznej, a przewodnicy sprawdzają każdą osobę: kontrolują skafandry i używają impulsu elektrostatycznego w celu usunięcia z nich księżycowego pyłu. Widzisz, że górnicy są już w środku i zmierzają do promów, które zabiorą ich z powrotem na południowy biegun Księżyca, do cienia, lodu i maszyn wiertniczych.

Kiedy obserwujesz to wszystko, w Twojej głowie pojawia się pewna myśl: możesz teraz twierdzić, że jesteś jedną z nielicznych istot ludzkich, które podziwiały zaćmienie Słońca z *drugiej strony*, znajdując się ponad Ziemią i spoglądając w dół, wtedy gdy cień Księżyca przestaniat Słońce mieszkańcom naszej planety.

Śluga powietrzna zamyka się za Tobą, odcinając widok na księżycowy krajobraz. Czas na kolejną przygodę.



SPOŚRÓD CAŁEGO OBSERWOWALNEGO WSZECHŚWIATA — NIEZLICZONYCH gwiazd, galaktyk, obłoków gazowych i innych obiektów — to Księżyc jest z naszej perspektywy najbliższym ciałem niebieskim. Jest nam tak dobrze znany, że nie nadajemy mu nawet specjalnej nazwy: określamy go po prostu mianem księżyca lub (bardziej poprawnie) Księżycą będącego archetypem innych zapisywanych małą literą księżyców w Układzie Słonecznym.

Niezależnie od tego wszystkiego, chociaż jest naszym najbliższym sąsiadem, pozostaje dla nas jednym z najbardziej obcych ciał niebieskich.

To fascynujący paradoks. Księżyc jest przecież widoczny z każdego zakątka naszej planety. Jako drugi pod względem jasności obiekt na niebie zapewnia na tyle dużo światła, że przy jego blasku można czytać. Jest też jednym z nielicznych ciał niebieskich, które można zobaczyć wraz ze szczegółami bez używania jakichkolwiek przyrządów. Jego mapy stworzono jeszcze przed wynalezieniem teleskopu.

Weź jednak pod uwagę coś jeszcze: praktycznie połowa Księżycą pozostaje przez cały czas niewidoczna dla znajdującego się na Ziemi obserwatora. „Ciemna strona Księżycą” stała się wręcz synonimem czegoś tajemniczego, odległego, na zawsze ukrytego.

Liczba szczegółów, jakie możemy dostrzec na księżycowej powierzchni przy użyciu dużych teleskopów znajdujących się na Ziemi, jest ograniczona. Nawet jeśli odwołujemy się do Kosmicznego Teleskopu Hubble’a, najmniejszy obiekt, jaki możemy zobaczyć na Księżycu, ma rozmiary boiska piłkarskiego. Wraz z nadejściem ery podróży kosmicznych zyskaliśmy jednak o wiele dokładniejszy obraz tego ciała niebieskiego. Wysłaliśmy na Księżyc dziesiątki sond, które krążyły wokół niego, lądowały na nim i przemierzały jego powierzchnię. Nie można też oczywiście zapominać o sześciu misjach z udziałem ludzi, którzy spacerowali po Srebrnym Globie.

Od ostatniej wizyty człowieka na Księżycu upłynęło już sporo czasu, ale postępy w dziedzinie techniki raketowej przybliżyły nas do ponownego

wysłania tam ludzi. Wiara w to, że podróże na Księżyc nabiorą bardziej rutynowego charakteru, przestała już być czystą fantastyką naukową. Wysyłanie rakiet w kosmos staje się coraz tańsze, przynajmniej w porównaniu z tym, do czego przyzwyczajone były rządy; coraz więcej krajów angażuje się także w eksplorację Księżyca, rozważając możliwość tworzenia tam załogowych baz naukowych czy nawet wydobywania zasobów. W związku z tym nie jest wcale zupełną niedorzecznością oczekiwanie, że z czasem rozwinie się także turystyka kosmiczna. Nie jestem na tyle nierozsądny, by zgadywać, kiedy konkretnie do tego dojdzie, ale liczę na to, że wydarzy się to jeszcze za mojego życia¹. Nasz Księżyc, paradoksalnie znajomy, a jednocześnie dosłownie nie z tego świata, może pewnego dnia gościć turystów spacerujących po jego powierzchni. Jak to wszystko będzie wyglądać? Co poczują ci kosmiczni turyści? Co zobaczą?

Wyobraźmy sobie, że należysz do takich turystów i uczestniczysz w przygodzie, której mogło posmakować tak niewielu ludzi. Wszystko dzieje się w przyszłości (odległej być może o kilka dekad), a po dotarciu rakieta na orbitę okołoziemską przesiadasz się do promu księżycowego, którym docierasz do celu podróży². Kto wie, czy nie poczujesz rozczarowania związanego z tym, że po wylądowaniu na Księżycu nie możesz od razu przespacerować się po jego powierzchni. Obsługa zabiera Cię jednak na lądowisko, a potem do tunelu prowadzącego bezpośrednio do Twojego hotelu. Bezpieczeństwo przede wszystkim! W końcu znajdujesz się w niegościnnym otoczeniu i musisz najpierw przywyknąć do księżycowych warunków.

Możesz pożałować tego, że nie można się było przyzwyczaić do nich wcześniej, jeszcze przed dotarciem na miejsce. Twoim pierwszym spostrzeżeniem będzie to, że przebywanie na Księżycu jest zdecydowanie dziwne.

¹ Nie żebym sam miał zamiar skorzystać z tej opcji. Dostaję choroby lokomocyjne nawet na huśtawce na placu zabaw.

² Przewidywania, które Arthur C. Clarke przedstawił w filmie *2001: Odyseja kosmiczna*, okazały się słuszne: z punktu widzenia inżynierii kosmicznej bezpośredni lot na Księżyc jest trudny i wymaga znacznie więcej paliwa niż wzniesienie się na wysokość kilkuset kilometrów i dotarcie w ten sposób do stacji orbitalnej krążącej wokół Ziemi, a następnie pokonanie reszty trasy specjalnym promem.

Nie mówię tu nawet o przemieszczaniu się, chodzeniu w specyficzny sposób, skakaniu czy komicznych upadkach w zwolnionym tempie (które niewątpliwie czekają Cię, gdy tylko spróbujesz się ruszyć: upadniesz powoli na cztery litery, energicznie i pocieszenie wymachując przy tym rękami, choć i tak w niczym Ci to nie pomoże). Zanim jednak do tego dojdzie, stwierdzisz, że samo stanie w miejscu jest naprawdę osobliwe.

To ogólnie ciężka sprawa — dosłownie i w przenośni. Grawitacja, jaką odczuwasz, gdy stoisz na powierzchni jakiegoś obiektu (czy to asteroidy, czy też księżyc, planety albo gwiazdy neutronowej), zależy od jego masy i rozmiarów. Księżyc ma czterokrotnie mniejszą średnicę niż Ziemia, a jego masa jest 80 razy mniejsza od masy naszej planety. Przekłada się to na siłę księżycowej grawitacji, która odpowiada mniej więcej jednej szóstej przyciągania ziemskiego.

Spójrz na wagę, a potem policz: jeśli na Ziemi ważysz tyle, ile przeciętny dorosły człowiek, to na Księżycu będziesz ważyć jakieś 10 – 15 kilogramów. To mniej więcej tyle, ile waży na naszej planecie trzyletnie dziecko. Ty zaś, jako osoba dorosła (lub zbliżająca się do dorosłości), stwierdzisz, że ważysz na Księżycu o pięć szóstych mniej niż na Ziemi.

To będzie dziwne uczucie. Każdy, kto kiedykolwiek jechał kolejką górską, leciał samolotem czy choćby korzystał z windy, doświadczył zarówno wyższej, jak i niższej grawitacji. Te odczucia były jednak chwilowe — prawdopodobnie utrzymywały się tylko przez kilka sekund. Podczas pobytu na Księżycu niższa grawitacja będzie Ci towarzyszyć przez cały czas: zawsze będziesz tam ważyć jedną szóstą swojej ziemskiej wagi.

Samo *przebywanie tam* będzie więc niecodziennym przeżyciem. Normalne chodzenie okaże się niemożliwe. Ludzie są przyzwyczajeni do chodzenia w sposób, który pozwala im podtrzymywać ciężar ich ciał w ziemskim polu grawitacyjnym. Ponieważ przyciąganie na Księżycu jest słabsze, poruszanie się w taki sposób oznaczałoby używanie znacznie większej siły, niż byłoby to konieczne lub pożądane. Każdy taki krok powodowałby oderwanie się od podłoża. Słabsza grawitacja oznacza też, że wykonanie jednego kroku zabiera więcej czasu, ponieważ unoszenie się i opadanie Twojego ciała

podczas tego ruchu będzie przebiegać w wolniejszym tempie. W związku z tym przyjdzie Ci dostosować do tej nowej sytuacji siłę, z jakiej robisz użytek, a także rytm Twojego chodu.

Astronauci z misji Apollo odkryli podczas treningów przed spacerami po Księżycu, że najlepszym sposobem poruszania się jest w tych warunkach specyficzny, posuwisty krok (to spostrzeżenie potwierdziło się po lądowaniu na Srebrnym Globie). Był to kompromis między chodzeniem i skakaniem, a przy okazji zużywał też najmniej energii, ponieważ poruszanie się w krępujących ruchy skafandrach kosmicznych było bardzo męczące³.

Jeśli upuścisz coś na Księżycu, ten przedmiot będzie spadać wolniej niż na Ziemi. Gdy jednak spróbujesz to złapać, prawdopodobnie wykonasz zbyt gwałtowny ruch, wyciągając rękę z taką prędkością, jaka byłaby właściwa na Ziemi. Przyzwyczajenie się do nowych warunków zajmie Ci trochę czasu. Niewykluczone, że nowicjusze będą raz za razem przesadzać z gwałtownością reakcji, zanim wreszcie przystosują się do niższej siły przyciągania.

Oprócz tego przyjdzie Ci się zmierzyć z kwestią różnicy między masą a ciężarem — zagadnieniem, które na Ziemi nabiera zwykle charakteru czysto akademickich rozważań. Twoja masa to ilość materii, z której się składasz, i pozostaje ona taka sama bez względu na to, gdzie się znajdujesz; ciężar zależy natomiast od grawitacji, jaka na Ciebie oddziałuje. To oznacza, że chociaż na Księżycu będziesz ważyć znacznie mniej niż na Ziemi, a Twoje ciało będzie sprawiało wrażenie lżejszego, to Twoja masa pozostanie taka sama, a co za tym idzie — nie zmieni się Twoja inercja, czyli bezwładność przeciwdziałająca zmianie prędkości lub kierunku ruchu. W związku z tym, jeśli będziesz się szybko poruszać, zatrzymanie się będzie

³ Czasami twórcy filmów science fiction próbują imitować niższą grawitację, pokazując ludzi poruszających się w zwolnionym tempie, ale to się nie sprawdza: wykonywanie czynności niezależnych od grawitacji — na przykład uniesienie ręki, by podrapać się po nosie — również jest wtedy spowolnione, co wygląda po prostu głupio. W rzeczywistości Twoja ręka zmierzałaby w kierunku nosa tak samo szybko jak na Ziemi. Lepszym sposobem byłoby w przypadku produkcji filmowej użycie systemu lin i ciężarków, który faktycznie odciążałby aktorów. Później można byłoby komputerowo usunąć te liny na etapie postprodukcji.

wymagało takiej samej siły jak na Ziemi. Intuicyjnie *wydawałoby się*, że potrzebna do tego siła powinna być mniejsza, ponieważ mniej ważysz — lecz bezwładność zależy od masy, a nie od ciężaru. Jeśli zobaczysz na powierzchni Księżyca coś ciekawego i postanowisz tam podbiec, wytracenie prędkości okaże się zaskakująco trudne i prawdopodobnie miniesz cel, najpewniej przewracając się przy okazji.

Z czasem zdołasz się mimo wszystko do tego przyzwyczaić. Poruszanie się w wolniejszy i bardziej rozważny sposób stanie się naturalne, a Twoje nogi przywykną do księżycowych warunków.

To jednak dopiero pierwszy krok — i to całkiem dosłownie.



KIEDY JESTEŚ NA OBCEJ PLANECIE, WSZYSTKO JEST... INNE. WŁAŚNIE DLATEGO określamy to miejsce mianem „obcego”.

Gdy przez jeden lub dwa dni potrzebne na aklimatyzację nie będziesz w stanie opuścić swojego księżycowego hotelu, z pewnością Twoją uwagę będzie stale przyciągać duże okno z widokiem na okolicę. Nie będzie ona przypominała tego, co można oglądać na Ziemi. W oddali mogą być widoczne góry lub wzgórza, tu i ówdzie wypatrzysz zapewne jakieś głązy, ale szybko zauważysz, że teren pokryty jest kraterami (dostrzeżenie tego będzie łatwiejsze, jeśli znajdziesz się na wyższym piętrze zapewniającym lepszy widok). Niektóre obszary, zwane wyżynami, są nimi wręcz usiane: każdy centymetr kwadratowy powierzchni jest częścią jakiegoś krateru. Poszczególne kratery nakładają się na siebie, a nowsze częściowo zasłaniają te starsze.

Te kratery to blizny⁴, które powstają w wyniku uderzeń asteroid i komet — lodowych kul skalnych (lub skalistych kul lodowych) krążących wokół Słońca. Na Ziemi kratery są rzadkością, ponieważ nasza atmosfera chroni nas przed mniejszymi obiektami niczym tarcza: spala je,

⁴ Nieco staromodnym synonimem słowa „krater” jest *astroblema*, co w dosłownym tłumaczeniu oznacza „gwiazdną ranę”.

przedzierają się przez nią z naddźwiękową prędkością i gwałtownie sprężają i rozgrzewają powietrze przed sobą. Mniejsze kawałki skał wyparowują; nawet te większe, o średnicy do około 30 metrów, rozpadają się pod wpływem naprężeń. W tej sytuacji potrzebny jest naprawdę duży obiekt, jeśli ma się on przebić przez naszą atmosferę i utworzyć krater. Co więcej, gdy już pojawi się on na powierzchni naszej planety, nad jego zatarciem pracować będzie erozja wynikająca z działania wiatru i wody (a jeśli weźmiemy pod uwagę bardzo odległą perspektywę czasową, także tektonika i dryf kontynentalny). W rezultacie na Ziemi pozostało niewiele kraterów — wiemy o istnieniu mniej niż 200 takich obiektów. Żeby zobaczyć tyle kraterów na Księżycu, wystarczyłoby wyjść przez drzwi frontowe i spojrzeć pod nogi⁵.

Istotna różnica polega na tym, że Księżyc nie ma atmosfery. Jego grawitacja jest zbyt słaba, by gaz utrzymał się przez dłuższy czas w pobliżu jego powierzchni. Światło słoneczne ogrzewa gaz, powodując jego rozprężanie i ucieczkę, przynajmniej w perspektywie długoterminowej wyrażanej w milionach lat. Bez atmosfery, która mogłaby spalić asteroidy i komety, tego typu obiekty uderzają bezpośrednio w powierzchnię Księżyca z zawrotną prędkością sięgającą dziesiątek tysięcy kilometrów na godzinę. Energia kinetyczna tych obiektów może być ogromna: w przypadku większych kawałków skał dorównuje ona sile rażenia broni jądrowej. Gdy takie obiekty są bardzo duże (mają na przykład rozmiary ziemskiej góry), mogą skrywać energię przewyższającą sumaryczną moc całego ziemskiego arsenału broni jądrowej. Podczas zderzenia z powierzchnią Srebrnego Globu energia ta uwalniana jest w postaci ciepła, światła i poruszających się z ogromną prędkością odłamków księżycowych skał. W rezultacie następuje eksplozja, a zaraz potem powstaje krater.

Na Księżycu *zachodzi* jednak erozja. Powierzchnię Srebrnego Globu niszczy wiele procesów, lecz przebiegają one wolniej niż te na Ziemi i w bardziej osobliwy sposób. Ponieważ nie ma tam atmosfery regulującej temperaturę,

⁵ Przy założeniu, że Twój księżycowy hotel ma frontowe drzwi. (Jeśli je posiada, mam nadzieję, że szczególnie się zamykają).

na oświetlonej stronie Księżyca jest na przykład bardzo gorąco, a tam, gdzie panuje ciemność — bardzo zimno. Na Ziemi wilgotna atmosfera i oceany z powodzeniem zapobiegają występowaniu takich skrajności; woda skutecznie pochłania i wypromieniowuje ciepło, gromadząc je w ciągu dnia i uwalniając w nocy, co łagodzi problem dużych wahań temperatury. Różnica temperatury między dniem a nocą wynosząca około 15°C wydaje się normalna (choć na pustyniach i w innych suchych miejscach takie wahania mogą być silniejsze), ale bez atmosfery byłaby znacznie wyższa.

Na Księżycu temperatura może osiągnąć 120°C w południe i -130°C tuż przed świtem. Skąły na powierzchni doświadczają tych ekstremalnych wahań temperatury podczas każdego księżycowego dnia. Szybkie nagrzewanie i wychładzanie się skał powoduje ich rozszerzanie i kurczenie się, co nazywamy naprężeniami cieplnymi. Może to powodować pękanie skał i z czasem (po milionach lat) skutkować rozpadem dużych głazów, po których zostaną małe kamienie.

Do erozji księżycowej przyczynia się także materiał skalny pochodzący z przestrzeni kosmicznej. Nie są to wyłącznie duże kamienie: kosmos wypełniony jest mniejszymi fragmentami komet i asteroid, najczęściej mającymi wielkość ziaren piasku lub jeszcze drobniejszymi. Gdy zbliżają się one do Ziemi, spalają się w jej atmosferze, tworząc meteory (potocznie, choć mylnie, nazywane spadającymi gwiazdami). Powierzchnia pozbawionego atmosfery Księżyca jest z kolei narażona na ich bezpośrednie uderzenia. Bardzo małe odłamki skalne mogą tam tworzyć mikroskopijne kratery, a jeśli minie naprawdę dużo czasu, doprowadzą do erozji skał na powierzchni Księżyca.

Sposób, w jaki kratery zmieniają się pod wpływem tych procesów, pomaga planetologom określać wiek takich zagłębień. Młode kratery mają ostre krawędzie i jasny wzór tworzony przez materiał rozrzucony wokół w chwili uderzenia. Z czasem erozja wygładza krawędzie, a światło słoneczne sprawia, że ten „świeższy” materiał skalny wokół krateru ciemnieje. Proces ten może trwać miliony, a nawet miliardy lat. Jak by to było stanąć w małym, wygładzonym przez erozję kraterze, a potem pomyśleć, że te procesy

zachodziły nieprzerwanie przez eony, zanim na Ziemi pojawiły się dinozaury, a może nawet przed tym, jak życie wypełzło z morza na ląd?

Jeśli doprowadzimy ten proces erozji do logicznego końca, nawet duże skały zostaną ostatecznie zamienione w proszek zwany regolitem. Nie należy go mylić z ziemią czy glebą: te terminy implikują procesy biologiczne rozkładające skały i minerały na Ziemi. Brak życia na Księżycu oznacza też, że nie ma tam gleby. Regolit oglądany gołym okiem przypomina bardzo drobny, szary proszek, choć gdy przyjrzyś mu się przez mikroskop, zobaczysz coś przerażającego: poszczególne drobinki mają wiele ostrych i szorstkich elementów, a czasem nawet są zeszlone przez energię ciepłą maleńkich uderzeń. Księżycowy regolit można w istocie porównać nie tyle do drobnego proszku, ile do popiołu wulkanicznego. Silnie podrażnia ludzką skórę i *nie* chcesz, żeby Twój organizm miał z nim styczność. Astronauci z misji Apollo dość często na niego narzekali.

Znalezienie się regolitu *na Twojej skórze* wciąż jest jednak lepsze niż sytuacja, w której dostanie się on *do wnętrza* Twojego organizmu. Wdychanie zbyt dużej ilości takiego pyłu może podrażnić płuca, prowadząc do problemów z oddychaniem, kaszlu, bólu gardła i tym podobnych. Takie objawy są powszechne wśród osób przebywających w pobliżu erupcji wulkanu. Jeśli ten pył dostanie się do płuc w zbyt dużej ilości lub będziesz go wdychać przez dłuższy czas, mogą się też pojawić poważniejsze długoterminowe skutki.

Na problemy powodowane przez księżycowy regolit nie są również odporne maszyny. Taki pył jest całkowitym przeciwieństwem smaru. Jeśli dostanie się do urządzeń z ruchomymi częściami — takich jak pompy powietrza czy wrota służące powietrznej — może powodować wszelkiego rodzaju uszkodzenia, uniemożliwiając dalsze działanie sprzętu. Niewykluczone, że będzie to poważne wyzwanie z perspektywy przyszłych mieszkańców Księżyca, więc zarówno NASA, jak i Europejska Agencja Kosmiczna szukają metod pozwalających zminimalizować ten problem.

Jednym z możliwych rozwiązań jest użycie elektryczności statycznej. Ten efekt zna każdy, kto kiedykolwiek potarł balonem o włosy i przykleił go do ściany lub odczuł niewielkie wyładowanie elektryczne, gdy przespacerował się po dywanie, a potem dotknął klamki. Elektryczność statyczna powstaje, kiedy na powierzchni obiektu dochodzi do zaburzenia równowagi naładowanych cząstek (zwykle elektronów), co może wpływać na jego zachowanie. Ładunek ujemny w potartym włosami balonie przyciąga ładunki dodatnie w farbie na ścianie, więc balon przykleja się do tej powierzchni.

Te same prawa fizyki mogą zostać wykorzystane w celu minimalizacji wpływu księżycowego regolitu. Jeśli małym, ostrym kawałkiem materiału skalnego można byłoby nadać ładunek statyczny, to teoretycznie dałoby się je oderwać od skafandra astronauty dzięki użyciu pola elektrycznego. Pociieranie głową o pokryty regolitem skafander kosmiczny nie jest raczej najlepszym pomysłem (zwłaszcza gdyby ktoś chciał to robić na zewnątrz słuzy powietrznej), ale istnieją inne sposoby na wytworzenie takiego ładunku. Impuls promieniowania ultrafioletowego może wybić elektrony z atomów na powierzchni cząsteczek regolitu, nadając drobinkom takiego pyłu dodatni ładunek. Wytworzenie ładunku ujemnego na dużej, metalowej płycie zamontowanej na ścianie mogłoby wtedy usunąć część regolitu ze skafandra. Cały ten proces jest oczywiście trochę bardziej skomplikowany, ale mógłby być częścią bardziej złożonej metody czyszczenia skafandrów i ograniczania ilości regolitu przenikającego do wnętrza księżycowej bazy.

Regolitowi nie można jednak odmówić pewnych zalet. Znaczna część elewacji przyszłej bazy księżycowej może być zbudowana właśnie z niego. Pod pewnymi względami przypomina on suchy beton i niewykluczone, że okaże się przydatnym materiałem budowlanym. To kolejna kwestia, która jest dogłębnie analizowana przez agencje kosmiczne. Dzięki wykorzystaniu skoncentrowanego światła słonecznego jako źródła ciepła księżycowy regolit mógłby być spiekany (ściskany i podgrzewany aż do zestalenia) lub nawet wykorzystywany jako materiał do drukowania przestrzennego elementów przyszłej bazy.

Regolit jako materiał budowlany powinien zapewnić dobrą ochronę przed palącym słońcem, promieniowaniem kosmicznym (wysokoenergetycznymi cząstkami subatomowymi przemierzającymi z ogromną prędkością galaktykę), burzami słonecznymi, a nawet mikrometeoritami. Wykonana w ten sposób fasada księżycowego hotelu nie będzie grzeszyć pięknem, ale powinna być funkcjonalna i znacznie tańsza niż elewacja z materiałów budowlanych transportowanych z Ziemi. Pierwsze księżycowe budowle będą bez wątpienia wykonane z prefabrykowanych elementów przywiezionych przez astronautów, ale dalsza rozbudowa może się opierać na dostępnych na miejscu materiałach w rodzaju regolitu.



KOLEJNĄ RZECZĄ, JAKĄ ZAUWAŻYSZ PRZEZ OKNO SWOJEGO HOTELU, będzie to, że przez tych kilka dni, podczas których będziesz się przyzwyczajać wewnątrz tego obiektu do słabszej grawitacji, Słońce prawie nie zmieni swojej pozycji na niebie. Jeśli w chwili Twojego przybycia do hotelu było księżycowe południe, to dwa ziemskie dni później na Srebrnym Globie będzie popołudnie. Dzieje się tak, ponieważ księżycowy „dzień” — nazwijmy tak czas, jaki upływa na przykład między kolejnymi wschodami Słońca, czyli zanim podczas swojej pozornej wędrówki po niebie wróci ono do tego samego punktu — trwa niemal tyle samo, ile ziemski miesiąc. Właśnie tyle czasu potrzebuje Księżyc, aby wykonać pełny obrót wokół własnej osi, co stanowi definicję dnia. Jeśli podzielimy ten księżycowy dzień na 24 księżycowe godziny, to jedna księżycowa godzina będzie nieco dłuższa niż jeden ziemski dzień.

Na Ziemi możesz ocenić porę dnia po położeniu Słońca na niebie. Na Księżycu też jest to wykonalne, choć wszystko wygląda tu nieco inaczej. Jeśli na Ziemi cienie są długie, wiesz, że musisz kończyć to, co właśnie robisz, by zdążyć przed zmrokiem, natomiast na Księżycu możesz jeszcze mieć kilka ziemskich dni na ukończenie realizowanego właśnie zadania.

To coś, do czego trzeba się będzie przyzwyczaić — niczym do jet lagu⁶, który nie chce minąć.

Ta kwestia może być najwyraźniej widoczna podczas wschodu i zachodu Słońca. W pobliżu równika Ziemi i dalej od niego, aż do średnich szerokości geograficznych, Słońce potrzebuje około 2 minut, aby całkowicie zejść: mam tu na myśli czas upływający od momentu, gdy dolna krawędź tarczy słonecznej dotyka linii horyzontu, do chwili, kiedy znika za nią jej górna część. Bliżej biegunów trwa to dłużej, ponieważ ścieżka Słońca na niebie jest znacznie niższa, więc znika ono za horyzontem pod bardzo niewielkim kątem, co wydłuża czas zachodu. Zachód Słońca na Księżycu będzie jednak trwał znacznie dłużej: w pobliżu równika będzie się ciągnął przez godzinę. To z pewnością zaburzy Twoje poczucie czasu.

Jeszcze bardziej zaskakujące jest to, że nawet gdy Słońce jest w ciągu dnia wysoko na niebie, to sklepienie pozostaje całkowicie czarne. To kolejne zjawisko, którego przyczyną jest brak atmosfery na Księżycu. Jej nieobecność sprawia, że nie ma niczego, co mogłoby rozświetlić niebo, nawet w ciągu dnia.

Na Ziemi niebo jest czarne tylko w nocy, długo po zachodzie Słońca, natomiast w ciągu dnia pozostaje jasne. Traktujemy to jako coś oczywistego, ale w istocie jest to specyficzny efekt interakcji światła słonecznego z naszą atmosferą. Powietrze na Ziemi składa się przede wszystkim z cząsteczek azotu, które stanowią około 78% naszej atmosfery; reszta to głównie tlen, którego zawartość sięga niemal 21%. Światło wchodzi w skomplikowane interakcje z drobnymi cząsteczkami, a sposób, w jaki zmienia się po uderzeniu w daną molekułę, zależy od jego długości fali, czyli koloru. Światło o większej długości fali — z czerwonego krańca spektrum — ma tendencję do przenikania bez przeszkód. Więcej problemów napotyka światło niebieskie: cząsteczki azotu i tlenu są dla tego rodzaju promieniowania przeszkodą i odbijają je w półlosowych kierunkach.

⁶ Zastanawiam się, czy termin „kosmiczny jet lag” zdobędzie kiedyś popularność. Kto wie, może ludzie będą mówić po prostu o „kosmicznym lagu”.

Gdyby wokół Ziemi nie było atmosfery, jedyne światło rejestrowane przez Twój wzrok pochodziłoby bezpośrednio ze Słońca. Nasza ziemska atmosfera sprawia jednak, że gdy spoglądasz w niebo z dala od Słońca, widzisz mnóstwo cząsteczek azotu i tlenu, które odbijają niebieskie światło słoneczne w Twoim kierunku. Dokładnie z tego powodu niebo jest niebieskie! Dostrzegasz niebieskie światło wszędzie tam, gdzie znajdują się cząsteczki azotu i tlenu. To wyjaśnia również, dlaczego podczas zachodu Słońca dominującą barwą jest czerwień. Im bliżej linii horyzontu spoglądasz, tym więcej powietrza oddziela Cię od tego, na co patrzysz. Gdy Słońce jest nisko, jego promienie przechodzą przez większą ilość powietrza, co zwiększa szanse na rozproszenie światła. Nawet zielone i żółte światło może się rozprzyszczyć, jeśli przejdzie przez wystarczająco dużo powietrza — w tej sytuacji pozostaje tylko światło pomarańczowe i czerwone, co sprawia, że Słońce wydaje się bardziej czerwone. Brak atmosfery na Księżycu oznacza z kolei brak rozpraszania, a brak światła otoczenia przekłada się na brak koloru, więc niebo jest czarne nawet wtedy, gdy świeci na nim Słońce.

Można by pomyśleć, że skoro niebo na Księżycu jest czarne, to Twoje oczy nawet w ciągu dnia powinny dostrzegać na nim mnóstwo gwiazd. Przecież gdy niebo nad Ziemią jest czarne, gwiazdy są wyraźnie widoczne. Niestety, to wszystko nie działa w taki sposób. Na księżycowym niebie dostrzeżesz co najwyżej kilka gwiazd — chyba że podejmiesz świadome wysiłki pozwalające zobaczyć więcej takich obiektów.

Powód stanie się oczywisty, gdy tylko rozejrzysz się na Księżycu wokół siebie: promienie słoneczne będą padać na powierzchnię Srebrnego Globu, odbijając się od skał, kraterów, gór i innych obiektów. Wszystko to będzie oświetlone równie mocno jak ziemski krajobraz w ciągu dnia, a Twój wzrok dostosuje się do tych okoliczności. Twoje źrenice się zwężą, wpuszczając do wnętrza oczu mniej światła, dzięki czemu cały ten widok nie będzie zbyt jasny. To oznacza jednak, że gwiazdy, które świecą dosyć słabo, będą trudniejsze do wypatrzenia.

Nie będzie to wszakże niemożliwe. Wystarczyłoby stanąć w cieniu rzucanym na przykład przez jakiś duży głaz, a potem zamknąć na kilka

minut oczy, by mogły się przystosować do ciemności. Konieczne byłoby również przesłonięcie jasno oświetlonego krajobrazu ręką utrzymaną niezgrabnie przy wizjerze skafandra. Nawet wtedy odbicia w wizjerze utrudniałyby Ci dostrzeżenie gwiazd: byłoby warto spróbować, żeby móc powiedzieć, że zaliczasz się do tych osób, które widziały gwiazdy w ciągu dnia, lecz rezultaty przypuszczalnie okazałyby się rozczarowujące.

Podczas podobnych obserwacji prowadzonych w czasie trwania nocy na Księżycu Twoim oczom ukazałoby się mnóstwo gwiazd. Niewykluczone, że byłoby ich więcej niż w najciemniejszych miejscach na Ziemi. Ponieważ ziemskie powietrze nie jest idealnie przezroczyste, a do tego znajduje się w ciągłym ruchu, pochłania i rozmazuje światło bardzo słabych gwiazd, utrudniając ich dostrzeżenie. Gwiazdy, które z założenia emitują niewiele światła, mogą być z Ziemi zupełnie niewidoczne. Na Księżycu można byłoby je zauważyć, aczkolwiek liczba gwiazd, które udałoby Ci się stamtąd zobaczyć, nawet w najlepszym przypadku uległaby tylko podwojeniu. Ludzkie oczy po prostu nie są przystosowane do obserwowania słabych gwiazd: nasze możliwości dotyczące dostrzegania takich obiektów są ograniczone. Przebywanie na Księżycu tego nie zmieni, więc nie zaleję Cię tam blask galaktyki lśniącej nad Twoją głową.

Warto wspomnieć o jeszcze jednej istotnej różnicy między Ziemią a Księżycem, która wynika z braku powietrza na Srebrnym Globie. Jeśli poświęcisz godzinę, by cierpliwie obserwować na Księżycu zachód Słońca, to po zniknięciu za horyzontem ostatniego fragmentu jego tarczy poczujesz się tak, jak gdyby ktoś wyłączył światło. Gdy tylko Słońce zajdzie, zniknie też światło i natychmiast zrobi się ciemno. Po prostu *bum*, noc.

Na Ziemi mamy przedłużony okres półmroku — zmierzch po zachodzie Słońca i świt przed jego wschodem — kiedy ilość docierającego do nas światła pozwala nam widzieć nasze otoczenie. Gdy stoisz na powierzchni Ziemi, Słońce może zająć z Twojej perspektywy, ale pamiętaj, że znajdujesz się na okrągłej planecie. Do punktów położonych na większej wysokości wciąż docierają promienie słoneczne (wyobraź sobie górę w czasie zachodu Słońca: jej szczyt jest widoczny, choć położone niżej zbocza spowija już cień),

a powietrze wysoko nad powierzchnią może rozpraszać to światło i kierować je w dół, w Twoją stronę. Atmosfera sprawia wrażenie delikatnie rozświetlonej, dzięki czemu na powierzchni Ziemi panuje półmrok. Na Księżycu nie ma atmosfery, więc nie ma mowy o takim półmroku. Gdy Słońce zachodzi, po prostu znika. Światło zwyczajnie gaśnie.



OKNO KSIĘŻYCOWEGO HOTELU, PRZEZ KTÓRE WYGLĄDASZ, ZAPEWNI Ci znakomity widok na wspaniałe pustkowia Srebrnego Globu⁷. Nic nie zastąpi jednak bezpośredniego doświadczenia. Po przemierzeniu 384 tysięcy kilometrów nadszedł czas, by pokonać te ostatnie metry — to idealna chwila na przechadzkę po Księżycu⁸.

Jako turysta z pewnością wybierzesz się na nią w grupie, której będzie towarzyszyło co najmniej dwoje przewodników. Księżyc nie jest miejscem, w którym osoba bez doświadczenia chciałaby się znaleźć bez fachowej pomocy — i naprawdę dobrego skafandra kosmicznego. Jeśli masz się utrzymać przy życiu na powierzchni Srebrnego Globu, Twój skafander nie może być jedynie wypełnionym powietrzem balonem, który pozwoli Ci oddychać i ochroni Cię przed księżycowym regolitem. Taki strój musi również sprawić, że nie zamarznieś na kość ani się nie ugotujesz.

Brak atmosfery na Księżycu skutkuje ogromnymi różnicami temperatury między dniem a nocą. Pamiętaj też, że Słońce świeci tam nieprzerwanie przez dwa ziemskie tygodnie, dając powierzchni Księżyca dużo czasu na nagrzanie się, a potem przez dwa tygodnie panuje noc, więc wierzchnia warstwa Srebrnego Globu silnie się wychładza. W południe w okolicach

⁷ Tak właśnie opisał to w 1969 r. Buzz Aldrin, który nie miał zapewnionego luksusu w postaci okna panoramicznego.

⁸ W tym miejscu pozostaje mi przeprosić Vana Morrisona za tę parafrazę słów jego piosenki *Moon dance* napisanej w 1970 r., gdy program Apollo cieszył się największym zainteresowaniem.

równika temperatura może znacznie przekraczać temperaturę wrzenia wody⁹, natomiast w nocy spada tak bardzo, że azot się skrapla, a dwutlenek węgla zamienia się w suchy lód.

Powyższe stwierdzenia trzeba jednak doprecyzować, gdyż temperatura to dosyć dziwne pojęcie. Weźmy na przykład upalny dzień na Ziemi: możesz się schronić w cieniu drzewa, żeby trochę się ochłodzić. Jaka jest wtedy temperatura? Choć powietrze ma mniej więcej taką samą temperaturę zarówno pod drzewem, jak i z dala od niego, to w cieniu nie absorbujesz bezpośrednio ciepła ze Słońca — czyli *promieniowania cieplnego* — tak więc wydaje się, że jest tam chłodniej. Wciąż otacza Cię jednak powietrze, które przekazuje Ci ciepło poprzez kontakt w ramach procesu zwanego *przewodzeniem*. Przewodzenie jest bardziej efektywne niż promieniowanie i lepiej ogrzewa lub chłodzi. Rozważ następujący przykład: trzymanie rąk blisko ognia pozwala je ogrzać, lecz włożenie ich *do* ognia jest zdecydowanie kiepskim pomysłem.

Co więcej, temperatura to coś innego niż ciepło. Możesz na przykład włożyć rękę do gorącego piekarnika, nie stosując żadnej dodatkowej ochrony, ale dotknięcie ścianki piekarnika okaże się bolesne. Powietrze w piekarniku ma taką samą temperaturę jak jego ścianki, ale charakteryzuje się znacznie mniejszą gęstością i słabiej przekazuje ciepło.

Przedstawione tu kwestie sprawiają, że mierzenie temperatury na Księżycu nie jest wcale łatwe. Skała na powierzchni może pochłaniać światło słoneczne i nagrzewać się do bardzo wysokich temperatur, podczas gdy regolit nie jest już tak dobrym przewodnikiem ciepła. W rezultacie zapewnienie Ci komfortowego chłodu w jakimś skalistym miejscu w księżycowe

⁹ A konkretnie: temperaturę wrzenia wody na poziomie morza na Ziemi. Niższe ciśnienie powietrza oznacza, że woda gotuje się w niższej temperaturze. Na przykład na wysokości około 1500 metrów woda wrze w temperaturze 93°C, więc potrawy muszą się gotować dłużej. W próżni woda wrze w temperaturze pokojowej. Jajka *nigdy* nie ugotują się tam na twardo.

południe będzie dla Twojego skafandra poważniejszym wyzwaniem niż zrobienie tego samego, gdy staniesz na grubej warstwie regolitu¹⁰.

Koncepcję „temperatury” komplikuje dodatkowo fakt, że podczas chodzenia po Księżycu przebywasz w próżni. Skoro nie otacza Cię powietrze, ciepło może być oddawane lub pobierane wyłącznie przez podeszwy butów Twojego skafandra kosmicznego. Człowiek generuje i wypromieniuje dużo ciepła, więc temperatura wewnątrz izolowanego skafandra może być dość wysoka. Dokładnie z tego powodu skafandry astronautów Apollo były białe — chodziło o to, by w jak największym stopniu odbijać światło słoneczne i utrzymywać niższą temperaturę. Ludzie myślą, że w kosmosie człowiek może łatwo zamarznąć, ale prawdziwym problemem jest wizja przegrzania organizmu. Wypromieniowywanie ciepła jest nieefektywne, a pozbywanie się w próżni nadmiaru energii cieplnej okazuje się poważnym wyzwaniem. Konieczne jest zachowanie równowagi pozwalającej utrzymać odpowiednią ilość ciepła. Astronauci z programu Apollo pracowali na powierzchni Księżyca w ciągu dnia, więc ich skafandry zostały zaprojektowane z myślą o chłodzeniu ich organizmów. Gdyby wyszli na dłuższy spacer w czasie, kiedy powierzchnia Księżyca nie była oświetlana przez Słońce, mogliby solidnie zamarznąć.

Wniosek, jaki płynie z tego wszystkiego, jest prosty: rzeczy, które po przeżyciu wielu lat na Ziemi postrzegasz intuicyjnie jako prawdę, można na Księżycu wyrzucić za okno... to znaczy: poza służę powietrzną.

Wreszcie nadchodzi ten długo wyczekiwany moment. Masz już za sobą szkolenia z zakresu bezpieczeństwa, a także realizowane w hotelu treningi poruszania się w skafandrze (który będzie biały, jeśli wziąć pod uwagę wszystko to, o czym pisałem nieco wcześniej). Oprócz tego Twój podpis widnieje już na wszystkich tych przerażających formularzach zwalniających

¹⁰ Ten sam mechanizm pozwala częściowo wyjaśnić, w jaki sposób osoby chodzące po ogniu mogą przejść po rozżarzonych węglach, nie parząc sobie stóp: węgle pokryte są popiołem, który słabo przewodzi ciepło. Warto zauważyć, że te osoby zazwyczaj idą szybko, a dystans, jaki pokonują po rozżarzonych węglach, jest niewielki. Ostatecznie ciepło przedostaje się do organizmu. Myśl o tym, że to pewność siebie pozwala Ci przejść po żarach się węglach, może być motywująca, ale w rzeczywistości za tym fenomenem kryją się prawa termodynamiki.

firmę organizującą ten wyjazd z odpowiedzialności, gdyby trafił Cię mikro-meteoryt, rozbłysk Słońca doprowadziłby w trakcie Twojego przebywania na zewnątrz do przyjęcia przez Ciebie śmiertelnej dawki promieniowania lub przytrafiłoby Ci się potknięcie, po którym wizjer Twojego hełmu uderzyłby o skały wystarczająco mocno, by się rozbić, co zakończyłoby się utratą powietrza wypełniającego Twój skafander.

Czas wyjść na zewnątrz.



TŁOCZYSZ SIĘ W OGROMNEJ ŚLUZIE POWIETRZNEJ WRAZ Z INNYMI turystami i przewodnikami. Powietrze jest odprowadzane do specjalnych zbiorników, dzięki czemu znika gigantyczny nacisk, który oddziałuje na zewnętrzne drzwi i uniemożliwia otwarcie ich w inny sposób. Gdy ciśnienie spada do zera, przewodnicy otwierają drzwi.

Ponieważ Twój organizm przywykł już do tutejszej grawitacji, zmierzasz posuwistym krokiem na duży, płaski podest wykonany z przetworzonego regolitu. W końcu wykonujesz swój pierwszy mały krok i stajesz na powierzchni Księżyca.

Regolit chrzęści delikatnie pod Twoimi stopami, a Twój skafander przenosi ten dźwięk. Powierzchnia została wcześniej wyrównana przez personel, żeby każdy mógł zostawić swój ślad na niezadeptanym jeszcze pyle. Robisz kilka kroków, podziwiając krajobraz obserwowany wcześniej przez okno. Potem znajdujesz miejsce wystarczająco oddalone od innych osób odbywających swój pierwszy księżycowy spacer, przyjmujesz stabilną pozycję, wykonujesz głęboki wdech i *spoglądasz w górę*.

Pozwól sobie na ciche westchnienie pełne zachwytu. Ten widok sprawi, że odtąd już wszystko będzie wyglądało w Twoich oczach inaczej niż wcześniej.

Samo niebo przypomina czeluść głębokiej jaskini: jest jednolicie czarne, zupełnie jak smoła. Nie widzisz żadnych gwiazd, ale to nie ma znaczenia, bo dominującym elementem na niebie jest sierp Ziemi.

Oczywiście to nie pierwszy raz, kiedy podziwiasz Ziemię z kosmosu — ten widok towarzyszył Ci najpierw na orbicie, a potem podczas kilkudniowej podróży na Księżyc. Różnica polega jednak na tym, że tutaj znów stoisz na twardym gruncie, z wyraźnie określonymi kierunkami takimi jak „góra” i „dół”. To sprawia, że ten widok jest mniej obcy niż wtedy, gdy na Twoje ciało oddziaływała mikrogravitacja¹¹.

Kiedy spoglądasz w górę na Ziemię, widzisz, że jest jasna i *duża*. Dostrzegasz na niej kolory: błękit, brąz, a może również widoczną gdzieś zieleń i białe smugi chmur. Łatwo rozpoznać też kontynenty. To dom. Kolebka ludzkości i miejsce, gdzie urodzili się wszyscy żyjący dotychczas ludzie. Dlaczego jednak tarcza Ziemi ma kształt sierpa?

Odpowiedź kryje się oczywiście w geometrii, która odpowiada również za to, że Księżyc ma fazy. Księżyc okrąża Ziemię w nieco mniej niż miesiąc. Gdy znajduje się między nami a Słońcem, widzimy jego nieoświetloną stronę — to właśnie nów. W miarę jak Księżyc porusza się po swojej orbicie, zmienia się to, na którą jego część padają promienie słoneczne. Kilka dni później, gdy Księżyc pokona jedną czwartą swojej drogi wokół Ziemi, Słońce oświetla go „z boku”, a my widzimy połowę jego tarczy. Można to nazwać półksiężcem, ale astronomowie traktują jako punkt odniesienia całą orbitę i nazywają ten stan pierwszą kwadrą. Od tego momentu mówimy o niepełnej tarczy Księżyca. Przez kolejny tydzień jej powierzchnia stopniowo rośnie, aż wreszcie Księżyc znajdzie się w połowie orbity, naprzeciwko Słońca na niebie. To czas, kiedy z naszej perspektywy oświetlona jest cała tarcza Księżyca, więc mówimy, że jest on w pełni. Przez następne dwa tygodnie cały ten proces ulega odwróceniu, co oznacza przejście przez etapy niepełnej tarczy, ostatniej kwadry i sierpa aż do nowiu, kiedy to Księżyc ponownie zbliża się do Słońca na niebie. Gdy oświetlony obszar widoczny

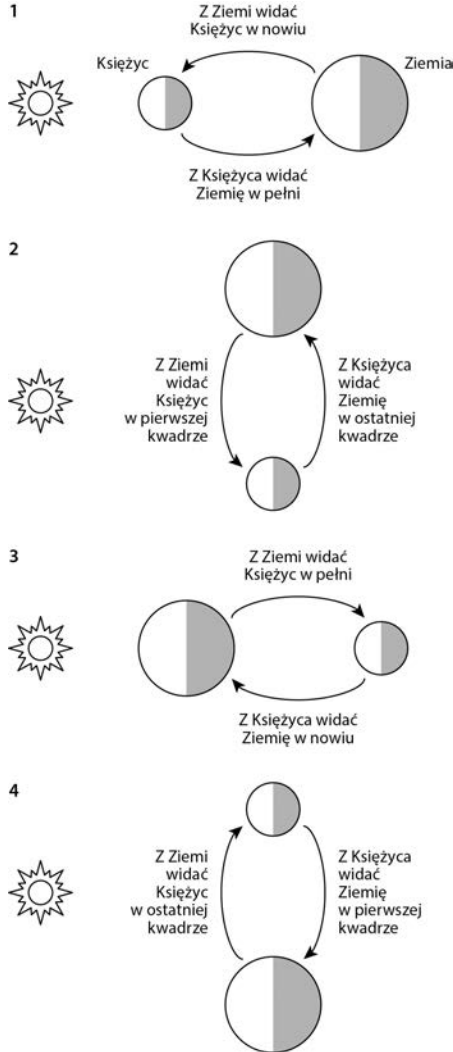
¹¹ Miłośnicy kosmosu wolą stosować ten termin, ponieważ określenie „zerowa grawitacja” jest mylące. Grawitacja nigdy tak naprawdę nie znika, natomiast podczas swobodnego lotu w przestrzeni kosmicznej znajdujesz się w stanie swobodnego spadania: w takich okolicznościach oddziałują na Ciebie jedynie bardzo niewielkie siły, stąd też termin *mikrogravitacja*.

z Ziemi powiększa się przez pierwsze dwa tygodnie, mówimy, że Księżyc „przybywa”, natomiast kiedy się zmniejsza — że go „ubywa”.

Z perspektywy Księżyc zobaczylibyśmy Ziemię przechodzącą przez te same fazy, ale w odwróceniu. Gdy na Ziemi widzimy nów, Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem. Spoglądając z Księżyc, zobaczylibyśmy jednak Ziemię po *przeciwnej* stronie nieba niż Słońce, więc byłaby ona w pełni. Na podobnej zasadzie, gdy ludzie na Ziemi widzieliby pełnię Księżyc, z Księżyc zobaczylibyśmy Ziemię blisko Słońca, w nowiu. Kiedy Księżyc wydaje się coraz *bardziej* oświetlony podczas pokonywania pierwszej połowy swojej orbity, Ziemia sprawia wrażenie coraz *slabiej* oświetlonej. Jeśli zatem Księżyc widzianego z Ziemi przybywa, to Ziemi widzianej z Księżyc ubywa, i na odwrót.

To jeszcze nie wszystko. Ziemia obraca się wokół własnej osi raz na dobę, ale Księżyc potrzebuje na okrążenie Ziemi całego miesiąca. Oznacza to, że fazy — sposób, w jaki widzisz oświetloną Ziemię — zmieniają się powoli, nawet jeśli sama Ziemia obraca się w znacznie szybszym tempie. Wszystko to sprawi, że w ciągu zaledwie jednej lub dwóch ziemskich godzin obserwator znajdujący się na Księżycu będzie mógł zaobserwować ten szybszy obrót, dzięki któremu kontynenty będą wchodziły w światło słoneczne lub pogrążały się w ciemności.

Linia oddzielająca oświetloną i nieoświetloną stronę ciała niebieskiego nazywana jest terminatorem. Gdy stoisz na Księżycu i spoglądasz w stronę Ziemi, ludzie znajdujący się na tej linii doświadczają zachodu Słońca, podczas gdy po drugiej stronie planety (tej, której nie możesz dostrzec) inni obserwują wschód. To niezwykła myśl: z ich perspektywy jest to osobiste przeżycie, gdyż widzą zachód Słońca rozgrywający się w miejscu, w którym się znajdują. Ty natomiast obserwujesz, jak to zjawisko przebiega na całej widocznej powierzchni Ziemi — przyglądasz się temu, jak być może miliony ludzi doświadczają jednocześnie zachodu Słońca, gdy obrót Ziemi przenosi ich z oświetlonej strony planety poprzez terminator na nieoświetloną stronę naszego globu.



Gdy Księżyc krąży wokół Ziemi, Słońce oświetla różne jego części. Kiedy Księżyc znajduje się między Ziemią a Słońcem (1), mówimy o nowiu, ale ludzie na Księżycu zobaczą Ziemię w pełni. Tydzień później (2) my widzimy w połowie oświetloną Księżyc, a oni — połowicznie oświetloną Ziemię. Po kolejnym tygodniu (3) Ziemia znajduje się między Księżycem a Słońcem: z Ziemi widać pełnię Księżyca, natomiast z Księżyca — now Ziemi. Jeszcze tydzień później (4) obserwujemy, jak Słońce oświetla drugą połowę tarczy Księżyca, natomiast z Księżyca widoczna jest skąpana w promieniach słonecznych druga połowa tarczy Ziemi. Następnie cały ten cykl się powtarza

Podróże kosmiczne, o czym chętnie wspominają wszyscy astronauty, zmieniają naszą perspektywę — zarówno dosłownie, jak i w przenośni.

Jeśli zdarzy Ci się odwiedzić Księżyc, gdy będzie on w nowiu, widoczna stamtąd Ziemia będzie bardzo jasnym obiektem. Są ku temu trzy powody. Po pierwsze, Ziemia będzie w pełni, co przekłada się na maksymalizację ilości światła słonecznego odbijanego w kierunku Księżycy. Po drugie, Ziemia z zasady odbija światło skuteczniej niż Księżyc. Woda i chmury sprawdzają się pod tym względem lepiej niż powierzchnia Księżycy, więc metr kwadratowy Ziemi widziany z Księżycy jest od 2 do 3 razy jaśniejszy niż taki sam wycinek powierzchni Księżycy obserwowany z Ziemi. Trzecim powodem jest to, że Ziemia jest większa od Księżycy. Średnica Ziemi jest 3,7 razy większa niż średnica Księżycy. Jeśli sięgniesz pamięcią do mglistych wspomnień z lekcji matematyki, możesz sobie przypomnieć, że powierzchnia koła rośnie proporcjonalnie do kwadratu jego średnicy. Jeśli Ziemia ma o 3,7 razy większą średnicę niż Księżyc, to powierzchnia naszego globu jest niemal 14 razy większa ($3,7 \times 3,7$), co sprawia, że wydaje się z Księżycy znacznie większa niż Księżyc widziany z Ziemi.

Jeśli Ziemia jest 14 razy większa i 3 razy silniej odbija światło, sumarycznie jest około 40 razy jaśniejsza niż Księżyc widziany z Ziemi. Obserwowanie otoczenia w świetle Ziemi na Księżycu byłoby więc dziecinnie proste¹².



CO ZASKAKUJĄCE, JEŚLI WYJDZIESZ NA POWIERZCHNIĘ KSIĘŻYCA jedną ziemską dobę później, Ziemia nie wzejdzie ani nie zajdzie. Będzie się znajdować niemal dokładnie w tym samym miejscu na niebie. Z większości miejsc na Księżycu nigdy nie zobaczysz wschodu ani zachodu Ziemi. Po prostu wisi ona na niebie, mniej więcej w tym samym miejscu co zawsze.

¹² Gdy Księżyc jest blisko nowiu, czyli ma na naszym niebie postać cienkiego sierpa, czasami można dostrzec słabe światło padające na jego ciemną część. Taka poświata nosi miano światła popielatego i jest widoczna dzięki jasnej, pełnej Ziemi, która oświetla tę część Księżycy.

Ewidentnie różni się to od obrazu Księżyca obserwowanego z Ziemi. Podobnie jak Słońce i gwiazdy, Księżyc wschodzi i zachodzi mniej więcej raz na dobę, odzwierciedlając obrót Ziemi wokół własnej osi trwający 24 godziny. Srebrny Glob okazuje się wyjątkowy: jego doba — czas, jakiego potrzebuje na jeden obrót wokół własnej osi — pokrywa się z czasem, w jakim okrąża Ziemię.

To nie przypadek, lecz następstwo nieubłaganego tańca grawitacji. Grawitacja Ziemi powoduje powstanie wybrzuszeń na Księżycu po stronie zwróconej ku nam i po stronie przeciwnej — choć technicznie rzecz biorąc, ten efekt wynika ze *zmiany* siły grawitacji Ziemi w poszczególnych miejscach na Księżycu. Grawitacja słabnie wraz z odległością, więc bliższa strona Księżyca wystawiona jest na nieco silniejsze przyciąganie niż jego dalsza strona. Takie zróżnicowanie siły grawitacji nazywamy *siłą pływową*.

Gdy Księżyc się obraca, powierzchnia pod wybrzuszeniami unosi się i opada. Tarcie, do jakiego dochodzi wewnątrz Księżyca w wyniku tego ruchu, odbiera energię jego obrotowi, powodując jego spowolnienie. W ostatecznym rozrachunku czas trwania jednego księżycowego obrotu wokół osi staje się taki sam jak czas potrzebny na okrążenie Ziemi; fachowo nazywa się to rotacją synchroniczną. Gdy już dojdzie do czegoś takiego, powierzchnia Księżyca przestaje się unosić i opadać z powodu powstawania wybrzuszeń i osiąga równowagę.

Myśl o tym, że Księżyc obraca się wokół swojej osi raz na miesiąc, wydaje się nam dziwna, gdyż zawsze widzimy ten sam fragment jego powierzchni. Możemy jednak obserwować takie zjawisko, *ponieważ* Srebrny Glob wykonuje jedną rotację wokół swojej osi w ciągu miesiąca. Gdyby się nie obracał, w trakcie pełnego obiegu Księżyca wokół Ziemi zobaczylibyśmy całą jego powierzchnię, włącznie z jego odwrotną stroną.

Łatwo to zademonstrować. Weź jakiś okrągły obiekt, na przykład pomarańczę, i zaznacz na nim jeden punkt, rysując tam znak X. Przytrzymaj ten obiekt w jednej ręce, mniej więcej 30 centymetrów od drugiej ręki (która będzie symbolizować Ziemię; możesz zacisnąć pięść, by łatwiej było Ci to sobie wyobrazić), tak aby znak X był zwrócony w kierunku Twojej

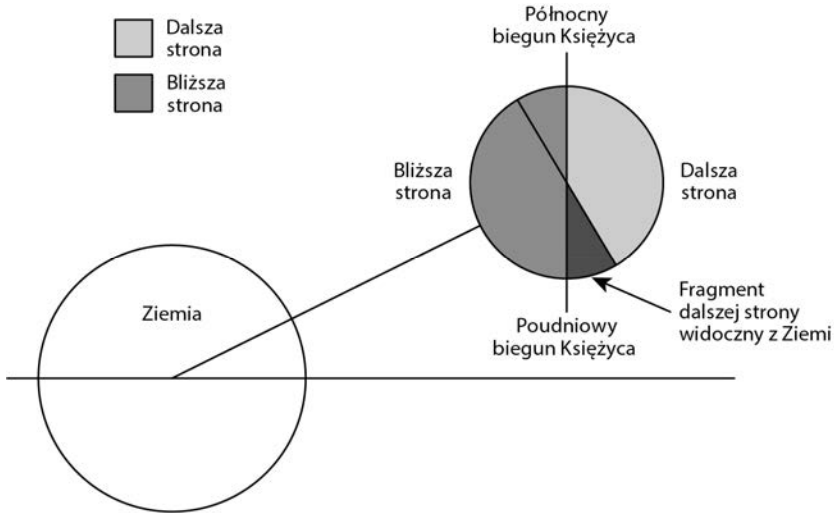
drugiej ręki. Następnie zacznij poruszać pomarańczą, tak jakby „orbitowała” ona wokół Twojej pięści. Obserwuj, co dzieje się ze znakiem X. Czy pozostaje zwrócony w stronę pięści? Nie, chyba że faktycznie obrócisz pomarańczę. *Musisz* to robić, żeby wykonała jeden pełny obrót na każde okrążenie wokół Twojej pięści — w przeciwnym razie znak X nie będzie przez cały czas skierowany w stronę Twojej wyimaginowanej Ziemi.

Dokładnie tak samo wygląda to w przypadku Księżyca. Obraca się on wokół swojej osi raz na każdy obieg wokół Ziemi, więc z naszej planety zawsze widzimy ten sam wycinek jego powierzchni. Jeżeli jednak stoisz na Księżycu, Ziemia wydaje się nieruchomo wisieć na niebie.

Tak to wygląda w pewnym uproszczeniu, choć w rzeczywistości sprawa jest bardziej skomplikowana (ta sama prawidłowość dotyczy zresztą wielu innych zjawisk w astronomii). Zarówno płaszczyzna orbity Księżyca, jak i jego oś obrotu są nachylone względem orbity Ziemi wokół Słońca. W rezultacie Księżyc w trakcie każdego obiegu wydaje się „kołysać” o kilka stopni w górę i w dół, czyli na północ i południe¹³. Z perspektywy Księżyca zobaczylibyśmy, że Ziemia robi to samo.

Co więcej, orbita Księżyca jest eliptyczna, więc czasami jest on bliżej Ziemi, a czasami dalej. Gdy znajduje się bliżej, przemierza swoją orbitę szybciej; kiedy jest dalej, ten ruch przebiega wolniej. Jego obrót wokół własnej osi pozostaje jednak stały, więc czasami obraca się nieco szybciej lub wolniej niż okrąża Ziemię. W efekcie w ciągu miesiąca widzimy nieco więcej niż połowę powierzchni Księżyca. Gdy jest bliżej nas na swojej orbicie, dostrzegamy niewidoczny zwykle fragment położony normalnie za wschodnią krawędzią; kiedy Srebrny Glob znajduje się dalej od Ziemi, możemy zajrzeć poza granicę wyznaczaną zazwyczaj przez jego zachodnią krawędź. Ten ruch nazywamy *libracją*.

¹³ Czas na uwagę dotyczącą jednostek kątowych: w astronomii często używamy stopni do pomiaru pozornych rozmiarów obiektów na niebie. Pełne koło ma 360° , a kąt prosty — 90° . Jeśli znajdujesz się na świeżym powietrzu, kątowa odległość od horyzontu do zenitu (punktu dokładnie nad głową) wynosi 90° . Zaciśnięta pięść wyciągniętej ręki ma w przybliżeniu 10° wysokości. Szerokość jednego palca to około 2° . Z perspektywy Ziemi zarówno Słońce, jak i Księżyc wydają się mieć średnicę $0,5^\circ$.



Eliptyczna i nachylona orbita Księżyca sprawia, że czasami możemy dostrzec skrawek jego nominalnie dalszej strony. Gdy na przykład Księżyc znajduje się na północ od ziemskiego równika, możemy zajrzeć „pod” jego biegun południowy i zobaczyć te fragmenty powierzchni, które zazwyczaj są niewidoczne

Ziemia obserwowana z Księżyca również wydaje się poruszać na wschód i zachód. Jej rzeczywisty ruch na niebie w ciągu miesiąca jest skomplikowany, ale sumarycznie zakreśla na tle gwiazd elipsę o długości około 15° . Ruch Ziemi byłby z Księżyca widoczny, choć pozostawałby bardzo powolny. Gdyby Twój punkt obserwacyjny znalazł się w pobliżu biegunów Księżyca, Ziemia pojawiałaby się na niebie blisko horyzontu. Wybór odpowiedniej lokalizacji pozwoliłby Ci nawet zobaczyć, jak Ziemia baaardzo poowooliii wschodzi i zachodzi w ciągu dwóch tygodni. Byłoby to niesamowite, choć wymagałoby też ogromnej cierpliwości.

Spoglądając sumarycznie na wszystkie te ruchy, możemy podzielić Księżyc na dwie w przybliżeniu równe półkule: stronę zawsze zwróconą ku Ziemi, czyli *bliższą* lub *widoczną*, oraz stronę zawsze odwróconą, czyli *dalszą* lub *niewidoczną*. Ze strony bliższej zawsze widać Ziemię; ze strony dalszej — nigdy. Pomiędzy tymi półkulami znajduje się szeroki pas, z którego dzięki libracji można obserwować wschody i zachody Ziemi.

Warto zwrócić w tym miejscu uwagę na błędne przekonanie, zgodnie z którym *niewidoczna* strona Księżyca to jego *ciemna* strona. Tak naprawdę nie są one tożsame. Z całym szacunkiem dla zespołu Pink Floyd, nie istnieje coś takiego jak ciemna strona Księżyca (a przynajmniej nie ma ona stałego charakteru). Każdy punkt na Księżycu ma zapewnioną porcję światła w ciągu dnia księżycowego, natomiast podczas nocy księżycowej znajduje się w ciemności — wszystko zależy tu od położenia Słońca na niebie. Widoczna i niewidoczna strona Księżyca to z kolei terminy odnoszące się do tego, gdzie na księżycowym niebie znajduje się *Ziemia*. Na Srebrnym Globie rzeczywiście istnieje dalsza, niewidoczna strona, z której nigdy nie widać Ziemi.

To wszystko oznacza, że niebo podczas nocy na Księżycu będzie naprawdę ciemne. Astronomowie od dawna uważają niewidoczną stronę Srebrnego Globu za idealne miejsce, w którym warto byłoby umieścić teleskopy, ponieważ brak jasnej Ziemi na niebie oznacza mniej rozproszonego światła utrudniającego prowadzenie obserwacji. Taka lokalizacja byłaby korzystna dla radioteleskopów, ponieważ masa Księżyca blokowałaby cały głośny szum radiowy generowany przez ludzkość. Pojawiają się nawet pomysły wyłożenia jakiegoś dużego krateru metalem odbijającym fale radiowe i wykorzystania tego naturalnego zagłębienia jako reflektora radioteleskopu. Realizacja takiego projektu pochłonęłaby sporo pieniędzy, ale byłoby to świetne miejsce na obserwatorium.



MIMO ŻE NIE ISTNIEJE PERMANENTNIE CIEMNA STRONA KSIĘŻYCA, TO na Srebrnym Globie są miejsca, w których Słońce naprawdę nigdy nie świeci. Właśnie z tą kwestią wiąże się jedna z najbardziej zaskakujących (a zarazem zapewniających nam wiele korzyści) tajemnic, jakie Księżyc skrywał przez wszystkie te eony.

Na biegunach Księżyca Słońce zawsze znajduje się nisko, nigdy nie wznosząc się o więcej niż stopień lub dwa powyżej linii horyzontu. W związku z tym obserwator stojący na powierzchni widziałby Słońce krążące wokół

horyzontu, ledwo wynurzające się powyżej tej linii i chowające się za nią w trakcie księżycowej doby.

Oznacza to również, że kratery w pobliżu biegunów mają bardzo osobliwą właściwość: jeśli są wystarczająco głębokie, światło słoneczne nigdy nie dociera do ich dna. Pozostają w wiecznej ciemności, a ich ściany i wysokie krawędzie blokują promienie Słońca. Światło może padać jedynie na górną część ich krawędzi. Naukowcy nazywają te miejsca stale zacienionymi obszarami. Na księżycowych biegunach jest ich całkiem sporo, choć na biegunie południowym są one liczniejsze niż na północnym.

Ponieważ światło słoneczne nigdy tam nie dociera, obszary te są niezwykle zimne, a temperatura spada tam do około 240°C. Naukowcy określają te miejsca mianem zimnych pułapek. Substancje, które mogą istnieć tylko w niskich temperaturach, na odsłoniętej powierzchni Księżyca szybko zostałyby zniszczone, ale w głębi tych kraterów mogłyby z powodzeniem przetrwać.

W ciągu miliardów lat istnienia Księżyca jego powierzchnia była bezlitośnie bombardowana przez komety i asteroidy. Obiekty z obu tych kategorii zawierają dużo wody, która podczas uderzenia ulegała uwolnieniu, a następnie zamieniała się w parę. Każda cząsteczka pary, która trafiła do tych polarnych zimnych pułapek, już tam pozostała. Naukowcy wysunęli hipotezę, zgodnie z którą mimo braku atmosfery, niskiej grawitacji, ekstremalnych wahań temperatury i innych czynników w tych miejscach może się znajdować lód wodny — i to w znacznych ilościach¹⁴.

Specjaliści podejmowali już próby jego odnalezienia. Jedną z nich było celowe rozbicie sondy NASA Lunar Prospector w kraterze na biegunie południowym w 1999 r. — naukowcy liczyli na to, że ewentualny lód wyparuje i zostanie dostrzeżony przez teleskopy znajdujące się na Ziemi.

¹⁴ Kolejnym źródłem wody są Słońce i Ziemia. Emitowany przez Słońce wiatr zawiera atomy wodoru. Ten sam wiatr słoneczny sprawia też, że Ziemia traci powoli tlen znajdujący się w górnych warstwach atmosfery. Słońce i Ziemia mogą w ten sposób dostarczać Księżycowi składników potrzebnych do powstania wody. To stosunkowo nowa, ale przekonująca koncepcja.

Niestety, niczego takiego nie zaobserwowano¹⁵. Inne misje nie zapewniały jednoznacznych odpowiedzi na pytania naukowców, aż wreszcie w 2008 r. indyjska misja Chandrayaan-1 znalazła przekonujące dowody na obecność lodu w tych kraterach — aparatura zarejestrowała jasne plamy promieniowania podczerwonego o specyficznej częstotliwości, znakomicie odbijanego przez lód wodny — co zostało potwierdzone dzięki danym z misji zrealizowanej dekadę później. Nadal nie jest jasne, ile dokładnie lodu się tam znajduje, ale mogą to być setki milionów ton.

To oczywiście ogromna ilość lodu, która może być niezwykle przydatna. Jako istoty ludzkie składamy się w większości z wody, która jest nam potrzebna do życia. Co więcej, wodę da się rozbić na wodór i tlen. Pierwszy z tych pierwiastków może służyć jako paliwo rakietowe, a drugi bywa całkiem istotny, gdy mowa o oddychaniu.

Woda jest ciężka, a jej transportowanie z Ziemi na Księżyc byłoby bardzo kosztowne, więc możliwość wykorzystywania tak ogromnych zasobów lodu ukrytego pod księżycową powierzchnią stanowi niezwykle kuszącą perspektywę. Już teraz NASA rozważa południowy biegun Księżyca jako potencjalne miejsce eksploracji. Co więcej, w niektórych przypadkach krawędzie tych kraterów są stale oświetlone, więc dzięki umieszczeniu tam paneli słonecznych (być może na obrotowych podstawach śledzących ruch Słońca na księżycowym niebie) moglibyśmy zapewnić sobie darmową energię do wydobywania lodu, a także do zasilania niewielkiej bazy wypadowej.



¹⁵ Zespół zajmujący się sondą Lunar Prospector planował wypatrywać pary wodnej przy użyciu znajdującej się na pokładzie Kosmicznego Teleskopu Hubble'a kamery, przy której pracowałem w owym czasie. Nie mogłem się doczekać, kiedy zobaczę wyniki tego eksperymentu. Niestety przyglądanie się Księżycowi za pomocą teleskopu Hubble'a nie jest wcale łatwe, a zaplanowane obserwacje okazały się nieudane. Mimo usilnych prób wydobywania czegokolwiek z zebranych danych nie zdołałem tam znaleźć niczego ciekawego.

WYBÓR MIEJSCA DO ODWIEDZENIA NA KSIĘŻYCU TO JEDNO. WYBÓR odpowiedniego *momentu* to jednak zupełnie inna sprawa. Mniej więcej 2 razy w roku ciała niebieskie ustawiają się względem siebie w taki sposób, że Księżyc, widziany z Ziemi, wydaje się przechodzić dokładnie przed tarczą Słońca. Mamy wówczas do czynienia z zaćmieniem Słońca.

Dla obserwatora znajdującego się na powierzchni Ziemi jest to niezwykle zjawisko. Gdy Księżyc przesłania Słońce, niebo ciemnieje, a światło staje się nader osobliwe. W momencie całkowitego zakrycia tarczy Słońca możemy dostrzec jego delikatną atmosferę, zwaną koroną — ogromne, ulotne smugi światła rozciągające się na niebie na ogromne odległości.

Na cały ten fenomen można też spojrzeć inaczej: cień Księżyca pada wtedy na powierzchnię Ziemi. To rzadkie zjawisko, ponieważ orbita Księżyca jest nachylona względem ziemskiej, więc muszą się one idealnie zgrać. Zazwyczaj podczas nowiu cień Księżyca pada powyżej lub poniżej Ziemi, omijając naszą planetę.

Jeśli kiedykolwiek było Ci dane obserwować całkowite zaćmienie Słońca, wiesz, jak poruszające może być to doświadczenie. Wyobraź sobie jednak, jak wyglądałoby ono z perspektywy Księżyca! To dopiero byłoby coś.

W takiej sytuacji Twoim oczom ukazałby się cień Księżyca widoczny na Ziemi. Po uniesieniu wzroku do góry, w kierunku naszej planety widocznej na niebie w pełni, na początku zaćmienia udałoby Ci się dostrzec cień Księżyca pojawiający się na krawędzi tarczy Ziemi. Ponieważ ma on około 160 kilometrów średnicy, byłby znacznie mniejszy od samej Ziemi o średnicy prawie 13 tysięcy kilometrów. Cień przemieszczałby się po powierzchni planety z prędkością 1600 kilometrów na godzinę, choć z odległości 384 tysięcy kilometrów ruch ten byłby ledwo zauważalny. Lornetka lub teleskop pozwoliłyby Ci przez godzinę lub dłużej obserwować szczegóły, podczas gdy cień przemieszczałby się po Ziemi, zakrywając chmury, kontynenty i oceany. Towarzyszyłaby Ci świadomość tego, że ludzie gromadzą się wzdłuż tej ścieżki, spoglądając w Twoim kierunku.

Byłoby to fascynujące doświadczenie. Ile mogłoby zażądać firmy turystyczne za bilet na takie widowisko? Niezależnie od tego, jaka byłaby to kwota, z pewnością znacznie kosztowniejsze okazałoby się podziwianie zaćmienia *Księżyc*a.

Paradoksalnie zaćmienia Księżyc

Wyobraź sobie jednak, że znajdujesz się w tym czasie na Księżycu. Coś takiego pozwoliłoby Ci obserwować Ziemię zasłaniającą Słońce. Z takiej perspektywy będzie to zaćmienie Słońca, ale Ziemia jest na księżycowym niebie znacznie większa od Słońca, więc podczas całkowitego zaćmienia zobaczysz dużo mniejszą część słonecznej korony. Nie jest to jednak problem, gdyż to zaćmienie oferuje coś, czego nie zobaczy nigdy żaden obserwator na Ziemi: Słońce przesłonięte przez planetę *z atmosferą*.

Podczas całkowitego zaćmienia, gdy Ziemia w pełni zakryje Słońce, będzie ona otoczona jasnym, czerwonomarańczowym pierścieniem: to efekt obecności wokół Ziemi powietrza oświetlanego przez Słońce, którego promienie będą teraz docierały na powierzchnię Księżyc

Teraz rozumiesz już, dlaczego działające w przyszłości firmy turystyczne będą mogły przypuszczalnie żądać dowolnych sum za zabranie Cię na Księżyc i pokazanie Ci tego spektaklu. Przez ten czas — mniej więcej godzinę — będziesz całkiem dosłownie oglądać jednocześnie wszystkie wschody i zachody Słońca na całej Ziemi.

Będzie to niesamowity widok i niezwykle doświadczenie. Niewykluczone, że dla tych wyjątkowych chwil warto będzie znieść tydzień wywołanych przez mikrograwitację mdłości towarzyszących Ci w drodze na Księżyc i z powrotem.



TURYSTYKA KSIĘŻYCOWA MOŻE SIĘ KIEDYŚ STAĆ WAŻNĄ GAŁĘZIĄ gospodarki, ale Srebrny Glob zawsze będzie też miejscem, w którym prowadzone będą badania naukowe.

To ekscytująca perspektywa. Fotografie z dużymi zbliżeniami powierzchni Księżyca zaczęliśmy wykonywać dopiero w latach 60. XX w., podczas przygotowań do misji Apollo. W latach 90. kolejne sondy zaczęły orbitować wokół Księżyca, zapewniając nam mapy w wysokiej rozdzielczości — w niektórych przypadkach ukazują one teren z dokładnością do około metra, choć na ograniczonych obszarach. Wysyłaliśmy też lądowniki i łaziki, które dostarczyły nam jeszcze więcej szczegółów na temat naszego najbliższego sąsiada.

Wciąż mamy jednak do odkrycia wiele rzeczy na temat Księżyca. Jak wyglądają dna tamtejszych kraterów? Jak powstał Księżyc? Ile lodu można tam faktycznie znaleźć? Co Księżyc może nam powiedzieć o Ziemi i Układzie Słonecznym, o ich powstaniu i późniejszej ewolucji?

Przez prawie całą historię ludzkości nasz najbliższy sąsiad pozostawał nieodgadnioną tajemnicą. Pod wieloma względami wciąż nią jest, choć za jakiś czas przestanie być dla nas obcym światem. Wkrótce wielu ludzi może zacząć nazywać go domem, a niebo nad nim stanie się znajome.

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 

JAK TO JEST STANĄĆ NA POWIERZCHNI OBCEGO ŚWIATA I SPOJRZEĆ W NIEBO, KTÓREGO NIKT WCZEŚNIEJ NIE WIDZIAŁ?

Kosmos nie jest pustką. To scena pełna światów, które czekają, by je zobaczyć — z bliska.

Philip Plait, astronom i mistrz opowiadania o nauce, zabiera Cię w podróż, jakiej nie zapewni Ci żadna sonda kosmiczna. Zamiast suchych faktów dostajesz coś znacznie lepszego: prawdziwą przygodę pośród gwiazd. Staniesz na powierzchni obcych globów, spojrzysz w niebo z miejsc, gdzie jeszcze nie było człowieka. Odkryjesz Wszechświat z perspektywy, która dotąd była poza naszym zasięgiem, a towarzyszące książce ilustracje pozwolą Ci zobaczyć te niezwykle widoki jeszcze wyraźniej.

Jak wygląda spacer po Księżycu, kiedy nagle zapada noc? Co dostrzeżesz, unosząc się nad pierścieniami Saturna? Jakie cienie rzuca sto tysięcy gwiazd i co się dzieje tuż przed tym, gdy wpadasz w czarną dziurę?

Plait łączy najnowszą wiedzę astronomiczną z niezwykle wyobraźnią, tworząc obrazy, które są jednocześnie zachwycające i naukowo precyzyjne. Poczujesz, jak to jest niemal nic nie ważyć, zmagać się z ostrym pyłem obcych światów i patrzeć na krajobrazy wymykające się ziemskim porównaniom.

To nie jest zwykły przewodnik po kosmosie, lecz zaproszenie, by zobaczyć Wszechświat na własne oczy.

Książka dla tych, którzy chcą nie tylko wiedzieć więcej, ale też naprawdę to poczuć.

Helion 

