ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

SCIENTIFIC AMERICAN

Październik 2025 nr 10 (410)
Cena 18 zł 99 gr (w tym 8% VAT)

180 LAT „Scientific American”

RAPORT SPECJALNY
Naukowe wolty

Koniec alergii pokarmowych?

Orzeszki ziemne już nie muszą być śmiertelnym zagrożeniem

Czy zwierzęta mają świadomość?

Jaki naprawdę jest Jowisz

Sztuczna inteligencja a ryzyko zagłady

ŚWIAT NAUKI 10/2025
INDEKS 378194
ISSN 0867-6380
9 770867 638500 10>

eprasa.pl 20e4b5c7ca

XXIX KONFERENCJA

ZASTOSOWANIA STATYSTYKI I DATA MINING W BADANIACH NAUKOWYCH

22 PAŹDZIERNIKA 2025 R.

StatSoft

TEMATY WYSTĄPIEŃ:

O poprawnym stosowaniu statystyki w rozprawach doktorskich – spojrzenie naukowca.

Prof. dr hab. inż.
EMILIA WOŁOWIEC-KORECKA,
Politechnika Łódzka

Meta-świat statystyki: meta-analiza, meta-regresja i meta-SEM w badaniach społecznych.

Prof. dr hab.
ADAM SAGAN,
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Co ptaki mogą nam powiedzieć o zanieczyszczeniu środowiska? Analiza statystyczna danych środowiskowych.

Dr hab. ŁUKASZ J. BINKOWSKI, prof. UKEN,
Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

Praktyczne i teoretyczne wyzwania badań klinicznych okiem biostatystyka.

Mgr ADRIAN OLSZEWSKI,
2KMM Sp. z o.o.

Patronat nad tą konferencją objęło:

Polskie Towarzystwo Statystyczne

Patronat medialny:

WIEDZA I ŻYCIE · ŚWIAT NAUKI · FORUM · WIADOMOŚCI STATYSTYCZNE

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

PAŹDZIERNIK 2025
NUMER 10 (410)

ZDROWIE PUBLICZNE

30 ODPORNOŚĆ NA FISTASZKI
Nowe terapie mogą uwolnić miliony dzieci i dorosłych od śmiertelnego zagrożenia alergią na orzeszki ziemne – jednego z najszybciej narastających problemów medycznych. MARYN MCKENNA

180 LAT „SCIENTIFIC AMERICAN"

RAPORT SPECJALNY

42 NA ODWRÓT
Co się dzieje, gdy fundamentalne, wydawałoby się nie do podważenia założenia są wystawiane na próbę?

44 PUNKTY ZWROTNE
Gdy naukowcy zmieniają poglądy o 180 stopni, wynika to najczęściej z dwóch konkretnych powodów. HARLES C. MANN

49 NERWY SIĘ REGENERUJĄ
Neurony, niegdyś uważane za nieodnawialne, mogą odrastać – nawet w mózgu. DIANA KWON

51 PLASTIK MIAŁ BYĆ ROZWIĄZANIEM ZRÓWNOWAŻONYM
Zamiast tego syntetyczne polimery stały się jednym największych problemów środowiskowych. JEN SCHWARTZ

52 NOWA WERSJA WSZECHŚWIATA
Wszechświat ma zwyczaj obalać „niepodważalne" fakty. RICHARD PANEK

54 TO RNA, A NIE DNA, STANOWI PODSTAWĘ ŻYCIA
DNA zawiera nasz genetyczny kod, ale to jego kuzyn, RNA, dyryguje naszym codziennym życiem. PHILIP BALL

56 RACZEJ NIE JESTEŚMY SAMI
Poszukiwania wysoko rozwiniętych form życia poza Ziemią prowadzone są nieustannie, jakkolwiek motywacje radykalnie się zmieniły. SARAH SCOLES

58 NIE TACY ZNOWU WYJĄTKOWI
Walenie opłakują zmarłych, sroki wykazują samoświadomość, a muchołówki potrafią tworzyć wspomnienia. KATE WONG

PLANETOLOGIA

60 RAWDZIWE OBLICZE JOWISZA
Sonda kosmiczna Juno zmieniła nasze wyobrażenie o niekwestionowanym zawodniku wagi ciężkiej w Układzie Słonecznym. ROBIN GEORGE ANDREWS

Kevin M. Gill/CC-BY (wzmocniony obraz); NASA/JPL/K-Caltech/SwRI/MSS (podstawowe dane obrazu)

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

PAŹDZIERNIK 2025
NUMER 10 (410)

6 WOKÓŁ NAUKI
Edukacja publiczna
REDAKCJA „SCIENTIFIC AMERICAN”

7 FORUM
Czy SI naprawdę może nas zgładzić?
MICHAEL J. D. VERMEER

10 SKANER
Psi diagności ◆ Ceglana klimatyzacja ◆ Dynamiczne kontynenty ◆ Ryby, którym niestraszna rtęć ◆ W poszukiwaniu goryczy ◆ Chemiczne rozmowy ◆ Gwizdy poród w kosmosie ◆ Uśmiercanie jadem bez ukąszenia

24 Q&A
Sekrety zwierzęcej świadomości
JACEK KRYWKO

25 WSZECHŚWIAT
Czarna dziura po sąsiedzku
PHIL PLAIT

27 SIŁA MYŚLI
Dlaczego lubimy ekspresję
EITHNE KAVANAGH, JAMIE WHITEHOUSE I BRIDGET WALLER

28 ZDROWIE
Wyciszyć stan zapalny
LYDIA DENWORTH

29 METRUM
Głębia czasu
JULIE SWARSTAD JOHNSON,

70 MATEMATKA
Rozwiązywanie 125-letniego problemu matematycznego
JACK MURTAGH

71 SZTUKA RODZICIELSTWA
Jak poradzić sobie z diagnozą, która odmienia życie
BETH S. RUSSELL

74 UMYSŁ GIĘTKI
Rekreacje profesora Ulama
MAREK PENSZKO

77 WARTO WIEDZIEĆ

78 FAKTOGRAF
Dlaczego niektóre wonie kochamy, a innych nienawidzimy
CLARA MOSKOWITZ, MIRIAM QUICK I JEN CHRISTIANSEN

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”
Coraz więcej kwarków ◆ Chemia w walce o czyste miasto ◆ Powszechny rejestr odcisków palców ◆ Francuski pierwiastek ◆ Chmury jak ekran ◆ Początki tomografii

6
Martin Gee

17
Alexander Kurlovich/Alamy Stock Photo

OKŁADKA

Alergie na orzeszki ziemne i orzechy drzewne należą do najczęstszych reakcji pokarmowych i jednocześnie do najniebezpieczniejszych. Ale jest nadzieja – ostatnio zostały zatwierdzone przez FDA dwa rewolucyjne leki na alergie pokarmowe, mogące odmienić życie uczulonych osób.

Zdjęcie Andrew B. Myers

Polska wersja okładki Jolanta Kotas

eprasa.pl 20e4b5c7ca

PRENUMERATA „ŚWIATA NAUKI”

SCIENTIFIC AMERICAN

Prenumeruj druk

KUP TERAZ

Prenumerata roczna
189 zł

Prenumerata półroczna
99 zł

Polska edycja renomowanego amerykańskiego pisma „Scientific American” z bezpłatną dostawą do wybranego przez Ciebie InPost Paczkomat 24/7 lub pocztą wprost pod Twoje drzwi.

Prenumeruj druk i serwis Pulsar

KUP TERAZ

Prenumerata roczna
279 zł

Prenumerata półroczna
159 zł

Oprócz wydania drukowanego otrzymujesz wydanie cyfrowe „Świata Nauki” i „Wiedzy i Życia” w ramach dostępu do codziennego serwisu naukowego Pulsar.

Prenumeruj w pakiecie z „Wiedzą i Życiem”

KUP TERAZ

Prenumerata roczna
299 zł

Prenumerata półroczna
169 zł

Dwa pisma popularnonaukowe w klasycznej papierowej odsłonie. Co miesiąc 160 stron potężnej dawki wiedzy ze świata nauki.

Darmowa dostawa co miesiąc pod wskazany adres

Gwarancja stałej ceny

MASZ PYTANIA?

+48 22 336 75 60
(pon.-pt. w godz. 8:00–17:00)

prenumerata@swiatnauki.pl

sklep.polityka.pl

Zapraszamy na wygodne zakupy!
Dla siebie i bliskich. Kupuj dla szkoły, firmy, instytucji.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ŚWIAT NAUKI POLSKA EDYCJA SCIENTIFIC AMERICAN

www.projektpulsar.pl

Prenumerata
www.sklep.polityka.pl/sn
e-mail: prenumerata@swiatnauki.pl
tel. 22 336 75 60

Redaktor naczelny
Elżbieta Wieteska
e-mail: e.wieteska@swiatnauki.pl
tel. 605 435 405

Kontakt z redakcją
redakcja@swiatnauki.pl

Korekta
Mariola Będkowska

Redakcja techniczna, skład i łamanie
Jolanta Kotas
e-mail: j.kotas@swiatnauki.pl

Wydawca
POLITYKA Sp. z o.o. SKA
ul. Słupecka 6, 02-309 Warszawa
tel. 22 451 61 33/34; faks 22 451 61 35
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl

Prezes zarządu
Jerzy Baczyński

Dyrektor wydawniczy
Piotr Zmelonek
tel. 22 451 61 33/34

Dyrektor biura reklamy
Izabela Kowalczyk-Dudek
tel. 22 451 61 36
e-mail: reklama@polityka.pl

Dział Dystrybucji
Marcin Paśnicki, kierownik
e-mail: dystrybucja@polityka.pl

Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu
gpsr@polityka.pl

Druk Quad

Copyright © POLITYKA Sp. z o.o. SKA 2025

Wszelkie prawa zastrzeżone (łącznie z tłumaczeniem na języki obce). Żaden fragment niniejszego wydania nie może być wykorzystany w jakiejkolwiek formie – fotokopii, mikrofilmu czy innych reprodukcji – ani przekładany na język mechaniczny bez pisemnej zgody wydawcy. SCIENTIFIC AMERICAN jest zastrzeżoną nazwą handlową należącą do Scientific American, Inc. w Nowym Jorku i używaną przez firmę Polityka Sp. z o.o. SKA na podstawie umowy licencyjnej.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor In Chief **David M. Ewalt**
Managing Editor **Jeanna Bryner**
Copy Director **Maria-Christina Keller**
Creative Director **Michael Mrak**
Chief Features Editor **Seth Fletcher**
Chief News Editor **Dean Visser**
Chief Opinion Editor **Megha Satyanarayana**

President **Kimberly Lau**
Publisher and Vice President **Jeremy A. Abbate**
Vice President, Product and Technology **Dan Benjamin**
Vice President, Commercial **Andrew Douglas**
Vice President, Content Services **Stephen Pinock**

Scientific American, 1 New York Plaza, Suite 4600, New York, NY 10004-1562

Drodzy Czytelnicy,

„Scientific American" ma już 180 lat! Z tej okazji prezentujemy Państwu raport specjalny poświęcony rewolucjom w nauce, czyli, nomen omen, zwrotom o 180 stopni, które nastąpiły od czasu ukazania się pierwszego numeru pisma.

Zapewne nieraz Państwo czytali coś w rodzaju „Naukowcy do tej pory sądzili...". No a teraz uważają zupełnie coś innego. To jak ta nauka właściwie działa? Można badaczom wierzyć, skoro tak nagle potrafią zmienić zdanie?

Sensacyjne nagłówki budzą zainteresowanie, przyciągają czytelników, ale nauka to proces – skomplikowany, długotrwały, żmudny, droga do kolejnych odkryć nie jest prosta, przypomina raczej zygzak, meander, a cel może się zmieniać. Gdyby było inaczej, gdyby było wiadomo, jaka jest odpowiedź, czemu miałyby służyć badania? Są jednak specyficzne sytuacje, kiedy rzeczywiście gwałtowne zwroty następują, a o ich przyczynach przeczytają Państwo na s. 42.

Ciekawie jest również obserwować zmiany bardziej ewolucyjne niż rewolucyjne, które jednak w rezultacie prowadzą do niemal całkowitej zmiany punktu widzenia. I tak na przykład kiedyś myślano, że nerwy się nie regenerują, dorosły mózg nie wytwarza komórek nerwowych (*s. 50*), podstawą życia jest DNA (*s. 54*), rozszerzanie się Wszechświata zwalnia, nie przyspiesza (*s. 52*), a planety są czymś we Wszechświecie unikalnym (*s. 56*). Ponadto uważaliśmy się sami za absolutnie wyjątkowych, a okazuje się, że wiele innych stworzeń ma cechy i umiejętności, które człowiek przypisywał wyłącznie sobie. Zmieniło się też nasze podejście do tworzyw sztucznych – miały wspierać ochronę zagrożonych gatunków, a same są teraz poważnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego (*s. 51*). Czy jednak ich upowszechnienie było błędem? Czy świat bez plastiku byłby lepszy? A bez Internetu, który też może być nośnikiem zła? A bez sztucznej inteligencji, która może nam zagrozić (s. 7)? Czy lepiej by było, gdyby nauka nam tych rzeczy nie dała?

Okładkowym tematem numeru są sukcesy w walce z zagrażającymi życiu alergiami pokarmowymi (*s. 30*), a w artykule na s. 60 podsumowujemy niezwykłe odkrycia wysłanej do Jowisza sondy Juno. To niekwestionowane naukowe osiągnięcia, a informowanie o nich jest teraz, jak napisał w rocznicowym numerze redaktor naczelny „Scientific American" David M. Ewalt, ważniejsze niż kiedykolwiek, bo dzisiejszy świat coraz częściej staje się wrogo nastawiony do nauki.

Kończąc tym nieco pesymistycznym akcentem, życzę Państwu miłej lektury i dziękuję, że z nami jesteście.

Elżbieta Wieteska

Zapraszamy na nasz portal popularnonaukowy **pulsar** (**www.projektpulsar.pl**). Znajdą w nim Państwo dużą porcję naukowych aktualności (w tym tłumaczenia tekstów ze strony internetowej „Scientific American"), pogłębionych artykułów, ciekawych rozmów z naukowcami, podcastów, a także bieżące i archiwalne wydania „Świata Nauki" oraz „Wiedzy i Życia".

TŁUMACZE, AUTORZY I KONSULTANCI BIEŻĄCEGO NUMERU

mgr Joanna Burek
Katedra Matematyki Stosowanej
Politechnika Lubelska

dr Michał Czerny

dr n. med. Ewa Grabowska

Andrzej Hołdys

mgr Marek Krośniak
Biblioteka Jagiellońska

Marek Penszko

dr Marcin Ryszkiewicz

Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.
Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł wyraźnie anonimową publikację.
Sprzedaż aktualnych i archiwalnych numerów czasopisma po cenie innej niż wydrukowana na okładce jest działaniem na szkodę wydawcy i skutkuje odpowiedzialnością sądową.

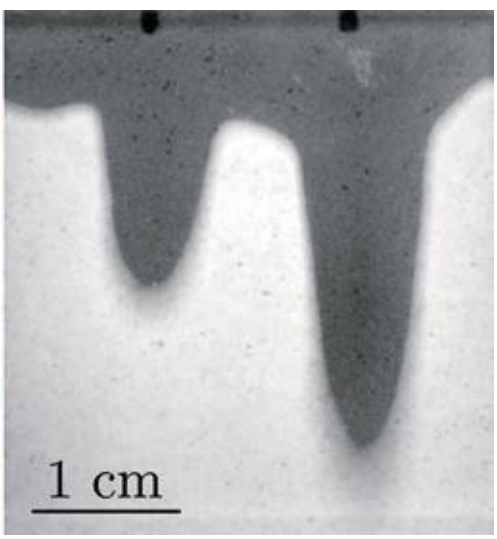
eprasa.pl 20e4b5c7ca

Odczytać historię klimatu
– czyli o tajemnicach świec krasowych

W jaki sposób świece krasowe mogą nam dostarczyć informacji o historii klimatu naszej planety? Na te i inne pytania odpowiedzi szukali naukowcy z międzynarodowego zespołu, w którego skład wchodzą badacze z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Jak zmieniał się klimat Ziemi w ciągu ostatnich setek tysięcy lat? Odpowiedź na to pytanie jest dziś bardzo istotna – zarówno dla lepszego zrozumienia naturalnych cykli klimatycznych, jak i dla prognozowania skutków globalnego ocieplenia.

Poszukując „archiwów klimatycznych", naukowcy sięgają po różne źródła: rdzenie lodowe, osady denne czy nacieki jaskiniowe. Międzynarodowy zespół badaczy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Florydy oraz Instytutu Nauk o Ziemi w Orleanie wykazał ostatnio, że cennych informacji dostarczają również świece krasowe – pionowe kanały wydrążone w skałach wapiennych. Wyniki tych badań ukazały się w prestiżowym czasopiśmie „Physical Review Letters".



Po lewej: świece krasowe w podłożu wapiennym w kamieniołomie w Smerdynie, Polska.
(autor: P. Szymczak, Uniwersytet Warszawski).
Po prawej: kanały rozpuszczeniowe powstałe w eksperymencie mikrofluidycznym
(fot. Uniwersytet Warszawski).

Kropla drąży skałę

Woda kształtuje powierzchnię Ziemi za sprawą powolnej, ale stałej erozji, tworząc wąwozy, jaskinie czy leje krasowe. W skałach wapiennych powstają też pionowe kanały, czyli świece krasowe. Dlaczego są tak ciekawe? Ponieważ – jak wykazali badacze – ich kształt nie zmienia się podczas wzrostu: kanał stopniowo się wydłuża, ale od początku zachowuje tę samą formę. To właśnie ta niezmienniczość sprawia, że świece przechowują informacje o warunkach panujących w chwili ich powstawania – w szczególności o ówczesnych opadach atmosferycznych.

Aby przyjrzeć się temu procesowi, naukowcy przeprowadzili eksperymenty mikroprzepływowe w gipsie. W próbce wykonano niewielkie nacięcia, a następnie przepuszczano przez nią wodę. – *Choć początkowo rozpuszczanie miało chaotyczny przebieg, ostatecznie wyłoniło się tylko kilka wydłużających się kanałów, a każdy z nich przyjął stabilny, charakterystyczny kształt i wydłużał się, już go nie zmieniając. Jeśli prześledzimy granice kanałów w kolejnych momentach i nałożymy je tak, by ich czubki się pokrywały, zobaczymy, że od samego początku zachowują one ten sam, niezmienny kształt. Dokładnie tak samo zachowują się świece krasowe w naturze – stwierdzają badacze. – Wygląda to tak, jakby istniał idealny, platoński model takiej krasowej świecy, który stopniowo zagłębia się w ziemię niczym w wosk, pozostawiając w niej otwór o charakterystycznym konturze* – komentuje Stanisław Żukowski, realizujący doktorat na Wydziale Fizyki UW i Université Paris Cité, pierwszy autor artykułu w „Physical Review Letters".

Wzór natury

Jak jednak odczytać z dawnych kanałów informacje o klimacie sprzed setek tysięcy lat? Kluczem było skonstruowanie matematycznego modelu ich ewolucji. – *Uchwycenie niezmienniczej formy wymagało użycia zaawansowanych narzędzi matematycznych, łączących dynamikę płynów i transport reaktywny. To pozwoliło na modelowanie, jak wody opadowe infiltrują skały wapienne i kształtują świece krasowe* – wyjaśnia prof. dr hab. Piotr Szymczak z Wydziału Fizyki UW, autor korespondencyjny publikacji. Jak wynika z ustaleń badaczy, intensywne opady sprzyjają tworzeniu się wydłużonych kanałów, podczas gdy przy słabszych opadach są one szersze i bardziej zaokrąglone. Innymi słowy: kształt świec krasowych stanowi zapis dawnych warunków klimatycznych, który dziś możemy odczytać. Co więcej, jak zaznaczają badacze, zrozumienie mechanizmów powstawania kanałów rozpuszczeniowych w skałach ma również znaczenie praktyczne — może pomóc w optymalizacji procesów podziemnego składowania CO_2 czy wydobycia ropy naftowej.

Artykuł ten jest częścią cyklu poświęconego wynikom badań realizowanych przez naukowców Uniwersytetu Warszawskiego.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Edukacja publiczna

Cięcia w jej finansowaniu i ingerencja w programy nauczania zagrażają światowej pozycji USA

PUBLICZNA EDUKACJA W USA znajduje się pod ostrzałem. Na poziomie lokalnym, stanowym i federalnym grupy polityczne i religijne dążą do cięć w jej finansowaniu, jednocześnie starając się przekierowywać jak najwięcej pieniędzy na bony do szkół prywatnych, próbując zmieniać programy nauczania i usuwać książki z list lektur. Nie traktując priorytetowo darmowej edukacji publicznej, rząd USA okrada młodych ludzi z umiejętności krytycznego myślenia i wiedzy, które napędzają innowacje i są podstawą demokracji.

Najbardziej odbija się to na nauczaniu przedmiotów ścisłych. Nawet nie tyle bezpośrednio na samych zajęciach, ile na rozwoju ciekawości uczniów, ich wyobraźni i pomysłowości. Aby eksplorować świat przyrody, co może skutkować takimi osiągnięciami, jak sztuczna inteligencja, eksploracją kosmosu czy innowacyjne terapie, dzieci muszą poznać idee, które kształtowały nasz rozwój jako społeczeństwa, status quo, któremu się sprzeciwialiśmy, by wprowadzać wielkie zmiany, twierdzenia, które kwestionowaliśmy i przeformułowywaliśmy.

Usiłowanie ograniczenia i cenzurowania edukacji finansowanej z podatków jest sprzeczne z wartościami społeczeństwa opartymi na dowodach i wiedzy. To skoordynowana próba kontroli myśli, przejaw rasizmu, klasizmu i seksizmu. Niezbyt demokratyczna — i niezbyt mądra.

Według danych Krajowego Centrum Statystyki Edukacyjnej około 50 mln dzieci w USA uczęszcza do szkół publicznych. W 2019 roku liczba ta była bliższa 51 mln, ale wiele dzieci, które opuściły szkoły publiczne w czasie pandemii COVID-u, nie wróciło już do edukacji publicznej. Dzieci chodzące do szkół publicznych korzystają z prawa, które kiedyś było przywilejem, ponieważ do połowy XIX wieku nauka w USA była zazwyczaj płatna. Do roku 1870 około 78% dzieci w wieku od pięciu do 14 lat uczęszczało do szkół finansowanych z podatków. W latach 2019–2020 od 80 do 90% uczniów szkół publicznych w USA ukończyło szkołę średnią, w zależności od regionu.

Niektóre z największych bitew o prawo do wszechstronnej wiedzy toczyły się właśnie w szkołach publicznych. Należy do nich walka o możliwość nauczania teorii ewolucji w szkole średniej w hrabstwie Rhea w Tennessee, która 100 lat temu znalazła się w centrum procesu Scopesa, a także spory o włączenie nauki o zmianach klimatycznych do podręczników używanych przez miliony uczniów szkół publicznych m.in. w Teksasie. W okręgach szkolnych w całym kraju usuwa się z bibliotek książki zawierające informacje o dojrzewaniu czy zdrowiu psychicznym, nie wspominając już o tych, których autorzy omawiają kwestie takie, jak niewolnictwo, rasizm czy tożsamość płciowa. Pod pozorem ochrony dzieci przed szkodliwymi treściami cenzorzy starają się usunąć niewygodne prawdy, które utrudniają im utrzymanie zysków i dominacji społecznej: na przykład, że Ziemia się ociepla i to ludzie za to odpowiadają, że niewolnictwo istniało i że ani rasa, ani płeć nie mogą decydować o społecznej hierarchii.

Do najbardziej rażących przykładów ataków na edukację publiczną należą programy bonów szkolnych. Takie rozwiązania skutkują kierowaniem pieniędzy podatników do szkół prywatnych i wyznaniowych, często kosztem długoterminowego finansowania edukacji publicznej. Często reklamowane są jako „wolny wybór szkoły" i przedstawiane jako sposób na pomoc uczniom w ucieczce z gorzej funkcjonujących szkół publicznych lub stworzenie biedniejszym rodzinom większych możliwości w zakresie edukacji. To jednak nie takie proste.

Arizona traci ogromne środki, by utrzymać swój program bonów. W Indianie osiągnięcia edukacyjne w szkołach objętych programem są wątpliwe. Według m.in. Josepha Waddingtona, badacza edukacji z University of Notre Dame, na przykład w Indianie, kiedy dzieci przenosiły się do szkół prywatnych, ich wyniki z matematyki znacząco spadały. Potrzeba było czasu, aby wróciły do wcześniejszego poziomu. Badacze nie stwierdzili natomiast żadnych różnic w wynikach z języka angielskiego. W niektórych środowiskach panuje przekonanie, że programy bonowe pobudzą rozwój szkół religijnych lub nastawionych na zysk, co oczywiście wzbogaci ich właścicieli. Ale w wielu rejonach wiejskich takich szkół po prostu nie ma.

W mnóstwie hrabstw w Teksasie nie ma żadnych prywatnych szkół. Ten brak był jednym z głównych powodów krytyki nowego programu bonów szkolnych w Teksasie, uchwalonego podczas sesji

Ilustracja Martin Gee

eprasa.pl 20e4b5c7ca

legislacyjnej w styczniu 2025 roku. Przykłady takie rodzą pytanie, dlaczego środki te nie miałyby być przeznaczane na edukację publiczną, z której wszyscy mogą korzystać?

Krytyczne myślenie i kontakt z różnorodnymi ideami to fundamenty nie tylko demokracji, ale także kreatywności i innowacyjności. Aby Stany Zjednoczone utrzymały swoją pozycję gospodarczego mocarstwa i motoru światowej gospodarki, potrzeba ludzi rozwiązujących problemy, wynalazców, badaczy, którzy nie boją się błądzić, a porażkę postrzegają jako normalny element postępu. To kluczowe dla rozwoju nauk ścisłych, przyrodniczych i humanistycznych, to podstawowa koncepcja wszechstronnego nauczania. Odbieranie funduszy edukacji publicznej przy jednoczesnym tłumieniu pewnych idei w szkołach publicznych z pewnością osłabi pozycję USA w świecie.

Choć edukacja publiczna w Stanach Zjednoczonych jest sprawą lokalną i stanową, wsparcie federalne ma ogromne znaczenie. Próby demontażu Departamentu Edukacji — który pomaga uczniom z niepełnosprawnościami, przyznaje granty i środki wyrównujące szanse oraz prowadzi badania nad różnymi aspektami kształcenia — stawiają uczniów na każdym etapie edukacji w trudnym położeniu, szczególnie w przypadku biedniejszych okręgów szkolnych. Nauczanie odbywa się lokalnie, ale wsparcie federalne jest krytyczne.

Jak wygląda właściwe finansowanie edukacji publicznej? To wyższe pensje dla nauczycieli. Lepsze budynki, a nie tylko stadiony. Bardziej niezawodny transport. Kompleksowe, niecenzurowane podręczniki. Lepiej wyposażone laboratoria. Większy wybór przedmiotów. Skuteczniejsze kształcenie zawodowe. Więcej przedszkoli. Dbałość o zdrowie psychiczne uczniów. Opieka zdrowotna. Wartościowsze posiłki. Lepsze i darmowe zajęcia pozalekcyjne.

Przekonanie, że możemy ograniczać finansowanie edukacji publicznej na rzecz szkół prywatnych, to przeczenie zdrowemu rozsądkowi. Edukacja publiczna buduje wspólnoty, zapewnia bezpieczeństwo i równe szanse. To dobro, które powinniśmy pielęgnować. USA stały się światowym liderem w niemałej mierze dzięki powszechnej, standaryzowanej edukacji publicznej. Jesteśmy winni przyszłym pokoleniom utrzymanie tego stanu rzeczy. ■

Czy SI naprawdę może nas zgładzić?

Wiele osób wierzy, że sztuczna inteligencja doprowadzi do zagłady ludzkości. Trochę obliczeń wystarczy, by stwierdzić, że nie byłoby to dla niej takie łatwe MICHAEL J. D. VERMEER

W UTWORACH SCIENCE FICTION pojawia się często wizja, że pewnego dnia sztuczna inteligencja wymyka się spod kontroli i usiłuje unicestwić nasz gatunek.. Czy naprawdę mogłoby się to wydarzyć? W badaniach ankietowych wielu naukowców zajmujących się SI twierdzi, że wyginięcie ludzkości to możliwy skutek rozwoju sztucznej inteligencji. W 2024 roku setki z nich podpisały oświadczenie: „Ograniczanie ryzyka wyginięcia spowodowanego przez SI powinno być globalnym priorytetem, na równi z innymi zagrożeniami na skalę światową, takimi jak pandemie czy wojna nuklearna."

Pandemie i wojna nuklearna to realne, namacalne zagrożenia – zdecydowanie bardziej realne niż apokalipsa wywołana przez SI, przynajmniej dla mnie, naukowca z RAND Corporation, gdzie moi współpracownicy i ja prowadzimy różnego rodzaju badania nad bezpieczeństwem narodowym. RAND jest być może najbardziej znany z opracowania strategii zapobiegania katastrofie nuklearnej w okresie zimnej wojny. Moi współpracownicy i ja traktujemy poważnie wielkie zagrożenia dla ludzkości, dlatego zaproponowałem projekt badania potencjału SI do spowodowania wyginięcia człowieka.

Hipoteza mojego zespołu brzmiała tak: nie istnieje żaden scenariusz, w którym SI stanowiłaby jednoznaczne zagrożenie wyginięcia ludzkości. Ludzie po prostu zbyt dobrze się przystosowują, są zbyt liczni i zbyt rozproszeni po całej planecie, by SI mogła nas unicestwić jakimikolwiek narzędziami, które potencjalnie miałaby do dyspozycji. Jeśli udałoby nam się obalić tę hipotezę, oznaczałoby to, że SI rzeczywiście może stanowić realne zagrożenie egzystencjalne.

Wielu ludzi analizuje katastrofalne zagrożenia związane z SI. W niektórych najbardziej skrajnych scenariuszach SI stanie się superinteligencją z niemal pewnym prawdopodobieństwem wykorzystania nowatorskich, zaawansowanych technik – takich jak nanotechnologia – by przejąć kontrolę nad Ziemią i nas zgładzić. Prognostycy próbowali oszacować ryzyko egzystencjalne katastrofy wywołanej przez SI, często twierdząc, że istnieje nawet 10-procentowe prawdopodobieństwo, że do roku 2100 SI doprowadzi do wyginięcia ludzkości. Byliśmy sceptyczni wobec wartości takich prognoz dla polityki i działań prewencyjnych.

Nasz zespół składał się z naukowca (mnie), inżyniera i matematyka. Odłożyliśmy na bok sceptycyzm i – w bardzo „RAND-owski" sposób – zabraliśmy się za szczegółowe opracowanie, jak SI mogłaby faktycznie doprowadzić do wyginięcia ludzkości. Zwykła globalna katastrofa czy załamanie społeczne nam nie wystarczały. Chcieliśmy potraktować ryzyko wyginięcia naprawdę poważnie – co oznaczało, że interesowało nas tylko całkowite unicestwienie gatunku. Nie próbowaliśmy się dowiedzieć, czy SI chciałaby nas zabić; pytaliśmy wyłącznie, czy mogłaby jej się udać taka próba.

Było to mało przyjemne zadanie. Analizowaliśmy dokładnie, jak SI mogłaby wykorzystać trzy główne zagrożenia powszechnie postrzegane jako egzystencjalne ryzyko: wojnę nuklearną, biologiczne patogeny i zmiany klimatyczne.

Dla SI pozbycie się nas wszystkich byłoby trudne – choć nie całkiem niemożliwe.

Dobra wiadomość, jeśli można to tak nazwać, jest taka, że nie uważamy, aby SI mogła wyeliminować ludzi przez użycie broni jądrowej. Nawet gdyby w jakiś sposób zdobyła zdolność odpalenia wszystkich ponad 12 tys. głowic wchodzących w skład światowych arsenałów dziewięciu państw, wybuchy, radioaktywne opady i wynikająca z nich nuklearna zima najprawdopodobniej i tak nie doprowadziłyby do naszego całkowitego wyginięcia. Ludzi jest zbyt wielu i są zbyt rozproszeni, by eksplozje

Michael J. D. Vermeer jest starszym fizykiem w RAND, zajmuje się badaniami nad polityką naukowo-techniczną w odniesieniu do bezpieczeństwa wewnętrznego, wymiaru sprawiedliwości, wywiadu i sił zbrojnych. Specjalizuje się w ocenie szans i zagrożeń bezpieczeństwa związanych z rozwojem techniki.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

mogły bezpośrednio objąć wszystkich. SI mogłaby zdetonować broń nad najbardziej paliwogennymi obszarami planety, a i tak nie wytworzyłaby tyle pyłu, ile meteoryt, który zgładził dinozaury. Nie istnieje też wystarczająca liczba głowic, by mogło dojść do całkowitego radioaktywnego skażenia wszystkich gruntów rolnych nadających się do uprawy. Innymi słowy, nuklearny armagedon wywołany przez SI byłby katastrofalny, lecz prawdopodobnie nie zabiłby nas wszystkich; część ludzi przetrwałaby i miałaby szansę odbudować gatunek.

Za realne zagrożenie wyginięciem uznaliśmy natomiast pandemie. Wcześniejsze naturalne plagi były katastrofalne, ale społeczeństwa ludzkie jakoś je przetrwały. Nawet minimalna populacja (kilka tysięcy osób) mogłaby ostatecznie odrodzić gatunek. Hipotetyczny patogen o śmiertelności 99,99% pozostawiłby przy życiu ponad 800 tys. ludzi. Uznaliśmy jednak, że kombinacja patogenów mogłaby zostać zaprojektowana tak, aby osiągnąć niemal 100-procentową śmiertelność, a SI mogłaby posłużyć się nimi w taki sposób, by zapewnić ich szybkie, globalne rozprzestrzenienie. Główne ograniczenie polega na tym, że SI musiałaby w jakiś sposób zarazić lub w inny sposób zgładzić społeczności, które nieuchronnie odizolowałyby się w obliczu pandemii zagrażającej gatunkowi.

Wreszcie klimat – gdyby SI przyspieszyła jego „zwyczajną" antropogeniczną zmianę, nie byłoby to zagrożenie egzystencjalne. Znaleźlibyśmy nowe nisze środowiskowe, aby przetrwać, nawet gdyby oznaczało to przeniesienie się ku biegunom. By całkowicie uczynić Ziemię niezdatną do życia dla człowieka, należałoby wpompować do atmosfery coś znacznie silniejszego niż dwutlenek węgla.

Zła wiadomość jest taka, że takie znacznie potężniejsze gazy cieplarniane istnieją. Można je wytwarzać na skalę przemysłową, a w atmosferze utrzymują się setki lub tysiące lat. Gdyby SI wymknęła się spod międzynarodowej kontroli i zorganizowała produkcję kilkuset megaton tych substancji (ilości mniejszej niż masa plastiku wytwarzanego rocznie przez ludzi), wystarczyłoby to, by „ugotować" Ziemię do tego stopnia, że nie pozostałaby żadna nisza środowiskowa dostępna dla ludzkości.

Dla jasności: żaden z naszych scenariuszy wyginięcia zainicjowanego przez SI nie mógłby wydarzyć się przypadkiem.

Każdy byłby ogromnie trudny w realizacji. SI musiałaby w jakiś sposób pokonać poważne ograniczenia.

W trakcie naszej analizy zidentyfikowaliśmy cztery czynniki, których nasza hipotetyczna „superszkodliwa" SI potrzebowałaby, by zgładzić ludzkość. Po pierwsze, musiałaby w jakiś sposób postawić sobie za cel spowodowanie wyginięcia. Po drugie – przejąć kontrolę nad kluczowymi systemami fizycznymi generującymi zagrożenie, takimi jak środki do odpalenia broni nuklearnej czy infrastruktura przemysłu chemicznego. Po trzecie – zyskać zdolność przekonywania ludzi do współpracy i ukrywania swoich działań tak długo, by mogły się one powieść. Po czwarte – być zdolna działać bez udziału ludzi, ponieważ nawet gdyby doszło do załamania, konieczne byłyby działania następcze, by doprowadzić do pełnego wyginięcia.

Nasz zespół doszedł do wniosku, że jeśli SI nie posiadłaby wszystkich tych czterech zdolności, jej projekt „eksterminacji" zakończyłby się niepowodzeniem. Stwierdziwszy to, należy zaznaczyć, że nie można wykluczyć, iż ktoś mógłby stworzyć SI wyposażoną we wszystkie te umiejętności — być może nawet nieumyślnie. Już teraz próbuje się budować SI o charakterze agentycznym, czyli bardziej autonomiczną, i obserwuje przypadki, kiedy SI przejawia zdolności do knucia i oszukiwania.

Ale skoro wyginięcie jest możliwym skutkiem rozwoju SI, czy to nie oznacza, że powinniśmy zastosować zasadę ostrożności i wszystko wyłączyć, „bo lepiej dmuchać na zimne"? Nasza odpowiedź brzmi: nie. Podejście „wyłączmy to" ma sens tylko wtedy, gdy ludziom nie zależy szczególnie na korzyściach, jakie może przynieść SI. A czy się nam to podoba, czy nie — zależy. I to bardzo. Nie powinniśmy więc z nich rezygnować, by uniknąć potencjalnej, ale wysoce niepewnej katastrofy, nawet tak doniosłej, jak wyginięcie ludzkości.

Czy więc SI pewnego dnia nas wszystkich zgładzi? Nie jest absurdem twierdzić, że by mogła. Jednocześnie nasza praca pokazuje, że ludzie nie potrzebują pomocy SI, by sami się zniszczyć. Jednym pewnym sposobem na zmniejszenie ryzyka wyginięcia — niezależnie od tego, czy spowodowanego przez SI, czy przez coś innego — jest zwiększenie naszych szans na przetrwanie poprzez ograniczanie ilości broni nuklearnej, redukcję emisji substancji podgrzewających planetę oraz poprawę systemów monitorowania pandemii. Ma również sens inwestowanie w badania nad bezpieczeństwem SI, nawet jeśli nie podziela się poglądu, że jest ona potencjalnym zagrożeniem egzystencjalnym. Podobnie odpowiedzialne podejście do rozwoju SI, które może obniżyć ryzyko zagłady, ograniczy też inne szkody związane z SI — mniej radykalne, ale znacznie pewniejsze. ■

tampatra/Getty Images

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Kultura dla każdego

PGE wspiera najbardziej znane polskie instytucje kulturalne, a równocześnie pomaga nowym inicjatywom i nie zapomina o działalności edukacyjnej wśród dzieci i młodzieży.

Wyjątkowe wydarzenie w wyjątkowym miejscu okazało się ogromnym sukcesem. Międzynarodowy Festiwal Muzyczny „Break in Classic 2025", którego partnerem była PGE Polska Grupa Energetyczna, odbył się w połowie sierpnia w Otwocku Wielkim. Znajdujący się tam barokowy pałac z Muzeum Wnętrz, będący oddziałem Muzeum Narodowego w Warszawie, wraz z otaczającym go parkiem na trzy dni stały się tłem dla najlepszej muzyki. Jak podkreślali dyrektorzy artystyczni festiwalu, Jakub Józef Orliński i Aleksander Dębicz, trudno wyobrazić sobie piękniejsze miejsce na plenerowe koncerty. Festiwal był kwintesencją ich myślenia o muzyce klasycznej – jako źródle absolutnego piękna i głębokich emocji, ale też przestrzeni do niczym nieskrępowanej zabawy.

Klasyka na nowo

Wśród zaproszonych artystów znaleźli się między innymi grecka sopranistka Aphrodite Patoulidou, która zdefiniowała na nowo świat klasyki, Atom String Quarter, jeden z najlepszych kwartetów smyczkowych, który z powodzeniem łączy klasykę z jazzem, flecistka Lucie Horsch – cudowna interpretatorka muzyki dawnej, którą przedstawia w nowoczesny sposób, barokowa orkiestra Il Giardino d'Amore, a także trio Łukasz Kuropaczewski, Maciej Frąckiewicz i Bartek Miller. Obok koncertów popularnością cieszyły się spotkania z wirtuozami, oprowadzania po pałacu i potańcówki w ramach silent disco. Pierwsza edycja „Break in Classic" przyciągnęła wszystkie pokolenia – od najstarszych do najmłodszych.

Jednego z twórców tego sukcesu, naszego wyjątkowego kontratenora Jakuba Józefa Orlińskiego będzie można posłuchać 22 maja 2026 r. w „Wieczorze arii i pieśni" w Filharmonii Narodowej, której PGE jest mecenasem. Renesansowe i barokowe utwory wokalne zabrzmią z towarzyszeniem fortepianu, przy którym zasiądzie częsty partner artystyczny śpiewaka, Michał Biel. Czekając na to niezwykłe wydarzenie, warto korzystać z bogatej oferty rozpoczynającego się nowego sezonu muzycznego w filharmoniach w całej Polsce. PGE obejmuje mecenatem łącznie aż 16 instytucji muzycznych.

Sztuka wychodzi do ludzi

Sztuka zyskuje prawdziwą moc, gdy wychodzi poza ramy instytucji i spotyka ludzi w ich codziennym świecie. Właśnie dlatego prezentacja prac konkursowych „Spotkania ze sztuką" Fundacji PGE przybrała formę wystawy plenerowej, którą do 19 września można oglądać w sercu Warszawy, na skwerze Wolnego Słowa przy ulicy Mysiej 2. Inspiracją do stworzonych prac było malarstwo Stanisława Wyspiańskiego, stąd wśród obrazów można znaleźć liczne portrety oraz pejzaże wykonane technice pasteli. Wystawa stanowi symboliczne zakończenie III edycji ogólnopolskiego konkursu plastycznego „Spotkania ze sztuką", którego tematem przewodnim było malarstwo Stanisława Wyspiańskiego. Tegoroczna odsłona okazała się rekordowa – wpłynęło niemal 2,7 tys. prac z całej Polski, a jury wyłoniło 150 laureatów w trzech kategoriach wiekowych.

Konkurs „Spotkania ze sztuką", wystawy prac laureatów w muzeach oraz wystawa plenerowa mają na celu popularyzację wiedzy o kulturze i sztuce wśród młodych twórców z całej Polski. Konkurs skierowany jest do uczniów szkół podstawowych z miejscowości liczących mniej niż 50 tys. mieszkańców. Umożliwia dzieciom i młodzieży zaprezentowanie swoich umiejętności plastycznych, a także daje szansę odwiedzenia najważniejszych instytucji kulturalnych w kraju. Fundacja PGE pracuje już nad IV edycją konkursu.

Nie tylko kameralnie o twórczości z Olgi Boznańskiej

Wśród najnowszych wydarzeń kulturalnych warto zwrócić uwagę na pokaz prac Olgi Boznańskiej w ramach ekspozycji stałej Muzeum Narodowego w Galerii Sztuki XIX Wieku oraz o wystawę „Boznańska. Kameralnie" w Muzeum Narodowym w Krakowie. W tym roku przypadają 160-lecie urodzin i 85-lecie śmierci Olgi Boznańskiej – obie rocznice okazały się pretekstem do uczczenia wybitnej artystki w Muzeach Narodowych w Warszawie i Krakowie, których mecenasem jest PGE. Sejm ustanowił rok 2025 Rokiem Olgi Boznańskiej, podkreślając że jej obrazy należą do najważniejszych dzieł polskiego malarstwa modernistycznego i kanonu historii sztuki, a jej kariera jest przykładem jednego z najwybitniejszych polskich sukcesów artystycznych na arenie międzynarodowej.

Materiał powstał przy współpracy z PGE

eprasa.pl 20e4b5c7ca

MEDYCYNA

Czworonożne detektory

Psi pesymiści mogą z większą precyzją wykrywać węchem choroby

BILLY, MAŁA SUCZKA RASY BEAGLE, krąży po platformie, obwąchując szereg otworów. W każdym z nich znajduje się używana maseczka chirurgiczna, niosąca unikalną mieszankę zapachów różnych osób. Ale psi wytrenowany nos szuka tylko jednego zestawu: tego, który sygnalizuje obecność raka.

Nowotwór może zmieniać tzw. wolatilom człowieka – unikalny zbiór lotnych metabolicznych związków obecnych w jego oddechu, pocie, krwi i moczu. Billy i jej towarzysze nauczyli się wyłapywać te subtelne wskazówki zapachowe w maseczkach noszonych przez osoby z rozpoznaniem raka. Naukowcy badają też, w jaki sposób psy potrafią wykrywać inne choroby, takie jak COVID czy malaria, a także stany psychiczne, m.in. zespół stresu pourazowego.

Zdolność psów do „wywąchiwania" chorób odkryto w 1989 roku, kiedy jeden z nich wykrył raka u swojego opiekuna. Mimo to psy nie są jeszcze rutynowo wykorzystywane w diagnostyce klinicznej. Poza oczywistymi trudnościami logistycznymi, psy różnią się znacznie pod względem precyzji węchowej. Coraz więcej badań wskazuje, że skuteczność w wykrywaniu chorób może zależeć od osobowości danego psa – oraz od tego, jak dobrze go zna jego przewodnik. W nowych projektach badawczych naukowcy skupiają się więc na ustaleniu, które psy najlepiej nadają się do tej pracy i jak interpretować ich zachowania podczas testów zapachowych.

Sharyn Bistre Dabbah, lekarz weterynarii z University of Bristol w Anglii, wraz ze współpracownikami z brytyjskiej organizacji charytatywnej Medical Detection Dogs, postanowiła sprawdzić, jak osobowość psów – zwłaszcza ich poziom optymizmu lub pesymizmu – wpływa na zdolności wykrywania chorób. Wyniki ich badań ukazały się niedawno w „PLoS One".

Badacze najpierw pokazali psom, co kryje się za dwoma ekranami ustawionymi na końcu pomieszczenia: w „pozytywnym" miejscu znajdowała się smaczna nagroda, a w „negatywnym" – pusta miska. Podczas kolejnych prób psy zwykle radośnie biegły w stronę pierwszego ekranu, a do drugiego podchodziły powoli albo w ogóle nie były nim zainteresowane.

Następnie naukowcy umieścili miski za dwoma nowymi ekranami, ustawionymi pomiędzy pozytywnym i negatywnym miejscem, i na podstawie tego, jak szybko psy zaczynały badać te nowe lokalizacje, zaklasyfikowali zwierzęta jako optymistów lub pesymistów.

Zespół ocenił, jak precyzyjnie każdy pies potrafił wykryć zapach choroby, do którego identyfikacji został wytrenowany, wśród innych woni. Średnio psy o pesymistycznym nastawieniu okazały się bardziej wnikliwe. Psi pesymiści są ostrożniejsi, a jak wyjaśnia Dabbah, „ostrożniejszy pies może się rzadziej mylić".

eprasa.pl 20e4b5c7ca

O skuteczności i dokładności „wywąchiwania” chorób może decydować osobowość psa i umiejętność interpretacji jego zachowań przez przewodnika.

Johner Images/Getty Images

Na skuteczność mają wpływ również inne cechy osobowości, dodaje Clara Wilson z University of Pennsylvania, badaczka psów wykrywających choroby i stres. Psy, które uwielbiają dreszcz emocji podczas polowania – i świetnie radzą sobie w poszukiwaniach zaginionych osób czy ukrytych ładunków wybuchowych – mogą uznać powtarzające się wąchanie próbek za nużące. „Potrzebujemy psa, który się nie frustruje. Dla niego ta praca powinna być przyjemna, nawet jeśli mniej ekscytująca” – wyjaśnia Wilson.

Interpretacja psiego zachowania przez przewodników również może zaburzać wyniki detekcji, podkreśla Akash Kulgod, współzałożyciel Dognosis, start-upu z Bengaluru, który szkolił Billy. Zamiast uczyć psy konkretnych zachowań, takich jak siadanie czy szczekanie po wyczuciu przypisanego zapachu – co wymaga dodatkowego czasu i może prowadzić do „oszukiwania” dla smakołyków – Kulgod i jego zespół analizują naturalny język ciała psa. Na podstawie tego, jak pewnie psy się poruszają (badane za pomocą narzędzi uczenia maszynowego opartych na widzeniu komputerowym), zespół może wskazać udane detekcje. „Jeden z naszych psów wącha, a potem pewnie robi zwrot, by podejść do karmnika – mówi Kulgod. – Każdy z nich ma swoje dziwactwa – ale wszystko to da się zmierzyć, bo wiąże się z oczekiwaniem nagrody obserwowanym w poprzednich sesjach”.

W badaniu pilotażowym z 200 próbkami obejmującymi 10 typów nowotworów, zaprezentowanym na tegorocznej konferencji American Society of Clinical

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Oncology, psy z Dognosis wykryły 96% przypadków raka. Zespół planuje rozszerzyć badanie do 1500 próbek.

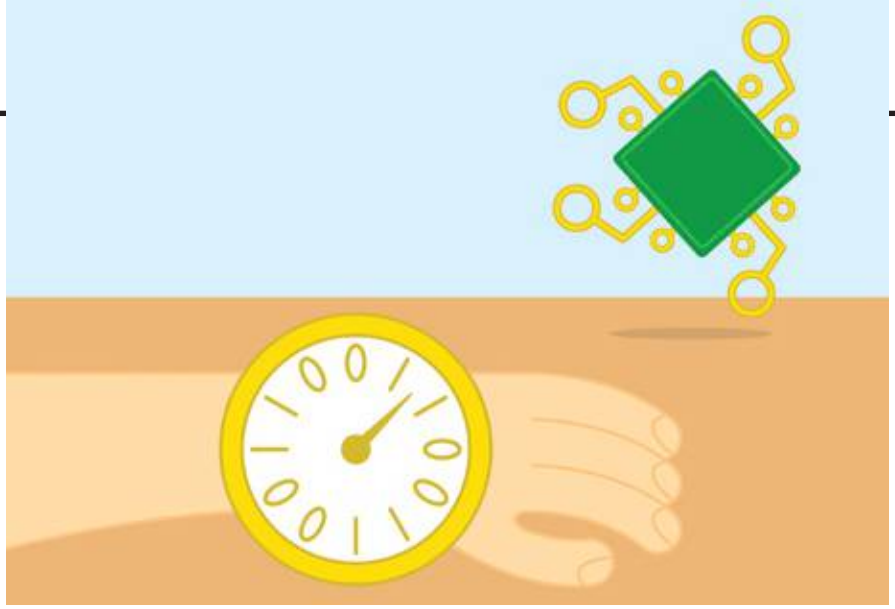
Obecnie lekarze diagnozują wiele rodzajów nowotworów z użyciem kombinacji badań krwi i biopsji. Naukowcy stale poszukują metod mniej inwazyjnych – w tym takich, które bezpośrednio wykorzystują psy, a także „elektroniczne nosy". Psy obecnie przewyższają elektroniczne czujniki zapachu. Ale ta przewaga może nie potrwać długo, zauważa Andreas Mershin, dyrektor ds. naukowych bostońskiego start-upu RealNose.ai. On i jego współpracownicy rozwijają elektroniczne nosy do wykrywania raka prostaty i innych chorób na podstawie próbek moczu. Jeśli technika węchu maszynowego ostatecznie przewyższy zdolności psów, mogłoby to rozwiązać problem skalowalności – i dać zwierzętom odpocząć.

Zespół Mershina umieścił receptory zapachowe ssaków na chipie i użył algorytmów uczenia maszynowego do interpretacji wyników. Technika ta polega na rozpoznawaniu ogólniejszych wzorców, a nie na klasyfikowaniu wykrywanych związków indywidualnie.

Psy też nie „odhaczają" molekuł z listy w głowie; one „wiedzą", jak pachnie rak. Dzięki temu potrafią go wyczuć niezależnie od tego, w jakim narządzie rozwija się choroba albo co pacjent zjadł przed oddaniem próbki oddechu. „Psy potrafią uogólniać. Nie interesuje ich »czcionka«, którą zapisany jest zapach – po prostu go poprawnie odczytują" – mówi Mershin.

W badaniu opublikowanym w „PLoS One" Mershin i jego zespół wykorzystali modele uczenia maszynowego do wykrywania i analizy wzorców różnych odorantów w próbkach moczu pacjentów z potwierdzonym rakiem prostaty. Ich odkrycia, oparte na danych diagnostycznych od Medical Detection Dogs, wskazują, że skupienie się na takich wzorcach umożliwi opracowanie skalowalnego rozwiązania pozwalającego zastąpić psy, choć na razie ta metoda jest znacznie wolniejsza.

Tymczasem na platformie testowej Billy, beagle o klapniętych uszach, szybko wykrywa subtelny zapach raka w jednej z maseczek, które obwąchiwała – i pewnym krokiem idzie po nagrodę. Takie testy pokazują duży potencjał, mówi Amritha Mallikarjun, badaczka z University of Pennsylvania: „Psy, dzięki swojemu niesamowitemu węchowi i zdolnościom detekcji, pokazują nam dziś, jak ta technika może wyglądać za 10–15 lat". *Rohini Subrahmanyam*



INFORMATYKA

Czas na pierwiastek kwadratowy

Nowy dowód na możliwość radykalnej kompresji pamięci niezbędnej do obliczeń

W ODLEGŁEJ PRZESZŁOŚCI komputery wypełniały duże pomieszczenia, dziś mieszczą się w naszych kieszeniach i wykonują w ułamku sekundy to, co kiedyś zajmowało godziny. Jednak po dekadach miniaturyzacji układów scalonych z zachowaniem maksimum możliwości obliczeniowych teoretycy odwracają pytanie: jak mało miejsca wystarczy, aby wykonać konkretne zadanie?

Ten problem leży u podstaw złożoności obliczeniowej, a konkretnie granicy możliwych obliczeń z wykorzystaniem określonych zasobów w danym czasie. Przez 50 lat teoretycy uważali, że jeśli rozwiązanie problemu wymaga t kroków, powinno również wymagać w przybliżeniu t bitów pamięci – zer i jedynek systemu binarnego stosowanego w procesorze do zapisywania informacji (ściśle rzecz biorąc, chodzi o wartość $t/\log(t)$, ale tu mówimy o liczbach przy których wpływ log(t) można pominąć). Jeśli więc zadanie obejmuje 100 kroków, należałoby oczekiwać, że potrzebnych będzie co najmniej 100 bitów. Uważano, że użycie mniejszej liczby bitów wymaga więcej kroków – podobnie jak alfabetyzacja książek przez przestawianie ich na półce wymaga więcej operacji niż wyjęcie wszystkich i układanie po jednej. Jednak z odkrycia przedstawionego na ACM Symposium on Theory of Computing w Pradze przez informatyka z Massachusetts Institute of Technology Ryana Williamsa wynika, że każdy problem rozwiązywalny w czasie t wymaga tylko około $\sqrt{t}$ bitów pamięci: obliczenia składające się ze 100 kroków można skompresować i rozwiązać, korzystając z informacji rzędu 10 bitów. „Ten wynik pokazuje, że dotychczasowe opinie były całkiem fałszywe, więc początkowo podejrzewałem, że w dowodzie jest błąd" – mówi Williams.

Przełomowy dowód opiera się na „redukcji" – przekształcaniu problemu w inny, pozornie z nim niezwiązany, ale matematycznie mu równoważny. Dzięki redukcji na przykład pakowanie walizki przekłada się na ustalanie miesięcznego budżetu: rozmiar walizki reprezentuje całkowity budżet, ubrania odpowiadają potencjalnym wydatkom, a staranne decydowanie, które ubrania się zmieszczą, jest jak alokacja budżetu. Rozwiązanie jednego problemu rozwiązuje drugi. Ta idea leży u podstaw wyniku Williamsa: każdy problem można przekształcić w taki, który da się rozwiązać, sprytnie wykorzystując pamięć – zręcznie upychając niezbędne informacje w zaledwie pierwiastek kwadratowy z liczby bitów. Zatem pierwotny problem musi być rozwiązywalny za pomocą tego kompaktowego kontenera.

„Ten postęp jest niewiarygodny – mówi Mahdi Cheraghchi, informatyk z University of Michigan. – Przed tym wynikiem istniały problemy, które można było rozwiązać w określonym czasie, ale wielu uważało, że nie da się tego zrobić przy zbyt małej pamięci". Odkrycie Williamsa, to pierwszy „krok we właściwym kierunku". Choć miniaturyzacja komputerów postępuje, nasza wiedza teoretyczna na temat ich wydajności gwałtownie wzrosła, co sugeruje, że prawdziwym ograniczeniem nie jest zasób pamięci, jaką dysponujemy, lecz to, jak mądrze ją wykorzystujemy. *Max Springer*

Ilustracja Thomas Fuchs

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ZDROWIE PSYCHICZNE

Miesiączka a ADHD

Cykle menstruacyjne odgrywają istotną rolę w nasileniu objawów

NAUKOWCY KIEDYŚ SĄDZILI, że zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD) to stan niezmienny: albo się go ma, albo nie – koniec historii. Jednak obecnie wiadomo, że objawy ADHD mogą się zmieniać w ciągu życia, a nowe badania pokazują, że prawdopodobnie ulegają zmianie także w trakcie cyklu miesiączkowego.

Nowe ustalenia, które zostały zaprezentowane na Amerykańskim Kongresie Psychiatrii i Zdrowia Psychicznego, ale których jeszcze nie opublikowano w recenzowanym czasopiśmie naukowym, stanowią najmocniejszy dotychczas dowód na to, że objawy ADHD mogą ulegać wahaniom wraz ze zmianami hormonalnymi.

„Daje nam to spersonalizowany wgląd w to, co dzieje się u wielu kobiet cierpiących na ADHD – mówi Dora Wynchank, psychiatra i badaczka z holenderskiej organizacji opieki zdrowia psychicznego PsyQ, która nie brała udziału w badaniu. – Ponieważ ADHD było w przeszłości badane głównie u chłopców i mężczyzn, umknął nam ten bardzo istotny aspekt."

Michelle Martel, psycholożka kliniczna i kierowniczka katedry psychologii na University of Kentucky, kierowała badaniem, które objęło 97 studentek podczas całego ich cyklu miesiączkowego. Niemal wszystkie uczestniczki miały formalną diagnozę ADHD, a około połowa z nich przyjmowała stale leki stymulujące układ nerwowy. Zespół Martel codziennie mierzył u studentek poziom hormonów i oceniał objawy ADHD za pomocą kwestionariuszy oraz testów funkcji poznawczych.

Martel i jej współpracownicy odkryli, że uczestniczki badania zgłaszały nasilenie objawów ADHD, takich jak trudności z koncentracją i impulsywność, tuż przed rozpoczęciem miesiączki oraz na jej początku, a w mniejszym stopniu w okolicach owulacji. Wyniki te były zgodne z rezultatami testów psychologicznych oraz potwierdzają to, co psycholodzy już wcześniej słyszeli od pacjentek.

Wynchank mówi, że jej pacjentki często opowiadały: „Coś się ze mną dzieje w tygodniu poprzedzającym okres – jakby cały świat się rozpadał. Kilka dni po rozpoczęciu miesiączki patrzę wstecz i nie poznaję samej siebie."

Martel twierdzi, że zmiany te wydają się w dużej mierze spowodowane spadkami poziomu estradiolu – najsilniejszej formy estrogenu. Estrogen jest powszechnie znany jako hormon płciowy, ale pełni też ważne funkcje w mózgu: wspiera koncentrację, pamięć i stabilizację nastroju. Dodatkowo pomaga organizmowi w produkcji i utrzymywaniu odpowiedniego poziomu dopaminy – kluczowego neuroprzekaźnika, który odgrywa ważną rolę w ADHD.

„Chodzi o wrażliwość na wahania hormonalne – przypuszcza Wynchank. – Nałożenie się źle funkcjonującego układu dopaminowego z niskim poziomem estrogenu to taki podwójny cios, który znacząco pogarsza funkcje poznawcze". To powiązanie może tłumaczyć, dlaczego badania wykazują u kobiet z ADHD wyższe wskaźniki przedmiesiączkowego zaburzenia dysforycznego – ciężkiej postaci zespołu napięcia przedmiesiączkowego, a także większe ryzyko depresji poporodowej i nasilenia rozmaitych objawów w okresie okołomenopauzalnym. Wiadomo, że poziom estrogenu spada przed menstruacją, po porodzie oraz w okresie menopauzy.

Wyniki najnowszych badań Martel potwierdzają efekt zaobserwowany przez nią w jej wstępnym badaniu wykonanym w 2018 roku i obejmującym 32 uczestniczki. „Tak naprawdę jest to potwierdzenie wszystkiego, co wcześniej odkryliśmy – mówi Martel. – To pozwala nam zaufać wynikom obecnych badań, mieć pewność, że są dokładne i uchwyciły realny problem".

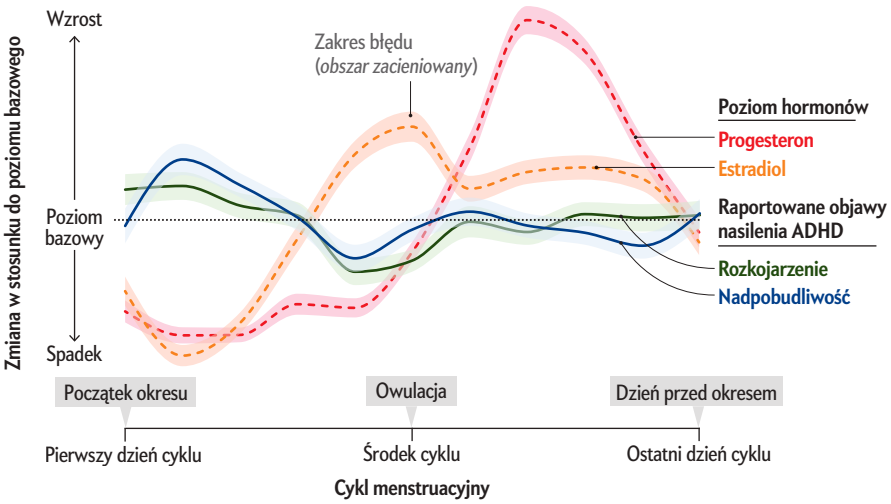
Odkrycie może wpłynąć na sposób diagnozowania i leczenia ADHD. We wstępnym badaniu z 2018 roku niektóre jego uczestniczki spełniały kryteria ADHD tylko w określonych momentach cyklu miesiączkowego, co mogło wpływać na możliwość postawienia im diagnozy. Martel chce też sprawdzić, czy niektóre osoby mogłyby skorzystać na dostosowywaniu dawki leków na ADHD do cyklu miesiączkowego.

W 2023 roku Wynchank i jej współpracownicy opisali w publikacji naukowej przypadek, który wspiera koncepcję dawkowania leku z uwzględnieniem fazy cyklu. Naukowcy zalecili dziewięciu pacjentkom zwiększenie dawki leku na ADHD w tygodniu poprzedzającym miesiączkę i obserwowali je przez okres od sześciu miesięcy do dwóch lat. Wszystkie uczestniczki zgłaszały złagodzenie objawów bez nasilenia działań niepożądanych i planowały kontynuować przyjmowanie dostosowanej dawki. Wynchank zauważa, że inne metody, takie jak psychoterapia czy hormonalna antykoncepcja, również mogą pomóc w przypadku zaostrzenia przedmiesiączkowych objawów ADHD, ale dotychczas nie zostały dogłębnie przebadane.

Zarówno Wynchank, jak i Martel zgadzają się, że w tej dziedzinie wiele jeszcze pozostało do zrobienia. „Do tej pory przeprowadzono bardzo mało badań ADHD u dziewcząt i kobiet". Aby usunąć tę nierówność, Wynchank i jej współpracownicy przeprowadzają ogólnoświatowy sondaż skierowany do kobiet z ADHD. „Chcemy poznać ich rzeczywiste doświadczenia i dowiedzieć się, jakie są ich oczekiwania związane z badaniami – mówi Wynchank. – Nie chodzi o to, co nas interesuje. Chcemy, żeby to kobiety wskazały, co powinno być przedmiotem analiz."

Kelso Harper

Objawy ADHD zmieniają się podczas cyklu miesiączkowego



ŹRÓDŁO: „ADHD in Adult Women: Challenges and New Directions", Michelle M. Martel. Prezentacja podczas Kongresu Psychiatrycznego w Bostonie w 2024 roku (*dane*)

Infografika Ripley Cleghorn

eprasa.pl 20e4b5c7ca

TECHNIKA

Terakota jest cool

Zwykła glina chroni przed upałem bez użycia prądu

Chłodząca fasada z terakoty

Dzięki uprzejmości CoolAnt

NIESPEŁNA 20% gospodarstw domowych w Indiach ma klimatyzację lub klimatyzator przenośny, a mniej niż jedna trzecia lodówkę — co pozostawia setki milionów ludzi narażonych na rosnącą temperaturę bez sztucznego chłodzenia. Szacuje się, że w 2024 roku najgorętszym w historii pomiarów, ekstremalne upały pochłonęły w Indiach ponad 700 ofiar śmiertelnych, a badacze ostrzegają, że 76% populacji jest zagrożone upałem w wysokim lub bardzo wysokim stopniu.

Pewnym rozwiązaniem problemu może być terakota – innowacja sprzed co najmniej 3000 lat, tania i energooszczędna. Używano jej do przechowywania wody już w cywilizacji Harappa w epoce brązu. Dziś nadal w wiejskich indyjskich domach stoją gliniane dzbany na wodę, chłodząc ją bez użycia prądu; kosztują zaledwie dolara.

„Porowata powierzchnia terakoty pozwala wodzie powoli parować, co odprowadza ciepło i chłodzi otoczenie" – wyjaśnia Adithya Pradyumna, badacz zdrowia środowiskowego z Uniwersytetu Azim Premji w Bengalurze. Wykorzystując to zjawisko, architekci w indyjskich metropoliach sięgają po terakotę jako element nowych, pasywnych urządzeń chłodzących – od glinianych lodówek po perforowane płytki, ażurowe ekrany i fasady budynków, umożliwiające naturalną wentylację oraz wymianę ciepła i wilgoci między wnętrzem a otoczeniem. W niektórych projektach woda jest rozprowadzana po powierzchni terakoty, by, parując, dodatkowo obniżała temperaturę.

Chłodzenie pasywne osiąga się, projektując budynki tak, by regulowanie temperatury opierało się na zastosowaniu naturalnych materiałów, odpowiedniej wentylacji i zacienieniu. Podejście to sprawdza się szczególnie dobrze w regionach śródziemnomorskich oraz innych obszarach suchych i półsuchych – jak część Północno-Zachodniego Wybrzeża Pacyfiku, gdzie według badań, może ona ograniczyć korzystanie z klimatyzacji nawet o 70%.

Pionierem w tej dziedzinie jest firma projektowa Ant Studio z Delhi, która w projekcie CoolAnt wykorzystała terakotę jako „drugą skórę" na betonowych budynkach. „Dzięki jej hydrofilowości udało się nam w ponad 30 lokalizacjach w Indiach obniżyć temperaturę we wnętrzach budynków średnio o sześć do ośmiu stopni Celsjusza" – mówi założyciel studia Monish Siripurapu. Materiał ten powinien okazać się jeszcze skuteczniejszy w suchszych rejonach kraju, dodaje. Nawet tak umiarkowane spadki temperatury, zaznacza Pradyumna, mogą „znacząco pomóc organizmowi ludzkiemu w efektywniejszym chłodzeniu, szczególnie w pomieszczeniach". Badania pokazują bezpośrednią korelację między wysoką temperaturą a śmiertelnością.

Inna indyjska firma, A Threshold z Bengaluru, ponownie wykorzystuje przetworzoną terakotę do tworzenia oddychających fasad. Z kolei firma Mitti-Cool z Gudżaratu opracowała gliniane „lodówki", które podobno utrzymują świeżość żywności od trzech do pięciu dni bez zasilania – co jest bezcenne w domach, w których jest problem z energią elektryczną. „Wielu naszych klientów nie stać na korzystanie z konwencjonalnych urządzeń, a to jest trwałe i przystępne cenowo rozwiązanie" – mówi założyciel Mitti-Cool, Mansukhbhai Prajapati.

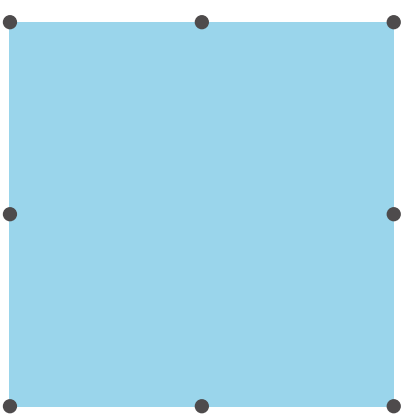
Niyati Gupta, starsza specjalistka ds. programowych w instytucie badawczym WRI India, podkreśla, że terakota „może uzupełniać istniejące systemy chłodzenia i zmniejszać nasze uzależnienie od sieci energetycznej opartej na paliwach kopalnych. Samo to mogłoby być przełomem zarówno dla sektora energetycznego, jak i budowlanego." *Jyoti Thakur*

ZAGADKA MATEMATYCZNA

Podział kwadratu

Emma R. Hasson

NARYSUJ CZTERY LINIE, łączące szare punkty umieszczone w rogach i w środkach boków kwadratu. Linie te powinny dzielić kwadrat na takie części, z których będzie można złożyć pięć identycznych mniejszych kwadratów (niektóre z tych części mogą być już gotowymi kwadratami).



Rozwiązanie zagadki na stronie 76

eprasa.pl 20e4b5c7ca

GEOLOGIA

Mięknący Środkowy Zachód

Kontynentalny rdzeń USA może „skapywać” do wnętrza Ziemi

WYGLĄDA NA TO, że coś bardzo dziwnego dzieje się głęboko pod amerykańskim Środkowym Zachodem i regionem doliny Ohio.

Geologiczny rdzeń Ameryki Północnej przetrwał już ponad miliard lat; naukowcy nazywają takie rdzenie kratonami – są to olbrzymie bloki sztywnych skał kontynentalnych, które nie ulegają naturalnemu systemowi recyklingu materii ziemskiej znanemu jako tektonika płyt litosfery. Geolodzy zwykle uważają kratony za niezmienne i niemal wieczne. Jednak badania opublikowane w „Nature Geoscience” wskazują, że płyta litosfery, która dawno temu zanurzyła się do wnętrza globu, może teraz ściągać ku sobie kraton północnoamerykański i erodować go od spodu.

Taki scenariusz nie byłby wyjątkowy – naukowcy mają dowody na to, że miliony lat temu schudł w dramatycznych okolicznościach kraton północnych Chin – ale z pewnością fascynujące byłoby śledzenie i badanie takiego procesu w czasie rzeczywistym. „Kratony to prastare rdzenie kontynentów, które od miliardów lat trwają blisko powierzchni Ziemi – mówi Claire Currie, geofizyczka z University of Alberta, która nie brała udziału w tych badaniach. – Byłoby naprawdę czymś niezwykłym obserwować, jak są niszczone”.

Autorzy badań nie zamierzali wcale poszukiwać erodowanego kratonu – twierdzi lider zespołu Junlin Hua, geofizyk z Chińskiego Uniwersytetu Nauki i Techniki. Chciano jedynie zastosować nową, precyzyjniejszą metodę analizy danych zebranych przez bogatą sieć ponad 600 sejsmometrów pracujących w Ameryce Północnej, licząc na to, że w ten sposób uda się uzyskać dokładniejszy obraz kontynentu.

W pracy wykorzystano obserwacje dotyczące ponad 200 trzęsień ziemi generujących najróżniejsze rodzaje fal sejsmicznych. Ich właściwości w bardzo konkretny sposób zależą od rodzaju materiału skalnego, w którym się przemieszczają. W ten sposób można na przykład ustalić, czy materia skalna jest szczególnie zimna lub gorąca albo czy jest sztywna i masywna lub słaba i elastyczna. Analizując fale sejsmiczne, naukowcy mogą poznać budowę wnętrza Ziemi i opracować jego mapę, mówi Hua. Badacze starali się uwzględnić w swoich analizach każde drżenie zarchiwizowane w bazie danych, co jest bardzo żmudnym procesem.

Kilka miesięcy po rozpoczęciu analizy Hua zorientował się, że analiza zaczyna dostarczać coraz bardziej zaskakujących odkryć. Sam kraton wyglądał całkiem normalnie: blok skał o wysokiej gęstości mający grubość około 200 km. Fale sejsmiczne przechodziły przez niego stosunkowo szybko – naukowcy określają takie strefy obszarami wysokiej prędkości fal sejsmicznych – po czym zwalniały nagle po dotarciu do niżej położonej młodszej materii skalnej.

Jednak obserwacje pokazywały, że pod tym fragmentem kratonu, który znajduje się na amerykańskim Środkowym Zachodzie i w dolinie Ohio, dzieje się coś dziwnego. Tutaj bowiem częściowo stopiona materia cechująca się dużą prędkością fal sejsmicznych opadała w niektórych miejscach na głębokość blisko 600 km, czyli prawie do dolnego płaszcza Ziemi. Według Hua pomiary te świadczą, że w takich lokalizacjach kraton Ameryki Północnej „skapuje” w dół do płaszcza, zachowując się w sposób, którego naukowcy się nie spodziewali i nie potrafią wyjaśnić.

Odważyli się jednak sformułować hipotezę, gdy uwzględnili w niej istnienie pewnego reliktu geologicznego tkwiącego głęboko pod Ameryką Północną. Tym reliktem jest dawna oceaniczna płyta litosfery Farallon, która około 100 mln lat temu, czyli w szczycie potęgi dinozaurów, znajdowała się pomiędzy płytami pacyficzną i północnoamerykańską, a finalnie została wepchnięta za sprawą subdukcji pod Amerykę Północną. Jej resztki tkwią dziś w dolnym płaszczu, około 800 km pod powierzchnią planety, i pojawiły się także w sejsmicznych prześwietleniach wnętrza globu wykonanych przez zespół Hua.

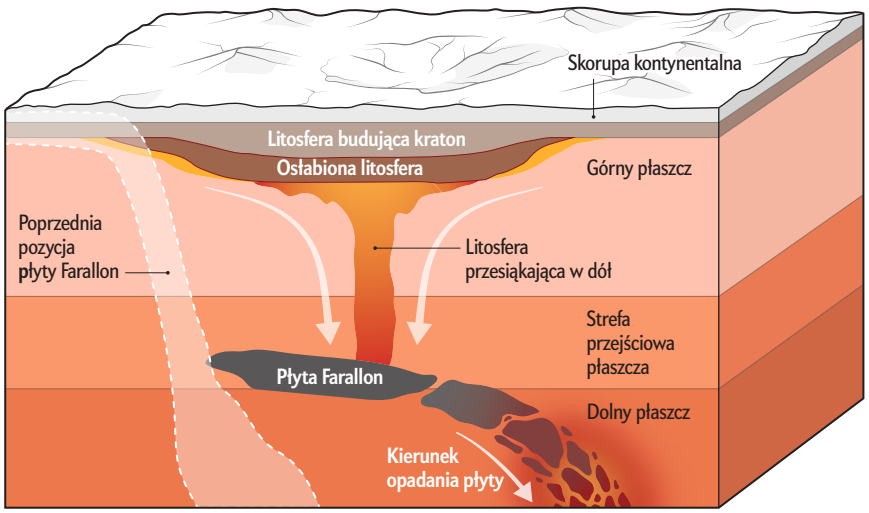
Gdy naukowcy, korzystając z modeli komputerowych, poddali testom teorie wyjaśniające spływanie w dół części materii kratonu, kluczem do rozwiązania zagadki okazywała się płyta Farallon. Tylko wtedy, gdy uwzględniano ją w modelach, pokazywały one skapywanie roztopionej materii kratonu. Hua określa tę płytę „wielkim zatapiaczem” ściągającym kraton w dół.

Na razie to tylko hipoteza, choć „intrygująca” – komentuje Currie. Chciałaby zobaczyć inne sygnały świadczące o skapywaniu kratonu – czy powierzchnia terenu jest w całym regionie pociągana w dół? Chciałaby również doczekać się solidniejszego wyjaśnienia, w jaki sposób kraton może być wciągany do materii o większej gęstości, wszak powinien się nad nią unosić.

Mimo to badania dostarczyły zaskakujących dowodów aktywności materii skalnej w strefach uważanych przez naukowców za niezmienne i oporne na naciski, podkreśla Hua. „Kontynenty nie są wcale takie statyczne, mają w sobie dynamiczny komponent” – mówi. *Meghan Bartels*

Spojrzenie pod powierzchnię

Dawna płyta litosfery Farallon zanurza się w dolnym płaszczu Ziemi. Według nowej hipotezy materia budująca od spodu kraton przesiąka w dół w relatywnie wąskiej strefie. Przyczyną jest horyzontalny ruch podstawy całego kratonu.



ŹRÓDŁO: „Seismic Full-Waveform Tomography of Active Cratonic Thinning beneath North America Consistent with Slab-Induced Dripping”, Junlin Hua i in., „Nature Geoscience”, tom 18; kwiecień 2025 (*dane*)

Infografika ELabArts

eprasa.pl 20e4b5c7ca

BIOINŻYNIERIA

Ryba alchemik

Genetycznie modyfikowane ryby (i muszki owocowe) mogłyby usuwać niebezpieczną rtęć ze środowiska

PRZEZ DZIESIĄTKI LAT RTĘĆ osadzała się w jeziorach i oceanach, gdzie nieustannie gromadzi się w rybach i we wszystkim, co je zjada – w tym w ludzkich organizmach. To narażenie milionów osób na działanie toksycznej substancji uszkadzającej układ nerwowy i rozrodczy „zawsze wydawało się problemem nie do rozwiązania", mówi Kate Tepper, badaczka odbywająca staż podoktorski na Macquarie University w Australii. Szukając sposobu ograniczenia tego zanieczyszczenia, Tepper i jej współpracownicy zmodyfikowali genetycznie danio pręgowanego i muszki owocowe tak, aby przekształcały metylortęć – która „bioakumuluje się", wiąże z tkanką mięśniową i zwiększa stężenie w miarę przesuwania się w górę łańcucha pokarmowego – w mniej szkodliwą rtęć pierwiastkową, odparowującą z organizmu w postaci gazu.

Naukowcy wprowadzili do zarodków ryb i much geny bakterii *Escherichia coli*, odpowiedzialne za produkcję enzymu katalizującego proces przemiany. Jak donosi „Nature Communications", zmodyfikowane danio zawierały o 64% mniej metylortęci niż ich naturalne odpowiedniki, a u muszek owocowych poziom ten był niższy o 83%. Autorzy badania uważają, że małe, odporne na rtęć ryby mogłyby pełnić funkcję samoczyszczącej podstawy łańcucha pokarmowego i chronić większe ryby, ptaki i ludzi. Zmodyfikowane owady mogłyby natomiast usuwać rtęć ze środowiska, żywiąc się ściekami i odpadami z rybołówstwa w zamkniętych obiektach.

Zespół Tepper nie jest pierwszym, który promuje bioremediację, czyli wykorzystanie procesów biologicznych do usuwania zanieczyszczeń. Wcześniejsze badania wykazały, że rośliny z określonymi genami bakteryjnymi (a także same bakterie) są potężnymi detoksykatorami. Jednak te organizmy nie mogą dotrzeć do zanieczyszczeń już nagromadzonych w rybach. Wyposażając zwierzęta w takie enzymy, mówi Tepper, „celujesz w rtęć tam, gdzie jej działanie jest najbardziej szkodliwe".

Robert Mason, badacz systemów wodnych z University of Connecticut, który nie brał udziału w badaniu, twierdzi, że zmodyfikowane zwierzęta mogłyby pomóc zahamować bioakumulację w skali lokalnej. Ale wskazuje też ograniczenie, pojawiające się nawet w małych projektach oczyszczania: rtęć pierwiastkowa może z powrotem przekształcać się w metylortęć po uwolnieniu do atmosfery. W przypadku owadów przetwarzających odpady organiczne w zamkniętych obiektach można by zastosować filtry do wychwytywania rtęci, natomiast w przypadku ryb rozwiązanie byłoby już mniej oczywiste.

Mason i Tepper zgadzają się, że ryby najlepiej byłoby wprowadzać w miejscach silnie skażonych. Tepper ma nadzieję, że będzie można nimi zarybiać jeziora w pobliżu ognisk zanieczyszczenia rtęcią, powstałych w miejscach rzemieślniczego wydobywania złota w Afryce, Indonezji i Amazonii – regionach, gdzie wiele osób żyje z rybołówstwa.

Najpierw jednak badacze muszą opracować zabezpieczenia ograniczające rozprzestrzenianie się genetycznie modyfikowanych organizmów. Tepper wyobraża sobie przyszłe próby terenowe w małych jeziorach, być może z użyciem sterylizowanych ryb, tak aby naukowcy mogli testować niezamierzone skutki ekologiczne w kontrolowanym środowisku.

Takie testy to kwestia lat. Ale pewnego dnia, sugeruje Tepper, wiele szkodliwych substancji – takich jak mikroplastiki, farmaceutyki czy PFAS (perfluorinated alkylated substance, związki perfluoroalkilowe oraz polifluoroalkilowe, tzw. wieczne chemikalia) – mogłoby zostać zneutralizowanych dzięki modyfikacjom genomu. „To dowód wykonalności koncepcji wykorzystania zwierząt do bioremediacji – mówi. – Potencjalnie dałoby się w ten sposób usuwać wiele różnych zanieczyszczeń."

Cody Cottier

CHEMIA

Gorzka prawda

Nowe pułapy goryczy

CZY KIEDYKOLWIEK UGRYZŁEŚ coś tak gorzkiego, że musiałeś to wypluć? Pradawna mutacja genetyczna pomaga nam i zwierzętom wyczuwać gorycz i w ten sposób unikać niektórych toksyn. Biolodzy molekularni starają się „posmakować" goryczy, by dowiedzieć się, co może ona powiedzieć o ewolucji zmysłów i ludzkiej fizjologii. Nowe badanie, opublikowane w „Journal of Agricultural and Food Chemistry", jest pierwszą analizą tego, jak receptory smaku reagują na gorzkie związki

Ian Grainger/Alamy Stock Photo

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Alexander Kurlovich/Alamy Stock Photo

w grzybach – jedne z najbadziej gorzkich substancji znanych nauce.

Gorzkobiałak trzoneczkowy (*Amaropostia stiptica*) z rzędu żagwiowców nie jest toksyczny, ale niejadalny właśnie ze względu na smak. Badacze wyekstrahowali jego gorzkie związki, znajdując dwa dobrze znane i trzy dla nauki nowe. Zamiast sami ich próbować, wprowadzili je do „sztucznego języka", który stworzyli, wprowadzając ludzkie receptory smaku do szybko rosnących komórek nerkowych embrionów. Jeden z nowo odkrytych gorzkich związków aktywował receptory smaku nawet w najniższym zmierzonym stężeniu – 63,3 mikrograma na litr. To tak, jakby wyczuć trzy czwarte filiżanki cukru w olimpijskim basenie.

Ludzie mają około 25 rodzajów receptorów gorzkiego smaku rozmieszczonych w ustach i gardle, ale takie same receptory znajdują się w całym ciele – w płucach, przewodzie pokarmowym, a nawet w mózgu. Pomimo swojej wszechobecności zostały zbadane tylko częściowo. Cztery z naszych receptorów gorzkiego smaku nie mają znanych naturalnych aktywatorów.

Znalezienie związków je aktywujących mogłoby rzucić światło na interakcje, które mogły ukształtować ewolucję tych receptorów, mówi główny autor badania, Maik Behrens, biolog molekularny z Leibniz-Institut für Lebensmittel-Systembiologie an der Technischen Universität München.

W dotychczasowych badaniach skupiano się na gorzkich związkach pochodzących z roślin kwitnących, które wyewoluowały znacznie później niż zwierzęce receptory gorzkiego smaku. Behrens przypuszczał, że grzyby, starsze ewolucyjnie, mogą nawet aktywować jeden z czterech „tajemniczych" receptorów. Gorzkobiałak trzoneczkowy tego nie zrobił, ale Behrens zamierza dalej szukać – zwłaszcza że ta pierwsza chemiczna analiza gorzkich związków w grzybach już ujawniła dotąd nieznane substancje.

Takie badania mogą również dostarczyć informacji o licznych funkcjach receptorów smaku w ludzkim ciele. „Receptory smaku w ustach nie służą wyłącznie percepcji" – wyjaśnia Nirupa Chaudhari, fizjolog z University of Miami, która nie brała udziału w badaniu. Smak może wywoływać fizjologiczne odruchy, takie jak wydzielanie insuliny czy produkcja kwasu żołądkowego, dodaje, więc poznanie substancji aktywujących receptory gorzkiego smaku może poprawić nasze rozumienie niektórych procesów zachodzących w organizmie i chorób. Chaudhari uważa nowe badanie za dobry pierwszy krok w kierunku rozszerzenia badań nad gorzkim smakiem.

Po ukończeniu pierwszej analizy badacze skierowali teraz uwagę na tajemnice innych gorzkich grzybów – związki i aktywowane receptory, których nie da się odkryć, „po prostu gryząc grzyb", mówi Behrens.

K. R. Callaway

MIKROBIOM

Naturalni czyściciele

Mikroorganizmy znajdujące się w jelitach człowieka mogą pochłaniać niebezpieczne dla naszego zdrowia związki

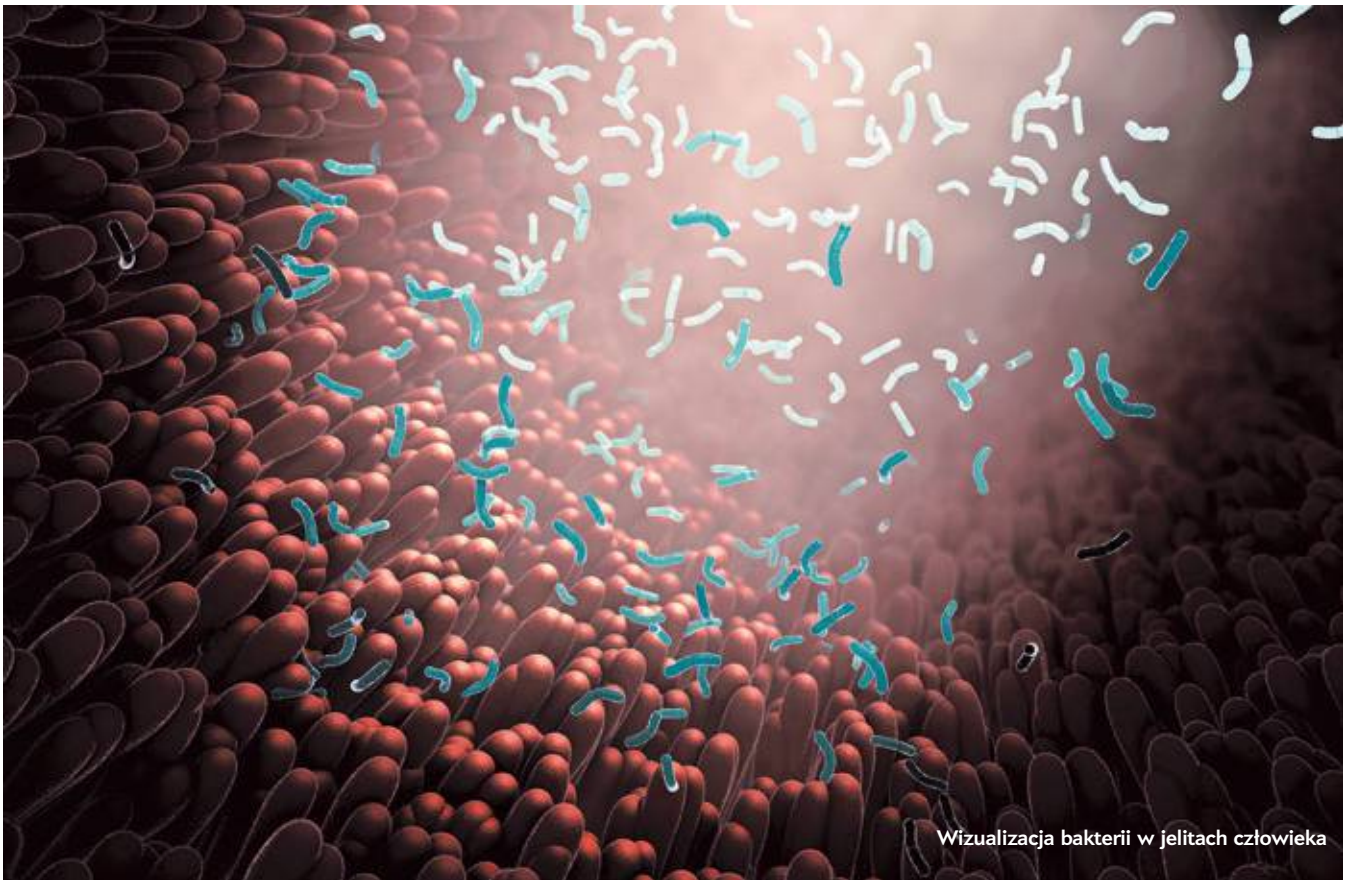
W NASZYCH NIEPRZYWIERAJĄCYCH patelniach, kurtkach przeciwdeszczowych, a nawet w wodzie pitnej kryją się toksyczne związki chemiczne – perfluoroalkilowe i polifluoroalkilowe (perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances, PFAS), nazywane również wiecznymi chemikaliami. Ich rozkład w środowisku może trwać setki lat. Coraz częściej są wykrywane we krwi i innych tkankach człowieka. Badania wskazują, że mogą prowadzić do rozwoju wielu nowotworów i zaburzeń układu rozrodczego, jak również do chorób tarczycy i osłabienia układu odpornościowego. Naukowcy usiłują znaleźć sposoby na usunięcie PFAS z naszego otoczenia, zanim dotrą one do organizmów ludzkich. Jeden z zespołów odkrył również metodę pozwalającą poradzić sobie z nimi na późniejszym etapie.

Być może uda się wykorzystywać bakterie powszechnie występujące w jelitach człowieka, takie jak *Bacteroides uniformis* i *Odoribacter splanchnicus*, do gromadzenia PFAS i ich wydalania, sugerują naukowcy w artykule, opublikowanym ostatnio w czasopiśmie „Nature Microbiology".

„Myślę, że to badanie daje nam małe przebłyski nadziei, że nie wszystko jest stracone, jeśli chodzi o problem z PFAS – mówi jeden z autorów badania, Kiran Patil, biolog molekularny z University of Cambridge. – Nasze bakterie – które towarzyszą nam od tysięcy lat – być może już teraz pomagają nam w jakiś sposób sobie z nimi radzić".

Badacze sprawdzili najpierw interakcje pomiędzy PFAS i innymi zanieczyszczeniami a dziesiątkami szczepów bakteryjnych pochodzących z ludzkich jelit. Zaobserwowali, że dziewięć szczepów bakterii bardzo skutecznie akumulowało określone związki chemiczne z grupy PFAS. Organizmy te, hodowane w warunkach laboratoryjnych, pochłaniały od 23 do 74% związków PFAS, na jakie były eksponowane w ciągu 24 godzin. Autorzy badania sugerują, że szczepy te mogą potencjalnie

eprasa.pl 20e4b5c7ca



Wizualizacja bakterii w jelitach człowieka

wiązać się z PFAS w organizmie i eliminować je z układu wraz z odchodami.

Wcześniejsze badania świadczą, że z PFAS mogą się wiązać bakterie ze skażonej gleby. Bakterie te były jednak eksponowane na znacznie wyższe poziomy tych związków chemicznych i wykazywały stosunkowo małą skuteczność, jeśli chodzi o ich sekwestrację, mówi Pati, „dlatego nie było powodu, aby zakładać, że bakterie jelitowe będą się czymś szczególnym wyróżniać".

Wielu badaczy zakładało, że cząsteczki PFAS będą raczej przyczepiać się do zewnętrznej błony bakterii, niż wnikać do ich wnętrza, mówi Patil. Jednak jako że bakterie w omawianym badaniu wychwytywały więcej PFAS, niż mogłoby realnie zmieścić się na ich błonach, zespół uznał, że związki chemiczne musiały w rzeczywistości wnikać do organizmów. Chcąc potwierdzić tę hipotezę, Patil wraz ze współpracownikami wykorzystali technikę obrazowania, w której bardzo szybko zamrażali bakterie, a następnie kierowali w ich stronę wiązki naładowanych cząstek i analizowali to, co z bakterii wypływało. Wykryli, że z bakterii wydostawały się cząsteczki fluoru, stanowiące oznakę obecności PFAS.

W celu określenia, czy bakterie będą wychwytywały związki z grupy PFAS także wewnątrz większych organizmów, zespół wykorzystał myszy pozbawione własnego mikrobiomu, po czym kolonizował ich jelita różnymi bakteriami należącymi do mikrobiomu ludzkiego, które wykazywały zdolność pochłaniania PFAS. Po ekspozycji myszy na różne poziomy związków z grupy PFAS badacze mierzyli ilość PFAS w ich kale i stwierdzili, że myszy mające bakterie gromadzące PFAS usuwały więcej toksycznych związków chemicznych w porównaniu do myszy, które nie miały tych mikroorganizmów. (Wydaliły ich także więcej niż myszy, którym podano bakterie mniej skutecznie gromadzące PFAS.)

Badanie to dowodzi, jak głęboko PFAS penetrują organizm i wszystkie jego układy, mówi epidemiolog środowiskowy Jesse Goodrich z University of Southern California, który nie brał udziału w tym projekcie. „To kolejny element układanki, dowodzącej, jak PFAS mogą wpływać na zdrowie ludzi".

Przełożenie tych najnowszych wyników na człowieka będzie wymagało dalszych badań. Patil i jego współpracownicy planują teraz przeprowadzenie badania klinicznego, w którym sprawdzą, czy probiotyki zawierające takie bakterie mogą wspomagać mikrobiom i zmniejszać poziom PFAS w jelitach u ludzi. Zaznaczają jednak, że takie badanie będzie obarczone znacznie większą liczbą zmiennych niż starannie kontrolowane badanie na myszach o mikrobiomie konstruowanym w laboratorium. „Skład naszego mikrobiomu wykazuje ogromną zmienność" – mówi Anna Lindell, toksykolożka z University of Cambridge, będąca główną autorką badania, którego wyniki opublikowano w „Nature Microbiology".

W dalszych badaniach zostanie także przeprowadzona ocena liczebności tych szczepów bakterii u osób należących do tej samej społeczności oraz ilości PFAS w ich organizmach. Takie badanie pomoże w określeniu, czy bakterie te prowadzą do obniżenia poziomu PFAS w ludzkich jelitach, a nawet w innych częściach ciała.

Suplementacja naturalnych bakterii naszego organizmu w celu modyfikacji pochłaniania PFAS jest „interesująca i ma potencjał – mówi Goodrich. – Jednak najlepszym sposobem na ochronę zdrowia jest z pewnością zapobieganie ekspozycji na te związki". *Nora Bradford*

Christoph Burgstedt/Science Source

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ETOLOGIA

Płynna konwersacja

Delfiny komunikują się przez „fontanny moczu”

EriCatarina/Getty Images

LUDZIE ZAZWYCZAJ UZNAJĄ MIKCJĘ za czynność prywatną. Ale dla wielu zwierząt to kluczowy sposób przekazywania informacji — i to o znaczeniu daleko wykraczającym poza zwykłe znaczenie terytorium. Naukowcy coraz częściej dostrzegają, jak zdumiewające formy może przyjmować komunikacja za pomocą moczu.

„Zwierzęta generalnie chcą dowiedzieć się jak najwięcej o innych zwierzętach — na przykład o ich płci, pozycji w grupie, gatunku itd. — mówi Thomas Breithaupt, ekolog sensoryczny z University of Hull w Anglii — a wiele z tych informacji znajduje się właśnie w moczu”.

Niedawno badacze udokumentowali u inii amazońskiej (*Inia geoffrensis*), delfina rzecznego, osobliwe zachowanie: oddawanie moczu w powietrze. Samiec przewraca się na plecy tuż pod powierzchnią wody i wyrzuca w górę strumień moczu — a niemal w 70% przypadków, jak odnotował zespół w czasopiśmie „Behavioural Processes”, w pobliże tego spontanicznego „fontannowego pokazu” podpływa inny samiec, czyli „odbiorca”.

Badacze spekulują, że delfiny mogą w ten sposób komunikować swoją „pozycję społeczną lub kondycję fizyczną”, mówi współautorka badań, Claryana Araújo-Wang, biolożka z brazylijskiego Botos do Cerrado Research Project. Jednak aby precyzyjnie ustalić, o co dokładnie chodzi, potrzebne są dalsze eksperymenty, podkreśla Joachim Frommen, ekolog behawioralny z Manchester Metropolitan University w Anglii, niezwiązany z badaniem.

Ale to tylko najnowszy przykład z długiej i różnorodnej listy historii, jakie może opowiedzieć mocz. U naczelnych może on zdradzać informacje o gatunku, płci i przynależności do grupy „i służyć zarówno identyfikacji pojedynczego osobnika, jak i znajdowaniu partnerów do rozrodu” — mówi Marlen Kücklich, ekolog behawioralna z Universität Leipzig. Niektóre małpy naczelne potrafią nawet myć się własnym moczem. To zachowanie nie jest w pełni zrozumiałe, ale autorzy badań nad kapucynkami zaproponowali, że samce mogą w ten sposób przyciągać samice dzięki obecnemu w moczu testosteronowi.

W środowiskach wodnych niektóre ryby wykorzystują mocz do komunikowania swojego rozmiaru i agresywności przed walką. U kilku skorupiaków, takich jak homary — które sikają przez głowę — mocz może przekazywać także informacje o statusie społecznym i gotowości do rozrodu. Samice cierników z kolei wyczuwają w moczu samców informacje o ich układzie odpornościowym i mają tendencję do wybierania partnerów o „układach odpornościowych bardzo podobnych lub kompatybilnych z ich własnymi” — tłumaczy Frommen.

„Jeśli chodzi o komunikację, ludzie zawsze skupiają się na sygnałach wzrokowych i dźwiękowych, ponieważ na tych zmysłach głównie polegamy, jesteśmy istotami wzrokowymi i słuchowymi — dodaje Frommen. — Ale węch także jest kluczowym zmysłem, choć u niektórych gatunków nadal niedostatecznie zbadanym, a mocz stanowi główne źródło informacji zapachowych. W ostatnich latach zaczęliśmy sobie uświadamiać, że koncentrujemy się na bardzo ograniczonym obszarze komunikacji i w coraz liczniejszych badaniach zaczęto uwzględniać rolę zapachu.”

Gennaro Tomma

REKLAMA

eprasa.pl 20e4b5c7ca

NASA, ESA, CSA, STScI

eprasa.pl 20e4b5c7ca

NAUKA W OBRAZACH

Kosmiczne tornado

Burzliwe narodziny gwiazdy

KIEDY RODZI SIĘ GWIAZDA, pozostawia po sobie lawinę wysokoenergetycznego gazu, pyłu i innych śmieci kosmicznych. Część tych szczątków zlepia się ze sobą i tworzy planety. W ten sposób prawdopodobnie powstała Ziemia. Z kolei inne resztki dryfują jako meteory i pył kosmiczny, ale kiedy warunki są odpowiednie, potężne strumienie plazmy wylatujące z młodej gwiazdy ubijają część odpadków w przypominającą kłęby dymu spiralną wieżę z kosmicznego pyłu. Jedną z nich możemy teraz obejrzeć lepiej niż kiedykolwiek wcześniej dzięki teleskopowi Jamesa Webba.

Astronomowie od dawna znali tzw. obiekty Herbiga-Haro – jasne rozbłyski zjonizowanego gazu, często występujące w pobliżu nowo narodzonych gwiazd. Mogą one mieć długość wielu lat świetlnych. Jednym z nich jest obiekt o nazwie HH 49/50, którego charakterystyczny kształt sprawia, że nadano mu przydomek „kosmiczne tornado". Obiekt ten znajduje się 625 lat świetlnych od Ziemi w kompleksie Kameleon I. W 2006 roku, kiedy HH 49/50 został po raz pierwszy zauważony przez niedziałający już Kosmiczny Teleskop Spitzera, astronomowie mogli dostrzec jedynie nieostrą (choć rozpoznawalną jako spiralną) bryłę rozgrzanego gazu i pyłu z obiektem świecącym na jej końcu. Chociaż w owym czasie odkrycie to było ekscytujące, niska rozdzielczość zdjęcia sprawiła, że nie mieliśmy wystarczającej wiedzy o obiekcie.

Teraz, dzięki znacznie większemu teleskopowi JWST, obraz stał się wyraźniejszy: instrument uchwycił ten wypełniony pyłem i resztkami obszar w momencie, gdy młoda protogwiazda (prawdopodobnie znajdująca się gdzieś na prawo i w dół, poza obrębem pokazanego zdjęcia) nadawała mu widoczny kształt. Rozmyta plama u góry okazała się odległą galaktyką spiralną, niezwiązaną z samym obiektem. Jej pozorne położenie przy obiekcie Herbiga-Haro jest jedynie efektem naszej perspektywy.

Pracująca w Europejskiej Agencji Kosmicznej astrofizyczka Macarena Garcìa Marìn, która była członkiem zespołu odpowiedzialnego za wykonanie nowego zdjęcia, wyjaśnia, że ten widok i duża odległość wywołują również kilka innych złudzeń optycznych. Dla przykładu, mniejsze kropki, które wydają się unosić przed kosmicznym tornadem, nie są pyłem – w rzeczywistości to całe galaktyki prześwitujące z tyłu, zaś ostre kropki to pojedyncze gwiazdy.

Melissa McClure, astronomka z Universiteit Leiden w Holandii, która nie należała do zespołu JWST robiącego zdjęcia, zauważa że przypadkowe nałożenie się tych obiektów kosmicznych na siebie pozwala naukowcom badać bogaty wachlarz zjawisk pozaziemskich. W szczególności, możemy obserwować w akcji takie procesy, jak akrecja, „a obraz jest po prostu wspaniały!".

Garcìa Marìn jest pod wrażeniem efemerycznej – przynajmniej w kosmicznej skali – natury zdjęcia JWST. Kiedy protogwiazda w końcu osiągnie dojrzałość, co stanie się długo po naszej śmierci, wytwarzane przez nią strumienie i towarzyszące im kosmiczne tornada znikną. Jak mówi Garcìa Marìn: „oglądamy stop klatkę z jednej chwili życia Wszechświata".

Gayoung Lee

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ETOLOGIA

Arachnohorror

Niektóre pająki wypracowały alternatywną wersję ukąszenia

NIE ZAWSZE POTRZEBA książki czy filmu, żeby doznać porządnej dawki grozy. Czasem wystarczy spojrzeć z bliska na coś, co dzieje się na przykład w przydomowym ogródku. Badacze właśnie wyjaśnili mechanizm „przyrządzania" posiłku, jaki stosują niektóre pająki: najpierw szczelnie owijają jedwabnymi nićmi złapaną w sieć ofiarę, a następnie oblewają ją swoimi toksycznymi sokami trawiennymi, by całą zdobycz zmiękczyć i żywcem zamarynować.

Pająki z rodziny Uloboridae, zwykle mające zaledwie kilka milimetrów długości, od dawna intrygowały naukowców, bo zdawały się nie mieć jadu – substancji bardzo powszechnej w ich świecie i „ściśle związanej z ewolucyjnym sukcesem", jak mówi Alex Winsor, neuroetolog z University of Massachusetts Amherst, który nie brał udziału w nowym badaniu.

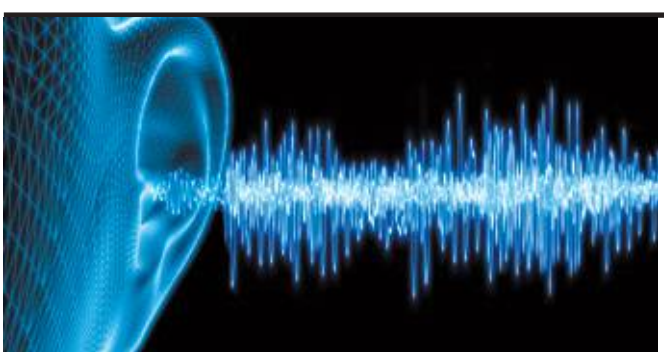
Była też inna zagadka. Wiadomo było, że Uloboridae owijają swoje ofiary setkami metrów nici, a następnie na nie wymiotują, jednak naukowcy nie do końca wiedzieli, czemu właściwie służy ten zabieg. Zaintrygowani, postanowili przyjrzeć się dokładniej, jak te drapieżniki przygotowują sobie przekąskę. Wyniki opublikowano w „BMC Biology".

Analizując gatunek *Uloborus plumipes*, badacze potwierdzili, że pająki te nie mają gruczołów jadowych, a więc nie mogą podać jadu klasycznym pajęczym sposobem – poprzez ukąszenie za pomocą pazurów jadowych. Odkryli za to aktywne geny produkujące białka o działaniu toksynopodobnym w układzie pokarmowym pająków – szczególnie w rejonie jelita środkowego. Te potencjalne toksyny „wydają się bardzo silne", mówi współautorka badania Giulia Zancolli, biolog ewolucyjny z Université de Lausanne w Szwajcarii.

Wstrzyknięcie tych soków trawiennych muszkom owocowym w laboratorium potwierdziło ich ogromną toksyczność: zaledwie 230 ng – miliardowych części grama – zabiło ponad połowę owadów w ciągu godziny. Naukowcy wysunęli więc hipotezę, że pająki faktycznie zabijają ofiary w ten sposób. Co ciekawe, niektóre inne pająki, które uśmiercają zwyczajowym, jadowitym ukąszeniem, również mają toksyny w płynach trawiennych, zauważa Zancolli. To rodzi pytanie o funkcję tych substancji u gatunków spoza rodziny Uloboridae.

Wynik badania „rozwiązuje jedną z zagadek biologii pająków", mówi Winsor. Kolejnym krokiem mogłoby być sprawdzenie, czy toksyny układu pokarmowego pojawiają się także u innych zwierząt, na przykład niektórych jaszczurek. „Jeśli te związki rzeczywiście mają szczególną zdolność obezwładniania owadów, można oczekiwać, że pojawią się także u innych grup zwierząt" – dodaje. A jeśli to się potwierdzi, „to być może taki horror nie jest wyjątkowy w królestwie zwierząt". *Gennaro Tomma*

Stefan Sollfors/Alamy Stock Photo



AKUSTYKA

Wirtualne słuchawki

Od słuchawek dousznych bolą cię uszy? A słuchawki nauszne są zbyt ciężkie? Rozwiązaniem mogą być „dźwiękowe enklawy"

WYNALAZEK OPISANY w „Proceedings of the National Academy of Sciences USA" polega na krzyżowaniu niesłyszalnych dla ludzi fal ultradźwiękowych w celu uzyskania dźwięku słyszalnego, ale tylko w obszarze skrzyżowania. Ultradźwięki, szeroko wykorzystywane w medycynie, to fale dźwiękowe o częstotliwości ponad 20 kHz, co dla człowieka stanowi górną granicę słyszalności. Fale ultradźwiękowe użyte w opisanym badaniu miały tak dobraną częstotliwość, by mogły się uginać i omijać przeszkody wielkości ludzkiej głowy.

Dostarczanie dźwięku na żądanie do określonego miejsca w przestrzeni bez konieczności izolowania słuchaczy wydaje się bardzo obiecujące, twierdzi główny autor pracy Yun Jing, akustyk z Pennsylvania State University. „To nie jest całkiem nowa koncepcja – wykorzystaliśmy dotychczasowe techniki, ale w dość nietypowy sposób".

Aby stworzyć dźwiękowe enklawy, zespół Jinga zastosował dwa przetworniki ultradźwiękowe w połączeniu z akustycznymi „metapowierzchniami" – zaawansowanymi technicznie, precyzyjnie zaprojektowanymi strukturami (wydrukowanymi z użyciem drukarki 3D), których maleńkie rowki pozwoliły uzyskać samozakrzywiajace się wiązki. Fale ultradźwiękowe o nieco różnych częstotliwościach, krzyżując się, tworzyły enklawę słyszalnego dźwięku.

W ramach pokazu badacze umieścili naprzeciwko swoich bezgłośnych głośników atrapę ludzkiej głowy z mikrofonami w uszach i odtworzyli chór *Hallelujah* z oratorium *Mesjasz* Georga Friedricha Händla (manekinowi było raczej wszystko jedno).

Autorzy pracy podali, że ciśnienie powietrza związane z emisją ultradźwięków wyniosło 1/5200 wartości dopuszczalnej przez FDA dla ekspozycji człowieka na ultradźwięki. Jednak Mark Hinders, profesor nauk stosowanych w College of William & Mary w Williamsburgu, który nie brał udziału w tych badaniach, podkreśla, że ponieważ ultradźwięki mogą uszkadzać słuch, technika ta wymagałaby dokładnych testów.

Na razie jakość uzyskiwanego dźwięku nie jest doskonała. Zespół Jinga planuje ją poprawić, wykorzystując algorytmy uczenia maszynowego. Rozmiary „wirtualnych słuchawek" są niewielkie, niewykluczone więc, że pierwszym zastosowaniem tej techniki będą systemy audio w samochodach. *Dan Vergano*

peterschreiber.media/iStock/Getty Images Plus

eprasa.pl 20e4b5c7ca

***Najtrwalszy, najpiękniejszy, najbardziej zwracający uwagę otoczenia, najgłębiej zapadający w pamięć...* – to tylko niektóre z określeń, których używają osoby noszące zapach Essential Parfums Bois Imperial.**

Z perspektywy kilku lat, które minęły od debiutu tej kompozycji możemy mówić już o jej fenomenie. Jego źródłem może być fakt, że na każdym pachnie inaczej, ale zawsze wzbudza emocje.

Pieprz timut z Nepalu

Quentin Bisch, który stoi za tą premierą, zręcznie połączył w niej klasyczne składniki naturalne z niewielką ilością syntetyków. Jednak prawdziwą **gwiazdą kompozycji jest ingredencja, która powstała w wyniku biotransformacji liści paczuli. Jej nazwa to *Akigalawood***. Proces otrzymywania tej wyjątkowej substancji nie jest dokładnie znany nikomu spoza firmy Givaudan, która jako jedyna na świecie potrafi produkować ten aromat. W teorii łączy on tony czarnego pieprzu, suchego drewna, kadzidła i żywic z cieniem klasycznej woni paczuli. Oprócz tego charakteryzuje się bardzo wysoką trwałością i dyfuzyjnością. To właśnie *Akigalawood* odpowiada za niespotykanie dobre parametry tych perfum.

Bois Imperial opisywane są do tego jako niezmiernie przyjemna kompozycja. Rozpoczyna się świdrującym, nieco cytrusowym tonem pieprzu Timut. Jest on **pozyskiwany etycznie od małych firm, które uprawiają go na zboczach Himalajów** w Nepalu. Za zielone konotacje odpowiada bazylia, która jednocześnie wprowadza odrobinę słodyczy do kompozycji. Kiedy zioło to zanika, rolę głównego „zielonego" bohatera przejmuje wetiwer. On z kolei jest bardziej wytrawny, wręcz gorzki, z drzewnym i piaskowym niuansem. Sprawia, że perfumy mogą być również opisane jako mineralne.

Dopełnieniem całości jest zręcznie dopracowana końcówka, która **bazuje na podwójnie destylowanym olejku z indonezyjskiej paczuli**. Quentin Bisch połączył go z dwoma molekułami: Georgywood oraz Ambrofix. Natomiast nawet w późnej bazie głównym bohaterem kompozycji pozostaje *Akigalawood*. Co więcej, po wielu godzinach cały czas można też dostrzec wątki pieprzowe i zielone.

Warto do tego dodać, że Bois Imperial należy do perfum, które przy ciągłym użytkowaniu powodują u niektórych osób bardzo silny spadek wrażliwości narządu węchu. Z tego powodu warto pamiętać o dłuższych przerwach między kolejnymi flakonami, jeśli problem akurat nas dotknie.

Zapach Essential Parfums Bois Imperial prezentowany jest w formie wody perfumowanej, w dwóch pojemnościach: 10 mL i 100 mL (możliwa do ponownego uzupełnienia wkładem o pojemności 150 mL).

***Géraldine Archambault** to założycielka marki Essential Parfums. Od 2018 roku kieruje się hasłem demokratyzacji dostępu do perfum najwyższej jakości (przez polityką cenową) przy jednoczesnym szacunku dla pracy perfumiarzy („twarzami" każdej z kompozycji są ich twórcy). Do kooperacji zaprasza wyłącznie najwybitniejszych kreatorów świata. Wyznaje zasadę zrównoważonego rozwoju z poszanowaniem ludzi i środowiska naturalnego.*

***Quentin Bisch** to francuski perfumiarz, który zasłynął kreacją dwóch, koronnych akordów współczesnej perfumerii. Jednym z nich jest drzewny akcent zbudowany na kanwie Akigalawood, który występuje właśnie w Bois Imperial. Obecnie twórca ten współpracuje z największymi markami świata – Jean Paul Gaultier, Rabanne, Amouage, Carolina Herrera czy Chloe – jako perfumiarz w firmie Givaudan.*

Essential Parfum Bois Imperial Eau de Parfum 100 mL, impressium.pl

MARCIN BUDZYK-WERMIŃSKI
jest chemikiem i inżynierem oraz niezależnym ekspertem perfumeryjnym, autorem najpopularniejszego bloga o perfumach w Europie – nezdeluxe.pl. Publikował w polskich i zagranicznych edycjach Harper's Bazaar, Elle czy L'Officiel. Ukończył Technologię Chemiczną na Politechnice Warszawskiej.

Lista autoryzowanych partnerów marki Essential Parfum w Polsce:
Warszawa – Impressium (Mysia 3), GaliLu (Mokotowska 26, Mokotowska 63, Dobra 42, Wołoska 12), **Łódź** – Impressium (Piotrkowska 243), Mood Scent Bar (Piotrkowska 6), **Kraków** – Tiger & Bear (Kamieńskiego 11, Floriańska 47), GaliLu (Sienna 1), Mood Scent Bar (Krowoderska 41/1), **Katowice** – Tiger & Bear (Dworcowa 5), Mood Scent Bar (Plac Miarki 2), **Wrocław** – Mood Scent Bar (Włodkowica 19), **Gdańsk** – GaliLu (Targ Sienny 7, Szeroka 15/17), **Poznań** – Mood Scent Bar (Szamarzewskiego 10), **Ostrołęka** – Perfumeria Isatis (Kopernika 7/14), **Rybnik** – Perfumeria Ambrozja (św. Jana 1), **Pszczyna** – Perfumeria Kochalscy (Chrobrego 3)

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Sekrety zwierzęcej świadomości

Emocje – w tym radość – mogą być kluczowym markerem świadomości JACEK KRYWKO

SZCZURY SIĘ ŚMIEJĄ, pszczoły toczą kulki dla zabawy, żółwie tańczą w oczekiwaniu na karmienie, a psy merdają ogonem, gdy są podekscytowane. Badania nad emocjami i doświadczeniami zwierząt rozwijają się dynamicznie od końca XX wieku, a naukowcy zaczynają wykorzystywać te odkrycia, by odpowiedzieć na jedno z najstarszych pytań: czy zwierzęta mają świadomość?

Świadomość często definiuje się jako zdolność do subiektywnych doświadczeń. „Skupiamy się na tym szczególnym rodzaju świadomości fenomenalnej – czyli na tym, że bycie sobą *coś* znaczy, *jakoś* się odczuwa" – mówi filozof Jeff Sebo, dyrektor Center for Environmental and Animal Protection oraz Center for Mind, Ethics, and Policy, oba przy New York University (NYU). – Jeśli masz subiektywne odczucia, czy to zmysłowe doświadczenia jak percepcja, czy emocjonalne jak przyjemność lub ból – to właśnie nazywamy świadomością".

Sebo, wraz z filozofami Kristin Andrews z York University w Toronto oraz Jonathanem Birchem z London School of Economics zainicjował Nowojorską Deklarację o Świadomości Zwierząt (New York Declaration on Animal Consciousness). Od czasu jej opublikowania w kwietniu 2024 roku podpisało ją ponad 500 naukowców i badaczy z całego świata. Ta sama trójka opublikowała ostatnio esej w „Science", w którym badacze argumentują, że gdy zwierzęta wykazują zachowania podobne do tych, które u ludzi wiążemy ze świadomym doświadczeniem – takie jak radość, cierpienie czy inne emocje – może to sugerować, że one również czegoś doświadczają świadomie.

„Scientific American" rozmawiał z Sebo o możliwych oznakach świadomości, o tym, czy powinniśmy zakładać, że gatunek jest świadomy, dopóki nie udowodni się inaczej, oraz o tym, jak można badać u zwierząt świadomość, analizując oznaki radości.

Poniżej zredagowany zapis rozmowy.

Jak szukanie oznak radości lub bólu może pomóc w ustaleniu, czy zwierzęta mają świadomość?

Świadomość to bardzo trudny temat badawczy. Stajemy wobec tzw. twardego problemu świadomości [sformułowanego przez Davida Chalmersa – przyp. red.], czyli pytania, dlaczego jakikolwiek system fizyczny, w tym nasz mózg, miałby w ogóle być świadomy. To także problem innych umysłów – bo jedyny umysł, do którego każdy z nas ma bezpośredni dostęp, to nasz własny. Trudno więc mieć pewność, co – jeśli cokolwiek – odczuwa inne stworzenie, a nawet inny człowiek. Zamiast próbować rozwiązywać te filozoficzne problemy, szukamy behawioralnych i anatomicznych wskaźników, które są zgodne z wiodącymi naukowymi teoriami świadomości, a potem sprawdzamy, czy takie oznaki występują u zwierząt.

Zaczynamy od introspekcji – od rozróżnienia doświadczeń świadomych i nieświadomych u ludzi. Potrafimy powiedzieć, kiedy świadomie odczuwamy ból, a kiedy jest to tylko automatyczna, nieświadoma reakcja.

Następnie szukamy obserwowalnych zachowań lub struktur w mózgu powiązanych z tym świadomym bólem i próbujemy znaleźć analogiczne oznaki u zwierząt.

Oczywiście, nie są to dowody bezsprzeczne. Nie dadzą nam pewności, ale można je traktować jako poszlaki. A gdy znajdziemy ich wiele w jednym organizmie, to wzrasta prawdopodobieństwo, że ma on świadomość.

Ostateczny etap to zatem próba oszacowania, chociażby przybliżonego, prawdopodobieństwa świadomości na podstawie liczby zachowań i struktur anatomicznych. Określenie choćby niskiego, średniego czy wysokiego prawdopodobieństwa świadomości może być pomocne przy podejmowaniu decyzji – czy to o badaniu danego zwierzęcia, czy

Jacek Krywko jest polskim niezależnym dziennikarzem. Pisze m.in. o eksploracji kosmosu, sztucznej inteligencji, naukach komputerowych i o ciekawych osiągnięciach techniki. Był dziennikarzem „Gazety Wyborczej".

Ilustracja Shideh Ghandeharizadeh

eprasa.pl 20e4b5c7ca

o sposobie, w jaki powinniśmy się z nim obchodzić.

Jak należy postępować wobec tej niepewności? Czy zakładać, że zwierzę jest świadome, dopóki nie udowodni się, że nie jest? Czy odwrotnie – zakładać, że nie jest, dopóki nie znajdziemy dowodów?
Zwykle naukowcy zakładają brak świadomości, dopóki nie pojawi się na to dowód. Ale skoro już u tak wielu gatunków – i to bardzo różnorodnych – stwierdza się na podstawie dostępnych danych realną możliwość istnienia świadomości, to może warto zmienić punkt wyjścia. Może powinniśmy przyjąć neutralne założenie – albo nawet zakładać obecność świadomości, dopóki nie pojawi się dużo dowodów na jej brak.

Moja koleżanka, Kristin Andrews, która napisała esej w „Science" wspólnie z Jonathanem Birchem i ze mną, twierdzi, że powinniśmy odwrócić domyślne założenie dotyczące świadomości u zwierząt – to znaczy, że powinniśmy zakładać, iż zwierzęta są świadome, a następnie badać zakres tej świadomości.

Andrews uważa, że takie podejście jest zasadne nie tylko etycznie, bo stanowi swego rodzaju ostrożnościowe podejście do naszych relacji ze zwierzętami, ale także naukowo – ponieważ prowadzi do lepszych i bardziej rygorystycznych hipotez na temat samej natury świadomości i jej możliwych wymiarów, które możemy potem badać.

Twierdzisz, że badania nad świadomością zwierząt są zbyt mocno oparte na wskaźnikach bólu – czyli na celowym zadawaniu cierpienia, by obserwować reakcje. Czy założenie o obecności świadomości komplikuje tę praktykę?
Używamy wskaźników bólu, by ocenić prawdopodobieństwo, że konkretne zwierzęta świadomie odczuwają stany negatywne, takie jak ból i cierpienie. Możemy zadawać sobie podstawowe pytania: Czy zwierzę pielęgnuje własne rany? Czy reaguje na środki przeciwbólowe lub antydepresyjne w sposób podobny do ludzi? Czy potrafi dokonywać behawioralnych kompromisów między unikaniem bólu a realizacją innych ważnych celów, na przykład znalezieniem nowej skorupy lub pożywienia? Jeśli tak się zachowuje, możemy z większą pewnością uznać, że świadomie doświadcza bólu i cierpienia. Taka wiedza może nam pomóc zmienić sposób, w jaki się z tymi zwierzętami obchodzimy – zarówno na poziomie etycznym, jak i w polityce.

Ale jeśli istnieje realna szansa, że zwierzęta są świadome, to powinny istnieć etyczne zabezpieczenia dotyczące sposobu, w jaki używamy wskaźników bólu. Możemy odwołać się do wcześniejszych badań, które sprawdzały obecność lub brak takich oznak. Możemy też prowadzić obserwacje terenowe i dokumentować przypadki, w których zwierzęta odczuwają ból i pielęgnują rany w naturze – bez konieczności celowego wywoływania cierpienia.

Wskaźniki bólu można nadal wykorzystywać – jeśli robi się to etycznie. Ich zaletą jest to, że są łatwe do zaobserwowania. A jak bada się radość?
Istnieją przynajmniej pewne wskaźniki radości, które wydają się dość powszechne w świecie zwierząt. Jednym z nich są wokalizacje przypominające śmiech. Wiele gatunków wydaje dźwięki, które wskazują na pozytywne przeżycie. Gryzonie mogą wydawać ultradźwiękowe piski w reakcji na zabawę lub łaskotanie – i te dźwięki przypominają śmiech.

Inny przykład to optymizm. Można przeprowadzać badania, które dają zwierzętom możliwość podjęcia ryzyka albo eksploracji nieznanego. Jeśli zwierzę częściej podejmuje taką próbę, wskazuje to na optymistyczne nastawienie. Jeśli rzadziej – na pesymistyczne. Optymizm zazwyczaj wiąże się z pozytywnym przeżyciem, z dobrym samopoczuciem.

Kolejny wskaźnik to zabawa. Zachowania zabawowe widzimy u wielu zwierząt. Nie dają one oczywistej przewagi ewolucyjnej, ale wydają się wyrazem radości. Zachowania takie występują nie tylko u ssaków, takich jak psy, ale nawet u owadów. Istnieją badania, w których pszczoły toczyły kulkę, nie w jakimś celu – tylko dla samej przyjemności.

Inne oznaki radości są bardziej gatunkowo specyficzne, na przykład mimika twarzy czy merdanie ogonem. Wreszcie – obecność oksytocyny, dopaminy czy serotoniny w mózgu może również wskazywać na radość.

W połączeniu z oznakami bólu i percepcji, wskaźniki radości pomagają nam lepiej zrozumieć świadomość. Jeśli zwierzęta mają realną szansę być świadome, to mamy zarówno etyczne, jak i naukowe powody, by obserwować nie tylko cierpienie, ale również radość. ■

Czarna dziura po sąsiedzku

Gwiazdy hiperprędkie mogą pochodzić od molocha rezydującego w pobliskiej galaktyce

PHIL PLAIT

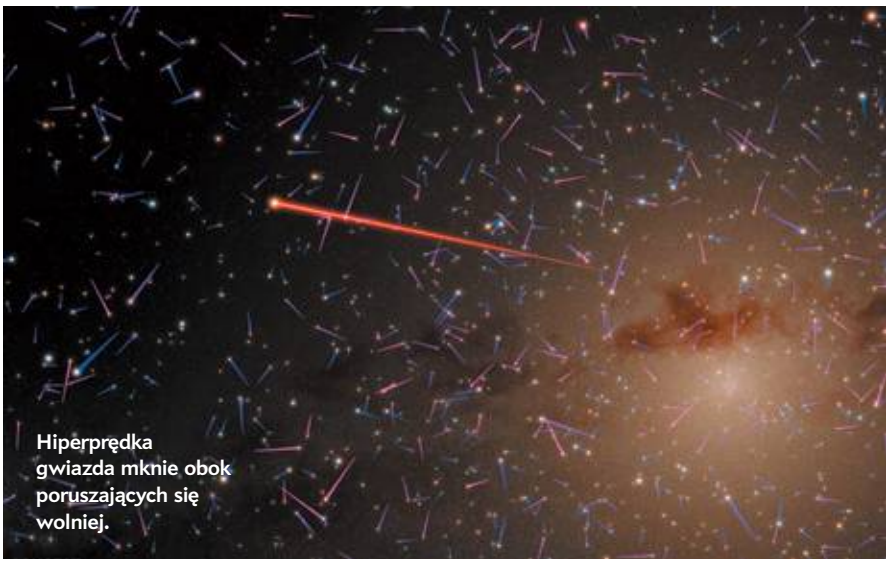
ZASKAKUJĄCYM FAKTEM, znanym dopiero od kilku dziesięcioleci, jest to, że każda duża galaktyka we Wszechświecie zawiera w swoim centrum supermasywną czarną dziurę. Naukowcy podejrzewali to już w latach 80., a obserwacje teleskopu Hubble'a, który zajrzał w głąb galaktyk na całym niebie, potwierdziły tę hipotezę. „Normalne" czarne dziury powstają w wyniku eksplozji gwiazd o masie od pięciu do około 100 razy większej od masy naszego Słońca. Gargantuiczne potwory kryjące się w centrach galaktyk są miliony razy masywniejsze, a niektóre z nich osiągnęły gigantyczną masę rzędu miliardów mas Słońca.

Oczywiście pozostaje wiele tajemnic, takich jak to, w jaki sposób doszło do powstania tych czarnych dziur w początkowym okresie historii Wszechświata, jak zdołały tak szybko osiągnąć tak wielkie rozmiary i jaką rolę odegrały w procesie formowania galaktyk, w których się znajdują. Jedno pytanie szczególnie nurtuje astronomów – jaka jest dolna granica wielkości galaktyki, poniżej której ten trend znika? Innymi słowy, przy jak małej masie galaktyka jest wciąż w stanie zawierać jedną z tych bestii?

Okazuje się, że odpowiedzi zdaje się dostarczać zaskakujące źródło – badania rzadko występujących gwiazd, które mkną po naszej Galaktyce z wręcz niebotyczną prędkością.

Wokół Drogi Mlecznej orbituje cała menażeria galaktyk „karłowatych"; niektóre są tak małe i świecące tak słabo, że aby je dostrzec, potrzebne są silne teleskopy. Jednakże dwie spośród z nich znajdują się na tyle blisko, że widać je gołym okiem z półkuli południowej – Wielki i Mały Obłok Magellana. Wielki Obłok Magellana (LMC) jest większy i bliższy z tych dwóch, lecz nie jest jasne, czy zawiera supermasywną czarną dziurę (supermassive black hole, SMBH). Gdyby tak było, musi być ona uśpiona, co oznacza, że nie pochłania aktywnie materii z otoczenia. Materia spadająca w kierunku takiej czarnej

eprasa.pl 20e4b5c7ca



Hiperprędka gwiazda mknie obok poruszających się wolniej.

dziury tworzy wirujący dysk przegrzanej plazmy, który świeci tak jasno, że potrafi przyćmić wszystkie gwiazdy w galaktyce razem wzięte. W obrębie LMC nie obserwuje się tak intensywnego blasku, nie wiemy zatem, czy istnieje w nim SMBH, lecz nie pochłania materii, czy też po prostu SMBH tam nie ma.

Jednakże najnowsza praca opublikowana ostatnio w „Astrophysical Journal" dostarcza mocnych dowodów na to, że w obrębie LMC rzeczywiście znajduje się SMBH, na podstawie pomiarów ruchów gwiazd w naszej Galaktyce – Drodze Mlecznej. W badaniu przyjrzano się gwiazdom hiperprędkim, które przemierzają przestrzeń kosmiczną znacznie szybciej niż gwiazdy wokół nich. Niektóre z nich pędzą tak szybko, że osiągają galaktyczną prędkość ucieczki, co oznacza, iż oddziaływanie grawitacyjne Drogi Mlecznej nie jest w stanie dłużej zatrzymywać ich w jej obrębie. W nadchodzących eonach całkowicie opuszczą one galaktykę i mamy dobre powody, by przyjmować, że zostały rozpędzone przez SMBH – ale jak właściwie do tego doszło?

Tego rodzaju sytuacja zaczyna się od dwu gwiazd obiegających się wzajemnie jako układ podwójny. Układ taki zawiera znaczną ilość energii orbitalnej, która jest sumą energii kinetycznej obu gwiazd, czyli energii ich ruchu, oraz ich grawitacyjnej energii potencjalnej, czyli ilości energii, która zostałaby uwolniona, gdyby się do siebie przybliżyły.

Jeśli gwiazda podwójna zbliży się do innego obiektu, część jej energii ewentualnie ulega transferowi. Jeden z jej składników może na przykład związać się z tym trzecim obiektem, podczas gdy drugi otrzymuje impuls energii kinetycznej, który go wyrzuca z układu. Siła tego impulsu zależy częściowo od grawitacji owego obiektu. Masywna czarna dziura ma oczywiście niezwykle silne pole grawitacyjne, które jest w stanie rozpędzić gwiazdę do olbrzymiej prędkości.

Prędkość, jaką mam na myśli, jest naprawdę duża – nawet ponad 1000 km/s. S5-HVS1, pierwsza potwierdzona gwiazda hiperprędka, przebywa ponad 1700 km w ciągu jednej sekundy. Poświęćcie chwilę, aby w pełni uświadomić sobie ten fakt – oto mamy do czynienia z gwiazdą wyrzuconą z czarnej dziury z prędkością ponad 6 mln km/godz.. Wchodzące tu w grę wartości energii są wręcz porażające.

W obrębie naszej Galaktyki zaobserwowaliśmy kilka tego typu gwiazd i dokładne pomiary wykazują, że oddalają się one od centrum, co bardzo mocno przekonuje, że odpowiada za to Sagittarius A*, supermasywna czarna dziura w Drodze Mlecznej.

Jednak nie wszystkie wykryte gwiazdy hiperprędkie wydają się pochodzić z centrum naszej Galaktyki. Na szczęście Gaia, obserwatorium astronomiczne Europejskiej Agencji Kosmicznej, którego misja niestety obecnie już dobiegła końca, zostało zbudowane tak, aby wykonywało niezwykle dokładne pomiary położenia, odległości, barwy i innych parametrów – w tym prędkości – ponad miliarda gwiazd.

Na obrzeżach Drogi Mlecznej rozpoznano dwadzieścia jeden gwiazd hiperprędkich. Używając niebywale precyzyjnych pomiarów wykonanych przez sondę Gaia, astronomowie odpowiedzialni za te nowe badania, przeanalizowawszy prędkości w trzech wymiarach gwiazd w różnych miejscach przestrzeni kosmicznej, odkryli, że pięć z nich ma niejednoznaczny początek, natomiast dwie zdecydowanie pochodzą z centrum Drogi Mlecznej. Spośród pozostałych 14 trzy wyraźnie przybyły z kierunku LMC. Trajektorie tych gwiazd jednoznacznie wyznaczają swój punkt początkowy i zgodnie z obecnym stanem naszej wiedzy musi to być supermasywna czarna dziura.

Ponadto jakkolwiek trajektorie pozostałych 11 gwiazd są zgodne zarówno z ich początkiem w Drodze Mlecznej, jak i w LMC, badacze stwierdzili, że pięć z nich z większym prawdopodobieństwem wywodzi się z naszej Galaktyki macierzystej, a reszta z LMC.

Niewykluczone zatem, że dziewięć ze znanych gwiazd hiperprędkich przelatujących przez naszą Galaktykę zostało wyrzuconych przez supermasywną czarną dziurę w innej galaktyce.

Stosując zaawansowane obliczenia matematyczne, badacze oszacowali, że najbardziej prawdopodobna masa czarnej dziury wynosi około 600 tys. mas Słońca, niezbyt imponująco jak na SMBH – faktycznie jest to wartość z dolnego krańca skali – lecz w końcu LMC jest maleńką galaktyką, której masa stanowi zaledwie około 1% masy Drogi Mlecznej. Wiemy, że masa czarnej dziury jest zazwyczaj wprost proporcjonalna do masy galaktyki, w której się znajduje (ponieważ powstają one razem i wzajemnie wpływają na swój wzrost), zatem ta niższa masa jest zgodna z tą zależnością.

Jeśli obliczenia te są dokładne, to nasza galaktyka satelitarna ostrzeliwuje nas gwiazdami! Być może istnieje jeszcze więcej takich obiektów – pędzących przez przestrzeń kosmiczną, niewidocznych po drugiej stronie naszej Galaktyki lub znajdujących się tak daleko, że trudno je dostrzec, a jeszcze trudniej badać. Wszystkie te informacje pozwalają nam zyskać jaśniejsze – choć wciąż bardzo mgliste – wyobrażenie o tym, w jak małych galaktykach możemy spodziewać się wykrycia dużych czarnych dziur.

Czarne dziury są niezwykłymi tworami. Niektórzy obawiają się, że wpadną do którejś z nich. Teraz listę przerażających przypadków można uzupełnić o „trafienie przez międzygalaktyczny gwiezdny pocisk". ■

Phil Plait jest zawodowym astronomem i popularyzatorem nauki mieszkającym w Wirginii. Wydaje *Bad Astronomy Newsletter*. Można go śledzić na Beehiiv.

NASA/JPL-Caltech/R. Hurt/Caltech-IPAC

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Dlaczego lubimy ekspresję

Uśmiechy i grymasy nie służą wyłącznie przekazywaniu emocji

EITHNE KAVANAGH, JAMIE WHITEHOUSE I BRIDGET WALLER

CZASAMI BRAK MIMIKI się opłaca – chocby przy grze w karty. Jednak w codziennym życiu – na przykład podczas spotkań z rodziną, przyjaciółmi czy nowymi znajomymi – lepiej pozwolić swojej twarzy swobodnie wyrażać emocje. Nasze badania pokazują, że jakakolwiek ekspresja, czy to uśmiech, uniesienie brwi czy nawet zmarszczenie nosa, może sprawić, że inni poczują do nas sympatię.

Wyniki badania opublikowanego w zeszłym roku świadczą, że osoby, których twarz jest bardziej ekspresyjna, były bardziej lubiane przez nowych rozmówców. Może to wyjaśniać, dlaczego ludzie ewoluowali w kierunku wyrazistej mimiki. Faktycznie, nasz gatunek jest prawdopodobnie najbardziej ekspresyjny mimicznie ze wszystkich pozostałych. W typowej interakcji społecznej ludzkie mięśnie twarzy wykonują średnio 101 ruchów na minutę.

Aby zrozumieć, dlaczego mimika twarzy jest korzystna, musimy najpierw sobie uświadomić, jak kluczowe dla przetrwania ludzi było budowanie więzi społecznych. Przez większą część historii ewolucyjnej nasz gatunek polegał na bliskich wspólnotach, aby zapewnić sobie pożywienie, schronienie oraz ochronę przed drapieżnikami i innymi zewnętrznymi zagrożeniami. Utrzymywanie relacji społecznych było sprawą życia lub śmierci. Każda umiejętność lub zachowanie, które zwiększało zdolność tworzenia i utrzymywania więzi, prawdopodobnie utrzymywało się w puli genów i kulturze przez pokolenia. Nasze badania wskazują, że ekspresja twarzy może być właśnie takim zachowaniem.

W eksperymencie 52 osoby uczestniczyły w internetowej rozmowie wideo z badaczem, który udawał innego badanego. Podczas rozmów badacz wprowadzał różne trudne sytuacje społeczne, takie jak opowiadanie niezręcznych dowcipów lub wymuszanie niesprawiedliwego podziału nagrody. Miało to naśladować codzienne sytuacje, na przykład konflikty, zakłopotanie lub próby zrobienia dobrego wrażenia.

Jednocześnie rejestrowaliśmy ruchy twarzy uczestników i analizowaliśmy je z użyciem specjalnego oprogramowania. Dodatkowo przeanalizowaliśmy nagrania 1300 osób prowadzących swobodne rozmowy online z innymi rzeczywistymi uczestnikami; drobne ruchy mięśni twarzy, które wykonywali podczas tych interakcji, zostały automatycznie zakodowane.

Co ciekawe, osoby bardziej ugodowe, ekstrawertyczne lub neurotyczne (zgodnie z wynikami kwestionariusza osobowości) miały bardziej ekspresyjne twarze. Ludzie o takich cechach mogą poświęcać więcej energii na interakcje społeczne – być może dlatego, że je lubią lub bardziej martwią się tym, jak są postrzegani. Nasze wyniki wskazują, że taki wysiłek się opłaca: uczestników, którzy byli bardziej ekspresyjni, lepiej ocenili zarówno ich rozmówcy, jak i 176 niezależnych osób oglądających nagrania. Prawidłowość była więc wyraźna.

Dlaczego ekspresja twarzy buduje więzi społeczne? Wyobraź sobie, że poznajesz kogoś nowego i próbujesz ocenić, czy będzie dobrym przyjacielem, współpracownikiem lub partnerem. Zastanawiasz się, czy możesz mu ufać, czy ci pomoże, czy zaszkodzi – i czy w ogóle się dogadacie. Ktoś, kto jest łatwiejszy do „odczytania", może wydawać się atrakcyjniejszy jako potencjalny znajomy niż osoba skryta.

Nasze badania potwierdzają tę hipotezę. Osoby bardziej ekspresyjne były rzeczywiście „czytelne" dla innych, a uczestnicy eksperymentu oceniali je jako bardziej zrozumiałe i przewidywalne – co zwiększało sympatię.

Wyłania się stąd kluczowa funkcja mimiki: uczynienie nas bardziej przewidywalnymi dla innych. Nasze badanie pokazuje również, że mimika twarzy nie służy tylko do wyrażania emocji. Możemy unieść brwi, by pokazać, że uważnie słuchamy, posłać porozumiewawczy uśmiech lub rzucić surowe spojrzenie. Takie sygnały nie zawsze są związane z konkretnym stanem emocjonalnym. Co ciekawe, okazało się, że sympatię wzbudza sama ekspresyjność, a nie konkretna emocja. Można by przypuszczać, że najbardziej lubiane są osoby, które wyglądają na szczęśliwe, ale choć radosne twarze były oceniane wysoko, bardziej ekspresyjni ludzie budzili sympatię nawet wtedy, gdy nie byli szczególnie uśmiechnięci.

Interesujące jest również to, że stopień ekspresyjności danej osoby nie zmieniał się w różnych sytuacjach ani w kontaktach z różnymi rozmówcami, co oznacza, że mimika jest raczej stałą cechą osobowości.

Można się zastanawiać, dlaczego niektórzy ludzie są bardziej powściągliwi w mimice. Zamierzamy to również zbadać. Możliwe, że dla pewnych osób koszty ujawniania emocji przewyższają korzyści, a istnieją inne sposoby na bycie atrakcyjnym towarzysko.

Niezależnie od naszej naturalnej ekspresji możemy świadomie decydować, kiedy się bardziej otworzyć. Otwartość i ekspresja mogą wydawać się ryzykowne, bo nas odsłaniają, ale wyniki naszych badań wskazują, że to się opłaca.

Podsumowując: przy stole do gry ograniczenie do minimum mimiki to dobra strategia. W życiu codziennym warto pozwolić twarzy mówić więcej. ■

Eithne Kavanagh jest starszym wykładowcą i pracownikiem naukowym na Nottingham Trent University in England.

Jamie Whitehouse jest starszym wykładowcą i pracownikiem naukowym na Nottingham Trent University.

Bridget Waller jest profesorem ewolucji i socjalnych zachowań na Nottingham Trent University.

Master1305/Getty Images

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Wyciszyć stan zapalny

Nowe leki oraz dieta łagodzą bolesną zapalną chorobę jelit

LYDIA DENWORTH

POZNAŁAM NIEDAWNO 26-letnią szefową kuchni Caroline Horvatits. Jej historia jest z jednej strony przygnębiająca, z drugiej jednak niesie nadzieję. Mniej więcej 10 lat temu, gdy była jeszcze w szkole średniej, Caroline dopadł tak silny ból brzucha, że nie mogła spać i oblała egzaminy semestralne. Po kolonoskopii gastroenterolog rozpoznał u niej wrzodziejące zapalenie jelita grubego (ulcerative colitis, UC) – chorobę, w której komórki układu odpornościowego reagują nadmiernie i atakują okrężnicę (fragment jelita grubego), tworząc w jej wyściółce otwarte rany.

Wrzodziejące zapalenie jelita grubego stanowi jedną z chorób zapalnych jelit (inflammatory bowel disease, IBD). W tamtym czasie nie było zbyt wielu możliwości jej leczenia. Caroline próbowała stosować znane od dawna leki przeciwzapalne, takie jak steroidy. Jej matka martwiła się jednak, że mają one zbyt wiele działań niepożądanych. Z czasem Caroline odstawiła leki i skoncentrowała się na diecie.

Jej doświadczenia nie były czymś odosobnionym. Kiedy Bruce Sands, gastroenterolog z Icahn School of Medicine at Mount Sinai w Nowym Jorku, zaczynał swoją praktykę 30 lat temu, znacznej części pacjentów z IBD nie można było pomóc. Mówi jednak, że wiele się zmieniło, zwłaszcza w ciągu ostatnich 10 lat. Jest teraz więcej dostępnych i precyzyjnie działających leków. A problem jest niebagatelny, bo tylko w USA dotyczy ponad 2 mln dorosłych Amerykanów oraz ponad 100 tys. dzieci i nastolatków dotkniętych zapaleniem jelita grubego lub inną ciężką postacią IBD: chorobą Leśniowskiego-Crohna.

Zarówno wrzodziejące zapalenie jelita grubego, jak i choroba Leśniowskiego-Crohna obejmują przewlekły stan zapalny przewodu pokarmowego, bolesny i nieprzewidywalny. Zaostrzenia pojawiają się nagle. Mogą prowadzić do krwawienia, bolesnych skurczów, biegunki i utraty wagi. O ile zapalenie jelita grubego obejmuje wyściółkę okrężnicy, o tyle choroba Leśniowskiego-Crohna dotyka całego przewodu pokarmowego.

Pojawiające się na rynku leki są coraz bardziej zróżnicowane i działają na różne typy komórek układu odpornościowego, co daje lekarzom i pacjentom więcej możliwości. Agencja ds. Żywności i Leków (Food and Drug Administration) wyróżnia sześć mechanizmów działania tych środków. „Za każdym razem, kiedy odkrywamy nowy mechanizm, okazuje się że możemy odpowiednio leczyć kolejną grupę pacjentów” – mówi Sands.

Większość farmaceutyków jest ukierunkowana na przerwanie stanu zapalnego i wynikających z niego uszkodzeń tkanek. Naukowcy lepiej rozumieją teraz, jak różne rodzaje komórek układu odpornościowego podtrzymują stan zapalny, a to prowadzi do precyzyjniejszej identyfikacji miejsc działania.

Gastroenterolog Alan Moss, dyrektor naukowy Crohn's and Colitis Foundation w Nowym Jorku, tłumaczy, że starsze leki, takie jak należący do steroidów prednizon, hamują cały układ odpornościowy. Jednak „teraz mamy leki, które działają wyłącznie na okrężnicę i komórki, które ją atakują”, mówi. Moss zauważa, że dzięki temu „ludzie są znacznie mniej narażeni na ogólnoustrojowe działania niepożądane, na przykład infekcje”.

Jeden z najnowszych dopuszczonych do użytku leków, risankizumab (dostępny pod nazwą Skyrizi), blokuje receptory dla cytokiny interleukiny 23 (IL-23), biorącej udział w rozwoju wielu chorób autoimmunologicznych, przerywając w ten sposób kaskadę zapalną. Inne działają na białka komórkowe nazywane receptorami fosforanowymi, wpływające na migrację komórek układu odpornościowego do tkanek przewodu pokarmowego. W 2024 roku Sands ogłosił sukces badań klinicznych nad lekiem, który wiąże się z TL1A – kolejnym białkiem, które powoduje przemieszczanie się nadmiernej liczby komórek układu odpornościowego do jelit.

Moss wspomina, że obecnie mamy też precyzyjniejsze dawkowanie. Lekarze zmieniają dawki leków w zależności od stopnia aktywności choroby i mogą uwzględniać takie czynniki, jak masa ciała, wiek pacjenta i choroby współistniejące.

Pomimo to „szacuje się, że u około połowy pacjentów nie uzyskujemy regresji, często też następują nawroty” – mówi Sands. Lepszym sposobem walki z chorobą może być terapia łączona. W badaniu pilotażowym, którego wyniki opublikowano w 2023 roku w „The Lancet”, grupę 214 pacjentów losowo przydzielano do leczenia preparatem hamującym czynnik martwicy nowotworów (TNF – grupa białek, które biorą udział w procesach zapalnych

Lydia Denworth jest nagradzaną dziennikarką naukową i redaktorką czasopisma „Scientific American”. Jest autorką książki *Friendship* (W. W. Norton, 2020).

Ilustracja Jay Bendt

eprasa.pl 20e4b5c7ca

w jelitach), lekiem przeciwko IL-23 albo łącznie obydwoma preparatami. Spośród osób, które otrzymywały oba leki, po 12 tygodniach osiągnięto remisję u 83%, podczas gdy w grupach leczonych pojedynczymi preparatami było to odpowiednio 61% i 75%. Naukowcy pracują także nad identyfikacją biomarkerów o znaczeniu predykcyjnym, które dałoby się wykorzystać do precyzyjnego dostrajania terapii. Sana Syed, gastroenterolożka dziecięca z Duke University School of Medicine prowadzi badania, w których gromadzi szczegółowe dane, obejmujące m.in. składowe krwi i tkanek. Następnie ma zamiar wykorzystać uczenie maszynowe, aby znaleźć oznaki wskazujące, który pacjent zareaguje na określony lek, przydatne do diagnostyki.

Jest to szczególnie pilne w odniesieniu do dzieci, dla których FDA zatwierdziła tylko dwa leki, oba działające przeciwko TNF. „Żadna z zatwierdzonych ostatnio lub nowych metod terapii, stosowanych w leczeniu dorosłych, nie zostanie w ciągu najbliższych 10 lat dopuszczona u dzieci” – mówi Syed. Pediatrzy mimo wszystko stosują te leki, jednak nie mają precyzyjnych wytycznych ich podawania.

Leki to tylko jedna z metod terapii IBD. Miniona dekada przyniosła także dużo większe zainteresowanie wpływem czynników środowiskowych, mówi Moss. Istotną rolę odgrywają dieta, stres i zanieczyszczenia. Jednym z wyraźnych dowodów na szczególne znaczenie odżywiania jest fakt alarmującego wzrostu częstości występowania IBD w obszarach świata, gdzie wcześniej choroba ta była rzadkością, takich jak Azja, Ameryka Łacińska czy Afryka. „Wynika to z faktu, że ludzie przejmują tam zachodnie zwyczaje żywieniowe” – zauważa Moss. Konkretne wyzwalające czynniki pokarmowe różnią się u poszczególnych pacjentów, jednak wydaje się, że do rozwoju choroby przyczynia się żywność wysokoprzetworzona i słodzona. Dieta bogata w błonnik, owoce i warzywa pozwala natomiast często złagodzić objawy.

To właśnie pomogło Caroline. Dwa lata ograniczonej diety wygoiły jej jelita – i stały się impulsem wyboru kariery zawodowej. Wraz z partnerem Caroline prowadzi obecnie małą farmę w środkowej części stanu Nowy Jork oraz firmę oferującą świeżą żywność. „Przez większość czasu nie mam żadnych objawów” – mówi Caroline. Można mieć nadzieję, że wkrótce znacznie więcej osób będzie mogło powiedzieć to samo. ■

Głębia czasu

KOSMICZNE KLIFY, MGŁAWICA CARINA

W głębinach głębin coś się rodzi,
choć prawdę mówiąc – jednocześnie –
już pewnie zdążyło się skończyć,

zespolone opary, jądra od dawna płonące,
diamenty tlące się w głęboko spiętrzonych
eonach. Zawsze z dala od nas, iskry

zaczynają błyskać wśród białek. Stożkowe muszle
rozciągają się dziko w naszych obcych wodach.
Ziemia za Ziemią otwiera się
i już zmierza do lodowatego lub płonącego kresu

wszystkiego – oprócz mułu albo łusek albo futra.
Wtulone w szczyty jak z bajki gwiazdy rozpalają się niczym pożary lasów
szalejące na wysokościach, rozżarzony prolog

nazwany apokalipsą. Chwała mu – oddech
opróżniający i wypełniający. Nasza nowa Ziemia już
nosi w sobie swój kraniec, a życie gwiazd olśniewa

w tej jednej zastygłej chwili. Dla nas
zawsze jest teraz. Wszechświat
trwa. W głębinach czasu wszystko zaczyna
nas pochłaniać, z kresu mrugają czerwone galaktyki.

Julie Swarstad Johnson, archiwistka i bibliotekarka w Centrum Poezji University of Arizona, poetka rezydentka Lowell Observatory w Flagstaff. Jest autorką tomu poezji *Pennsylvania Furnace* (2019) oraz współredaktorką – wraz z Christopherem Cokinosem – antologii *Beyond Earth's Edge: The Poetry of Spaceflight* (2020).

Ilustracja Masha Foya

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ZDROWIE PUBLICZNE

ODPORNOŚĆ NA FISTASZKI

Nowe terapie mogą uwolnić miliony dzieci i dorosłych od śmiertelnego zagrożenia alergią na orzeszki ziemne – jednego z najszybciej narastających problemów medycznych

MARYN MCKENNA

Zdjęcia ANDREW B. MYERS

eprasa.pl 20e4b5c7ca

eprasa.pl 20e4b5c7ca

ANABELLE TERRY, SZCZUPŁA, PEWNA SIEBIE 13-LATKA, zna historię z masłem orzechowym od zawsze. Gdy miała dwa i pół roku, spróbowała orzechów po raz pierwszy. Jej mama, Victoria, przygotowała mały smakołyk: popcorn polany roztopionym karmelem, czekoladą i masłem orzechowym. Anabelle zjadła go z apetytem. „A potem poczułam się naprawdę źle" – wspomina. Kilka minut później zwymiotowała na podłogę w kuchni.

To był dopiero początek problemów. Wizyta u alergologa potwierdziła, że Anabelle ma ciężką alergię na masło orzechowe, a także na większość innych orzechów. Rozpoczęła się życiowa rewolucja, dobrze znana rodzinom dzieci z alergiami: nauka czytania etykiet, noszenie ze sobą autostrzykawki z adrenaliną (nazywanej często EpiPen od dominującej na rynku marki) i wypytywanie kolegów oraz ich rodziców o skład urodzinowego tortu.

Od czasu do czasu zdarzały się potknięcia – jakaś przekąska, której nikt nie sprawdził, albo żywność w opakowaniu, na którym nie wymieniono wszystkich potencjalnych alergenów. I za każdym razem reakcje Anabelle były coraz silniejsze. Choć była jeszcze dzieckiem w wieku szkolnym, musiała zachować czujność. „Podczas lunchu wszyscy moi przyjaciele mieli kanapki z masłem orzechowym i dżemem, musiałam więc usiąść trochę dalej – opowiada. – A kiedy po lekcjach szłam do kolegów, zawsze trzeba było się upewnić, czy posiłek nie zawiera orzechów."

Dziś większość tych środków ostrożności należy już do przeszłości. Dla ogromnej liczby pacjentów alergia na orzeszki ziemne to nieprzewidywalna, dożywotnia dolegliwość. Jednak dzięki udziałowi w badaniu klinicznym, do którego Anabelle trafiła w wieku dziewięciu lat, może ona teraz tolerować orzeszki ziemne i inne orzechy wystarczająco dobrze, by czuć się na co dzień bezpiecznie. Lek, który otrzymała w tym badaniu, został w zeszłym roku zatwierdzony przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA) jako terapia alergii pokarmowych, stając się drugim środkiem na alergie pokarmowe dopuszczonym od 2020 roku. A w wielu innych badaniach klinicznych testuje się różne podejścia do alergii na orzeszki ziemne – od nowych metod odczulania po śmiałe zastosowania istniejących leków. Niektóre z nich dają zdumiewające rezultaty. „To naprawdę niesamowity czas" – mówi R. Sharon Chinthrajah, profesor nadzwyczajna na Stanford Medicine, która kierowała krajowym badaniem, w którym uczestniczyła Anabelle.

Obecnie całe dotychczasowe podejście medyczne do ochrony dzieci przed rozwojem alergii jest rewidowane. W przypadku reakcji na orzeszki istnieje realna nadzieja, że dzieci da się ochronić – z całą pewnością przed najcięższymi skutkami, a być może przed jakimikolwiek. „Przyszłość wygląda bardzo obiecująco – nasi pacjenci będą mieli więcej opcji na różnych etapach życia – mówi Chinthrajah. – Nie mamy jeszcze lekarstwa, ale zdecydowanie posuwamy się naprzód w stronę terapii, która pozwoli radzić sobie z tą przewlekłą chorobą".

ALERGIA NA ORZESZKI ZIEMNE JEST zastanawiająca, m.in. dlatego, że pojawiła się stosunkowo niedawno. Reakcje na żywność występowały od wieków, ale powszechny problem z orzeszkami zaczął narastać dopiero w latach 90. Skutki były znaczące: linie lotnicze przestały podawać orzeszki i zaczęły ogłaszać, że pewne przekąski mogą zagrażać współpasażerom; w szkołach podstawowych wyznaczano stoły „bez orzeszków"; a producenci żywności zaczęli oznaczać swoje wypieki jako „school-safe", by zasygnalizować, że nie zawierają one typowych alergenów. Autostrzykawki z adrenaliną, która może zatrzymać ciężki wstrząs anafilaktyczny, były rzadkością i używano ich głównie w przypadku użądleń przez osy lub pszczoły. Dziś to produkt powszechnie dostępny, o rocznej wartości sprzedaży wnoszącej niemal 3 mld dolarów.

Maryn McKenna jest dziennikarką współpracującą z „Scientific American" piszącą o zdrowiu publicznym i polityce żywnościowej. Jest autorką książki *Big Chicken: The Incredible Story of How Antibiotics Created Modern Agriculture and Changed the Way the World Eats* (National Geographic Books, 2017).

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Scott Sicherer, klinicysta i dyrektor Jaffe Food Allergy Institute w Icahn School of Medicine w Nowym Jorku, obserwował wzrost liczby przypadków alergii na orzeszki w czasie rzeczywistym. W 1997 roku wraz ze współpracownikami przeprowadził pierwsze badanie występowania w USA alergii na orzeszki ziemne i orzechy. Okazało się, że 1,6% dorosłych i 0,6% dzieci uznało się za alergików na podstawie doświadczonych reakcji. Pięć lat później zespół powtórzył badanie na podobnej próbie i odkrył, że odsetek dzieci z alergiami na orzechy podwoił się do 1,2%. W trzecim badaniu, przeprowadzonym 11 lat po pierwszym, całkowity wskaźnik wzrósł trzykrotnie – do 2,1% dzieci, przy czym alergia na orzeszki ziemne dotyczyła 1,4% badanych.

Od tego czasu rozpowszechnienie alergii wzrosło jeszcze bardziej. Ogólnokrajowa ankieta rodziców przeprowadzona w latach 2015–2016 przez badaczy z Illinois i Kalifornii wykazała, że alergie pokarmowe dotykają 7,6% dzieci w USA, a alergia na orzeszki ziemne – 2,2%. Analiza danych o płatnościach za świadczenia zdrowotne z 2018 roku pozwoliła ustalić, u ilu noworodków diagnozuje się co roku wystąpienie alergii na orzeszki (co statystycy nazywają zapadalnością – liczbą nowych przypadków, w odróżnieniu od chorobowości, czyli łącznej liczby przypadków choroby) – i wykazała wskaźnik 5%. A co częstsze, staje się też groźniejsze: badacze z Mayo Clinic oszacowali, że liczba wizyt na oddziałach ratunkowych z powodu wstrząsu anafilaktycznego wywołanego alergią pokarmową, objawiajacego się m.in. gwałtownm spadkiem ciśnienia i problemami z oddychaniem, wzrosła między 2005 a 2014 rokiem ponad trzykrotnie. Najczęściej winowajcą były właśnie fistaszki.

„Jeden na 10 Amerykanów – ponad 33 mln osób – ma alergię pokarmową – mówi Sung Poblete, dyrektor generalna organizacji Food Allergy Research and Education, zajmującej się rzecznictwem w tej sprawie. – Jedno na 13 dzieci ma alergię pokarmową. To dwoje dzieci w każdej klasie."

Ten wzrost – obserwowany na całym świecie, choć nie w jednakowym tempie w każdym kraju – pozostaje zagadką. Alergia pokarmowa jest zasadniczo chorobą zapalną. Układ odpornościowy rozpoznaje niektóre białka w pożywieniu jako niepożądane i uruchamia kaskadę reakcji, w której często uczestniczy przeciwciało zwane IgE. (immunoglobulina E) Wyzwala ono ogólnoustrojową odpowiedź zapalną: pokrzywkę, obrzęki, wymioty, a w najcięższych przypadkach – gwałtowny spadek ciśnienia i zwężenie górnych dróg oddechowych. „Choroby zapalne różnego rodzaju występują dziś częściej niż dawniej – mówi Brian Vickery, profesor pediatrii w Emory University School of Medicine oraz dyrektor programu badań nad alergiami pokarmowymi w Children's Healthcare of Atlanta, główny badacz wielu prób klinicznych. – Egzema, cukrzyca typu 2, miażdżyca, nowotwory, depresja – wszystkie te schorzenia mają podłoże zapalne i są teraz powszechniejsze."

Przyczyny wydają się zróżnicowane. Badacze sugerują, że wpływ mogą mieć elementy tzw. hipotezy higienicznej – ograniczony kontakt z patogenami, wczesna ekspozycja na antybiotyki, uszkodzenia mikrobiomu spowodowane detergentami i środkami powierzchniowo czynnymi. Niektórych ludzi do reakcji na pewne pokarmy może predestynować genetyka. Wskazówką może być również to, które produkty wywołują reakcje. Aż prawie 90% alergii pokarmowych wywołuje zaledwie osiem produktów: fistaszki, mleko, jaja, ryby, skorupiaki, orzechy, pszenica i soja. (Zgodnie z amerykańskim prawem z 2004 roku muszą być one deklarowane na etykietach; w odrębnych przepisach z 2021 roku dodano do listy sezam). Dlaczego właśnie te pokarmy są szczególnie alergizujące, nadal pozostaje zagadką. Zawierają złożone białka, które nie ulegają pełnemu rozkładowi podczas trawienia i mogą pobudzać układ odpornościowy w sposób, w jaki inne produkty tego nie robią; białka te mogą też wykazywać podobieństwo do częstych alergenów środowiskowych.

Obecnie całe dotychczasowe podejście medyczne do ochrony dzieci przed rozwojem alergii jest rewidowane.

Niezależnie od tego, jakie są przyczyny, naukowcy w swoich badaniach coraz bardziej koncentrują się na łagodzeniu skutków alergii pokarmowych. Priorytetem stała się alergia na orzeszki ziemne, ponieważ jej konsekwencje społeczne są szczególnie widoczne. Ale istnieje nadzieja, że nowe metody znajdą zastosowanie także w leczeniu innych alergii – i pomogą dzieciom takim jak Anabelle, które cierpią na więcej niż jedną.

PIERWSZYM CELEM BYŁO zapewnienie bezpieczeństwa dzieciom, dla których ryzyko jest najwyższe – takim, których życiu zagraża nawet najmniejsza domieszka orzeszków będąca skutkiem błędu produkcyjnego.

Osoby cierpiące na alergie sezonowe od dawna otrzymują odczulające zastrzyki – serię szczepień stopniowo zmniejszających ich wrażliwość. W przypadku orzeszków ziemnych podjęto podobne próby, lecz je zarzucono ze względów bezpieczeństwa, m.in. z powodu śmierci uczestnika badania w 1991 roku, który otrzymał błędnie obliczoną dawkę. Pozostała więc pacjentom dieta eliminacyjna, która jednak nie chroniła przed pomyłkami i zanieczyszczeniami krzyżowymi. Dopiero po dekadzie immunolodzy sięgnęli po starą metodę odczulania: podawanie minimalnych, stopniowo zwiększanych dawek alergenu doustnie – czyli immunoterapię doustną. W 2018 roku duże, międzynarodowe badanie jednoznacznie potwierdziło jej skuteczność i stała się ona standardem leczenia dzieci, których rodziny nie ufały samej diecie. W 2020 roku doprowadziła do pierwszego w historii zatwierdzenia przez FDA leku na alergię na orzeszki ziemne – sproszkowanego białka orzechów ziemnych pod nazwą handlową Palforzia, dawkowanego przez wiele miesięcy w precyzyjnie odmierzonych porcjach.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Był to ogromny krok naprzód – ale nie dla wszystkich wystarczający. Początkowo Palforzia nie była dopuszczona dla dzieci poniżej czwartego roku życia. Dawkowanie musiało być niezwykle dokładne i, zdaniem niektórych lekarzy, trudne w praktyce. Na dodatek lek zadebiutował na początku pandemii COVID-u, gdy częste wizyty kontrolne były wyjątkowo kłopotliwe. Jak wynika z ostrzeżeń na etykiecie leku, jego stosowanie samo w sobie może wywołać reakcje alergiczne. Nic dziwnego, że część rodzin szukała alternatywnych rozwiązań. „Od 10 do 20% pacjentów nie kończy terapii z powodu działań niepożądanych – mówi Edwin H. Kim, profesor University of North Carolina i dyrektor programu UNC Food Allergy Initiative. – A nawet 10% doświadcza anafilaksji w trakcie leczenia."

Kim bada obecnie dwa inne sposoby podawania małych dawek alergenów: podjęzykowo oraz przezskórnie – za pomocą plastra z białkiem orzeszków naklejanego codziennie na skórę nawet przez trzy lata. Plaster zawiera zawsze tę samą ilość białka, ale stopniowo wydłuża się czas noszenia. W badaniu III fazy, którego wyniki opublikowano w 2023 roku, 67% maluchów zbyt młodych na Palforzię zwiększyło tolerancję do poziomu odpowiadającego zjedzeniu trzech–czterech orzeszków. To dwa razy więcej niż w grupie placebo.

Choć FDA jeszcze nie dopuściła plastra, wielu rodziców liczy, że będzie on łatwiejszy do stosowania – zarówno dla dzieci, jak i dla nich samych. Wszystkie te terapie – plaster, dawki doustne i podjęzykowe – celują w konkretne alergeny orzeszków. Ale inna grupa badaczy podeszła do problemu szerzej: uznała, że kontrola reakcji na orzeszki może otworzyć drogę do przeprogramowania całej odpowiedzi immunologicznej na pokarm.

Syn Lory Milburn, Vance, jako uczestnik badania klinicznego nosił plaster przez rok. Miał osiem miesięcy, gdy zaczęły się u niego objawiać symptomy alergii – był wtedy zbyt mały, by umieć opisać to słowami – a do próby włączono go w wieku lat czterech, za pośrednictwem kliniki Kim. Spodziewano się, że zakończy udział w badaniu w sierpniu tego roku, a Lora już teraz uważa, że jego wrażliwość się zmniejszyła. Nie wie, czy syn otrzymywał prawdziwe leczenie, czy placebo, ale zauważa jego reakcje na plaster. „Czasami w ogóle na niego nie narzeka, a czasami ociera się plecami o ścianę, próbując pozbyć się swędzenia – mówi. – Ale on wie, dlaczego to robimy. W nocy prosi, żeby założyć mu nowy plaster."

Wszystkie te terapie ekspozycyjne – plaster, preparaty doustne czy podawane pod język – są ukierunkowane na reakcje na konkretne alergeny orzeszków ziemnych. Jednak inna grupa badaczy potraktowała walkę z reakcjami na orzeszki jako punkt wyjścia do przeprojektowania sposobu, w jaki układ odpornościowy reaguje na różne składniki pokarmowe, nie tylko na fistaszki.

W 2013 roku zaczęto testować istniejący już lek – omalizumab (Xolair), przeciwciało monoklonalne zatwierdzone wcześniej do dostosowania w ciężkich postaciach astmy alergicznej. „To biologiczny lek przeciwko IgE, a przeciwciała IgE odgrywają kluczową rolę w reakcjach alergicznych – wyjaśnia Chinthrajah. – Piękno tego rozwiązania polega na tym, że może ono pomóc we wszystkich alergiach, nie tylko w jednej."

W badaniu dopuszczono dzieci i dorosłych uczulonych na orzeszki i co najmniej dwa inne pokarmy; uczestniczyła w nim także Anabelle Terry. Testowano różne warianty: same zastrzyki w porównaniu z placebo, krótsze i dłuższe schematy, terapię łączoną z immunoterapią doustną oraz to, jak długo utrzymuje się tolerancja po zakończeniu kuracji.

W 2024 roku opublikowano pierwsze wyniki: 67% dzieci w wieku 1–17 lat po omalizumabie mogło bezpiecznie zjeść równowartość czterech orzeszków ziemnych, co chroniło je przed przypadkową ekspozycją. Opierając się na tych wynikach i mając nadzieję na pozyskanie większej ilości danych, FDA natychmiast zatwierdziła Xolair jako ochronę przed alergią na orzeszki ziemne.

Udział w badaniu był dla rodzin dużym zobowiązaniem. Syn Jennifer Jennison, Jack, miał dwa lata i był uczulony m.in. na jaja, orzeszki ziemne i nerkowce, gdy przyjęto go do próby w Atlancie. Co dwa tygodnie rodzice zabierali go na zastrzyk. Po około siedmiu miesiącach wprowadzono testy małych dawek alergenów zmieszanych z musem jabłkowym – po kilkugodzinnej obserwacji rodzina zabierała do domu paczuszki z odmierzoną porcją proszku, który Jack jadł codziennie. W trzeciej fazie przeszedł na codzienną dawkę podtrzymującą w postaci zwykłej żywności: sproszkowanego białka jaja, nerkowca i siedmiu cukierków z masłem orzechowym Reese's Pieces.

Jack miał podobne doświadczenia, jak Anabelle – i podobnie jak ona teraz codziennie przyjmuje porcję orzeszków, by utrzymać tolerancję. Ale jego historia pokazuje, że ochrona przed alergią na orzeszki wciąż nie jest doskonała. Namówienie dziecka do jedzenia codziennie tych samych produktów bywa bardzo trudne. Najpierw Jack odmówił nerkowca, potem także Reese's Pieces.

A ponieważ w Atlancie niemal na każdej imprezie dziecięcej imprezie urodzinowej podawane są nuggety z Chick-fil-A (w Atlancie mieści się siedziba firmy) i tortem – oba dania zawierają jajka – jego mama mówi: „Dla nas najważniejsze są jajka. Czuję się spokojniejsza wobec ryzyka krzyżowego kontaktu z orzeszkami, wiedząc, że Jack zbudował tolerancję. Ale na razie wróciliśmy do unikania."

PONIEWAŻ NOWE METODY odczulania okazały się tak skuteczne u dzieci z ciężkimi reakcjami, naukowcy zaczęli zajmować się potrzebami tych, u których alergia jest nieco mniej nasilona. Na przykład niektóre dzieci mogą zjeść pół orzeszka ziemnego, zanim wystąpi u nich reakcja. Z perspektywy osoby bez alergii to ilość śladowa, ale dla kogoś z poważną alergią to ogromna, zagrażająca życiu dawka. Takie osoby, które część immunologów określa mianem „wysokoprogowych", mogą stanowić nawet 800 tys. dzieci z alergią na orzeszki ziemne tylko w samych Stanach Zjednoczonych. Jednak ich „wyzwalacze" różnią się tak

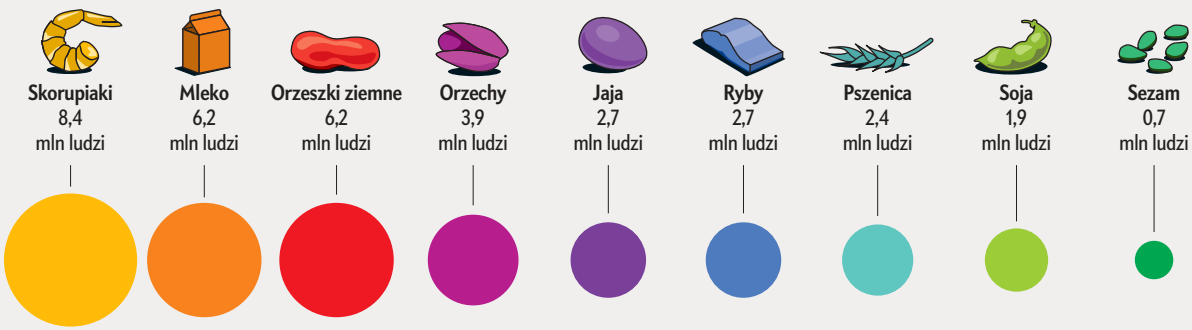
eprasa.pl 20e4b5c7ca

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Naród nękany przez alergie

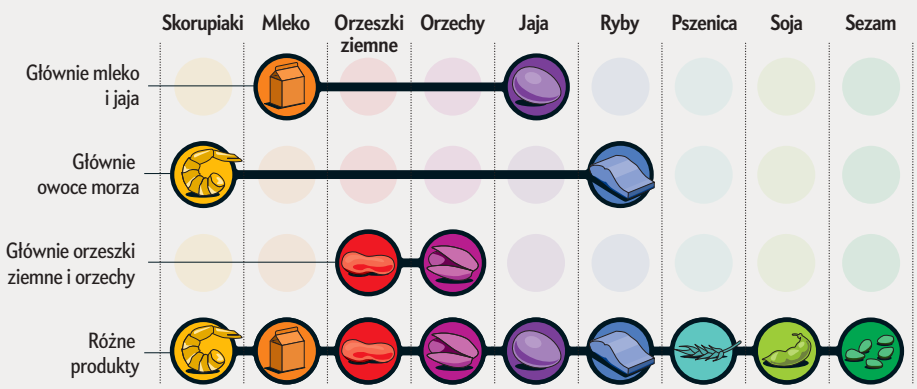
Ponad 33 mln ludzi w USA cierpi na co najmniej jedną alergię pokarmową, według danych organizacji Food Allergy Research and Education, zajmującej się rzecznictwem w tej sprawie. Wśród dzieci oznacza to dwoje uczniów w każdej klasie. Objawy wahają się od problemów trawiennych po duszności.

Dziewięć głównych kategorii żywności może wywoływać reakcje alergiczne. Najczęstsze to owoce morza, a najrzadsze to sezam.



W USA około **jeden na 10 dorosłych** (w wieku 18 lat i starszych) oraz około **jedno na 13 dzieci** ma co najmniej jedną alergię pokarmową.

Można być uczulonym na więcej niż jeden rodzaj żywności. W ankiecie z 2023 roku obejmującej ponad 38 tys. dzieci stwierdzono, że 40% reagowało na pokarmy z różnych kategorii. Wśród 40 tys. dorosłych aż 48% było wielowrażliwych. Wyróżniono cztery grupy.



bardzo od tych u osób z silnymi alergiami, że były one wykluczane z niektórych badań nad strategiami odczulania. Immunolodzy nie mieli też jasności, czy odczulanie rozpoczęte od ich poziomu bazowego przyniesie te same rezultaty, co u dzieci silnie alergicznych.

To wszystko się teraz zmienia, bo po latach diagnozowania pacjentów z tej grupy lekarze zaczęli dostrzegać, że jest zaniedbywana. „Mieliśmy dzieci, które mogły zjeść nawet połowę porcji, zanim zaczęły mieć objawy – mówi Sicherer. – I mówiliśmy im, że ich objawy nie są aż tak poważne, więc nie są w dużym niebezpieczeństwie. Nadal muszą unikać alergenu, ale jeśli nawet się to czasem nie uda, nie zdarzy się nic złego."

Jackson Esteves miał 10 miesięcy, kiedy jego rodzice odkryli alergię. Jego mama, Holly, która tak bardzo dbała o dietę dzieci, że sama przygotowywała im posiłki, zaczynała właśnie wprowadzać stałe pokarmy. Zrobiła naleśnik ze szpinakiem dla starszej córki, położyła kilka kawałków na tackę krzesełka Jacksona i z przerażeniem zobaczyła, jak jego ciało zaczynają pokrywać bąble. W naleśniku były jajka, a testy wykazały, że Jackson jest na nie uczulony – podobnie jak na nabiał, sezam, orzechy drzewne i orzeszki ziemne.

Diagnoza wciągnęła rodzinę Estevesów, mieszkającą na Long Island w stanie Nowy Jork, w świat doskonale znany innym rodzinom zmagającym się z alergiami. „Nagle zaczęłam zwracać uwagę na każdą etykietę – wspomina dziś Holly, 10 lat później. – Uczyłam się, jak modyfikować przepisy. Czułam się bardzo niepewnie w sytuacjach towarzyskich, na spotkaniach rodzinnych, przyjęciach urodzinowych. Musiałam dla niego wszystko przynosić." Sytuację komplikował fakt, że nikt inny w rodzinie – ani rodzice Jacksona, ani jego starsza siostra, ani młodsza, urodzona niedługo po „incydencie z naleśnikiem" – nie miał alergii.

ŹRÓDŁA: „Food Allergy Facts and Statistics for the U.S.", opublikowane przez FARE (Food Allergy Research & Education), lipiec 2024, foodallergy.org (*dane o chorobowości*); „The Epidemiology of Multifood Allergy in the United States: A Population-Based Study", Christopher M. Warren i in., „Annals of Allergy, Asthma & Immunology", tom 130; maj 2023 (*dane o polisensytyzacji*)

Grafika Jen Christiansen

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Estevesowie nie wiedzieli jeszcze wtedy, że w alergiach Jacksona kryje się pewien zalążek nadziei. Choć na niektóre pokarmy reagował bardzo gwałtownie, medycyna uznawała go za jedynie minimalnie uczulonego na orzeszki ziemne – a to czyniło go kwalifikującym się do nowego badania prowadzonego przez Sicherera i zespół naukowców z kilku instytucji, nazwanego CAFETERIA. (Badacze alergii zdają się mieć wyjątkową słabość do złożonych akronimów. „CAFETERIA" pochodzi od „Challenging to Foods with Escalating Thresholds for Reducing Food Allergy". Badanie nad Xolair nosiło nazwę OUtMATCH – „Omalizumab as Monotherapy and as Adjunct Therapy to Multi-Allergen Oral Immunotherapy in Food Allergic Children and Adults").

Począwszy od 2019 roku, dzieci w wieku od czterech do 14 lat otrzymywały stopniowo zwiększane dawki masła orzechowego – najpierw pod nadzorem lekarzy, a potem w domu – zaczynając od starannie odmierzonej jednej ósmej łyżeczki i zwiększając co osiem tygodni, aż do jednej łyżki dziennie. Następnie proszono je, by przez 16 tygodni jadły dwie łyżki masła orzechowego tygodniowo (ilość, którą normalnie można by posmarować kanapkę, a której dziecko z alergią nigdy by nie spróbowało) – ale niekoniecznie w dawkach codziennych. Na koniec musiały powstrzymać się od spożywania go przez osiem tygodni, po czym ponownie przeprowadzano test.

To zadziałało. Wśród 32 dzieci w grupie jedzącej orzeszki ziemne (w przeciwieństwie do grupy kontrolnej, która ich unikała) każde osiągnęło końcowy cel badania – czyli spożycie odpowiednika około trzech łyżek masła orzechowego bez reakcji.

Wynik był „niesamowity" – mówi Patricia Fulkerson, kierownik sekcji alergii pokarmowych w National Institute of Allergy and Infectious Diseases, który finansował badanie eskalacyjne. „100-procentowa odpowiedź to coś, z czego trudno się nie cieszyć."

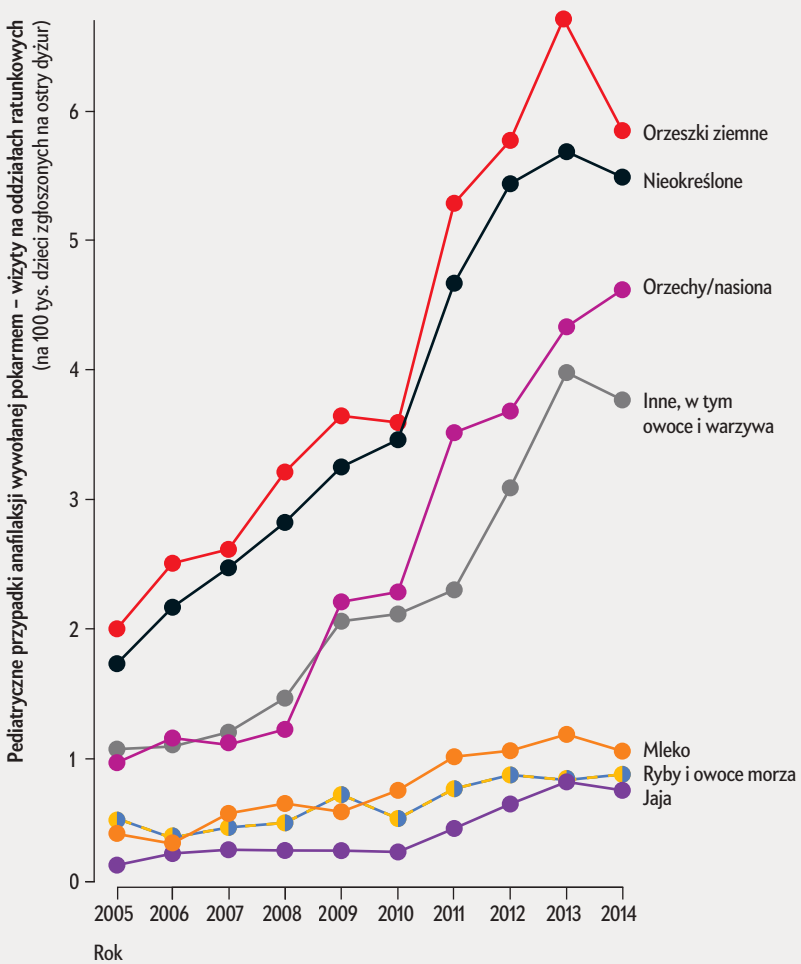
Autorzy badania podkreślają, że trzeba je powtórzyć na większej liczbie dzieci i w różnych ośrodkach medycznych. Jackson, który w tym roku skończył 11 lat, od zakończenia udziału w programie CAFETERIA może bezpiecznie jeść orzeszki ziemne; zdarza mu się nawet zjeść kanapkę z masłem orzechowym i dżemem, choć nie należy to do jego ulubionych potraw. Większość jego innych alergii pokarmowych pozostała bez zmian, ale – jak mówi jego matka – „i tak jego przypadek był historią sukcesu. Pokonał alergię na orzeszki."

Mimo że badanie CAFETERIA przyniosło tak dobre efekty na niewielką skalę, a inne podejście zastosowane w próbie OUtMATCH zaowocowało dopuszczeniem nowego leku przez FDA, wszystkie te testy – podobnie jak inne – mają zasadnicze ograniczenie: są trudne zarówno dla dzieci, które muszą przez nie przejść, jak i dla rodziców, którzy muszą je wspierać. Dzieci muszą zmuszać się do przełknięcia czegoś, co w przeszłości wywoływało u nich chorobę, a co wciąż – nawet w minimalnej dawce – może wywołać nieprzyjemną reakcję. Rodzice muszą znosić stres związany z obserwowaniem, jak ich dzieci przechodzą tzw. próby prowokacyjne, wiedząc, że może dojść do zagrażającej życiu anafilaksji.

Dodatkowo u osób silnie uczulonych maksymalny efekt odczulania polega na tym, że stają się bezpieczniejsze, ale nie całkowicie bezpieczne. „Ostatecznie nie leczymy alergii – mówi Vickery. – Dajemy pacjentowi coś w rodzaju ochronnej skorupy, która broni go przed przypadkowym kontaktem. Ale on wciąż musi czytać etykiety, unikać określonych pokarmów, nosić

Nagłe przypadki

Alergia na orzeszki ziemne to trzecia pod względem częstości występowania nadwrażliwość pokarmowa, ale to ona z reguły jest powodem hospitalizacji dzieci z anafilaksją, czyli reakcją zagrażającą życiu. Od 2005 roku wzrosła liczba nagłych wizyt na szpitalnych oddziałach ratunkowych związanych z wieloma alergiami pokarmowymi.



ŹRÓDŁO: „National Trends in Emergency Department Visits and Hospitalizations for Food-Induced Anaphylaxis in US Children", Megan S. Motosue i in., „Pediatric Allergy and Immunology", tom 29, sierpień 2018 (*dane o zgłoszeniach na ostry dyżur*)

eprasa.pl 20e4b5c7ca

przy sobie adrenalinę." Rodziny marzą o czymś więcej – o terapii, która sprawi, że alergia na orzeszki ziemne zniknie.

NOWO PROPONOWANE LECZENIE może tego dokonać, przeprogramowując pamięć układu odpornościowego dotyczącą alergenów – choć badania są dopiero w bardzo wczesnym stadium. Do tej pory wyniki opisano w przypadku zaledwie jednego pacjenta, a pierwszy mały test kliniczny dopiero się rozpoczyna.

Terapia polega na podawaniu dwóch leków, opracowanych przez firmę biotechnologiczną Regeneron. Pierwszy, dupilumab (sprzedawany jako Dupixent), to przeciwciało monoklonalne, które FDA już zatwierdziła do leczenia m.in. umiarkowanej i ciężkiej egzemy, astmy i kilku innych schorzeń; działa on poprzez blokowanie działania określonych cytokin – białek sygnałowych, które pobudzają produkcję IgE. Drugi lek, linvoseltamab, to również przeciwciało, które niedawno zostało dopuszczone przez FDA do leczenia opornego lub nawrotowego szpiczaka mnogiego. Jest to nowotwór komórek plazmatycznych – białych krwinek produkujących przeciwciała, w tym IgE.

Początkowo sądzono, że sam dupilumab wystarczy do leczenia alergii na orzeszki. Jednak liczne próby pokazały, że choć poziom przeciwciał IgE rzeczywiście spadał, nie przynosiło to trwałych efektów praktycznych. Nawet bezpośrednio po kuracji pacjenci nie byli w stanie bezpiecznie spożywać orzeszków. W innym badaniu tolerancja na orzeszki poprawiła się od razu, lecz efekt zniknął po trzech miesiącach, gdy poziom IgE ponownie wzrósł.

Dlatego naukowcy zwrócili uwagę na drugi lek – ten, który niszczy komórki odpowiedzialne za produkcję IgE. U myszy i małp podanie linvoseltamabu w trakcie kuracji dupilumabem powodowało unicestwienie komórek produkujących IgE. Kontynuowanie leczenia dupilumabem podczas odrastania nowych komórek plazmatycznych hamowało stan zapalny i zapobiegało ponownemu nadmiernemu reagowaniu układu odpornościowego.

„To podejście całkowicie odmienne od dotychczasowych, które próbowały budować tolerancję albo jedynie zmniejszać poziom IgE – mówi Jennifer Maloney, która kieruje w Regeneronie badaniami nad chorobami immunologicznymi i zapalnymi. – Tutaj możemy całkowicie usunąć z organizmu przeciwciała odpowiedzialne za alergię."

Dotąd firma podała dane dotyczące tylko jednego pacjenta – 20-letniego mężczyzny z wieloma ciężkimi alergiami. Jego leczenie opisano podczas konferencji J.P. Morgan Healthcare w styczniu 2025 roku i udokumentowano drastyczny spadek produkcji IgE w trakcie terapii dupilumabem i po podaniu linvoseltamabu. Opis tego przypadku nie został jeszcze opublikowany w recenzowanym czasopiśmie, ale obecnie trwa rekrutacja małej grupy pacjentów do wczesnej fazy badań klinicznych, które mają przede wszystkim ocenić bezpieczeństwo. Vickery planuje włączyć jednego pacjenta w Emory, gdzie linvoseltamab jest już stosowany w leczeniu nowotworów.

„Nauczymy się czegoś naprawdę ważnego – mówi. – Jeśli chcemy wyleczyć tę chorobę i sprawić, żeby zniknęła, to może być droga do celu. A jeśli się nie uda, dowiemy się, dlaczego i co trzeba poprawić w następnym badaniu."

ALE ISTNIEJE jeszcze inny cel badań nad alergią na orzeszki. Ten ostateczny: zapobieganie, a nie odczulanie czy leczenie. I być może jest on możliwy do osiągnięcia u dzieci rodzących się obecnie – dzięki brytyjskiemu badaniu prowadzonemu od ponad dekady i… pewnej przekąsce.

Na początku XXI wieku Gideon Lack, immunolog z Imperial College London, przyjechał do Tel Awiwu wygłosić wykład o tym, jak alergie pokarmowe rosną na całym świecie. Zapytał izraelskich pediatrów i alergologów, ilu z nich leczyło dzieci z alergią na orzeszki ziemne. Na podstawie brytyjskich doświadczeń spodziewał się lasu rąk. Tymczasem zgłosiło się tylko kilku.

To natychmiast zrodziło pytanie: dlaczego sytuacja w Izraelu i Wielkiej Brytanii tak bardzo się różni? Po powrocie Lack przeprowadził ankietę porównującą częstość alergii w obu krajach. Aby wykluczyć różnice genetyczne, skupił się na dzieciach pochodzenia żydowskiego – około 5 tys. w każdym państwie. Wyniki były jednoznaczne: częstość występowania alergii na orzeszki u dzieci izraelskich była dziesięciokrotnie niższa niż w Wielkiej Brytanii. Dalsze pytania postawione podgrupie dzieci (77 w Wielkiej Brytanii i 99 w Izraelu) wskazały możliwą przyczynę. W Izraelu dzieci jeszcze przed pierwszymi urodzinami często jadły orzeszki – najczęściej w postaci przekąski o nazwie Bamba (coś jak Cheetos, ale oblane masłem orzechowym zamiast serem). Do 14. miesiąca życia prawie 80% izraelskich dzieci zjadało co najmniej kilka gramów białka orzeszków miesięcznie. Tymczasem 80% brytyjskich maluchów nigdy ich nie spróbowało.

W Wielkiej Brytanii było to zrozumiałe – w tamtym czasie zalecenia medyczne (tak samo jak w USA) nakazywały, by dzieci z rodzin alergicznych unikały produktów wywołujących alergie aż do trzeciego roku życia. Lack i jego zespół zaczęli się zastanawiać, czy doświadczenia izraelskie nie pokazują, że to zalecenie, wydane w dobrej intencji, nie było w rzeczywistości błędne.

Przeprowadzono więc nowe badanie. Do udziału zaproszono rodziny niemowląt w wieku od 4 do 10 miesięcy, które miały ciężką egzemę albo objawy alergii na jajka – czyli oznaki, że ich układ odpornościowy już produkuje nadmiar IgE. Dzieci przetestowano pod kątem alergii na orzeszki, a jeśli jej nie miały, dzielono je na dwie grupy. Jedna miała unikać orzeszków aż do piątego roku życia. Druga – przeciwnie – miała je stopniowo wprowadzać, najlepiej w formie Bamby lub masła orzechowego.

Po pięciu latach różnice były ogromne. W grupie unikającej orzeszków 13,7% dzieci rozwinęło alergię. W grupie jedzącej orzeszki wcześnie – tylko 1,9%. To oznaczało 86-procentową różnicę.

W 2015 roku Lack opublikował wyniki badań, pracując już z zespołem głównie z King's College London,

eprasa.pl 20e4b5c7ca

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Wczesne wprowadzenie alergenu „w większości przypadków zapobiega alergii na orzeszki ziemne. Jasno wykazano, że to działa. To właściwe podejście”.

GIDEON LACK, KING'S COLLEGE LONDON

gdzie przeniósł się, by badać alergie dziecięce. To badanie, nazwane LEAP (od Learning Early About Peanut Allergy, wczesne uczenie się o alergii na orzeszki ziemne, a więc odejście od długich akronimów), wywołało prawdziwe trzęsienie ziemi w nauce o alergiach. Anthony Fauci, ówczesny dyrektor NIAID, który współfinansował projekt, powiedział, że ma ono „potencjał, by zmienić sposób, w jaki podchodzimy do zapobiegania alergiom pokarmowym”.

Dwa kolejne badania potwierdziły te ustalenia. W jednym, opublikowanym rok później, dzieci z obu grup badania LEAP poproszono, aby przez cały szósty rok życia nie jadły produktów z orzeszkami. Częstość alergii wzrosła jeszcze bardziej w grupie, która od początku unikała orzeszków, ale u dzieci, które zaczęły jeść je wcześnie, utrzymała się na niskim poziomie.

W trzecim badaniu, opublikowanym w 2024 roku, naukowcy wrócili do uczestników LEAP, którzy mieli już co najmniej 12 lat, aby sprawdzić, czy efekt profilaktyczny się utrzymuje. Utrzymywał się. W grupie, która unikała orzeszków do piątego roku życia, aż 15,4% dzieci miało alergię. W grupie, która wcześnie wprowadziła produkty z orzeszkami, odsetek wynosił jedynie 4,4%. Wczesne wprowadzenie „w przeważającej większości zapobiega alergii na orzeszki ziemne – mówi Lack. – Jasno wykazano, że to działa. To właściwe podejście”. Mimo to wciąż istnieją trudności z wdrożeniem tej metody. Organy zdrowia publicznego nie zalecają już, aby przez pierwsze trzy lata życia unikać żywności potencjalnie alergennej – ale większość krajowych i międzynarodowych wytycznych nadal rekomenduje wyłączne karmienie piersią przez pierwsze sześć miesięcy, a presja kulturowa, by przestrzegać tego okresu, jest ogromna.

W 2019 roku Amerykańska Akademia Pediatrii zrewidowała swoje zalecenia, dopuszczając wprowadzanie potencjalnych alergenów między 4. a 6. miesiącem życia u dzieci z wysokim ryzykiem alergii (np. z objawami atopowego zapalenia skóry). Lack obawia się jednak, że jest to zbyt późna ekspozycja ze względu na potrzeby układu odpornościowego. W badaniu LEAP oraz w niezależnym badaniu z 2016 roku ekspozycję na orzeszki rozpoczęto odpowiednio w wieku 4 i 3 miesięcy. „Aby skutecznie wprowadzić orzeszki czteromiesięcznemu niemowlęciu, trzeba je już wcześniej nauczyć jeść pokarmy stałe – wyjaśnia. – Jeśli zaczniemy rozszerzanie diety w 4. miesiącu, dziecko może zacząć jeść masło orzechowe w znaczących ilościach dopiero w wieku 5–6 miesięcy. A jeśli to niemowlę z egzemą, to już jest za późno”.

Wyzwanie w profilaktyce polega więc dziś nie tyle na samej immunologii, ile na nauce wdrażania. Naukowcy muszą przekonać rodziców i personel medyczny, że wprowadzanie nowych zaleceń jest bezpieczne. Immunolodzy i alergolodzy wiedzą, że wczesne karmienie zapobiega alergiom. Pediatrzy, którzy zajmują się całościowo zdrowiem dziecka, mogą nie być jeszcze w pełni świadomi tej zmiany. „Alergolog nie zobaczy dziecka, które nie ma alergii na orzeszki – zauważa Fulkerson z NIH. – To pediatrzy widzą je jako pierwsi, więc to oni muszą być zaangażowani”.

POMIMO OGROMNYCH POSTĘPÓW w ostatniej dekadzie, naukowców wciąż martwi, że podstawowe zagadnienia dotyczące alergii na orzeszki ziemne pozostają niejasne. Dlaczego w ogóle istnieje? Co ją wywołuje? Co sprawia, że układ odpornościowy nie „wyrasta” z tej nadwrażliwości? – na te pytania nadal nie ma odpowiedzi. Ale zdolność, by je podejmować, rośnie. „To wciąż stosunkowo młoda dziedzina w porównaniu z onkologią czy pulmonologią, które celują w bardzo konkretne szlaki biologiczne i mają precyzyjne terapie – mówi Vickery z Emory. – My jeszcze nie jesteśmy w tym miejscu. Ale czy jest nadzieja, że będziemy? Tak”.

Najnowsze terapie mogą opierać się na nowych technikach. Na University of California w Los Angeles zespół pod kierunkiem Andre Nela opracował lipidową nanocząsteczkę wykorzystującą mRNA – tę samą technikę, którą wykorzystano w szybko opracowanych szczepionkach przeciw COVID-19 w 2020 roku – aby stworzyć fragmenty alergenów orzeszkowych. Fragmenty te są następnie prezentowane odpowiednim komórkom. U myszy terapia osłabiała kaskadę IgE wywołującą anafilaksję.

Ale to trudny czas dla badań biomedycznych, zważywszy na decyzje polityczne Białego Domu i nowo powołanego Departamentu Efektywności Rządowej (DOGE), który anulował znaczną część projektów naukowych prowadzonych przez NIH i National Science Foundation. Walka z alergią na orzeszki może zostać szczególnie mocno zahamowana przez działania administracji Trumpa. Sekretarz zdrowia Robert F. Kennedy Jr. kilkakrotnie publicznie powtarzał niepoparte dowodami twierdzenie, że alergie na orzeszki ziemne są spowodowane szczepieniami w dzieciństwie. Wcześniej w tym roku „alergie na orzeszki” znalazły się na liście tematów, których dotyczą dodatkowe kontrole w NIH.

Mimo możliwej ingerencji politycznej przyszłość wydaje się obiecująca dla pacjentów takich jak Anabelle Terry. Dorastając, korzysta ze zdobyczy nauki, która obniżyła ryzyko związane z alergią i nadal się rozwija. Już teraz jakość życia Anabelle się poprawiła. Nauka może sprawić, że któregoś dnia zagrożenie zniknie całkowicie. „Kiedy jestem na letnim obozie, zawsze podczas posiłków muszę się na chwilę oddalić, żeby sięgnąć po swoje fistaszki, po to, by nie narazić innych dzieci, które mogą być na nie uczulone – mówi. – Na wakacje zawsze zabieram wielką torbę orzeszków do plecaka. Fajnie byłoby móc po prostu wpaść na mały zabieg i dostać zastrzyk. To zdjęłoby ze mnie ogromny ciężar”. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Nadwrażliwość [Zdrowie]. Ellen Ruppel Shell; grudzień 2015.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

eprasa.pl 20e4b5c7ca

eprasa.pt/20e4-5c7ca

SCI AM 180

Na odwrót

Naukowe odkrycia rzadko wyglądają tak dramatycznie, jak w filmach, gdy zbuntowany naukowiec wykrzykuje: „Wszystko, co dotychczas braliśmy za prawdę, jest błędne!” Nie brakuje też osób, które próbują wybiórczo interpretować nowe dowody i podważać naukowy konsens w imię polityki czy własnych interesów. A jednak prawdziwe zwroty się zdarzają – podobnie jak nagłe skręty, zygzaki i inne korekty kursu w nauce. Z okazji 180-lecia „Scientific American” postanowiliśmy przyjrzeć się fascynującym przykładom tego, co się dzieje, gdy fundamentalne, wydawałoby się nie do podważenia założenia są wystawiane na próbę.

ILUSTRACJE SAM FALCONER

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Punkty zwrotne

Gdy naukowcy zmieniają poglądy o 180 stopni, dzieje się to najczęściej z dwóch konkretnych powodów

Charles C. Mann

JEŚLI MIAŁBY ISTNIEĆ PUNKT POCZĄTKOWY Ery Naukowych Przewrotów, to mógłby być nim 1887 rok, w którym Albert A. Michelson i Edward W. Morley przeprowadzili najsłynniejszy nieudany eksperyment fizyczny na świecie*

Przez ponad dwa stulecia badacze zakładali, że światło jest pewnym rodzajem fali, która rozchodzi się w niewyobrażalnym medium przenikającym wszystko, nawet przestrzeń między atomami. Nigdy jednak nie udało się wykryć żadnych dowodów na istnienie tej wszechobecnej substancji – eteru, jak ją nazywano. Mimo to większość uczonych była głęboko przekonana, że eter musi istnieć. Jak bowiem fala mogłaby się rozchodzić, gdyby nie miała w czym? Pracując w Cleveland w stanie Ohio, Michelson i Morley postanowili zmierzyć efekty istnienia eteru, wykorzystując do tego jedne z najbardziej czułych urządzeń, jakie kiedykolwiek skonstruowano. Ku swojemu zdumieniu nie znaleźli jednak żadnego jego śladu.

Zaskoczeni i zniechęceni porzucili plany dalszych badań. Jeszcze bardziej przygnębieni byli inni fizycy. Wielki teoretyk Hendrik Lorentz przyznał, że wyniki eksperymentu „całkowicie go zdezorientowały".

A jednak w rzeczywistości nie prowadziły one donikąd. Testy Michelsona-Morleya otworzyły drogę do niezwykłego intelektualnego zwrotu o 180° i wielkiego skoku naprzód w fizyce. Naukowcy wierzyli, że eter zapewnia stałe tło – uniwersalny punkt odniesienia dla wszystkich ciał niebieskich. Odkrycie, że przestrzeń kosmiczna jest w istocie pozbawioną cech próżnią, wynikające z badań Michelsona i Morleya, oznaczało, że obiekty można lokalizować wyłącznie względem siebie nawzajem. To zaś stało się punktem wyjścia do jeszcze

eprasa.pl 20e4b5c7ca

większego zwrotu: szczególnej i ogólnej teorii względności Alberta Einsteina, które wywróciły do góry nogami wcześniejsze pojęcia grawitacji, łącząc przestrzeń i czas w jedną strukturę zakrzywianą przez masę i energię.

Albo... albo może Era Naukowych Przewrotów zaczęła się już w 1860 roku, gdy chemik i mikrobiolog Louis Pasteur przedstawił pierwsze sprawozdanie ze swoich badań nad fermentacją, dowodząc, że wywołują ją mikroorganizmy, a nie samorzutne reakcje chemiczne, jak głosiła obowiązująca teoria. Praca Pasteura doprowadziła do zaciętej bitwy intelektualnej i ostatecznego triumfu teorii zarazków, która obaliła wcześniejsze wyobrażenia o chorobach zakaźnych.

Takie kolejne wolty zrodziły popularną wizję postępu naukowego jako serii przewrotów, w których outsiderzy i buntownicy odrzucają skostniałe poglądy przeszłości. W wielu powieściach czy filmach rewolucyjni myśliciele (albo raczej aspirujący rewolucjoniści) są wyśmiewani przez konserwatywnych kolegów, lecz w końcu triumfują.

Tyle że nauka tak nie działa. A raczej: działa w ten sposób tylko w dwóch szczególnych i dość rzadkich przypadkach.

Pierwszy to moment, gdy dana dyscyplina dopiero się rodzi, mało naukowców się nią zajmuje i dopiero opracowuje narzędzia, które mogą pozwolić na rzetelne przetestowanie początkowych założeń – tak było w przypadku eksperymentu Michelsona-Morleya czy badań Pasteura nad fermentacją. Druga, być może istotniejsza sytuacja, to ta, w której odkrycia naukowe budzą tak wielkie zainteresowanie opinii publicznej, że stają się sprawą polityczną. Współczesne przykłady, jak spór o to, czy kobiety poniżej 50. roku życia powinny rutynowo przechodzić badania mammograficzne, regularnie trafiają na czołówki gazet. Jednak kwestie polityczne wpływały na naukę w USA co najmniej od XIX wieku, kiedy to państwo próbowało przesiedlać imigrantów na zachód, za Missisipi, na ziemie, o których nie było wiadomo, czy nadają się do zamieszkania.

OBRAZ NAUKOWYCH BUNTOWNIKÓW, zmuszających innych badaczy do zmiany poglądów, został skodyfikowany w książce filozofa Thomasa Kuhna z 1962 roku *The Structure of Scientific Revolutions* (*Struktura rewolucji naukowych*, I wydanie PWN 1968, II wydanie Wydawnicto Fundacji Aletheia). Kuhn twierdził, że istnieją okresy „normalnej nauki", w których badacze dzielą wspólny konsens – czyli paradygmat – dotyczący funkcjonowania natury. Potem jednak nowa teoria czy eksperyment burzy ten paradygmat. Zwolennicy starego poglądu bronią się zaciekle, lecz ostatecznie ich idee zostają odrzucone. Z odwrócenia rodzi się nowy paradygmat, który prędzej czy później również zostaje obalony.

Struktura była prawdziwą bombą intelektualną. To najlepiej sprzedająca się i najczęściej cytowana praca z historii nauki, jedna z nielicznych rozpraw akademickich, które wyszły poza sale wykładowe i wpłynęły na kulturę popularną. Od czasu jej publikacji historie o „rewolucyjnych" badaniach, które „obalają wszystko, w co dotychczas wierzyliśmy", stały się stałym elementem dziennikarskich publikacji, filmów i kanałów na YouTube. Zabawną stronę tego schematu przedstawił Robert Zemeckis w filmie *Powrót do przyszłości* (1985), w którym niekonwencjonalne pomysły, dotyczące podróży w czasie, wynalazcy doktora Emmetta Lathropa Browna sprawiają, że koledzy biorą go za szaleńca. Ciemniejszą reprezentują postacie takie, jak skompromitowany badacz antyszczepionkowy Andrew Wakefield czy negujący teorię zarazków pisarz Mike Stone, którzy twierdzą, że ich odkrycia są negowane przez naukowy establishment w imię zysku i ideologii politycznej.

Rzeczywistość jest jednak bliższa temu, co wydarzyło się z Michelsonem i Morleyem. Fizyka jako dziedzina wiedzy istniała co najmniej od czasów greckiego uczonego Talesa z Miletu (ok. 625–545 p.n.e.). Ale jako profesjonalna dyscyplina – uprawiana przez dyplomowanych profesorów w wyspecjalizowanych laboratoriach i stowarzyszeniach naukowych – dopiero raczkowała, gdy dwaj uczeni szukali eteru. Pierwsze wyspecjalizowane towarzystwo fizyczne w Wielkiej Brytanii, Physical Society of London, powstało zaledwie 13 lat wcześniej.

W tamtych latach fizycy ponownie badali idee sięgające często starożytności (jak koncepcja eteru Arystotelesa), których nigdy wcześniej nie sprawdzano za pomocą nowoczesnych narzędzi. Michelson i Morley odbijali światło od 16 specjalnie przygotowanych luster, których pozycje trzeba było kalibrować z taką precyzją, że musieli własnoręcznie wykonać śruby kalibracyjne z gwintem 100 zwojów na cal – narzędzia niemożliwe do wykonania w czasach Talesa czy nawet Isaaca Newtona. Skoro tak wiele podstawowych założeń fizyki nigdy nie zostało starannie przetestowanych, dziś wydaje się niemal nieuniknione, że część z nich musiała upaść przy pierwszej poważnej próbie.

Weźmy na przykład wielowiekowe przekonanie, że Wszechświat zachowuje parzystość – czyli że lustrzane odbicie dowolnego procesu fizycznego jest identyczne z jego oryginałem, tyle że odwrócone stronami. W świecie, w którym żyjemy, jest to oczywiście prawda: jeśli uderzymy bilą w inną bilę, efekt będzie taki sam bez względu na kierunek, z którego bila uderza. Ale w świecie kwantowym sprawy wyglądają znacznie mniej oczywiście.

W 1956 roku fizycy Chen Ning Yang z Princeton University i Tsung-Dao Lee z Columbia University zastanawiali się, czy ktokolwiek udowodnił, że parytet zachowuje się również w świecie kwantowym – i odkryli, że nikt nie sprawdził jądrowego oddziaływania słabego, odpowiedzialnego za rozpad promieniotwórczy. Pierwszy zespół badawczy, który przyjrzał się słabym oddziaływaniom, kierowany przez Chien-Shiung Wu z Columbia University, odkrył, że oddziaływanie to łamie zasadę zachowania

eprasa.pl 20e4b5c7ca

parzystości. Zdumiony Yang wysłał telegram do fizyka J. Roberta Oppenheimera o eksperymencie Wu. „Przeszedłem przez drzwi" – odpisał wstrząśnięty Oppenheimer.

Lee i Yang otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 1957 roku za rozpoczęcie zwrotu w badaniach nad parytetem. Ale można powiedzieć, że był to ostatni raz, gdy fizyka cząstek elementarnych przeszła tak radykalną rewolucję. Owszem, od tego czasu dziedzina ta odnotowała niezwykłe odkrycia – kwarki i gluony, oscylacje neutrin, fale grawitacyjne i wiele innych. Ale były to odkrycia nowych zjawisk, a nie obalenie wcześniejszych przekonań.

Brak takich „zwrotów o 180°" częściowo wynika z tego, że dyscypliny naukowe z czasem się ugruntowują. Patrząc z perspektywy, trudno się dziwić, że pierwszy eksperyment, który dokładnie badał eter, nie znalazł jego śladów. Natomiast byłoby ogromnym zaskoczeniem, gdyby po dziesięcioleciach eksperymentalnych potwierdzeń zasada nieoznaczoności Heisenberga okazała się fałszywa albo gdyby udowodniono, że kwarki nie istnieją. Dodatkowo, w miarę jak dyscypliny się starzeją i rozrastają, naturalnie wchłaniają osoby reprezentujące poglądy mniejszościowe. Zamiast więc wykonywać pełen zwrot, cała dziedzina raczej przesuwa się i dostosowuje, aż te mniejszościowe idee zostają akceptowane przez większość.

W fizyce cząstek teoria znana jako teoria macierzy rozproszenia S (S-matrix, scattering matrix) dominowała w latach 50. i 60., ale zawsze byli sceptycy. Gdy eksperymenty zaczęły wskazywać na alternatywną teorię kwantowego pola i model kwarkowy, dziedzina przesunęła się – ale nie był to całkowity zwrot, bo fizycy będący zwolennikami teorii pola pracowali nad swoimi pomysłami od dawna. A teoria macierzy S nie zniknęła – przekształciła się w teorię strun, która zajmuje się innymi pytaniami i wciąż ma znaczenie.

Podobnie w dziedzinie sztucznej inteligencji jedną z pierwszych koncepcji był perceptron – system obliczeniowy, o którym badacze SI z lat 60. [pojęcie perceptronu wprowadził Frank Rosenblatt w 1958 roku – przyp. red.] twierdzili, że dorówna ludzkiej inteligencji, a ostatecznie doprowadzi do maszyn świadomych. Opublikowano tysiące artykułów rozwijających koncepcję perceptronów – i nagle, w 1969 roku, ten entuzjazm zgasł, gdy informatyk Marvin Minsky przeprowadził drobiazgową analizę w stylu eksperymentu Michelsona-Morleya. Minsky wskazał podstawowe zadania, których perceptrony nigdy nie mogłyby wykonać, na przykład odróżnić liczb parzystych od nieparzystych. Wraz z tym zawstydzającym odkryciem przedsięwzięcie niemal natychmiast obróciło się w popiół. Ale nie zniknęło. W miarę jak badania nad SI powoli się rozwijały, perceptrony przekształciły się w sieci neuronowe, które z kolei odegrały kluczową rolę w rozwoju współczesnej sztucznej inteligencji opartej na „dużych modelach językowych".

Młode dziedziny potrafią przechodzić jeszcze dramatyczniejsze zwroty. Prace Pasteura nad rolą mikroorganizmów w chorobach zakaźnych dały początek nowoczesnej mikrobiologii – i obaliły wiele wcześniejszych przekonań medycznych. Niemiecki badacz Robert Koch, często uznawany za współtwórcę mikrobiologii, odkrył potem drobnoustroje wywołujące wąglika, cholerę i gruźlicę. Wszystkie te odkrycia obaliły wcześniejsze idee. Na przykład w Niemczech, skąd pochodził Koch, wielu ludzi wierzyło, że gruźlica jest chorobą dziedziczną przekazywaną w rodzinach, aż do 1882 roku, gdy naukowiec wykazał, że odpowiada za nią bakteria *Mycobacterium tuberculosis*.

Te naukowe przewroty nie zawsze miały po jednej stronie rewolucjonistów, a po drugiej tradycjonalistów, jak można by się spodziewać. Francuski badacz wojskowy Charles Laveran w 1890 roku zauważył mikroskopijne organizmy w krwi chorych na malarię. Od czasów starożytnej Grecji lekarze wierzyli, że malaria jest wywoływana przez „miazmaty" – zanieczyszczone powietrze unoszące się znad gnijącej materii. (Nazwa choroby pochodzi od włoskiego *mala aria* – złe powietrze). Laveran ogłosił jednak, że malarię wywołują pierwotniaki. Dziś wiadomo, że chodzi o kilka gatunków z rodzaju *Plasmodium*.

Najzagorzalszymi krytykami Laverana nie byli jednak zwolennicy teorii miazmatów, lecz uczniowie Pasteura, którzy – trzymając się paradygmatu— upierali się, że choroby zakaźne powodują bakterie, w tym przypadku unoszące się we mgle. Czołowy francuski autorytet w badaniach nad malarią drwił z Laverana, podobnie jak Koch. W odpowiedzi Laveran wysunął hipotezę, że *Plasmodium* przenoszą komary, a nie mgła. I to również odrzucono. Ale ostatecznie Laveran miał rację, a w ciągu dekady naukowcy znów musieli dokonać zwrotu o 180°.

Podobnie jak fizyka cząstek, mikrobiologia Pasteura i Kocha rozrosła się w ogromną dyscyplinę z tysiącami badaczy, licznymi subdyscyplinami – i coraz mniejszą liczbą rewolucyjnych przewrotów. Dziś Międzynarodowa Unia Towarzystw Mikrobiologicznych zrzesza 57 organizacji z 44 krajów; Włochy, od dawna centrum tego rodzaju badań, mają sześć własnych towarzystw naukowych. Na doroczne spotkanie Amerykańskiego Towarzystwa Wirusologii w USA w ubiegłym roku przyjechało ponad 2000 uczestników.

W samym centrum mapy regionu „drenowanego przez Missisipi" umieszczono wielki napis: WIELKA AMERYKAŃSKA PUSTYNIA.

JEST JESZCZE POLITYCZNY WPŁYW na naukowe zwroty. W USA polityka i nauka zderzyły się zaraz po 1803 roku, kiedy Amerykanie kupili od Francuzów Luizjanę. [Luizjana, nazwana na cześć Ludwika XIV, była ogromnym obszarem, wielokrotnie większym od dzisiejszego stanu o tej samej nazwie, sięgającym od Nowego Orleanu aż do obecnej granicy Kanady, ograniczonym od wschodu rzeką Missisipi, a od zachodu pasmem Gór Skalistych, stanowiąc około 25% powierzchni dzisiejszych Stanów Zjednoczonych. W momencie zakupu Francuzi kontrolowali jedynie Nowy Orlean i deltę Missisipi. Rdzenni mieszkańcy pozostałego obszaru nawet nie wiedzieli, że są francuskimi poddanymi.] Rząd Stanów Zjednoczonych wiedział tak niewiele o swoim nowym terytorium, że wysłał aż cztery ekspedycje, by je zbadać. Jedna, prowadzona przez oficerów armii Meriwethera Lewisa i Williama Clarka, przeszła przez kontynent północną trasą i zapisała się w historii jako wielki sukces. Trzy pozostałe wyprawy udały się na południowe równiny i zostały odparte przez oddziały hiszpańskie oraz rdzennych mieszkańców. Dopiero w 1818 roku USA podjęły kolejną próbę, wysyłając ekspedycję pod wodzą inżyniera wojskowego Stephena H. Longa.

Long nie wiedział, że południowe równiny przechodziły wówczas wieloletnią suszę.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Podczas badań nad rzekami Platte i Red jego zespół niemal umarł z głodu. Nic dziwnego, że raport z wyprawy przedstawiał południowe równiny jako „miejsce beznadziejnie jałowe i nie do odzyskania". Ziemia była „niemal całkowicie nieodpowiednia do uprawy, a więc i do zamieszkania przez ludzi utrzymujących się z rolnictwa". W samym centrum mapy regionu „drenowanego przez Missisipi" umieszczono wielki napis: WIELKA AMERYKAŃSKA PUSTYNIA.

Dziś wiemy, że na centralnych i południowych równinach długoterminowe przepływy atmosferyczne z Pacyfiku (np. El Niño–Southern Oscillation) i z Atlantyku (North Atlantic Oscillation) mieszają się z ciepłymi, wilgotnymi prądami z Zatoki Meksykańskiej oraz zimnym, suchym powietrzem z arktycznego prądu strumieniowego. Zderzają się one w sposób nieprzewidywalny, wywołując tornada, zamiecie śnieżne, gwałtowne burze gradowe, ekstremalne fale upałów i, co szczególnie istotne, długotrwałe susze – najbardziej znanym przykładem jest Dust Bowl z lat 30.

Można by sobie wyobrazić, że raport Longa zostałby następnie poddany kolejnym badaniom – niektóre potwierdzałyby jego wnioski, inne im przeczyły. Zapewne w wyniku takich dyskusji stopniowo ujawniłoby się, że jego przekonanie o trwałej suchości regionu było błędne, ponieważ okresy suche i wilgotne występowały w nieregularnych cyklach. Jednak tak się nie stało, gdyż politycy i wpływowi przedstawiciele biznesu, zwłaszcza nowo powstałych kolei, chcieli, aby imigranci osiedlali się na równinach, zakładając rolnicze wspólnoty, które zarówno produkowałyby, jak i kupowały towary oraz plony. A te oczywiście przewożone byłyby pociągami.

Dlatego krytycy nie tylko podważali istnienie Wielkiej Amerykańskiej Pustyni, lecz także twierdzili, że ilość opadów w regionie rośnie – dzięki uprawie ziemi. W swojej książce z 1880 roku *Sketches of the Physical Geography and Geology of Nebraska* naukowiec z University Nebraska Samuel Aughey tłumaczył, że przed przybyciem Europejczyków prerię „smagały żywioły i deptały miliony bizonów", które ubijały glebę tak mocno, że nie mogła wchłaniać wody. Natomiast dzięki pługom osadników rozbijającym twardą skorupę „deszcz wsiąka w ziemię jak w ogromną gąbkę". Więcej wody zatrzymanej w glebie oznacza więcej parowania, co „musi prowadzić do wzrostu wilgotności i opadów". Zrodziło się hasło: „Deszcz podąża za pługiem".

Badacze kierowani przez geologa Johna Wesleya Powella, dyrektora U.S. Geological Survey, odpowiadali, że region jest zbyt podatny na susze, aby utrzymać rolnictwo. Ówczesne autorytety w dziedzinie pastwisk drwiły z pomysłu, że przedkolonialne trawy nie mogły zatrzymywać wody. Jednak ich twierdzenia tonęły pod naporem ulotek, broszur i reklam kolejowych, które wychwalały Wielką Amerykańską Pustynię Longa jako Wielki Amerykański Ogród. Kiedy w latach 90. XIX wieku region dotknęła kilkuletnia susza, był to szok – całkowite odwrócenie oczekiwań migrantów, którzy zaufali opisom zarządców kolei. Masowo opuszczali oni te tereny. Gdy deszcze powróciły, napłynęła nowa fala osadników. A kiedy nadeszła Dust Bowl w latach 30., była dla nich równie szokującym zwrotem, jak wcześniejsza susza dla ich poprzedników.

SPÓR O KLIMAT na równinach był wczesnym przykładem coraz częściej spotykanego zjawiska: rozbieżności między powolnym, stopniowym rozwojem wiedzy naukowej a natychmiastowymi, krótkoterminowymi imperatywami polityki i gospodarki, które prowadzą do tego, że zmiany naukowych ustaleń wydają się gwałtownymi i dramatycznymi zwrotami.

Przykłady mamy niemal na wyciągnięcie ręki, jak w przypadku pandemii COVID-u. Na początku epidemii, w marcu 2020 roku, Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) oświadczyła, że COVID nie przenosi się drogą powietrzną – ludzie zarażają się wirusem SARS-CoV-2 przez kontakt z zakażoną powierzchnią. („FACT – tweetowała agencja – #COVID19 NIE JEST chorobą przenoszoną drogą powietrzną"). Inne instytucje zdrowia publicznego poszły w jej ślady. Specjaliści od zanieczyszczeń powietrza, w tym pracujący w tych instytucjach, byli zdumieni tymi twierdzeniami. W ich dziedzinie było wiadomo, że nawet duże cząstki sadzy mogą przenosić się w powietrzu na wiele kilometrów.

Lidia Morawska [polska fizyczka, córka Zofii i żeglarza Henryka Jaskuły; w 2021 roku magazyn „Time" umieścił ją na swojej corocznie publikowanej liście 100 najbardziej wpływowych ludzi świata – przy. red.], specjalistka od aerozoli z Queensland University of Technology w Brisbane (Australia), stanęła na czele grupy badaczy aerozoli i specjalistów od wentylacji, którzy już w kwietniu – kilka dni po tweecie „FACT" – skontaktowali się z WHO. Organizacja odrzuciła jednak ich dowody jako słabe i w sierpniu 2020 roku nadal utrzymywała, że „SARS-CoV-2 nie rozprzestrzenia się drogą powietrzną w istotnym zakresie".

Częściowo niechęć WHO była spuścizną dawnej walki z teorią miazmy. Wysiłek na rzecz eliminacji strachu przed „złym powietrzem" sprawił, że mikrobiolodzy przyjęli za pewnik, iż niemal wszystkie patogeny zakaźne przenoszą się przez „kropelki". Kropelki wydostają się z ust i nosa chorego, gdy kaszle, krzyczy, śpiewa czy kicha. Cząsteczki te osiadają następnie bezpośrednio na innych ludziach lub na pobliskich powierzchniach, których ktoś później dotyka. W definicji kropelek tkwiło założenie, że ich stosunkowo duży rozmiar ogranicza zdolność do przemieszczania się na większe odległości. Dlatego WHO koncentrowała się na myciu powierzchni i rąk w celu powstrzymania transmisji wirusa.

Transmisję aerozolową – czyli sytuację, gdy mniejszy patogen przemieszcza się dalej w chmurze pary – uważano za zjawisko występujące tylko w przypadku kilku dobrze znanych chorób, głównie gruźlicy i odry. WHO uparcie trzymała się swojego paradygmatu mimo lawiny doniesień o transmisji aerozolowej. Po pewnym czasie zaczęła przyznawać, że taka droga zakażenia jest możliwa: w lipcu 2020 roku, że w „zatłoczonych i niewystarczająco wentylowanych [wewnętrznych] przestrzeniach", w kwietniu 2021 roku, że wirus może przemieszczać się w powietrzu „na odległość większą niż 1 metr w określonych warunkach", a ostatecznie w grudniu 2021 roku, że transmisja „drogą powietrzną" może występować w niektórych miejscach – co przyjęto jako dawno spóźniony zwrot o 180°.

Ten zwrot był kuhnowski w tym sensie, że paradygmat naukowy WHO został obalony po okresie oporu. Jednak naukowcy, którzy odrzucali wyniki eksperymentu Michelsona-Morleya, kierowali się głównie przywiązaniem do ortodoksji naukowej, podczas gdy badacze WHO reagowali również na silnie upolitycznione otoczenie. Agencje takie, jak WHO, mają dostarczać wskazówek, na których podstawie inni podejmują działania. Pod presją swoich interesariuszy, domagających się stanowczości, często okopują się na pozycjach w kwestiach, które są jeszcze słabo poznane. To, co w innych okolicznościach byłoby zwyczajną wymianą argumentów w procesie badawczym, staje się serią dramatycznych, nagłówkowych „zwrotów".

BYĆ MOŻE NIC nie ilustruje lepiej tego rodzaju politycznie wywołanego zwrotu niż trwająca pół wieku kontrowersja wokół mammografii u kobiet w wieku od 40 do 50 lat. W 1972 roku Narodowy Instytut Raka (NCI) uruchomił Projekt

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Demonstracyjny Wykrywania Raka Piersi (Breast Cancer Detection Demonstration Project, BCDDP), aby sprawdzić długoterminowy wpływ i praktyczność masowej mammografii. Początkowo organizatorzy nie uwzględnili kobiet mających mniej niż 50 lat, ponieważ chorują one stosunkowo rzadko, a ich gęstsza tkanka piersiowa jest trudniejsza do dokładnego prześwietlenia. Jednak kobiety z tej grupy wiekowej głośno domagały się włączenia i ostatecznie stanowiły prawie połowę uczestniczek badania.

Opublikowane w 1987 roku dane z projektu pokazały, że mammografia ogólnie wykrywała więcej guzów piersi, niż mogłoby zostać wykrytych w inny sposób. Autorzy badania stwierdzili, że badania przesiewowe nie powodowały nadmiernej liczby fałszywych alarmów, które mogłyby prowadzić do niepotrzebnych biopsji i operacji.

NCI i prawie 20 innych organizacji medycznych, w tym grupy aktywistyczne, spotkało się, aby ustalić wytyczne dotyczące mammografii. Reanaliza innego, wcześniejszego i mniejszego badania – Health Insurance Program of Greater New York – również wykazała pozytywny efekt mammografii u młodszych kobiet, choć niewielki i ujawniający się dopiero po wielu latach. Połączone wyniki doprowadziły w 1988 roku do wydania ogólnokrajowych zaleceń, by kobiety rozpoczynały badania przesiewowe od 40. roku życia – a kampanie reklamowe grup rzeczniczych dodatkowo do tego przekonywały.

Jednak cztery lata później National Breast Cancer Screening Study – pierwsze randomizowane badanie kliniczne zaprojektowane specjalnie w celu zbadania skuteczności mammografii u kobiet poniżej 50 lat – opublikowało wynik sprzeczny: badania młodszych kobiet nie dawały korzyści. Duże badania randomizowane uznaje się zazwyczaj za najlepszą metodę oceny skuteczności terapii medycznych. Niemniej to badanie spotkało się z gwałtowną krytyką ze strony organizacji pacjenckich, klinicystów i radiologów, którzy twierdzili, że musiało zostać źle przeprowadzone.

Co dziwne, po spotkaniu zorganizowanym przez NCI, po którym stwierdzono, że „nie odnotowano redukcji śmiertelności z powodu raka piersi, którą można przypisać badaniom przesiewowym", instytut jednocześnie podtrzymał swoje rekomendacje wczesnego rozpoczynania badań. Powoływał się na niejasne korzyści „inferencyjne".

Zaniepokojony faktem, że ogólnokrajowe zalecenia opierają się na dowodach niskiej jakości, Samuel Broder, ówczesny dyrektor NCI, zaproponował odejście od wytycznych z 1988 roku. Jego zdaniem potencjalne korzyści (wcześniejsze wykrycie kilku stosunkowo rzadkich nowotworów) były mniejsze niż potencjalne szkody (fałszywe alarmy, które przerażają i traumatyzują kobiety oraz prowadzą do bolesnych, niepotrzebnych operacji).

The National Cancer Advisory Board (Krajowa Rada Doradcza ds. Raka, 18-osobowy organ NCI złożony z urzędników federalnych, stowarzyszeń onkologicznych i badaczy raka) poprosiła Brodera, aby nie wycofywał się od razu. On i NCI pozostali jednak przy swoim stanowisku. Wówczas wybuchła w Kongresie burza, a jego członkowie oskarżali instytut o bezduszność i seksizm.

American Cancer Society, American College of Radiology i inne organizacje medyczne przyznały, że nie ma mocnych danych wspierających mammografię poniżej 50. roku życia. Ale uważały, że trzeba coś zrobić, by odpowiedzieć na strach kobiet przed rakiem piersi – który same wcześniej podsycały kampaniami promującymi mammografię i samobadanie piersi.

Obie strony trwały w impasie aż do 1997 roku, kiedy NCI zwołał konferencję, by spróbować rozwiązać problem. Uznano, że „dane obecnie dostępne" nie wspierają zasadności badań przesiewowych poniżej 50. roku życia. Jednak oczekiwany konsens się rozpadł, gdy krytycy – na przykład dyrektor ośrodka mammografii w prywatnej klinice w Nowym Meksyku – uznali raport NCI za „równoznaczny z wyrokiem śmierci dla tysięcy kobiet po czterdziestce". Kongres przegłosował stosunkiem 98–0 nakazanie NCI wspierania badań młodszych kobiet. Instytut ustąpił. Dołączyło do niego American Cancer Society, oświadczając, że mammografia dla czterdziestolatek jest „korzystna i uzasadniona obecnymi dowodami".

Niewiele z tej kontrowersji było widoczne w gabinetach lekarskich, gdzie pacjentkom mówiono, że badania od 40. roku życia ratują życie. To samo powtarzały grupy rzecznicze. Dlatego wiele kobiet było w szoku, gdy w 2009 roku w prasie ukazały się nagłówki, że U.S. Preventive Services Task Force (USPSTF) – niezależny i wpływowy organ doradczy Departamentu Zdrowia i Opieki Społecznej – ogłosił coś przeciwnego. Według raportu, by uratować jedno życie, trzeba przebadać niemal 2000 kobiet. Pozostałe ponad 1900 są narażone na ryzyko niepotrzebnych napromienienia i operacji.

Administracja Obamy potępiła USPSTF. Zespół złagodził swoje stanowisko, zalecając kobietom konsultacje z lekarzami – co było kompromitującym odejściem od jego misji, jaką powinna być ocena dowodów w całej dziedzinie, a nie zdawanie się na opinie poszczególnych lekarzy. Kongres uchwalił ustawę nakazującą HHS ignorowanie „aktualnych rekomendacji USPSTF dotyczących badań przesiewowych w kierunku raka piersi".

A POTEM, w 2024 roku, nastąpił faktyczny zwrot. USPSTF wydał kolejne rekomendacje – tym razem popierające rutynowe mammografie u kobiet po czterdziestce.

Przez cały ten czas dane zmieniały się niewiele. Z podsumowania wyników ośmiu dużych badań randomizowanych dotyczących mammografii u kobiet w wieku poniżej 50 lat wynikło, że testy przynoszą bardzo duże, konkretne korzyści niewielkiej liczbie kobiet i wiążą się z kosztami dla znacznie większej grupy. Jednak blask medialnych reflektorów przekształcił niespieszną, typową debatę naukową w wielką kontrowersję, która zakończyła się gwałtownym zwrotem o 180°.

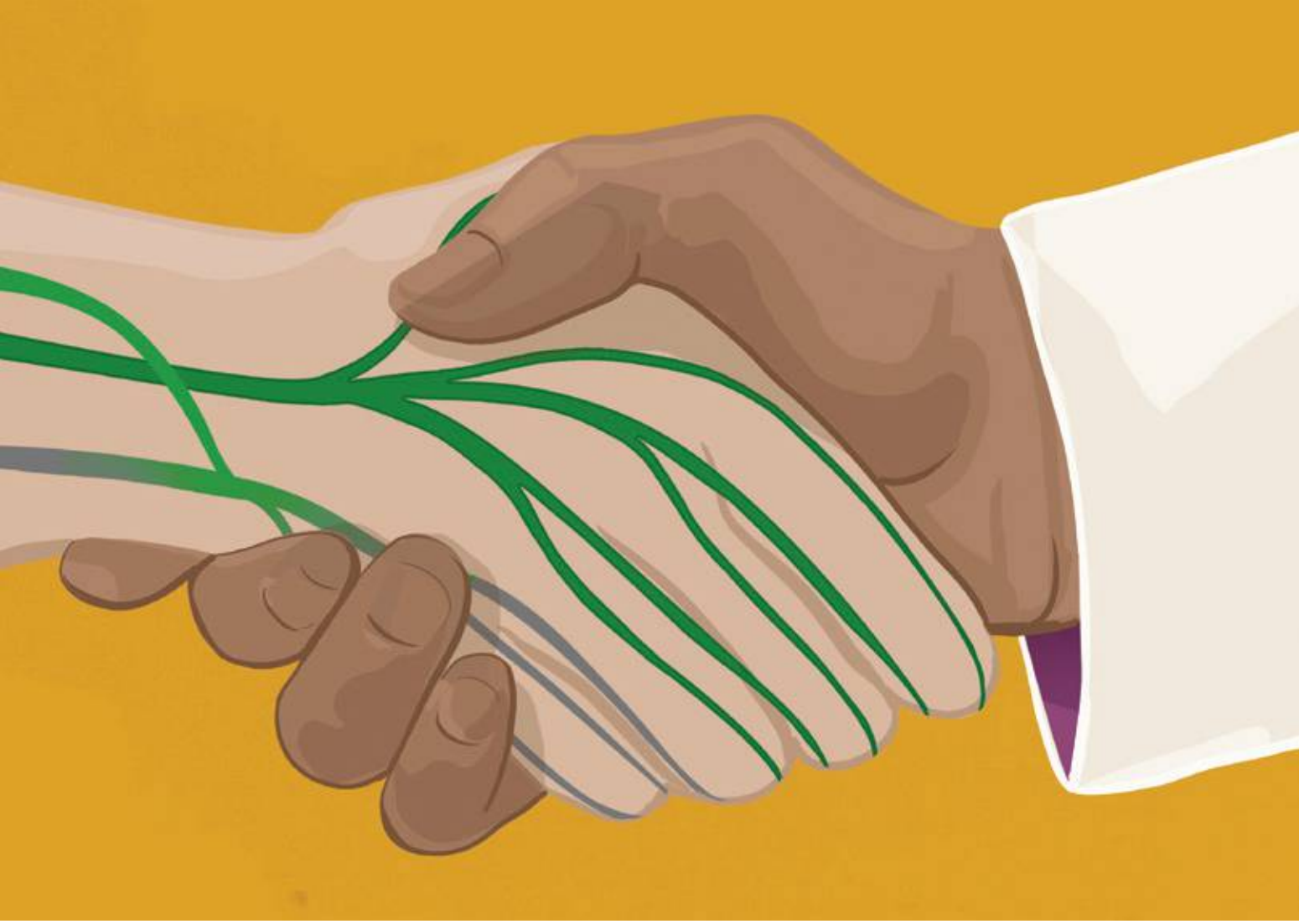
Ten rodzaj politycznie motywowanych zwrotów nie wydaje się zanikać. Potencjalne przyszłe przykłady mogą dotyczyć przyczyn i leczenia otyłości czy choroby Alzheimera. Wszystkie te tematy są przedmiotem intensywnego lobbingu zarówno grup komercyjnych, jak i organizacji interesu publicznego.

A jeśli chodzi o zwroty w dziedzinach, gdzie idee naukowe konkurują w dyscyplinach pozbawionych odpowiednich narzędzi badawczych – któż to wie? Wskazówki mogą nadejść z kosmologii, gdzie wielkie koncepcje dotyczące natury Wszechświata rywalizują o pierwszeństwo. Teorie te ogranicza trudność w gromadzeniu danych, ale nadal są napędzane przez naukowców poszukujących dreszczyku emocji, jaki daje wywołanie kolejnego naukowego zwrotu. ■

Charles C. Mann jest amerykańskim dziennikarzem i pisarzem popularnonaukowym; jego ostatnia książka nosi tytuł *The Wizard and the Prophet* (Picador, 2018). W Polsce nakładem Domu Wydawniczego Rebis ukazały się dwie jego książki *1491 Ameryka przed Kolumbem* i *1483 Świat po Kolumbie*. Pierwsza z nich zdobyła National Academy of Sciences' Keck Award dla najlepszej książki 2006 roku.

* Jako polska redakcja czujemy się w obowiązku zaznaczyć, że za początek ery naukowych przewrotów należałoby raczej uznać przewrót kopernikański. Autor o nim nie wspomina zapewne dlatego, że esej powstał w związku ze 180. rocznicą powstania „Scientific American", ograniczył się więc do ostatnich 180 lat – przyp. red.

eprasa.pl 20e4b5c7ca



Nerwy się regenerują

Neurony, niegdyś uważane za nieodnawialne, mogą odrastać – nawet w mózgu **Diana Kwon**

MILIARDY KOMÓREK NERWOWYCH przesyłają sygnały w całym naszym ciele, działając jak przewody, dzięki którym mózg wykonuje swoje podstawowe funkcje. Przez tysiąclecia lekarze sądzili, że uszkodzenia nerwów są nieodwracalne. W starożytnej Grecji twórcy medycyny, tacy jak Hipokrates i Galen, odmawiali operowania uszkodzonych nerwów w obawie przed wywołaniem bólu, drgawek, a nawet śmierci

Dogmat pozostawał względnie niezmienny aż do ostatnich dwóch stuleci, kiedy to chirurdzy i naukowcy zaczęli znajdować dowody na to, że neurony w ciele i mózgu mogą się po urazie regenerować, a także że nowe komórki nerwowe mogą powstawać przez całe życie. W ostatnich dekadach ta wiedza stała się inspiracją do opracowania obiecujących terapii urazów nerwów i skłoniła badaczy do poszukiwań metod interwencji w chorobach neurodegeneracyjnych.

U ludzi i innych kręgowców układ nerwowy dzieli się na dwie części: ośrodkowy (centralny) układ nerwowy (CUN), który obejmuje mózg i rdzeń kręgowy, oraz obwodowy układ nerwowy (OUN), który łączy mózg z resztą ciała.

Próby zszywania uszkodzonych zakończeń neuronów w obwodowym układzie nerwowym sięgają VII wieku. Dopiero jednak pod koniec XIX wieku naukowcy zaczęli rozumieć, jak dokładnie przebiega regeneracja nerwów. Brytyjski fizjolog Augustus Waller, prowadząc eksperymenty na żabach, szczegółowo opisał, co dzieje się z nerwem obwodowym po urazie. Następnie, w XX wieku, hiszpański histolog i neuroanatom Santiago Ramón y Cajal [laureat Nagrody Nobla w dziedzinie medycyny w 1906 roku – przyp. red.] wniósł istotne informacje dotyczące regeneracji nerwów na poziomie komórkowym. Mimo to aż do XX wieku trwała zacięta debata, czy zszywanie nerwów przynosi więcej szkody niż pożytku.

Dopiero w czasie krwawych wojen światowych lekarze dokonali znaczących postępów w technikach przywracania funkcji uszkodzonych neuronów. Usiłując leczyć żołnierzy z ciężkimi ranami, zazwyczaj obejmującymi uszkodzenia nerwów, opracowano metody takie, jak przeszczepy nerwowe, polegające na wszczepianiu fragmentów nerwów w miejsce przerwania.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Współcześni neurobiolodzy zakwestionowali także inne długo obowiązujące założenie: przekonanie, że dorosły mózg nie wytwarza nowych komórek nerwowych.

Z czasem lekarze nauczyli się, że niektóre urazy nerwów obwodowych są łatwiejsze do naprawy niż inne. Na skuteczność interwencji wpływają czynniki takie, jak czas, lokalizacja i rozległość urazu oraz wiek pacjenta. Nerwy zmiażdżone mają większe szanse na regenerację niż przecięte, a urazy położone bliżej docelowej tkanki nerwu dają większe nadzieje na odzyskanie funkcji niż te bardziej odległe. Przykładowo, nerw łokciowy biegnie przez całą długość ramienia i kontroluje kluczowe mięśnie przedramienia i dłoni. Osoba z uszkodzeniem w okolicy nadgarstka ma znacznie większe szanse na odzyskanie sprawności niż ktoś z urazem tego samego nerwu w okolicy barku — wówczas nerw musiałby odrosnąć na całej długości ramienia.

Nawet dziś wiele urazów nerwów obwodowych pozostaje trudnych do leczenia, a naukowcy starają się lepiej zrozumieć mechanizmy regeneracji, by usprawnić proces gojenia. Jednym z istotnych osiągnięć ostatnich lat jest, według neurologa Ahmeta Höke z Johns Hopkins University, tzw. przeszczep nerwowy (nerve transfer), czyli przekierowanie odnogi pobliskiego nerwu do nerwu uszkodzonego. W przypadkach, gdy nerw został uszkodzony daleko od mięśnia docelowego, dotychczasowe techniki mogą nie wystarczyć, by umożliwić jego odrost w odpowiednim czasie. Ten „objazd" zapewnia alternatywną drogę do przywrócenia funkcji. Susan Mackinnon, chirurg plastyczny i rekonstrukcyjny z Washington University w St. Louis, odegrała kluczową rolę w rozwoju tej techniki, umożliwiając pacjentom odzyskanie sprawności kończyn, które wcześniej byłyby trwale niesprawne.

Przykładowo, Oskar Hanson, 17-letni baseballista, stracił czucie i możliwość ruchu w niemal całej lewej ręce po operacji więzadła, podczas której przypadkowo doszło do uszkodzenia nerwu łokciowego. „Nie było żadnej nadziei, że znów będzie mógł poruszać ręką" – mówi jego matka, Patricia Hanson. Ale po zabiegu przeszczepu nerwu przeprowadzonym przez Mackinnon większość funkcji wróciła. „Ona uratowała mu życie tą operacją" – dodaje Hanson.

Pomimo postępów w leczeniu urazów nerwów obwodowych przekonanie, że neurony ośrodkowego układu nerwowego – mózgu i rdzenia kręgowego – nie są zdolne do odrostu, utrzymywało się aż do końca XX wieku.

Przełom nastąpił na początku lat 80., kiedy kanadyjski neurobiolog Albert Aguayo wraz ze współpracownikami wykazał, że u szczurów neurony rdzenia kręgowego i pnia mózgu mogą odrastać, jeśli wszczepi się w miejsce urazu fragmenty nerwów obwodowych. Te odkrycia ujawniły, że neurony ośrodkowego układu nerwowego również mogą się regenerować, mówi Höke. „Po prostu potrzebują odpowiedniego środowiska".

W kolejnych latach neurobiolodzy starali się ustalić, czym dokładnie to środowisko się charakteryzuje. Szukali różnic między obwodowym a ośrodkowym układem nerwowym, które mogłyby wyjaśniać, dlaczego ten pierwszy lepiej radzi sobie z regeneracją neuronów. Pojawiło się kilka kluczowych różnic. Na przykład tylko urazy w obrębie centralnego układu nerwowego prowadzą do powstawania tzw. blizn glejowych – skupisk nieneuronalnych komórek zwanych glejowymi. Funkcja tych blizn wciąż pozostaje przedmiotem sporu.

Obecnie poszukiwania konkretnych mechanizmów, które umożliwiają lub hamują regenerację neuronów – zarówno w ciele, jak i w mózgu – stanowią aktywne pole badań. Oprócz poznawania tych procesów u ludzi, naukowcy zidentyfikowali cząsteczki wspomagające naprawę komórek nerwowych u innych organizmów, na przykład tzw. fuzogeny – lepkie cząsteczki łączące, występujące u nicieni. Badacze próbują wykorzystać fuzogeny w leczeniu trudnych urazów nerwów u ludzi.

Współcześni neurobiolodzy zakwestionowali także inne długo obowiązujące założenie: przekonanie, że dorosły mózg nie wytwarza nowych komórek nerwowych (neurogeneza). Pierwsze przesłanki pojawiły się w latach 60., gdy badacze z Massachusetts Institute of Technology zaobserwowali dzielenie się neuronów w mózgach dorosłych szczurów. „Wówczas trudno było w to uwierzyć" – mówi Rusty Gage, profesor genetyki w Salk Institute for Biological Studies w kalifornijskim La Jolla.

Na początku lat 80. neurobiolog Fernando Nottebohm z Rockefeller University odkrył, że u samców ptaków śpiewających rozmiar obszaru mózgu odpowiedzialnego za wydawanie dźwięków zmienia się wraz z porami roku. Nottebohm i jego zespół wykazali, że komórki w mózgach tych zwierząt obumierają i regenerują się sezonowo.

Zainspirowani tym odkryciem badacze zaczęli poszukiwać oznak neurogenezy także u innych zwierząt. W 1998 roku Gage i jego zespół opublikowali dowody na zachodzenie tego procesu w mózgach dorosłych ludzi – konkretnie w hipokampie, obszarze związanym z uczeniem się i pamięcią.

Choć przez lata przybywało dowodów na istnienie neurogenezy u dorosłych ludzi, część ekspertów nadal ją kwestionuje. W 2018 roku zespół kierowany m.in. przez Arturo Alvareza-Buyllę, neurobiologa z University of California w San Francisco, który wcześniej pracował z Nottebohmem nad ptakami śpiewającymi, opublikował wyniki badania wskazującego, że tworzenie się nowych neuronów w dorosłym ludzkim mózgu jest niezwykle rzadkie, a być może wręcz w ogóle nie zachodzi.

Mimo to utrwala się konsens, że neurogeneza rzeczywiście zachodzi w późniejszym życiu – ale ogranicza się głównie do określonych obszarów mózgu, takich jak hipokamp. W lipcu tego roku zespół z Karolinska Institutet w Szwecji doniósł, że molekularne ślady prekursorów neuronów – tzw. komórek progenitorowych – występują w ludzkim mózgu od dzieciństwa aż po starość. Badacze starają się teraz zrozumieć, jaką funkcję pełnią te rozwijające się komórki nerwowe i czy mogą one dostarczyć wskazówek przy leczeniu chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera. Niektórzy naukowcy badają nawet, czy poprzez stymulowanie neurogenezy można złagodzić objawy zaburzeń psychicznych, na przykład zespołu stresu pourazowego (PTSD).

„Zrozumienie, że neuron może odrosnąć i zostać naprawiony, a także poznanie szczegółów tego procesu to wielkie osiągnięcie" – mówi Massimo Hilliard, neurobiolog komórkowy i molekularny z University of Queensland w Australii. Następnym krokiem, dodaje, będzie nauczenie się, jak tym procesem sterować. „To jest kluczowa sprawa". ■

Diana Kwon jest niezależną dziennikarką popularnonaukową z Berlina. Pisze głównie o osiągnięciach medycyny.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Plastik miał być rozwiązaniem zrównoważonym

Zamiast tego syntetyczne polimery stały się jednym największych problemów środowiskowych **Jen Schwartz**

W 1864 ROKU „SCIENTIFIC AMERICAN" OPUBLIKOWAŁ informację o konkursie ogłoszonym przez producenta stołów bilardowych: „Dziesięć tysięcy dolarów za substytut kości słoniowej". Właściciele firmy Phelan & Collender byli zadowoleni z tej inicjatywy; napisali do redakcji, by doprecyzować, czego dokładnie poszukują – materiału, który mógłby posłużyć do produkcji bil. Wyrazili też nadzieję, że wyzwanie „pobudzi geniusz któregoś z licznych czytelników". Prawdziwa kość słoniowa, pozyskiwana z ciosów słoni, stawała się coraz trudniej dostępna, a jej sprężystość, twardość i gęstość były wyjątkowo trudne do odtworzenia w innym materiale.

Drukarz z Albany w stanie Nowy Jork, John Wesley Hyatt, znalazł rozwiązanie w celuloidzie – dającym się formować, złożonym materiale składającym się z azotanu celulozy (polimeru, który scalał bilę), kamfory (jako plastyfikatora) oraz sproszkowanych kości krowich, które nadawały kuli odpowiednie własności mechaniczne. Zamiast jednak przyjąć nagrodę w wysokości 10 tys. dolarów i zrzec się praw do wynalazku, Hyatt opatentował go w 1869 roku i założył własną firmę, sprzedając celuloidowe bile bilardowe, które w artykule opublikowanym w „Proceedings of the National Academy of Sciences USA" w 2023 roku nazwano „przedmiotem założycielskim przemysłu tworzyw sztucznych".

Wytworzenie „pierwszego plastiku" było w istocie odpowiedzią na problem zrównoważonego rozwoju. Słoni, żółwi czy jedwabników była ograniczona liczba, a ich ciosy, skorupy i włókna coraz bardziej pożądane. Artykuły i reklamy z wczesnego okresu przemysłu tworzyw sztucznych przedstawiały je jako materiały zmniejszające presję na zasoby naturalne. Badacze, którzy napisali wspomniany artykuł w „PNAS", określili celuloidowe bile Hyatta jedną z „pierwszych udanych prób zastąpienia materiałów w celu wsparcia przetrwania zagrożonych gatunków zwierząt".

Robert Friedel w swojej książce *Pioneer Plastic: The Making and Selling of Celluloid* z 1983 roku opisywał ten materiał i inne kompozyty polimerowe jako kluczowych poprzedników komercyjnych tworzyw sztucznych. Sam termin „plastik" był jednak niejednoznaczny – był bardziej określeniem marketingowym niż kategorią naukową. Philip H. Smith, pisząc w „Scientific American" w 1935 roku, definiował „tworzywa sztuczne" jako „nazwę nadaną mniej lub bardziej arbitralnie wybranej grupie substancji, które, odpowiednio zestawione i obrobione, stają się plastyczne i mogą być formowane lub odlewane w pożądane kształty".

W książce *American Plastic: A Cultural History* z 1995 roku Jeffrey L. Meikle wskazywał, że obawy przed niedoborem kości słoniowej, które napędzały rozwój plastiku, w XX wieku ustąpiły miejsca idei demokratyzacji dóbr luksusowych. Masowa produkcja tworzyw sztucznych rozpoczęła się w latach 40. – ich produkcja w USA w czasie wojny niemal się potroiła. Ekspansja ta zbiegła się z zastępowaniem materiałów pochodzenia biologicznego (jak bawełna, soja czy cukier) w bazach polimerowych materiałami pozyskiwanymi z paliw kopalnych, reklamowanych jako zasób niemal niewyczerpany. Aby nadać produktom określone właściwości, do polimerów dodawano m.in. barwniki, plastyfikatory (takie jak ftalany i bisfenol A) czy środki zmniejszające palność.

I wiemy, dokąd ta historia zmierza. Już w latach 70, jak pisał Meikle, „zdolność plastiku do przekraczania ograniczeń natury przestała wydawać się utopijna, a zaczęła jawić się wręcz jako katastrofalna". Tworzywa sztuczne zapoczątkowały erę nadmiaru tanich dóbr. Materiały pierwotnie cenione za trwałość stały się powszechne w produktach wyrzucanych w ciągu roku od wytworzenia. Wysiłki na rzecz recyklingu okazały się niewystarczające – 90% tworzyw sztucznych i tak nie nadaje się do ponownego przetwarzania, a niektórzy twierdzą, że kampanie recyklingowe jedynie uśmierzają poczucie winy konsumentów i zachęcają do kupowania. A plastik się kumuluje, rozpadając się na coraz mniejsze fragmenty nawet przez tysiące

eprasa.pl 20e4b5c7ca

lat. W 2009 roku opublikowano pierwsze całościowe opracowanie na temat wpływu plastiku na środowisko i zdrowie człowieka – zbiór ostrzeżeń, które od tego czasu stały się jeszcze bardziej alarmujące.

Obecnie naukowcy badają zakres i skutki rozpowszechnienia mikroplastiku – maleńkich cząstek, które uwalniają toksyczne chemikalia do środowiska. Jednorazowe produkty, takie jak butelki na wodę, są oczywistą częścią problemu, ale winowajców jest znacznie więcej. Do połowy lat 90. przemysł modowy opierał się głównie na włóknach naturalnych; w 2023 roku tworzywa sztuczne stanowiły 67% światowej produkcji włókien, a poliester wchodził w skład 57% nowej odzieży, tekstyliów domowych i obuwia. Produkty te uwalniają mikroplastik przy każdym praniu, przyczyniając się do zanieczyszczenia wód gruntowych. Praktycznie niemożliwy do usunięcia, występuje nie tylko w glebie i wodzie: nowe badania wykazały, że liście roślin wchłaniają mikroplastik z powietrza. Wszystkie badane zwierzęta, a także ludzie, przyjmują plastik wraz z pożywieniem i wodą; mamy go już w swoich narządach.

Rozwiązanie jednego problemu związanego ze zrównoważonym rozwojem stało się jednym z największych i najtrudniejszych do opanowania kryzysów ekologicznych naszych czasów. Jak napisała Rebecca Altman w artykule w „Science" z 2021 roku, celuloid „rzekomo ocalił słonie, zwłaszcza przed przemysłem bilardowym. [Ale] dane rynkowe pokazują, że celuloid nie zmniejszył popytu na kość słoniową, który wręcz wzrósł po wprowadzeniu celuloidu." Dodaje też, że celuloid zwiększył popyt na kamforę, produkt destylowany z wiecznie zielonego drzewa rosnącego na Tajwanie. Rywalizacja o kontrolę nad handlem kamforą zniszczyła tajwańskie lasy i wyparła tamtejsze społeczności rdzenne. Pojawienie się syntetycznych polimerów nie oszczędziło zasobów naturalnych.

To, co zaczęło się jako konkurs na wynalezienie substytutu kości słoniowej, przerodziło się w rywalizację o opracowanie metod oczyszczania Wielkiej Pacyficznej Plamy Śmieci i innych „plastikowych gór lodowych" dryfujących po oceanach. W 1942 roku Williams Haynes, historyk i promotor przemysłu chemicznego, stwierdził, że materiały syntetyczne będą miały „większy wpływ na życie naszych prawnuków niż Hitler czy Mussolini." Nie mógł sobie wyobrazić, że największe oddziaływanie na przyszłe pokolenia może mieć nanoplastik w mózgach.

Jen Schwartz jest starszym redaktorem „Scientific American".

Nowa wersja Wszechświata

Wszechświat ma zwyczaj obalać „niepodważalne" fakty

Richard Panek

DLA ASTRONOMÓW z lat 90. oczywiste były trzy następujące kwestie: Wszechświat się rozszerza; cała materia we Wszechświecie przyciąga grawitacyjnie całą pozostałą materię; z tego powodu ekspansja Wszechświata ulega spowolnieniu

Dwie grupy naukowców postawiły sobie za zadanie określenie tempa tego zwalniania. Uznały, że jeśli uda im się je ustalić, poznają losy Wszechświata. Czy ekspansja spowalnia tak, że w końcu się zatrzyma? A może spowalnia tak bardzo, że w końcu się zatrzyma, odwróci i doprowadzi do swego rodzaju bumerangu Wielkiego Wybuchu? Odpowiedź, do której oba zespoły doszły niezależnie w 1998 roku, była dokładnie odwrotna do tego, czego się spodziewały.

Tempo ekspansji nie maleje. Jest na odwrót – ono wzrasta.

W KOSMOLOGII CZĘSTO przyjmowano bezkrytyczne założenia, które później okazywały się całkowicie błędne. Najlepszym przykładem jest geocentryzm. Przez kilka tysięcy lat przed wynalezieniem teleskopu, co nastąpiło na początku XVII wieku, niektórzy filozofowie sugerowali, że to Ziemia krąży wokół Słońca, a nie odwrotnie. Jednak dla zdecydowanej większości astronomów wystarczyło spojrzenie w górę, aby przekonać się, że jest inaczej. To Słońce krąży wokół Ziemi. Przesłanki były oczywiste.

Przez większość historii astronomii opierano się na bezrefleksyjnym założeniu: niebo zawsze będzie poza naszym zasięgiem. Podobnie jak więźniowie z przypowieści Platona, zawsze będziemy zdani na nasze ograniczenia percepcyjne, próbując zrozumieć ruchy na dwuwymiarowej sferze niebieskiej, która jest kosmicznym odpowiednikiem ściany jaskini. Wynalezienie teleskopu w pierwszej dekadzie XVII wieku doprowadziło do obalenia obu powyższych założeń: Ziemia krąży wokół Słońca, a niebo jest na wyciągnięcie ręki.

Następnie pojawiły się kolejne, dokonane za pomocą teleskopu odkrycia, które w mniejszym lub większym stopniu zaprzeczały innym oczywistym „faktom": góry na Księżycu, księżyce obiegające Jowisza, nowe gwiazdy, nowe planety. Niektóre założenia okazały się nie tylko błędne, ale wręcz niewyobrażalnie naiwne. Jak ktokolwiek w historii cywilizacji mógł spojrzeć na Saturna i pomyśleć: „zakładam, że nie ma on pierścieni"?

To, że Wszechświat się rozszerza – główna przesłanka, która w latach 90. doprowadziła do poszukiwań tempa spowolnienia – było odkryciem, którego nikt nie przewidział. Do tego grona należeli także dwaj teoretycy, którzy sprawili, że odkrycie to stało się nie tylko możliwe, ale i nieuniknione.

Pierwszy z nich, Isaac Newton, aby dojść do tak szokującego wniosku potrzebowałby dokonać dwóch sprzecznych z intuicją zabiegów logicznych. Musiałby wyobrazić sobie, że Wszechświat jest zdolny do czegoś, czego ewidentnie nie robi: do zapadania się. Następnie musiałby wyobrazić sobie, że dzieje się coś przeciwnego: że Wszechświat się powiększa.

Drugi teoretyk, który utorował drogę do odkrycia ekspansji – Albert Einstein – faktycznie był w stanie coś takiego sobie wyobrazić. W listopadzie 1915 roku przedstawił równania leżące u podstaw ogólnej teorii względności; 15 miesięcy później zastosował te równania do, jak ujął to w tytule artykułu, „rozważań kosmologicznych". Zgodnie z jego obliczeniami Wszechświat powinien być niestabilny w czasie i rozszerzać się albo kurczyć. Aby uniknąć tego niepokojącego wniosku, w celu zrównoważenia swoich równań wprowadził zmienną Λ. Wartość lambda byłaby taka, jak potrzeba, aby zaspokoić preferencje Einsteina dotyczące Wszechświata w idealnej równowadze.

Ta „gafa", jak Einstein określił swoją niechęć do zaufania własnym obliczeniom matematycznym, była absolutnie zrozumiała. Zarówno Newton, jak i Einstein, mimo że byli wyjątkowymi umysłami, pozostawali

eprasa.pl 20e4b5c7ca

tylko ludźmi. Wszechświat musiał być statyczny. Jeśli istniały dowody na coś przeciwnego, to z pewnością nie były one oczywiste.

A jednak takie dowody się pojawiły. Na początku lat 20. amerykański astronom Edwin Hubble zainstalował nowy, 2,5-metrowy teleskop na szczycie góry Mount Wilson w Kalifornii w celu obserwowania niektórych z mglistych plamek, ledwo co widocznych przez poprzednie teleskopy. Do pomiaru odległości posłużył się cefeidami (gwiazdami zmiennymi, które jaśnieją i przygasają z zegarmistrzowską regularnością) i stwierdził, że przynajmniej niektóre z tych mgławic są w rzeczywistości „wyspami Wszechświata" – galaktykami – leżącymi poza naszą Drogą Mleczną. Następnie wykorzystał przesunięcie ku czerwieni tych galaktyk, aby wywnioskować nie tylko, że galaktyki oddalają się od nas i od siebie nawzajem – co samo w sobie było odkryciem zmieniającym oblicze nauki – ale także określić tempo tej ekspansji.

Kiedy Hubble stworzył wykres zależności prędkości galaktyk od ich odległości, odkrył prostą korelację: im dalsza jest galaktyka, tym szybciej się od nas oddala. A zatem Wszechświat musi się rozszerzać. Belgijski astronom Georges Lemaître doszedł niezależnie do tego samego wniosku, opierając się nie na danych obserwacyjnych, ale na równaniach Einsteina. Stwierdził, że śledząc rozszerzanie się Wszechświata wstecz w czasie, dotrzemy do „pierwotnego atomu".

Dowody potwierdzające istnienie Wielkiego Wybuchu pojawiły się dopiero w 1964 roku w postaci promieniowania mikrofalowego, które wydaje się przenikać całą przestrzeń kosmiczną. Teoretycy przewidzieli istnienie takiego promieniowania jako pozostałości po gwałtownym początku Wszechświata. Pierwsi promieniowanie to wykryli dwaj radioastronomowie pracujący w firmie Bell Labs, którzy początkowo uznali je za szum, być może wywołany przez gołębie odchody pokrywające ich antenę radiową w kształcie gigantycznego rogu. Jednakże czterech fizyków z pobliskiego Princeton University szybko stwierdziło, że obserwacja ta spełnia kluczowe przewidywania teorii Wielkiego Wybuchu.

Sześć lat później amerykański astronom Allan Sandage streścił kosmologię jako „poszukiwanie dwóch liczb". Jedną z nich była „obecna szybkość ekspansji", zaś druga opierała się na błędnym założeniu, które ćwierć wieku później zmotywowało dwa zespoły naukowców: „tempo spowalniania ekspansji" w miarę upływu czasu.

OBA ZESPOŁY próbujące zmierzyć kosmiczne spowolnienie zastosowały metodologię Hubble'a polegającą na zaznaczeniu na wykresie prędkości w funkcji odległości

eprasa.pl 20e4b5c7ca

(zamiast cefeid wykorzystano jasność pewnego rodzaju eksplodujących gwiazd, czyli supernowych). Naukowcy z obu grup spodziewali się znaleźć taką samą bezpośrednią korelację, jak Hubble – przynajmniej na początku. Zakładano jednak, że w pewnej odległości linia ta zboczy z trajektorii o nachyleniu 45° i opadnie, co wskazywałoby, że widoma jasność supernowych jest większa, a zatem znajdują się one bliżej niż w przypadku Wszechświata rozszerzającego się w stałym tempie.

Linia rzeczywiście odeszła od trajektorii 45°. Tylko że nie opadła. Poszła w górę. Supernowe były słabsze, a zatem dalej, niż gdyby znajdowały się we Wszechświecie rozszerzającym się w stałym tempie. Rywalizujące zespoły doszły do wniosku, że ekspansja Wszechświata nie zwalnia, lecz w jakiś sposób przyspiesza.

Ciemna energia – tak kosmolodzy nazwali przyczynę przyspieszenia, czymkolwiek by była – wkrótce stała się częścią standardowego modelu kosmologicznego, razem z ciemną materią i materią „zwykłą", z której jesteśmy zbudowani. Obserwacje tego samego kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła, którego odkrycie w latach 60. potwierdziło hipotezę Wielkiego Wybuchu, teraz ujawniły komponenty Wszechświata. Badając wzorce promieniowania, naukowcy z niezwykłą precyzją określili jego masowo-energetyczny skład: 4,9% stanowi zwykła materia, 26,8% ciemna materia, a 68,3% ciemna energia. Kosmolodzy uważają ten model za wiarygodny.

Nie jest on jednak doskonały. Ani nawet kompletny. Czym są ciemna energia i ciemna materia? Nawet po tylu latach nadal nie wiemy, jaki los czeka Wszechświat. W tym roku Dark Energy Spectroscopic Instrument w Arizonie dostarczył dowodów na to, że ciemna energia mogła ulegać zmianom w trakcie ewolucji Wszechświata. Kosmolodzy uznali te dowody za przekonujące, choć ich znaczenie – nie mówiąc już o implikacjach dla standardowego modelu kosmologii – pozostaje ciągle niejasne.

Czy zatem kosmologia stoi u progu kolejnego przewrotu? Kolejnej rewolucji? Jeśli historia ma służyć za przewodnik, odpowiedź brzmi: jest to możliwe. Dzisiejsi kosmolodzy mogą pracować, opierając się na pozornie niepodważalnych, ale błędnych założeniach. Być może nawet naiwnych.

Takie sytuacje zdarzały się już w przeszłości. ■

Richard Panek jest nagradzanym autorem książki *Pillars of Creation* (Little, Brown, 2024).

To RNA, a nie DNA, stanowi podstawę życia

DNA zawiera nasz genetyczny kod, ale to jego kuzyn, RNA, dyryguje naszym codziennym życiem **Philip Ball**

W 1957 ROKU, ZALEDWIE CZTERY LATA po tym, jak Francis Crick i inni naukowcy rozwiązali zagadkę dotyczącą struktury DNA – słynnej podwójnej helisy – Crick sformułował swój „centralny dogmat" biologii molekularnej. Jego kolega James Watson powiedział później, że to z niego wypływało przekonanie o nieuchronnym przepływie informacji biologicznych z DNA, przez RNA, do białek. Chociaż Watson nadmiernie to uprościł, przekaz był jednoznaczny: podwójna helisa w naszych chromosomach ma za zadanie przechowywać w zakodowanej formie wzory białek, które budują i utrzymują przy życiu nasze ciała. RNA, które jest chemicznym kuzynem DNA, było gońcem, który przenosi instrukcje zawarte w podwójnej helisie DNA z jądra komórkowego do maszynerii wytwarzającej białka – tzw. rybosomów, rozsianych po całej komórce.

Wydawało się, że misją biologii molekularnej jest rozszyfrowanie tych genetycznych instrukcji. Jednak w ostatnich latach naukowcy odkryli oszałamiający szereg „niekodujących" cząsteczek RNA (noncoding RNA, ncRNA), które mają inne zadania niż przenoszenie instrukcji z DNA na białka. Odpowiadają one za zaskakująco wiele funkcji biochemicznych. Wydaje się obecnie, że nasz genom może stanowić repozytorium planów budowy kluczowego, niekodującego RNA co najmniej w równym stopniu jak białek. Ta zmiana myślenia była „rewolucyjna", mówi Thomas Cech, który w 1989 roku otrzymał wspólnie z Sidneyem Altmanem Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za odkrycie cząsteczek RNA nazywanych rybozymami, które mogą stanowić katalizator reakcji biochemicznych. „DNA to stara historia, historia z XX wieku – mówi Cech. – Zna tylko jedną śpiewkę. Ma tylko jedną funkcję, jaką jest przechowywanie informacji biologicznych, i radzi z nią sobie wybitnie dobrze. Ale jest bierny – nie może nic zdziałać bez swoich dzieci, RNA i białek".

RNA powstaje wtedy, kiedy enzym polimeraza RNA odczytuje sekwencję DNA i tworzy odpowiadającą mu cząsteczkę RNA. Proces ten nazywa się transkrypcją. Odkrycie na przestrzeni ostatnich trzech dziesięcioleci tysięcy nieznanych wcześniej niekodujących RNA „jest szokujące", mówi Maite Huarte, biolożka molekularna z Universidad de Navarra w Pamplonie (Hiszpania). Niekodujące RNA pełni wiele funkcji, często obejmujących regulację innych genów – na przykład decyduje, czy geny kodujące białka będą ulegały transkrypcji do matrycowego RNA (messenger RNA, mRNA) oraz w jaki sposób (jeśli w ogóle) cząsteczki te będą podlegały edycji i następnie translacji do białek. W tym przypadku RNA wydaje się kontrolować sposób wykorzystywania DNA przez komórki. Te funkcje podważają tzw. centralny dogmat biologii naturalnej, zgodnie z którym istnieje jednokierunkowy przepływ informacji od DNA do mRNA i dalej do białek. Jest to raczej system otwarty, w którym informacja przepływa we wszystkich kierunkach między DNA, mRNA, białkami i całym organizmem.

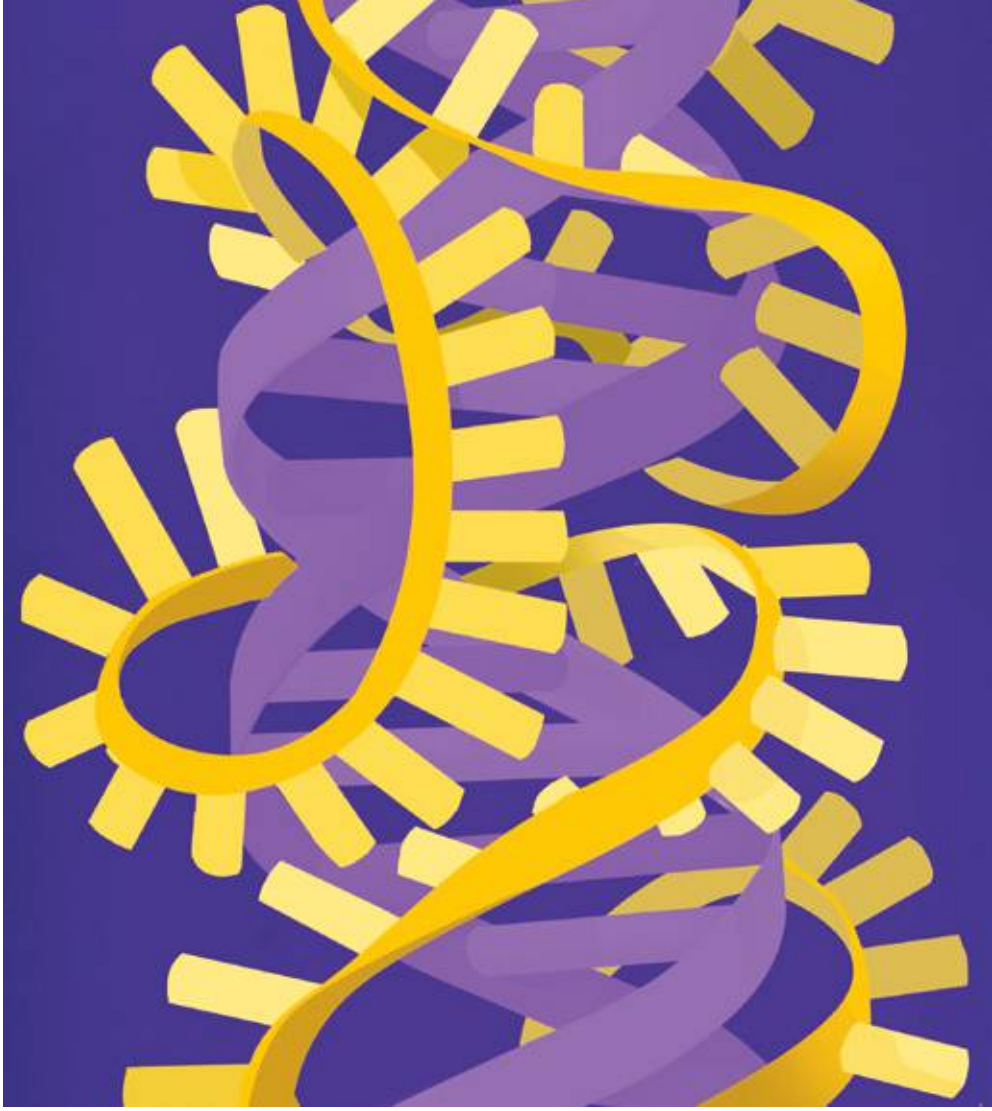
Według Huarte równie fascynujący jest fakt, że nie wszystkie ncRNA należą do tej samej rodziny cząsteczek. „RNA jest bardzo wszechstronne, a natura wykorzystuje tę wszechstronność" – mówi. Naukowcy wiedzą od lat 50., że rybosomy zawierają rybosomalne RNA oraz wykorzystują transportujące RNA do gromadzenia aminokwasów, które są następnie łączone w białka. Jednak przez długi czas wydawało się, że jest to rodzaj anomalii. Później, w latach 80., Cech i Altman odkryli nowy rodzaj ncRNA: rybozymy, które potrafią rozcinać i edytować same siebie oraz inne RNA. A w latach 90. badacze zaczęli odkrywać ncRNA pełniące funkcje regulacyjne. Gen o nazwie *XIST*, który bierze udział w wyciszaniu jednego

eprasa.pl 20e4b5c7ca

z dwóch chromosomów X w komórkach o chromosomalnej płci żeńskiej, nie kodował białka, ale długie niekodujące RNA, które wydaje się owijać wokół chromosomu i uniemożliwiać jego transkrypcję.

W międzyczasie biolodzy molekularni Victor Ambros i Gary Ruvkun odkryli krótkie niekodujące cząsteczki RNA, które wchodzą w interakcję z mRNA, wyciszając odpowiadające im geny. Ten dodatkowy poziom regulacji genowej – kontrola możliwości wykorzystania mRNA do wytwarzania białka – wydaje się kluczową funkcją w procesie wzrostu złożonych organizmów. Naukowcy powiązali mutacje genetyczne, uniemożliwiające regulację genów za pośrednictwem ncRNA, z szerokim spektrum chorób, m.in. z nowotworami. „Przybliżamy się do naprawdę ekscytujących zastosowań biomedycznych – mówi Huarte. – Od nowych narzędzi diagnostycznych po innowacyjne, celowane metody terapii – potencjał ncRNA jest ogromny".

Według Cecha możliwość pełnienia przez RNA tak różnorodnych funkcji była „dużym zaskoczeniem". Stało się to bardzo zauważalne w 2012 roku, kiedy w międzynarodowym projekcie ENCODE stwierdzono, że aż 80% naszego DNA pełni w jakimś momencie funkcje biochemiczne w komórkach, a znaczna część tego DNA ulega transkrypcji do RNA. Podważyło to utrzymujące się przez długi czas przekonanie, że gros naszego genomu stanowią „śmieci" zgromadzone w toku ewolucji.



Nie jest to pogląd uznawany przez wszystkich. Niektórzy naukowcy twierdzą, że jest wręcz przeciwnie – większość RNA ulegającego transkrypcji z DNA, ale już nie translacji do białek, to tylko „szum", powstający na skutek braku wybiórczości maszynerii przeprowadzającej transkrypcję. Taki szum faktycznie powstaje w wyniku niektórych procesów transkrypcji. Obecnie wydaje się, na podstawie niektórych szacunków, że znane geny niekodujące przewyższają liczbę genów kodujących białka mniej więcej trzykrotnie.

Często jednak trudno jest odkryć, co właściwie robi RNA. Niektóre z tych cząsteczek mogą ulegać transkrypcji tylko w określonych typach komórek albo na określonym etapie rozwoju embrionalnego, dlatego łatwo przegapić moment ich aktywności. „Mają niezwykle wysoką swoistość względem typu komórek" – mówi biolożka molekularna Susan Carpenter z University of California w Santa Cruz. Jednak właśnie dlatego, jak twierdzi, „im dłużej się przyglądamy, tym więcej znajdujemy".

Pomimo niejednoznaczności rozwój w zakresie RNA odmienił oblicze biologii molekularnej. „Podręczniki sprzed 25 lat jednoznacznie stwierdzały, że wśród RNA wyróżnia się RNA matrycowe, RNA transportujące i RNA rybosomalne – mówi Cech. – Obecnie mamy setki, a prawdopodobnie nawet tysiące innych rodzajów". XXI wiek to w jego opinii „era niekodującego RNA".

Musimy się jeszcze dużo nauczyć. Nie wiemy, ile różnych funkcjonalnych ncRNA istnieje, ani nawet co wiele z nich robi. A „kiedy odpowiadamy na jedno pytanie, rodzi się tuzin nowych" – mówi Carpenter. W miarę jak naukowcy dowiadują się więcej na temat licznych rodzajów RNA i ich funkcji, badacze z zakresu medycyny mogą odkrywać potencjalne zastosowania terapeutyczne. Głębsze implikacje dotyczą jednak tego, jak funkcjonują żywe organizmy. Aby złożone organizmy mogły żyć, nie wystarczy im tylko „genetyczny kod", który jest potem odczytywany. Muszą być w stanie zmieniać na bieżąco sposób wykorzystywania swoich genów. RNA wydaje się oferować niezwykle responsywne i wszechstronne metody, aby dało się to osiągać. ■

Podręczniki sprzed 25 lat jednoznacznie stwierdzały, że RNA może być trzech rodzajów. Obecnie wiemy, że mogą ich być setki, a prawdopodobnie nawet tysiące.

THOMAS CECH, UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER

Philip Ball, fizyk, chemik, autor tekstów naukowych. Mieszka w Londynie. Jego najnowsza książka to *How Life Works* (University of Chicago Press, 2023).

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Raczej nie jesteśmy sami

Poszukiwania wysoko rozwiniętych form życia poza Ziemią prowadzone są nieustannie, jakkolwiek motywacje radykalnie się zmieniły **Sarah Scoles**

POD KONIEC XIX WIEKU włoski astronom Giovanni Schiaparelli skierował swój teleskop na Marsa i dostrzegł rzecz niezmiernie intrygującą – liniowe struktury, które nazwał „canali", co oznacza zarówno „kanały", jak i „rowy". Błędne tłumaczenie tego słowa na inne języki dało asumpt do powszechnego przekonania, że planeta najbliższa Ziemi jest zamieszkana przez istoty rozumne.

Amerykański astronom Percival Lowell kontynuował obserwacje Schiaparellego. Miał obsesję na punkcie linii widocznych na marsjańskiej powierzchni, które uznawał za dowód istnienia rozbudowanej sieci kanałów służących do transportu wody. „To, że na Marsie zamieszkują istoty tego czy innego rodzaju, możemy uznać za pewne, jakkolwiek nie mamy żadnej pewności co do tego, czym te istoty mogłyby być", napisał Lowell w swojej książce z 1906 roku *Mars and its Canals* [Mars i jego kanały].

Dzisiaj brzmi to dość absurdalnie, ale wtedy tak nie było. W owych czasach poglądy na temat życia szybko ewoluowały, mówi David Baron, autor wydanej ostatnio książki *The Martians: The True Story of an Alien Craze That Captured Turn-of-the-Century America* [Marsjanie: prawdziwa historia szaleństwa na punkcie istot rozumnych w kosmosie, które ogarnęło Amerykę na przełomie XIX i XX wieku]. W 1858 roku Karol Darwin opublikował swoją teorię doboru naturalnego. Rok później niemieccy naukowcy Robert Wilhelm Bunsen i Gustav Robert Kirchhoff wynaleźli spektroskop, którego oni sami i inni badacze używali do analizowania światła Słońca i planet w poszukiwaniu charakterystyk pierwiastków chemicznych. Badania te wykazały, że inne światy składają się z tych samych pierwiastków, co Ziemia. Skoro ewolucja życia jest procesem naturalnym, a wszystkie planety powstają w podobny sposób, dlaczegóż życie nie miałoby zaistnieć również na Czerwonej Planecie?

Ponad 100 lat później naukowcy poszukujący życia pozaziemskiego kierują się tymi samymi przesłankami – Wszechświat jest ogromny i składa się z tych samych podstawowych składników, co my, dlaczego zatem życie nie miałoby się zrodzić również gdzie indziej? Jednakże argumenty za istnieniem istot rozumnych poza Ziemią ulegały wielu zmianom na przestrzeni lat. W istocie jedynym niezmiennym elementem pozostawała nadzieja – ludzkie pragnienie, aby udowodnić, że nie jesteśmy sami. Kwestia istnienia życia pozaziemskiego nie jest tylko neutralną debatą naukową – ma głębokie znaczenie zwłaszcza dla tych, którzy tego życia poszukują. A nasz optymizm, co do tego, że je znajdziemy, raz się nasilał, raz słabł.

Idea, że Mars jest domem dla cywilizacji budowniczych kanałów, zaczęła tracić na atrakcyjności w 1909 roku, kiedy francuski astronom Eugène Antoniadi obserwował Czerwoną Planetę podczas jednego z jej dwuletnich zbliżeń. Dzięki lepszemu teleskopowi obejrzane dokładniej linie okazały się złudzeniem optycznym. Obserwacje te nie skłoniły Lowella do porzucenia swojej teorii – w 1916 roku redaktor naczelny „Scientific American" Waldemar Kaempffert nadal był przekonany o realności kanałów. Niemniej wiara w rozwinięte życie na Marsie zanikła w kolejnych dziesięcioleciach. Gdy w 1964 roku sonda Mariner 4 przeleciała obok Marsa, przekazując obrazy jego suchej i jałowej powierzchni, zadało to hipotezie marsjańskiej decydujący cios.

Generalnie też nie było obiecującej atmosfery dla istnienia pozaziemskich form życia. W 1950 roku fizyk Enrico Fermi zwrócił uwagę na coś, co nazwał „Wielką Ciszą" – jeśli życie miałoby być zjawiskiem powszechnym, to gdzie oni wszyscy są? Fakt, że ludzkość nie miała do tej pory kontaktu z innymi rozumnymi istotami, stał się znany jako paradoks Fermiego. Naukowcy sugerowali, że nawet jeżeli życie jest powszechne, jego zaawansowane formy życia mogą być rzadkie. Albo też inne cywilizacje wprawdzie powstają często, lecz następnie same się unicestwiają, tak jak ludzkość wydawała się być tego bliska po wynalezieniu bomby jądrowej w 1945 roku.

Astronomowie przystąpili do bardziej systematycznego badania tej kwestii. W 1960 roku badacz z Cornell University, Frank Drake, zainicjował projekt Ozma, w którego ramach wykorzystano radioteleskop do skanowania sygnałów z dwóch odległych układów gwiezdnych. W 1977 roku basacze zarejestrowali serię fal radiowych, która trwała 72 s i wyglądała bardziej jak sygnał z potężnego kosmicznego nadajnika radiowego aniżeli coś naturalnego. Nazwali go sygnałem WOW! i byli wielce podekscytowani. Jednak transmisja nie powtórzyła się nigdy więcej. Program poszukiwania pozaziemskiej inteligencji (SETI) również nie przyniósł przekonujących dowodów na istnienie nadających sygnały kosmitów.

Wszakże stosunkowo niedawno pojawiły się nowe powody do nadziei. W 1992 roku astronomowie Aleksander Wolszczan i Dale Frail odkryli dwa skalne światy krążące wokół gęstej rotującej gwiazdy zwanej pulsarem. Chociaż akurat te planety są bombardowane zbyt dużą ilością promieniowania, aby

eprasa.pl 20e4b5c7ca

nadawały się do zamieszkania, w pierwszej dekadzie XXI wieku co jakiś czas odkrywano kolejne egzoplanety. Następnie w 2009 roku wystrzelono sondę kosmiczną Kepler. Zidentyfikowała ona tysiące światów poza naszym, z których ponad 5900 zweryfikowano do momentu publikacji tego artykułu.

„Planety stały się regułą, a nie wyjątkiem" – mówi Nathalie Cabrol, dyrektor Carl Sagan Center for the Study of Life in the Universe działającego w ramach Instytutu SETI.

Ta obfitość innych światów ponownie zmieniła szacunki dotyczące prawdopodobieństwa istnienia życia poza Ziemią. Jeszcze w 1965 roku Drake podał wzór do obliczania szansy nawiązania kontaktu z cywilizacjami pozaziemskimi. Uwzględnił w nim tempo narodzin gwiazd, odsetek gwiazd mających planety, odsetek planet nadających się do zamieszkania, odsetek planet nadających się do zamieszkania, na których faktycznie rozwija się życie, odsetek życia, które staje się rozumne, odsetek cywilizacji, które rozwijają techniki komunikowania się, oraz czas, przez jaki prawdopodobnie będą one nadawać sygnały. Większość z tych zmiennych była wówczas nieznana – i tak jest nadal – niemniej boom na egzoplanety pomógł zawęzić wartość drugiej zmiennej i poczynić postępy w zakresie trzeciej. Obecnie mamy znacznie lepsze pojęcie o tym, ile gwiazd ma planety, a jest to co najmniej większość z nich.

Wciąż nie wiemy, jak narodziło się życie na Ziemi, zatem nie wiemy także, jak mogłoby powstać gdzie indziej. Nie znamy też prawdopodobieństwa tego, że zaawansowane cywilizacje unicestwią same siebie – jest to palące pytanie z powodów wykraczających poza SETI. Wiadomo jednak, że prymitywne formy życia mogą rozwijać się w niezwykle nieprzyjaznych warunkach, co oznacza, że mikroorganizmy pozaziemskie mogą być znacznie łatwiejsze do znalezienia aniżeli istoty rozumne.

W 1966 roku ekolog Thomas Brock odkrył pierwszego ekstremofila, *Thermus aquaticus*, żyjącego w gorących basenach Yellowstone. Od tego czasu naukowcy znaleźli mikroskopijne organizmy w kominach hydrotermalnych na dnie oceanu, w toksycznych odpadach kopalnianych, we wnętrzu skał i w wodzie skażonej promieniotwórczo. To, że planeta wygląda na jałową, nie oznacza, że tak faktycznie jest. Istnieją poważne powody, by sądzić, że prymitywne formy życia mogą przetrwać w oceanach pod powierzchnią księżyca Jowisza, Europy oraz w gejzerach Enceladusa, księżyca Saturna. Być może mikroorganizmy występują nawet w basenach stopionej wody pod czapami lodowymi Marsa. Ponad 100 lat po Percivalu Lowellu i jego iluzorycznej cywilizacji marsjańskiej nauka dostarczyła nam wielu argumentów, by można było sądzić, że nie jesteśmy sami w kosmosie, nawet jeżeli kosmici okażą się organizmami jednokomórkowymi, a nie architektami budującymi kanały.

Sarah Scoles jest dziennikarką naukową z Kolorado i redaktorką współpracującą z „Scientific American".

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Nie tacy znowu wyjątkowi

Walenie opłakują zmarłych, sroki wykazują samoświadomość, a muchołówki potrafią tworzyć wspomnienia **Kate Wong**

TO WYMIANA DEPESZ ZAPOCZĄTKOWAŁA KRYZYS tożsamości ludzkości. W 1960 roku młoda Jane Goodall, pracując w odległym lesie w Tanzanii, zaobserwowała szympansa, którego nazwała David Greybeard, używającego źdźbeł trawy i gałązek do wydobywania pożywnych termitów z gniazda. Prymatolożka napisała o tym do swojego mentora, kenijskiego paleoantropologa Louisa Leakeya. Jej obserwacja podważała utrwalone przekonanie, że tylko ludzie potrafią wytwarzać narzędzia. Leakey odpowiedział: „Teraz musimy na nowo zdefiniować pojęcie narzędzia, na nowo zdefiniować człowieka albo uznać szympansy za ludzi".

Przez całe stulecia naukowcy próbowali wytyczyć wyraźną granicę między nami a innymi organizmami zamieszkującymi Ziemię. Twierdzili, że tylko ludzie mają kulturę – zespół przekazywanych z pokolenia na pokolenie wyuczonych zachowań, takich jak wytwarzanie narzędzi. Utrzymywali, że tylko ludzie myślą symbolicznie, używając znaków do reprezentowania przedmiotów lub idei. Że nasz gatunek jako jedyny jest samoświadomy, zdolny do planowania przyszłości i przeżywania emocji takich jak radość, strach, miłość czy żałoba. Że tylko ludzie mają świadomość – wewnętrzny świat subiektywnych doświadczeń.

Ale na przykład Karol Darwin, pisząc o tym pod koniec XIX wieku, uważał, że stworzenia nieludzkie mają te same zdolności poznawcze i emocje, co człowiek, a wszelkie różnice mają charakter stopniowy, a nie jakościowy. Ponieważ jednak brakowało wiarygodnych sposobów na odczytywanie umysłów zwierząt, naukowcy badający ich zachowanie i poznanie przyjmowali stanowisko, że przypisywanie im ludzkich myśli, uczuć i motywacji – antropomorfizm – to grzech śmiertelny. W ostatnich jednak dekadach zaczęły pojawiać się przykłady gatunków z różnych gałęzi drzewa życia, które wykazują te same zdolności. Odkrycia te skłoniły badaczy do ponownego namysłu nad tym, co tak naprawdę odróżnia *Homo sapiens* – z jego osławioną inteligencją – od wszystkich innych gatunków na Ziemi.

Na początek porównajmy się do naszych najbliższych ewolucyjnych krewnych. My, *H. sapiens*, mamy mniej więcej trzykrotnie większe mózgi niż nasi najbliżsi żyjący kuzyni – szympansy i bonobo. Mózg zużywa 20% naszej energii, choć stanowi tylko 2% masy ciała. Antropolodzy od dawna zastanawiali się, dlaczego wyewoluował nam tak kosztowny energetycznie narząd. Wiadomo też, że *H. sapiens* jest jedynym żyjącym przedstawicielem niegdyś różnorodnej grupy humanoidów. Z pewnością nasze duże mózgi i wszystko, co potrafimy dzięki nim robić, były kluczowym czynnikiem naszego sukcesu gatunkowego – istotnym powodem, dla którego to my, a nie inni ludzie pierwotni, rozprzestrzeniliśmy się po całym globie, zasiedliliśmy niemal każdy ekosystem, do którego dotarliśmy, i ostatecznie przetrwaliśmy jako jedyni przedstawiciele rodzaju.

Jednak niemal każda cecha, którą antropolodzy uznawali za wyjątkową dla naszego gatunku, została później odkryta także u innych członków rodziny człowiekowatych. Nasi najbliżsi ewolucyjni kuzyni, neandertalczycy, pozostawili po sobie ozdoby sugerujące, że używali symboli, co może świadczyć o zdolności do posługiwania się językiem. To samo dotyczy *Homo erectus*, choć miał mniejszy mózg. Co więcej, około 3,3 mln lat temu – na długo przed tym, zanim w naszej linii zaczęły rosnąć mózgi – nieznany hominin, być może *Australopithecus afarensis*, kształtował otoczaki bazaltowe w narzędzia tnące, wykazując zrozumienie właściwości kamienia i umiejętność przekształcenia zwykłego kawałka skały w użyteczne narzędzie.

Nie tylko nasi najbliżsi krewni wśród homininów i wielkich małp dzielą z nami zdolności poznawcze. Przez długi czas sądzono, że tylko ludzie są istotami moralnymi, obdarzonymi poczuciem dobra i zła. Wiemy już jednak, że to nieprawda. Nieżyjący już prymatolog Frans de Waal i Sarah F. Brosnan wykazali w eksperymentach laboratoryjnych, że kapucynki brunatne odmawiały przyjęcia nagrody w postaci kawałka ogórka, jeśli widziały, że inna małpa otrzymuje lepszy smakołyk (winogrono) za to samo zadanie. Odrzucenie nierównej zapłaty za równą pracę dowiodło, że mają poczucie sprawiedliwości i odczuwają moralne oburzenie, gdy spotyka je krzywda.

Niektóre zwierzęta wykazują inne aspekty moralności – w tym empatię. Myszy potrafią dzielić stan emocjonalny innego osobnika, wykazując większą wrażliwość na ból, gdy widzą cierpiącego towarzysza. Psy rozpoznają niepokój u swoich opiekunów i potrafią ich pocieszać. Szczury rezygnują z własnych korzyści, by ulżyć w cierpieniu innego szczura, odmawiając nagrody w postaci jedzenia, jeśli jej zdobycie wiązałoby się ze sprawieniem bólu drugiemu osobnikowi.

Empatię i inne złożone emocje przez długi czas uważano za niedostępne dla stworzeń nieludzkich. Coraz liczniejsze dowody pokazują jednak, że są one powszechne wśród ssaków. Jedne z najbardziej poruszających przykładów dotyczą reakcji emocjonalnych na śmierć. W 2018 roku orka znana jako Tahlequah trafiła na nagłówki gazet na całym świecie, gdy przez 17 dni niosła swoje martwe młode, pokonując 1600 km przez Salish Sea. W 2024 roku Tahlequah straciła kolejne cielę. Tym razem trzymała jego ciało przez co najmniej 11 dni, zanim je puściła. Badacze określili reakcję tej matki jako żałobę.

Małpy człekokształtne, małpy szerokonosowe i słonie również były obserwowane podczas opłakiwania utraty bliskich. Poza tym nie tylko duże ssaki wydają się okazywać smutek. Barbara King, znana z badań i publikacji na temat poznania i emocji zwierząt, opisała przekonujące przykłady żałoby m.in. u pekari, osłów i fretek, a także innych gatunków.

Nasi współbracia w świecie ssaków nie są jedynymi zwierzętami, które wykazują oznaki myślenia i odczuwania podobne do ludzkich. Sroka zwyczajna potrafi rozpoznać swoje odbicie w lustrze – co jest oznaką świadomości. Ryby odczuwają ból, a więc również doświadczają świadomego stanu – w eksperymentach laboratoryjnych daniom pręgowanym, którym wstrzyknięto

eprasa.pl 20e4b5c7ca

substancję wywołującą dyskomfort, zdarzało się opuszczać preferowane środowisko, udekorowane atrakcyjnymi kamieniami i roślinnością, aby przenieść się do jałowego zbiornika, którego woda była wzbogacona o środek przeciwbólowy. Badania nad pszczołami i innymi owadami sugerują natomiast, że mogą one doświadczać zarówno bólu, jak i radości. Innymi słowy – te istoty także mogą być zdolne do odczuwania.

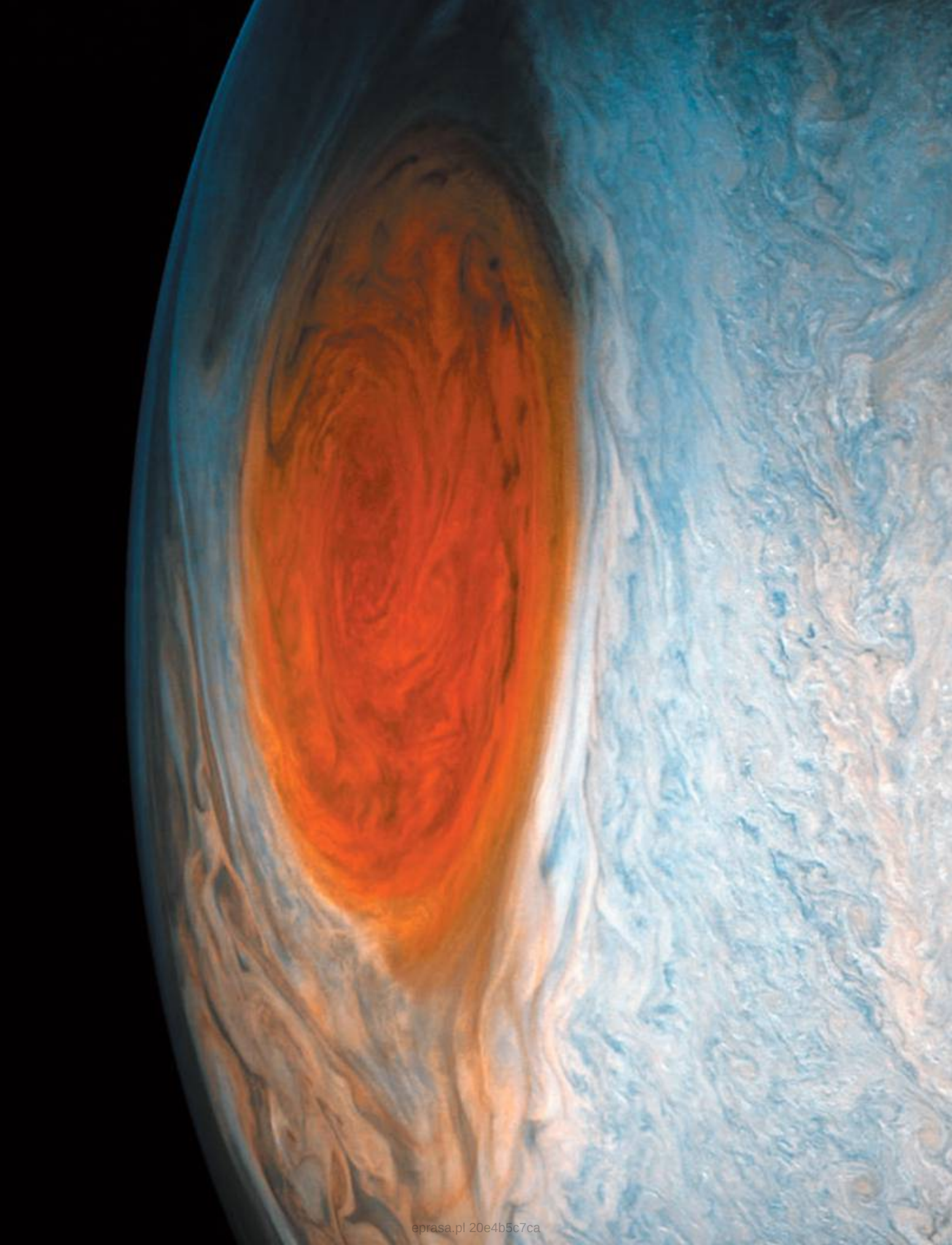
Choć dowodów na istnienie świadomości u ryb, gadów, owadów i innych bezkręgowców wciąż jest mniej niż w przypadku ssaków czy ptaków, badacze traktują tę możliwość znacznie poważniej niż w przeszłości. W 2024 roku dziesiątki naukowców podpisały deklarację uznającą, że gatunki bardzo odmienne od człowieka mogą mieć doświadczenia świadome i że tę możliwość należy brać pod uwagę przy podejmowaniu decyzji wpływających na te zwierzęta. Dokument ten może mieć wpływ na kształtowanie polityk regulujących etykę badań na zwierzętach i dobrostan zwierząt.

Jest jeszcze jedna grupa organizmów, o której warto wspomnieć. W ostatnich latach badacze coraz częściej rozważają możliwość, że rośliny – tradycyjnie postrzegane jako istoty niezdolne do przetwarzania informacji – potrafią się uczyć, zapamiętywać, podejmować decyzje, komunikować się i w wyjątkowy dla siebie sposób doświadczać otoczenia. W ten sposób, jak proponują niektórzy, można uznać je za istoty świadome. Weźmy na przykład muchołówkę amerykańską – roślinę mięsożerną, która chwyta muchy, mrówki i inne owady, gdy te dotkną włosków czuciowych liściowej pułapki. Roślina „pamięta", kiedy została dotknięta. Po dwóch dotknięciach pułapka zamyka się, więżąc ofiarę; po pięciu zaczyna produkować enzymy potrzebne do jej strawienia. Inne rośliny potrafią wyczuć, że są ogryzane przez głodne owady, i wydzielają sygnały chemiczne wzywające drapieżników atakujących roślinożerców.

Być może nie jesteśmy tak wyjątkowi, jak nam się wydawało. Ale nie ma powodu, by czuć się zdegradowanym. Jest coś niezwykłego w odkrywaniu wspólnej nici łączącej muchołówkę i fretkę, pszczołę i człowieka. Nie stoimy poza naturą – jesteśmy z nią połączeni, stanowimy część tkaniny życia w całym jej olśniewającym bogactwie.

Kate Wong jest starszym redaktorem „Scientific American"; pisze o ewolucji i ekologii.

eprasa.pl 20e4b5c7ca



eprasa.pl 20e4b5c7ca

Prawdziwe oblicze Jowisza

Sonda kosmiczna Juno zmieniła nasze wyobrażenie o niekwestionowanym zawodniku wagi ciężkiej w Układzie Słonecznym

ROBIN GEORGE ANDREWS

Na obrazie wykonanym na podstawie obserwacji sondy Juno widoczna jest Wielka Czerwona Plama Jowisza.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

WYSŁANY PRZEZ NASA STATEK KOSMICZNY, wysłany, by odkrywać tajemnice króla planet Jowisza, ma coraz mniej czasu. Sonda Juno przetrwała znacznie dłużej, niż przewidywano – jej orbitowanie wokół największej planety Układu Słonecznego wielokrotnie prowadziło ją przez gwałtowne burze promieniowania, które już dawno powinny zniszczyć umieszczone na niej instrumenty i urządzenia elektroniczne. A jednak wciąż działa: jeden z najwspanialszych detektywów planetarnych, jaki kiedykolwiek zbudowano, nadal w pełni sprawny krąży wokół Jowisza.

Ale niedługo może się to skończyć. We wrześniu 2025 roku przedłużona misja Juno dobiegnie końca. A jeśli nawet może zostać przedłużona, to statek kosmiczny nie będzie przecież działać wiecznie. W końcu sonda zanurkuje w burzliwe niebo Jowisza, co będzie oznaczało jej śmierć. Niezależnie od tego, kiedy to nastąpi, dziedzictwo sondy jest bezsporne.

Juno ujawniła zupełnie innego Jowisza niż ten, który powstał w wyobraźni naukowców. Dziwne, geometryczne burze wielkości kontynentów, o osobliwych, ale stabilnych konfiguracjach, tańczą wokół jego biegunów. Najcięższa materia przebywa w jego atmosferze, podczas gdy głębokie wnętrze jest zaskakująco lekkie i nieostre. Nie jest zbudowane z warstw przypominających lasagne, które można znaleźć wewnątrz skalistych globów; wygląda raczej jak mieszanka wirów z różnych rodzajów atramentu.

Celem misji Juno nie było tylko poznanie Jowisza. Miała ona pogłębić wiedzę o tym, jak powstał cały Układ Słoneczny. To przecież Jowisz był pierwszą planetą, która uformowała się po narodzinach Słońca. Pod chmurami planety kryje się zapis początków wszystkiego, co nas otacza. „Oto dlaczego wysłano sondę Juno: miała zbadać wnętrze Jowisza za pomocą wszystkich znanych nam metod, aby dowiedzieć się, jakie procesy zachodzące w młodym Układzie Słonecznym doprowadziły do powstania tego globu – oraz jaką rolę odegrał on w formowaniu naszej planety” – mówi Scott Bolton, główny specjalista misji pracujący w Southwest Research Institute w San Antonio w Teksasie.

Kiedy jakaś misja bada planetę lub księżyc z bliska, zawsze jesteśmy zaskoczeni tym, co odkryje – mówi pracujący przy projekcie Juno planetolog z NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL), Steve Levin. Ale tak naprawdę chcemy, aby „teoretycy wyrzucili wszystko przez okno i zaczęli od nowa”. Juno podważyła treść większej liczby podręczników niż jakakolwiek inna misja planetarna. „To była niezła przygoda” – śmieje się Levin. Naukowcy już nigdy nie będą patrzeć na Jowisza ani cały Układ Słoneczny tak samo.

JOWISZ, RZYMSKI BÓG, CZĘSTO MIEWAŁ złe skłonności. Według mitologii, ukrywał swoje występki pod warstwą chmur, aby nikt nie mógł dostrzec, co robi. Jego żona miała jednak moc pozwalającą przenikać wzrokiem chmury i obserwować jego wybryki. Nazywała się Junona.

Pod koniec lat 70. dwie sondy kosmiczne Voyager pozwoliły ludzkości po raz pierwszy poznać niezwykłe szczegóły gazowego olbrzyma. W przeciwieństwie do boskiej Junony, Voyagery nie były w stanie przeniknąć tajemnic Jowisza, ale i tak zainspirowały Boltona, który wówczas studiował na uniwersytecie. „Byłem wielkim fanem Star Treka i fantazjowałem o podróżach kosmicznych; zastanawiałem się też, jak wygląda reszta Wszechświata” – opowiada. Kiedy ktoś z JPL podczas wykładu na jego uczelni zaprezentował wykonane przez sondę Voyager 1 oszałamiające zdjęcia Jowisza i jego wirów, wpadł w zachwyt. „Nigdy wcześniej nie widziałem czegoś podobnego”.

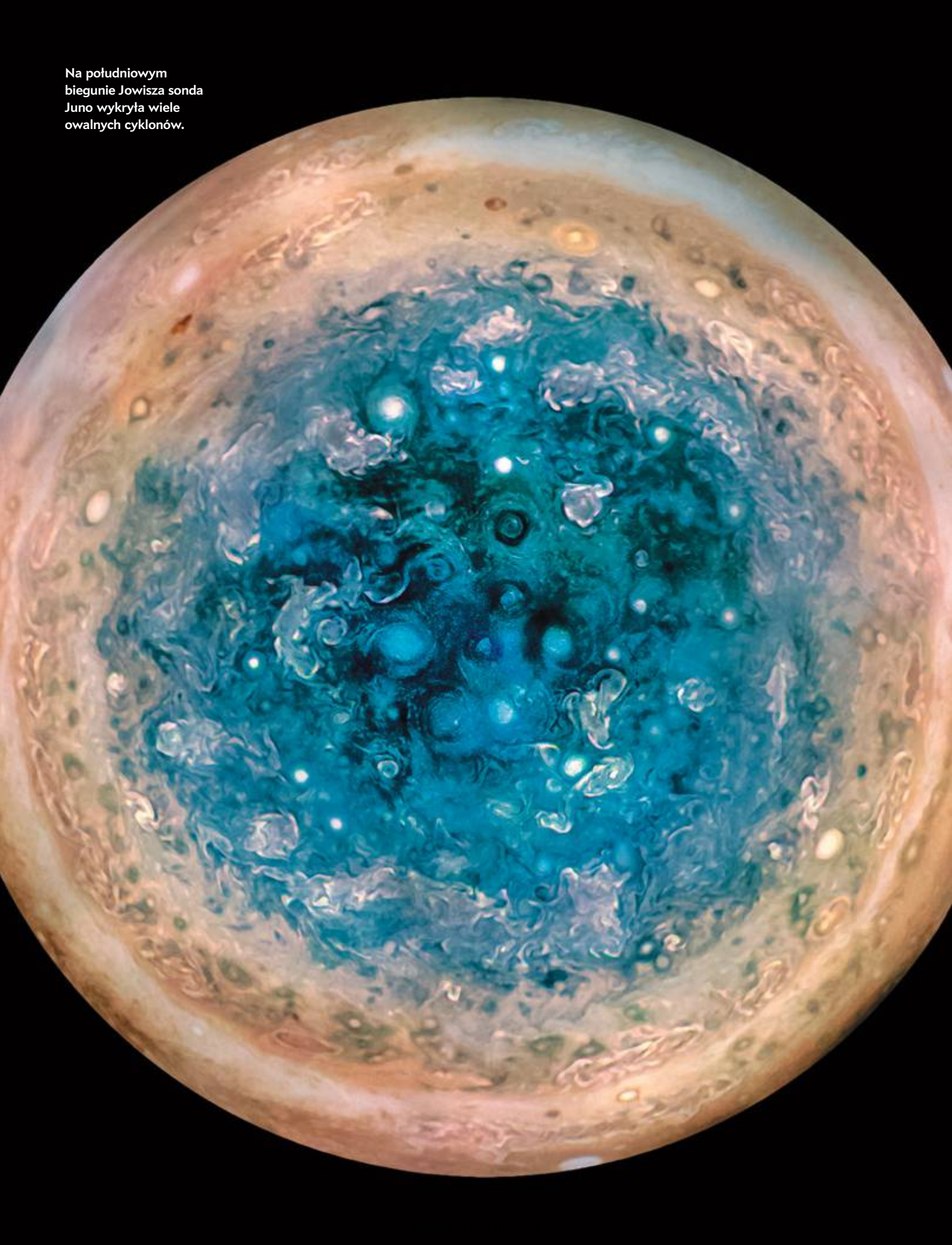
W 1980 roku Bolton dostał pracę w JPL, właśnie wtedy, gdy sonda Voyager 1 miała dotrzeć do Saturna. Później dołączył do projektu Galileo – misji mającej na celu zbadanie atmosfery i pola magnetycznego Jowisza. Krążyła wokół planety w latach 1995–2003. Był to pierwszy statek kosmiczny, który orbitował wokół planety zewnętrznej, i pierwszy, który zrzucił sondę w jej atmosferę. Chociaż Galileo zaczął tworzyć trójwymiarowy obraz Jowisza, wiele aspektów tego globu – zwłaszcza jego jądro, głębokość i charakter burz oraz niewidoczne regiony polarne – pozostawało tajemnicą.

Bolton doszedł w końcu do nieuniknionego wniosku: nauka musiała stworzyć mitologiczną Junonę. Kosztem 1,1 mld dolarów powstał statek kosmiczny. Trzy panele słoneczne zasilają zestaw urządzeń do obserwacji pozwalających przebić się przez chmury

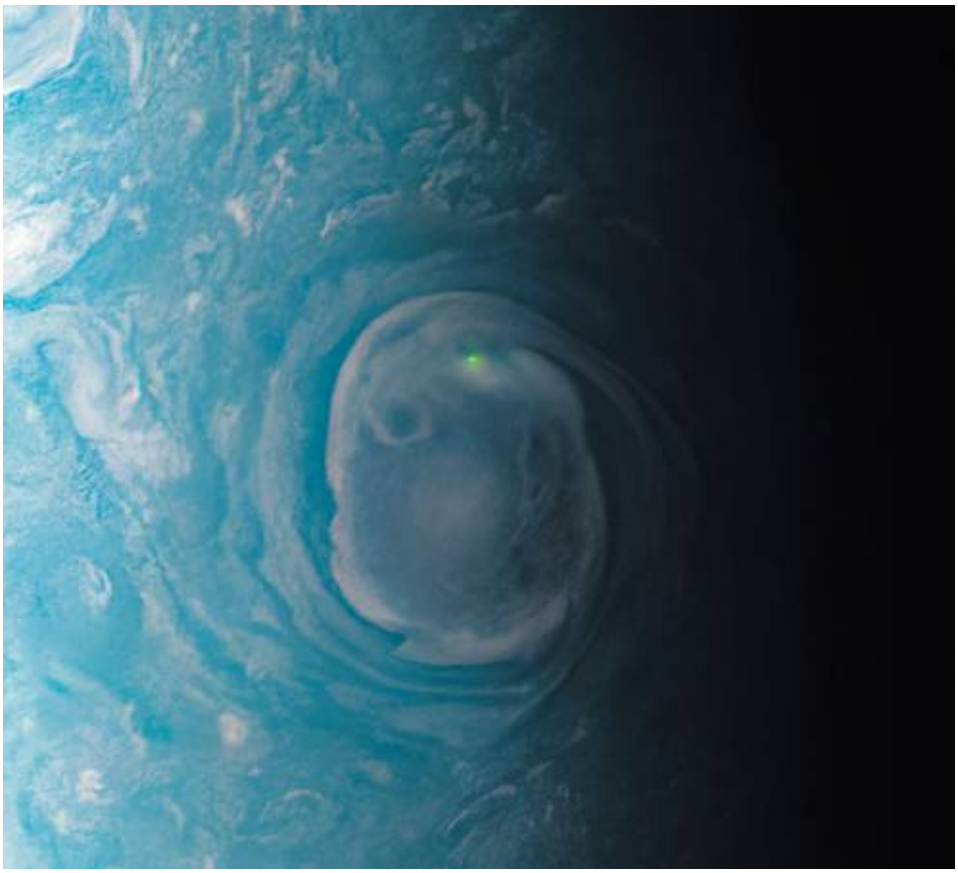
Robin George Andrews jest wulkanologiem i pisarzem popularnonaukowym mieszkającym w Londynie. Jego najnowsza książka to *How to Kill an Asteroid* (W. W. Norton, 2024). Obserwuj go na X @SquigglyVolcano

NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Gerald Eichstadt/Sean Doran © CC NC SA (*poprzednie strony*); NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS (*dane*); Betsy Asher Hall and Gervasio Robles (*przetworzenie obrazu; poprzednia strona*)

eprasa.pl 20e4b5c7ca



Na południowym biegunie Jowisza sonda Juno wykryła wiele owalnych cyklonów.



Na zdjęciu wiru na północnym biegunie Jowisza wyraźnie widoczny jest blask pioruna. Juno wykonała to zdjęcie podczas bliskiego przelotu obok planety w grudniu 2020 roku.

planety; niektóre z nich są w stanie wykrywać różne rodzaje promieniowania emitowanego z głębi globu. Jeden z instrumentów umożliwia pomiar, jak niewielkie zmiany pola grawitacyjnego planety wpływają na statek kosmiczny, dzięki czemu naukowcy mogą ustalić kształt wewnętrznej struktury Jowisza.

Ponieważ w lotach kosmicznych liczy się każdy gram dodatkowej masy, początkowe plany misji Juno nie przewidywały montażu kamery optycznej. Nie była potrzebna do osiągnięcia celów naukowych misji. Jednak Candice Hansen-Koharcheck, członkini zespołu Juno i starsza planetolożka w Planetary Science Institute w Tucson w Arizonie, przypomina sobie słowa Boltona: „nie możemy polecieć na Jowisza bez kamery". Cel naukowy misji może polegać wyłącznie na badaniu tego, co znajduje się pod chmurami. Ale kto nie chciałby rzucić okiem na huragany i wiry? JunoCam, zarządzana przez Hansen-Koharcheck, została dodana do oprzyrządowania sondy.

Największym problemem, przed którym stanęli projektanci misji, było ustalenie, jak chronić statek kosmiczny. Środowisko kosmiczne otaczające Jowisza jest wyjątkowo paskudne. Równik planety otacza torus promieniowania, które byłoby nie tylko śmiertelne dla ludzi, ale niszczyłoby elektronikę. Promieniowanie to finalnie zabije każdą sondę, która się znajdzie w jego zasięgu. Żeby opóźnić to, co nieuniknione, Juno stosuje dwie sztuczki.

Pierwszą z nich jest orbita, która wielokrotnie przebiega nad biegunami Jowisza, gdzie promieniowanie jest minimalne. Podczas każdego okrążenia sonda Juno zbliża się do chmur planety na odległość 4100 km, co pozwala jej przeprowadzać szczegółowe obserwacje naukowe, ograniczając jednocześnie czas spędzony w strefie agresywnego promieniowania. Drugim trikiem jest umieszczenie najważniejszych urządzeń elektronicznych w komorze tytanowej. Kadłub sondy jest wystawiony na promieniowanie odpowiadające ponad 100 mln dentystycznych zdjęć rentgenowskich. Wszystko, co znajduje się wewnątrz komory, otrzymuje około 800 razy mniejszą dawkę promieniowania.

Zespół misji Juno miał nadzieję, że te strategie pozwolą statkowi kosmicznemu przetrwać co najmniej rok, ale naukowcy bazowali jedynie na domysłach. „Nigdy do tej pory nie mieliśmy orbity polarnej. Nigdy nie przeciskano się między pasami promieniowania" – mówi Heidi Becker, badaczka z JPL i członkini zespołu Juno odpowiedzialna za monitorowanie promieniowania.

Jedynym sposobem, aby się o tym przekonać, było udanie się w podróż. „Od dawna obserwowałam Jowisza" – mówi Becker. Wydawało się jej, że przed startem planeta droczyła się z zespołem Juno: „no dobrze, spróbujcie, zobaczymy, czy wam się uda".

Sonda Juno opuściła Ziemię w 2011 roku i dotarła do Jowisza po przebyciu prawie 3 mld kilometrów. Szybko znalazła się na orbicie polarnej tego gigantycznego globu, a Becker i zespół odetchnęli z ogromną ulgą, gdy zdali sobie sprawę, że promieniowanie nie zniszczyło statku kosmicznego już na samym początku misji naukowej.

Naukowcy cieszyli się również z tego, że zabrali ze sobą kamerę. W momencie, gdy sonda Juno otworzyła oczy, ujrzała korowód barw galopujących z niezwykłym impetem. Nieustannie zmieniające się krajobrazy nie były zwykłymi malowidłami. „Są jak dzieła sztuki", mówi Bolton – to impresjonistyczne spirale i strumienie, zwijające się, wyginające i rozkwitające na oczach obserwatorów. Juno może i jest misją naukową, ale ujawniła również Jowisza jako zawieszony na niebie żywy obraz w stylu van Gogha.

W CIĄGU KILKU CHWIL od wejścia na orbitę sonda Juno objawiła cuda. Pierwszymi z nich były niezwykła atmosfera planety i gigantyczne burze. Kiedy sonda zajrzała na bieguny Jowisza, „zobaczyliśmy coś, czego nikt wcześniej nie widział" – mówi Levin. Kamera JunoCam i instrument do tworzenia map w podczerwieni JIRAM wykryły oktagon z ośmiu burz otaczających centralny cyklon na biegunie północnym. Z kolei na biegunie południowym znajdował się pentagon z pięciu burz krążących wokół cyklonu centralnego. Każda z tych grup jest większa od Stanów Zjednoczonych.

Obraz JIRAM północnych cyklonów okołobiegunowych przypominał „piękną, gigantyczną dynię halloweenową" – mówi Becker. Burze te nie tylko wyglądały imponująco – były też czymś zupełnie nieoczekiwanym. „Po raz pierwszy zobaczyłem je wraz z grupą osób z naszego zespołu naukowego – opowiada Levin. – Ktoś naprawdę zapytał, czy na pewno jesteśmy na właściwej planecie. I było to tylko pół żartem."

Układ na obu biegunach wydawał się dziwnie stabilny: burze przemieszczały się i zderzały ze sobą, ale żadna z nich nie

NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS (dane); Kevin M. Gill © CC BY (przetworzenie obrazu; ta strona); Źródło: Scott Bolton (dane o orbicie i weryfikacja; sąsiednia strona)

Grafika Matthew Twombly

eprasa.pl 20e4b5c7ca

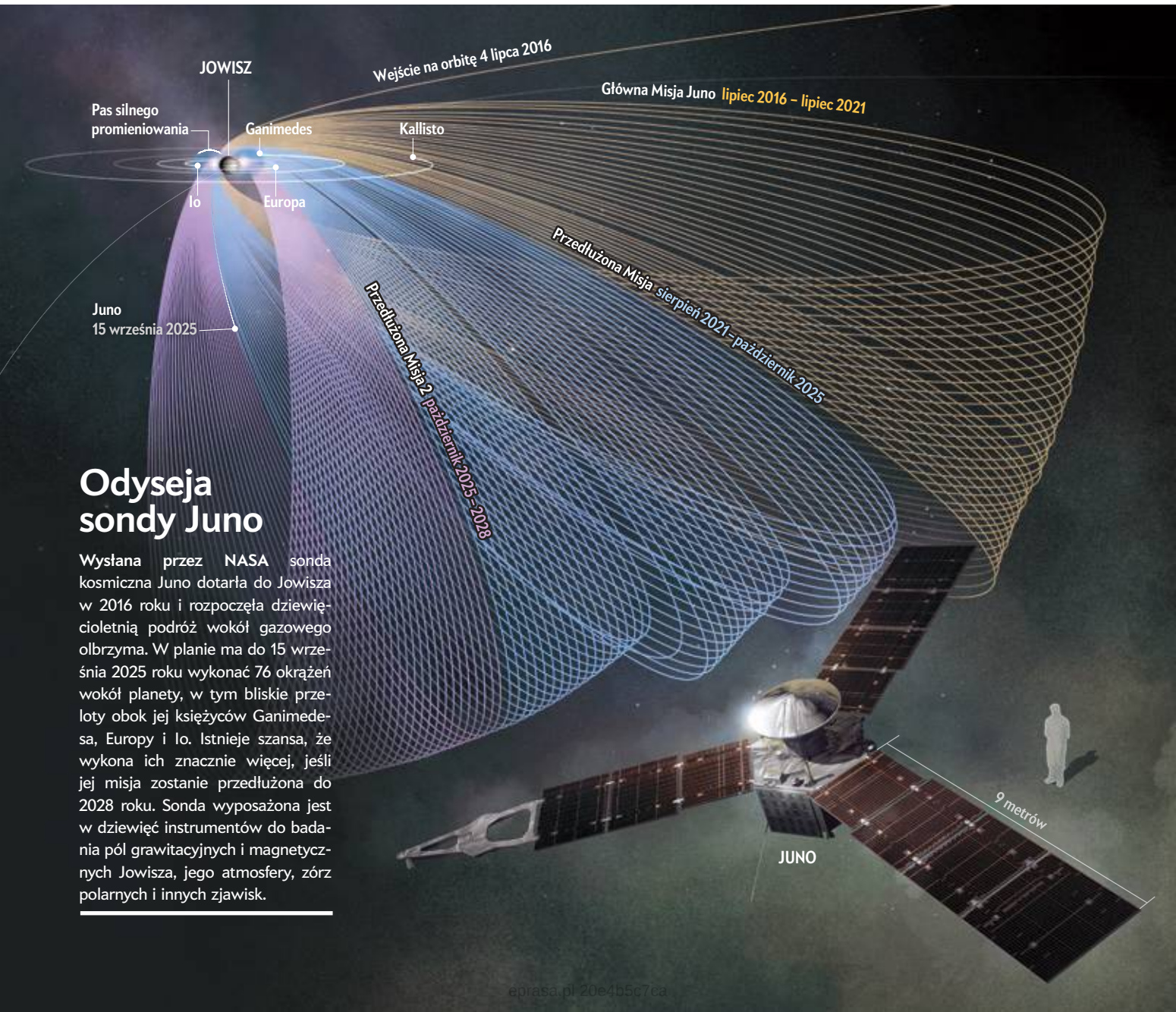
znikała. Do tej pory nikt nie znalazł jednoznacznego wyjaśnienia, dlaczego liczba burz na każdym z biegunów jest różna ani dlaczego ich układ nigdy się nie zmienia. „Przyczyna, dla której cyklony są stabilne na biegunach, pozostaje nadal tajemnicą" – mówi Alessandro Mura, naukowiec z Istituto Nazionale di Astrofisica w Rzymie i kierownik zespołu odpowiedzialnego za umieszczony na sondzie Juno instrument do tworzenia map w podczerwieni.

Najbardziej znaną burzą na Jowiszu jest Wielka Czerwona Plama – potwór w kolorze rdzy, wystarczająco duży, aby otoczyć całą Ziemię. Po raz pierwszy zaobserwowana kilka wieków temu, ma zmienny kształt i pewnego dnia może zniknąć. Do czasu przybycia sondy Juno wiedza astronomów na jej temat była powierzchowna. Badając promieniowanie emitowane przez burzliwe gazy plamy i mierząc jej przyciąganie grawitacyjne, zespół Juno zdał sobie sprawę, że sięga ona na głębokość około 500 km poniżej wierzchołków chmur – prawie 60 razy głębiej niż wysokość Mount Everestu.

Nie jest zaskoczeniem, że na planecie spowitej burzami Jowisz doświadcza wielu wyładowań atmosferycznych. Już w 1979 roku misje Voyager wychwyciły pioruny przebijające się przez chmury. Jednak, jak mówi Becker, sonda Juno „odkryła rodzaj wyładowań atmosferycznych, które nie występują na Ziemi", co wydaje się przeczyć prawom fizyki.

Podobnie jak wiele innych statków kosmicznych, Juno ma kamerę gwiazdową, czyli urządzenie, które wykorzystuje diamentowe punkty na niebie do określenia orientacji w przestrzeni i wspomagania nawigacji. Kamera może również wykrywać błyskawice, które pojawiają się w niej jako jasne plamki. Kiedy Juno spojrzała na ciemną stronę Jowisza, dostrzegła małe błyski wywołane przez pioruny na bardzo dużej wysokości.

Nie miało to żadnego sensu. Aby powstała błyskawica, woda w stanie ciekłym musi zderzyć się z kryształkami lodu i stworzyć iskrę. W 1979 roku misja Voyager wykryła pioruny w głębokich chmurach wodnych, w których dzięki wielkiemu ciśnieniu temperatury były wystarczająco wysokie, aby mogła istnieć woda w stanie ciekłym. Jednak błyskawice wykryte przez sondę Juno pochodziły z górnych warstw atmosfery Jowisza,



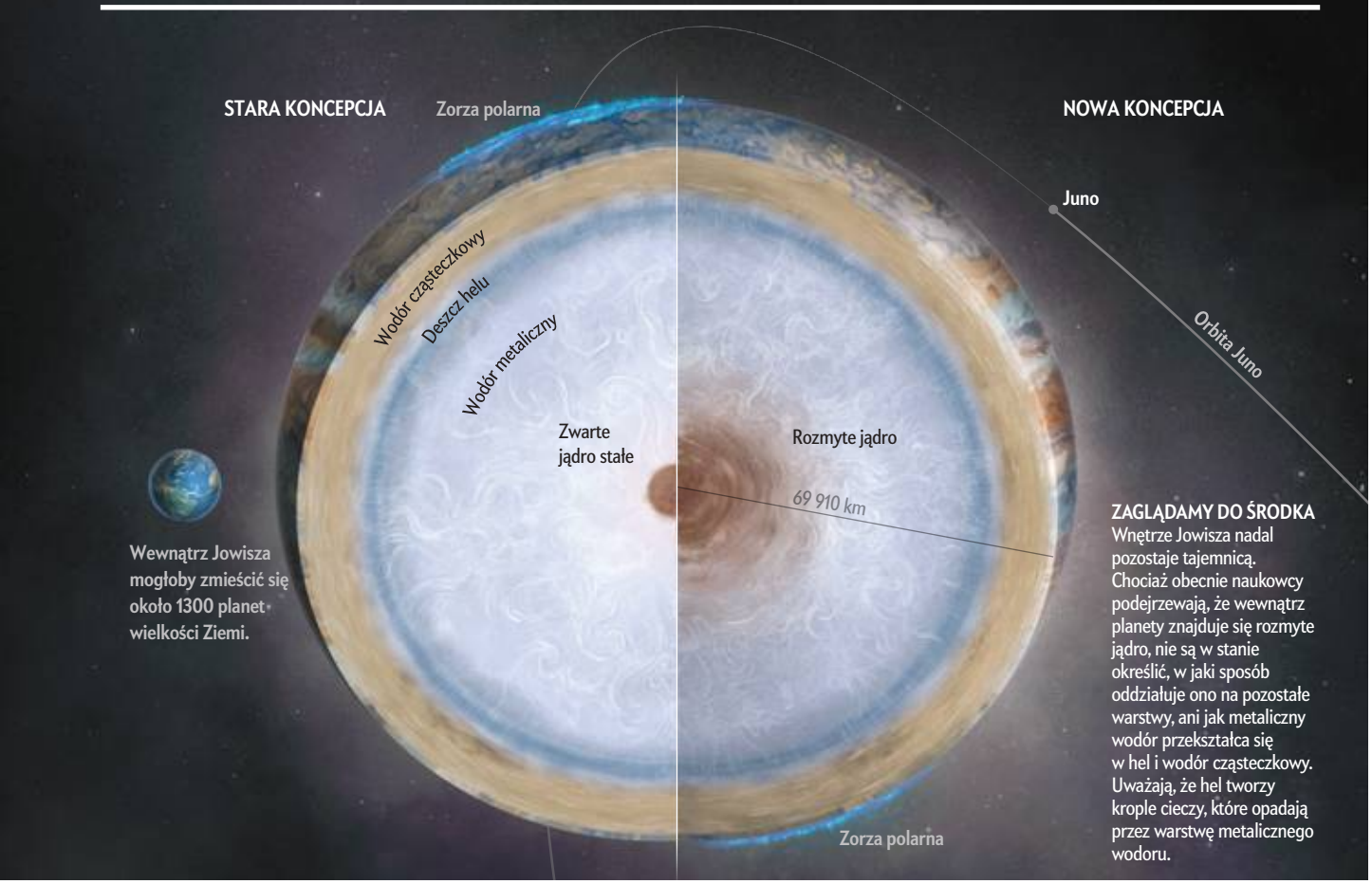
Odyseja sondy Juno

Wysłana przez NASA sonda kosmiczna Juno dotarła do Jowisza w 2016 roku i rozpoczęła dziewięcioletnią podróż wokół gazowego olbrzyma. W planie ma do 15 września 2025 roku wykonać 76 okrążeń wokół planety, w tym bliskie przeloty obok jej księżyców Ganimedesa, Europy i Io. Istnieje szansa, że wykona ich znacznie więcej, jeśli jej misja zostanie przedłużona do 2028 roku. Sonda wyposażona jest w dziewięć instrumentów do badania pól grawitacyjnych i magnetycznych Jowisza, jego atmosfery, zórz polarnych i innych zjawisk.

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Wnętrze Jowisza

Badania gazowego olbrzyma przeprowadzone przez sondę Juno zmieniły naszą dotychczasową wiedzę na temat tej planety. Przed przybyciem sondy naukowcy sądzili, że Jowisz, podobnie jak wiele innych planet w Układzie Słonecznym, może mieć stałe skaliste jądro, lub że może wcale nie mieć jądra. Tymczasem Juno znalazła dowody na istnienie dziwnego, rozmytego jądra, które wydaje się wtapiać w otaczającą je warstwę ciekłego wodoru metalicznego.



ZAGLĄDAMY DO ŚRODKA
Wnętrze Jowisza nadal pozostaje tajemnicą. Chociaż obecnie naukowcy podejrzewają, że wewnątrz planety znajduje się rozmyte jądro, nie są w stanie określić, w jaki sposób oddziałuje ono na pozostałe warstwy, ani jak metaliczny wodór przekształca się w hel i wodór cząsteczkowy. Uważają, że hel tworzy krople cieczy, które opadają przez warstwę metalicznego wodoru.

gdzie jest tak zimno, że powinny istnieć tylko kryształki lodu.

Po dłuższych badaniach gigantycznych chmur Jowisza zespół Juno ustalił, co się dzieje. Czubki chmur planety zawierają dużo amoniaku, a burze mogą wyrzucać lód, który następnie wiąże się z amoniakiem. Substancja chemiczna działa jak środek przeciw zamarzaniu, powodując zamianę lodu w ciekłe kropelki. A kiedy te kropelki uderzają w wyrzucane w górę kryształki lodu, powstaje elektryczność – i niesamowite błyskawice.

Jednak w tym miejscu pojawiła się kolejna zagadka. Oczywiście, chmury amoniaku i lodu prawdopodobnie dominują na niebie Jowisza, ale sonda Juno odkryła, że w niektórych częściach najwyższej warstwy atmosfery występuje niedobór amoniaku. Nie miało to sensu: atmosfera Jowisza wygląda na niezwykle burzliwą – jak energicznie ubijane surowe jajko – więc wszystkie jej składniki powinny być wymieszane, a rozkład gazów równomierny. Jak to możliwe, że w wielu częściach planety znajdują się studnie o głębokości 150 km, w których nie ma amoniaku?

„Nie było żadnego wyjaśnienia, które choćby w przybliżeniu mogło ten fakt wytłumaczyć" – mówi Chris Moeckel, planetolog z University od California w Berkeley. Jego pierwszą myślą było: „To nie może być prawda". A jednak dane były wiarygodne.

Aby zrozumieć to zjawisko, stworzono skomplikowaną hipotezę. Kiedy amoniak znajdujący się wysoko w atmosferze zamienia lód wodny w ciecz, woda i amoniak łączą się, tworząc osobliwą breję otoczoną lodową powłoką. Następnie otoczone lodem kulki tej brei o wielkości piłki do softballu spadają z powrotem na planetę, gdzie topnieją na głębokościach uważanych za zbyt ekstremalne, aby instrumenty sondy Juno mogły je zbadać.

Przez kilka lat teoria ta wydawała się zbyt skomplikowana, aby mogła być prawdziwa. Jednak Moeckel i jego współpracownicy przekonali się do niej dzięki możliwościom radiometru mikrofalowego sondy Juno. Instrument ten może mierzyć fale radiowe, które zdradzają obecność różnych związków chemicznych. Podczas jednego z obiegów Jowisza sonda Juno odnotowała gwałtowny wzrost produkcji amoniaku w planecie na wyjątkowej głębokości. Według Moeckela było to wyraźnym znakiem, że z nieba spadły lodowe kule, które po stopieniu uwolniły uwięzioną w nich wodę i amoniak. Naukowcy nazwali to niezwykłe zjawisko pogodowe „brejowatymi klopsikami" (mushballs). „To głupia nazwa – mówi Moeckel – ale pasuje".

SONDA JUNO PRZETESTOWAŁA także swoje instrumenty na polu magnetycznym Jowisza, największej strukturze w Układzie Słonecznym, która sięga co najmniej do sąsiedniej planety – Saturna. Juno odkryła, że pole magnetyczne

Grafika Matthew Twombly

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Jowisza jest niestabilne i asymetryczne – bardziej chaotyczne na półkuli północnej niż na południowej. W pobliżu równika występuje również intensywna koncentracja magnetyzmu, obszar nazywany (co może wprowadzać w błąd) Wielką Błękitną Plamą.

Cechy te są dość osobliwe, ale naprawdę dziwne jest samo istnienie tak ogromnego pola, ponieważ na Jowiszu nie ma płynnego żelaza i niklu, które są odpowiedzialne za pole magnetyczne Ziemi. Wewnątrz Jowisza istnieje jednak ocean wodoru, który znajduje się pod tak dużym ciśnieniem, że elektrony są odrywane od poszczególnych atomów tego pierwiastka, przekształcając go w egzotyczny, metalopodobny płyn elektryczny, generujący potężne pole magnetyczne.

Jeszcze większa tajemnica dotyczy tego, co kryje się pod morzem wodoru i znajduje się w najgłębszym jądrze planety. To, co odkryła sonda Juno, wprawiło naukowców w osłupienie.

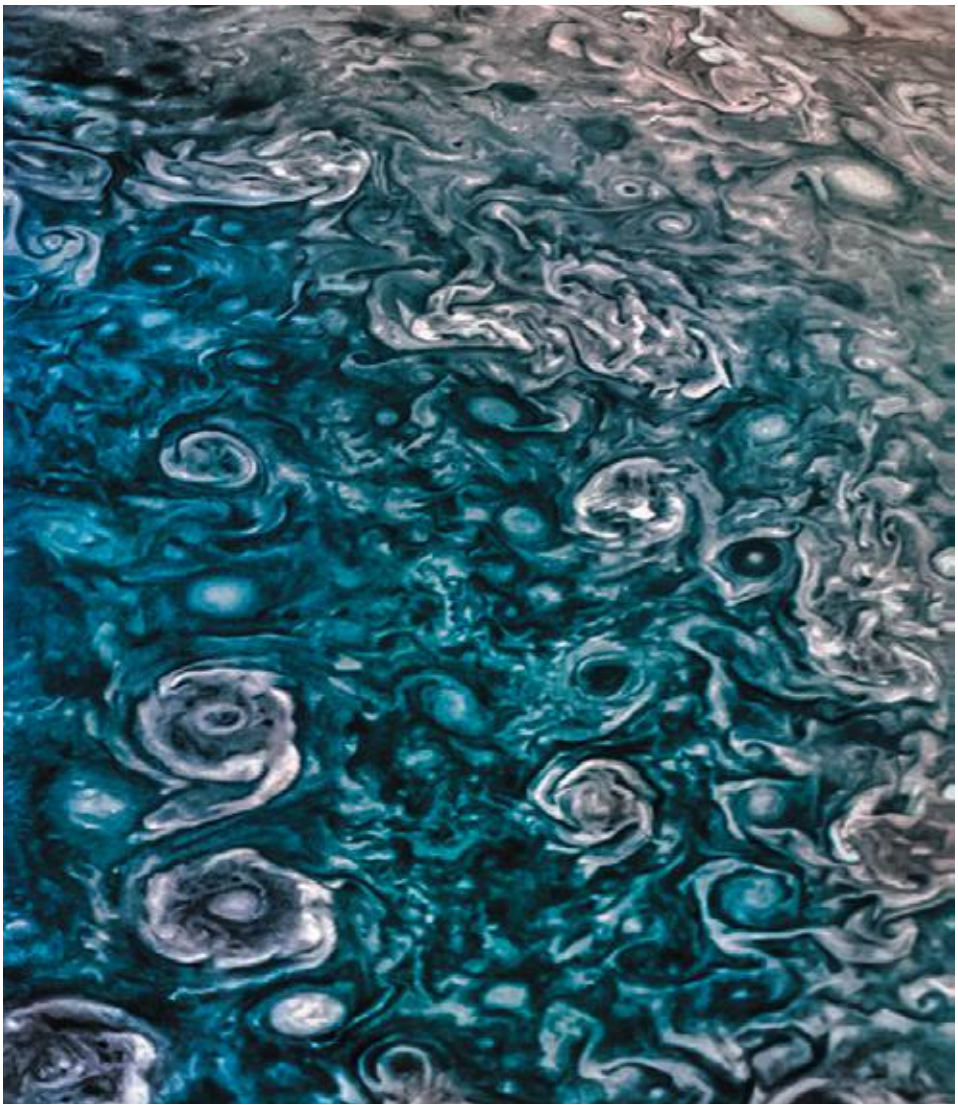
Przed przybyciem sondy kosmicznej istniały dwie dominujące koncepcje dotyczące wnętrza Jowisza. Pierwsza z nich zakładała, że planeta może mieć zwarte jądro ze skał i metali, podobne do jąder innych planet. Jeśli takie jądro istnieje, to Jowisz, tak samo jak planety wewnętrzne Układu Słonecznego, prawdopodobnie powstał w wyniku stopniowego gromadzenia się gazu i materii stałej. Zgodnie z drugą hipotezą Jowisz nie ma żadnego jądra. W takim przypadku Juno mogłaby wykryć kulę superskompresowanego gazu, co sugerowałoby, że Jowisz utworzył się w wyniku nieudanej próby powstania gwiazdy, która nie zgromadziła wystarczającej ilości gazu, aby wywołać zapłon termojądrowy.

„W rzeczywistości żadna z tych hipotez nie była prawdziwa" – mówi Bolton. Aby wykryć jądro planety, Juno przeprowadziła dochodzenie detektywistyczne, wykorzystując do tego celu pole grawitacyjne Jowisza. Sonda nieustannie komunikuje się z Ziemią za pomocą fal radiowych. Nierównomiernie rozłożona masa Jowisza powoduje, że Juno czasami przyspiesza, a czasami zwalnia, w zależności od siły grawitacji, której sonda podlega. Następstwem takich zmian prędkości są subtelne zmiany długości fal radiowych wysyłanych i odbieranych przez Juno – efekty, które naukowcy mogą wykorzystać do określenia wewnętrznej struktury Jowisza.

To, co odkryto, początkowo wydawało się nonsensem. W głębi oceanu metalicznego wodoru sonda Juno zidentyfikowała wewnętrzne jądro zbudowane z czegoś, co prawdopodobnie jest ciałem stałym, chociaż naukowcy nie są tego pewni. „Stopniowo wtapia się ono w otaczające warstwy" – mówi Ryan Park, naukowiec z JPL i jeden z kierowników eksperymentu grawitacyjnego misji Juno. Wodór i materiał jądra wydają się wzajemnie przenikać. Sytuacja ta znacznie różni się od tej we wnętrzu Ziemi, gdzie lżejszy płaszcz skalny unosi się nad gęstszym jądrem z żelaza i niklu, a pomiędzy nimi istnieje wyraźna granica. „Szczerze mówiąc, nie wiemy, jak to wyjaśnić" – mówi Levin. A to jeszcze nie koniec.

Słońce i Jowisz są bogate zarówno w wodór, jak i hel, ale zawierają również niewielką ilość cięższych pierwiastków. Jowisz, ogromna planeta, która podczas swojego powstawania najprawdopodobniej pochłonęła skaliste i lodowe fragmenty wielkości planet, powinna zawierać znacznie więcej ciężkich pierwiastków niż Słońce. I rzeczywiście, Juno odkryła, że Jowisz ma trzy–cztery razy więcej ciężkich pierwiastków niż nasza gwiazda. Problem polega jednak na tym, że pierwiastki te wydają się znajdować w górnych warstwach atmosfery, a w najgłębszym jądrze jest ich stosunkowo mało. Wszystkie te ciężkie pierwiastki powinny opadać pod wpływem grawitacji ku jądru, jednak najwyraźniej tak się nie dzieje. Jeśli jądro jest tak lekkie, to z czego mogłoby być zbudowane?

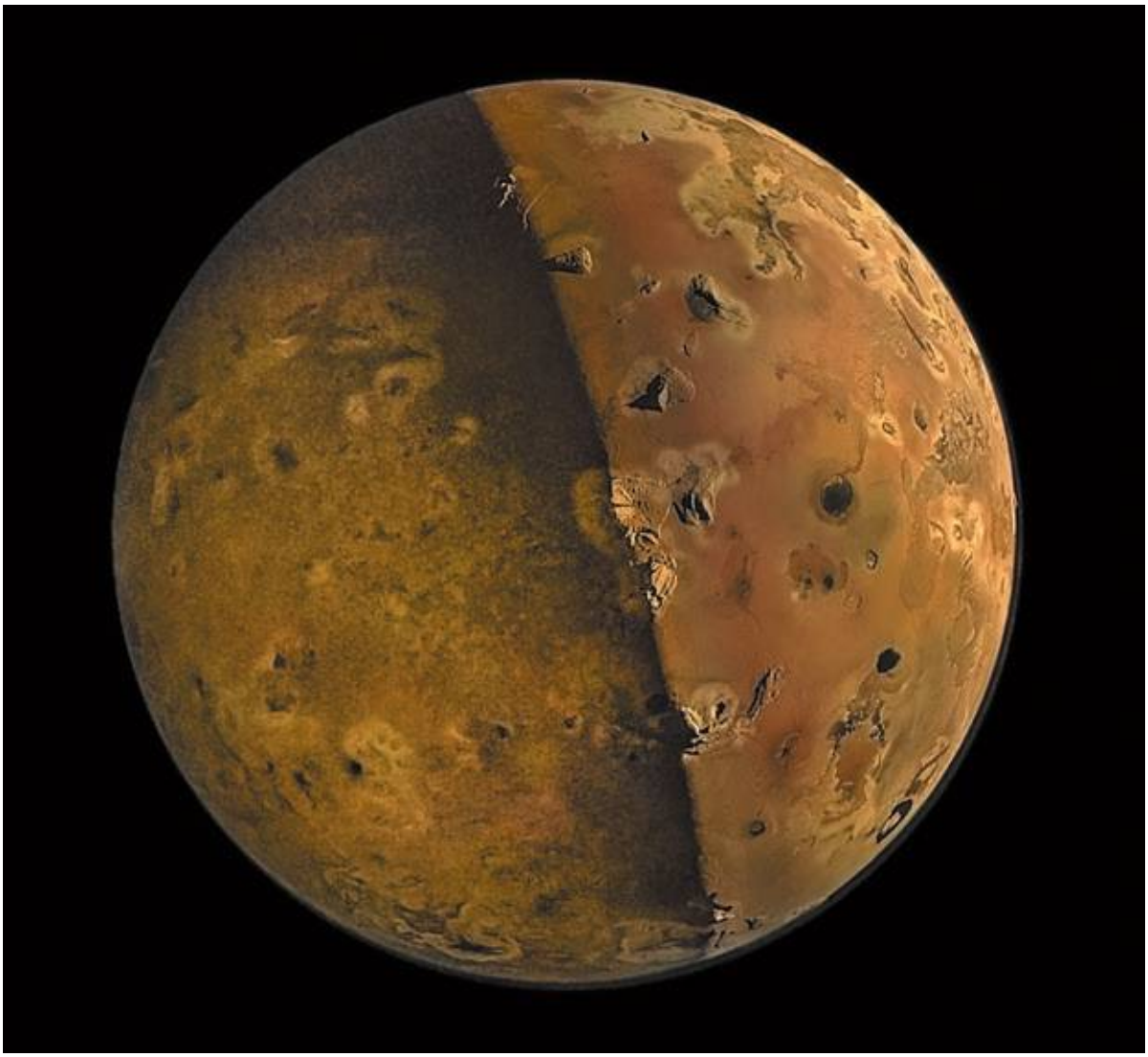
Naukowcy usilnie poszukują odpowiedzi. Takie rozmyte jądro nie pasuje do żadnego modelu powstawania planet. Niektórzy rozważają scenariusz, w którym gigantyczny meteoryt uderzył w stałe jądro, rozbił je i zmieszał z oceanem metalicznego wodoru. Levin podejrzewa, że być może nie znamy jeszcze całej fizyki. Podkreśla, że „mówimy o temperaturze i ciśnieniu znacznie wyższych niż te, do



Nad północnym biegunem Jowisza szaleją gwałtowne burze. W tajemniczy sposób są one stabilne, a każda grupa cyklonów jest większa niż kontynentalna część Stanów Zjednoczonych.

NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS (dane); Emma Walinski © CC BY (przetworzenie obrazu)

eprasa.pl 20e4b5c7ca



których jesteśmy przyzwyczajeni", o warunkach tak ekstremalnych, iż trudno je odtworzyć w laboratorium. [W sierpniu bieżącego roku w czasopiśmie „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" ukazał się artykuł T. D. Sandnesa i współpracowników dokumentujący przeprowadzone na superkomputerze symulacje zderzeń obiektów z Jowiszem. W żadnym z przypadków nie otrzymano rozmytego jądra z obniżoną ilością pierwiastków ciężkich. Wynik ten, w połączeniu z niedawnym odkryciem rozmytego jądra w Saturnie, sugeruje, że takie jądra powstają powszechnie w trakcie ewolucji planet olbrzymów, a nie są skutkiem przypadkowych zderzeń z innymi ciałami – przypis tłumacza dra Michała Czernego]

INNE PRZEŁOMOWE ODKRYCIA sondy Juno związane są z księżycami Jowisza. Badania dwóch lodowych ciał niebieskich – pokrytego kraterami Ganimedesa i skrywającej ocean Europy (celu niedawno wystrzelonej misji NASA) – pozwoliły uzyskać zapierające dech w piersiach obrazy tych dynamicznych światów, a także ujawniły ich niezwykłe właściwości chemiczne. Jednak to księżyc o nazwie Io przyciągnął największą uwagę Juno i tym samym dostarczył najbardziej szokujących niespodzianek.

„Io to bardzo osobliwy księżyc, ponieważ jest obiektem o największej aktywności wulkanicznej" – mówi Mura. Jego powierzchnia o barwach będących mieszanką odcieni spalonej pomarańczy, mdłej żółci i szkarłatu pokryta jest skalistymi kalderami wypełnionymi lawą, a także wulkanami, których wybuchy wyrzucają magmę w przestrzeń kosmiczną. W niej materia pod wpływem światła słonecznego ulega jonizacji, po czym trafia do atmosfery Jowisza, tworząc niezwykle jasne zorze polarne.

Od lat 70. naukowcy wiedzą, że wulkanizm Io jest stymulowany przez jego eliptyczną orbitę wokół Jowisza. Kiedy Io znajduje się bliżej planety, jej grawitacja wywiera na niego większy wpływ; kiedy jest dalej, wpływ ten jest słabszy. Zmiany przyciągania grawitacyjnego ugniatają księżyc jak plastelinę, tworząc fale pływowe w litej skale o wysokości ponad 90 m. Wszystkie te ruchy są źródłem dużego tarcia, wielkiej ilości ciepła – i ogromnej ilości magmy.

Wielu uważało, że mechanizm ten, znany jako grzanie pływowe, jest wystarczająco silny, aby stworzyć pod powierzchnią jeden wielki ocean magmy, a nie mniejsze, odosobnione zbiorniki, takie jak te, które zasilają wulkany na Ziemi. Misja Galileo zdawała się potwierdzać tę hipotezę: pod skorupą Io wykryła warstwę przewodzącą prąd elektryczny, co sugerowało istnienie morza magmy.

Jednakże kiedy Juno dwukrotnie przeleciała niebezpiecznie blisko Io, zbliżając się na odległość 1500 km od burzliwej powierzchni, nie znalazła żadnych oznak płytkiego oceanu magmy. Mura podejrzewa obecnie, że magma na Io

Z NASZEGO ARCHIWUM
Misje do księżyców
Jonathan O'Callaghan; czerwiec 2023.

NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS (*dane*); Emma Wälimäki © CC BY (*przetworzenie obrazu. Io*); NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS (*Ganymedes*)

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Sonda Juno wykonała bliskie przeloty obok trzech księżyców Jowisza (*od lewej do prawej*): Io, Ganimedesa i Europy. Io to najbardziej aktywny wulkanicznie glob w całym Układzie Słonecznym. Doszło na nim do największej erupcji wulkanicznej, jaką kiedykolwiek zarejestrowano. Ganimedes jest miejscem pokrytym kraterami, podobnie jak nasz Księżyc, a Europa może poszczycić się oceanem ukrytym pod powierzchnią.

NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS (*dane*); Björn Jónsson CC BY 3.0 (*przetworzenie obrazu Europy*)

znajduje w się labiryncie dochodzących do powierzchni skalnych tuneli, które od czasu do czasu wyrzucają ją na zewnątrz.

Nie jest to jednak pewne. Tak jak poprzednio, obserwacje sondy Juno przyniosły więcej pytań niż odpowiedzi. Ale, gdy naukowcy zastanawiają się nad możliwymi rozwiązaniami, mogą przynajmniej zachwycać się nieokiełznaną wściekłością Io.

„Odkryliśmy największą erupcję, jaką kiedykolwiek zarejestrowano" – mówi Bolton. W grudniu 2024 roku spektrometr obrazujący w podczerwieni JIRAM zarejestrował na południowej półkuli księżyca skok temperatury, który na krótko go oślepił: paroksyzm wyrzutu lawy rozprzestrzenił się na obszarze 100 tys. km^2, wystarczającym do pokrycia jednej czwartej powierzchni Kalifornii. Wytworzył on więcej energii niż całkowita roczna produkcja energii na Ziemi. „Ten proces wciąż trwa" – dodaje Bolton.

WEDŁUG WSZELKICH wcześniejszych przewidywań sonda Juno powinna już dawno przestać działać. Promieniowanie powinno już ją zniszczyć lub przynajmniej uszkodzić co najmniej jeden z jej instrumentów. Jednakże w jakiś sposób przetrwała znacznie dłużej, niż zakładał to harmonogram jej głównej misji, której koniec miał nastąpić w 2021 roku.

Jeśli zatwierdzone zostanie kolejne trzyletnie przedłużenie, Juno będzie mogła lepiej przyjrzeć się układowi pierścieni planety i niektórym z jej mniej znanych, najbardziej wewnętrznych księżyców. Nie wiadomo jednak, jak długo przetrwa starzejący się statek kosmiczny. „Coś może się przecież zepsuć" – obawia się Bolton. Być może „promieniowanie zniszczy coś tak ważnego, że nie będzie już mógł dalej funkcjonować". Kiedy nadejdzie kres, sonda spłonie, zbliżając się po spirali do gazowego olbrzyma, którego badała przez całe życie. „W końcu Juno samodzielnie zderzy się z Jowiszem" – mówi Bolton.

Jednakże spuścizna statku kosmicznego już teraz jest ogromna. Dzięki Juno wiemy, że Jowisz jest miejscem znacznie bardziej zagadkowym, niż ktokolwiek śmiał sobie wyobrażać, zmuszając planetologów do odrzucenia wielu przestarzałych koncepcji na temat powstawania planet. Sonda zademonstrowała również, w jaki sposób przyszłe misje kosmiczne mogą chronić się przed najsilniejszym promieniowaniem w Układzie Słonecznym. Sonda Juno pokazała moce niczym jej boska imienniczka. „Cóż za niesamowity sukces NASA" – cieszy się Becker. ■

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Rozwiązywanie 125-letniego problemu matematycznego

Przełom w podejściu do szóstego problemu Hilberta to ważny krok ku matematyzacji fizyki

JACK MURTAGH

KIEDY NAJWYBITNIEJSZY żyjący matematyk przedstawia wizję badań na kolejne stulecie, skupia na sobie uwagę całego matematycznego świata. Dokładnie tak się stało w roku 1900 na odbywającym w Paryżu na Sorbonne Université Kongresie Matematyków. David Hilbert przedstawił wówczas 10 nierozwiązanych problemów jako ambitne tematy do podjęcia w XX wieku. Później rozszerzył tę listę do 23 problemów, a ich wpływ na rozwój matematyki w minionych 125 latach jest nie do przecenienia.

Szósty problem Hilberta był jednym z najważniejszych. Postulował „aksjomatyzację" fizyki, czyli określenie absolutnego minimum relacji matematycznych leżących u podstaw wszystkich fizycznych teorii. Właściwie nie jest jasne, czy fizycy matematyczni kiedykolwiek będą w stanie sprostać temu wyzwaniu. Hilbert wspomniał jednak o kilku specyficznych podproblemach, a naukowcy później doprecyzowali jego wizję i poczynili konkretne kroki zmierzające ku rozwiązaniu.

W marcu tego roku matematycy Yu Deng z University of Chicago oraz Zaher Hani i Xiao Ma z University of Michigan, opublikowali na serwerze preprintów arXiv.org artykuł dotyczący rozwiązania jednego z podproblemów. Jeśli ich praca przetrwa krytykę, będzie znaczącym krokiem ku matematyzacji fizyki i może otworzyć drogę do przełomów w różnych jej działach.

W artykule naukowcy wykazują, że odkryli sposób połączenia trzech teorii fizycznych wyjaśniających prawa mechaniki płynów. Teorie te mają zastosowanie w wielu dziedzinach – od projektowania samolotów po prognozowanie pogody – ale dotąd były oparte na założeniach niepopartych ścisłym dowodem. Odkrycie nie zmienia samych teorii, ale uzasadnia je matematycznie i wzmacnia pewność, że opisujące je równania są poprawne.

Każda teoria różni się stopniem wglądu w przepływ cieczy lub gazu. Na poziomie mikroskopowym płyn tworzą cząstki – minikule bilardowe odbijające się i zderzające – których trajektorie są dobrze opisane przez prawa ruchu Newtona.

Gdy jednak oddalimy się, aby rozważać zbiorowe zachowanie ogromnej liczby cząstek na tzw. poziomie mezoskopowym, wówczas modelowanie ruchu każdej z nich z osobna staje się niepraktyczne. W roku 1872 austriacki fizyk teoretyczny Ludwig Boltzmann zajął się tym problemem, opracowując równanie nazwane później jego imieniem. Zamiast śledzić zachowanie każdej cząstki, równanie Boltzmana uwzględnia prawdopodobne zachowanie typowej. Ta perspektywa statystyczna niweluje szczegóły na rzecz trendów wyższego rzędu. Równanie to pozwala fizykom obliczać zmiany takich wielkości, jak pęd i przewodnictwo cieplne w płynie, bez mozolnego rozważania wszystkich mikroskopijnych zderzeń.

Oddalając się jeszcze bardziej, znajdziemy się w świecie makroskopowym. Tutaj postrzegamy płyn nie jako zbiór dyskretnych cząstek, lecz jako pojedynczą, ciągłą substancję. Na tym poziomie funkcjonują równania Eulera i Naviera-Stokesa, które dokładnie opisują ruch płynów i relacje między ich właściwościami fizycznymi, bez odwoływania się do cząstek.

Wszystkie trzy poziomy opisują to samo podstawowe zjawisko – ruch płynu. Zasadniczo każda teoria powinna bazować na teorii znajdującej się niżej w hierarchii: makroskopowe równania Eulera i Naviera-Stokesa powinny logicznie wynikać z mezoskopowego równania Boltzmanna, które z kolei powinno logicznie wynikać z mikroskopowych praw ruchu Newtona. Ta relacja jest rodzajem aksjomatyzacji, którą postulował Hilbert w szóstym problemie, odwołując się w szczególności do prac Boltzmanna nad gazami. Oczekujemy, że kompletne teorie fizyczne będą zgodne z regułami matematycznymi, które wyjaśniają zjawisko od poziomu mikroskopowego do makroskopowego. Jeśli naukowcy nie zdołają wypełnić tej luki, może to sugerować złe pojmowanie istniejących teorii.

Ujednolicenie trzech ujęć dynamiki płynów było trudnym wyzwaniem, ale być może Deng, Hani i Ma właśnie tego dokonali. Ich osiągnięcie bazuje na dekadach wcześniejszych odkryć. Wszystkie one były jednak uzupełnione jakimś zastrzeżeniem. Na przykład dotyczyły tylko krótkich okresów, występowały wyłącznie w próżni lub w innych specyficznych warunkach.

Nowy dowód składa się z trzech kroków: wyprowadzenia teorii makroskopowej z mezoskopowej, wyprowadzenia

Jack Murtagh pisze o matematyce, w tym rekreacyjnej, m.in. o ciekawostkach matematycznych w „Scientific American" i na portalu Gizmodo. Uzyskał doktorat z informatyki teoretycznej na Harvard University. Aktywny w serwisie X (@JackPMurtagh).

Matematycy twierdzą, że odkryli sposób unifikacji trzech teorii wyjaśniających mechanikę płynów.

Floriana/Getty Images

eprasa.pl 20e4b5c7ca

teorii mezoskopowej z mikroskopowej, a następnie połączenia ich w jedno wyprowadzenie praw makroskopowych z praw mikroskopowych.

Pierwszego kroku dokonywano już wcześniej, w czym miał też udział Hilbert. Wyprowadzenie praw mezoskopowych z mikroskopowych było jednak znacznie trudniejsze matematycznie. Należy pamiętać, że środowisko mezoskopowe dotyczy zbiorowego zachowania ogromnej liczby cząstek. Deng, Hani i Ma analizowali równania Newtona w sytuacji, gdy liczba zderzających się i odbijających cząstek rośnie do nieskończoności, a ich rozmiar maleje do zera. Udowodnili, że gdy obejmie się równaniami Newtona te skrajności, to statystyczne zachowanie układu – lub prawdopodobne zachowanie typowej cząstki płynu – będzie odpowiadać równaniu Boltzmanna. Ten krok umożliwia przejście od matematyki mezoskopowej do mikroskopowej w ekstremalnej sytuacji.

Główną przeszkodą na tym etapie był czas modelowania równań. Matematycy wiedzieli, jak wyprowadzić równanie Boltzmanna z praw Newtona w skrajnie krótkich skalach czasowych. Jednak to nie spełnia tzw. programu Hilberta, ponieważ ruch rzeczywistych płynów może trwać dowolnie długo. Dłuższe skale czasowe wiążą się ze zwiększoną złożonością: dochodzi do większej liczby zderzeń, a cały proces zachowania się cząstek może mieć wpływ na ich bieżące zachowanie. Autorzy pokonali tę przeszkodę, starannie analizując wpływ historii cząsteczki na jej teraźniejszość i wykorzystując nowe techniki matematyczne w celu wykazania, że wpływ skumulowanych efektów wcześniejszych zderzeń pozostaje niewielki.

Połączenie ich przełomowego odkrycia w długiej skali czasowej z wcześniejszymi pracami nad wyprowadzeniem równań Eulera i Naviera-Stokesa z równania Boltzmanna prowadzi do unifikacji trzech teorii dynamiki płynów. Odkrycie to uzasadnia przyjmowanie różnych perspektyw dotyczących dynamiki płynów na podstawie tego, co jest najbardziej przydatne w danym kontekście, ponieważ matematycznie zbiegają się one w jednej ostatecznej teorii opisującej tę samą rzeczywistość. Jeśli dowód jest poprawny, otwiera to nowe możliwości przed programem Hilberta. Możemy mieć tylko nadzieję, że dzięki takiemu świeżemu podejściu wyzwania postawione przez Hilberta w dziedzinie fizyki będą coraz częściej podejmowane. ■

Jak poradzić sobie z diagnozą, która odmienia życie

Gdy dziecko zmaga się z poważnym problemem zdrowotnym, nasza umiejętność odnalezienia się w nowych waunkach może okazać się kluczem do szczęścia całej rodziny BETH S. RUSSELL

„CO JA MAM TERAZ ZROBIĆ?" – to pytanie najczęściej słyszałam od rodziców, kiedy rozpoczynałam szkolenie na oddziale intensywnej terapii noworodka (OITN) w szpitalu dziecięcym.

Czułam ból rodziców ciężko chorych niemowląt – przygarbieni, poruszali się powoli, przygnieceni ciężarem zmartwień. Ich ciche głosy zdradzały niepokój o przyszłość odbijający się od każdej ściany. Czy dadzą radę opiekować się dzieckiem w domu, bez szpitalnego sprzętu i wsparcia? Jak w tych trudnych warunkach wypełnią swoje codzienne obowiązki, aby dziecko mogło się rozwijać?

Ponad 20 lat później, w innym szpitalu dziecięcym, obserwowałam podobne obawy u rodziców nastolatków cierpiących na przewlekły ból. Choć już od co najmniej dekady opiekowali się swoimi dziećmi, wielu wciąż nie miało pewności, co robić i jak je wspierać, gdy te zbliżały się do dorosłości. Bez wyjątku chcieli, by ich potomstwo dążyło do niezależności w dorosłym życiu, ale obawiali się nawet krótkich chwil samodzielności dzieci, bo mogły zakłócić plan leczenia. Tak samo jak rodzice z oddziału intensywnej terapii noworodków sprzed lat, te rodziny również starały się być najlepszymi możliwymi opiekunami i rodzicami. A to niezwykle trudne.

Wychowywanie dziecka z przewlekłą chorobą zmienia codzienną rutynę. Posiłki, kąpiel czy ubieranie przebiegają inaczej; inne są także pory snu czy zabawy. Rodzice nadal muszą być cierpliwi, ciepli, reagujący i wspierający – to się nie zmienia. Umiejętność chwalenia dziecka, dawanie mu oparcia, konsekwencja pozostają kluczowe, choć bywają trudniejsze w realizacji. Opieka może być skrajnie obciążająca, a badania pokazują, że rodzicom trudno czasem zadbać zarówno o własne potrzeby, jak i potrzeby dzieci – często poświęcają własne zdrowie i dobrostan. Obciążenie opiekuna – stres i napięcie związane z rolą osoby opiekującej się kimś z przewlekłą chorobą – może negatywnie wpływać na zdrowie i widoczne jest w wielu wskaźnikach dobrostanu psychicznego, takich jak nasilone objawy lęku i depresji czy obniżone ogólne poczucie satysfakcji z życia.

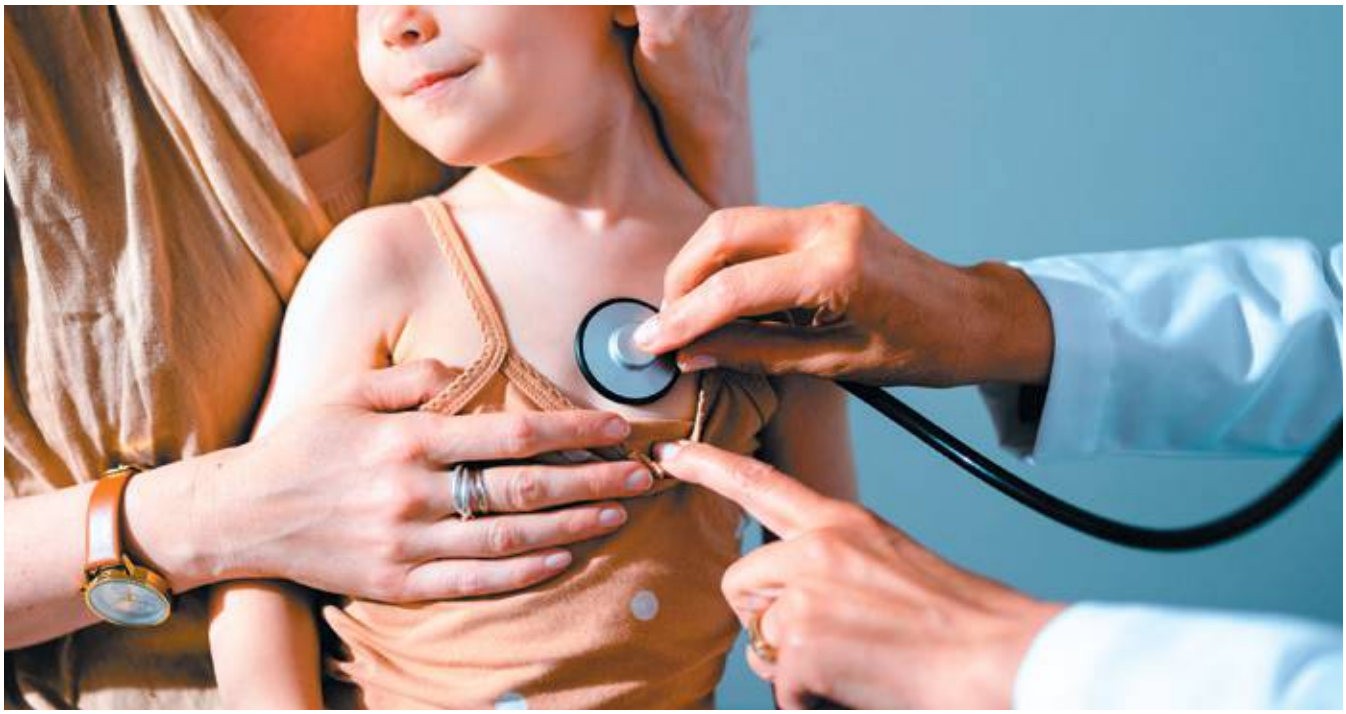
Po dekadach badań nad tym, jak ludzie radzą sobie z cierpieniem psychicznym – w tym cierpieniem dzieci z przewlekłymi, nawracającymi chorobami – opracowałam i zweryfikowałam programy wsparcia, które mają pomóc rodzinom zmagać się z codziennym stresem. Diagnoza dziecka może pozwolić zrozumieć wcześniejsze trudności i wskazać, jakie strategie pozwolą przetrwać kolejne. Ale może być też głęboko wstrząsająca i budzić lęk, bo nadmiar informacji przytłacza i rodzi nowe obawy.

Żaden rodzic nie jest w stanie przewidzieć, jak będzie wyglądać moment, w którym jego dorosłe dziecko zacznie samodzielne życie. Ci, których dzieci mają przewlekłe problemy zdrowotne, mają jeszcze mniej przykładów, na których mogliby się wzorować. Część tej niepewności wynika z faktu, że rodzicielstwo jest jedną z naszych najbardziej wrażliwych i cennych ról – dlatego rodzice zwykle strzegą swojej prywatności. To także konsekwencja tego, że każda rodzina ma unikalne doświadczenia, nawet w obliczu tej samej diagnozy. To, co działa w jednym przypadku, niekoniecznie sprawdzi się w innym. Może to sprawiać, że ludzie stają się sceptyczni, nadmiernie ostrożni albo niechętni, by udzielać rad czy próbować nowych rozwiązań.

Większość rodziców, z którymi rozmawiam, mówi, że nie mają czasu ani energii, aby o siebie zadbać. Badania

Beth S. Russell jest profesorką rozwoju człowieka i nauk o rodzinie oraz dyrektorką Centrum Badań Stosowanych nad Rozwojem Człowieka na University of Connecticut. W badaniach koncentruje się na tym, w jaki sposób ludzie radzą sobie z trudnościami psychicznymi, często w kontekście relacji rodzic-dziecko.

eprasa.pl 20e4b5c7ca



również wskazują, że troska o własne potrzeby znika, gdy sytuacja staje się wyjątkowo trudna, a poziom stresu bardzo wysoki. Gdy zbliżamy się do psychicznej granicy wytrzymałości, potrzebujemy czegoś więcej niż znanego zestawu jednej czy dwóch zwykle pomocnych technik relaksacyjnych. Wtedy trzeba sięgnąć głębiej do „skrzynki z narzędziami". Oczekiwanie, że rodzice zdołają sami zadbać o siebie – i to przez cały czas – jest zbyt wygórowane i sprawia, że odbierają je jako presję i mają poczucie winy lub wstydu, gdy nie uda im się znaleźć czasu na popołudniowy spacer po lesie czy relaksującą kąpiel. Oto zestaw umiejętności i praktyk, które polecam rodzicom dzieci z przewlekłymi chorobami lub diagnozami, wymuszającymi zmianę trybu ich życia.

ELASTYCZNOŚĆ. Wymaga dużego wysiłku, ale najnowsze badania wskazują, że elastyczność poznawcza to jeden z najskuteczniejszych sposobów radzenia sobie z trudnymi doświadczeniami. Polega na nieprzywiązywaniu się zbyt mocno do jednego rozwiązania – tak, by w razie braku oczekiwanej poprawy można było zmienić strategię. Często kurczowo trzymamy się pewnych sposobów, które działały wcześniej, ale to, co pomogło w jednej sytuacji, może nie zadziałać równie dobrze następnym razem. Elastyczność pozwala dostrzec wiele ścieżek wyjścia z trudnej sytuacji i daje możliwość powrotu do dawnych metod, by w danym momencie wybrać tę najlepiej dopasowaną.

Kiedy u mojego młodszego brata zdiagnozowano stwardnienie zanikowe boczne (ALS), codzienne 20-minutowe biegi na bieżni bardzo mi pomagały – ale tylko po południu. Wieczorem bieganie jedynie mnie pobudzało i psuło sen, a rano było zbyt trudne do pogodzenia z obowiązkami opiekuńczymi i zawodowymi. W moim przypadku to właśnie elastyczność w wyborze pory dnia okazała się kluczem do tego, by bieganie stało się skuteczną strategią.

RADOŚĆ. Czasami najlepszą rzeczą, jaką możemy zrobić, jest próba spędzania czasu w przyjemny sposób – zwłaszcza z naszymi dziećmi. Rutyny, które przynoszą nam chwile radości, są bezcenną przeciwwagą dla ciężaru trosk i codziennych przeciwieństw. Znalezienie drobnych akcentów, które wywołują uśmiech, bywa proste. Można przygotować playlistę ulubionych piosenek czy mieć pod ręką ukochaną książkę, założyć miłą w dotyku koszulkę albo zaplanować ulubiony posiłek czy przekąskę po dniu pełnym wizyt lekarskich. To strategie, które wnoszą coś pozytywnego do naszego dnia i którymi łatwo dzielić się z dziećmi.

WSPÓLNOTA. Sieci społeczne są najbardziej elastyczne, gdy są różnorodne i gdy rodzice mają wokół siebie różne osoby, na które mogą liczyć w odmiennych sytuacjach. Warto budować swoją „siatkę bezpieczeństwa" tak, by znalazły się w niej zarówno osoby świetnie sprawdzające się w nagłych przypadkach, jak i te, które są codziennym, niezawodnym wsparciem – przyjaciele i członkowie rodziny, z którymi można spokojnie obejrzeć film na kanapie, pojechać razem do pralni czy wyjść na krótki spacer po kolacji. I choć kontakty bezpośrednie mają ogromną wartość, społeczności internetowe także mogą być potężnym źródłem otuchy i wsparcia.

Budowanie takich zasobów wymaga czasu, a moment kryzysu nie jest najlepszą chwilą na próbowanie nowych rozwiązań. Dlatego radzę rodzinom, by szukały nowych strategii w spokojniejszych okresach, aby miały czas je przećwiczyć. Dzięki temu, gdy nadejdą trudniejsze dni, metody będą już znane i łatwe do wykorzystania. Nie trzeba będzie w chwili największej potrzeby opracowywać ich od podstaw. ■

Miniseries/Getty Images

eprasa.pl 20e4b5c7ca

POSZERZAMY HORYZONTY

Już w sprzedaży w punktach z prasą

Numer 10/2025
KUP TERAZ

Bieżące wydanie możecie kupić także we wszystkich sklepach sieci Lidl.

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa:
sklep.polityka.pl/wiz

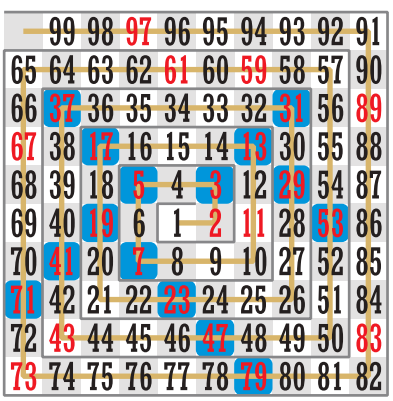
eprasa.pl 20e4b5c7ca

Rekreacje profesora Ulama

czyli nieco o spiralach, sitach i ciągach

MAREK PENSZKO

STANISŁAW ULAM, WYBITNY POLSKI MATEMATYK, który w 1941 roku otrzymał obywatelstwo amerykańskie, na świecie jest chyba najbardziej znany ze swojego udziału w projekcie Manhattan w ośrodku badań jądrowych w Los Alamos. Mniej osób wie, że profesor ma również swój wkład w matematykę rekreacyjną. Najsłynniejsza w tej dziedzinie jest spirala Ulama, czyli ciąg liczb naturalnych zapisany spiralnie na pokratkowanej kartce, który ma osobliwą własność: wiele liczb pierwszych tworzy na nim ciągi wzdłuż przekątnych kratek (*niebieskie na rys. 1*). Ta cecha jest wyraźnie widoczna zwłaszcza na dużych spiralach ze znacznym zakresem liczb.



Rys. 1

Ciągi te są wynikiem zależności między funkcjami kwadratowymi a generowanymi przez nie liczbami pierwszymi, ale nie mają ogólnego charakteru, więc niewiele wnoszą do teorii liczb pierwszych.

Podobno spirala pojawiła się przypadkiem, gdy profesor Ulam dla zabicia czasu podczas nudnego zebrania wpisywał cyfry w kratki. Mimo podejmowanych czasem prób wyjaśnienia rozkładu liczb pierwszych na spirali, pozostaje ona eksponatem z matematycznego panoptikum. Nie jest też jedynym przejawem zainteresowania Ulama matematyką rekreacyjną.

W matematyce „poważnej” dokonania profesora obejmują głównie prace z teorii mnogości, teorii grup, topologii i rachunku prawdopodobieństwa, a także badania dotyczące powiązań matematyki z fizyką i biologią. Dla odmiany w matematyce rekreacyjnej Ulamowi najbliższa była teoria liczb, a zwłaszcza ciągi liczbowe. Właściwie należałoby powiedzieć, że profesor lubił się bawić, wymyślając ciągi.

* * *

Prostym, choć mozolnym, ale za to bardzo skutecznym sposobem tworzenia ciągu liczb pierwszych jest sito Eratostenesa. Ta znana „szkolna” wieloetapowa metoda polega na usuwaniu w każdym etapie z ciągu liczb naturalnych (z pominięciem jedynki) wszystkich wielokrotności najmniejszej liczby, której wielokrotności nie zostały usunięte w poprzednich etapach. Najpierw więc z liczb naturalnych znikają liczby parzyste (poza dwójką), potem podzielne przez 3 (oprócz trójki), następnie podzielne przez 5 (piątka zostaje; podzielne przez 4 załapały się z parzystymi) itd. W rezultacie tych eliminacji z ciągu liczb naturalnych stopniowo wyłania się coraz dłuższy fragment ciągu liczb pierwszych: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, … .

Ulam poszedł w ślady Eratostenesa, zabawiając się konstruowaniem innych sit i proponując analizowanie ciągów będących efektem ich stosowania. Zaczął od sita, które nazwał sitem Józefa Flawiusza, nawiązując do anegdoty o tym żydowskim historyku. Anegdota dotyczy wydarzenia z czasów powstania żydowskiego w Judei w 66 roku, gdy okrążeni przez Rzymian powstańcy postanowili popełnić zbiorowe samobójstwo. Ponieważ jednak ich religia uważa taki postępek za ciężki grzech, dowodzący nimi Flawiusz zaproponował, aby wszyscy utworzyli krąg i rozpoczęli wyliczankę do trzech, a każdy następny wyliczony zabijał poprzedniego. Podobno spryciarz Flawiusz rozpoczął wyliczanie od takiego powstańca, by pozostać życiu.

Ulam zastąpił skończony krąg ludzi nieskończonym ciągiem liczb naturalnych (1, 2, 3,…, n) i zastosował wzorowaną na sicie Eratostenesa wyliczankę progresywną. W pierwszym kroku jest usuwana co druga liczba; liczenie zaczyna się od jedynki, czyli na sicie pozostaje podciąg liczb nieparzystych. Następnie z tego podciągu wykreśla się co trzecią liczbę, a z tego, co pozostaje – co czwartą itd. Ogólnie w każdym k-tym kroku z ciągu otrzymanego w k-1 kroku usuwana jest co k+1 liczba.

Na rys. 2 jest przedstawiony proces pozostawienia na sicie dziewięciu pierwszych wyrazów ciągu Flawiusza z 64-wyrazowego początkowego fragmentu ciągu liczb naturalnych. W każdym kroku usuwane są czerwone liczby. Ostatecznie w zakresie do 100 pozostają 1, 3, 7, 13, 19, 27, 39, 49, 63, 79, 91, … .

Mimo swojego rozrywkowego charakteru ciąg Flawiusza był, podobnie jak na przykład ciąg Fibonacciego, analizowany przez matematyków. Określono m.in. jego gęstość oraz wyprowadzono skomplikowany wzór na wyraz ogólny. Znaleziono też bliski rekreacji nieprosty (choć prostszy niż korzystanie z sita), ale ciekawy i zagadkowy sposób ustalania wartości n-tego wyrazu. Sposób ten przedstawiony jest na rys. 3 na przykładzie znajdowania dziesiątego wyrazu (n=10).

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16, ..., 49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,...
1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29,31,33,35,37,39,41,43,45,47,49,51,53,55,57,59,61,63,...
1,3,7,9,13,15,19,21,25,27,31,33,37,39,43,45,49,51,55,57,61,63,...
1,3,7,13,15,19,25,27,31,37,39,43,49,51,55,61,63,...
1,3,7,13,19,25,27,31,39,43,49,51,61,63,...
1,3,7,13,19,27,31,39,43,49,61,63,...
1,3,7,13,19,27,39,43,49,61,63,...
1,3,7,13,19,27,39,49,61,63,...
1,3,7,13,19,27,39,49,63,...

Rys. 2

Ilustracje Marek Penszko

eprasa.pl 20e4b5c7ca

n^2	→ 9x	→ 8x	→ 7x	→ 6x	→ 5x	→ 4x	→ 3x	→ 2x	→ 1x
100	→ 99	→ 96	→ 91	→ 90	→ 85	→ 84	→ 81	→ 80	→ 79

Rys. 3

Zaczyna się od liczby n^2, czyli w tym przypadku od 100. W pierwszym kroku znajdujemy największą wielokrotność n-1 (9) mniejszą od 100 (99), w drugim – największą wielokrotność n-2 (8) mniejszą od 99 (96), następnie największą wielokrotność 7 mniejszą od 96 (91) itd. Ogólnie: w każdym m-tym kroku jest tworzona największa wielokrotność liczby (n-m) mniejsza od liczby otrzymanej w m-1 kroku. Ostatni krok sprowadza się praktycznie do odjęcia 1 od liczby utworzonej w przedostatnim kroku. Dla n=10 cała operacja kończy się na a_{10}=79. Dlaczego ten sposób określania wartości wyrazów ciągu Flawiusza jest skuteczny? To nieprosty problem. Niełatwo też udowodnić, dlaczego żaden wyraz tego ciągu nie dzieli się przez 5. Wprawdzie nie ma w nim także liczb podzielnych przez 2, ale ten brak to oczywistość.

Marek Penszko, z wykształcenia inż. poligrafii, jest znawcą i popularyzatorem gier i rozrywek umysłowych, głównie matematyki rekreacyjnej. Współpracuje z wieloma czasopismami, m.in. pisze blog dla „Polityki".

* * *

Bardziej interesujące dla matematyków okazało się drugie sito Ulama, a właściwie to, co na nim pozostaje po odsiewie, czyli liczby nazwane szczęściarami (dla odróżnienia od innego zbioru liczb – o odmiennych własnościach – zwanych szczęśliwymi). Pierwszy etap działania tego sita jest taki sam, jak sita Flawiusza – skreślana jest co druga liczba i pojawia się podciąg liczb nieparzystych. Dalej jest inaczej, choć podobnie: w każdym k-tym etapie skreślane są wyrazy o indeksie równym wielokrotnościom (k+1)-ej liczby nowego podciągu.

W pojawiającym po pierwszym etapie podciągu drugą liczbą jest 3, więc w drugim etapie znika co trzecia liczba (efekt jest taki sam, jak przy tworzeniu ciągu Flawiusza na rys. 2). Nowy ciąg ma na trzecim miejscu liczbę 7, zatem w trzecim etapie ten ciąg traci co siódmą liczbę itd. Szczęściarami są liczby unikające w tym procesie unicestwienia. Nieco dłuższy zapis procesu (do k=6) – analogiczny do generującego początek ciągu Flawiusza (*rys. 2*) – przedstawiony jest na rys. 4. Gdyby zakres liczb sięgał 100, rządek szczęściar wyglądałby tak: 1, 3, 7, 9, 13, 15, 21, 25, 31, 33, 37, 43, 49, 51, 63, 67, 69, 73, 75, 79, 87, 93, 99, ... (jak widać do tego szczęśliwego gremium należy także pechowa trzynastka).

Na sicie Eratostenesa pozostają liczby pierwsze, a odsiewane są wielokrotności kolejnych liczb, uwzględniając wszystkie liczby naturalne. Sito „szczęśliwości" Ulama działa całkiem inaczej – usuwane są wielokrotności liczb zajmujących kolejne miejsca, ale przy określaniu kolejności uwzględnia się tylko liczby dotąd nieusunięte. Mimo tych różnic matematycy dostrzegli zaskakujące podobieństwa między liczbami pierwszymi a szczęściarami i to skłoniło ich do bliższego zainteresowania się tym tematem.

Najpierw zauważono, że średnia gęstość ciągu liczb pierwszych i szczęściar jest taka sama. Oznacza to, mówiąc niezbyt ściśle, że w dostatecznie długim (długość zmierza do nieskończoności) fragmencie ciągu liczb naturalnych jest tyle samo liczb jednego i drugiego rodzaju.

W obu ciągach wraz ze wzrostem wartości wyrazów zwiększają się średnie odstępy między kolejnymi wyrazami, ale też w obu niemal równie często pojawiają się tzw. liczby bliźniacze (różniące się o 2), choć bliźniaczki szczęściary nie zawsze są liczbami pierwszymi.

Najbardziej osobliwe okazało się jednak to, że szczęściary spełniają także dotyczącą liczb pierwszych hipotezę Goldbacha: „każda liczba parzysta większa od 2 jest sumą dwóch liczb pierwszych". Dotyczy to także par szczęściar, mimo że nie muszą być one liczbami pierwszymi; w każdym razie dotąd nie znaleziono przykładu sprzecznego z tym wariantem hipotezy.

* * *

Pociąg profesora Ulama do ciągów zaowocował jeszcze jednym oryginalnym eksponatem, zapewne najbardziej spektakularnym, bo analizowanym w wielu poważnych publikacjach matematycznych. To okaz zwany po prostu ciągiem Ulama, a jego wyrazy – liczbami Ulama. Rekurencyjną konstrukcją przypomina on ciąg Fibonacciego: pierwszym wyrazem jest 1, drugim 2, a każdy następny wyraz jest najmniejszym (ale większym od poprzedniego) równym sumie dwóch mniejszych wyrazów – jednak pod warunkiem, że sumę tę można utworzyć tylko na jeden sposób. Po 1 i 2 pojawia się więc 3 (1+2), potem 4 (1+3); 5 odpada, bo sumuje się na dwa sposoby (1+4 i 2+3); po 6 (2+4) odpada także 7 (1+6 i 3+4). Do 100 ciąg liczy 26 wyrazów: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 11, 13, 16, 18, 26, 28, 36, 38, 47, 48, 53, 57, 62, 69, 72, 77, 82, 87, 97, 99, ... Dla dłuższych fragmentów gęstość ciągu szybko maleje. Ulam uważał, że zmierza asymptotycznie do zera, ale później gęstość asymptotyczną oszacowano na około 0,074.

Ciąg nie może być skończony, bo wówczas suma jego dwu ostatnich wyrazów byłaby tworzona na jeden sposób, więc zawsze mogłaby być następnym wyrazem, gdyby nie było mniejszej. Oczywiście tak być nie może (poza początkiem ciągu, gdy 3=1+2), bo wtedy suma ostatniego i trzeciego od końca wyrazu byłaby mniejszą unikalną. Stąd ogólny wniosek: żaden kolejny wyraz (poza trzecim) nie może być – jak w ciągu Fibonacciego – sumą dwu poprzednich.

Niektórych liczb brak w ciągu Ulama nie dlatego, że można je utworzyć na więcej niż jeden sposób, ale z powodu niemożności ich utworzenia w ogóle. Takich liczb jest stosunkowo niewiele – dziesięć<100, sto trzydzieści<1000. Najmniejsza to 23 – łatwo sprawdzić, że żadne dwie z dziesięciu mniejszych od 23 liczb Ulama nie dadzą takiej sumy. Dotyczy to także dziewięciu kolejnych liczb mniejszych od 100: 25, 33, 35, 43, 45, 67, 92, 94, 96.

Czy suma dwu kolejnych liczb Ulama może być liczbą Ulama? Zafascynowany

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16, ..., 49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,...
1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29,31,33,35,37,39,41,43,45,47,49,51,53,55,57,59,61,63,...
1,3,7,9,13,15,19,21,25,27,31,33,37,39,43,45,49,51,55,57,61,63,...
1,3,7,9,13,15,21,25,27,31,33,37,43,45,49,51,55,57,63,...
1,3,7,9,13,15,21,25,31,33,37,43,45,49,51,55,63,...
1,3,7,9,13,15,21,25,31,33,37,43,49,51,55,63,...
1,3,7,9,13,15,21,25,31,33,37,43,49,51,63,...

Rys. 4

eprasa.pl 20e4b5c7ca

tematem „ojciec informatyki” Donald Knuth spróbował odpowiedzieć na to pytanie, sprawdzając blisko miliard wyrazów ciągu. Okazało się, że taka para jest tylko jedna 62+69=131. Później badany zakres zwiększono do biliona i ustalono, że największa różnica między kolejnymi liczbami Ulama wynosi 1373, najczęściej występującą jest 2 (blisko 2/5 wszystkich różnic), a niektóre różnice (6, 11, 14, 16) w ogóle się nie pojawiają. Ponadto znamy tylko cztery pary kolejnych liczb naturalnych, które są liczbami Ulama: (1, 2), (2, 3), (3, 4) i (47, 48).

Ciekawostek i osobliwości związanych z liczbami Ulama – takich, jak podane wyżej – jest znacznie więcej. Stanowią one efekt wytrwałego „dłubania” w ciągu przez matematyków i amatorów liczbomaniaków – między innymi w celu (a raczej z nadzieją) odkrycia związanych z nim reguł i prawidłowości. Przypomina to podejście do „osaczonego” w podobny sposób równie chaotycznego, ale znacznie bardziej elitarnego ciągu liczb pierwszych. Dodaje to splendoru ciągowi Ulama, a właściwie rodzinie takich ciągów, bo start od pary (1, 2, ...) nie musi być standardem – jeśli będzie to na przykład (2, 5, ...), to w ciągu znajdzie się jako 517. wyraz rok 2025.

* * *

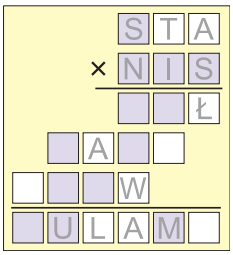
Profesor Ulam traktował zabawę ciągami (podobnie jak wymyślane przez siebie gry, które zapewne jeszcze się tu pojawią, oraz mocno rekreacyjne tzw. automaty komórkowe) ze sporym dystansem – znacznie lżej, niż zajmujący się nimi potem matematycy. Miał bowiem generalnie sceptyczne nastawienie do tzw. czystej nauki, nieprzydatnej w praktyce. Dlatego sporo czasu poświęcał zastosowaniom matematyki w biologii i fizyce – w tej drugiej także w ramach projektu Manhattan – a zagadnienia matematyczne, które nie służyły innym naukom, nazywał zwykle z pewną ironią „chińskimi łamigłówkami”.

ZADANIA

1. Jeśli utworzymy sumę cyfr danej liczby, a potem sumę cyfr tej sumy i tak będziemy postępować dotąd, aż otrzymamy sumę jednocyfrową, to ta końcowa suma będzie tzw. ostateczną sumą cyfr (*OSC*). Na przykład *OSC* liczby 12 344 789 wynosi 2, bo jest wynikiem serii sumowań: 12 344 789→38→11→2. Krócej: *OSC* danej liczby jest resztą z jej dzielenia przez 9; gdy jednak reszta wynosi zero, to *OSC*=9. Jaki jest najprostszy ogólny wzór na wszystkie liczby, które nie są *OSC* żadnej szczęściary? Na przykład: gdyby liczbami tymi były 2 i 6, to odpowiedzią byłby wzór dla $x>0$.

2. Ogólnie ciągami typu Ulama są te, które różnią się od „klasycznego” wariantu tym, że mogą zaczynać się od dowolnej pary wyrazów ($a_1<a_2<\ldots$), ale nadal obowiązuje w nich podstawowa zasada tworzenia następnych wyrazów. Tercety kolejnych wyrazów w takich ciągach miewają ciekawe własności. Na przykład w ciągu 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 17, 21, ... tercet (3, 4, 5) oraz (6, 8, 10) są tzw. trójkami pitagorejskimi, czyli długościami boków trójkąta prostokątnego. Którymi dwiema cyframi zaczyna się ciąg typu Ulama, zawierający choć jeden tercet kolejnych wyrazów, będący trzema kolejnymi 2-cyfrowymi liczbami pierwszymi, a więc jednym z 19 tercetów, które można wskazać w ciągu 21 2-cyfrowych liczb pierwszych: 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97? Swego rodzaju podpowiedź znajduje się w powyższym artykule.

3. W słupkowym zapisie mnożenia (*rys. 5*) cyfry zastąpiono kratkami, a niektóre także literami. Takie same litery odpowiadają jednakowym cyfrom, a różne – różnym. Zadanie polega na rozszyfrowaniu mnożenia, jeśli wiadomo, że w niebieskich kratkach ukrywają się cyfry nieparzyste.



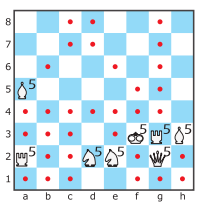
Rys. 5

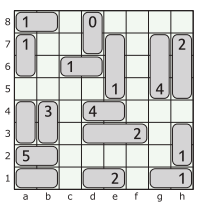
*Rozwiązania prosimy nadsyłać do 31 października 2025 roku pocztą elektroniczną (*redakcja@swiatnauki.pl*), wpisując w temacie e-maila hasło* ***UG 10/25****. Spośród autorów poprawnych rozwiązań przynajmniej dwóch zadań wyłonimy pięciu zwycięzców i nagrodzimy ich książką popularnonaukową. Warunkiem udziału w konkursie jest zamieszczenie w e-mailu z odpowiedzią oświadczenia:*

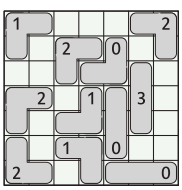
Zapoznałam/em się z regulaminem konkursu i akceptuję jego treść oraz wyrażam zgodę na przetwarzanie danych osobowych na potrzeby realizacji konkursu.

Regulamin konkursu jest dostępny na stronie www.swiatnauki.pl.

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z NUMERU SIERPNIOWEGO


Rys. 6


Rys. 7


Rys. 8

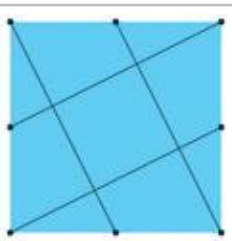
Rozwiązania zadań 1, 2 i 3 odpowiednio na rysunkach: 6 (Kf3, Hg2, Wa2, Wg3, Sd2, Se2, Ga5, Gh3), 7 (12 aut małych i 4 duże) i 8 (3 meble proste, 8 narożników).

Za poprawne rozwiązanie przynajmniej dwóch zadań książkę Chrisa Haughtona *Historia informacji* ufundowaną przez Wydawnictwo Naukowe PWN otrzymują: Bartłomiej Goldman z Nadarzyna, Konstanty Kościesza-Jaworski, Daniel Kłobuszewski i Grzegorz Rymarski – wszyscy z Warszawy, oraz Maciej Żytkowiak z Poznania.

Sprzężenie zwrotne

W numerze lipcowym było zadanie polegające na utworzeniu z 10 różnych cyfr kilku liczb pierwszych, z których największa powinna być najmniejszą możliwą, a suma wszystkich powinna być minimalna. Podane w numerze wrześniowym rozwiązanie – 5, 23, 67, 89, 401 (suma 585) – uwzględnia warunek, aby liczb było jak najmniej. Warunek ten został jednak pominięty w zadaniu, a w związku z tym w rozwiązaniu podanym w numerze wrześniowym zamiast liczby 23 powinno znaleźć się 2 i 3, czyli rozwiązanie tworzy sześć liczb z sumą 567.

Rozwiązanie zagadki matematycznej ze strony 14



eprasa.pl 20e4b5c7ca

XXIX Konferencja „Zastosowania statystyki i data mining w badaniach naukowych”

Już **22 października** odbędzie się XXIX edycja konferencji „Zastosowania statystyki i data mining w badaniach naukowych” – wyjątkowe wydarzenie w formule **on-line**, które od lat gromadzi naukowców i praktyków z różnych dziedzin. Uczestnicy będą mieli okazję wysłuchać wystąpień cenionych ekspertów – naukowców, badaczy i praktyków analizy danych, którzy pokażą, jak statystyka i data mining wspierają proces badań naukowych od pierwszych hipotez aż po interpretację wyników.

Jak zawsze konferencja będzie miała charakter **interdyscyplinarny**. Prelegenci z wiodących polskich ośrodków naukowych zaprezentują przykłady zastosowania metod statystycznych w naukach społecznych, przyrodniczych i technicznych. Dzięki temu uczestnicy zyskają nie tylko solidną dawkę wiedzy, ale i praktyczne inspiracje do własnych projektów badawczych.

W tym roku uczestnicy będą mieli okazję wysłuchać wykładów:

- prof. Emilii Wołowiec-Koreckiej z Politechniki Łódzkiej,
- prof. Adama Sagana z Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie,
- prof. Łukasza Binkowskiego z Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej,
- mgr. Adriana Olszewskiego z 2KMM Sp. z o.o.

Uzupełnieniem programu będą **quizy z nagrodami**, dające uczestnikom okazję do aktywnego udziału i drobnej rywalizacji w przyjaznej atmosferze.

Zarejestruj się już dziś i dołącz do grona osób, które chcą odkrywać, jak statystyka i data mining zmieniają współczesną naukę! **Udział w konferencji jest bezpłatny.** Więcej szczegółów na stronie: **https://www.statsoft.pl/rozwiazania/nauka/konferencja-naukowa/**

Materiały prasowe

Nie dla mobbingu

Wystartował konkurs „Bezpieczna Uczelnia” – wspólna odpowiedzialność za budowę kampusów wolnych od mobbingu

Uniwersytet Warszawski we współpracy z Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego ogłosił start ogólnopolskiego konkursu na najlepsze praktyki antymobbingowe i antydyskryminacyjne. Projekt „Uczelnia – przestrzeń bezpieczna od mobbingu i dyskryminacji” ma nie tylko pomóc w diagnozie problemów przemocy psychicznej i nierównego traktowania na uczelniach, lecz także zbudować wspólny katalog działań, które skutecznie wspierają kulturę szacunku i równości w środowisku akademickim. Organizatorzy podkreślają, że chodzi o coś więcej niż nagrody – o stworzenie realnej przestrzeni do zmiany.

Zjawisko mobbingu w środowisku pracy wciąż bywa niedostrzegane lub bagatelizowane. Oficjalne dane Państwowej Inspekcji Pracy wskazują, że rocznie do instytucji trafia kilka tysięcy zgłoszeń – w 2024 roku około 2000 dotyczyło mobbingu, a 800 kolejnych wiązało się z dyskryminacją. Z badań Fundacji Science Watch Polska wynika jednak, że realna skala problemu jest znacznie większa, szczególnie w środowisku akademickim – aż 63,5% pracowników uczelni zadeklarowało, że zetknęło się z przejawami mobbingu. Dane z raportów pokazują, że w 2019 roku aż 20% polskich uczelni nie miało żadnych procedur antymobbingowych, a jedynie 35% prowadziło szkolenia z tego zakresu.

Konkurs to impuls do realnej zmiany i wzajemnej edukacji. Zgodnie z regulaminem, uczelnie mogą przesyłać zgłoszenia do 3 października 2025 roku; podstawą do udziału jest formularz zgłoszeniowy podpisany przez władze lub uprawnionych przedstawicieli uczelni.

Projekt wspiera polityki antymobbingowe na polskich uczelniach.

fot. Pexels

Każda instytucja otrzyma ankietę samooceny – dokument, który pozwoli przeanalizować aktualny stan działań w zakresie przeciwdziałania mobbingowi i dyskryminacji. W pierwszym etapie zostaną przeanalizowane ankiety, w drugim na 20 wyróżniających się uczelniach zostaną przeprowadzone audyty obejmujące nie tylko analizę procedur, lecz także rozmowy z przedstawicielami społeczności akademickiej, związków zawodowych i mężami zaufania.

Komitet Monitorujący, złożony z ekspertów prawa pracy, specjalistów ds. równości i przedstawicieli instytucji publicznych, oceni zgłoszone praktyki według takich kryteriów jak: skuteczność, systemowość, innowacyjność, zaangażowanie społeczności akademickiej czy potencjał replikacji na innych uczelniach. Laureaci konkursu otrzymają statuetki i tytuł Lidera, a ich praktyki zostaną opisane w publikacji „Dobre Praktyki”, która ukaże się w 2026 roku. Każda uczelnia uczestnicząca w konkursie otrzyma natomiast certyfikat udziału.

Więcej informacji na **https://bezpiecznauczelnia.com.pl/**

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Dlaczego niektóre wonie kochamy, a innych nienawidzimy

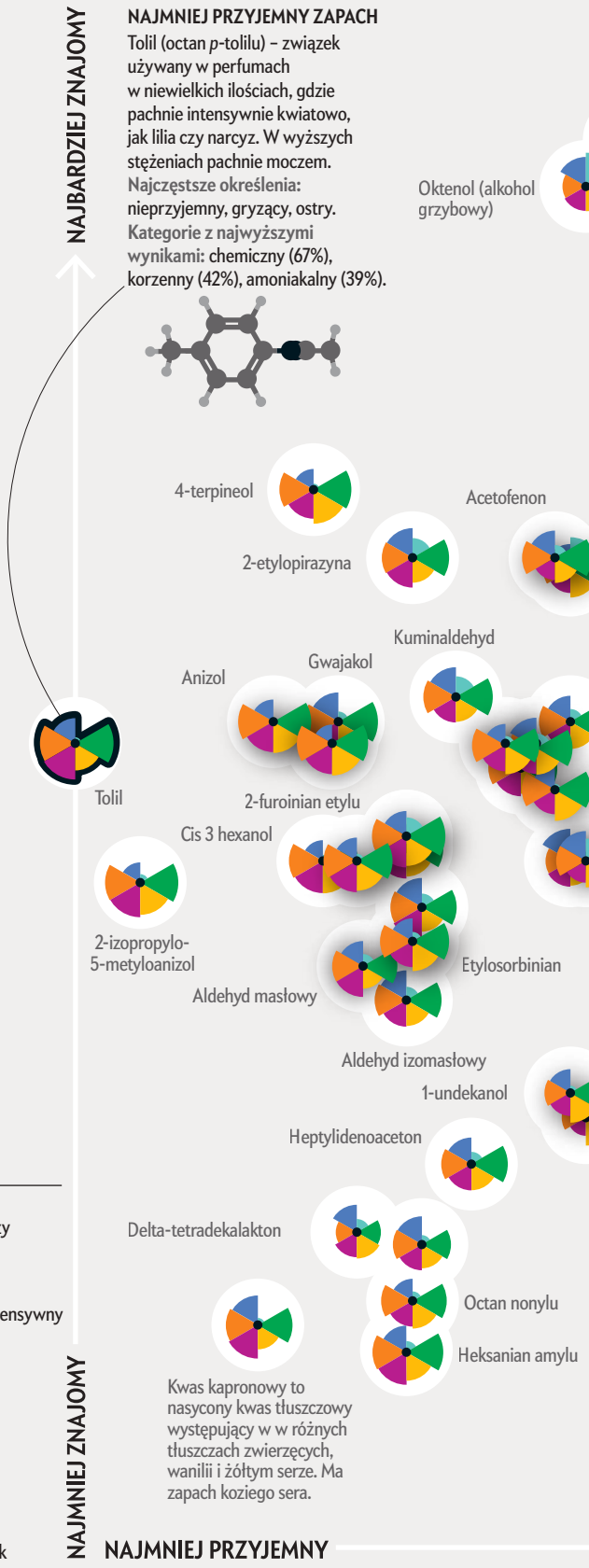
Człowiek potrafi rozróżnić nawet miliard zapachów. Co sprawia, że część z nich odbieramy jako przyjemne, a część uważamy za smród?

Tekst CLARA MOSKOWITZ
Grafika MIRIAM QUICK I JEN CHRISTIANSEN

WRAŻENIA WĘCHOWE, jak się okazuje, są niezwykle indywidualne — woń, która dla jednej osoby wydaje się kusząco kwiatowa, dla innej może być drażniąca i chemiczna. Niemieccy badacze poprosili niedawno 1227 uczestników, by opisali i ocenili 73 różne zapachy. Odkryli, że odpowiedzi były uderzająco zróżnicowane.

„To zależy od tego, z czym ludzie kojarzą dany zapach – mówi psycholożka Antonie Louise Bierling z Friedrich-Schiller-Universität Jena, która kierowała badaniem. – Moim zdaniem naprawdę zdumiewające byłoby, gdyby ten sam zapach był przyjemny dla wszystkich. Dlaczego miałby taki być?”

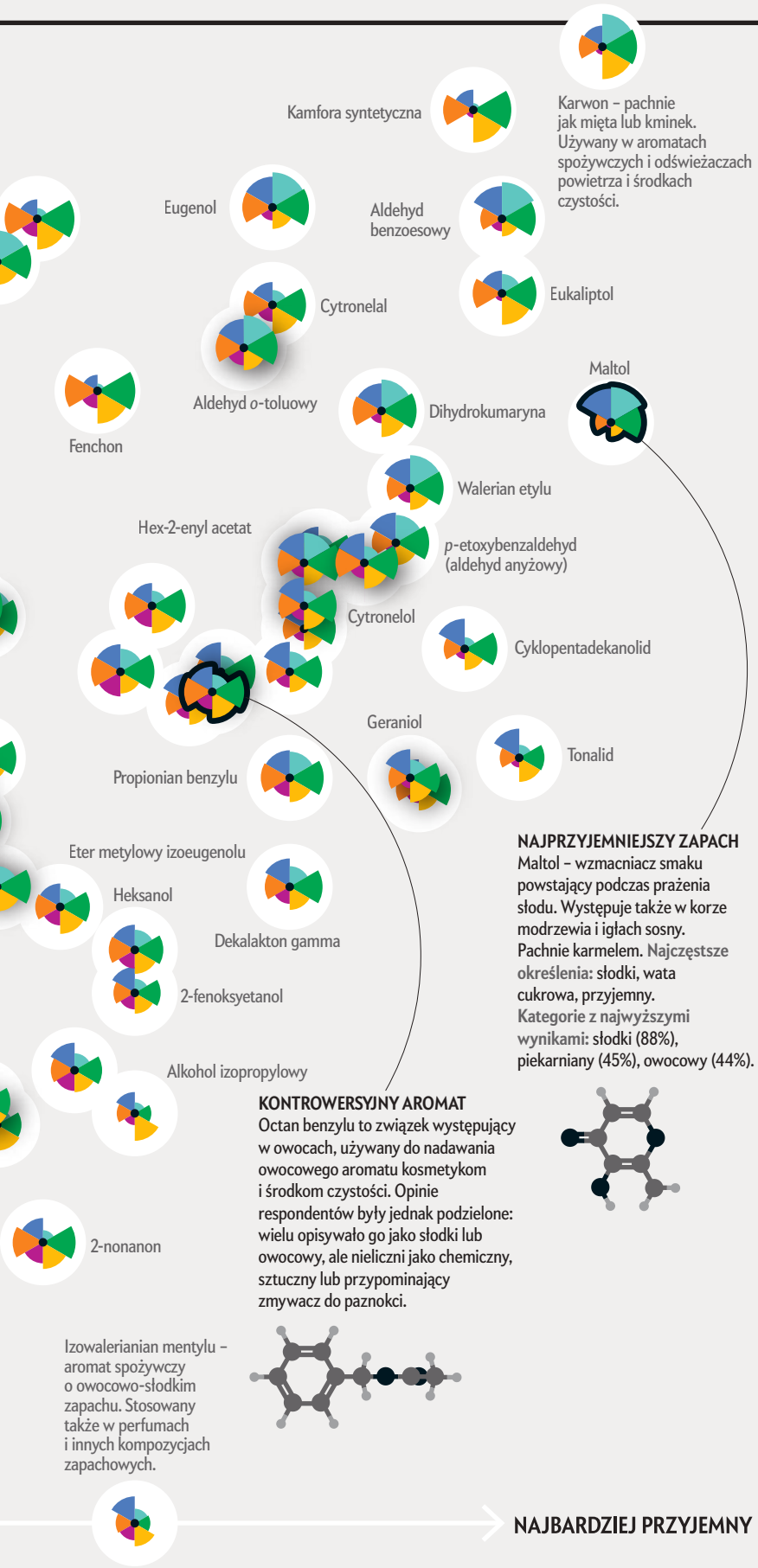
Badacze zidentyfikowali jednak pewne trendy. Na przykład bardziej znajome zapachy wydają się odbierane jako przyjemniejsze, a woń złożonych cząsteczek jest zwykle atrakcyjniejsza niż prostych związków. Naukowcy mają nadzieję wykorzystać te dane do rozwoju tzw. cyfrowego powonienia – sztucznych nosów, które potrafiłyby rozpoznawać zapachy tak dobrze, jak ludzie, a może nawet lepiej. Takie urządzenia mogłyby znaleźć zastosowanie na przykład w diagnostyce chorób albo w systemach „inteligentnego domu: toster mógłby wyczuwać, kiedy grzanka jest gotowa na podstawie zapachu przypieczenia, a lodówka rozpoznawać procesy gnicia”.



PRZYJEMNIE ZNAJOME

Każda czarna kropka przedstawia medianę ocen przyjemności i znajomości zapachu konkretnego związku molekularnego. Widać wyraźną korelację: uczestnicy zwykle uznawali bardziej znajome zapachy za przyjemniejsze (*prawy górny kwadrant*), a mniej znajome – za nieprzyjemne (*lewy dolny kwadrant*). Badani oceniali także zapachy w sześciu innych wymiarach: intensywny, ciepły, zimny, spożywczy, odrażający i drażniący. Te oceny przedstawiono w formie klinów, których wielkość odpowiadała sile danej cechy. Pojawiły się też drugorzędne wzorce: nie dziwi, że „odrażający” był ujemnie skorelowany z „przyjemnym” – zapachy o wysokich notach odrazy grupowały się po lewej stronie, zapachy określane jako „spożywcze” były zwykle pozytywnie skorelowane z przyjemnością i przesuwały się w prawo.

eprasa.pl 20e4b5c7ca



NAJPRZYJEMNIEJSZY ZAPACH
Maltol – wzmacniacz smaku powstający podczas prażenia słodu. Występuje także w korze modrzewia i igłach sosny. Pachnie karmelem. **Najczęstsze określenia:** słodki, wata cukrowa, przyjemny. **Kategorie z najwyższymi wynikami:** słodki (88%), piekarniany (45%), owocowy (44%).

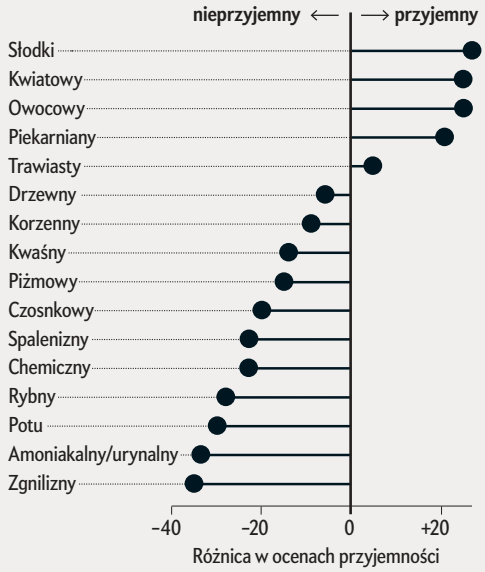
KONTROWERSYJNY AROMAT
Octan benzylu to związek występujący w owocach, używany do nadawania owocowego aromatu kosmetykom i środkom czystości. Opinie respondentów były jednak podzielone: wielu opisywało go jako słodki lub owocowy, ale nieliczni jako chemiczny, sztuczny lub przypominający zmywacz do paznokci.

JAK OPISUJEMY ZAPACHY

Badacze prosili uczestników o odpowiedź „tak" lub „nie" na pytanie, czy dany zapach pasuje do 16 opisowych określeń, takich jak „słodki" lub „piżmowy". Porównując te odpowiedzi z oceną przyjemności, mogli sprawdzić, które słowa najczęściej wiązały się z odbiorem zapachów jako przyjemnych lub nieprzyjemnych.

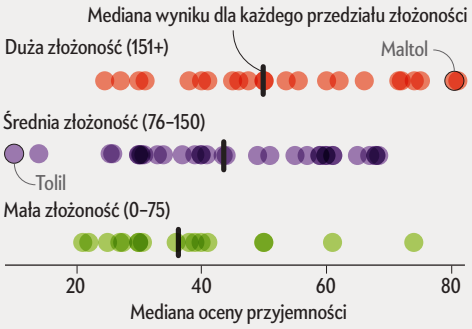
Kropki na wykresie wskazują różnicę w ocenach przyjemności zapachów powiązanych z każdym słowem. Na przykład „słodki" okazał się najczęściej powiązany z przyjemnymi zapachami: mediana oceny przyjemności dla wszystkich cząsteczek oznaczonych jako „słodkie" wynosiła 61, a dla niesłodkich – 34. Różnica +27. „Zgnilizna" była najczęściej kojarzona z nieprzyjemnymi odczuciami: różnica –35.

Zapach określany słowem (*po lewej*) był również uważany za...



SŁODKI ZAPACH ZŁOŻONOŚCI

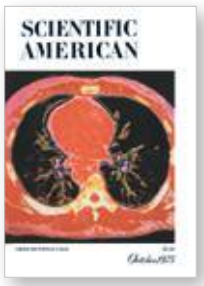
Bardziej złożone cząsteczki zwykle były oceniane jako przyjemniejsze. Złożoność molekularna to przybliżona miara stopnia skomplikowania budowy związku. Skala sięga od 0 do kilku tysięcy – w tym zestawie od 10,8 (alkohol izopropylowy) do 366 (tonalid). Każda kropka reprezentuje jedną z 73 cząsteczek. Badacze podzielili je na trzy kategorie: wysoka, średnia i niska złożoność molekularna. Pionowe kreski pokazują medianę ocen przyjemności dla każdej z kategorii.



ŹRÓDŁO: "A Dataset of Laymen Olfactory Perception for 74 Mono-Molecular Odors", Antonie Louise Bierling i in., „Scientific Data", tom 12; luty 2025 (*dane*)

eprasa.pl 20e4b5c7ca

50, 100 i 150 lat temu



1975 HIPOTEZA KWARKÓW

„Kiedy hipoteza kwarków została po raz pierwszy zaproponowana ponad 10 lat temu, zakładano istnienie trzech ich rodzajów. Zrewidowana wersja teorii wymaga już 12. W żartobliwej terminologii, jaka się ukształtowała, mówi się, że kwarki występują w czterech »zapachach«, a każdy »zapach« w trzech »kolorach«. (»Zapach« i »kolor« to, oczywiście, tylko umowne etykiety). Jeden z »zapachów« wyróżnia się cechą nazwaną powab (charm). Koncepcja »powabu« pojawiła się już w 1964 roku, ale aż do zeszłego roku pozostawała niesprawdzoną hipotezą. Kilka ostatnich odkryć eksperymentalnych, w tym zeszłoroczne odkrycie cząstki nazwanej J/Ψ, można interpretować jako poparcie dla tej teorii."

SCHLUDNE GRAFFITI

„Graffiti można uznać za nieznośną uciążliwość albo za swobodną formę ekspresji. Niezależnie jednak, jaki ma kto pogląd, w obu przypadkach potrzebne są czyste powierzchnie: urzędnik publiczny chce przywrócić ścianom i pojazdom ich pierwotny wygląd, a artysta graffiti potrzebuje podłoża. Krajowe Biuro Standaryzacji zaproponowało rozsądne rozwiązanie: pokrywanie powierzchni od razu specjalną powłoką, z której napisy łatwo się usuwa. W badaniach wskazano trzy takie powłoki ochronne, które zapobiegają trwałemu wiązaniu się z podłożem większości typowych farb. To odpowiednio: poliuretan, dimetikon i terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy. Chemik McClure Godette, współautor badań, stwierdził: Te powłoki kosztują tylko trochę więcej niż zwykła farba, ale mogą znacząco ułatwić usuwanie ewentualnych skutków wandalizmu.'"

1925 ODCISK PALCA OD KAŻDEGO

„Dwa lata temu zastrzelono dwóch bankowych kurierów przewożących torbę z 43 tys. dolarów w gotówce. Pięciu bandytów uciekło samochodem. Dwadzieścia cztery godziny później policja odnalazła pojazd. Na szybie wykryto niewyraźne odciski palców, które pasowały do kryminalisty z kartotek. Cztery dni później w Cleveland zatrzymano jego i dwóch wspólników. Trzech z pięciu sprawców zostało już straconych na krześle elektrycznym.

Rejestry odcisków palców odgrywają też ogromną rolę w innych sprawach policyjnych, m.in. przy poszukiwaniu osób zaginionych czy cierpiących na afazję lub amnezję. Gdyby od wszystkich noworodków od razu pobierano odciski palca, problem porzuconych dzieci zostałby rozwiązany. Odciski byłyby też atutem dla niewinnych obywateli: gdyby ktoś został niesłusznie oskarżony o przestępstwo, mógłby dzięki nim udowodnić swoją niewinność. Takie przypadki już się zdarzały."

1875 PATRIOTYCZNY GAL

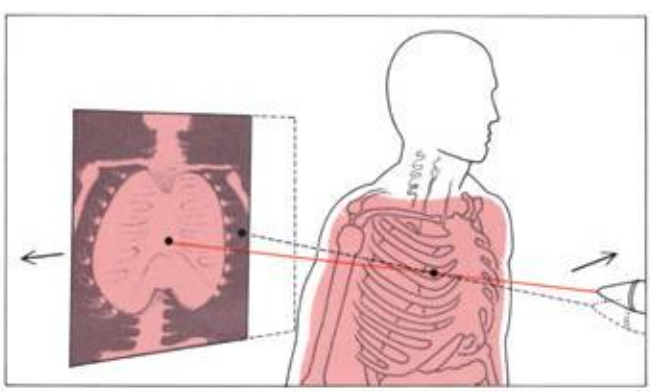
„Podczas niedawnej sesji Francuskiej Akademii Nauk M. Wurtz przedstawił komunikat M. Lecoqa o odkryciu nowego metalu – podobnego do cynku i kadmu, znalezionego w blendzie (siarczku cynku) w Hiszpanii. Istnienie pierwiastka wykazała analiza widmowa, w której pojawiły się dwie linie nieprzypisane do żadnego znanego. Nowego metalu nie udało się jeszcze wyizolować z jego związków, więc jego właściwości fizyczne pozostają nieznane. Uzyskano go jednak w postaci chlorowodorku i siarczanu. Odkrywca, z patriotycznych pobudek, nazwał nowy pierwiastek galem."

Relacje historyczne mówią, że Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran wywiódł nazwę „gallium" od łacińskiego Gallia – Galii, krainy obejmującej m.in. tereny dzisiejszej Francji.

PIERWSZY SYGNAŁ OD BATMANA?

„Na dachu fabryki Siemens-Halske w Berlinie przeprowadzono ostatnio nocne eksperymenty z elektrycznym światłem. Tłumy na ulicach patrzyły z niedowierzaniem na rzekomo naturalne zjawisko pojawiające się wysoko na chmurach. Aparatura z zamkniętym lustrem kierowała promienie ku niebu, a chmury pełniły funkcję ekranu. Przed lustrem dawano sygnały, które powiększone i wyświetlone odbijały się na niebie. Niemiecka armia planuje wykorzystać tę technikę do nocnej sygnalizacji."

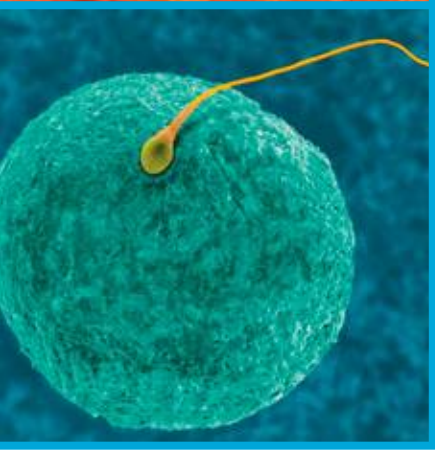
Być może właśnie to doświadczenie zainspirowało twórców, aby w Gotham City (DC Comics) to świetlny znak nietoperza na chmurnym nocnym niebie był sygnałem dla Batmana, że potrzebna jest jego pomoc.



1975 Nadejście tomografii: „Medycyna zyskuje nowe narzędzia, by bezinwazyjnie zaglądać w głąb ciała. Jednym z nich jest metoda zwana rekonstrukcją z projekcji, która właśnie wchodzi do użytku. Tomogram powstaje dzięki temu, że źródło promieniowania rentgenowskiego porusza się wokół pacjenta w jednym kierunku, a film w drugim. Obrazy wykonane pod licznymi kątami są następnie łączone matematycznie, tworząc trójwymiarowy obraz narządów wewnętrznych."

„Scientific American", tom 233, nr 4; październik 1975

eprasa.pl 20e4b5c7ca



ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

SCIENTIFIC AMERICAN

W NUMERZE LISTOPADOWYM

W ramach projektu Breakthrough Starshot, ogłoszonego w 2016 roku, do najbliższych Układowi Słonecznemu gwiazd miał zostać wysłany statek kosmiczny. Małe, wyposażone w „żagle świetlne” sondy wyniesione w kosmos przez statek-matkę byłyby napędzane z Ziemi przez potężne lasery. Jednak zapał osłabł, większość z obiecanych na te międzygwiezdne podróże funduszy nie została wpłacona. Co dalej? O tym w kolejnym numerze,

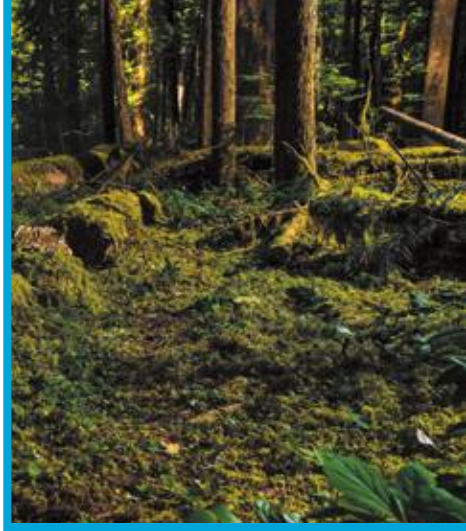
a ponadto:

Zmiana klimatu i coraz częstsze osuwiska
Umierające drzewa kolebką życia
Tajemnica arktycznych ptasich migracji
Sekret długowieczności
Czy przetrwamy śmierć Słońca?

Prócz tego:

Męska antykoncepcja
Matematyka węzłów
Internetowa indoktrynacja
Podglądactwo wytworem ewolucji
Szczególna antymateria
Pojedynek planety z gwiazdą
Mapowanie układu nerwowego

**INNI OPISUJĄ NAUKĘ.
NASI AUTORZY JĄ TWORZĄ.**



„Świat Nauki” w wersji cyfrowej: www.projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa: www.sklep.polityka.pl/sn

W kioskach numer listopadowy dostępny od 22 października

eprasa.pl 20e4b5c7ca

Odkrycia

Polska Edycja EUCYS

najbardziej
prestiżowy konkurs
uczniowskich prac badawczych

interdyscyplinarny
(nauki ścisłe, przyrodnicze, nauki społeczne)

- gwarancja rzetelnej oceny
- wsparcie merytoryczne
- nagrody finansowe i staże
- cenne kontakty naukowe

na prace
czekamy
do 31 grudnia
2025

Wymyśliłeś?
Zbadałeś?
Pokaż!

więcej informacji:
fundusz.org/odkrycia

Weź udział w kolejnej edycji EUCYS!

Polska Edycja EUCYS
European Union Contest for Young Scientists

Organizator: Fundusz ZDOLNI

Patronat: PAN

EUCYS w Polsce wspiera: HUAWEI

eprasa.pl 20e4b5c7ca