TWOJE pismo o nauce

NIEBIAŃSKIE ŚWIĄTYNIE

KLĄTWA JAGIELLOŃCZYKA

METALOWA ORKA

WIEDZA I ŻYCIE

KWIECIEŃ 2026 nr 4 (1096)
CENA 15,99 ZŁ (w tym 8% VAT)
projektpulsar.pl
ukazuje się od 100 lat

PRAWDA O SUPLEMENTACH

EKSTREMALNE poligony dla astronautów

Zjeść od środka ŻYWCEM

Granice obserwowanego WSZECHŚWIATA

BŁYSKAWICE w oczyszczalni ścieków

INDEKS 38142X
ISSN 0137-8929
9 770137 892601 04
Wydanie w sprzedaży do 28.04.2026

PRZYDATNE W SZKOLE

FENOTYP ROZSZERZONY

eprasa.pl 9f670bad6d

Pulsar – serwis popularnonaukowy POLITYKI

POPULARYZATOR NAUKI 2024 i 2025

projektpulsar.pl

Wszystko, co warto wiedzieć o nauce:

- **naukowe newsy** – najważniejsze odkrycia, najnowsze wyniki badań
- artykuły naukowe z bieżących wydań **„Polityki”**
- aktualne wydania **„Wiedzy i Życia”** – pisma, które od ponad 100 lat przybliża zdobycze nauki i techniki
- aktualne wydania **„Świata Nauki”** – polskiej edycji renomowanego pisma „Scientific American”
- bogate **archiwum tekstów** najlepszych dziennikarzy naukowych oraz ekspertów i badaczy w swoich specjalizacjach

...i jeszcze więcej:

- recenzje najgorętszych książek popularnonaukowych
- cotygodniowy newsletter Pulsara
- podkasty **„Pulsar nadaje”** – już ponad 170 rozmów z najciekawszymi polskimi naukowcami

PAWEŁ SIKORSKI:
Wirusy celowo zakładają czapki

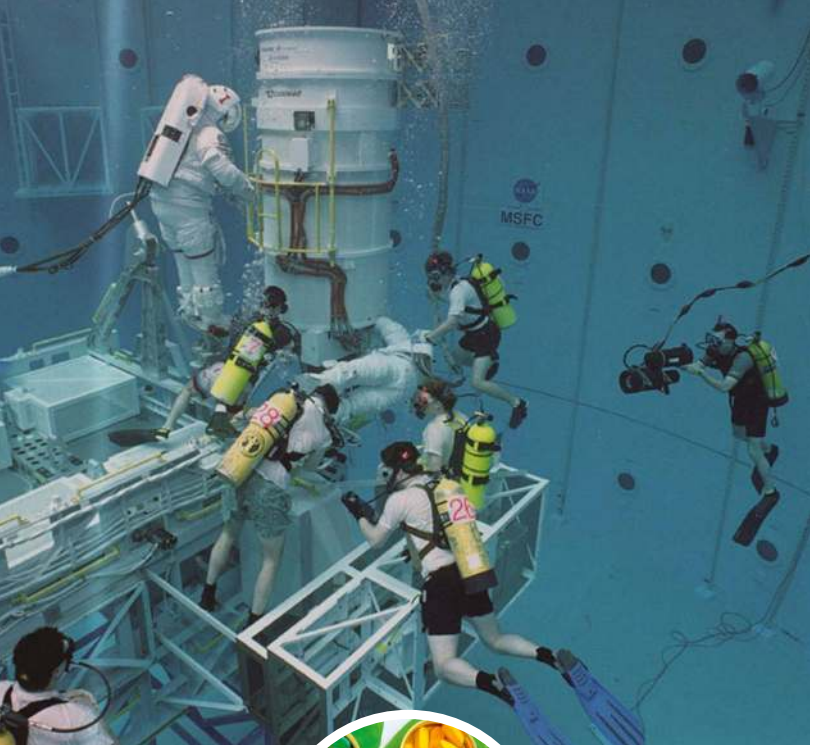
DOROTA ROSIŃSKA, MAREK SZCZEPAŃCZYK:
Chcemy sięgnąć początków Wszechświata

pulsar

KATARZYNA SZNAJD-WERON:
O ruchach ciał społecznych

Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl 9f670bad6c



KWIECIEŃ 2026

w numerze

32

SZKOLENIE ASTRONAUTÓW

KOSMICZNE SYMULACJE

Kamil Nadolski

Lot na orbitę okołoziemską zajmuje średnio 8,5 min. Zanim astronauta tam trafi, musi spędzić kilka lat na treningach i przygotowaniach.

16

ZDROWIE

ALCHEMIA W KOLOROWYCH DROPSACH

Paweł Walewski

Dlaczego dochodzi do niedoborów witamin i mikroelementów? Kiedy naprawdę potrzebujemy suplementów, jak je dobierać i czy mogą być szkodliwe?

28

WOJSKOWOŚĆ

STALOWA ORKA

Robert Czulda

Po latach starań Polska ostatecznie wskazała dostawcę w programie nowych okrętów podwodnych „Orka".

Obalamy mity
CZY BIEGANIE TO ZDROWIE?
Katarzyna Kornicka-Garbowska 2

Rozmyślania za Wielką Wodą
PASTERZE MASZYN
Krzysztof Szymborski 3

Sygnały 4

Inne spojrzenie
NIEZWYKŁE OBRAZY NATURY
Olga Orzyłowska-Śliwińska 12

temat miesiąca

Zdrowie
ALCHEMIA W KOLOROWYCH DROPSACH
Paweł Walewski 16

Entomologia
ZJEŚĆ OD ŚRODKA ŻYWCEM
Marek W. Kozłowski 22

Wojskowość
STALOWA ORKA
Robert Czulda 28

Szkolenie astronautów
KOSMICZNE SYMULACJE
Kamil Nadolski 32

Geografia
NIEBIAŃSKIE ŚWIĄTYNIE
Radosław Kożuszek 38

Kosmos
JAK DALEKO JESZCZE?
Przemek Berg 46

Mikrobiologia
KLĄTWA JAGIELLOŃCZYKA
Kamil Nadolski 50

Dendrologia
EPOKA LUDZI, EPOKA LASÓW
Andrzej Hołdys 56

Technologie
BŁYSKAWICE W OCZYSZCZALNI
Karina Lenard 62

Filozofia przyrody
FENOTYP ROZSZERZONY
Marian Giertych 66

Nowinki techniczne 70

Laboratorium
WYKRYWANIE FORM AZOTU
Paweł Jedynak 72

Głowa do góry
OBSERWATORIUM DETEKTYW
Weronika Śliwa 74

Książki 76

Na końcu języka
KLĄTWA
Jerzy Bralczyk 78

Trening umysłu
PUZELAND
Marek Penszko 79

Listy czytelników 80

Fot. Caters/Forum, Shutterstock, Saab
Okładka: Fot. Shutterstock (2), Alamy/Indigo, Saab

eprasa.pl 9f670bad6d

Drodzy Czytelnicy!

W BIEŻĄCYM numerze skupiamy się na suplementach. Jak pisze Paweł Walewski w swoim artykule (s. 16), definicja ustawowa suplementu diety jest niepokojąco elastyczna. To środek spożywczy mający na celu uzupełnienie normalnej diety i będący skoncentrowanym źródłem witamin, składników mineralnych lub innych substancji wykazujących efekt odżywczy albo inny fizjologiczny. Nie ma tu słowa o leczeniu, bo leczy lek, natomiast suplement powinien uzupełniać naszą dietę. Ale niefortunne sformułowanie „inny efekt fizjologiczny" stało się wytrychem, od wielu lat wykorzystywanym przez producentów. Brak precyzji w prawie pozwala na rejestrowanie preparatów uspokajających, przeciwprzeziębieniowych, a nawet przeciwbólowych jako suplementów, co zwalnia wytwórcę z konieczności przeprowadzania wieloletnich, kosztownych i rygorystycznych badań klinicznych. Różnica tkwi w kategorii rejestracyjnej, za którą idzie przepaść w kontroli jakości. Lek musi gwarantować stały skład i czystość mikrobiologiczną; w przypadku suplementu wystarczy zgłoszenie do Głównego Inspektoratu Sanitarnego bez potrzeby udowadniania, że zawarte w nim składniki rzeczywiście działają lub przynoszą korzyść. I choć prawo zabrania sugerowania właściwości leczniczych tych produktów, sugestia działa. W tekście można przeczytać, dlaczego dochodzi do niedoborów witamin i mikroelementów, kiedy naprawdę potrzebujemy suplementów, jak je dobierać i czy mogą być szkodliwe.

Piszemy też o nowych okrętach podwodnych dla Polski, ziemskich poligonach dla astronautów, granicach obserwowanego wszechświata, niebiańskich świątyniach, klątwie Jagiellończyka, pożytecznych błyskawicach w oczyszczalni ścieków i gąsienicznikach wyjadających od środka żywcem inne owady. Jak zwykle mamy garść nowinek technicznych, propozycje ciekawych eksperymentów i Puzeland, by potrenować trochę umysł.

Redaktor naczelna dr n. biol. Olga Orzyłowska-Śliwińska

Obalamy **mity**

Czy bieganie to zdrowie?

SPORTY wytrzymałościowe, w tym maratony, to nie tylko test kondycyjny dla uczestników, ale też eksperyment biologiczny prowadzony na żywym organizmie. Szczególnie wymagające są ultramartony, których dystans wynosi powyżej 42,195 km (długość klasycznego maratonu), najczęściej od 80 do nawet 200 km. Jedną z najpopularniejszych, najbardziej prestiżowych, ale i najtrudniejszych europejskich imprez tego typu jest Ultra-Trail du Mont-Blanc. Zawodnicy pokonują ponad 170 km z ogromnym przewyższeniem (10 km) wokół masywu tej góry. Trasa biegnie przez trzy kraje – Francję, Włochy i Szwajcarię. Najlepsi pokonują ją w 20 godz., a większość – w 32–46 godz.

Ciało człowieka jest niezwykle plastyczne i potrafi przystosować się do obciążeń niegdyś uważanych za krytyczne. Ale granica między adaptacją a przeciążeniem jest niezwykle cienka. Już wcześniej zwracano uwagę, że biegi długodystansowe niosą dla zdrowia nie tylko korzyści – wiązano je z obciążeniem mięśni, stawów, anemią i spadkiem odporności. Nowe światło na to zagadnienie rzuciły niedawne badania przeprowadzone przez uczonych z University of Colorado Anschutz (USA). O szczegółach czytamy w „Blood Red Cells & Iron". Ich pomysłodawcy przeanalizowali krew 12 uczestników startujących w Ultra-Trail du Mont-Blanc oraz 11 biorących udział w biegu Martigny-Combe–Chamonix (ponad 40 km). Próbki pobierano przed startem i po ukończeniu rywalizacji. Pod lupę wzięto lipidy, białka, metabolity i pierwiastki śladowe obecne w osoczu i czerwonych krwinkach. W erytrocytach (dostarczają do komórek tlen i usuwają z nich dwutlenek węgla) wszystkich biegaczy odnotowano podwyższony poziom uszkodzeń spowodowanych przez reaktywne formy tlenu – związki produkowane są m.in. w trakcie wysokiego zapotrzebowania komórek na tlen. Najdrastyczniejsze zmiany jednak widoczne były u ultramaratończyków, których krwinki zmieniały kształt z eliptycznego na kulisty (najprawdopodobniej z powodu wahań ciśnienia krwi, do których dochodzi w trakcie intensywnego biegu), charakterystyczny dla osób w podeszłym wieku. Ta zmiana sprawia, że stają się mniej elastyczne i trudniej im przeciskać się przez naczynia krwionośne, co ogranicza transport tlenu do komórek. Nietypowe krwinki są wyłapywane i niszczone przez znajdujące się w śledzionie makrofagi, co może prowadzić do ich zbyt szybkiego usuwania z organizmu, a w konsekwencji – anemii.

Jak się okazało, po wyścigu liczba czerwonych krwinek u ultramaratończyków zmalała o 10%, ale jak podkreślają autorzy badania, spadek ten nie jest szkodliwy dla zdrowia. Teraz naukowcy planują sprawdzić stan erytrocytów dzień po wyścigu, by ocenić, czy zachodzące w nich zmiany mają charakter długofalowy i czy wpływają na wydajność organizmu. Wyniki badań mogą pomóc w opracowaniu spersonalizowanych strategii treningowych, które poprawią kondycję i zminimalizują szkody wynikające z uprawiania sportów wytrzymałościowych. Mogą też wpłynąć na udoskonalenie metod przechowywania krwi przeznaczonej do transfuzji.

dr Katarzyna Kornicka-Garbowska

Fot. Adrianna Śliwińska

eprasa.pl 9f670bad6d

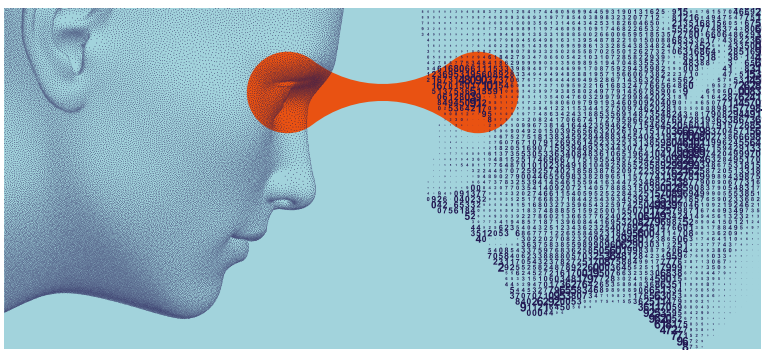
KRZYSZTOF SZYMBORSKI

Pasterze maszyn

ŻYJEMY bez wątpienia w interesującym okresie historii. Czy fakt ten można jednak uznać za przywilej, który przyjąć należy z satysfakcją, czy też okaże się on przekleństwem w myśl porzekadła: „Bodajbyś żył w ciekawych czasach" – którego autorstwo, prawdopodobnie niesłusznie, przypisuje się często starożytnym Chińczykom. W ostatnich latach coraz powszechniejsza ciekawość, połączona ze sporą dawką zaniepokojenia, koncentrować się zaczęła na postępach w dziedzinie sztucznej inteligencji (AI), czyli badaniach i pracach rozwojowych zmierzających do stworzenia „myślących maszyn". Nie będę tu wdawał się w rozważania nad tym, czy maszyny mogą myśleć ani też co słowo „myśleć" dokładnie znaczy.

Sztuczna inteligencja jest przedmiotem badań co najmniej od połowy ubiegłego wieku, ale na pierwsze strony gazet trafiła mniej więcej dwa lata temu, kiedy stworzone zostały tzw. duże modele językowe (*large language models* – LLM), będące „sieciami neuronowymi" zdolnymi do sztucznego generowania tekstu oraz przetwarzania języka naturalnego – do czego dotychczas używaliśmy mózgu. Przy okazji tego przełomowego zdarzenia szeroka opinia publiczna zyskała świadomość wielu innych zastosowań sztucznej inteligencji w dziedzinach wymagających szybkiego przetwarzania ogromnej ilości informacji, które przyniosły przyspieszenie badań we wszystkich obszarach nauki – nie wyłączając medycyny. Korzyści z AI stały się niezwykle kuszące. W tym samym jednak czasie rosło zaniepokojenie nieprzewidzianymi szkodliwymi konsekwencjami niekontrolowanego jej rozwoju. Już powszechne użycie LLM mogło takie skutki za sobą pociągać, a jest to z punktu widzenia sztucznej inteligencji narzędzie stosunkowo mało groźne.

O wiele bardziej ryzykowne będzie stworzenie tzw. ogólnej sztucznej inteligencji (GAI – *general artificial intelligence*), która w znacznie większym stopniu imitowałaby funkcje ludzkiego mózgu. A co będzie, jeśli „myślące maszyny" osiągną samoświadomość i zaczną działać tylko we własnym interesie? Sztuczne sieci neuronowe zostały stworzone przez ludzi i przez nich powinny być kontrolowane. Byłoby szaleństwem zezwolenie, by dalsza ewolucja AI odbywała się poza naszym wpływem. Zastrzeżenia te zgłaszają nie tylko osoby bez technicznej wiedzy w tej dziedzinie. Znamienne jest to, że obawy co do przyszłości „maszyn

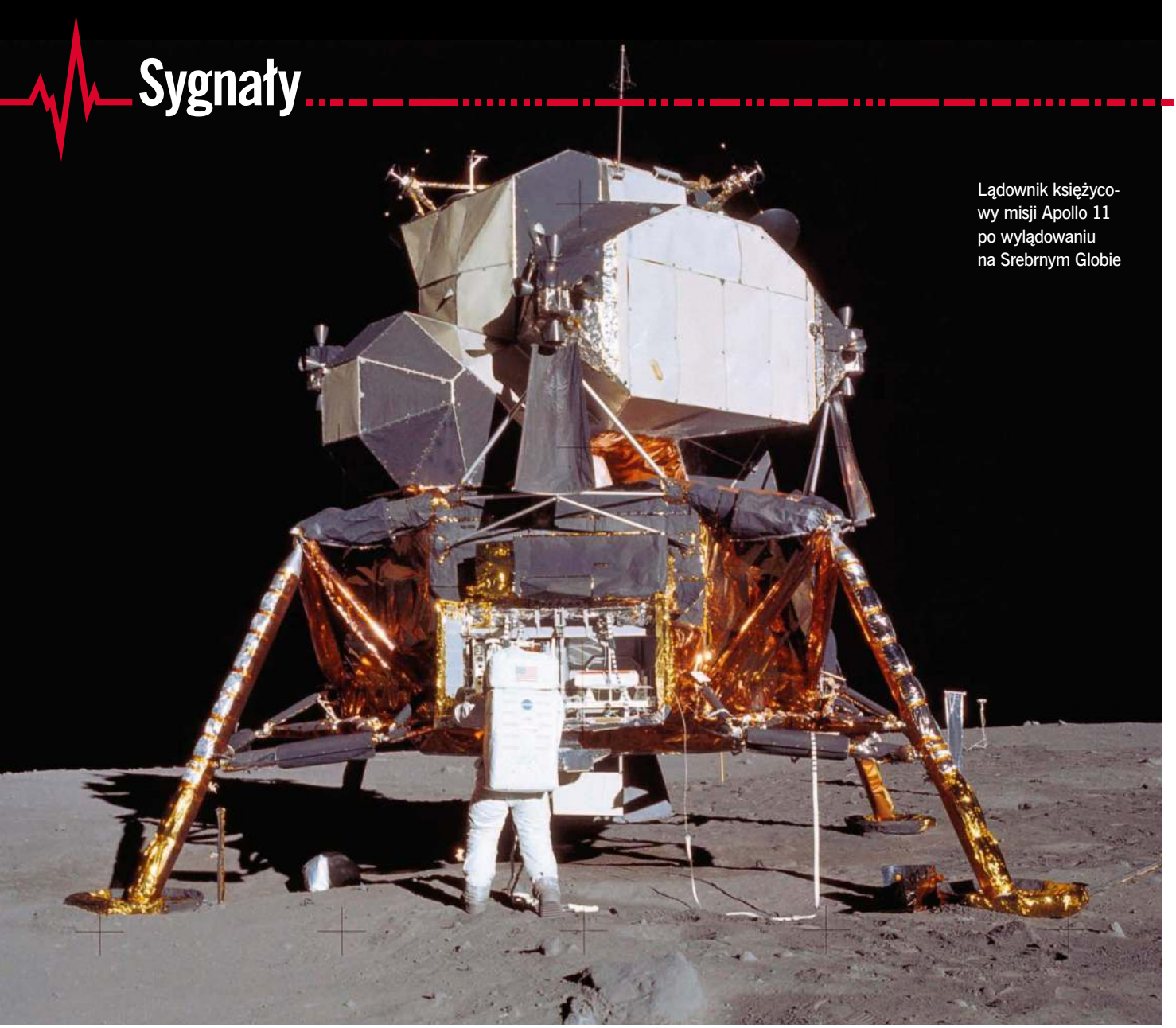


Fot. Shutterstock

o ponadludzkiej inteligencji" podziela wielu specjalistów. Wielka debata na ten temat już się rozpoczęła. Redaktor naukowy „Hindustan Times" Binayak Dasgupta ogłosił w swej gazecie w połowie lutego br. rodzaj manifestu, w którym nawołuje do głębokiego społecznego namysłu nad losem sztucznej inteligencji. „Zwłoka z jej rozwojem byłaby dowodem roztropności, a nie opieszałości" – pisze. Tezę tę Dasgupta opiera na empirycznych obserwacjach, dowodzących, że przenikanie sztucznej inteligencji w nasze życie obok niekwestionowanych korzyści przynosi głębokie nieprzewidziane negatywne konsekwencje – w sferach poznawczej, kulturowej i politycznej.

Dwa znaczące przykłady, jakie mnie szczególnie uderzyły, dotyczą naszej oceny rzeczywistości i intelektualnej dociekliwości. Jak dowodzą niedawne badania, zdolność manipulacji obrazami i tekstem w elektronicznym rozpowszechnianiu informacji sprawia, że odbiorcy tych komunikatów nie odróżniają ich syntetycznych fałszywek i w konsekwencji sama koncepcja prawdy obiektywnej przestaje funkcjonować. Polityczne konsekwencje tego procesu łatwo sobie wyobrazić. Spadku dociekliwości badawczej dowodzą wyniki innych analiz, które dotyczyły zachowań ludzi korzystających z wyszukiwarki Google. Przed pięciu laty osoby prowadzące takie poszukiwania po natrafieniu na interesującą stronę w 75% przypadków otwierały inne cytowane strony, by dotrzeć do oryginalnego źródła informacji. Dziś czyni to tylko 25%. Częściej szukamy prostej odpowiedzi niż głębszej wiedzy. Czy zatem gotowi jesteśmy poddać się maszynom z lenistwa, czy nadal będziemy pasterzami maszyn?

eprasa.pl 9f670bad6d



Lądownik księżycowy misji Apollo 11 po wylądowaniu na Srebrnym Globie

KOSMOS

MAGNETYCZNE WZMOŻENIA KSIĘŻYCA

Nasz naturalny satelita bywał źródłem pola magnetycznego silniejszego niż ziemskie.

Dyskusja nad magnetyczną przeszłością Srebrnego Globu rozpoczęła się po misjach Apollo, które dostarczyły na Ziemię setki kilogramów księżycowych skał. Liczące miliardy lat próbki wykazały ślady powstania w warunkach silnego dwubiegunowego pola magnetycznego. Jak to pogodzić z faktem, że Księżyc był – i jest – znacznie mniejszy od Ziemi, a jego jądro, kluczowe w powstawaniu geodynama, również jest niewielkie?

Jak wynika z badań (publikacja w „Nature Geoscience") przeprowadzonych na University of Oxford, miliardy lat temu – podobnie jak dziś – Księżyc zasadniczo posiadał bardzo słabe pole magnetyczne, jednak sporadycznie dochodziło do krótkotrwałych, lecz intensywnych jego wzmocnień, podczas których siłą przewyższało one nawet pole ziemskie. Analizując księżycowe skały wulkaniczne, naukowcy zauważyli, że silne namagnesowanie występuje w tych warstwach, które zawierają co najmniej sześcioprocentową domieszkę tytanu. Gdy we wnętrzu naszego satelity topiła się materia bogata w tytan, następował gwałtowny wzrost natężenia pola magnetycznego. Taki stan trwał nie dłużej niż 5 tys. lat, a czasem zaledwie kilkaset, po czym wszystko wracało do poprzedniego poziomu. Misje Apollo lądowały właśnie w regionach szczególnie zasobnych w tytan. To mogło zmylić badaczy i doprowadzić do przekonania, że silne pole było zjawiskiem trwałym. **(HOLD)**

eprasa.pl 9f670bad6d

ANATOMIA

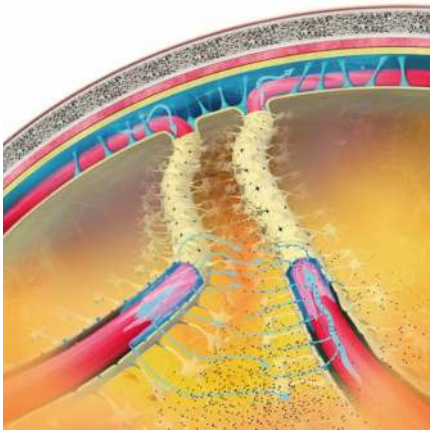
Zagadkowe naczynia w mózgu

Czy pomagają usuwać z niego szkodliwe substancje?

Niedawne odkrycie pokazuje, że jeden z najlepiej przebadanych organów w ludzkim ciele wciąż skrywa tajemnice. Długo uważano, że mózg pozbawiony jest naczyń limfatycznych. Za usuwanie zbędnych produktów przemiany materii i toksyn odpowiada bowiem tzw. układ glimfatyczny, który najintensywniej pracuje w czasie snu (dlatego warto zadbać o jego jakość). To wtedy przestrzenie między neuronami się powiększają, umożliwiając przepływ płynu mózgowo-rdzeniowego, który zabiera wyprodukowane przez nie w ciągu dnia odpady (m.in. białko amyloidowe związane z rozwojem choroby Alzheimera). Później okazało się, że naczynia limfatyczne są obecne, ale tylko w oponie twardej, czyli w otaczającej mózg zewnętrznej błonie, która pełni funkcję ochronną. Co istotne, w przeciwieństwie do właściwej tkanki mózgowej zbudowana jest ona nie z neuronów, lecz z tkanki łącznej.

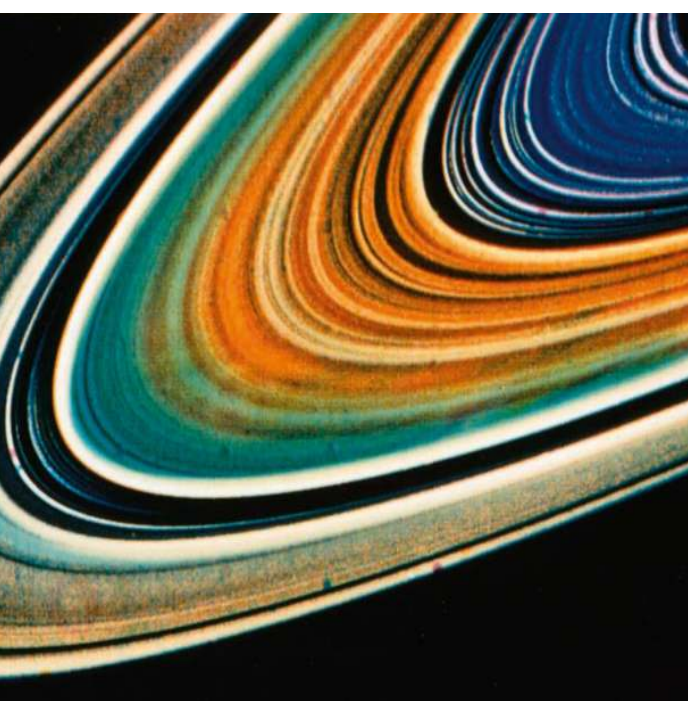
Teraz badacze z Harvard University odkryli w mózgach myszy (m.in. korze, hipokampie, podwzgórzu) niezidentyfikowane wcześniej naczynia, które łączą się z układem glimfatycznym oraz limfatycznym (w oponie mózgowej), co sugeruje, że podobnie jak one pomagają w usuwaniu szkodliwych substancji. Struktury znaleziono przypadkowo w trakcie poszukiwań złogów beta-amyloidu u osobników z chorobą podobną do alzheimera. Próby z wykorzystaniem specjalnego barwienia, używanego do wykrywania naczyń limfatycznych, dały niejednoznaczne wyniki, mimo to struktury nazwano nanonaczyniami limfatycznymi (ang. *nanoscale lymphatic-like vessels*, NLV).

Sceptycy zwracają uwagę na fakt, że NLV mogą być tylko artefaktem po nieprawidłowo wykonanym barwieniu, bo do tej pory nie udało się ich wyśledzić za pośrednictwem dokładniejszych metod obrazowania, np. mikroskopii elektronowej. Autorzy badania są jednak przekonani, że odkryte przez nich struktury to naczynia limfatyczne, które wcześniej mylono z aksonami, czyli długimi wypustkami neuronów. Ich dokładny status ustalą dopiero kolejne analizy. Jeśli hipotezy się potwierdzą, będziemy mieli do czynienia z rewolucyjnym odkryciem, które może pomóc w lepszym zrozumieniu podłoża chorób neurodegeneracyjnych i opracowaniu nowych metod terapeutycznych. Analogiczne struktury do mysich NLV zidentyfikowano bowiem w ludzkim mózgu – zarówno osoby zdrowej, jak i cierpiącej na alzheimera. **(KKG)**



Układ glimfatyczny usuwa z mózgu toksyny i zbędne produkty przemiany materii (oznaczone na niebiesko).

Fot. NASA, NASA/JPL-Caltech, SPL/Indigo



Odwieczne czy młode? Nowa hipoteza sugeruje, że saturnowe pierścienie powstały stosunkowo niedawno.

UKŁADY PLANETARNE

Tajemnice pierścieni Saturna

Czy za ich powstaniem stoi zderzenie sprzed 500 mln lat?

Układ Saturna to jeden z największych i najbardziej skomplikowanych obiektów Układu Słonecznego. Oprócz pierścieni gazowego olbrzyma zawiera kilkaset mniejszych i większych księżyców, a wszystkie te ciała oddziałują ze sobą i planetą, zmieniając swoje orbity, a czasem również się zderzając. Niedawna dokładniejsza analiza orbity największego z tych księżyców, mroźnego Tytana, doprowadziła do powstania nowej hipotezy wyjaśniającej pochodzenie pierścieni i kilka innych tajemnic układu. Jak się okazuje, Tytan oddala się od Saturna, i to w wyjątkowo szybkim tempie ok. 11 cm na rok. Jak proponują autorzy pracy opublikowanej w „The Planetary Science Journal", przyczyną tej księżycowej ucieczki mogło być zderzenie sprzed pół miliarda lat. To wtedy inny duży księżyc, nazwany Chrysalis, mógł się zderzyć z Proto-Tytanem i stać częścią nowo narodzonego Tytana. Z odłamków po tej kolizji powstałby inny spory satelita, Hyperion. Oddalający się od Saturna Tytan zaburzyłby orbity innych księżyców, prowadząc do ich zderzeń i narodzin pierścieni. Nowa hipoteza wyjaśnia też, dlaczego na powierzchni Tytana nie ma śladu kraterów uderzeniowych – księżyc jest po prostu stosunkowo młody – a także dlaczego oś obrotu Saturna jest nachylona pod obserwowanym dziś kątem. **(WŚ)**

eprasa.pl 9f670bad6d

Donosy

Ze Skidmore College w USA donosi Krzysztof Szymborski

MECH NA MARSIE?

Japońscy uczeni z Uniwersytetu Hokkaido skorzystali ze stacji Cygnus NG-17, by sprawdzić odporność *Physcomitrella patens* na warunki panujące w przestrzeni kosmicznej. Mech, który spędził w kosmosie ok. 9 mies., wykazał wyjątkową wytrzymałość i odżył po powrocie na Ziemię. Niektórzy snują spekulacje o tym, że da się w przyszłości pokryć mchem Marsa.

JAK UMIERAMY?

W czasie tegorocznej konferencji AAAS (Amerykańskiego Stowarzyszenia Postępu Nauki) Anna Fowler z Arizona State University zreferowała wyniki swych badań przeglądowych, z których wynika, że proces umierania jest bardziej skomplikowany, niż dotąd sądzono. Ani wstrzymanie pracy serca, ani płaski elektroencefalogram nie świadczą o tym, że umierający człowiek nieodwracalnie zakończył życie. Umieranie jest raczej procesem niż zdarzeniem i trwać może dłużej niż godzinę.

INTELIGENTNE BUTY

Jiayang Li, wynalazca pracujący w brytyjskim University of Bristol, skonstruował prototyp elektronicznych butów, które mają zapobiegać upadkom spowodowanym utratą równowagi. Podeszwy wyposażył w 253 maleńkie czujniki wysyłające właścicielowi radiowe sygnały w przypadku ryzykownego stąpnięcia. Li zainteresował się tym problemem, kiedy jego przyjaciel i przełożony dr Peter Langlois osiągnął wiek 89 lat i utracił pewność kroku.

PREHISTORIA CHIRURGII

W górach Ałtaj znaleziono skamieniałe fragmenty szkieletu kobiety sprzed 2,5 tys lat. Analiza wykazała, że została zoperowana, co prawdopodobnie uratowało jej życie. W kości szczęki nawiercono dwa otwory, przez które przewleczono elastyczne wiązadło (wykonane z końskiego włosia lub zwierzęcego ścięgna). Obszary te w tym czasie zamieszkane były przez wędrowne plemiona należące do kultury Pazyryk.

ENTOMOLOGIA

Imperium królowych

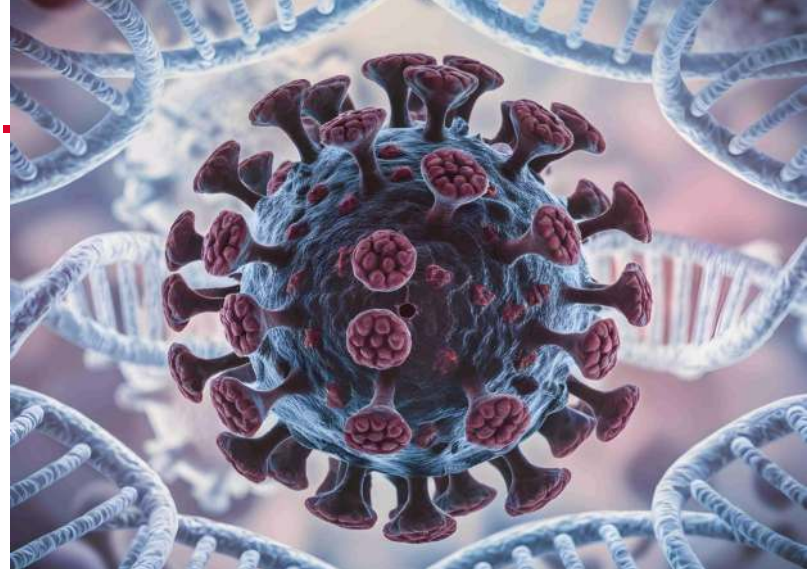
Poddani, czyli robotnice i samce, okazują się zbyteczni.

Typowa kolonia mrówek to zorganizowana społeczność, w której każdy osobnik pełni ściśle określoną funkcję. Centralne miejsce zajmuje królowa – jedyna samica składająca jaja. Dookoła niej pracują tysiące bezpłodnych robotnic, które zdobywają pokarm, opiekują się młodymi, budują gniazdo i chronią je przed intruzami. Uskrzydlone samce pojawiają się w sezonie rozrodczym, a ich jedyną rolą jest zapłodnienie królowej. Po spełnieniu tego zadania giną.

Całkiem niedawno odkryto w Japonii gatunek, który łamie wszystkie znane dotychczas schematy organizacji społecznej owadów. Kolonia pasożytniczych mrówek *Temnothorax kinomurai* składa się wyłącznie z królowych. To pierwszy znany przypadek mrowiska funkcjonującego bez samców i robotnic. Na trop tego wyjątkowego zjawiska wpadli badacze z Ratyzbony (Niemcy), a o szczegółach dowiadujemy się z „Current Biology". Wspomniane mrówki budziły zainteresowanie już od ponad 40 lat, ale aż do tej pory nie udało się dostarczyć jednoznacznych dowodów na ich nietypowe funkcjonowanie. Teraz naukowcy przyjrzeli się zwyczajom sześciu rodzin *T. kinomurai* w warunkach laboratoryjnych. Mrówki rozmnażały się w budkach lęgowych, a badanie narządów rozrodczych potomstwa ujawniło, że wszystkie 43 osobniki są samicami. Siedem z nich podbiło kolonie pokrewnego gatunku *Temnothorax makora*, zabijając królową i część robotnic. Następnie przystąpiły do rozmnażania bezpłciowego (tzw. partenogeneza) – złożyły niezapłodnione, lecz będące ich klonami jaja, w opiece nad którymi pomagały robotnice z przejętej kolonii. Potomstwo po raz kolejny składało się wyłącznie z samic. Taka strategia zwiększa sukces ewolucyjny i szansę przetrwania *T. kinomurai*, gdyż każdy dorosły osobnik staje się potencjalną królową, mogącą złożyć jaja. Samce i robotnice stają się zbyteczne, co stanowi unikatowe w świecie mrówek rozwiązanie. **(KKG)**

(A) Pasożytnicza królowa próbuje użądlić robotnicę z podbitej kolonii. (B) Mrówki *T. makora* (ciemnobrązowe) napadnięte przez *T. kinomurai* (jasnobrązowe).

eprasa.pl 9f670bad6d



MPV to wirus powodujący zakażenia układu oddechowego. Przenosi się drogą kropelkową.

IMMUNOLOGIA

Krew pediatrów

Obecne w niej przeciwciała pomagają leczyć choroby wirusowe.

Niezwykle powszechny i wysoce zaraźliwy RSV (ang. *respiratory syncytial virus*) wywołuje infekcje dróg oddechowych, które objawiają się katarem, kaszlem i gorączką. O ile u dorosłych choroba najczęściej przybiera łagodny przebieg, o tyle u dzieci, seniorów i osób z osłabioną odpornością może prowadzić do wymagającego hospitalizacji zapalenia oskrzelików czy płuc. Z uwagi na brak leku zwalczającego jej przyczynę, możliwości terapeutyczne ograniczają się do łagodzenia jej objawów. W walce z nią pomagają szczepienia dostępne dla kobiet w ciąży (przeciwciała matki przechodzą przez łożysko i chronią niemowlęta do 6 mies. życia) i osób po pięćdziesiątce. Dla dzieci do 2 lat, z których ponad 90% ulega zakażeniu, dostępne są preparaty z gotowymi przeciwciałami anty-RSV, które podobnie jak szczepionkę podaje się w formie zastrzyku domięśniowego. Te neutralizują jednak tylko niektóre szczepy wirusa.

Ostatnio poszukujący nowych metod leczenia naukowcy ze Szpitala Dziecięcego przy Uniwersytecie Medycznym w Chongqing (Chiny) zwrócili uwagę na pediatrów. To oni bowiem stoją na pierwszej linii frontu w walce z nękającymi dzieci patogenami, a taka częsta ekspozycja działa jak naturalny trening układu odpornościowego. Organizm rozpoznaje wirusa, tworzy przeciwciała i komórki pamięci, dzięki którym przy kolejnym kontakcie reakcja jest szybsza i efektywniejsza, a przebieg choroby łagodniejszy. W ramach badań przeanalizowano krew 10 medyków zatrudnionych w szpitalu od ponad dekady. Obecne w niej komórki odpornościowe okazały się skarbnicą niezwykle silnych przeciwciał przeciwko RSV. Zidentyfikowano ich ponad 50 rodzajów, których syntetyczne wersje stworzono później w laboratorium. Okazało się, że trzy z nich mają wyjątkowo szerokie spektrum działania. Chronią nie tylko przed różnymi szczepami RSV, ale też przed metapneumowirusem (MPV), który odpowiada za 10–12% chorób układu oddechowego u dzieci poniżej 5. roku życia.

Późniejsze testy na myszach i szczurach wykazały, że te 3 rodzaje przeciwciał zapobiegły – zarówno w pojedynkę, jak i w kombinacji – wystąpieniu objawów RSV i MPV u zainfekowanych nimi zwierząt. Działały przeciwko większej liczbie szczepów i były 25 razy skuteczniejsze niż analogiczne komercyjne preparaty dostępne na rynku. Naukowcy mają nadzieję, że efektywność nowych przeciwciał będzie można ocenić w ramach badań klinicznych z udziałem ludzi. Jeśli się powiodą, dostarczą pierwszego specyficznego leczenia przeciwko wirusowi MPV, bo obecnie ani szczepionka, ani preparaty na bazie przeciwciał nie są dostępne na rynku. **(KKG)**

ASTROFIZYKA

Zahamowany ruch Didymosa

Po raz pierwszy udało się zmienić prędkość poruszania się ciała niebieskiego po orbicie wokół Słońca.

Planetoida Didymos ma prawie 800 m średnicy, a krąży wokół Słońca po orbicie leżącej poza orbitą Ziemi i w peryhelium zbliża się do naszej planety na niewielką odległość. To dlatego uznano ją za obiekt potencjalnie niebezpieczny i objęto obserwacją. Dzięki temu odkryto, że Didymos ma własnego satelitę – planetoidę o średnicy ok. 160 m, nazwaną Dimorphos. W 2021 r. NASA wysłała w jej kierunku statek kosmiczny, który miał w nią uderzyć, aby w ten sposób zmienić jej kurs.

We wrześniu 2022 r. doszło do zaplanowanej kolizji. Sonda DART z powodzeniem odegrała rolę kamikadze, uderzając w małego Dimorphosa i rozbijając się o jego powierzchnię. Obserwacje wykazały, że jego ruch wyraźnie zwolnił. Obecnie w stronę układu zmierza europejska sonda Hera, która z bliska oceni skutki zderzenia. Tymczasem naukowcy odkryli, że również większy Didymos nie pozostał obojętny wobec tej kosmicznej kraksy. W artykule opublikowanym w „Science Advances" informują, że prędkość jego wędrówki wokół Słońca zmniejszyła się o co najmniej jedną setną milimetra na sekundę. Choć na pierwszy rzut oka wydaje się to niewiele, po przeliczeniu sekund na minuty, godziny i doby okazuje się, że oznacza to spore spowolnienie.

Jak Didymos mógł odczuć kolizję swojego satelity z sondą DART? Autorzy badań wskazują dwie przyczyny. Po pierwsze, zmiana prędkości mniejszej planetoidy wpłynęła na ruch większej. Po drugie, do Didymosa mogły dotrzeć odłamki skalne wyrzucone podczas uderzenia. Oba te czynniki spowodowały przesunięcie barycentrum – centralnego punktu układu dwóch ciał, wokół którego oba się poruszają. W efekcie zmieniła się również ich trajektoria wokół Słońca. **(HOLD)**

Dimorphos sfotografowany przez sondę DART na 11 s przed zderzeniem

Fot. Hamaguchi, Kinomura et al. (2026), Shutterstock, NASA/Johns Hopkins APL

eprasa.pl 9f670bad6d

Donosy

UWAGA NA KOPALNE BAKTERIE

W grocie lodowej w Rumunii natrafiono na zamrożony od 5 tys. lat szczep bakterii *Psychrobacter SC65A.3*. Przywrócono je do życia, a badania wykazały, że są one odporne na 10 typów nowoczesnych antybiotyków i mogą powodować zakażenia zarówno u zwierząt, jak u ludzi.

ŚMIERĆ GENIUSZA

W Japonii zmarła w wieku 49 lat wyjątkowo uzdolniona szympansica Ai, której opiekunem był przez wiele lat profesor Uniwersytetu w Kyoto Tetsuro Matsuzawa. W ciągu życia nauczyła się rozpoznawać wszystkie litery alfabetu łacińskiego i ok. 100 liter chińskiego. Rozróżniała także 11 kolorów i posługiwała się liczbami od 1 do 9.

REKORDOWA STOPA

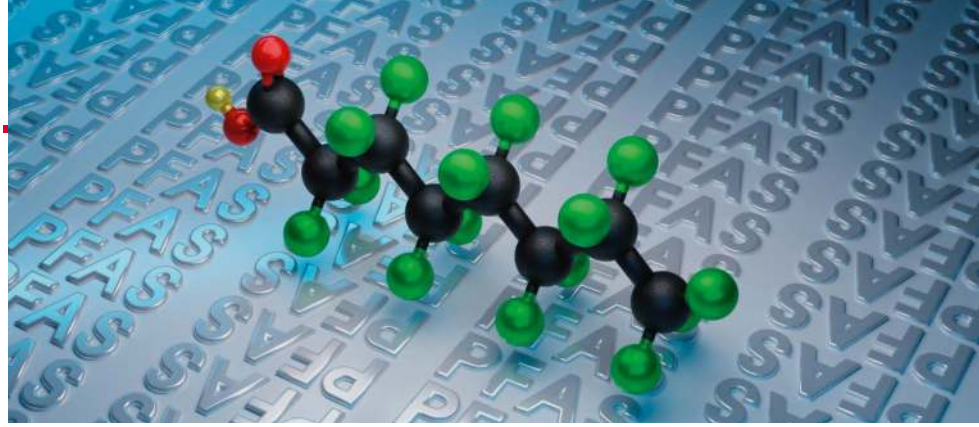
W zachodniej Australii blisko półwyspu Dampier paleontolodzy z University of Queensland znaleźli największy znany odcisk stopy dinozaura sprzed 13 mln lat. Ślad, mający długość 1,7 m, pozostawiony został przez zauropoda, którego wysokość (mierzona do poziomu bioder) sięgała 5,5 m.

NAJCZARNIEJSZA TKANINA

Stworzyli ją (czy może: utkali) dr Larissa Shepherd i jej koledzy z Cornell University. Współczynnik odbicia ma tak niski, że absorbuje 98,7% padającego na nią światła. Inspirację dla badaczy stanowiły superczarne pióra ozdobnika wspaniałego, który zamieszkuje Nową Gwineę i północną Australię. Powierzchnia piór wykazuje skomplikowaną strukturę (rzędy mikroskopijnych ciasno ułożonych zadziorów). Z powodzeniem ją odwzorowano.

NIECHLUBNE WYRÓŻNIENIE

Jak twierdzi amerykański neurolog Jared Cooney Horvath, pokolenie Z (osoby urodzone w latach 1997–2012) jest pierwszą znaną ludzką generacją, która wykazuje mniejszą przeciętną inteligencję niż poprzednicy wskutek – co może się wydać paradoksalne – szerokiego rozpowszechnienia technologii cyfrowej, ułatwiającej szybki dostęp do informacji.



PFAS składają się z atomów fluoru (zielone), węgla (czarne), tlenu (czerwone) i wodoru (żółty). Silne wiązania chemiczne między węglem i fluorem odpowiadają za wysoką odporność tych związków na degradację.

WETERYNARIA

Karmy dla zwierząt pod lupą

Znajdują się w nich szkodliwe substancje.

Bezpieczeństwo żywności naruszają nie tylko bakterie i grzyby, ale też syntetyczne związki stworzone przez człowieka. Per- i polifluoroalkilowe substancje, określane mianem PFAS, są odporne na tłuszcz, wysoką temperaturę czy wodę, a wskutek ich niezwykłej trwałości (rozkładają się setki, a nawet tysiące lat) nazywa się je wiecznymi chemikaliami. Do środowiska trafiają głównie z zakładów przemysłowych, wysypisk i oczyszczalni ścieków. Rośliny pobierają je z gleby, a zwierzęta – z paszy i wody. Potem trafiają na nasze jedzenie. W efekcie PFAS są obecne w krwi każdego z nas. Akumulują się latami, a długotrwała ekspozycja na nie uszkadza wątrobę, wpływa na układ odpornościowy, gospodarkę hormonalną, rozwój płodu czy nawet niektórych nowotworów. Z tego powodu coraz więcej krajów zaostrza limity obecności tych związków zarówno w wodzie pitnej, jak i żywności.

O ile wpływ PFAS na organizm ludzki został w miarę dobrze poznany i wyznaczono rygorystyczne normy spożycia (m.in. wprowadzone rozporządzeniem Komisji UE 2022/2388 z 2022 r.), o tyle szarą strefą pozostawały produkty przeznaczone do żywienia zwierząt domowych. Pod lupę wzięli je ostatnio badacze z Ehime University (Japonia), a poczynione odkrycia wskazują na pilną potrzebę monitorowania zawartych w nich zanieczyszczeń. Wpływ PFAS na zwierzęta nie został zgłębiony, choć wiązano je m.in. z chorobami nerek, wątroby i tarczycy u kotów. W ramach niedawnych badań przeanalizowano skład karm różnych rodzajów (suche oraz mokre) od różnych producentów. Poziom PFAS oznaczono w 48 karmach dla psów i 52 dla kotów sprzedawanych w Japonii w latach 2018–2020. Okazało się, że kilka z nich (w przeliczeniu na kg masy ciała) przekracza dzienne normy spożycia ustalone dla ludzi przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA).

Najwięcej PFAS w karmie dla psów odnotowano w produktach na bazie ryb i zbożowych, a najmniej – w mięsnych. Znaczna ilość szkodliwych związków występowała też w karmach dla kotów na bazie ryb pochodzących z Azji (szczególnie z Tajlandii), Europy i USA. Obecne w oceanicznych wodach PFAS absorbowane są przez plankton, a później trafiają do organizmów żywiących się nim ryb. Nie ulegają rozkładowi i akumulują się w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego. Znajdują się również w rybach trafiających na nasze stoły. Tym samym międzynarodowy handel rybami ułatwia rozpowszechnianie się tych związków i ich migrację z najbardziej zanieczyszczonych regionów do organizmów konsumentów na całym świecie. Naukowcy podkreślają, że normy obowiązujące dla ludzi mogą nie mieć zastosowania dla zwierząt domowych m.in. z uwagi na różnice w metabolizmie, długości życia czy okresie półtrwania PFAS w organizmie. Badania nad długotrwałą ekspozycją i oceną toksyczności PFAS w odniesieniu do poszczególnych gatunków zwierząt są niezbędne, by ustalić obowiązujące dla nich limity spożycia tych związków. **(KKG)**

eprasa.pl 9f670bad6d

GEOCHEMIA

Ziemia sprzed 4 mld lat

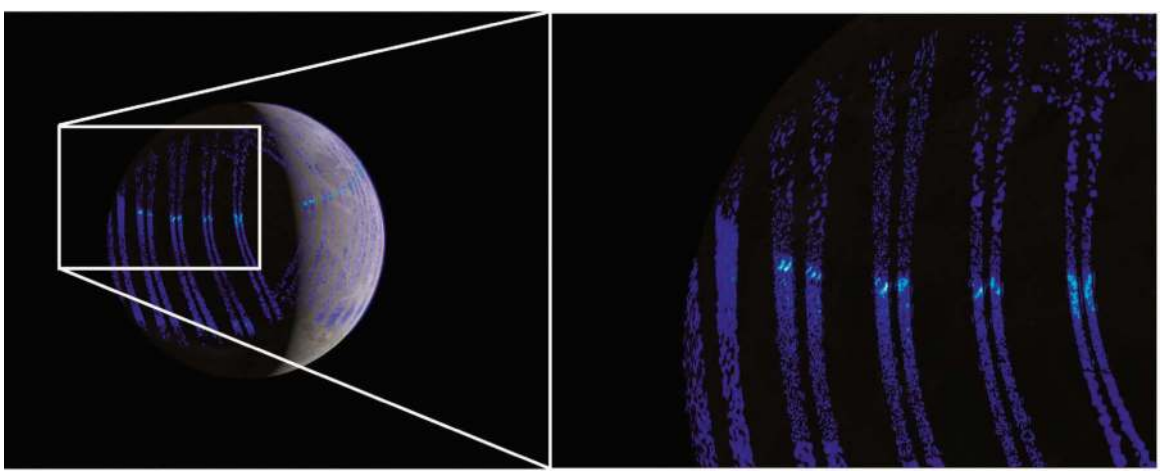
Kolejne badania cyrkonów z australijskich Jack Hills sugerują, że istniały już wtedy pierwsze kontynenty.

Cyrkony są twardzielami wśród minerałów. Słyną z długowieczności. Te z zachodniej Australii okazały się wręcz matuzalemami: ich wiek przekracza 4 mld lat, a najstarszy z dotąd przebadanych liczy niemal 4,4 mld lat. Odkrycie to wprawiło naukowców w zdumienie. Nawet cyrkon nie przetrwałby przecież długo w oceanie rozżarzonej magmy, który – jak sądzono – miał pokrywać młodą Ziemię. Czy zatem rzeczywistość wyglądała inaczej? Czy nasza planeta mogła stosunkowo szybko ostygnąć z wierzchu? A jeśli tak, to może na jej powierzchni nie było oceanu lawy, ale ocean wody?

Te pytania od lat nurtują badaczy, którzy odpowiedzi poszukują w domieszkach pierwiastków uwięzionych w prastarych kryształach. Kolejne inkluzje są wyłuskiwane z kryształków i poddawane coraz bardziej wyrafinowanym analizom. Najnowsze analizy – których wyniki opublikowano najpierw w „Nature", a potem w „PNAS" – wskazują, że okruchy z Jack Hills krystalizowały na głębokości kilku kilometrów we wnętrzu granitowego masywu, który z czasem stał się zalążkiem kontynentu. Do powstania granitów potrzebna jest jednak woda, która zdaniem autorów pierwszego z badań musiała pochodzić z powierzchni globu. Wynikałoby z tego, że na młodej Ziemi istniały już jakiś ląd oraz ocean.

Autorzy drugiej pracy dorzucają jeszcze jedną ciekawą konkluzję. Utrzymują, że cyrkony pośrednio świadczą o istnieniu konwekcji w płaszczu Ziemi – powolnego krążenia skał budujących drugą warstwę globu. Konsekwencją tego właśnie krążenia materii mogło być powstanie pierwszych kontynentów, a zapewne także i gór. **(HOLD)**

Cyrkon z Jack Hills w Australii widziany pod mikroskopem elektronowym



Artystyczna wizualizacja ultrafioletowych zórz na Ganimedesie, oparta na szczegółowych obserwacjach sondy Juno

ASTROFIZYKA

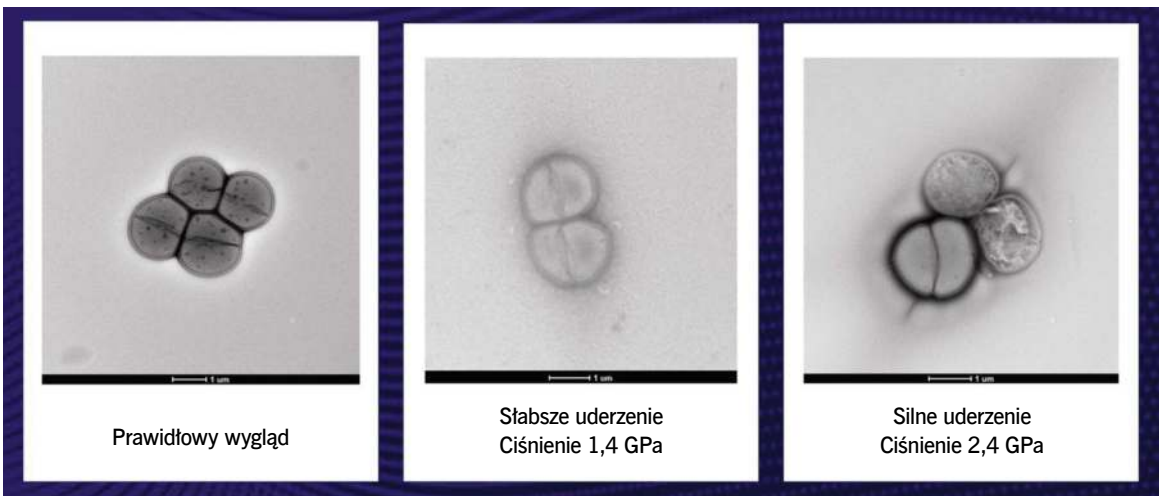
Księżycowe zorze

Największy księżyc Układu Słonecznego ukazał podobieństwo do Ziemi.

Gdyby Ganimedes krążył bezpośrednio wokół Słońca, a nie Jowisza, bez wahania uznalibyśmy go za planetę – jest większy nie tylko od wszystkich księżyców Układu Słonecznego, ale nawet od Merkurego. Być może właśnie dzięki swoim rozmiarom jako jedyny znany księżyc posiada globalne pole magnetyczne i własną magnetosferę, czyli obszar, w którym pole to kontroluje ruch nadlatujących z kosmosu cząstek naładowanych. Na Ziemi oddziaływanie takich cząstek z atmosferą wywołuje zorze polarne, zwykle widoczne w pobliżu biegunów magnetycznych, choć podczas silnej aktywności Słońca można je zobaczyć nawet w Polsce. Czy podobne zjawisko może zachodzić na Ganimedesie? Księżyc ma wprawdzie bardzo rzadką atmosferę, ale jest stale bombardowany cząstkami rozpędzonymi w polu magnetycznym Jowisza. Już 30 lat temu teleskop Hubble'a zaobserwował tam poświatę zórz. Niedawny bliski przelot sondy Juno pozwolił jednak zbadać je znacznie dokładniej – okazało się, że ich struktura bardzo przypomina niektóre typy zórz ziemskich. Można więc powiedzieć, że w kosmosie mamy magnetycznego kuzyna Ziemi. **(WŚ)**

Fot. Shutterstock, Shane K. Houchin, NASA/JPL-Caltech/SwRI/UVS/ULiège/Gustin/Bonfond

eprasa.pl 9f670bad6d



Kod QR – film z eksperymentu

Testy na bakteriach *Deinococcus radiodurans*

BIOLOGIA

Bakterie w kosmosie?

Mogą przetrwać uderzenie planetoidy, a na wyrzuconych w kosmos odłamkach skalnych odbyć podróż na inny glob, np. z Marsa na Ziemię.

Bakterie *Deinococcus radiodurans* występują w pustynnych glebach wysokogórskich płaskowyżów Andów. Mają grubą błonę komórkową, która w razie uszkodzenia się regeneruje, wytrzymują bardzo niskie temperatury, a także intensywne promieniowanie. Eksperyment naukowców z Johns Hopkins University polegał na umieszczeniu bakterii pomiędzy dwiema metalowymi płytkami, a następnie ostrzeliwaniu ich z pistoletu gazowego. W chwili uderzenia pocisk poruszał się z prędkością ok. 500 km/h. Próby powtarzano wielokrotnie, wytwarzając ciśnienie od 1 do 3 GPa, czyli dziesiątki tysięcy razy większe od atmosferycznego. Test miał symulować uderzenie planetoidy w powierzchnię Marsa.

Bakterie przetrwały wszystkie testy przy ciśnieniu 1,4 GPa oraz ok. 60% prób przy ciśnieniu 2,4 GPa. Dopiero w tym drugim przypadku u części obserwowano uszkodzenia ściany komórkowej oraz urazy struktur wewnętrznych. „Strzelaliśmy coraz szybciej, próbując je zabić. Nie daliśmy rady. Wcześniej rozpadł się sprzęt, na którym prowadziliśmy eksperyment" – opowiadają naukowcy. Wyniki testów sugerują, że podczas impaktów najbardziej wytrzymałe bakterie mogą zostać wyrzucone w kosmos wraz z okruchami skał, a następnie odbywać z nimi międzyplanetarne podróże – być może docierając nawet na inne globy. „Niewykluczone, że dzięki takim transferom życie miliardy lat temu dotarło na Ziemię" – mówią badacze. Wyniki ich analiz ukazały się w „PNAS Nexus". **(HOLD)**

Przedstawiciel widliszków

EWOLUCJA

Kiedy komary wzięły nas na cel?

Widliszki piją ludzką krew od co najmniej 1,8 mln lat.

Komary pojawiły się na Ziemi setki milionów lat temu i z czasem podzieliły się na liczne rodzaje oraz gatunki. Jedną z najbardziej znanych grup są widliszki (*Anopheles*), wśród których znajdują się także gatunki przenoszące choroby, w tym malarię. Ostatnio międzynarodowy zespół naukowców zrekonstruował historię 11 gatunków widliszków z Azji Południowo-Wschodniej na podstawie tempa mutacji genetycznych. Ustalono, że ich przodkowie zaczęli włączać krew *Homo erectus* do swojej diety ok. 1,8 mln lat temu.

H. erectus opuścił Afrykę 1,9–1,8 mln lat temu i stosunkowo szybko rozprzestrzenił się w wielu regionach Azji (w lutym br. inna grupa naukowców określiła wiek ludzkich czaszek znalezionych w jaskini w środkowych Chinach na 1,77 mln lat). Wygląda więc na to, że niemal od razu przyciągnął uwagę lokalnych „krwiopijców". Do pierwszego ukłucia mogło dojść na dziś już nieistniejącym lądzie, zwanym przez geologów Sundaland (w jego skład wchodziły m.in. Półwysep Malajski i wyspy Sumatra, Jawa i Borneo). Wcześniej widliszki wysysały krew z innych ssaków naczelnych. Przestawienie się wiązało się z szeregiem modyfikacji w DNA tych owadów, zwłaszcza w genach kodujących receptory zapachowe. Dzięki nim widliszki mogły z większej odległości rozpoznawać woń człowieka. Badania opublikowano w „Scientific Reports". **(HOLD)**

Fot. Shutterstock, Lisa Orye/Johns Hopkins University, Liang Duan

eprasa.pl 9f670bad6d

TEKTONIKA

Kontynent starty przez erozję

Na Ziemi brakuje skał z okresu obejmującego ponad pół miliarda lat.

W słynnym kanionie Kolorado rzeka wcina się na głębokość ok. 1,5 km w płaskowyż. U jego podstawy odsłania skały pofałdowane i wyrównane, nad którymi zalegają młodsze, ułożone poziomo osady. Różnica wieku między nimi przekracza 500 tys. lat. Tę ogromną lukę w zapisie geologicznym nazwano Wielką Niezgodnością (ang. Great Unconformity). Podobną lukę obserwuje się także w innych regionach świata. Musiała więc na naszej planecie zadziałać jakaś potężna siła erozyjna, która usunęła warstwy narastające wcześniej milimetr po milimetrze przez setki milionów lat.

Wielu badaczy wskazywało na rozległe lądolody, które kilkakrotnie pokryły niemal całą Ziemię podczas wielkiego kryzysu klimatycznego, zapoczątkowanego ok. 720 mln lat temu i trwającego z przerwami jakieś 90 mln lat. To właśnie lód miał zedrzeć ogromne masy skał. Ale chińscy naukowcy (publikacja w „PNAS") przekonują teraz, że Wielka Niezgodność zaistniała znacznie wcześniej – jeszcze zanim Ziemię zajęły lądolody. Ich zdaniem proces usuwania warstw skalnych rozpoczął się już 1,8–1,6 mld lat temu i wiązał się z intensywnymi ruchami tektonicznymi, które mogły doprowadzić do powstania Kolumbii. Ten świeżo uformowany superkontynent nie był zapewne pierwszym w historii Ziemi i z pewnością nie ostatnim – po nim pojawiły się jeszcze Rodinia i Pangea.

Badania paleomagnetyczne sugerują, że Kolumbia mogła rozciągać się na 13 tys. km z północy na południe i 5 tys. km ze wschodu na zachód. Ostatecznie rozpadła się pod wpływem sił drzemiących we wnętrzu planety, lecz wcześniej została poddana niszczącemu działaniu czynników zewnętrznych. Skala tej destrukcji okazała się gigantyczna. **(HOLD)**

Wielka Niezgodność w północnych Chinach – z prawej strony skały sprzed 2,18 mld lat, na których leżą warstwy sprzed 520 mln lat.

REKLAMA

eprasa.pl 9f670bad6d

NIEZWYKŁE OBRAZY NATURY

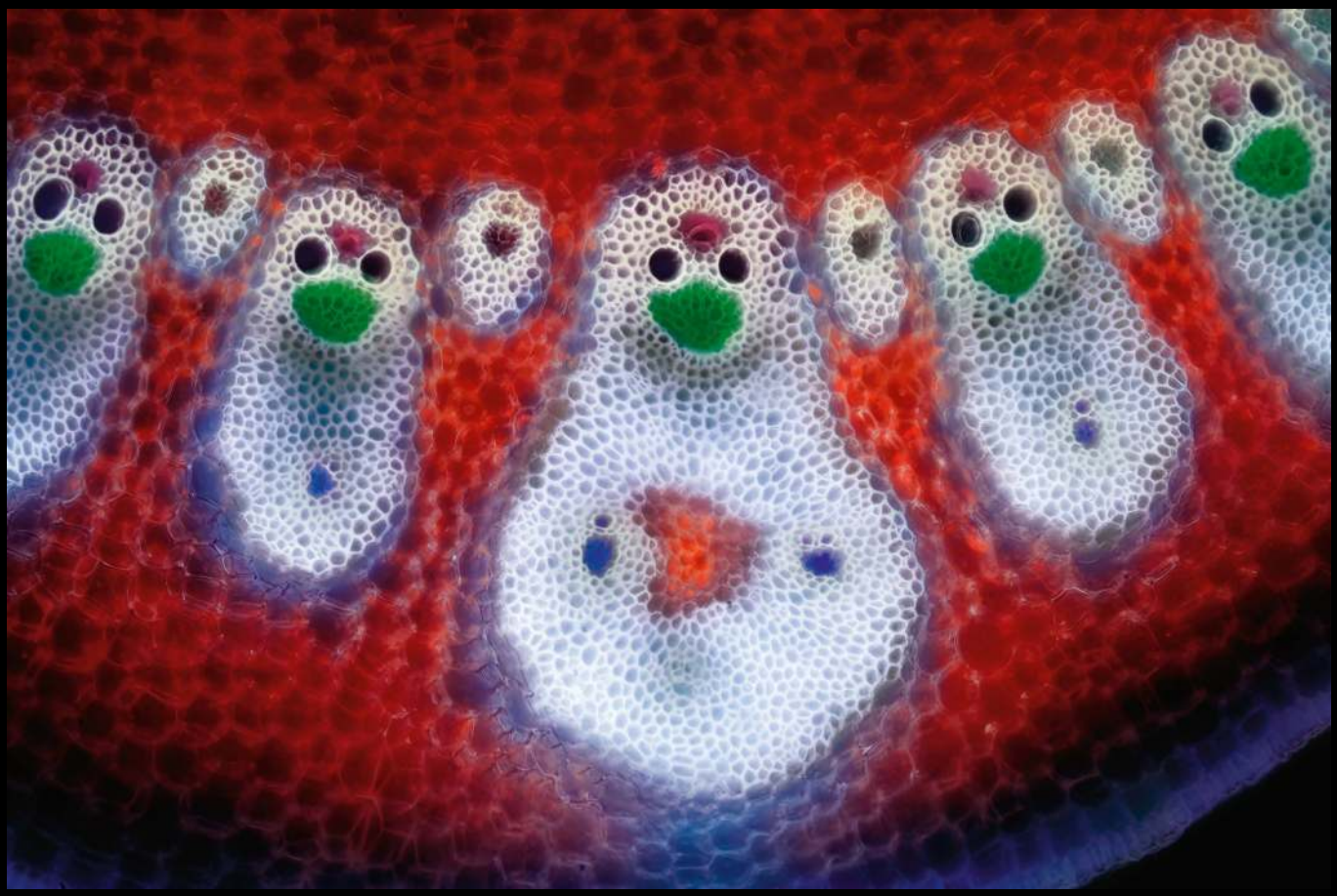
Wyczarowali je naukowcy uzbrojeni w odpowiedni sprzęt.

NIKON Small World poświęcono fotografii mikroskopowej. Ważne są umiejętności i dusza artysty. Od 1975 r. zgłaszają się do konkursu naukowcy i hobbyści z całego świata. Zdjęcia zwycięzców zdobywają nagrody pieniężne, część trafia na wystawy, powstaje nawet specjalny kalendarz. Jak co roku bardziej podobają mi się prace niżej ocenione przez jury, bo szczególnie mnie ujmują te wyglądające jak obrazy. Wszystkie można obejrzeć tu: **www.nikonsmallworld.com/galleries/2025-photomicrography-competition**.

Olga Orzyłowska-Śliwińska

Shambhavi Dwivedi, Friedemann Kiefer (Niemcy). Układ limfatyczny (biały) i krwionośny (czerwony) myszy. Dla mnie wspaniałe zestawienie kolorystyczne i miejsce 2., a tak naprawdę poza pierwszą trzydziestką

eprasa.pl 9f670bad6d

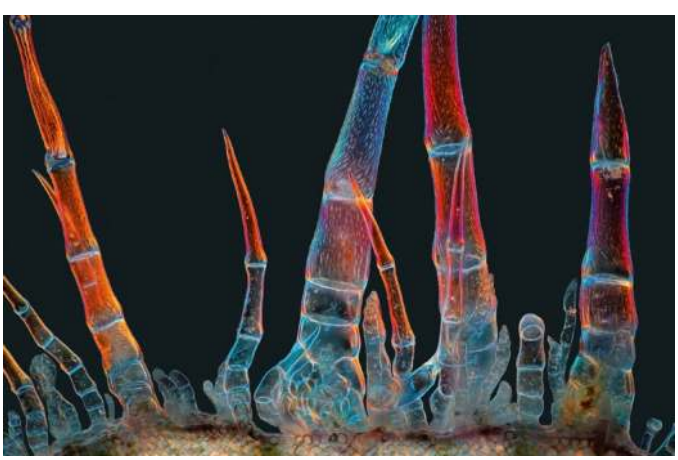


David Maitland (Wielka Brytania). Wiązka przewodząca liścia bambusa. Prawda, że zabawne zdjęcie?

Karl Deckart (Niemcy). Kryształy imidazolu. Moje ulubione zdjęcie (aczkolwiek poza pierwszą trzydziestką). Przypomina stożek wulkaniczny namalowany ręką ekspresjonisty.

Fot. Nikon Small World 2025 (3)

Dylan T. Burnette, James Hayes (USA). Komórki mięśnia sercowego ze skondensowanymi chromosomami. Jury przyznało miejsce 10.



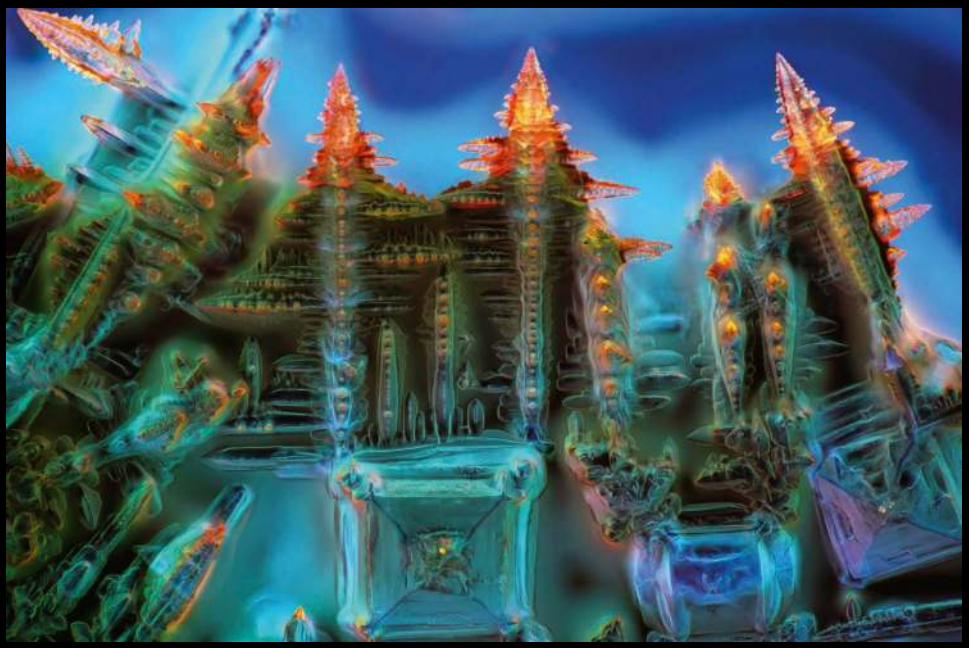
Marek Miś (Polska). Miejsce 11. Włoski słonecznika niczym krajobraz na obcej planecie

Igor Rudkovsky (Rosja). Śluzowiec *Cribraria purpurea*. Zdjęcie poza pierwszą trzydziestką

eprasa.pl 9f670bad6d

Rogelio Moreno (Panama). Miejsce 16. Ja daję 3. Te sporangia paproci biją na głowę niejeden obraz stworzony ręką człowieka.

Marek Miś (Polska). Wielokrotnie wyróżniany w konkursie Nikona. Tu pęcherzyki powietrza w rozpuszczonym alkoholu poliwinylowym. Poza pierwszą trzydziestką



Marek Miś (Polska). Zdjęcie poza pierwszą trzydziestką. Przedstawia skrystalizowany sos sojowy. Dla mnie abstrakcja z azjatyckimi świątyniami.

Fot. Nikon Small World 2025 (6)

eprasa.pl 91670bad6d

ALCHEMIA W KOLOROWYCH DROPSACH

Oto cała prawda o suplementach diety. I garść zaleceń, jak przyjmować je bezpiecznie.

PAWEŁ WALEWSKI

SCENARIUSZ poranka w wielu domach stał się uderzająco podobny: zapach świeżo mielonej kawy, chrupiące tosty z dżemem, miska musli i... rytualny suplement diety. Do niezbyt zdrowego zestawu śniadaniowego nowoczesnego Polaka, opartego na węglowodanach i kofeinie, doszła bateria kolorowych kapsułek „na serce", „na mózg", „na stres", „na odporność", „na włosy, skórę i paznokcie", a gdyby komuś umknęło – jeszcze kilka „na wszystko".

Trudno powiedzieć, od kiedy magnez zaczął być ważniejszym dodatkiem do jogurtu niż owoce, ale prawdopodobnie przyczyniły się do tego telewizyjne reklamy, w których profesjonaliści w białych fartuchach zaczęli wyjaśniać naukowym tonem, że tabletka suplementu „wspiera", „aktywizuje" i „reguluje". W aptekach to samo: w szklanych gablotach wzrok przykuwają obietnice wiecznej młodości, a my zachowujemy się coraz bardziej irracjonalnie. Jak zauważa prof. Marlena Broncel, konsultant wojewódzka w dziedzinie chorób wewnętrznych w Łodzi, klienci potrafią głośno utyskiwać na ceny przepisanych przez lekarza leków, by chwilę później bez mrugnięcia okiem wydać fortunę na „coś na wzmocnienie".

Stosowany w ziołolecznictwie dziurawiec zwyczajny

Fot. Shutterstock (2)

UDAWANY LEK

Przeciętny konsument – nawet ten wykształcony i wymagający – porusza się w sferze suplementacji po omacku. Jak podkreśla prof. Magdalena Jasińska-Stroschein, kierująca Zakładem Biofarmacji Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, pacjenci w większości nie odróżniają produktu leczniczego od suplementu diety. Dla nich liczy się to, co jest dużymi literami wybite w reklamach: obietnica witalności i szybkiego efektu. Tymczasem definicja ustawowa suplementu diety jest niepokojąco elastyczna. To środek spożywczy mający na celu uzupełnienie normalnej diety i będący skoncentrowanym źródłem witamin, składników mineralnych lub innych substancji wykazujących efekt odżywczy lub inny fizjologiczny. Nie ma tu słowa o leczeniu, bo leczy lek, natomiast suplement powinien uzupełniać naszą dietę.

Ale niefortunne sformułowanie „inny efekt fizjologiczny" stało się wytrychem, od wielu lat wykorzystywanym przez producentów. Brak precyzji w prawie pozwala na rejestrowanie preparatów uspokajających, przeciwprzeziębieniowych, a nawet przeciwbólowych jako suplementów, co zwalnia wytwórcę z konieczności przeprowadzania wieloletnich, kosztownych i rygorystycznych badań klinicznych. Różnica tkwi w kategorii rejestracyjnej, za którą idzie przepaść w kontroli jakości. Lek musi gwarantować stały skład i czystość mikrobiologiczną; w przypadku suplementu wystarczy zgłoszenie do Głównego Inspektoratu Sanitarnego bez potrzeby udowadniania, że zawarte w nim składniki rzeczywiście działają lub przynoszą korzyść. I choć prawo zabrania sugerowania właściwości leczniczych tych produktów, sugestia wydaje się mistrzynią drugiego planu. Kiedy slogan mówi: „Poczujesz różnicę już jutro", chcemy zostać błyskawicznie uleczeni, jakby miał to być środek farmaceutyczny, a nie składnik odżywczy.

ILUZJA PRAWIDŁOWEJ DIETY

Przy prawidłowo skomponowanych posiłkach niedobory mikroelementów są rzadkie, choć zapotrzebowanie na nie może różnić się ze względu na wiek,

eprasa.pl 9f670bad6d

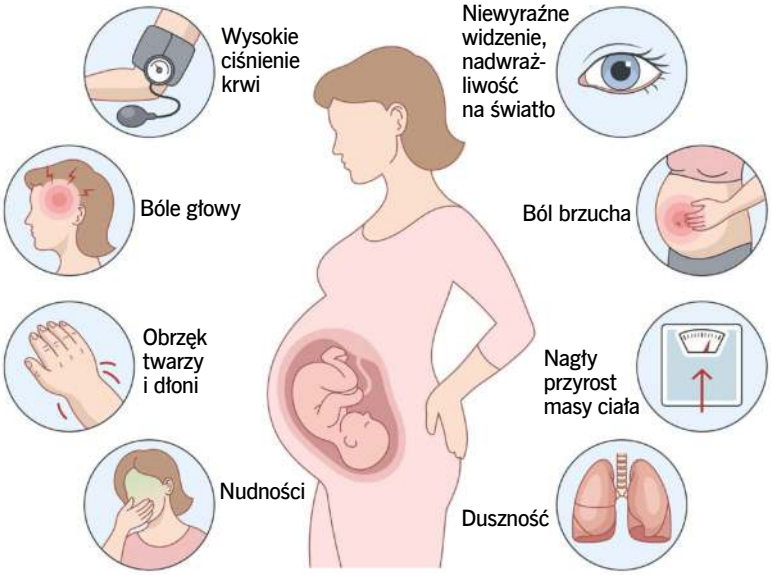
przebyte choroby, a nawet ciążę. Niestety, byle jakie odżywianie wysokoprzetworzoną żywnością – pozbawioną witamin oraz mikroelementów – prowadzi do rozmaitych niedoborów, które należałoby uzupełniać właśnie suplementami. Ale potrzeba ta powinna dotyczyć wybranych grup (np. wspominanych już kobiet w ciąży, osób na dietach redukcyjnych, noworodków – patrz ramka „Kiedy i co suplementować"), a nie tych, którzy dla wygody przedkładają kolorowe tabletki nad mądrze ułożone menu i zbilansowany jadłospis.

„Te niedobory nie biorą się więc z braku suplementów, ale najczęściej z błędów dietetycznych i stylu życia" – wskazuje prof. Broncel. Możemy obstawić się dziesiątkami kolorowych pudełek i słoiczków z najrozmaitszymi kapsułkami, a i tak cierpieć na deficyty, jeśli kultywujemy nawyki, które niszczą witaminy. Dla przykładu: trzy filiżanki kawy dziennie potrafią wypłukać 50% witaminy B_1, paczka papierosów blokuje wchłanianie 30% witaminy C, stres i pot podczas treningu błyskawicznie zużywają zasoby magnezu, potasu i wapnia (dlatego woda, którą pijesz na siłowni, nie powinna być zwykłą kranówką, tylko zawierać powyższe pierwiastki). Źle się kończy jednostajne menu. Jeśli ktoś unika ryb, będzie cierpiał na deficyt selenu i kwasów omega-3. Jeśli rezygnuje z ciemnego pieczywa i kasz, zabraknie mu błonnika i witamin z grupy B. Amatorzy zupek w proszku niemal na pewno mają niedobory cynku.

Kiedy i co suplementować

Suplementacja jest potrzebna w przypadku osób:
- spożywających poniżej 1600 kcal dziennie;
- stosujących diety z ograniczeniem lub eliminacją niektórych składników czy grup produktów, np. dieta wegetariańska albo bezlaktozowa;
- ze stwierdzonymi niedoborami składników żywności w celu ich uzupełnienia, np. chorzy przyjmujący leki hipoglikemizujące czy metotreksat;
- kobiet w ciąży – suplementacja m.in. kwasu foliowego, jodu, witaminy D_3, DHA;
- niemowląt urodzonych przedwcześnie (z masą 2000–2500 g), z ciąż mnogich lub dzieci matek z niedokrwistością w ciąży (suplementacja żelaza w dawce ustalonej przez lekarza);
- niemowląt niezależnie od sposobu karmienia, ze względu na ryzyko niedoboru i jego następstw (witaminą D_3);
- wszystkich noworodków – po urodzeniu wskazane jest jednorazowe podanie witaminy K;
- kobiet po menopauzie ze stwierdzonym niedoborem wapnia i witaminy D_3.

Źródło: Zespół ds. Suplementów; Jarosz M. i in. „Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie"



Kluczowe objawy stanu przedrzucawkowego

CO Z WITAMINAMI

Kolejnym mitem jest to, że organizm przyswoi każdą zaserwowaną mu dawkę witamin. Nic bardziej mylnego. W przypadku witamin rozpuszczalnych w wodzie (B i C) zależność jest odwrotnie proporcjonalna: im więcej zjadamy, tym procentowo mniej ich przyswajamy, co wiąże się z ograniczonym wchłanianiem. Do tego ich nadmiar usuwany jest wraz z moczem.

Jeśli chodzi o witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, takie jak A i D, to organizm je magazynuje, a ich nadmiar staje się toksyczny. Przedawkowanie witaminy D może prowadzić do wapnienia tkanek miękkich i uszkodzenia nerek. Tymczasem w pogoni za odpornością Polacy potrafią przyjmować dawki kilkukrotnie przekraczające normy, nie sprawdzając wcześniej poziomu tej witaminy we krwi (wedle polskich ekspertów suplementacja jest wskazana, jeśli poziom witaminy D nie osiąga wartości 30 ng/ml).

Badanie gęstości mineralnej kości. Skan densytometrii (po lewej) oraz zdjęcie RTG szyjki kości udowej. W tym wypadku gęstość mineralna kości jest prawidłowa.

eprasa.pl 9f670bad6d

Sprowadzany z Azji żeń-szeń koreański jest częstym składnikiem suplementów mających wspierać pamięć i koncentrację.

Nie łykaj przed zabiegiem

Zioła/suplementy	Ryzyko	Minimalny czas odstawienia przed zabiegiem
czosnek	krwawienia	7 dni
miłorząb	krwawienia	36 godz.
żeń-szeń	hipoglikemia, krwawienia	7 dni
dziurawiec	zmniejszenie skuteczności leków	5 dni
kozłek lekarski	przedłużenie narkozy	przeciwwskazane gwałtowne odstawienie

Uwaga: Jeśli przygotowujesz się do zabiegu, zawsze skonsultuj suplementację ze swoim lekarzem prowadzącym lub anestezjologiem.

Kozłek lekarski, czyli waleriana, ma właściwości wyciszające układ nerwowy. Uspokaja i ułatwia zasypianie.

Warto też przypomnieć, jak niebezpieczne mogą być tzw. antyoksydanty (oksydacja to chemiczne określenie utleniania), czyli witaminy E, C oraz dwie duże grupy substancji pochodzenia roślinnego: polifenole z flawonoidami i beta-karoten, które nie są wskazane u palaczy tytoniu, gdyż w organizmach narażonych na proces nowotworowy mogą go niebezpiecznie przyspieszać. Wiadomo to już od ponad dekady, a i tak wielu palaczy po nie sięga, jakby miały im dodawać zdrowia w obliczu nadciągającego raka płuc.

WAPŃ

Badania nad suplementami diety często przypominają huśtawkę nastrojów – jednego dnia cudowny eliksir, drugiego potencjalna pułapka. Przykład wapnia – który w tabletkach obiecuje mocne kości – to doskonałe studium tego, jak zamiast kojących odpowiedzi możemy otrzymać koktajl sprzeczności. Suplementacja wapniem to dobra inwestycja, ale u osób poniżej 35. roku życia. To właśnie wtedy (najlepiej w wieku 20–35 lat) dodatkowa porcja tego pierwiastka – zarówno z diety, jak i z tabletek – realnie poprawia gęstość mineralną kości, zwłaszcza w newralgicznej szyjce kości udowej, i zapewnia dobry kapitał na przyszłość.

Po jakimś czasie wapń przestaje być potrzebnym budowniczym szkieletu i może zaszkodzić, na szczęście nielicznym, grupom chorych. Przeanalizowano losy mniej więcej 2,6 tys. osób ze zwężeniem zastawki aortalnej, wśród których byli głównie starsi pacjenci (ok. 74 lat). Suplementy wapnia, zwłaszcza z witaminą D, podnosiły u nich ryzyko śmierci aż o 31%, szczególnie z powodów sercowo-naczyniowych. Seniorów przyjmujących sam wapń dotyczyło niemal trzykrotnie wyższe ryzyko wymiany zastawki. Zastawka po prostu sztywniała z nadmiaru wapnia, ale mogli mieć jednocześnie mocniejsze kości – to klasyczny przykład medycznego coś za coś.

Szczęśliwie w innych badaniach nie potwierdziły się obawy, że suplementacja tym pierwiastkiem zwiększa zagrożenie otępieniami u starszych kobiet – żadnego widma choroby Alzheimera w tle. Za to nie poparto również, zgłaszanych wcześniej przez WHO,

Czym grozi nierozsądna suplementacja:

Suplement/grupa suplementów	Dlaczego warto unikać
Preparaty „spalające tłuszcz”/przedtreningowe z mocnymi stymulantami: kofeina, efedryna, mieszanki termogeniczne	Podnoszą ciśnienie, obciążają serce i powodują zaburzenia jego rytmu, nadmiernie pobudzają – ryzykowne dla układu krążenia
Ekstrakty ziołowe obciążające wątrobę (mieszanki ziołowe, rzadko stosowane zioła, suplementy fitoterapeutyczne)	Udokumentowane przypadki toksycznego uszkodzenia wątroby
Suplementy zawierające duże dawki witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D, E, K) – szczególnie powyżej zalecanych dawek	Nadmiar prowadzi do toksyczności, np. hiperkalcemii, zaburzeń krzepliwości, obciążenia narządów
„Boostery testosteronu”, suplementy hormonalne, anaboliki, „wspomagacze” libido i potencji z niejasnym składem	Brak wiarygodnych badań, słaba kontrola jakości, ryzyko obciążenia wątroby i innych narządów
Suplementy masowo reklamowane jako panaceum („mega-witaminowe mieszanki”, „superdetoksy”, „suplementy cud”)	Brak potwierdzonej skuteczności; możliwe interakcje lub przedawkowania

Fot. Shutterstock (3), SPL/Indigo

eprasa.pl 9f670bad6d

zaleceń stosowania wapnia podczas ciąży jako tarczy przeciwko stanowi przedrzucawkowemu, czyli nadciśnieniu zagrażającemu matce i dziecku. Zaktualizowany w grudniu 2025 r. przegląd Cochrane 10 badań z udziałem 37 tys. kobiet ujawnił, że pierwiastek ten nie zapobiega tym groźnym komplikacjom okołoporodowym; nawet w wysokich dawkach. A wcześniejsze pozytywne wyniki, na których oparto wytyczne WHO, zgłaszali autorzy małych i niewiarygodnych analiz z błędami. Oczywiście niektóre kobiety w ciąży nie powinny rezygnować z wapnia, ale z zupełnie innych powodów niż ochrona przed stanem przedrzucawkowym – i taka suplementacja musi odbywać się pod kontrolą lekarza.

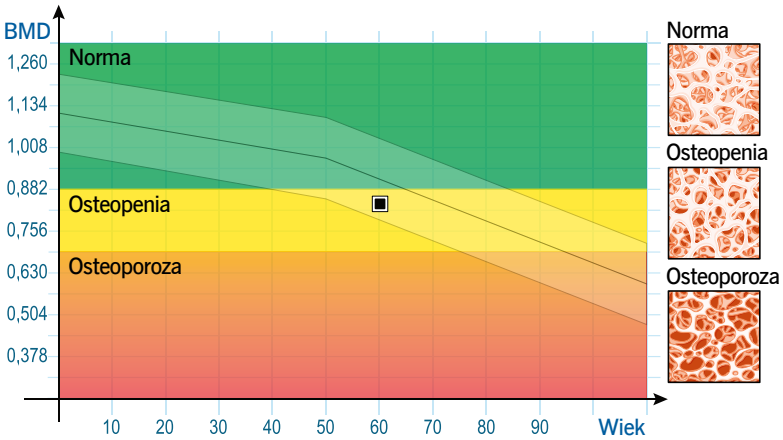
ZACZĄĆ OD DIAGNOSTYKI

Szczególnie niebezpieczne jest przyjmowanie wielu preparatów jednocześnie bez wiedzy lekarza. Pacjenci często ukrywają przed medykami fakt zażywania suplementów, uznając je za nieistotne dodatki, choć to błąd mogący kosztować zdrowie. Niektóre z tych specyfików wchodzą w groźne interakcje z lekami na serce, cukrzycę lub nadciśnienie, osłabiając ich działanie lub potęgując skutki uboczne. Wiele roślin w nich zawartych należy odstawić przed zabiegami medycznymi, ponieważ rozrzedzają krew i mogą przyczynić się do niepotrzebnych krwawień – dotyczy to zarówno wyrywania zębów, jak i gastroskopii lub kolonoskopii oraz oczywiście poważniejszych operacji (patrz ramka „Nie łykaj przed zabiegiem").

Słowo „naturalne", które nierozerwalnie łączymy z suplementami, działa na nas kojąco, dając iluzję bezpieczeństwa. To jednak groźna pułapka, bo każdy lek może stać się trucizną w zależności od dawki. Prof. Broncel przytacza przykład pacjentki przyjmującej tak wiele niesprawdzonych mieszanek suplementów, że jej próby wątrobowe, na podstawie których ocenia się sprawność tego narządu, skoczyły do poziomu 1200 jednostek, podczas gdy norma oscyluje wokół 40. Wątroba, ten cichy bohater naszej detoksykacji, po prostu skapitulowała pod naporem naturalnych wyciągów.

Oto główna zasada, o której należy pamiętać, decydując się na dożywianie witaminami i mikroelementami: to rodzaj terapii zastępczej w ściśle określonych stanach, nie rytuał profilaktyczny na wszelki wypadek. Należy je poprzedzić diagnostyką zapotrzebowania (wykonać w laboratorium oznaczenia poziomu pierwiastków i witamin). Lista sytuacji, w których suplementacja bywa zasadna i bezdyskusyjna, jest dość krótka: witamina D po okresie jesienno-zimowym przy niskiej ekspozycji na słońce; kwas foliowy przed ciążą i w jej wczesnym okresie; witamina B_{12} u wegan; żelazo przy stwierdzonej niedokrwistości z niedoboru żelaza; jod w regionach niedoborowych – zawsze po konsultacji lekarskiej.

Obrońcy suplementów wytoczą pewnie kontrargumenty: ile to kilogramów marchewki, szpinaku, jabłek czy awokado trzeba zjeść, aby pokryć dzienne zapotrzebowanie na mikroelementy. Podkreślą też, że w obecnych czasach sięgamy po produkty wysokoprzetworzone, które są uboższe w składniki odżywcze. Ale wnioski płynące z lat badań porównawczych, oceniających wpływ spożywania owoców i warzyw na zdrowie, nie pozostawiają złudzeń: warto jeść pełnowartościowe produkty roślinne, ponieważ tylko takie przynoszą korzyść zdrowotną. Natomiast antyoksydanty i witaminy w suplementach to opcja wyłącznie dla ludzi schorowanych, którym z przedstawionych



Gęstość mineralna kości (BMD – *bone mineral density*) zależy od wieku i płci. Osteopenia to stan, w którym BMD jest niższe niż norma, ale nie na tyle niskie, by uznać je za osteoporozę.

Zdrowe zasady suplementacji:

1. **Zaczynaj od diety, nie od suplementu.** Warzywa, owoce, błonnik, pełne ziarna i zdrowe tłuszcze to fundament.
2. **Wykonaj badania: witamina D, B_{12}, ferrytyna, lipidogram, tarczyca.** Dobór suplementu powinien zależeć od wyników.
3. **Wybieraj preparaty od sprawdzonych producentów.** Certyfikaty jakości (np. GMP, ISO) są dobrym znakiem.
4. **Unikaj mieszanych koktajli.** Wieloskładnikowe suplementy „na wszystko" mają gorszą jakość i wiążą się z większym ryzykiem interakcji.
5. **Ustal dawkę minimalnie skuteczną.** Więcej nie znaczy lepiej.
6. **Konsultuj suplementację z lekarzem lub farmaceutą.** Zwłaszcza jeśli masz choroby przewlekłe, przyjmujesz leki, skończyłaś/eś 50 lat.
7. **Monitoruj efekty i samopoczucie.** Jeśli po 2–3 mies. nie ma poprawy, suplement nie działa.
8. **Stosuj suplement maksymalnie przez 1–2 miesiące.** Następnie zrób przerwę na 4 tyg., by organizm mógł się oczyścić i usunąć niepotrzebne nadmiary.

Źródło: Wykład prof. Marleny Broncel „Bez recepty, ale czy bez ryzyka? Analiza bezpiecznej suplementacji diety"

Fot. Shutterstock

eprasa.pl 9f670bad6d

wcześniej powodów może konkretnych mikroelementów okresowo brakować.

Marketing suplementów nauczył się mówić językiem aspiracji. „Aktywne życie bez ograniczeń", „naturalne piękno", „odporność na miarę czasów" – to nie słownik biologii, lecz psychologii. Kto podważa wartość suplementów, ten dotyka trzech wrażliwych strun: zdrowia, urody, ale też lęku przed starzeniem. Tymczasem należy doceniać rolę tych preparatów, ale rozumieć granice ich stosowania – dobrze byłoby, gdyby wyznaczała je biologia, a nie reklama.

Paweł Walewski
Publicysta „Polityki".
Zawód lekarza zamienił na dziennikarstwo i od 30 lat zajmuje się w mediach popularyzacją tematyki medycznej i zdrowotnej.

Jak zabezpieczyć w warzywach i owocach jak najwięcej witamin i mikroelementów?

800 g warzyw i owoców podzielonych na 10 porcji to zalecenie dietetyków, które dla kogoś, kto ich nie lubi, może wydać się trudnym progiem do pokonania. Ale już jeden duży banan, jabłko lub gruszka ważą ok. 150–200 g, a trzy czubate łyżki ugotowanego szpinaku, groszku, brokułów lub kalafiora odpowiadają racji 100 g. Nie musi być więc to taka katorga, zwłaszcza że podobną ilość witamin i mikroelementów dostarczają zarówno surowe, jak i gotowane jarzyny. Ale uwaga: sposób przygotowywania potraw i przyzwyczajenia kulinarne mogą sporo zmienić w ich wartości odżywczej!

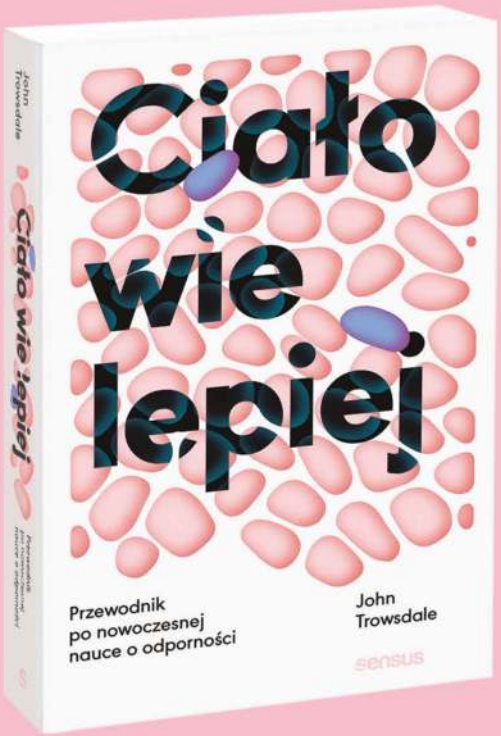
Najważniejsze, by pamiętać, aby nie rozmrażać warzyw przed gotowaniem. Nie należy długo ich moczyć w wodzie, ponieważ tracą zawartość witamin B i C – im krótszy czas gotowania, tym mniejsze straty (ziemniaki, bogate w witaminy C, B, potas, magnez i błonnik, należy wkładać dopiero do wrzątku i powinny być bardzo cienko obrane, a i tak najzdrowiej jeść je pieczone lub ugotowane na parze w mundurkach).

Lepiej nie ciąć warzyw na małe kawałki przed wrzuceniem do garnka, gdyż utrata witamin jest wprost proporcjonalna do wielkości powierzchni kontaktu z wodą. Tłuczone i rozgniatane zawierają mniej witamin A i C. Czas gotowania powinien być jak najkrótszy – zamiast wkładać do wody przed zagotowaniem, najlepiej wrzucić je do niewielkiej ilości wrzątku i trzymać do momentu, aż będą lekko twarde. Ubytki witamin zachodzą również pod wpływem słońca. Fasola, groch, ryż, mąka przechowywane w szklanych opakowaniach tracą przy dostępie światła witaminę B_2.

REKLAMA

Chcesz wzmocnić ODPORNOŚĆ?

Zacznij od zrozumienia swojego ciała!



Książkę znajdziesz na: sensus.pl, empik.com oraz w innych dobrych księgarniach.

sensus

eprasa.pl 9f670bad6d

Ślimak bursztynka zaraził się pasożytem z grupy przywr, którego larwa – barwna i ruchliwa cerkaria – zasiedliła jego czułek.

eprasa.pl 9f670bad6d

ZJEŚĆ OD ŚRODKA ŻYWCEM

Nie tylko to cechuje gąsieniczniki. Manipulują też udręczonym gospodarzem, w czym czasami pomagają im wirusy.

MAREK W. KOZŁOWSKI

Gąsieniczniki z podrodziny zgłębców potrafią wprowadzić jajo do larwy drewnojada przebywającej głęboko w drewnie.

Fot. Alamy/Indigo, Shutterstock

WYDAJE się, że na świecie jest zbyt wiele cierpienia. Nie potrafię przekonać samego siebie, że dobroczynny, wszechmocny Bóg celowo stworzył Ichneumonidae z zamiarem, aby żywiły się żywymi ciałami gąsienic" – tak pisał Karol Darwin do amerykańskiego znajomego, botanika i duchownego Asy Graya. Gray poza tym, że rozumiał świat ożywiony jako dzieło Stwórcy, był entuzjastą idei ewolucji poprzez dobór. Co więcej, starał się połączyć w jedną hipotezę inteligentny projekt Boga z działaniem procesów ewolucyjnych. Darwin w bogatej, bo liczącej ok. 300 listów, korespondencji z Grayem wylewał co jakiś czas znajomemu biologowi na głowę kubeł zimnej wody, przytaczając w listach argumenty za tym, że ewolucja poprzez dobór działa od samego zarania życia na Ziemi. Przykład Ichneumonidae dobrze ilustruje coś, co można nazwać bezdusznością procesów ewolucyjnych.

Ichneumonidae to niewyobrażalnie bogata w gatunki rodzina błonkówek zwanych gąsienicznikami. W czasach Darwina rozpoznawano już ponad 1000 z nich. W swoim wiekopomnym dziele z 1880 r. „Pinacographia. Illustrations of more than 1000 species of north-west-european Ichneumonidae sensu Linnaeano" niderlandzki badacz i rysownik Snellen van Vollenhoven oddał na niezwykle skrupulatnych wizerunkach biologiczne bogactwo tych owadów, co znacznie rozpowszechniło wiedzę o nich i sprawiło, że zaczęto je nazywać osami Darwina (*Darwin wasps*). Stosunkowo niedawno wydzielono z rodziny Ichneumonidae jako odrębny takson rodzinę męczelkowatych (Braconidae), jednocześnie łącząc je z gąsienicznikowatymi w nadrodzinę gąsieniczników (Ichneumonoidea). Gąsieniczniki w tym szerszym, obecnym rozumieniu liczą ok. 100 tys. gatunków, a więc niemal dwa razy więcej niż wszystkie żyjące obecnie kręgowce. Skąd taka ich różnorodność? Gąsieniczniki są parazytoidami, niedoścignionymi mistrzami w eksploatacji mikrosiedlisk. Mikrosiedliskami są dla nich ciała innych bezkręgowców. Gąsieniczniki szczególnie licznie rozwijają się w gąsienicach motyli, ale też w larwach innych owadów, owadach dorosłych, skorupiakach lądowych, niekiedy w pająkach, a także w poczwarkach motyli i muchówek.

RÓŻNE STRATEGIE

Jaki jest sposób parazytoida na szybki i w miarę bezpieczny rozwój? Otóż należy jak najlepiej wykorzystać ciało żywiciela. Owady są żywymi kapsułkami, w których zacisznym wnętrzu można dorastać i które po zakończeniu rozwoju trzeba opuścić. Na początku, dopóki się da, można być pasożytem, czerpiąc korzyści z odżywiania się odnawialnymi zasobami organizmu pozyskiwanymi z jego krwi, a pod koniec stać się drapieżnikiem, wyjadając od środka wszystkie miękkie tkanki żywiciela. Tak dzieje się najczęściej.

Istnieją jednak różne warianty spektrum parazytyzmu. Część pasożytów składa jaja w ciałach już

eprasa.pl 9f670bad6d

W odróżnieniu od dużej i barwnej cerkarii, pasożytującej w ślimaku bursztynce, wiele cerkarii innych gatunków przywr ma mikroskopijne rozmiary.

wyrośniętych larw, które zostają od razu sparaliżowane lub uśmiercone. Rozwój innych odbywa się bez zabijania gospodarza. Takim łagodnym parazytoidom zależy na tym, aby witalność gospodarza utrzymała się jak najdłużej, pozwoliła im żerować, rosnąć, a nawet osiągnąć dorosłość i możliwość rozmnażania. Łagodne pasożyty mogą otorbiać się w ciele żywiciela, tworząc nieruchome cysty, aby nie osłabiać gospodarza przez prowokowanie reakcji obronnych. Przypomina mi się relacja pewnego badacza pluskwiaków, który zaobserwował, jak z ciała dużego drapieżnego zawadzika leśniczka wyzwoliła się rosła larwa parazytoida, którą pluskwiak potraktował jak dar od losu: nadział na kłujkę i wypił!

Parazytoidy potrafią jeszcze jedno. Manipulują zachowaniem gospodarza tak, aby je chronił, kiedy opuszczą jego ciało i wejdą w fazę przeobrażania się w owada dorosłego. Przeglądając liście i łodygi roślin, można natknąć się na gąsienice, które nie wędrują po nich, ale pozostają w jednym miejscu i na najmniejsze pobudzenie reagują energicznymi rzutami przedniej części ciała. Przyglądając się dokładniej takiej gąsienicy, dostrzeżemy w jej bezpośrednim sąsiedztwie kokon parazytoida. Rzucanie ciałem jest znanym sposobem obrony przed dziobami ptaków, ale też przed zakusami innych prześladowców: drapieżników i właśnie parazytoidów. Trzeba nadmienić, że istnieje cała rzesza błonkówek i muchówek, która wyspecjalizowała się w pasożytowaniu na parazytoidach i to w różnych stadiach ich rozwoju, od jaja po poczwarki. Nazywamy je superparazytoidami.

ZOMBIZOWANIE

W anglojęzycznej literaturze występuje termin *to zombie* (zombizowanie?) jako określenie dodatkowego wykorzystania gospodarza eksploatowanego przez pasożyta, głównie przez manipulowanie jego reakcjami. Gąsieniczniki nie są tutaj odosobnione. Znane są np. niesłychane umiejętności cerkarii – larw płazińców z gromady przywr. Cerkarie rozwijają się w tzw. żywicielach pośrednich i muszą dostać się do ciała żywiciela ostatecznego, aby zakończyć rozwój. Kiedy już są w organizmie żywiciela pośredniego (mięczaki, skorupiaki, owady, małe ryby), umieją tak zmanipulować jego układ nerwowy, by ofiara porzuciła zwykłe obyczaje i stała się pokarmem dla żywiciela ostatecznego. Mogą spowodować, że zarażone mrówki biegają w kółko po kamieniu, prosząc się o zjedzenie przez ptaka, lub wchodzą na źdźbła traw, by dostać się do żołądka przeżuwacza, w którego organizmie przebiega dalszy rozwój przywr. Najbardziej może znane jest przekształcenie skromnego ślimaka – bursztynki – w kolorowego potworka opuszczającego swoje wilgotne środowisko i wspinającego się na trawy i trzciny. Cerkarie wchodzą do jego czułków, które nabrzmiewają i mieniąc się żółciami i błękitami wraz z gnieżdżącymi się w nich cerkariami, zwabiają ptaki.

Zombizują swoich gospodarzy też pasożytnicze grzyby, bakterie, a nawet wirusy. Grzyby owodomorki w ostatnim epizodzie życia pasożytowanej muchy domowej tak manipulują jej układem nerwowym, aby weszła na eksponowaną płaszczyznę (szyba okienna, ściana), zatrzymała się, rozkraczając odnóża i rozkładając skrzydła, i w tej pozycji dokonała żywota. Zaraz potem z przerośniętej grzybnią muchy wychylają

Muchówka z rodzaju *Sarcophaga* porażona przez grzyba zwanego owadomorkiem

eprasa.pl 9f670bad6d

Po odbyciu rozwoju w gąsienicy larwy baryłkarzy synchronicznie przenikają przez jej powłoki skórne.

Larwy baryłkarzy pozostają przy truchle gąsienicy sporządzając kształtne kokony, w których przeobrażają się w dorosłe błonkówki.

się zarodnikonośne trzonki w formie armatek wystrzeliwujących zarodniki zaściełające gęsto najbliższe sąsiedztwo muchy. Pozycja martwej muchy jest atrakcyjnym sygnałem dla poszukujących partnerek samców, które lądują przy zmanipulowanym trupku na polu zasłanym zarodnikami grzyba. Zarażają się nimi, zanim zrozumieją, że coś jest nie tak. Po jakimś czasie same stają się atrakcyjnymi atrapami samic. Chorobotwórcze grzyby, bakterie i wirusy powszechnie wyzwalają w opanowanych organizmach tzw. odruch wierzchołkowy, a więc wspinanie się na szczyty roślin i rozsiewanie stamtąd zarodników czy form inwazyjnych na większe odległości. Można powiedzieć z pewnym przekąsem, że takie zainfekowane owady spełniają pod koniec życia funkcję żywej windy wynoszącej DNA mikroba.

WSPÓŁPRACA Z WIRUSEM

Co ciekawe, istnieją przypadki drobnoustrojów działających na korzyść zainfekowanego organizmu. Tu należy wrócić do męczelkowatych, a więc błonkówek z nadrodziny gąsieniczników. Na przełomie lat 70. i 80. udokumentowano przypadki mutualistycznego współistnienia (współżycia? – wirus z definicji nie jest organizmem) między błonkówką a wirusem. Odkrycie dotyczyło gąsienic motyli i baryłkarzy. Samice baryłkarzy składają porcję jaj do wnętrza gąsienicy. Parazytoidy po wylęgu eksploatują ciało gospodarza, a na koniec rozwoju wyjadają jego tkanki. Zaraz po synchronicznym opuszczeniu ciała gąsienicy przędą wokół jej truchła foremne baryłki, w których się przepoczwarzają.

Okazało się, że malutkie larwy baryłkarzy potrzebują współudziału wirusa, aby wyswobodzić się z osłon jajowych i zawisnąć w toni pożywnej hemolimfy gąsienicy. Gąsienice, eksploatowane przez miliony pokoleń przez baryłkarzy, zaczęły się bronić: nie tylko poprzez ukrywanie się, wydzielanie substancji zniechęcających baryłkarze czy fizycznie, poprzez wywijanie ciałem na różne strony, ale też immunologicznie. Jaja baryłkarza wprowadzane do komory ciała gąsienicy są zauważane przez jej układ odpornościowy. Ustrój gąsienicy wytwarza wtedy specjalną tkankę gojącą, która otacza jajo mocną powłoką, niepozwalającą wyzwolić się larwie prześladowcy. W reakcji na ten proces samice baryłkarzy zwerbowały do pomocy wirusy, którymi być może początkowo zarażały się od gąsienic. Materiał genetyczny wirusów (prawdopodobnie tzw. nidowirusy) ulegał modyfikacjom i z eksploatatorów stały się one sprzymierzeńcami baryłkarzy.

W zależności od gatunku baryłkarza kolor przędzy może być biały lub z różną intensywnością zabarwiony na żółto.

Fot. Shutterstock (4), Alamy/Indigo

eprasa.pl 9f670bad6d

Wirusy namnażają się w nabłonku dróg rodnych samic i trafiają do ustroju gąsienic razem z jajami baryłkarzy. Zawierają w sobie geny zaadaptowane od parazytoida, a ich białkowe produkty mają zdolność blokowania procesu inkapsulacji, czyli tworzenia w ciele gąsienicy otoczki wokół jaja intruza. Późniejsze badania wykazały, że tego rodzaju symbioza jest bardzo rozpowszechniona wśród rozmaitych gąsieniczników rozwijających się nie tylko w ciałach gąsienic motyli, ale także innych owadów. Analogiczne udomowienie wirusa odkryto także u parazytoidów z nadrodziny galasówek, składających jaja w ciałach larw muszek owocowych. Otwiera to drogę do głębszych badań genetycznych nad tym procesem.

W odróżnieniu od wielu innych pobratymców ta biedronka nie przeżyła wirusowego zapalenia mózgu związanego z zasiedleniem jej ciała przez biedronia.

Samice dorosłych biedroni odnajdują biedronki po zapachu.

PRZEBIEGŁY BIEDROŃ

To jednak, co za pomocą symbiotycznych wirusów wyprawia z biedronkami męczelka zwana biedroniem wierciochem, wymaga osobnego omówienia. Pewnego razu przy fotografowaniu siedmiokropek – które w przekonaniu o swojej nietykalności nie są specjalnie płochliwe, ale przy zaniepokojeniu wykazują zwiększoną ruchliwość – zauważyłem, że żywe, dobrze wyglądające osobniki nie drgnęły w ogóle z miejsca pomimo bliskości obiektywu aparatu. Siedziały przycupnięte i tylko poruszały czułkami. Dopiero przy bliższym badaniu zauważyłem pod ich ciałami misternie utkane kokony. Była to robota larwy biedronia, która wydobyła się z ciała biedronki i pod jej brzuchem utkała sobie pościel do przeobrażenia. Samice biedroniów szukają biedronek, kierując się zapachem pyrazyny, substancji odpowiedzialnej za zapach biedronek. Dochodząc do biedronki, podginają pod siebie odwłok i wstrzykują nagłym pchnięciem igłowatego pokładełka malutkie jajo do jamy jej ciała. Po kilku dniach z jaja wylęga się larwa, która ma duże żuwaczki nastawione na zgładzenie konkurencyjnego jaja lub innej larwy biedronia, aby zapobiec przegęszczeniu (w ciele jednej biedronki ma szansę rozwinąć się tylko jedna larwa biedronia).

Larwa, będąc sama w ciele biedronki, otorbia się i zamienia w łagodnego pasożyta, korzystającego z krwi i nierobiącego biedronce większej krzywdy. Po 18–27 dniach opuszcza ciągle żywego gospodarza i przepoczwarza się w kokonie pod jego nieruchomym ciałem, które stanowi teraz ochronę przed drapieżnikami. Dlaczego biedronka nie ucieka wtedy od swojego prześladowcy? Ponieważ zaraz przed wyzwoleniem się wyrośniętej larwy z jej ciała zapada na chorobę mózgu! Larwa biedronia tuż przed przeobrażeniem uwalnia do ciała biedronki wirusa zapalenia mózgu, *Dinocampus coccinellae paralysis virus* (DCPV), który powoduje paraliż odnóży biedronki. Biedroń pozyskuje sobie w ten sposób ochroniarza! Sparaliżowany owad, stając się bezwolnym stróżem kokonu, stoi tylko okrakiem nad nim, rusza czułkami i wydziela substancje obronne. Kiedy mniej więcej po 3 tyg. dorosła męczelka wygryza się z kokonu pod brzuchem biedronki, znaczna część biedronek dochodzi do siebie, ponawia żerowanie, a nawet może się rozmnażać oraz... stać się powtórnie żywicielem, a potem stróżem zombie następnego pokolenia biedroniów!

dr hab. Marek W. Kozłowski
Profesor w Zakładzie Entomologii Stosowanej SGGW.
Bada strategie życiowe wyspecjalizowanych fitofagów.
Interesuje się też osobliwymi przystosowaniami owadów, historyczną entomologią kulturową oraz kolekcjonowaniem (fotografia, film) estetycznych i przyrodniczych przejawów funkcjonowania owadów w środowisku.

Fot. Shutterstock, Marek W. Kozłowski

eprasa.pl 9f670bad6d

Fot. Robert W. Mysłajek

Ku (prze)życiu
– o wyprawach godowych rysi

Strategie rozrodcze zwierząt – kluczowe dla przetrwania poszczególnych gatunków – są zróżnicowane. Międzynarodowy zespół naukowców, w którego skład wchodzą badacze Uniwersytetu Warszawskiego, odkrywa tajniki eksterytorialnych wypraw godowych wśród rysi eurazjatyckich (*Lynx lynx*). Wyniki przecierają szlaki dla przyszłych badań, a także dostarczają cennych danych umożliwiających ochronę gatunku.

Eksterytorialne wypady, powszechne wśród zwierząt, to krótkoterminowe „wycieczki" podejmowane np. w celach rozrodczych – poza ustalony zasięg osobniczy. To znaczy poza teren zwykłego bytowania danego zwierzęcia. Sens takich wypraw jest zasadniczy. Dzięki nim zwiększają się możliwości reprodukcyjne, ułatwiają one wybór partnera, a co za tym idzie – zmniejszają ryzyko chowu wsobnego i poprawiają kondycję potencjalnego potomstwa.

Tego typu strategie użytkowania przestrzeni są jednak nadal słabo poznane wśród kotowatych. Niejasne więc pozostają zarówno wzorce zachowań tych zwierząt, jak i mechanizmy napędzające ich aktywność, zasadniczo wpływające na kondycję osobniczą oraz dynamikę populacji. Stan ten zmieniają badania zespołu współtworzonego przez dra hab. inż. Roberta W. Mysłajka, prof. UW, dr hab. Sabina Pierużek-Nowak, prof. UW i Michała Figurę z Zakładu Ekologii i Ewolucji Zwierząt (Wydział Biologii UW).

Rysy rysia

Długodystansowe wędrówki to tylko jedna ze strategii godowych rysia. Zależą one między innymi od czynników ekologicznych, społecznych, w tym statusu społecznego samca, rozmieszczenia samic, kosztów przemieszczania się i udziału obu płci w lokalnej populacji. Jak stwierdzają badacze: – *Na przykład samce są bardziej skłonne do pozostawania w obrębie własnego areału, gdy samice są przestrzennie przewidywalne. (...) Wyprawy mogą być korzystne dla samców, gdy samice są rozproszone lub miejsce ich przebywania jest trudno przewidywalne. Z kolei samice zazwyczaj wykazują silne przywiązanie do danego miejsca, ze względu na potrzebę stałego zaopatrywania w pokarm oraz ochronę potomstwa (...).*

Rysie eurazjatyckie to żyjące samotnie i utrzymujące rozległe areały osobnicze kotowate występujące od Europy Zachodniej po Azję Środkową. Są poligyniczne. W przeciwieństwie do innych gatunków, u których ruja może występować przez cały rok, takich jak np. kot domowy, rysie mają ruję tylko raz w roku, w okresie od lutego do kwietnia.

– *Wykorzystując obszerny zbiór danych telemetrycznych, obejmujący 125 rysi monitorowanych w latach 1995–2023 w ośmiu populacjach europejskich, zbadaliśmy przestrzenno-czasowe wzorce wędrówek rysi w okresie godowym. Zbadaliśmy, jak te wędrówki są kształtowane przez płeć, a także przez czynniki ekologiczne i antropogeniczne* – relacjonują badacze.

Wyniki

W badanej populacji zdecydowanie częściej – i dalej – podróżowały samce. Jak czytamy w badaniu: - *Ogółem 33% samców i 11% samic podjęło wyprawy, przy czym samce robiły to częściej niż samice. Wyprawy samców miały miejsce głównie w marcu, zbiegając się ze szczytem okresu godowego, podczas gdy samice podejmowały je zazwyczaj przed lub po nim. Mediana dystansu pokonanego poza areał osobniczy wyniosła 6,8 km dla samców i 2,6 km dla samic, przy czym mediana czasu trwania wędrówki wynosiła odpowiednio 119 i 85 godzin.*

Ponadto osobniki przemieszczane na nowe obszary, np. w ramach projektów reintrodukcji gatunku, wędrowały poza ustalone areały częściej niż te z lokalnych populacji. Sugeruje to większą potrzebę poszukiwanie partnera do rozrodu wśród osobników wsiedlonych do nowych obszarów. To istotne dane, wskazujące na dużą częstotliwość podejmowanych wypraw eksterytorialnych. W tym kontekście nader ważna, a zarazem zaskakująca jest inna informacja. Otóż – mimo tego, że do życia rysie preferują siedliska o niskim poziomie ingerencji człowieka, jej stopień – jak się zdaje – nie wpływa na same wędrówki tych dużych kotów. – *Najwyraźniej silna potrzeba znalezienia partnera do rozrodu motywuje rysie do pokonywania środowisk poddanych silnej antropopresji. Wygląda więc na to, że i rysie kierują się starym łacińskim powiedzeniem* Omnia vincit amor *(Miłość przezwycięża wszystko)* – komentują badacze.

UNIWERSYTET WARSZAWSKI | SERWIS NAUKOWY

Artykuł jest częścią cyklu poświęconego badaniom realizowanym na Uniwersytecie Warszawskim.

eprasa.pl 9f670bad6d

STALOWA ORKA

Po latach starań Polska ostatecznie wskazała dostawcę w programie nowych okrętów podwodnych „Orka".

ROBERT CZULDA

ZAKUP okrętów podwodnych od lat był dla Polski koniecznością ze względu na nasze opłakane zdolności w tym zakresie. Obecnie marynarka wojenna dysponuje zaledwie jednym okrętem. To zwodowany w 1985 r. w Związku Sowieckim ORP „Orzeł" projektu 877 Pałtus. Jest to jednostka przestarzała, o znikomych wartościach bojowych, wykorzystywana jedynie do podtrzymywania minimalnych zdolności, w tym szkolenia załóg. W 2021 r. wycofano dwa ostatnie z czterech okrętów typu Kobben, używanych wcześniej przez Norwegię od końca lat 60.

Okręty podwodne są jedną z najbardziej użytecznych i wielozadaniowych broni morskich, zdolnych do działania niezależnie od warunków pogodowych. Ich kluczową zaletą jest możliwość skrytego operowania, co zapewnia elastyczne reagowanie na zagrożenia. Część z nich może przenosić pociski manewrujące woda–ziemia, zdolne razić cele z zaskoczenia na dużych dystansach. Umożliwiają też zarówno ochronę własnej infrastruktury, w tym energetycznej i podwodnej, jak i oddziaływanie ofensywne, np. poprzez blokowanie przeciwnikowi wyjścia z baz. Odgrywają ponadto istotną rolę w transporcie sił specjalnych oraz prowadzeniu skrytego rozpoznania, w tym

Powyżej: Szwedzki A26 (typ Blekinge) na razie powstaje w dwóch egzemplarzach. Zarówno HMS „Blekinge", jak i HMS „Skåne" mają wejść na wyposażenie szwedzkiej floty jako następcy typu Gotland.

eprasa.pl 9f670bad6d

elektronicznego. Nawet niewielkie siły podwodne zmuszają przeciwnika do zachowania większej ostrożności i angażowania znacznych zasobów.

Pierwsze próby pozyskania nowych okrętów podwodnych podjęliśmy już pod koniec lat 90. Od tego czasu wielokrotnie zmieniano założenia programu, harmonogramy oraz oczekiwania (m.in. w kwestii uzbrojenia okrętów w wystrzeliwane spod wody pociski rakietowe). Ostatecznie do programu „Orka" zgłosiło się szereg światowych producentów: niemiecki TKMS (typ 212CD), francuska Naval Group (Scorpène), włoskie Fincantieri (typ 212 NFS), szwedzki Saab (A26), hiszpańska Navantia (S-80), a także południowokoreańskie Hanwha Ocean (KSS-III) i HD Hyundai Heavy Industries (HDS-2300 i HDS-3000). Celem programu jest pozyskanie trzech okrętów podwodnych, przy czym ostateczny wybór zależy nie tylko od ich parametrów technicznych, lecz także od atrakcyjności całej oferty, w tym współpracy przemysłowej.

WYBÓR PARTNERA

Wieloletnia saga być może powoli dobiega końca. W listopadzie 2025 r. wybór padł na Szwecję – państwo, które od lat dostarcza Polsce uzbrojenie, takie jak przeciwokrętowe pociski RBS15 Mk3, okręt rozpoznania radioelektronicznego projektu 107 Delfin, granatniki Carl Gustaf M4 czy samoloty wczesnego ostrzegania Saab 340 AEW-300. Decyzja ta jednak nie jest ostateczna. W przypadku niewywiązania się partnera z deklarowanych zobowiązań Polska zastrzegła sobie możliwość powrotu do rozmów z innymi oferentami. Umowa wykonawcza nie została jeszcze zawarta, a sam okręt tego typu nie znajduje się obecnie w służbie w żadnym państwie na świecie.

Wartość projektu ma przekroczyć 10 mld zł. Jest to kwota znaczna, ale należy uwzględnić kilka istotnych czynników. Po pierwsze, okręty podwodne należą do najbardziej zaawansowanych systemów uzbrojenia, naszpikowanych nowoczesną elektroniką i skomplikowanymi urządzeniami. Po drugie, Polska zamierza nabyć nie tylko same jednostki, lecz również technologie mające umożliwić rozwój kompetencji rodzimych stoczni – obecnie niemających doświadczenia w budowie okrętów podwodnych. Współpraca naukowa z polskimi ośrodkami badawczo-rozwojowymi oraz włączenie krajowych firm w łańcuchy dostaw zwiększają koszty, ale mogą przynieść długofalowe korzyści.

Fot. Saab, Krzysztof Wojciewski/Forum, Diehl BGT Defence, Karol Makurat/Reporter

Ze Szwedami współpracujemy od dawna. Mamy chociażby na wyposażeniu przeciwokrętowe rakiety RBS15.

ORP „Orzeł" wszedł do służby w 1986 r. Nie ma już żadnej wartości bojowej, a dużym osiągnięciem jest samo zanurzenie i wynurzenie.

Przykładem jest gdyńska Nauta, która zbudowała kadłub wraz z wyposażeniem dla nowoczesnego szwedzkiego okrętu wywiadowczego SIGINT; obecnie mówi się również o potencjalnym zakupie przez Szwecję okrętu ratowniczego. Po trzecie, oferta obejmuje serwis oraz szkolenie zarówno załóg, jak i personelu technicznego. Szczegóły nie są jednak znane, co utrudnia pełną ocenę opłacalności kontraktu. Na ten fakt zwracają uwagę krytycy szwedzkiej oferty.

ROZWIĄZANIE POMOSTOWE

Ze względu na stopień skomplikowania technologicznego budowa okrętów podwodnych trwa wiele lat. Pierwszy A26 opuści stocznię w Karlskronie i trafi do Polski ok. 2030 r., a w kolejnych latach wodowane mają być dwie następne jednostki. Nie oznacza to jednak natychmiastowego osiągnięcia gotowości bojowej. Proces wdrażania – obejmujący próby morskie, szkolenia oraz budowę infrastruktury – potrwa długo, a wstępna zdolność operacyjna pojawi się najwcześniej w połowie lat 30.

Problemami są presja czasu i ryzyko utraty zdolności szkoleniowych. Zanim nowe okręty wejdą do służby,

W styczniu 2026 r. zwodowaliśmy okręt rozpoznania radioelektronicznego. Powstał on z udziałem Saab Kockums AB.

eprasa.pl 9f670bad6d

obecnie eksploatowana jednostka musi w niej pozostać. Jeśli nastąpią znaczne opóźnienia, nasze załogi nie będą miały gdzie podtrzymywać kluczowych kompetencji, co grozi powstaniem luki pokoleniowej. Doświadczeni podwodniacy odejdą ze służby lub zostaną przeniesieni na inne stanowiska, a praktyczna wiedza, niemożliwa do pełnego odtworzenia na symulatorach, zacznie zanikać. Dlatego w siłach zbrojnych stosuje się rozwiązania pomostowe. Od 2027 r. Polska ma dysponować zwodowanym w 1988 r. szwedzkim HMS „Södermanlandem", czyli używanym okrętem projektu A17S (typ Västergötland). W przeciwieństwie do ORP „Orzeł" jednostka ta w ostatnich kilkunastu latach przeszła gruntowne remonty i modernizacje i zachowała realną wartość szkoleniową.

WCIĄŻ DUŻO PYTAŃ

Jeśli współpraca ze Szwecją zostanie utrzymana, Polska zyska nowoczesne okręty podwodne o długości ok. 66 m i wyporności rzędu 2–2,5 tys. t. Dla porównania: ORP „Orzeł" ma 72,6 m długości i wyporność 3,1 tys. t, natomiast jednostki typu Kobben odpowiednio 47,7 m i 572 t. A26 zaprojektowano z myślą o maksymalnym ograniczeniu wykrywalności – zarówno metodami hydroakustycznymi, jak i radarowymi czy termicznymi. Zastosowana technologia GHOST (Genuine Holistic Stealth) obejmuje m.in. dodatkowe wygłuszenie wnętrza, pokrycie kadłuba powłoką dźwiękochłonną oraz specjalną farbą. Okręt może pozostawać na morzu bez zawijania do portu nawet przez 45 dni. Istotnym elementem jest wykorzystanie napędu niezależnego od powietrza (AIP), opartego na silniku Stirlinga, który umożliwia przebywanie w zanurzeniu nawet przez 18 dni. Silnik spalinowy pracujący w obiegu zamkniętym umożliwia poruszanie się z niewielką prędkością bez konieczności wynurzania się w celu poboru powietrza i bez nadmiernego zużycia energii z akumulatorów.

Nie podpisano jeszcze kontraktu na uzbrojenie. Nie można jednak wykluczyć integracji A26 z pociskami rakietowymi, choć oznaczałoby to dodatkowe koszty i wydłużenie realizacji programu. Montaż sześciu wyrzutni pionowego startu wymagałby wydłużenia kadłuba o jakieś 10 m oraz zwiększenia wyporności nawet o 500 t, a także osobnego procesu pozyskania odpowiednich systemów uzbrojenia. Podstawowym środkiem bojowym A26 pozostają torpedy kalibru 533 mm w czterech wyrzutniach, które mogą być również wykorzystywane do stawiania min morskich.

Otwarte pozostaje pytanie, czy A26 faktycznie trafią do Polski. Poza niejasnościami dotyczącymi szczegółów współpracy przemysłowej realną przeszkodą mogą się okazać ograniczenia szwedzkiego przemysłu stoczniowego. Sztokholm bowiem zamówił już w 2015 r. dwa okręty projektu A26 na własne potrzeby. Choć pierwotnie planowano ich dostawę w latach 2024–2025, termin przesunięto na lata 2031–2033, a koszty programu już się podwoiły. Z tego względu część ekspertów uznaje wybór A26 przez Polskę za obarczony istotnym ryzykiem.

dr hab. Robert Czulda, prof. UŁ

Pracuje na Wydziale Studiów Międzynarodowych i Politologicznych Uniwersytetu Łódzkiego, ekspert ds. bezpieczeństwa i obronności, dziennikarz niezależny współpracujący z mediami w Polsce, Niemczech i Stanach Zjednoczonych.

Szwecja ma przekazać polskiej Marynarce Wojennej swój najstarszy okręt podwodny HMS „Södermanland", zwodowany w 1988 r. Ułatwi on szkolenie załóg.

Fot. Wojciech Strózyk/Reporter

eprasa.pl 9f670bad6d

POLITYKA słuchaj i oglądaj

Rozmawiamy nie tylko o polityce.
Poruszamy sprawy, które mają znaczenie.
Szukamy odpowiedzi na trudne pytania.

youtube.com/@Tygodnik_Polityka **polityka.pl/podkasty**

eprasa.pl 9f670bad6d

Nieważkość podczas lotu parabolicznego

eprasa.pl 9f670bad6d

KOSMICZNE SYMULACJE

Lot na orbitę okołoziemską zajmuje średnio 8,5 min. Zanim astronauta tam trafi, musi spędzić kilka lat na treningach i przygotowaniach.

KAMIL NADOLSKI

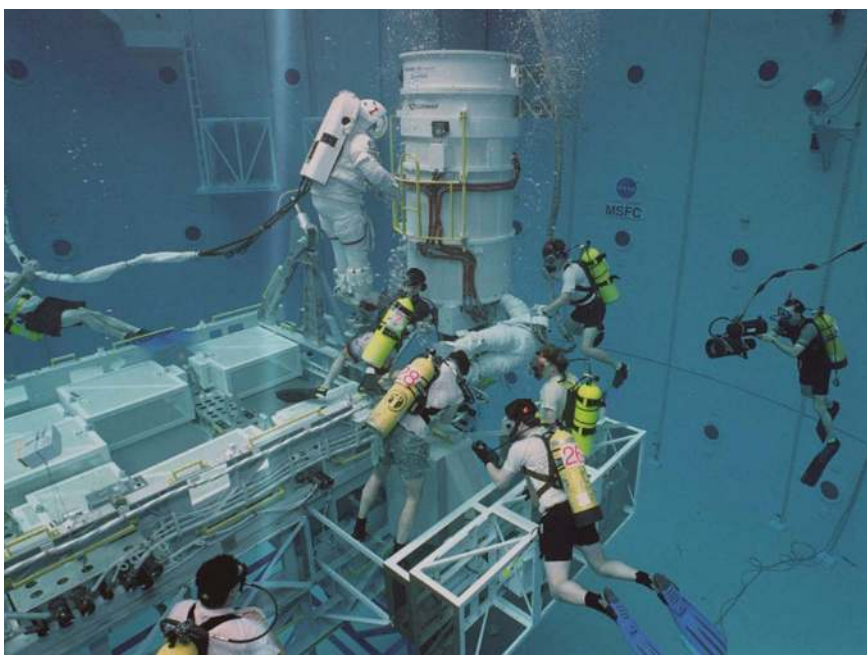
W POWSZECHNEJ wyobraźni lot w kosmos zaczyna się na platformie startowej w huku silników przy towarzyszącym temu odliczaniu. W praktyce jednak dzieje się to o wiele wcześniej, na Ziemi, w miejscach, które na pierwszy rzut oka z kosmosem nie mają nic wspólnego. Według danych NASA uzyskanych w Johnson Space Center w Houston wyruszenie w przestrzeń kosmiczną wymaga 5–6 lat intensywnych przygotowań. Najpierw następuje prawie dwuletni trening podstawowy dla kandydatów na astronautów, obejmujący naukę systemów statków kosmicznych, podstaw nauk ścisłych oraz przetrwania w ekstremalnych warunkach. Kolejnych kilkanaście miesięcy to trening przedmisyjny, podczas którego astronauci uczą się obsługi i konserwacji modułów Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS).

Gdy zostają przydzieleni do konkretnej misji, rozpoczynają specjalistyczny trening, trwający ok. 18 mies. Zanurzają się w basenach głębokich na 12 m, gdzie ćwiczą spacery kosmiczne w pełnych skafandrach. Spędzają tygodnie w podwodnych habitatach na dnie oceanu, izolowani od świata zewnętrznego. Trenują w jaskiniach na Sardynii, na polach lawowych Islandii i w pustynnych krajobrazach Arizony, które przypominają powierzchnię Księżyca czy Marsa. Uczą się przetrwania w arktycznym zimnie i tropikalnej dżungli – na wypadek, gdyby ich kapsuła wylądowała daleko od planowanego miejsca. Ekstremalne warunki nie są wybierane przypadkowo. Symulują różne aspekty misji kosmicznej: izolację, stres, pracę w niebezpiecznych warunkach, konieczność podejmowania decyzji w sytuacjach zagrażających życiu. Kluczem do przetrwania w kosmosie jest mozolna wieloletnia praca na Ziemi.

POLIGONY NIEWAŻKOŚCI

Na Ziemi nie da się wyłączyć grawitacji. Można natomiast oszukać zmysły i ciało, by przećwiczyć to, co poza naszą planetą bywa najistotniejsze: poruszanie się w skafandrze, posługiwanie się narzędziami, orientację w przestrzeni i działanie według procedur. Dlatego największe agencje kosmiczne budują dwa rodzaje poligonów nieważkości: wodne i powietrzne. Najbardziej rozpoznawalny ziemski substytut spaceru kosmicznego, czyli Neutral Buoyancy Laboratory (NBL, należy do NASA) w Houston, to olbrzymi zbiornik mający 62 m długości, 31 m szerokości i 12 m głębokości. Ta stalowa konstrukcja mieści 23,5 mln l wody, doprowadzanej do temperatury 29–30°C. Można w niej zanurzyć pełnowymiarowe makiety elementów ISS i przećwiczyć to, co w próżni zajmuje sporo czasu: dotarcie do stanowiska pracy, zaczepienie linek bezpieczeństwa, użycie narzędzi, wymianę modułu, odłożenie sprzętu i powrót. To tu astronauci spędzają setki godzin, ucząc się tego, co w kosmosie może zadecydować o ich życiu.

NBL uruchomiono w 1995 r. Zasada działania basenu opiera się na zjawisku zwanym neutralną pływalnością. Astronauta w skafandrze treningowym (sprzęt to nawet 145 kg) zostaje precyzyjnie wyważony przez zespół nurków za pomocą dodatkowych ciężarków



Neutral Buoyancy Laboratory przy Johnson Space Center. W tym gigantycznym basenie NASA szkoli astronautów do spacerów kosmicznych, odtwarzając warunki pracy w skafandrze.

Fot. A. Le Floc'h/ESA, Caters/Forum

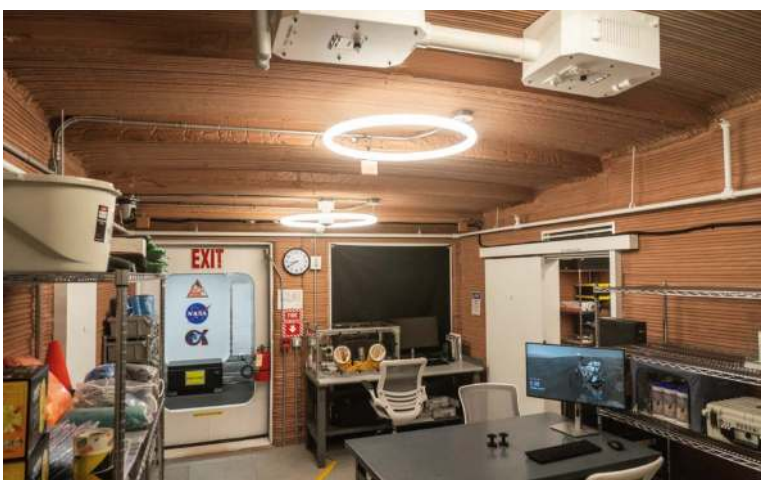
eprasa.pl 9f670bad6d

i elementów pływających. Celem jest osiągnięcie stanu, w którym człowiek bez poruszania rękami czy płetwami ani nie wypływa, ani nie tonie, tylko pozostaje w miejscu. Własne baseny do ćwiczeń posiadają też Rosjanie (w Centrum Szkolenia Kosmonautów im. Jurija Gagarina w Gwiezdnym Miasteczku pod Moskwą) i Europejczycy w ramach ESA (Neutral Buoyancy Facility przy European Astronaut Centre w Kolonii w Niemczech).

Innym sposobem na oszukanie zmysłów jest lot paraboliczny, podczas którego znika to, co całe życie mówiło ciału, gdzie jest góra i dół – grawitacja. Samoloty wykonujące tego typu loty, potocznie zwane *vomit comet* (kometą wymiotów), od ponad 60 lat umożliwiają astronautom pierwsze starcie z nieważkością. Pomysł wykorzystania czegoś takiego do symulacji mikrograwitacji narodził się w 1950 r. Samolot najpierw porusza się poziomo na wysokości ok. 7300 m, a następnie gwałtownie wznosi się pod kątem 45–50°, a wszystko w nim – ludzie, sprzęt, przedmioty – doświadcza przeciążenia 1,8 g. Osoba ważąca 80 kg czuje się przez jakieś 20 s tak, jakby jej masa wzrosła do 144 kg. Gdy samolot osiąga szczyt paraboli na wysokości ok. 9700 m, pilot gwałtownie redukuje ciąg silników i maszyna zaczyna opadać. Teraz przez 20–25 s wszystko wewnątrz kabiny znajduje się w stanie swobodnego spadku. Samolot i jego zawartość spadają z dokładnie taką samą prędkością, co eliminuje odczucie grawitacji.

W takim środowisku ćwiczy się rzeczy pozornie banalne: odpychanie bez rotacji, wyhamowanie bez chwytania wszystkiego naraz, przekazywanie przedmiotu tak, by nie uciekł w dowolnym kierunku. A ponieważ okna nieważkości są krótkie, lot uczy też dyscypliny: zrobisz to teraz albo za minutę, po kolejnej serii przeciążeń. Loty paraboliczne służą nie tylko treningowi astronautów. To także platforma badawcza, umożliwiająca eksperymenty w warunkach mikrograwitacji bez konieczności latania w kosmos. Za ułamek kosztów misji orbitalnych.

Mars Desert Research Station, Utah. Na pustyni trenuje się marsjańską pracę w skafandrach.



Mars Dune Alpha. Przyrządy w strefie symulowanego marsjańskiego krajobrazu (góra) i stanowisko pracy w symulowanym habitacie

NA KSIĘŻYCU I MARSIE

W 2024 r. w Kolonii, tuż obok European Astronaut Centre (siedziba astronautów ESA), oficjalnie zainaugurowano projekt Luna, w ramach którego wybudowano obiekt umożliwiający symulowanie warunków pracy na powierzchni Księżyca. Skala mówi sama za siebie: Luna obejmuje ok. 700 m² „księżycowego" pola, usypanego z ok. 900 t bazaltowych ziaren i skał przetworzonych tak, by symulować regolit. Zaplanowano także możliwość ćwiczeń związanych z wierceniem i pobieraniem próbek do 3 m w głąb terenu oraz symulator Słońca, odtwarzający cykle dnia i nocy, a także trudne oświetlenie charakterystyczne dla rejonów polarnych.

W przypadku Marsa dochodzą dodatkowe aspekty: długotrwałe funkcjonowanie w reżimie zasobów i izolacji z opóźnioną łącznością i koniecznością większej autonomii. Dlatego obok terenowych ćwiczeń pojawiają się też takie symulujące cały ekosystem operacji: rytm dnia, obowiązki, awarie, ograniczenia wody i energii, konflikty i zmęczenie. Jednym z najbardziej znanych współczesnych projektów jest CHAPEA (Crew Health and Performance Exploration Analog), realizowany przez NASA w habitacie Mars Dune Alpha w Johnson Space Center. Przechodzi się tam np. trening na bieżni

eprasa.pl 9f670bad6d

z systemem podwieszeń, mający odtworzyć marsjańską grawitację i długie wyjścia. Teren uczy czegoś, czego nie da się zasymulować do końca: analizy otoczenia podczas poruszania się i podejmowania sprawnych decyzji. Podczas misji księżycowych i marsjańskich praca naukowa nie polega na biernym „zebraniu kamieni", lecz staje się sekwencją wyborów: co jest warte zbadania, co może wiązać się z ryzykiem, czy należy zmienić trasę bądź skrócić postój, co powiedzieć zespołowi wspierającemu, żeby informacja miała wartość operacyjną.

Program Desert Research and Technology Studies, znany jako Desert RATS lub D-RATS, to seria testów terenowych prowadzona przez NASA od 1997 r. Co roku, zazwyczaj we wrześniu, na jakieś 2 tyg. obszar wokół Flagstaff w Arizonie zamienia się w księżycowe i marsjańskie krajobrazy. Miejsce wybrano nieprzypadkowo. Już w erze Apolla trenowano w tej okolicy, bo Arizona oferuje coś, czego nie da się symulować w laboratorium: prawdziwe wymagające środowisko geologiczne. Specyfikę Marsa astronauci ćwiczą także w ramach misji Mars Desert Research Station (MDRS) na pustynnym obszarze Utah. Tam w zamkniętym habitacie badają m.in. endolity, czyli mikroorganizmy żyjące w szczelinach skał i pozyskujące energię poprzez fotosyntezę. To kluczowe dla astrobiologii – jeśli życie istnieje lub istniało na Marsie, może ukrywać się właśnie w takich miejscach.

Środowisko Księżyca i Marsa doskonale imitują również pola lawowe i tereny wulkaniczne. Dwa najpopularniejsze miejsca na Ziemi, które służą jako poligony dla astronautów, to Islandia i należąca do Hiszpanii kanaryjska wyspa Lanzarote. Położona na styku płyt tektonicznych północnoamerykańskiej i euroazjatyckiej Islandia jest jednym z najmłodszych geologicznie miejsc w Europie. Czarne pola lawy bazaltowej, pełne kraterów krajobrazy i brak roślinności przypominają powierzchnię Księżyca. Szczególnie region Askja, gdzie znajdują się kaldery – gigantyczne zagłębienia w szczytowej części wulkanu powstałe w wyniku eksplozji i zniszczenia jego stożka. Lanzarote wybrano z kolei z powodów geologicznych. Bazaltowe jęzory zastygłej lawy przypominają rozległe równiny na księżycowych morzach, a jej wulkany są podobne do tych w niektórych regionach Marsa. Co więcej, Lanzarote oferuje coś wyjątkowego – możliwość studiowania interakcji między aktywnością wulkaniczną a wodą, dwoma kluczowymi czynnikami w poszukiwaniu życia.

Desert RATS, Arizona. Trening podejmowania decyzji w terenie i pobierania próbek (góra) oraz oprzyrządowanie do dokumentacji fotograficznej. Zdjęcia są narzędziem operacyjnym. Pomagają raportować obserwacje, porównywać próbki i odtwarzać przebieg działań.

PSYCHOLOGIA STRESU

Podczas lotów długodystansowych sporym problemem jest izolacja załogi. Statek kosmiczny to mały świat, z którego nie da się wyjść na spacer, gdy emocje biorą górę, a konflikt narasta. Długotrwale działają tu monotonia, brak prywatności, stała obecność tych samych osób, ograniczona łączność z bliskimi oraz przeciążenie procedurami. Do tego dochodzi zaburzenie rytmu dobowego wskutek ekspozycji na sztuczne światło, specyficznych harmonogramów i braku stałych punktów dnia. Dlatego agencje kosmiczne rozwijają symulatory izolacji, by ocenić związane z nią zagrożenia i opracowywać środki zaradcze, monitorować

Checklisty ratujące życie

W statku kosmicznym spryt bywa przeceniany, a powtarzalność niedoceniana. Procedury nie są kagańcem dla doświadczonych ludzi, tylko sposobem, by w stresie i zmęczeniu nie przegapić kroku, który w normalnych warunkach wydaje się oczywisty. NASA nazywa checklisty jednym z kluczowych gwarantów bezpieczeństwa. Chronią przed awariami sprzętu i błędami człowieka, zwłaszcza gdy rośnie obciążenie poznawcze i czas ucieka. Dlatego symulacje treningowe celowo psują systemy i sprawdzają, czy załoga umie przejść przez procedurę bez skrótów. Improwizacja też się pojawia, ale na końcu łańcucha, gdy procedura nie pokrywa sytuacji. Wtedy działa język wyćwiczony na checklistach: jasne meldunki, decyzje w zespole, a po akcji – korekta procedur, aby następnym razem improwizować mniej.

Fot. Reuters/Forum (3), Alamy/Indigo (2)

eprasa.pl 9f670bad6d

Okolice wulkanu Askja w Islandii. Surowy krajobraz przypomina księżycową pustynię. Takie miejsca są naturalnymi poligonami dla astronautów.

Wulkan Tinguatón na Lanzarote. W takim terenie sprawdza się sprzęt, który ma działać jak na misji księżycowej.

zachowanie i wydajność zespołu, ustalić zapotrzebowanie na światło i sen. Oprócz tego ułatwiają one takie planowanie pracy, by zachować wydajność, nie zabijając motywacji, i żeby ograniczać błędy wynikające ze zmęczenia decyzyjnego. Wśród prowadzonych badań jest m.in. terapia światłem wyrównująca rytm dobowy.

W Houston znajduje się poligon kapsułowy, czyli zamknięty habitat NASA, który pozwala sprawdzić, co się dzieje z zespołem, gdy warunki zaczynają przypominać lot poza niską orbitę. HERA (Human Exploration Research Analog) to obiekt o powierzchni 60 m² z kilkoma poziomami, zaprojektowany jako analog izolacji, zamknięcia i zdalnych warunków misji. Załogi wolontariuszy mogą spędzać w środku do 45 dni. W praktyce HERA jest poligonem nie tyle psychologicznym, ile operacyjnym. Uczestnicy wykonują codzienne zadania według harmonogramu, ćwiczą i spożywają racje kosmiczne. Do tego dochodzą elementy zbliżające środowisko do realiów misji, np. opóźnienia komunikacji i konieczność działania przy ograniczonej natychmiastowej pomocy. Ważne jest, że takie miejsca pozwalają symulować banalne codzienne tarcia, które w misji urastają do rangi problemu systemowego – wspólną przestrzeń, wspólny rytm dnia, brak ucieczki od ludzi i od zadań.

Z kolei Concordia na Antarktydzie bywa nazywana poligonem planetarnym. ESA opisuje ją jako jedną z najbardziej odległych baz na Ziemi, położoną na wysokości 3233 m n.p.m., gdzie zimą załoga doznaje stu dni nieprzerwanej ciemności, a temperatury mogą sięgać –80°C. Jest jeszcze program PANGAEA (Planetary Analogue Geological and Astrobiological Exercise for Astronauts), realizowany przez ESA i dający załogom podstawową praktyczną wiedzę potrzebną do znajdowania interesujących próbek skał i potencjalnych śladów życia na innych planetach. Astronauta musi umieć autonomicznie działać w terenie, bo nie da się co chwilę pytać Ziemi, co robić teraz. ESA opisuje to jako świadomą strategię szkoleniową.

Rodzajów treningów jest oczywiście znacznie więcej. Astronauci ćwiczą poruszanie się po trudnym terenie również w jaskiniach. Do tego dochodzi cały pakiet szkoleń z wiedzy kluczowej w danej misji. W filmach astronauta schyla się po kamień, wkłada go do woreczka i idzie dalej. Tymczasem prawdziwa eksploracja terenu jest zadaniem złożonym. Trzeba najpierw zauważyć to, co istotne, wybrać próbkę, opisać ją tak, by miała wartość naukową, a jednocześnie zmieścić się w wyznaczonym czasie, nie naruszyć procedur i mieć na uwadze limitowany zapas energii. Dlatego szkolenia geologiczne są dziś projektowane jak łańcuch: od czytania krajobrazu przez narzędzia i dokumentację po współpracę z ziemskim zapleczem. Na poligonach astrobiolodzy szukają również odpowiedzi na pytanie o granice życia. Miejsca o ekstremalnie niskiej wilgotności lub wysokim zasoleniu, takie jak islandzkie pola lawowe, pozwalają trenować takie zbieranie próbek, by nie zanieczyścić ich i nie

Symulator HERA. Załogi spędzają w nim w izolacji nawet 45 dni. Testuje się sen, czujność i komunikację, gdy rośnie zmęczenie.

eprasa.pl 9f670bad6d

zniszczyć potencjalnych dowodów na istnienie pozaziemskich mikroorganizmów.

SZTUKA POWTARZANIA

Należy jeszcze wspomnieć o modułach, w których odtworzone zostaje wnętrze statku, pełnoskalowych makietach, symulatorach stanowisk czy trenażerach fragmentów systemów. To one są kręgosłupem codzienności i fundamentem bezpieczeństwa astronauty. Należy opanować tysiące drobnych czynności, które muszą zadziałać w tej samej kolejności, w tym samym układzie przestrzeni, często pod presją czasu. W Johnson Space Center działa Space Vehicle Mockup Facility (SVMF) – hala treningowa, w której dzięki odpowiednim sprzętom ćwiczy się m.in. procedury awaryjne, obsługę śluzy i naprawy na orbicie, a także operacje związane z ładunkami i eksperymentami. Są tu identyczne jak w kosmosie włazy, uchwyty, panele, trasy przemieszczania się. Znaczenie ma to, jak pracuje się ciałem w ciasnych przestrzeniach. Astronauta musi wejść na orbitę z poczuciem, że przestrzeń jest znajoma, bo w krytycznym momencie mózg nie powinien tracić czasu na orientację.

Choć celem każdej misji kosmicznej jest bezpieczny powrót na wyznaczone lądowisko, historia lotów załogowych uczy pokory. Awaria systemów nawigacyjnych lub balistyczne wejście w atmosferę mogą sprawić, że kapsuła z astronautami wyląduje setki kilometrów od celu – w środku mroźnej tajgi lub na wzburzonym oceanie. Dlatego zanim astronauci założą skafandry startowe, muszą udowodnić, że potrafią przetrwać w najbardziej nieprzyjaznych miejscach na Ziemi, dysponując jedynie pakietem awaryjnym. Trening przygotowujący do symulacji lądowania w morzu jest w szkoleniu podstawowym ESA. Podczas wodowania liczy się sekwencja działań: opuszczenie kapsuły, zabezpieczenie się na jej powierzchni, rozstawienie tratwy, zebranie zespołu, utrzymanie ciepłoty organizmu oraz przygotowanie do podjęcia przez ratowników (często z użyciem śmigłowca). Drugim klasycznym scenariuszem ESA jest lądowanie w terenie odległym i zimnym, gdzie ratownicy nie pojawią zbyt szybko, np. w lesie z grubą warstwą śniegu. Każde ekstremalne środowisko na naszej planecie może stać się treningowym poligonem dla przyszłych kosmonautów.

Space Vehicle Mockup Facility. Tu trenuje się pracę na makietach statku kosmicznego w skali 1:1.

Trening przetrwania na morzu. Astronauci ESA ćwiczą z chińskimi kolegami procedury po wodowaniu.

Kamil Nadolski
Redaktor, publicysta, popularyzator nauk o Ziemi. Współpracował m.in. z TVN24, TVP, „Wprost", „Rzeczpospolitą" i „Newsweekiem". Pasjonat historii, antropologii i nauk społecznych.

Sen w kosmosie

Na orbicie łatwo wypaść z naturalnego dobowego rytmu: ISS okrąża Ziemię co ok. 90 min, więc załoga doświadcza mniej więcej 16 wschodów i zachodów Słońca na dobę. Do tego znaczenie mają takie czynniki, jak hałas na statku, temperatura na nim, przepływ i jakość powietrza (m.in. stężenie CO_2), oświetlenie oraz konieczność przypięcia się, by nie dryfować podczas snu. NASA od lat traktuje światło jako jedno z kluczowych narzędzi regulacji rytmu dobowego i czujności: na ISS przechodzono z klasycznych świetlówek (GLA) na *solid-state light assembly* (SSLA), które pozwalają regulować widmo i natężenie w zależności od celu: pobudzenie i reset zegara albo wyciszenie przed snem. Badania i wdrożenia idą w stronę dynamicznych ustawień, m.in. wariantów światła wzbogaconego w składową niebieską (na pobudzenie i przesunięcia fazy) oraz zubożonego o nią przed snem. ESA testuje dodatkowe rozwiązania w kabinach załogi: w eksperymencie Circadian Light lampę synchronizuje się z planem snu astronauty (np. czerwone światło wieczorem, niebieskie rano).

Podstawą jest planowanie snu. NASA podkreśla, że przygotowanie organizmu na przesunięcia (w tym instrukcje dotyczące światła, diety, ćwiczeń i ewentualnych środków nasennych) to najskuteczniejszy sposób ograniczania bezsenności i zmęczenia. Stosuje się też narzędzia punktowe: melatoninę (dla wsparcia przesunięć rytmu) oraz kofeinę (dla czuwania) jako elementy zarządzania zmęczeniem.

Fot. Shutterstock, EFE/Forum, Cover/East News, Alamy/Indigo, Stephane Corvaja/ESA

eprasa.pl 9f670bad6d

Dwie świątynie buddyjskie położone w górach Fanjing w Chinach

eprasa.pl 9f670bad6d

NIEBIAŃSKIE ŚWIĄTYNIE

Położone na górskich szczytach świątynie miały gwarantować wiernym spokój kontemplacji i zbliżać ich do strefy boskiej.

RADOSŁAW KOŻUSZEK

LOKOWANIE miejsc świętych na wzgórzach, ostańcach skalnych czy wysoko w górach praktykowano w różnych regionach świata i w różnych kulturach. Główną zasadą przyświecającą ludziom wyznaczającym teren pod takie miejsce był fakt zbliżenia go do sfery boskiej, zaświatów, sił nadprzyrodzonych czy nieba. Uznawali oni, że dominujące nad „światem żywych" wzniesienie znajduje się jakoby ponad problemami i grzechami zwykłych śmiertelników. Dlatego pierwsze społeczności traktowały wiele wzgórz czy szczytów jako miejsca święte i oddawały im cześć. Po pewnym czasie wierzenia zaczęto normatywizować, więc obrastały dogmatami, co doprowadziło do tworzenia w miejscu kultu pierwszej infrastruktury (ołtarze ofiarne, świątynie), służącej do przeprowadzania obrządków. Nierzadko budowle na szczytach wzgórz stawały się dominantą okolicy, widoczną z wielu miejsc, co miało skutkować przeświadczeniem u wiernych, że religia jest najważniejszą sferą życia, a siły nadprzyrodzone widzą każdy ich ruch.

Innym ważnym aspektem lokalizowania świątyń na wzgórzach była ich izolacja od najbliższych ośrodków. W razie konfliktu czy napaści strzegący przybytku mogli ewakuować się wraz ze zgromadzonymi skarbami lub odpowiednio zabezpieczyć i przygotować do obrony. Poza tym napastnicy rzadko atakowali górskie świątynie z uwagi na mały zysk w porównaniu z wysokimi kosztami wyprawy. Dodatkowo oddalenie miejsc kultu od ośrodków zamieszkanych przez ludzi oznaczało możliwość odbywania do nich pielgrzymek. Pokonanie długiej drogi, nierzadko połączonej z wymagającą wspinaczką, powodowało, że pielgrzym czuł się spełniony i uważał, że dokonał ważnej rzeczy w życiu, która zbliży go do osiągnięcia duchowej przemiany.

Aktualna zabudowa Wzgórza Kapitolińskiego w Rzymie

Fot. Shutterstock (2)

eprasa.pl 9f670bad6d

Jeden z klasztorów na górze Athos w Grecji

NIE TYLKO OLIMP

Według mitologii greckiej siedzibą bogów był Olimp – najwyższy masyw Grecji, trudny do zdobycia i oddzielający Macedonię od Tesalii. Wierzono, że każdy, kto tam się znajdzie, zginie śmiercią tragiczną. Nie organizowano zatem na Olimp wypraw, by po pierwsze chronić własne życie, a po drugie nie przeszkadzać bogom. Dla nich wznoszono świątynie na innych szczytach lub w innych reprezentacyjnych miejscach. Ateński Akropol umiejscowiono zatem na najbardziej eksponowanym wzgórzu miasta, by stanowił dominantę i tym samym najważniejsze dla każdego Ateńczyka miejsce. W jego centralnym punkcie wzniesiono Partenon, czyli świątynię poświęconą Atenie, patronce polis.

Z kolei w starożytnym Rzymie centralnym miejscem pełniącym funkcje religijne i polityczne było Wzgórze Kapitolińskie. Z niego, według założenia, w równym stopniu bogowie i rzymska władza mieli kontrolować niżej położone dzielnice Wiecznego Miasta. Na samym szczycie znajdowała się świątynia triady bóstw (Jowisza Kapitolińskiego, Junony i Minerwy), gdzie przechowywano księgi sybillińskie, będące zbiorami przepowiedni. Po przyjęciu chrześcijaństwa przez Cesarstwo Rzymskie nowa religia zaczęła wypierać politeistyczny panteon, a pogańskie świątynie burzono lub przekształcano w kościoły. Na Akropolu powstał zatem Kościół Matki Bożej Aten (zmieniony za czasów tureckich w meczet), a w Rzymie – Kościół Matki Bożej na Kapitolu.

W średniowieczu powstawały także pierwsze klasztory chrześcijańskie, które nierzadko sytuowano w niedostępnych miejscach. Jako przykład mogą posłużyć greckie monastyry na pionowych ostańcach skalnych zwanych Meteory. Wejście na szczyt było bardzo trudne, a materiały budowlane, wodę i żywność wciągano na linach. Aktualnie część z tych ośrodków kultu udostępniono turystom i dla ich wygody wybudowano schody i pomosty. Innymi prawosławnymi klasztorami usytuowanymi na szczytach gór są te na Athos w Grecji, w gruzińskiej Gergeti czy Stawrowouni na Cyprze. Z kolei dawny męski monaster Sumela (północno-wschodnia Turcja) czy klasztor w czarnogórskim Ostrogu lub świątynię na Górze Kuszenia w Palestynie wybudowano na stromych zboczach. Również w przedchrześcijańskiej Polsce pierwsze miejsca kultu dość często sytuowano na wzgórzach (Sobótka, Strzelno, Łysa Góra). W wiekach późniejszych, już po przyjęciu chrztu, stanęły tam kościoły.

Klasztor Stawrowouni na Cyprze

eprasa.pl 9f670bad6d

WYKUTE W SKALE

Idealnym przykładem wysokogórskich świątyń chrześcijańskich są te położone w etiopskim regionie Tigraj. Wykonano je, adaptując istniejące już jaskinie lub wykuwając w skale komory modlitewne. Niektórym po pewnym czasie dobudowano ozdobne wejście, a inne pozostawiono w formie pierwotnej, dodając jedynie zdobienia w środku. Zazwyczaj miejsca te leżały z dala od osad ludzkich, a dojście do nich wymagało karkołomnej wędrówki. Ze względów bezpieczeństwa świątynie te nie były też widoczne dla osób nieznających ich dokładnego położenia. Dziś jednak prowadzą do nich stosowne drogowskazy. Jednym z najstarszych etiopskich kościołów jest Mikael Imba, znajdujący się na wzgórzu niedaleko miasta Wukro. Obiekt pochodzi z XI w. i prawdopodobnie był pierwowzorem dla później wykutych słynnych świątyń w Lalibeli. Chociaż leży na wysokim wzgórzu, nie dostrzeżemy go z żadnej strony. Budowniczowie wykuli go w skale, umiejscawiając wejście pod poziomem gruntu. Dlatego świątynię zobaczymy dopiero, gdy staniemy obok niej. Dawniej wierni wchodzili tu zboczem i chwytając się półek skalnych. Dziś prowadzą tu wygodne schody. Całe wzgórze, łącznie ze współczesnymi zabudowaniami przykościelnymi i basenami chrzcielnymi, uznawane jest za święte, dlatego wolno poruszać się po nim jedynie boso.

Niedaleko, w górskim regionie Gheralta, położone są dwie siostrzane świątynie: Debre Maryam Korkor

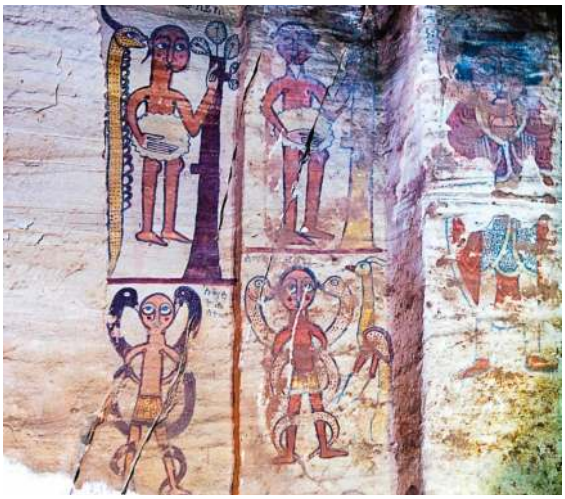
Od lewej: Klasztor Ostrog w Górach Dynarskich w Czarnogórze

Dawny męski monaster Sumela, położony w północnej Turcji

Gruzińska cerkiew Cminda Sameba, postawiona u stóp góry Kazbek, na wysokości 2170 m n.p.m.

Fot. Shutterstock (5)

eprasa.pl 9f670bad6d



i Daniel Korkor. Obydwie znajdują się na szczycie dominującym nad regionem. Wejście do nich jest długie i mozolne. Początkowo trasa wiedzie wydeptaną ścieżką z kamiennymi schodami, potem przybiera formę wąskiego, usianego kamieniami przejścia między pionowymi skałami. W końcowej fazie ścieżka prowadzi brzegiem wzgórza nad 200-metrową przepaścią. Jedną z najbardziej spektakularnie położonych świątyń regionu Tigraj jest Abuna Yemata Guh. Kościół powstał na ostańcu skalnym (2580 m n.p.m.) masywu Gheralta poprzez powiększenie znajdującej się tam jaskini modlitewnej. Wejście do obiektu bez dokładnej znajomości trasy jest niemożliwe. Początkowo łatwa droga przekształca się w dość skomplikowaną wspinaczkę wysokogórską. Turyści wchodzą z asystą miejscowych przewodników, z użyciem lin i uprzęży. Wspinaczkę ułatwiają także wydrążone w skałach otwory na palce oraz niewielkie półki na stopy. Mniej więcej od połowy wysokości góra uznawana jest za świętą, dlatego dalszą wspinaczkę należy odbywać boso.

WIEŻA BABEL

Starożytni Sumerowie wierzyli, że świątynie są domami bogów, dlatego budowali je z należytą starannością, nadając im monumentalne rozmiary oraz stosując liczne architektoniczne ozdoby. Zazwyczaj lokowali je na wzniesieniach i w celu zwiększenia rangi stawiali

Etiopski kościół Debre Maryam Korkor znajduje się wysoko w górach Gheralta, a jego wnętrze pokrywają malowidła.

Kościół św. Jerzego w Lalibeli w Etiopii położony jest na płaskowyżu, ale wydrążono go pod ziemią.

Fot. Alamy/Indigo (2), Shutterstock (4)

eprasa.pl 9f670bad6d

dodatkowo na platformach. Całość nazywano zigguratami. Platformy zabezpieczały dodatkowo miejsca święte przed powodziami. Sumerowie wierzyli, że bogowie mieszkają w górach, a zigguraty były ich architektonicznym wyobrażeniem. Z uwagi na nietrwały materiał budowlany (suszona i w mniejszej części wypalana cegła) świątynie szybo ulegały erozji. Źle wyglądające budynki burzono, a na ich miejscu wznoszono nowe. Gruzów nie uprzątano, dlatego każda kolejna świątynia stawała wyżej niż poprzedniczka. Szczytową formą sumeryjskich świątyń były konstrukcje składające się z trzech tarasów, do których prowadziły rampy, schody i brama. Właściwe sanktuarium znajdowało się na ostatnim poziomie. Po wielu wiekach tego procesu świątynie zaczęły przypominać wieże. W czasach asyryjskich i babilońskich mogły już liczyć nawet 5–7 pięter. Prawdopodobnie do budowy jednej z nich (ziggurat boga Marduka w Babilonie) zmuszeni byli żydowscy niewolnicy, którzy wznoszącą się do nieba konstrukcję nazwali Wieżą Babel.

Również dawni wyznawcy religii mojżeszowej (żydzi) wznosili świątynie na wzgórzach. Najważniejsza z nich mieściła się na Wzgórzu Świątynnym w Jerozolimie. Po jej zniszczeniu przez Rzymian wybudowano tam świątynię Jowisza, której miejsce zajęła później chrześcijańska bazylika. Aktualnie na Wzgórzu Świątynnym wznoszą się święte budowle islamu (Meczet Al-Aksa i Kopuła na Skale), które dominują nad Jerozolimą.

AZJATYCKIE ŚWIĄTYNIE W CHMURACH

Bardzo dużo świątyń na szczytach gór można znaleźć we wschodniej Azji. W środkowej Mjanmie znajduje się klasztor buddyjski Taung Kalat. Kompleks ulokowano na wierzchołku góry wulkanicznej Popa. Geologicznie jest to nek, czyli wzniesienie o stromych i urwistych stokach, zbudowane z odpornej na erozję lawy, która zakrzepła w kominie wulkanicznym. Góra uważana jest za świętą i prowadzi na nią aż 777 schodów.

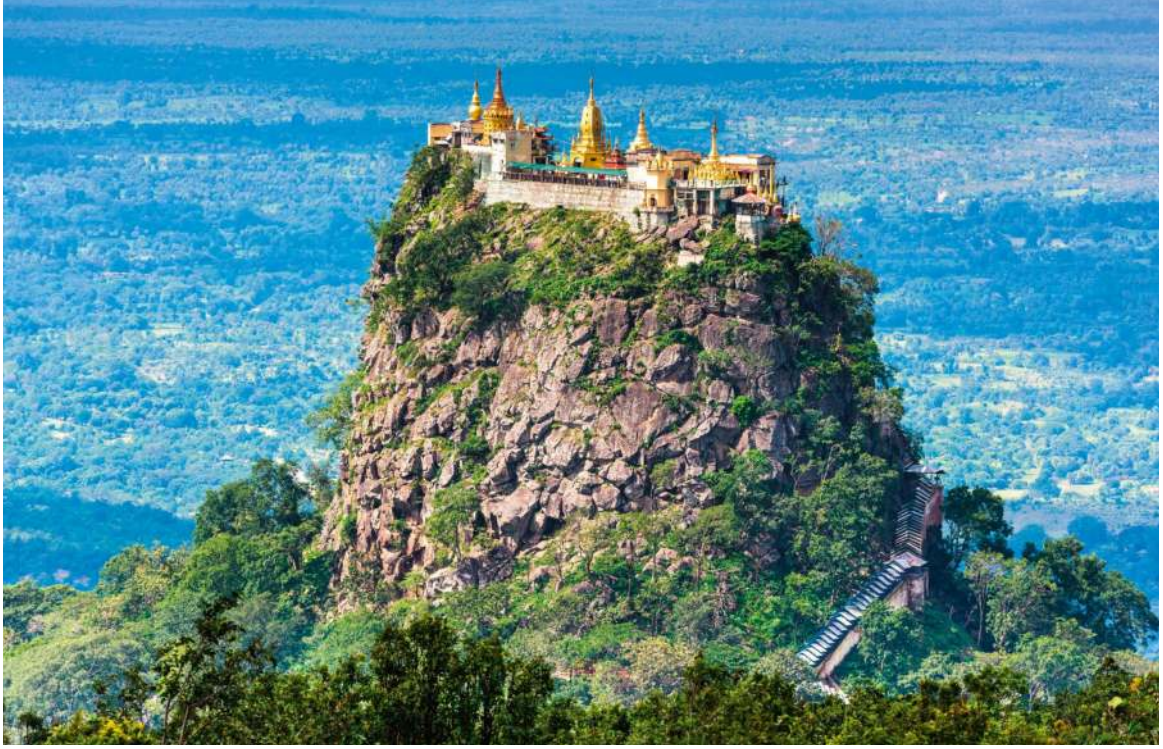
Prawdopodobny wygląd zigguratu w Ur, którego ruiny i częściową rekonstrukcję podziwiać można w Iraku.

Abuna Yemata Guh to jeden z najbardziej niedostępnych kościołów. Aby podziwiać jego wnętrze, trzeba dotrzeć na szczyt wysokiego ostańca skalnego w regionie Tigrej w Etiopii.

Również w Mjanmie w miejscowości Kyaiktiyo podziwiać można położoną na szczycie skalistego uskoku Złotą Skałę (obłożona płatkami złota) z umieszczoną na niej buddyjską pagodą. Według miejscowych podań utrzymuje się na wzgórzu, gdyż pod nią lub w niej znajduje się włos samego Buddy. Niektórzy z pielgrzymów przybywających do niej wierzą, że nie spoczywa ona na szczycie góry, ale nieznacznie się nad nią unosi, co pozwala na przeciągnięcie włosa pomiędzy nią a górą.

Wiele górskich świątyń znajduje się w Tybecie – jednym z najwyżej położonych regionów świata. Na najwyższym wzniesieniu Lhasy – stolicy Tybetu – podziwiać można Pałac Potala, czyli dawną siedzibę dalajlamów, duchowych i politycznych przywódców kraju. Pałac co prawda nie jest typową świątynią, ale buddyści uznali go za centrum religijne Tybetu i miejsce święte z uwagi na mieszczące się tam kaplice i groby dalajlamów. Oddalony o 60 km od Lhasy klasztor Ganden założono na skalnym zboczu na wysokości 3800 m n.p.m. W środku znajduje się zdobiona złotem i srebrem stupa, która zawiera relikwie

eprasa.pl 9f670bad6d



Buddyjski klasztor na szczycie góry Popa w Mjanmie (Birma)

Congkhapy (założyciel klasztoru, reformator buddyjski). Innym tybetańskim miejscem świętym sięgającym nieba jest położony na wysokości 4980 m n.p.m. zespół klasztorno-świątynny Rongbuk. Kompleks, powstały w 1902 r., leży u podnóża Mount Everestu w miejscu wcześniejszych jaskiń i chat medytacyjnych. Dziś wiele wypraw próbujących zdobyć szczyt zaczyna wędrówkę właśnie tutaj.

Najbardziej spektakularnie położonymi świątyniami na terenie współczesnych Chin są te z góry Fanjing. Na prawie pionowym ostańcu z rozdzielonym wierzchołkiem wybudowano dwie buddyjskie świątynie połączone mostkiem. Jedna o nazwie Siakjamuni dedykowana jest Buddzie teraźniejszości, a Maitreja – Buddzie przyszłości. Łączy je kamienny most nad przepaścią Złotego Miecza, czyli symboliczne przejście z teraźniejszości do przyszłości. Aby dostać się na szczyt (2336 m n.p.m.), trzeba pokonać ponad 8 tys. schodów. Jednym z najbardziej duchowo znaczących miejsc w Chinach jest góra Laojun. Na jej szczycie (2217 m n.p.m.) znajduje się kilka budynków świątynnych związanych z taoizmem. Górę nazwano na cześć Laozi – legendarnego założyciela taoizmu, który według podań miał tam medytować i rozwijać nauki taoistyczne.

Związana z taoizmem jest także Wisząca Świątynia, umiejscowiona na wysokim klifie góry Heng w środkowych Chinach. Główna część budynków (świątynia, klasztor) znajduje się w wykutych jaskiniach na półkach skalnych. Z kolei dobudowane drewniane fasady podtrzymane są przez żelazne łańcuchy i dębowe belki, które zakotwiczono w otworach wykutych w klifach. Między budynkami znajdują się drewniane platformy i pomosty.

Pałac Potala góruje nad stolicą Tybetu – Lhasą. Znajdują się tu czczone przez wiernych kaplice oraz groby dalajlamów.

Tybetański klasztor Ganden został wybudowany na zboczu góry Wangbur i znajduje się na wysokości 3800 m n.p.m.

eprasa.pl 9f670bad6d

Himalajski klasztor Rongbuk jest przystankiem dla ekip wspinaczkowych zmierzających na Mount Everest.

Świątynie na górze Laojun związane są z taoizmem.

Wisząca Świątynia na zboczu góry Heng w środkowych Chinach

OD AMERYKI PO AUSTRALIĘ

Najbardziej znanymi południowoamerykańskimi świątyniami umiejscowionymi na szczytach gór są te, których ruiny można podziwiać na terenie Machu Picchu. Powstałe w XV w. miasto zamieszkiwali głównie kapłani, przedstawiciele inkaskiej arystokracji, żołnierze oraz obsługa i opiekunowie tamtejszych miejsc kultu. Machu Picchu dzieliło się na dwie części. Dolną przeznaczono dla robotników, służących i rolników uprawiających rośliny na rozmieszczonych tarasowo polach. W górnej części kompleksu znajdowały się świątynie Główna, Słońca i Trzech Okien, grobowiec i pałac królewski oraz święty kamień rytualny. Osada nigdy nie została zdobyta przez hiszpańskich konkwistadorów, a pierwszą osobą z zachodniego świata, która mogła ją oglądać, był amerykański uczony Hiram Bingham III z Uniwersytetu Yale.

Również starożytni Majowie wznosili swoje świątynie na wzgórzach. Na terenie dzisiejszego Belize w tropikalnej dżungli można podziwiać ruiny miasta Caracol. Główne świątynie, w kształcie schodkowych piramid, wybudowano na wzgórzu, dzięki czemu z ich szczytu możliwe było obserwowanie okolicy. Znajdujące się na terenie dzisiejszego Meksyku Teotihuacán to jedno z głównych miast Azteków. Powstało na wysokim płaskowyżu, z czego główne świątynie (Piramida Słońca, Piramida Księżyca i Świątynia Quetzalcoatla) wzniesiono na najwyższej części terenu. Według miejscowych mitów w miejscu Teotihuacán powstał świat poprzez oddzielenie się światła od ciemności, dlatego odbywano tu liczne pielgrzymki.

W dalekiej Australii w zasadzie każda większa góra była i nadal jest uznawana przez Aborygenów za miejsce święte. W odróżnieniu od innych kultur rdzenni Australijczycy nie wznosili jednak świątyń w naszym rozumieniu. Znajdująca się w sercu kontynentu Uluru to miejsce powstania świata i najważniejszy punkt na Ziemi. Pobliska Kata Tjuta w wierzeniach Aborygenów symbolizuje życie i odrodzenie. Z kolei góry w okolicach przełęczy Angkerle Atwatye czczone są przez Arandów (plemię Aborygenów) i kojarzy się je z narodzinami i porodami.

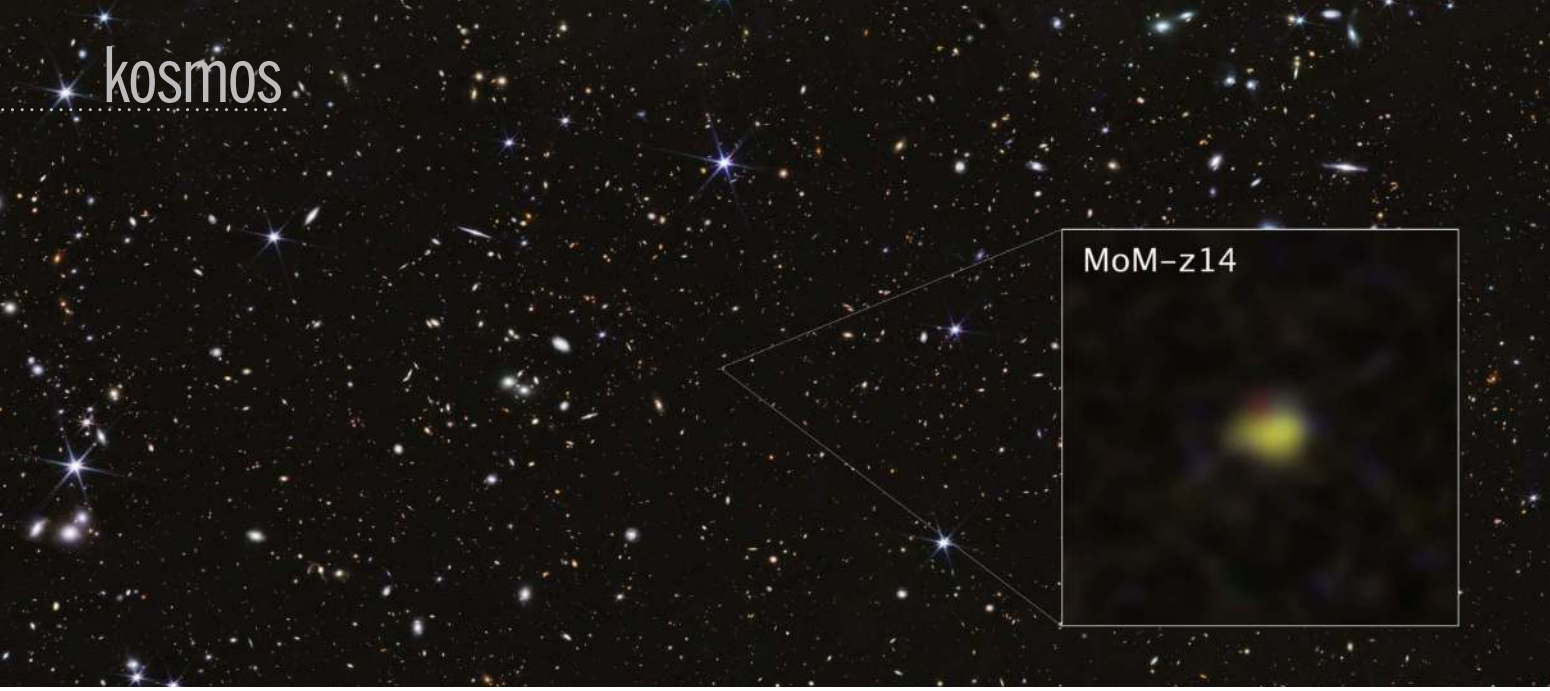
dr inż. Radosław Kożuszek
Wykładowca Uniwersytetu Wrocławskiego,
podróżnik, organizator wypraw trekkingowych, przyrodniczych i kulinarnych

W peruwiańskim Machu Picchu zachowały się ruiny kilku świątyń.

Piramidy świątynne w Caracolu w Belize

Fot. Shutterstock (8)

eprasa.pl 9f670bad6d



JAK DALEKO JESZCZE?

Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba właśnie wyraźnie przesunął granice obserwowanego wszechświata. Dzięki niemu odkryto rekordowo daleką galaktykę, która istniała już 280 mln lat po Wielkim Wybuchu.

PRZEMEK BERG

ROHAN Naidu z MIT Kavli Institute for Astrophysics and Space Research wraz z zespołem opublikował w końcu stycznia br. artykuł w czasopiśmie „Open Journal of Astrophysics", w którym donosi o odkryciu najdalszej galaktyki. Nosi ona nazwę MoM-z14, a wartość jej przesunięcia ku czerwieni (tzw. *redshift*) wynosi 14,44. Dla wyjaśnienia: wszystkie galaktyki, które obserwujemy na niebie, oddalają się od nas, co oznacza, że linie widmowe ich promieniowania elektromagnetycznego przesuwają się ku większym długościom fal. Optycznie czerwienieją. Wartość *redshift* rośnie, aczkolwiek zależność nie jest liniowa. Przesunięcie ku czerwieni pozwala na dość dokładne oszacowanie odległości pomiędzy obiektem a Ziemią. O odkryciu MoM-z14 poinformowano niedawno, ale dokonano go, korzystając z danych zebranych przez teleskop Webba, w kwietniu 2025 r. Uzyskane informacje wskazują, że światło odkrytej galaktyki podążało ku nam przez 13,5 mld lat. Uważa się, że cały wszechświat liczy 13,8 mld lat. Nowo odkryty obiekt galaktyczny jest więc nieprawdopodobnie młody i daleki.

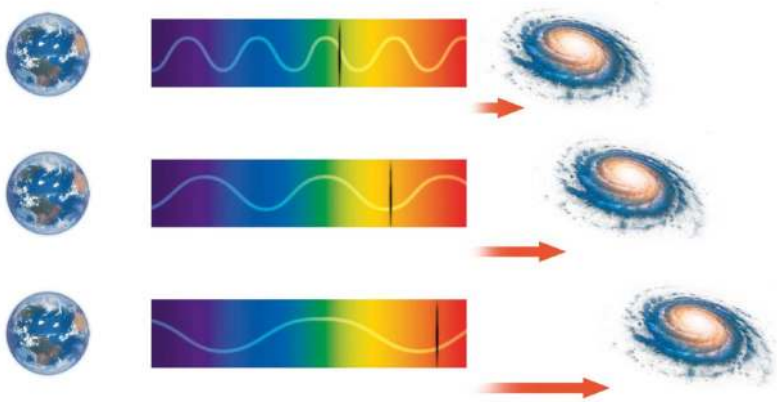
Powyżej: Galaktyka MoM-z14 widziana przez kamerę bliskiej podczerwieni (NIRCam) Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba

„Dzięki Webbowi możemy sięgnąć dalej, niż ludzie kiedykolwiek wcześniej patrzyli, ale to, co odkryliśmy, nie wygląda wcale tak, jak przewidywaliśmy. Jest to ekscytujące, lecz stanowi też nie lada wyzwanie" – powiedział Rohan Naidu. Galaktyka jest mała, nieregularna, przypomina kształtem nieco Mały Obłok Magellana (karłowata galaktyka będąca satelitą Drogi Mlecznej), ale już w pełni uformowana i zwarta. Ma też właściwości, które bardzo trudno obecnie wyjaśnić, lecz o tym za chwilę.

OD HUBBLE'A DO WEBBA

Poszukiwania najdalszych galaktyk we wszechświecie rozpoczęto w połowie lat 90. ub.w. przy pomocy Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. W grudniu 1995 r. przez 10 dni fotografował on z pozoru pusty obszar w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy, nazwany potem Głębokim Polem Hubble'a. Pole zawiera ok. 3 tys. obiektów, z których zdecydowana większość to galaktyki. Część z nich była najmłodszymi i najbardziej odległymi galaktykami, jakie do tamtego czasu zaobserwowano. Wiele z nich znajdowało

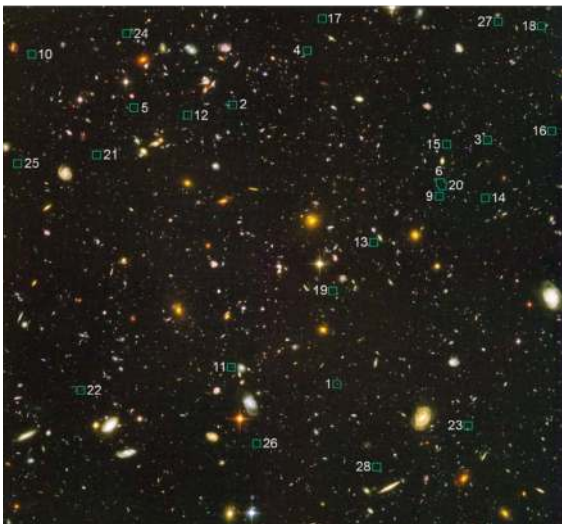
eprasa.pl 9f670bad6d



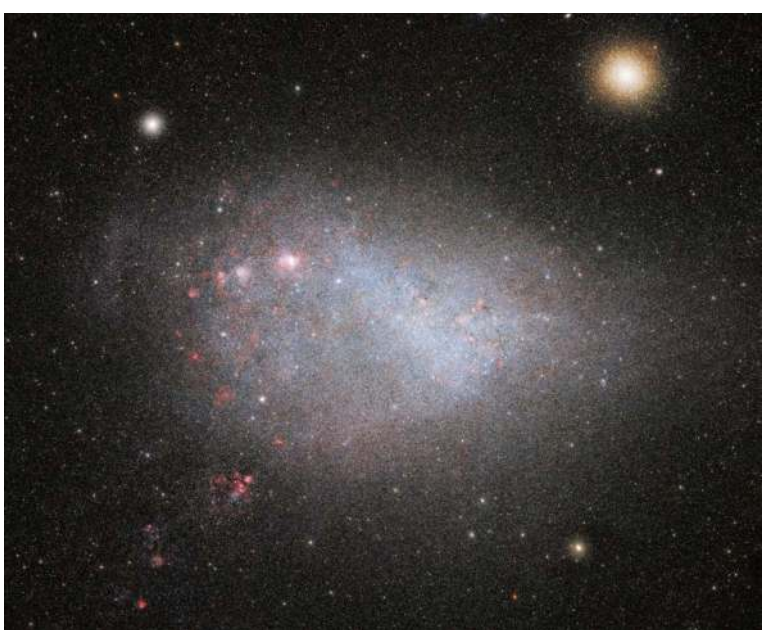
Zależność między oddalaniem się obiektu (galaktyki) a przesunięciem jego linii widmowych w stronę większej długości fal. W wyniku tego zjawiska galaktyki czerwienieją.

się w odległości ok. 12 mld l.św. od Ziemi. W 2003 r. teleskop dokonał podobnych obserwacji, tym razem w gwiazdozbiorze Pieca. Było to najdalej sięgające zdjęcie astronomiczne, jakie wykonano w świetle widzialnym. Sfotografowany obszar nazwano Ultragłębokim Polem Hubble'a; ukazuje on wszechświat sprzed 13 mld lat. Zawiera obrazy ok. 10 tys. galaktyk. Wreszcie w 2012 r. ujrzeliśmy obraz powstały na podstawie 2 tys. zdjęć wykonanych przez Hubble'a od 2002 r. Ukazywał on centralny obszar Ultragłębokiego Pola Hubble'a, czyli też w gwiazdozbiorze Pieca. Rejon ten nazwano Ekstremalnie Głębokim Polem Hubble'a, a znajduje się w nim ok. 5,5 tys. galaktyk, z których najodleglejsze leżą 13,2 mld l.św. od nas.

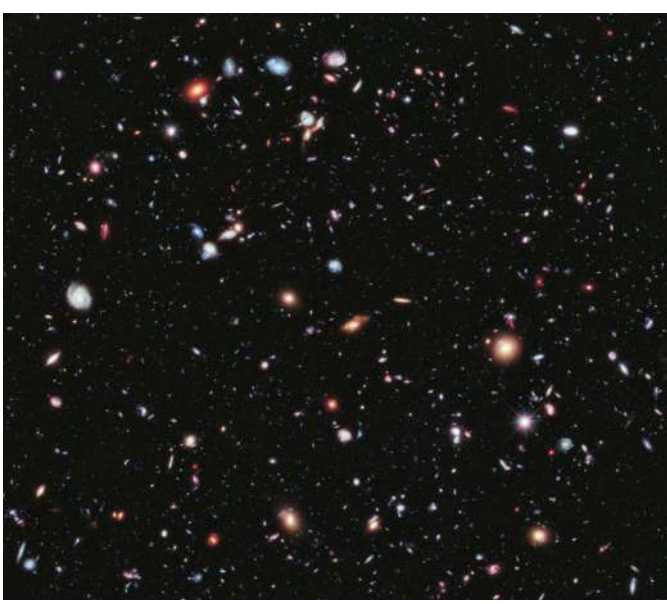
Jeszcze przed startem Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba pojawiły się sugestie, że we wczesnym wszechświecie wydarzyło się coś bardzo nieoczekiwanego, co sprawiło, że istnieje w nim już wiele bardzo dobrze uformowanych galaktyk. W 2016 r. teleskop Hubble'a odkrył galaktykę GN-z11 w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy, która powstała nie później niż 420 mln lat po Wielkim Wybuchu, kiedy wiek wszechświata wynosił nie więcej niż 3% obecnego. Światło wyemitowane przez GN-z11 potrzebowało 13,4 mld lat, aby dotrzeć do Ziemi. Przesunięcie ku czerwieni obiektu wynosi 11,1, a widziany współcześnie z Ziemi jest 25 razy mniejszy od Drogi Mlecznej. Jego masa wynosi zaledwie 1% masy naszej galaktyki, za to tworzy się w nim 20 razy więcej gwiazd. Odkrycie tak stosunkowo dużej i szybko rosnącej galaktyki, powstałej zaledwie 200–300 mln lat po tym, jak zaczęły świecić pierwsze gwiazdy, zaskoczyło astronomów.



28 galaktyk z tzw. Ultragłębokiego Pola Hubble'a w gwiazdozbiorze Pieca, które istniały już w czasie, gdy wszechświat liczył mniej niż miliard lat.



Zdjęcie Małego Obłoku Magellana. To karłowata satelicka galaktyka Drogi Mlecznej. Kształtem i zwartością przypomina nieco MoM-z14.

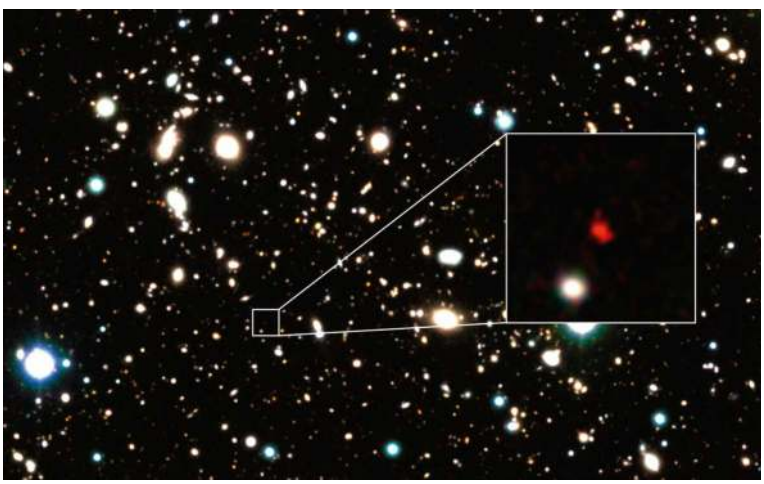


Ekstremalnie Głębokie Pole Hubble'a obejmuje centralny obszar Ultragłębokiego Pola Hubble'a (do niedawna najdalsze zdjęcie kosmosu wykonane w świetle widzialnym).

Fot: NASA/ESA/CSA/STScI/Rohan Naidu (MIT)/Joseph DePasquale (STScI), SPL/Indigo, NASA/ESA/R. Bouwens and G. Illingworth (University of California, Santa Cruz, USA), CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/SMASH/D. Nidever (Montana State University)/Travis Rector (University of Alaska Anchorage) /Mahdi Zamani/Davide de Martin, NASA/ESA/G. Illingworth/D. Magee/P. Oesch (University of California, Santa Cruz)/R. Bouwens (Leiden University)/HUDF09 Team

eprasa.pl 9f670bad6d

Galaktyka GN-z11 (zdjęcie z teleskopu Hubble'a) istniała już wówczas, gdy wszechświat liczył zaledwie 400 mln lat.



Trójkolorowy obraz galaktyki HD1, uzyskany dzięki danym z teleskopu VISTA. Galaktyka ta istniała, gdy wszechświat liczył niecałe 13,5 mld lat.

Olbrzymia gwiazda AG Carinae (oddalona o 17 tys. l.św.) znajduje się w okresie przejściowym między niebieskim hiperolbrzymem a gwiazdą Wolfa-Rayeta. Wybuchnie jako supernowa.

Od 2022 r. najdalszą znaną nam galaktyką był obiekt HD1 w gwiazdozbiorze Sekstantu. Odkryli go astronomowie z Japonii na podstawie obserwacji z teleskopu Subaru i Spitzera. W tym przypadku przesunięcie ku czerwieni wynosi 13,27. Znaczy to, że światło z HD1, aby dotrzeć do Ziemi, potrzebowało niemal 13,5 mld lat. W związku z rozszerzaniem się wszechświata rzeczywista odległość od tej galaktyki wynosi ok. 33,4 mld l.św. HD1 powstał zaledwie 330 mln lat po Wielkim Wybuchu.

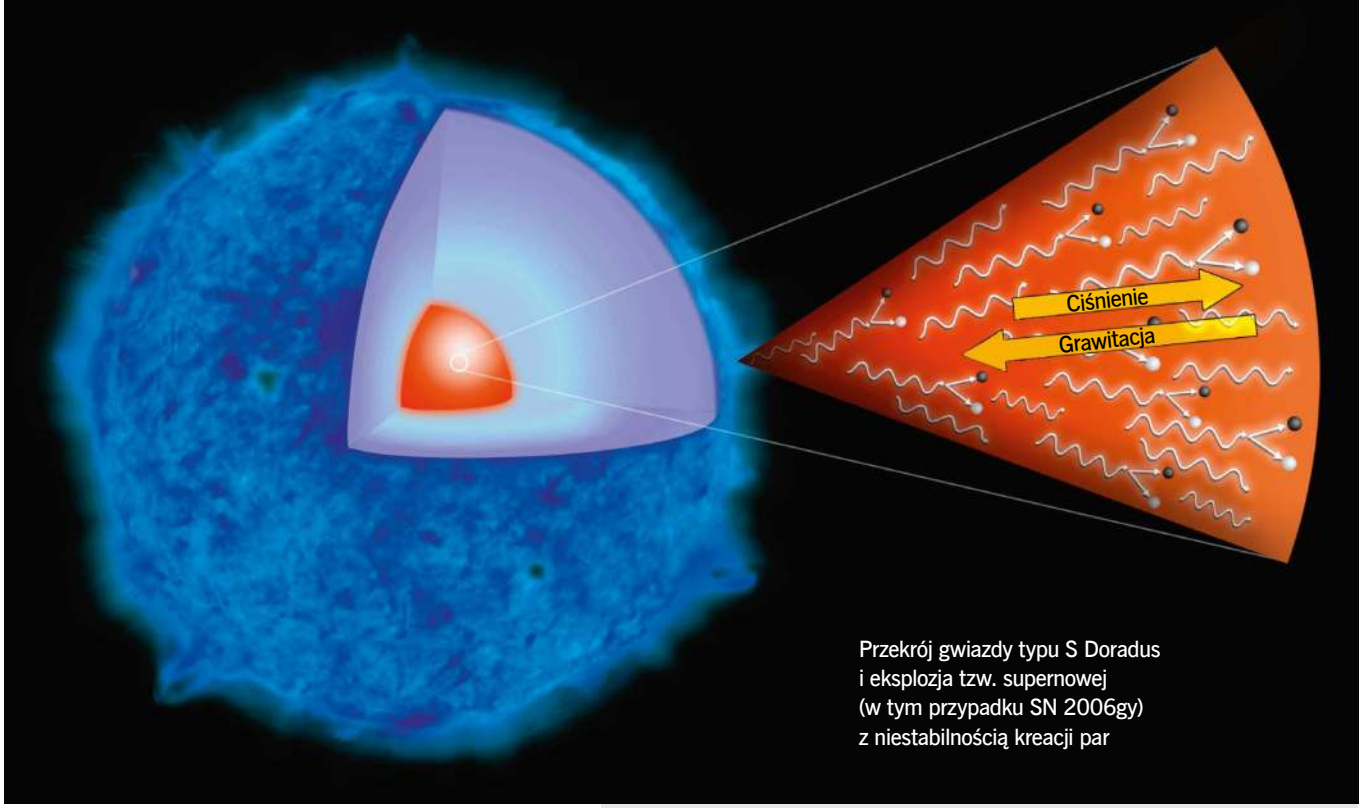
MOM-Z14

Teraz mamy nowego rekordzistę – galaktykę MoM-z14 uchwyconą przez teleskop Webba, która powstała 280 mln lat po Wielkim Wybuchu. Odkrycie jest doniosłe, ale rodzi szereg pytań, na które niełatwo odpowiedzieć. Po pierwsze: według NASA MoM-z14 jest jaśniejsza, bardziej zwarta i chemicznie bogatsza, niż astronomowie przewidywali w odniesieniu do tak wczesnej ery. A najbardziej zaskakuje znalezienie w niej podwyższonego poziomu azotu, co sugeruje, że masywne gwiazdy mogły powstawać i ewoluować, tworząc pierwiastki cięższe od wodoru w gęstym wczesnym wszechświecie znacznie szybciej, niż ujmują to obecne modele. Skąd tyle azotu w galaktyce, która uformowała się 280 mln lat po Wielkim Wybuchu? Jeśli MoM-z14 zaistniała tak szybko, nie było wystarczająco dużo czasu, by pokolenia gwiazd wyprodukowały tak duże ilości azotu w sposób zakładany przez astronomów. Aczkolwiek jedna z teorii mówi, że gęste środowisko wczesnego wszechświata wytworzyło jednak supermasywne gwiazdy zdolne do produkcji większej ilości azotu niż w przypadku jakiejkolwiek gwiazdy obserwowanej w lokalnym wszechświecie.

Druga nie mniej ważna, a może nawet ważniejsza kwestia zastanawiająca naukowców to: w jaki sposób MoM-z14 w ogóle mogła uformować się tak wcześnie? Powstała w erze tzw. rejonizacji kosmosu, która trwała od 150 mln do 800 mln lat po Wielkim Wybuchu. Gdy wszechświat po zaistnieniu ochłodził się, ok. 13,7 mld lat temu, elektrony i protony łączyły się, formując gaz wodorowy. Ten chłodny, ciemny gaz był głównym składnikiem wszechświata podczas tzw. wieków ciemnych, gdy nie było świecących obiektów, a więc gwiazd. W czasie, gdy już kształtowały się pierwsze gwiazdy, wszechświat był nadal wypełniony elektrycznie obojętnym gazem wodorowym, który pochłaniał promieniowanie ultrafioletowe. Ale intensywne promieniowanie ultrafioletowe pierwszych gwiazd powoli uczyniło mgłę wodorową przezroczystą dla ultrafioletu poprzez rozdzielenie atomów wodoru z powrotem na elektrony i protony w procesie zwanym rejonizacją. Wszechświat zaczął wtedy świecić.

Lecz 280 mln lat po Wielkim Wybuchu mogły pojawiać się i zaczynać świecić pierwsze gwiazdy, nie galaktyki. To czas zbyt krótki dla galaktyk. Dlatego badacze wczesnych epok wszechświata mają duży

eprasa.pl 9f670bad6d



Przekrój gwiazdy typu S Doradus i eksplozja tzw. supernowej (w tym przypadku SN 2006gy) z niestabilnością kreacji par

problem, by zrozumieć, w jaki sposób MoM-z14 mogła powstać aż tak szybko. Czyżby wszechświat był starszy, niż przewiduje obowiązujący model kosmologiczny? Słowem, istnieje tu rosnąca przepaść między teorią a obserwacją, co stawia przed badaczami istotne pytania do dalszego zgłębiania.

JAK TO WSZYSTKO WYTŁUMACZYĆ?

„Rzeczywiście jest to doniosłe i jednocześnie dość trudne do wyjaśnienia odkrycie" – mówi prof. Tomasz Bulik, dyrektor Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego. „Wcześniej znajdowaliśmy bardzo młode i niezwykle dalekie galaktyki, ale nie o aż takim przesunięciu ku czerwieni. Każe nam to przemyśleć procesy ewolucji galaktyk we wczesnym wszechświecie. Większa liczba podobnych odkryć ułatwiłaby zbadanie tego zagadnienia. Aczkolwiek wiemy już, że w bardzo wczesnym wszechświecie istniały już czarne dziury, które teleskop Webba też odkrywa, co sugeruje, że musiały w nim istnieć bardzo masywne stare gwiazdy II populacji, w których procesy przemiany pierwiastków następowały szybko. Wybuchy gwiazd supernowych, zwłaszcza tych z niestabilnością kreacji par, gdy całe gwiazdy ulegają rozerwaniu i nie pozostają po nich nawet czarne dziury ani gwiazdy neutronowe (patrz ramka), mogły rozsiać cięższe pierwiastki, np. azot, i stąd w MoM-z14 jest on wykrywany w znacznych ilościach. Natomiast opcja starszego wszechświata wciąż wydaje się raczej opcją wywracającą cały nasz jego model do góry nogami. Tego na razie nie bierze się pod uwagę".

Supernowe z niestabilnością kreacji par

Gdy jasna błękitna gwiazda zmienna (*luminous blue variable*), czyli typu S Doradus, o masie nawet stu lub więcej Słońc, nie zdąży pozbyć się znacznej części masy – ponieważ jej metaliczność jest niska i wtedy wiatr gwiazdowy, wydmuchujący materię z gwiazdy, jest słaby – może po prostu przestać istnieć. W obiektach tych ciśnienie bierze się z ogromnego pędu fotonów, uzyskiwanego po odbiciu się ich od elektronów. Z dwóch zderzających się fotonów powstaje (kreuje się) para elektron–pozyton, ale cząstki te mają już znacznie mniejszy pęd od poprzedzających je fotonów. Im więcej powstaje elektronowo-pozytonowych par z małym pędem lub z pędem minimalnym, tym bardziej ciśnienie w gwieździe słabnie. To powoduje, że dochodzi do kolapsu obiektu, ogromnego wzrostu jego temperatury i w rezultacie przyspieszenia reakcji jądrowych. A ponieważ tempo tych reakcji wciąż rośnie, następuje wewnątrz potężny wybuch termojądrowy, którego energia staje się większa od energii wiązań grawitacyjnych. Cała gwiazda zostaje dosłownie rozerwana i rozrzucona na wszystkie strony. Nie pozostaje po niej żaden obiekt, jak czarna dziura, a jedynie mgławica, której cząstki mają wielką prędkość. Była gwiazda – nie ma gwiazdy. Tak z grubsza działa mechanizm supernowej z niestabilnością kreacji par (*pair instability supernova*).

Jednym z miejsc, w których badacze i teoretycy mogą szukać odpowiedzi na pytania o wyjątkowość MoM-z14, jest najstarsza populacja gwiazd w Drodze Mlecznej, licznych w obszarze jej centralnego zgrubienia. Niewielki odsetek tych obiektów wykazał wysokie ilości azotu, co pojawia się teraz także w obserwacjach Webba dotyczących wczesnych galaktyk, w tym MoM-z14.

Przemek Berg

Dziennikarz naukowy tygodnika „Polityka", na stałe związany także z miesięcznikiem „Wiedza i Życie". Specjalizuje się w tematyce kosmicznej i fizycznej. Absolwent Uniwersytetu Warszawskiego.

Fot. NASA/ESA/P. Desch (Yale University), Harikane et al., NASA/ESA/STScI, NASA/CXC/M. Weiss

eprasa.pl 9f670bad6d

Św. Jan Kapistran i król Kazimierz IV Jagiellończyk. Obraz z XIX w.

eprasa.pl 9f670bad6d

KLĄTWA JAGIELLOŃCZYKA

Słynna klątwa Tutanchamona okazała się medialną mistyfikacją, ale to, co wydarzyło się na Wawelu pół wieku później, poruszyło całe środowisko naukowe.

KAMIL NADOLSKI

GDY 26 listopada 1922 r. brytyjski archeolog Howard Carter po raz pierwszy zajrzał przez otwór do grobowca Tutanchamona w egipskiej Dolinie Królów, nie mógł przewidzieć, że odkrycie to zapoczątkuje jedną z najsłynniejszych legend XX w. Na pytanie sponsora wykopalisk George'a Herberta, lorda Carnarvon, czy coś widzi, odpowiedział zdaniem, które przeszło do historii: „Widzę cudowne rzeczy". Cztery miesiące później lord nie żył, a światowa prasa natychmiast podchwyciła temat. Dziennikarze prześcigali się w doniesieniach o kolejnych tajemniczych zgonach wśród członków ekspedycji archeologicznej, a każda śmierć osoby choćby luźno związanej z odkryciem grobowca stawała się materiałem na pierwsze strony gazet. Tak się rodziła historia o klątwie faraona, która – jak się później okazało – była czystą fikcją.

W 1934 r. amerykański archeolog Herbert Winlock, dyrektor Metropolitan Museum of Art, zweryfikował doniesienia prasowe: spośród 26 osób uczestniczących w otwieraniu grobowca po 12 latach nadal żyło 20. Z kolei późniejsze analizy Marka Nelsona, opublikowane w 2002 r. w prestiżowym „British Medical Journal", wykazywały, że członkowie ekspedycji Cartera żyli średnio 70 lat i było to normalne jak na tamte czasy. Sam Howard Carter, który spędził w grobowcu najwięcej czasu, zmarł dopiero po 17 latach od odkrycia, w wieku 64 lat. Klątwa Tutanchamona okazała się dziełem dziennikarzy szukających sensacji, nie zaś rzeczywistym zagrożeniem. 50 lat później, wiosną 1973 r., w Kaplicy Świętokrzyskiej na krakowskim Wawelu rozegrała się historia, która bardziej niż egipska legenda zasługiwała na miano klątwy.

OTWARCIE GROBOWCA

Zespół archeologów, konserwatorów i inżynierów planował otworzyć kryptę króla, nienaruszoną od 1492 r., kiedy to spoczęły w niej szczątki jednego z najwybitniejszych władców Polski. Celem była analiza stanu zachowania szczątków królewskiej pary oraz uzyskanie danych antropologicznych i historycznych.

Dolina Królów w Egipcie, 1922 r. Wynoszenie elementów rydwanu z grobowca Tutanchamona

Grobowiec Tutanchamona, odkryty w 1922 r. przez Howarda Cartera. Komora znajdowała się pod pozostałościami chat robotników wzniesionych w epoce Ramessydów.

To jedno z najbardziej kompleksowych przedsięwzięć archeologiczno-konserwatorskich w Polsce budziło zarówno podziw, jak i kontrowersje. W kwietniu 1973 r. – w piątek trzynastego – przewiercono się do komory grobowej. Jak wspominał w swoim diariuszu główny archeolog wawelski Stanisław Kozieł, średnica otworu wykonanego w południowej ścianie krypty miała zaledwie 2 cm. Zajrzano do wnętrza za pomocą kociego oczka, czyli lampy na drucie skonstruowanej przez Jana Myrlaka. Naukowcy zobaczyli jedynie tajemnicze cienie.

Fot. Alamy/Indigo, Topfoto/Forum, World History Archive/Forum

eprasa.pl 9f670bad6d

Zanim nastąpiło pełne otwarcie grobowca, inżynier architekt Stefan Walcz zaczął odwodzić wszystkich od tej myśli. Przyniósł książkę „Bogowie, groby i uczeni" i czytał na głos fragmenty o klątwie Tutanchamona. Oficjalne otwarcie grobowca odbyło się 19 maja 1973 r. w obecności metropolity krakowskiego Karola Wojtyły, generalnego konserwatora zabytków PRL prof. Alfreda Majewskiego, dyrektora Państwowych Zbiorów Sztuki na Wawelu prof. Jerzego Szablowskiego oraz dziennikarzy. Od tego momentu rozpoczął się okres intensywnych analiz. Przez 4 mies. różne zespoły specjalistów badały zawartość grobowca i ustaliły, że szkielet króla był niemal kompletny. Jego wzrost oszacowano na 179 cm, a wiek w momencie śmierci na 65 lat, co odpowiadało danym historycznym. Stwierdzono także, że władca mógł odznaczać się silną budową ciała. Wśród insygniów były drewniane berło pokryte skórą i złocone jabłko królewskie, a także część złoconej skórzanej korony trumiennej. Przedmioty te znajdują się obecnie w Muzeum Katedralnym na Wawelu. W grobowcu znaleziono też złoty pierścionek z turkusowym oczkiem, wyglądający na kobiecy. Być może umieściła go tam królowa Elżbieta w geście ostatniego pożegnania.

18 października 1973 r. szczątki Kazimierza Jagiellończyka i jego żony Elżbiety Rakuszanki ponownie pochowano. Wydawało się, że historia dobiegła końca. Tymczasem właśnie się zaczynała. Niespełna rok po pierwszym zajrzeniu do krypty, w kwietniu, zmarł Feliks Dańczak, wawelski architekt. Przyczyna: wylew. W czerwcu (z tego samego powodu) odszedł Stefan Walcz, w sierpniu – inżynier Kazimierz Hurlak. W maju 1975 r. pożegnano konstruktora kociego oczka Jana Myrlaka. W ciągu 10 lat od otwarcia grobu Kazimierza Jagiellończyka zmarło 15 z 32 osób mających z nim bezpośredni kontakt. Wszyscy w chwili otwierania sarkofagu cieszyli się dobrym zdrowiem i byli w sile wieku. Przyczyną zgonów okazywały się zawsze zawały serca lub wylewy krwi do mózgu.

Zofia Holszańska (ok. 1405–1461), żona Władysława Jagiełły i matka Kazimierza IV Jagiellończyka. Obraz autorstwa Marcelego Krajewskiego

Gdy informacje o kolejnych zgonach dotarły do prasy, zarówno polskiej, jak i zagranicznej, natychmiast zaczęto mówić o klątwie Jagiellończyka.

Kaplica Świętokrzyska w katedrze na Wawelu. Nagrobek Kazimierza IV Jagiellończyka, wykonany w 1492 r. przez Wita Stwosza

eprasa.pl 9f670bad6d

Porównywano ją do słynnej klątwy Tutanchamona. Zbigniew Święch, dziennikarz popularnonaukowy, który w 1973 r. filmował dla Telewizji Polskiej powtórny pogrzeb pary królewskiej, wspominał później w swojej książce „Klątwy, mikroby i uczeni", wydanej w 1989 r.: „Miałem świadomość, że trzymam coś niezwykłego, może nawet temat stulecia". W odróżnieniu od egipskiej polska klątwa była prawdziwa. 26 listopada 1973 r. Agence France-Presse nadała z Krakowa sensacyjną wiadomość: „Eksperci, którzy otworzyli grób króla Kazimierza Jagiellończyka, odkryli bakterie pozostające w stanie uśpienia przez blisko 500 lat". To była pierwsza wskazówka, że przyczyny tajemniczych zgonów należy szukać nie w przesądach, lecz w nauce.

POŚMIERTNA WĘDRÓWKA

Gdy blisko 70-letni Władysław Jagiełło ożenił się po raz czwarty z o 50 lat młodszą Zofią Holszańską, nikt raczej nie przypuszczał, że doczeka się męskiego potomka. Wszyscy przewidywali, że tron po ojcu obejmie jedyne dziecko z poprzedniego małżeństwa – córka Jadwiga. Jednakże olbrzymia różnica wieku między małżonkami nie stanowiła przeszkody. W 1424 r. w Krakowie na świat przyszedł syn Władysław. Trzy lata później Jagiełło mógł już cieszyć się dwoma męskimi potomkami: Władysławem i Kazimierzem. Los sprawił jednak, że to młodszy z braci miał zapisać się w historii jako jeden z najwybitniejszych władców Polski.

Kazimierz był zaledwie trzynastoletnim chłopcem, gdy został Wielkim Księciem Litewskim. 7 lat później, po śmierci brata Władysława Warneńczyka, zasiadł na tronie polskim. Było to w 1447 r. Jego panowanie trwało 45 lat i przyniosło Polsce jeden z największych sukcesów w historii. W wyniku zwycięstwa w trzynastoletniej wojnie z zakonem krzyżackim (1454–1466) do Królestwa Polskiego po 158 latach powróciło Pomorze Gdańskie. Jego małżeństwo z Elżbietą Rakuszanką, zwaną później matką królów Europy, było niezwykle płodne. Para miała 13 dzieci. Czterej synowie zostali królami, a ich potomkowie zasiadali na tronach całej Europy. Do dziś w żyłach koronowanych głów europejskich płynie krew tego władcy.

7 czerwca 1492 r. Kazimierz Jagiellończyk nagle zachorował i zmarł w Grodnie. Miał 65 lat, co na ówczesne czasy było przyzwoitym wiekiem. Śmierć była niespodziewana, choć nie całkiem zaskakująca. Władca nie cieszył się już najlepszym zdrowiem. Kondukt żałobny musiał przebyć 700 km z Grodna do Krakowa. W przeddzień wyprawy nagie ciało zmarłego owinięto w karmazynowy altembas – luksusową tkaninę – i pokryto warstwą niegaszonego wapna. Ten środek dezynfekujący miał ograniczyć aktywność bakterii i zapobiec emisji szkodliwych gazów. Był to standardowy zabieg przy długim transporcie zwłok w tamtych czasach. Od góry wieko trumny, wykonanej z jednego pnia sosnowego, przykryto tkaniną złożoną w osiem warstw, a następnie posmarowano gliną i żywicą. Tkanina tworzyła dodatkową barierę zapobiegającą wydostawaniu się toksycznych wyziewów na zewnątrz. W środku umieszczono wszystkie atrybuty królewskie, jakie władca miał przy sobie.

Kondukt podróżował w nieznośnym czerwcowym upale przez ponad 4 tyg. Mimo starań balsamistów doszło do częściowego rozkładu zwłok. Biorąc pod uwagę te okoliczności, najprawdopodobniej po przybyciu do Krakowa nie zaryzykowano już otwierania trumny. Ciało spoczęło w Kaplicy Świętokrzyskiej na Wawelu. Wspaniały nagrobek z czerwonego marmuru został wykonany przez Wita Stwosza we współpracy z Jörgiem Huberem. Wyryto napis: „Czyż nie wiesz, że ręce królów sięgają daleko?" – słowa, które 500 lat później nabrały nieoczekiwanie złowróżbnego znaczenia.

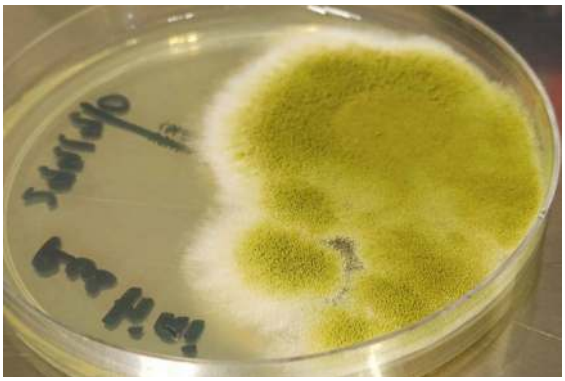
Wit Stwosz. Litografia z lat 1800–1825 (autor nieznany) ze zbiorów Muzeum Narodowego w Krakowie

Kaplica Świętokrzyska i nagrobek Kazimierza IV Jagiellończyka w całej okazałości

Fot. Biblioteka Kórnicka PAN, Robert Szwedowski/East News (2), Muzeum Narodowe w Krakowie

eprasa.pl 9f670bad6d

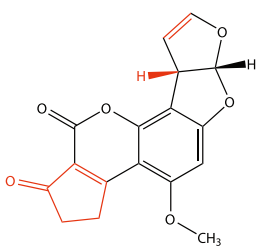
Wizualizacja *Aspergillus flavus*, grzyba pleśniowego, jednego z głównych producentów aflatoksyn w żywności i paszach



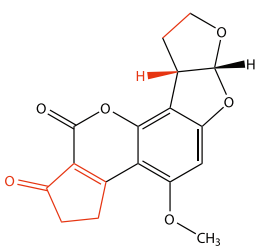
Kolonia *Aspergillus flavus* na podłożu agarowym. Przykładowy obraz wzrostu grzyba pleśniowego często izolowanego z różnych środowisk

Komora grobowa znajdowała się ok. 2 m pod posadzką kaplicy. Miała wymiary 3 x 1,2 m, a wysokość – ze względu na łukowe sklepienie – od 1,75 do 2 m. Trumnę umieszczono na trzech żelaznych sztabach. Nikt nie zakłócał spokoju króla aż do wiosny 1973 r.

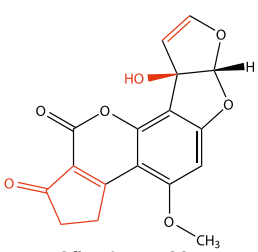
Wzory strukturalne aflatoksyn. B_1 jest najlepiej poznana i wiązana z ryzykiem raka wątroby.



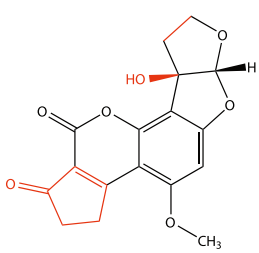
Aflatoksyna B_1



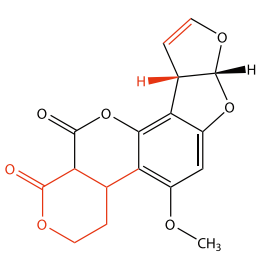
Aflatoksyna B_2



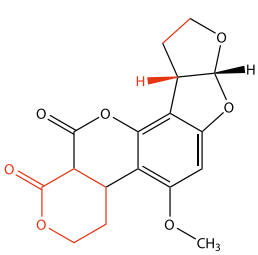
Aflatoksyna M_1



Aflatoksyna M_2



Aflatoksyna G_1



Aflatoksyna G_2

MIKROBIOLOGIA W SŁUŻBIE HISTORII

W lipcu 1973 r. zespół prof. Bolesława Smyka pobrał z krypty króla Kazimierza próbki do badań bakteriologicznych i mykologicznych. Udało się np. zidentyfikować bakterie z rodzajów *Bacillus*, *Clostridium*, *Mycobacterium*, *Streptomyces* oraz grzyby z rodzajów *Alternaria*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chrysosporium*, *Trichoderma*, *Verticillium*. „W próbce pobranej z kości kolanowej króla odkryliśmy grzyb-pleśń o nazwie *Aspergillus flavus*. Wytwarza on aflatoksyny, groźne substancje chorobotwórcze, powodujące m.in.

Aflatoksyny

Aflatoksyny odkryto w 1960 r. w Wielkiej Brytanii. Przyczyniło się do tego zatrucie ponad 100 tys. indyków na tamtejszych fermach. Pasza zawierała śrutę orzechów ziemnych, skażonych właśnie aflatoksynami. Nazwa „aflatoksyna" pochodzi od pierwszych liter nazwy gatunkowej grzyba *Aspergillus flavus* + *toxin*. Najczęściej występujące jej formy to B_1, B_2, G_1, G_2, M_1 i M_2. Mają one kluczowe znaczenie w patogenezie chorób człowieka oraz zwierząt. Najsilniejsze działanie biologiczne wykazują B_1, B_2, G_1 i G_2 – wytwarzane bezpośrednio przez grzyby. M_1 i M_2 stwierdza się w mleku krowim i są one produktami metabolizmu innych aflatoksyn.

Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) uznała B_1 za czynnik kancerogenny w przypadku ludzi, klasyfikując go w grupie 1 – o najwyższym poziomie zagrożenia rakotwórczego. Aflatoksyny uszkadzają przede wszystkim wątrobę, nerki i ośrodkowy układ nerwowy. Wywołują modyfikacje łańcuchów peptydowych, metylację białek (głównie histonów) i kwasów nukleinowych oraz tworzenie wolnych rodników. Prowadzą do mutacji DNA.

Fot. Shutterstock (3)

eprasa.pl 9f670bad6d

różne odmiany raka" – relacjonował prof. Smyk. To był klucz do zagadki. *A. flavus*, znany w Polsce jako kropidlak żółty, powszechnie występuje w środowisku naturalnym. Spotyka się go w glebie, na rozkładających się roślinach, jego zarodniki są przenoszone przez powietrze i owady do upraw rolnych i magazynów. Niestety, wytwarza jedne z najsilniejszych trucizn biologicznych znanych nauce – właśnie aflatoksyny.

Była to prawdziwa sensacja naukowa. Mikroorganizmy, które przetrwały prawie pół tysiąclecia w stanie anabiozy – głębokiego uśpienia metabolicznego – nagle wróciły do życia. I okazały się śmiertelnie niebezpieczne. Smyk doszedł do wniosku, że mogą stanowić zagrożenie nie tylko dla zabytków, ale przede wszystkim dla zdrowia i życia ludzi. Komorę grobową zdezynfekowano, a wszystkie pobrane z niej próbki zostały zniszczone. Wraz z nimi znikły dowody. Oficjalnie podano, że za śmiercią badaczy stoją drobnoustroje znajdujące się w grobowcu.

Otwieranie krypt jest więc ryzykowne. Nie ze względu na gniew zmarłego, ale szkodliwe mikroorganizmy – taki był ostateczny werdykt nauki. W 2017 r., ponad 40 lat od pierwszego otwarcia, przeprowadzono kolejną renowację krypty wawelskiej. Tym razem jednak podchodzono do sprawy ze znacznie większą ostrożnością, bo pamięć o tragedii z lat 70. pozostała żywa w środowisku konserwatorskim. Stosowano nowoczesne respiratory, filtry, odzież ochronną. Czas ekspozycji pracowników na kontakt z wnętrzem krypty był ściśle limitowany. Wentylację starannie zaplanowano. Nie odnotowano żadnych niepokojących skutków zdrowotnych wśród uczestników tej renowacji. Nauka zwyciężyła. Wiedza o zagrożeniu pozwoliła je zneutralizować.

Kamil Nadolski

Redaktor, publicysta, popularyzator nauk o Ziemi. Współpracował m.in. z TVN24, TVP, „Wprost", „Rzeczpospolitą" i „Newsweekiem". Pasjonat historii, antropologii i nauk społecznych.

Współczesne podejście do badania grobowców

Zanim człowiek przekroczy próg zamkniętej od stuleci komory, przeprowadza się wstępne badania. Pobrane przez niewielki otwór próbki powietrza trafiają do analizy mikrobiologicznej. Sprawdza się poziom tlenu, obecność toksycznych gazów, wilgotność i temperaturę. To podstawowe zasady bezpieczeństwa, znane z innych dziedzin: górnictwa, speleologii, prac w zbiornikach. Współczesny archeolog wchodzący do starego grobowca wygląda bardziej jak technik laboratoryjny niż poszukiwacz skarbów. Respiratory z filtrami wysokiej klasy, kombinezony ochronne, rękawice, okulary to standard w sytuacjach wysokiego ryzyka.

Respiratory z filtrami HEPA (*high efficiency particulate air*) zatrzymują cząsteczki o średnicy nawet 0,3 µm, czyli zarodniki grzybów i bakterii. Te same filtry stosuje się w szpitalach przy opiece nad pacjentami z chorobami zakaźnymi czy w laboratoriach mikrobiologicznych. Kombinezony ochronne zapobiegają kontaktowi skóry z potencjalnie skażonymi powierzchniami. Nie chodzi tylko o bezpośrednie wdychanie. Zarodniki mogą osiadać na ubraniu, a później być przenoszone do miejsc zamieszkania.

Zamknięte od wieków pomieszczenia wymagają wymiany powietrza przed rozpoczęciem intensywnych prac. Stosuje się systemy wentylacyjne, które stopniowo wypompowują potencjalnie skażone powietrze i wprowadzają świeże. W przypadku szczególnie niebezpiecznych lokalizacji, np. gdy wstępne badania wykażą obecność patogennych mikroorganizmów, przestrzeń może być poddana dekontaminacji przed wejściem ludzi za pomocą specjalistycznych środków chemicznych lub promieniowania UV. Po zakończeniu prac prowadzi się również dekontaminację sprzętu i odzieży ochronnej. Nic nie może zostać wyniesione z potencjalnie skażonej przestrzeni bez odpowiedniego oczyszczenia.

Ochrona nie kończy się z chwilą wyjścia z grobowca. Wszyscy uczestnicy ekspedycji podlegają regularnym badaniom lekarskim przez kilka lat po zakończeniu prac. Sprawdza się funkcje wątroby i nerek – narządów szczególnie narażonych na działanie aflatoksyn. Prowadzi się badania obrazowe, monitoruje się stan układu sercowo-naczyniowego. Przy najmniejszych niepokojących objawach – uporczywych bólach głowy, zaburzeniach równowagi, problemach z sercem – pacjent jest poddawany szczegółowej diagnostyce.

REKLAMA

WSPIERAJ Z NAMI KULTURĘ, NAUKĘ I RZETELNĄ INFORMACJĘ

PRZEKAŻ 1,5% PODATKU

FUNDACJI TYGODNIKA POLITYKA

KRS 0000104137

Fundacja Tygodnika POLITYKA wspiera następujące przedsięwzięcia:

PASZPORTY POLITYKI

NAGRODY NAUKOWE POLITYKI

NAGRODY HISTORYCZNE POLITYKI im. MARIANA TURSKIEGO

NAGRODA ARCHITEKTONICZNA POLITYKI

pulsar

eprasa.pl 9f670bad6d

Szyszka świerka pospolitego

eprasa.pl 9f670bad6d

EPOKA LUDZI, EPOKA LASÓW

Holocen to nie tylko czas cywilizacji. To także okres triumfu drzew. Jednak tempo dzisiejszego ocieplenia może przerwać historię ich wielkiego powrotu.

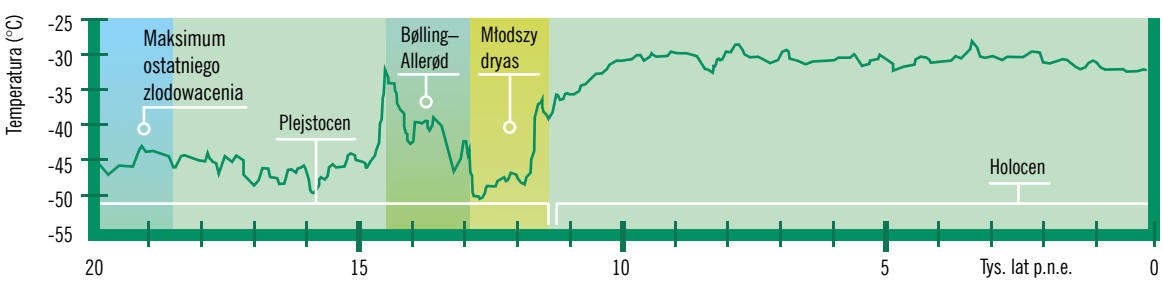
ANDRZEJ HOŁDYS

ZACZNIJMY od małej wyprawy w czasie i przestrzeni. Cofnijmy się o 20 tys. lat i przenieśmy na Półwysep Skandynawski. Znajdujemy się w maksymalnej fazie ostatniego zlodowacenia plejstoceńskiego. Nic nie wskazuje na to, że za chwilę klimat zacznie się wydobywać z tego dołka, a ciepło ogrzeje Ziemię. Na razie jednak lądolód o grubości do 3 km i powierzchni ok. 6 mln km^2 zajmuje znaczną część Europy, w tym północną połówkę dzisiejszego terytorium Polski. Jego marsz na południe rozpoczął się dziesiątki tysięcy lat wcześniej właśnie w górach Skandynawii. Trudno uwierzyć, aby w tak surowych warunkach pogodowych i terenowych mogły tam przetrwać drzewa iglaste – świerki i sosny. Teoretycznie lód i mróz utrzymujące się przez większość roku powinny im to skutecznie uniemożliwić.

Tak uważano przez całe dekady. Powszechnie sądzono, że podczas ekspansji lodu na Półwyspie Skandynawskim nie było ani jednego drzewa iglastego, a te, które dziś tam tworzą rozległą puszczę, są potomkami imigrantów przybyłych dopiero przed 8–10 tys. lat. Nieco wcześniej szala zwycięstwa została ostatecznie przechylona na korzyść ciepła. Położyło ono kres najostrzejszej fazie plejstocenu, choć wciąż jeszcze nie lądolodowi, który w Skandynawii został zepchnięty do górskich mateczników, gdzie dogorywał jeszcze przez 2–3 tys. lat. Zgodnie z tym tradycyjnym przekonaniem drzewa wkraczały na opuszczone przez lód tereny od południa i południowego wschodu po kilkudziesięciu tysiącach lat przerwy. Nie od razu oczywiście – pierwsza była tundra. Las zjawił się wraz z wyższymi temperaturami i wilgotniejszym powietrzem.

Innego zdania było jednak dwoje przyrodników – Leif Kullman i Lisa Öberg pracujący na Umeå universitet na północy Szwecji. W wielu miejscach na Półwyspie Skandynawskim, głównie w jego południowo-zachodniej części, znajdowali oni w warstwach osadów polodowcowych pozostałości drzew, których datowanie wskazywało, że wcale nie opuściły one całkowicie tych terenów podczas maksimum ostatniego zlodowacenia. Na tej podstawie naukowcy doszli do wniosku, że nawet wtedy musiały funkcjonować jakieś wolne od lodu strefy, w których drzewa mogły się schronić – taka ostoja nosi nazwę refugium. Kłopot polegał na tym, że w warstwach osadów pochodzących z pełni zlodowacenia nie znajdowano pyłków drzew. Hipotezę Kullmana i Öberg większość ekspertów uznała więc za błędną, a ich datowania pozostałości drzew – za co najmniej niepewne.

Debata jednak trwała, aż w końcu zabrał w niej głos genetyk Eske Willerslev, profesor Københavns Universitet i Oxford University, światowej sławy ekspert w rekonstruowaniu środowiska przyrodniczego z wykorzystaniem DNA pobranego nie wprost z żywych organizmów, ale z próbek gleby, osadów,



Temperatura powietrza w ciągu ostatnich 20 tys. lat na podstawie analizy rdzenia lodowego GISP2 z Grenlandii

Fot. Shutterstock; infografika Adrianna Śliwińska

eprasa.pl 9f670bad6d

Stado mamutów włochatych przemierzających tundrę arktyczną podczas ostatniego zlodowacenia (wizja artystyczna)

wody, śniegu, lodu, a nawet z powietrza. W ostatniej dekadzie analizy tzw. środowiskowego DNA (eDNA) stały się ważnym narzędziem do badania stanu przyrody – zarówno współczesnej, jak i dawnej. Willerslev zainteresował się hipotezą Kullmana i Öberg i jego zespół na podstawie badań genetycznych ustalił, że w Skandynawii rosną dwa rodzaje świerka pospolitego. Jeden jest potomkiem drzew przybyłych z cieplejszych obszarów Europy po zakończeniu epoki lodowcowej, natomiast drugi – rdzennym Skandynawem. Musiał przetrwać najgorsze mrozy w niewielkich wolnych od lodu rejonach półwyspu, a gdy plejstocen dobiegł końca, rozszerzył swój zasięg. I choć wymieszał się potem z przybyszami z południa, różnice genetyczne zachowały się do dziś. Gdzie mogły się znajdować te azyle? Willerslev zidentyfikował dwa (korzystając ze wskazówek Kullmana). Pierwszy znajdował się w środkowej Norwegii w okolicy Trondheim, drugi – na wyspie Andøya, leżącej daleko za kołem podbiegunowym północnym. Oba zatem blisko Atlantyku, który łagodził ostry klimat. Prawdopodobnie takich refugiów było więcej.

Ustalenia zespołu Willersleva są istotne przy odtwarzaniu zmian w naturalnej szacie roślinnej, jakie zaszły na Ziemi w okresie od najostrzejszej fazy ostatniego zlodowacenia przed 20 tys. lat do najcieplejszej fazy holocenu przed 8–6 tys. lat. W tym bardzo krótkim w geologicznej skali okresie średnia temperatura na globie podniosła się – według różnych szacunków – o 5–7°C, w wyniku czego z jego powierzchni zniknęły olbrzymie lądolody, zajmujące łącznie ponad 30 mln km^2. Ich stopienie doprowadziło do podniesienia się poziomu oceanów o 130 m. Jedną z konsekwencji tej wolty klimatu była także ekspansja lasów, które znacznie powiększyły swój zasięg, według niektórych badaczy nawet o połowę.

MAKSIMUM ZIMNA

Maksimum ostatniego zlodowacenia to nie był dobry czas dla drzew. Samo zlodowacenie zaczęło się przed 115 tys. lat, ale nie oznacza to, że przez cały ten czas północna Europa, Azja i Ameryka Północna znajdowały się pod skorupą zmrożonej wody. Był to raczej okres, w którym fazy chłodne występowały na zmianę z bardzo i skrajnie chłodnymi. Zjazdom temperatury globalnej towarzyszył spadek wilgotności klimatu w strefie międzyzwrotnikowej, a także rozrost lodowców górskich – np. w Himalajach wysunęły się poza doliny górskie i zajęły część Tybetu. Największe mrozy, a bliżej równika największe susze, przyszły przed 25 tys. lat i utrzymywały się przez 5–7 tys. lat. Był to zatem względnie krótki okres.

Widok na norweską wyspę Andøya, na której podczas ostatniego zlodowacenia mogły przetrwać drzewa.

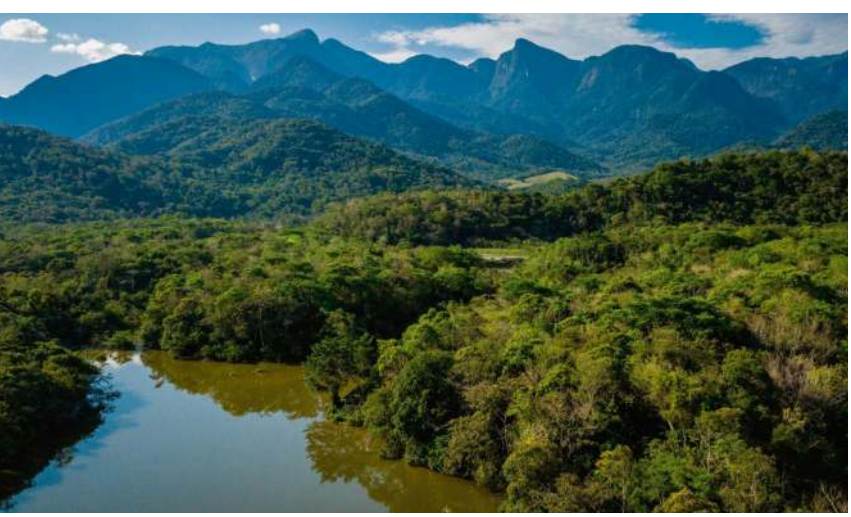
Fot. SPL/Indigo (3), Shutterstock (2)

eprasa.pl 9f670bad6d

Maksymalny zasięg ostatniego zlodowacenia w Europie przed 20 tys. lat. Lód zajął m.in. dna dzisiejszych mórz Bałtyckiego i (częściowo) Północnego.

Zasięg lądolodu plejstoceńskiego w Ameryce Północnej podczas glacjału, który nastąpił milion lat temu.

Dla lasów okazał się on kryzysowy. W Europie nie było ich prawie wcale. Na północy stacjonował lądolód, któremu od południa towarzyszył suchy i zimny tundrostep, porośnięty trawami i ziołoroślami („step mamutów"), przechodzący w typowy step w cieplejszych miejscach. Lód zajął także większość Alp. Trochę dużych kompleksów leśnych ocalało jedynie w południowej części kontynentu. No i były jeszcze refugia takie jak te w Norwegii, do których wycofały się drzewa. Jak dużo powstało takich azylów w północnej Europie, nie wiadomo, ale badacze rekonstruujący zmiany w krajobrazie i szacie roślinnej coraz częściej podzielają pogląd Willersleva (a wcześniej Kullmana i Öberg), że to właśnie dzięki nim drzewa mogły względnie szybko migrować na uwolnione od lodu tereny. Na podstawie analizy pyłków roślin naukowcy oceniają, że w maksimum ostatniego zlodowacenia jedynie 20% naszego kontynentu było porośnięte drzewami.



Mata Atlântica. Ten las deszczowy ciągnący się wzdłuż atlantyckiego wybrzeża Brazylii niegdyś zajmował ponad 1 mln km^2, ale został wycięty niemal w całości.

Niewiele lepiej działo się na innych lądach. Ponad połowę Ameryki Północnej zajmowały lód, pustynia lodowa lub tundrostep. Zwarty las porastał jedynie wschodnią część dzisiejszych Stanów Zjednoczonych. Była to tajga przechodząca od zachodu w step, który w Górach Skalistych przeobrażał się w mozaikę lasów iglastych, zajmujących niższe wysokości, i alpejskich łąk na wyższych wysokościach. W Meksyku dominowały sucholubne zarośla i półpustynie. Las tropikalny przetrwał na Przesmyku Panamskim, a w Ameryce Południowej – w dolinie Amazonki, choć tylko częściowo, bo jedynie w jej zachodniej części, bliżej Andów (wschodnią część doliny zajmowały sawanna i suchy step). Znacznie mniejszą powierzchnię miała także Mata Atlântica – las deszczowy ciągnący się wzdłuż atlantyckiego wybrzeża Brazylii. Poza tym wszędzie w Ameryce Południowej dominowały otwarte krajobrazy.

Podobne zjawisko dotyczyło Afryki, w której lasów nie było prawie w ogóle. Skrawki tropikalnej puszczy zachowały się w kilku odizolowanych fragmentach w kotlinie Konga. Natomiast resztę kontynentu zdominowały sawanny i inne formacje trawiaste oraz oczywiście półpustynie i pustynie, które znacznie się rozrosły. W Azji gęsty las tropikalny porastał Półwysep Indochiński oraz Archipelag Malajski z Filipinami. Rzadkie lasy parkowe objęły w posiadanie również deltę Gangesu i południową część Niziny Chińskiej, a główną wyspę japońską Honsiu zajmował las iglasty podobny do tajgi, choć nie tak gęsty. I tyle, jeśli chodzi o drzewa. Porastały one nie więcej niż 15% powierzchni kontynentu. Całą jego północną część stanowiły lądolody i pustynie lodowe przechodzące ku południowi w... pustynie umiarkowanych szerokości geograficznych. Bliżej Pacyfiku, za którego sprawą klimat był nieco wilgotniejszy i łagodniejszy, pojawiała się tundra. Australia generalnie wyglądała podobnie jak dziś, tylko była jeszcze suchsza – lasy deszczowe wycofały się nawet z jej północnej części. Ich azylem pozostała Nowa Gwinea.

eprasa.pl 9f670bad6d

Dębik ośmiopłatkowy (*Dryas octopetala*) rośnie w tundrze arktycznej i na wysokogórskich łąkach alpejskich. Dał nazwę dryasowi, bo w osadach z tego czasu znaleziono jego pyłek.

ODWRÓT LODU I MARSZ DRZEW

Tak właśnie wyglądały ziemskie lądy przed 20 tys. lat. Naukowcy szacują, że lasy zajmowały jedynie ok. ¼ ich powierzchni. W liczbach bezwzględnych jest to jakieś 35 mln km^2. Z powodu suchego klimatu były to jednak głównie lasy świetliste i parkowe, mało zwarte, z niewielką ilością krzewów w podszycie. Gęste puszcze należały do rzadkości.

A potem przyszła zmiana, z pewnością błyskawiczna, gdy mierzyć ją zegarem geologicznym, choć rozłożona na wiele tysięcy lat. Planetarny kaloryfer rozgrzewał się, lecz wzrost temperatury na Ziemi nie był jednostajny. Raczej odbywał się w rytmie: dwa kroki do przodu, jeden do tyłu. Niektóre z tych regresów były na tyle długie i silne, że mogły zatrzymać i odwrócić ocieplający trend. Roślinność próbowała dostosować się do tych wahań klimatu. Drzewa jednak nie ruszyły od razu. W ub.r. grupa niemieckich badaczy – zespołem kierowały Ulrike Herzschuh z Universität Potsdam i Anne Dallmeyer z Max-Planck-Institut für Meteorologie w Hamburgu – przedstawiła, jak w końcówce plejstocenu, a potem w holocenie przesuwały się zasięgi głównych biomów. Przez biom zwykle rozumie się duży obszar lądu cechujący się określonym typem szaty roślinnej, fauny i klimatu.

Old Tjikko – świerk pospolity rosnący w Parku Narodowym Fulufjället w Szwecji, uważany za najstarsze drzewo na świecie

Opierając się na analizach pyłków pochodzących z ponad 3 tys. miejsc na globie, naukowcy odtworzyli zmiany w zasięgu ośmiu biomów, w tym czterech leśnych: lasów tropikalnych, lasów podzwrotnikowych, lasów strefy umiarkowanej i iglastych lasów borealnych (tajgi). Rekonstrukcja pokazuje, że najciekawsze rzeczy na globie zaczęły się dziać dopiero przed 15–14 tys. lat. To wtedy ziemski klimat w końcu zdecydował, w którą stronę podąży. Przez pierwsze 5 tys. lat po maksimum zlodowacenia był wciąż bardzo chłodny. Przełom przyszedł wraz z pierwszą falą ciepła z prawdziwego zdarzenia. Określa się ją interstadiałem Bølling-Allerød, który zaczął się 14,7 tys. lat temu i trwał przez prawie 2 tys. lat. Z powodów, które naukowcy próbują dopiero wyjaśnić, objął on głównie półkulę północną. Pod jego koniec temperatury w jej umiarkowanych i wyższych szerokościach geograficznych podniosły się do poziomu niewiele niższego od obecnego. Było nie tylko cieplej, ale też wilgotniej.

Drzewa tylko na to czekały. Rekonstrukcja zespołu Herzschuh i Dallmeyer pokazuje masowe wkraczanie lasów strefy umiarkowanej do wschodniej części dzisiejszego terytorium USA przed 13,5 tys. lat. W Górach Skalistych świetnie odnalazły się drzewa iglaste. W Europie również szybko przybywało drzew w tym czasie, choć głównie w południowej części kontynentu. Na północ od Alp dominowała tundra, a na wschodzie – zimny step. W cieplejszych miejscach wyrastały lasy sosnowo-brzozowe. Tu i ówdzie, głównie na zachodzie Europy, zaczęła się pojawiać tajga. Na pozostałych lądach zmiany nie były już tak wyraźne, jedynie we wschodniej Azji lasy strefy umiarkowanej znalazły dogodne warunki do ekspansji na Nizinie Chińskiej.

Ten pochód drzew na półkuli północnej nagle zatrzymał się 12,9 tys. lat temu podczas silnego ochłodzenia nazwanego młodszym dryasem. Był to już ostatni epizod plejstocenu. Trwał ok. tysiąca lat. Średnia temperatura w Europie spadła wówczas o 3–5°C w ciągu jednego stulecia. Lasy zostały zmuszone do odwrotu. Znów główną formacją roślinną w północnej części kontynentu stała się tundra. Po tym wielkim kroku w tył klimat wykonał jednak nie jeden, ale wiele kroków do przodu – jakby cofnął się na chwilę tylko po to, by nabrać rozpędu. Wraz z nim rozpędu nabrały też lasy. W ciągu trzech pierwszych tysiącleci holocenu (12–9 tys. lat temu) ich łączna powierzchnia na Ziemi zwiększyła się do ponad 60 mln km^2. Stały się główną formacją roślinną półkuli północnej. Zajęły ponad 80% powierzchni Europy i Ameryki Północnej, rozprzestrzeniły się w Azji, Afryce i Ameryce Południowej (często były to lasy świetliste, a nie gęste puszcze). Swój maksymalny zasięg osiągnęły nieco później, 8–7 tys. lat temu podczas tzw. holoceńskiego optimum klimatycznego, gdy Ziemia była cieplejsza o 1°C w porównaniu z XX w. i znacznie wilgotniejsza. Był to ten sam czas, gdy w północnej Afryce zamiast Sahary znajdowała się sawanna.

O holocenie często się mówi, że jest epoką ludzi, którzy wykorzystali warunki środowiskowe do opanowania uprawy roślin i hodowli zwierząt, a niedługo

Fot. Shutterstock (2), SPL/Indigo, Crowther et al.

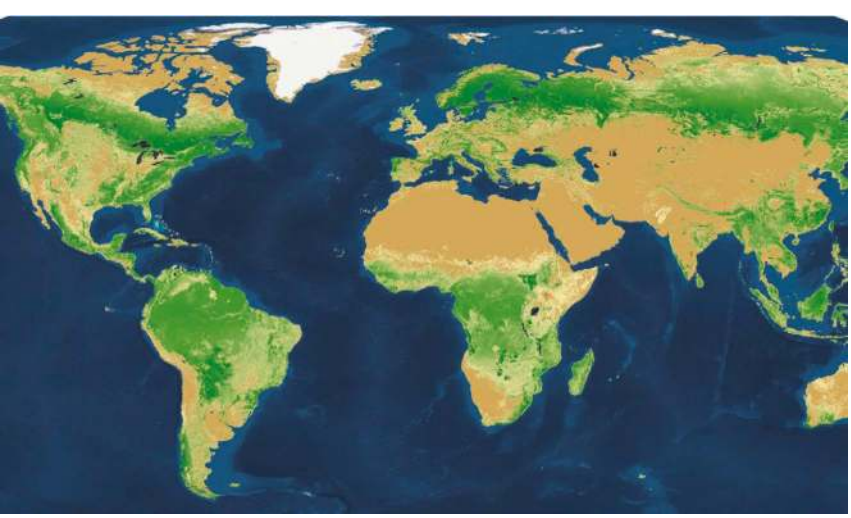
eprasa.pl 9f670bad6d

Fauna plejstoceńska Ameryki Północnej – na pierwszym planie smilodon, wymarły kot szablozębny (ilustracja na podstawie znalezisk w La Brea w Kalifornii)

potem założyli na Bliskim Wschodzie pierwsze osady i zaczęli wieść osiadły tryb życia. Ale holocen jest także epoką lasów. Tempo, w jakim opanowały one terytoria, gdy tylko klimat im na to pozwolił, zdumiewa naukowców. Globalne rekonstrukcje pozwalają poznać skalę i rozmach tych zmian, ale nie tłumaczą, w jakim tempie i w jaki sposób konkretne fragmenty lądu zostały skolonizowane przez konkretne rośliny. Szczegółowe analizy pokazują, że poszczególne gatunki drzew różnie reagowały na zmianę klimatu. Jedne potrafiły błyskawicznie przesuwać swój zasięg, inne okazywały się maruderami. Badania pyłków wskazują np., że dęby dotarły do południowej Anglii 8–7 tys. lat temu, podczas gdy buki zameldowały się w niej dopiero przed 3 tys. lat. Generalnie najszybciej migrowały gatunki, których nasiona są łatwo rozsiewane przez wiatr, m.in. sosny czy brzozy.

Po drugiej stronie skali były i takie gatunki, które wyginęły, bo nie nadążyły za tempem zmian.

Aktualna mapa gęstości drzew na Ziemi (źródło: Crowther i in., Nature, 2015)



Za oceanem taki los spotkał gatunek świerka noszący łacińską nazwę *Picea critchfieldii*. Podczas maksimum ostatniego zlodowacenia był jednym z głównych drzew tajgi we wschodniej części dzisiejszego terytorium USA, ale wymarł przed 15 tys. lat, gdy klimat nagle się ocieplił – zapewne nie był w stanie przystosować się odpowiednio szybko do wzrostu temperatur w miesiącach letnich. Wielu gatunkom udało się przetrwać, ale nie są już tak rozpowszechnione jak dawniej. „W efekcie, nawet jeśli biomy pozostały te same, to ich skład gatunkowy się zmienił. Plejstoceński las strefy umiarkowanej z południowej Europy znacznie różnił się od holoceńskiego lasu strefy umiarkowanej z Europy Środkowej. Migrują gatunki, a nie całe formacje roślinne" – mówi Dallmeyer.

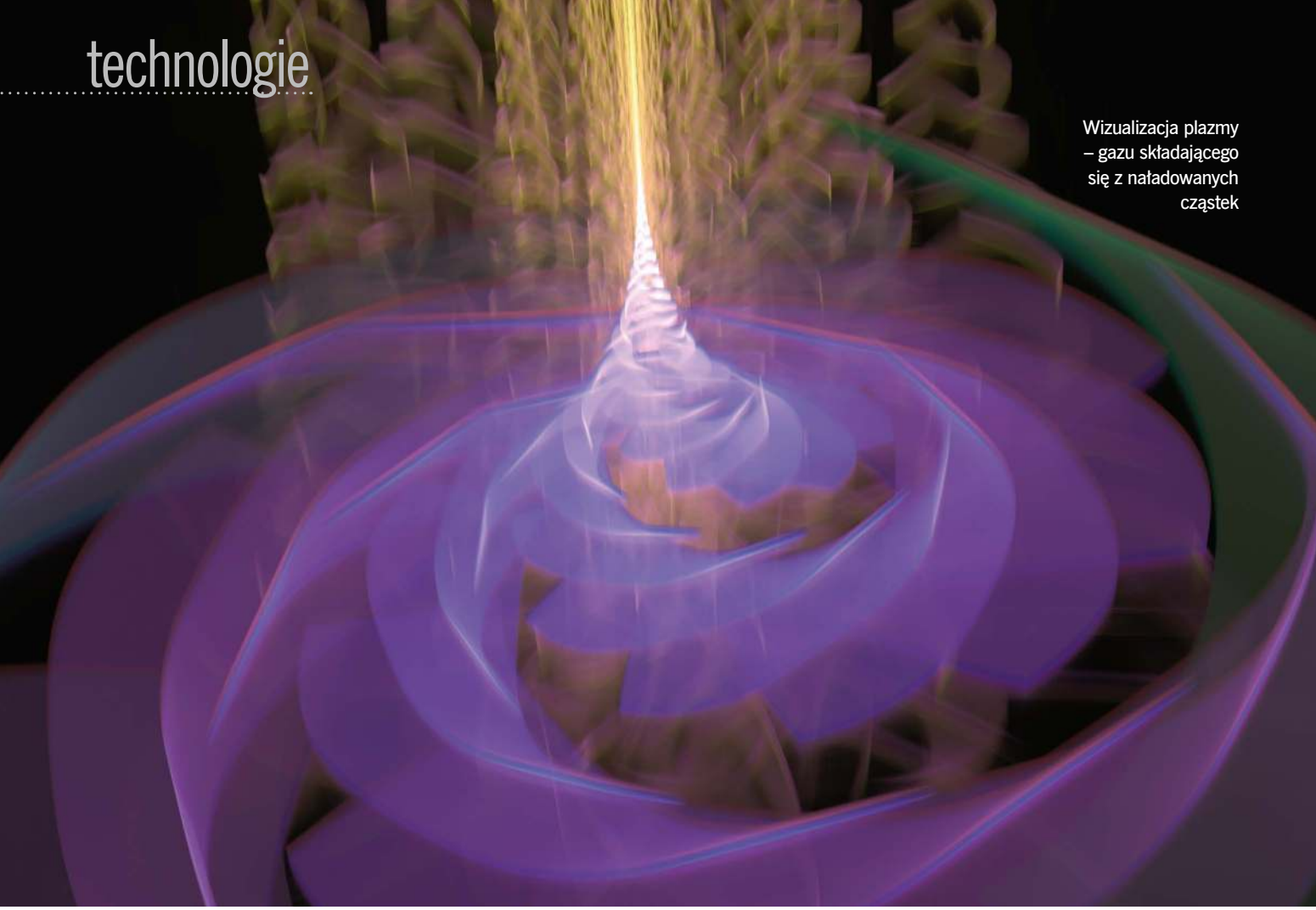
Badaczka zwraca uwagę, że tak samo będzie w przyszłości. Ponieważ klimat globu się ociepla, naukowcy przy pomocy modeli komputerowych wyrysowują na mapach przyszłe zasięgi poszczególnych biomów, dopasowując je do zakładanego wzrostu temperatur. Ale analizy dotyczące przeszłości pokazują, że wiele zależy od tempa zmian. Np. kanadyjscy naukowcy wyliczyli, że jeśli średnia temperatura na Ziemi podniesie się o 2°C, licząc od początku epoki przemysłowej, północna granica zasięgu świerka w Ameryce Północnej przesunie się w stronę bieguna o jakieś 300 km. Jeżeli taka zmiana klimatu nastąpiłaby w ciągu 100 lat, wówczas drzewa musiałyby migrować ze średnią prędkością 3 km na rok. Choć nie wydaje się to dużo, drzewa mogą nie dać rady przemieszczać się w tym tempie. Będzie to uzależnione od wielu innych czynników – ich wieku, odporności na choroby, jakości gleby, dostępu do wód gruntowych, lokalizacji względem przeważających mas powietrza, zmian w ilości opadów, odległości od dużych zbiorników wodnych, częstotliwości pożarów i tak dalej.

Współczesnym lasom może być trudniej z jeszcze jednego powodu. W wielu miejscach zostały one poszatkowane. Już od dawna nie tworzą zwartych kompleksów, a ziemie, na których rosły, zamieniono w grunty rolne albo zurbanizowano. Np. w południowej i zachodniej Europie taka wycinka zaczęła się już 5–6 tys. lat temu, a przed 2–3 tys. lat stała się intensywna. Nieco później taki wyrąb ruszył w Europie Wschodniej i Północnej. W efekcie obszar lasów na naszym kontynencie zmniejszył się o połowę. Znów jak w maksimum ostatniego zlodowacenia zajmują tylko $^{1}/_{3}$ jego powierzchni. Na innych kontynentach rzeź drzew ruszyła dopiero w ostatnich stuleciach. Chińscy naukowcy oszacowali niedawno w publikacji na łamach „Quaternary International", że od optimum klimatycznego przed 7 tys. lat do 1700 r. powierzchnia lasów na Ziemi zmniejszyła się o 5–7%, czyli o 3–4 mln km^2, głównie za sprawą Europy. Do 1900 r. wycięliśmy następne 5–6 mln km^2, a do 2018 – kolejne 10 mln km^2. Pod względem łącznej powierzchni lasów na Ziemi zbliżyliśmy się do kryzysowego poziomu z maksimum ostatniego zlodowacenia.

Andrzej Hołdys

Dziennikarz naukowy specjalizujący się w naukach o Ziemi i dyscyplinach pokrewnych, tłumacz literatury popularnonaukowej. Ukończył geografię na Uniwersytecie Warszawskim. Stały współpracownik „Wiedzy i Życia".

eprasa.pl 9f670bad6d



Wizualizacja plazmy – gazu składającego się z naładowanych cząstek

BŁYSKAWICE W OCZYSZCZALNI

Zanieczyszczenia ścieków i wód to narastające zagrożenie. Stąd pomysł na zastosowanie zimnej plazmy.

KARINA LENARD

KIEDY niebo rozświetlają błyskawice, uwalniana jest energia zdolna podgrzać powietrze do temperatury wyższej niż na powierzchni Słońca. Niewiele osób jednak wie, że ten sam stan materii można dziś sztucznie generować w laboratorium, co więcej, wykorzystać do oczyszczania środowiska naturalnego. Tak działa tzw. zimna plazma, czyli zjonizowany gaz o temperaturze zbliżonej do pokojowej.

CZWARTY STAN SKUPIENIA MATERII

Plazma jest nazywana czwartym stanem skupienia materii obok gazów, cieczy i ciał stałych. Tworzy się, gdy do gazu zostanie dostarczone tyle energii, że nabiera on odmiennych właściwości. W wyniku tego procesu jego atomy tracą lub zyskują elektrony, co prowadzi do powstania mieszaniny naładowanych cząstek, zdolnej do przewodzenia prądu elektrycznego. Plazma powszechnie występuje we wszechświecie. M.in. obecna jest w gwiazdach i przestrzeni międzygwiezdnej, ale również na Ziemi w zorzy polarnej i błyskawicach. Są to przykłady obecności plazmy gorącej, której temperatura może sięgać kilkunastu milionów stopni Celsjusza. Istnieje również zimna plazma, formująca się w warunkach niepowodujących ekstremalnego nagrzewania materii, a jej temperatura może być zbliżona do pokojowej. Różnica polega na tym, że w przypadku

eprasa.pl 9f670bad6d

plazmy gorącej energia jest równomiernie przenoszona między wszystkimi cząstkami i dochodzi do częstych zderzeń między nimi. Natomiast w plazmie zimnej przyłożone pole elektryczne rozpędza głównie lekkie elektrony, co nie powoduje tak silnego wzrostu temperatury. Dzięki temu technologia zimnej plazmy znajduje zastosowanie w medycynie, sterylizacji, kosmetologii czy przemyśle materiałowym. Badana jest również możliwość jej wykorzystania w oczyszczalniach ścieków.

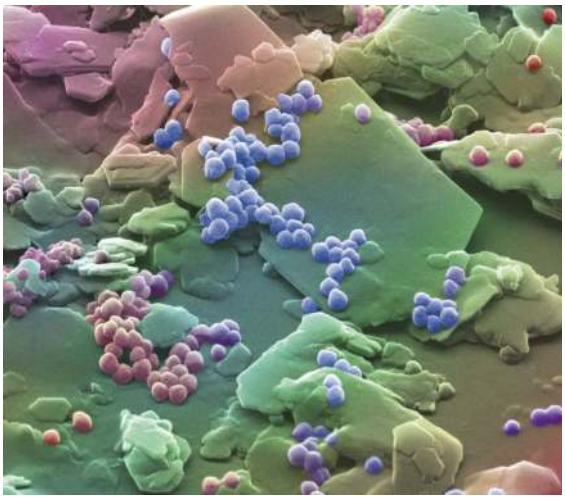
W ściekach znajdują się niezwykle trudne do degradacji związki chemiczne, których nie da się skutecznie usunąć w oczyszczalniach. Wśród nich są związki organiczne wchodzące w skład farmaceutyków, kosmetyków, barwników czy pestycydów, które niekiedy przenikają przez standardowe systemy filtracji i trafiają do zbiorników powierzchniowych, powodując pogorszenie jakości wody. Chociaż ich stężenia są zazwyczaj niskie, w wyniku długotrwałego oddziaływania mogą prowadzić do poważnych skutków dla ekosystemów wodnych, a także zdrowia człowieka. Zanieczyszczenia organiczne mogą być toksyczne, kumulować się w organizmach, zakłócać funkcjonowanie układu hormonalnego i działać rakotwórczo.

Istotnym problemem współczesnego świata jest również zanieczyszczenie środowiska wodnego mikroplastikiem, czyli drobnymi cząstkami tworzyw sztucznych o średnicy poniżej 5 mm, które powstają w wyniku rozpadu większych odpadów plastikowych. Ze względu na popularność takich tworzyw, ich masową produkcję i niewystarczająco skuteczne oczyszczanie ścieków mikroplastik jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych i narastających zanieczyszczeń wód.

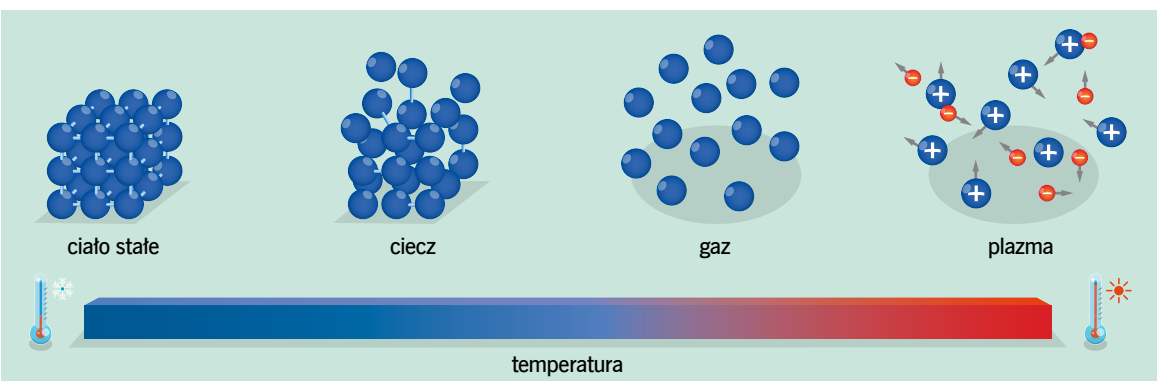
ZIMNA PLAZMA OCZYSZCZA ŚCIEKI

Z uwagi na ograniczenia w skuteczności obecnie stosowanych metod oczyszczania ścieków musimy szukać innowacyjnych rozwiązań. Przykładem może być technologia oparta na zimnej plazmie. Sekret jej działania tkwi w niezwykle reaktywnym charakterze. Jest ona generowana w reaktorach plazmowych np. w atmosferze powietrza, gdzie do elektrod dostarczane jest wysokie napięcie, powodujące powstanie pola elektrycznego i przyspieszenie elektronów. Zderzenia tych wysokoenergetycznych elektronów z cząsteczkami powietrza powodują powstanie reaktywnych form jego składników – tlenu i azotu. Łatwo wchodzą one w dalsze reakcje chemiczne, np. z zanieczyszczeniami. Dzięki temu zimna plazma skutecznie degraduje substancje szczególnie trudne do usunięcia tradycyjnymi metodami. W efekcie powstają prostsze produkty, łatwiejsze do dalszego usunięcia lub mniej szkodliwe dla środowiska.

Technologia oparta na zimnej plazmie wykazuje również wysoki potencjał w walce z mikroplastikiem. Te drobne cząsteczki tworzyw sztucznych są nie tylko trwałymi zanieczyszczeniami, ale również działają jak „nośniki", na których łatwo osadzają się substancje chemiczne. Badania wykazują, że mogą wiązać na swojej powierzchni nawet 20–70% zanieczyszczeń pochodzących z farmaceutyków znajdujących się w wodzie. Zastosowanie zimnej plazmy powoduje łączenie się drobin plastiku o wielkości 10–45 μm w większe skupiska. Ułatwia to usuwanie tak zagregowanego mikroplastiku (i substancji zgromadzonych na jego powierzchni) za pomocą filtracji lub sedymentacji. Technologia ta jest zatem obiecującym rozwiązaniem,



Mikrogranulki plastiku obecne w kosmetykach – źródło zanieczyszczeń wód i zagrożenie dla żyjących w nich organizmów

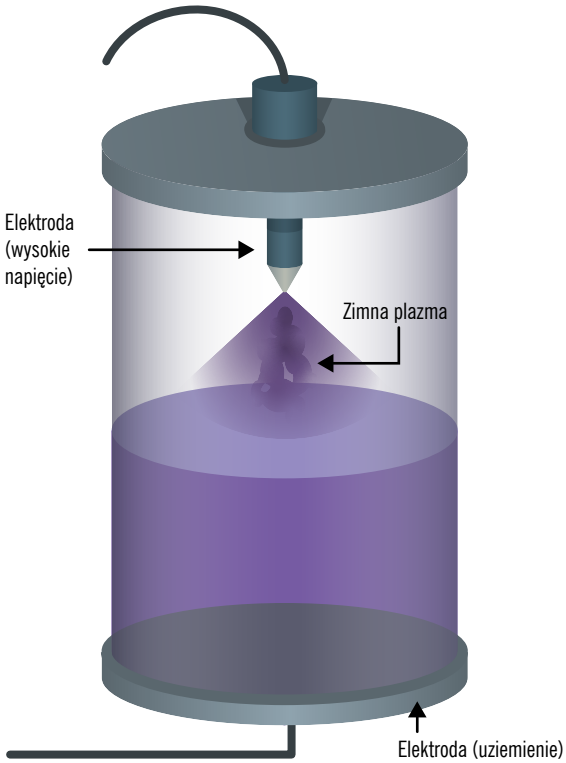


Cztery stany skupienia materii zależne od temperatury – ciało stałe, ciecz, gaz i zjonizowany gaz, czyli plazma

Fot. Shutterstock (2), SPL/Indigo

eprasa.pl 9f670bad6d

Schemat reaktora służącego do oczyszczania wód i ścieków za pomocą zimnej plazmy



które może wspomóc usuwanie z wód i ścieków jednych z najbardziej problematycznych zanieczyszczeń współczesnego świata.

Zimna plazma sprawdza się również w walce z mikroorganizmami. Chodzi tu o dezynfekcję wody i ścieków bez użycia chloru. Przez długie lata podstawowym narzędziem usuwania bakterii i wirusów było tanie i łatwe chlorowanie. Nie jest to jednak rozwiązanie bez wad. Chlor wpływa na smak oraz zapach wody, a dodatkowo w wyniku reakcji zanieczyszczeń z nim mogą powstawać szkodliwe produkty uboczne. Plazma natomiast nie wymaga stosowania chemikaliów i może skutecznie usuwać bakterie, wirusy oraz formy przetrwalnikowe mikroorganizmów. Co więcej, cały proces przebiega w temperaturach bezpiecznych dla materiałów i infrastruktury. Dzięki temu plazma może uzupełnić, a w niektórych przypadkach nawet zastąpić tradycyjne metody dezynfekcji. Byłaby szczególnie dobrym rozwiązaniem tam, gdzie kluczowe jest ograniczenie użycia substancji chemicznych.

PRAKTYKA

Entuzjazm wywołany wynikami badań naukowych musi jednak zmierzyć się z rzeczywistością. Procesy sprawdzające się w niewielkiej skali nie zawsze dają się łatwo przenieść do dużych instalacji przemysłowych czy oczyszczalni. Jednym z głównych wyzwań jest zaprojektowanie odpowiednio dużych reaktorów plazmowych, które dodatkowo mogłyby pracować w sposób ciągły. Metoda oparta na zimnej plazmie wymaga dostarczania energii elektrycznej, co podnosi koszty procesu. Równie ważna jest kwestia kontroli zachodzących w niej reakcji chemicznych. Rozkład zanieczyszczeń musi być przewidywalny i bezpieczny, aby nie prowadził do powstawania niepożądanych związków chemicznych. Praktyczne zastosowanie tego podejścia wiąże się z koniecznością przeprowadzenia precyzyjnych badań w dużej skali.

Realistycznym scenariuszem jest zatem stopniowe wprowadzanie technologii plazmowych. Szczególnie obiecujące są instalacje do oczyszczania ścieków przemysłowych o jednorodnym i łatwym do kontrolowania składzie. Zimna plazma może także znaleźć zastosowanie w systemach hybrydowych jako jeden z etapów oczyszczania, wspomagający metody biologiczne oraz mechaniczne. W połączeniu z odnawialnymi źródłami energii rozwiązanie to mogłoby istotnie ograniczyć oddziaływanie całego procesu na środowisko.

Jednym z pierwszych praktycznych wdrożeń tej innowacyjnej technologii jest oczyszczanie ścieków szpitalnych. W tego typu obiektach problem szerokiego stosowania antybiotyków jest szczególnie istotny, ponieważ ich pozostałości mogą trafiać do środowiska, prowadząc do rozwoju oporności bakterii. Naukowcy wykazali, że dzięki wykorzystaniu zimnej plazmy w przyszpitalnej oczyszczalni można niemal całkowicie usunąć antybiotyki ze ścieków. Efektywność eliminacji ofloksacyny i amoksycyliny przekroczyła 99%, natomiast cyprofloksacyny i cefuroksymu – 72%. Technologia ta wykazuje duży potencjał w usuwaniu także innych zanieczyszczeń farmaceutycznych, jak leki przeciwpadaczkowe (karbamazepina), leki przeciwlękowe (diazepam), niesteroidowe leki przeciwzapalne (diklofenak i ibuprofen), hormony (17α-etynyloestradiol) czy środki kontrastowe (diatrizoat). Efektywność ich eliminacji może przekraczać 99%, ale zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj i moc systemu plazmowego, czas ekspozycji, a także rodzaj i właściwości samego związku chemicznego. Wyniki badań wskazują, że technologie oparte na zimnej plazmie często przynoszą lepsze efekty niż klasyczne oczyszczalnie.

Kluczowym elementem oceny możliwości zastosowania technologii w praktyce jest analiza jej kosztów. Metoda oparta na zimnej plazmie charakteryzuje się stosunkowo niskim zużyciem energii elektrycznej. Szacuje się, że koszt niemal całkowitego usunięcia diklofenaku z wody wynosi ok. 32 zł/m^3. Dodatkowo koszty związane z zakupem i magazynowaniem odczynników chemicznych są minimalizowane, ponieważ technologia ta nie wymaga ich wykorzystania. Te zalety w zestawieniu z wysoką efektywnością metody w zwalczaniu zanieczyszczeń chemicznych, mikrobiologicznych i mikroplastiku powodują, że może ona realnie przyczynić się do poprawy jakości środowiska wodnego.

mgr inż. Karina Lenard

Doktorantka nauk chemicznych na Politechnice Wrocławskiej. Bada, jak skutecznie usuwać zanieczyszczenia organiczne ze ścieków, gleby i żywności, wykorzystując zimną plazmę atmosferyczną.

Infografika Adrianna Śliwińska

eprasa.pl 9f670bad6d

ŚWIAT NAUKI

SCIENTIFIC AMERICAN

KUP TERAZ

Inni piszą o nauce, nasi autorzy ją tworzą

Kwietniowy numer już w punktach sprzedaży prasy

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata druk:
sklep.polityka.pl/sn

Prenumerata także z bezpłatną dostawą do wybranego przez Ciebie

InPost Paczkomat 24/7

eprasa.pl 9f670bad6d

Remiz budujący gniazdo na wierzbie

FENOTYP ROZSZERZONY

Czyli jak geny wpływają na środowisko i zwiększają swoje szanse na przetrwanie.

MARIAN GIERTYCH

PRZYPOMNIJMY najpierw, czym są genotyp i fenotyp. Ten pierwszy termin dotyczy zestawu genów konkretnego osobnika, a fenotyp to widoczny efekt łącznego działania genotypu i środowiska, czyli w skrócie to, jak wygląda i zachowuje się konkretny osobnik. Wpływ środowiska na fenotyp

eprasa.pl 9f670bad6d

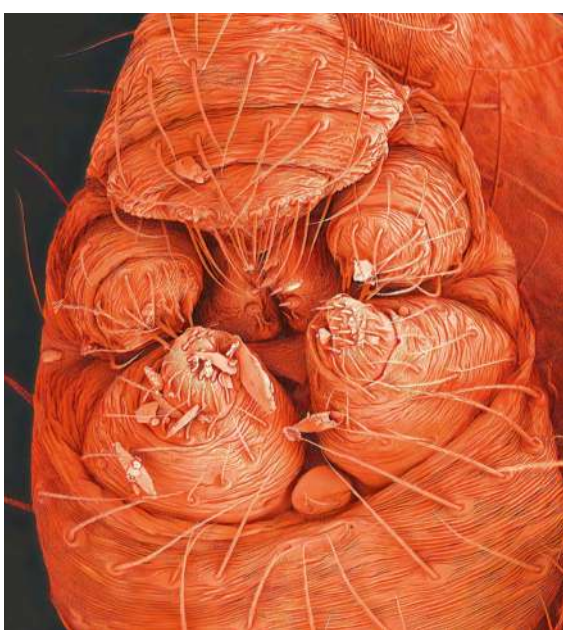
można dostrzec na przykładzie ukorzenionych sadzonek pobranych z jednej rośliny. Chociaż genetycznie są identyczne, często różnią się formą, wielkością czy odcieniem zieleni, co wynika z odmiennego wpływu światła, nawożenia, podlewania, międzyosobniczej konkurencji itp. Gdybyśmy chcieli porównać genotyp i fenotyp do świata kina, to genotyp byłby scenariuszem, a fenotyp – gotowym filmem. Zmiana reżysera, obsady bądź scenerii sprawia, że otrzymujemy inny obraz, mimo że przedstawia tę samą historię. I tak jak każdy widz odbiera film z inną atencją (jeden zwróci uwagę na grę aktorską, inny – na zdjęcia, a kolejny – na muzykę), tak fenotyp ptaka może być przez różnych obserwatorów inaczej odbierany, bo pierwszy dostrzeże kontrasty w upierzeniu, drugi – sposób poruszania, a inny – śpiew.

Fenotyp jest cechą jednostki pozwalającą szczególnie w obrębie tego samego gatunku rozróżniać osobniki. Bez problemów poznajemy znajomych po wyglądzie czy głosie, a domowników nawet po odgłosach kroków. Podobnie mają np. ptaki gniazdujące w koloniach, które bezbłędnie trafiają do swoich piskląt, czy myszy rozpoznające młode po zapachu. Dla ludzi te subtelne różnice międzyosobnicze są niedostrzegalne. Nie zawsze potrafimy po cechach fenotypowych określić gatunek i musimy zastosować badania genetyczne z wykorzystaniem technik molekularnych.

Cechy gatunku zapisane w genotypie przenoszą się niekiedy na środowisko, w którym żyje konkretny osobnik. Jest to fenotyp rozszerzony. Przykładami mogą być tamy bobrów, gniazda ptaków, pajęczyna czy galasy tworzone przez owady na liściach. Przywołując ponownie kinematograficzne porównanie – fenotyp rozszerzony jest niczym afisz zachęcający do obejrzenia filmu, czyli dzięki niemu rozpowszechnia się historia zawarta w scenariuszu. Koncepcję wpływu genotypu organizmu na jego środowisko Richard Dawkins nazwał fenotypem rozszerzonym w końcu lat 70. ub.w. Wywiódł ją z głębokiej wiary w siłę doboru naturalnego i z założenia, że obiektem tego doboru nie są osobnik, populacja czy gatunek, tylko jest nim gen, który dąży do przedłużenia swego istnienia w kolejnym pokoleniu. W świecie biologicznym wszystko jest nastawione na przeżycie i przekazanie następnemu pokoleniu swoich genów, aczkolwiek człowiek w swoich społeczno-kulturowych uwarunkowaniach często zachowuje się wbrew tej zasadzie.

Przez pierwsze dwie dekady koncepcja ta dojrzewała w świadomości ludzi świata nauki, rocznie ukazywało się zaledwie kilka publikacji nawiązujących do tego pojęcia. Potem fenotyp rozszerzony zainteresował nie tylko biologów różnych specjalności (ekologów, behawiorystów, ewolucjonistów), ale również psychologów społecznych czy psychiatrów. Obecnie rocznie ukazuje się kilkadziesiąt ważnych publikacji naukowych, które w różnych aspektach odnoszą się do tego pojęcia, rozwijają je i porządkują, podając kolejne przykłady jego działania. Za fenotyp rozszerzony

Galasy galasówki dębianki na liściach dębu (wyżej) oraz dwóch gatunków owadów z rodzaju *Neuroterus*



Kądziołki przędne pająka widziane pod mikroskopem elektronowym

Fot. Alamy/Indigo, Shutterstock (3)

eprasa.pl 9f670bad6d

uznano oddziaływania wszystkich organizmów, od wirusów poczynając, poprzez bakterie, grzyby, rośliny, zwierzęta, a na człowieku kończąc.

SPECYFICZNE TWORY I KONSTRUKCJE

Fenotyp rozszerzony może być wyrazem aktywności jednego osobnika, pary (czyli dwóch genotypów, np. ptaków) lub całych społeczności, często składających się ze spokrewnionych osobników. Przykładem osobniczego oddziaływania jest sieć z nici powstałych z zastygniętej wydzieliny kądziołków przędnych pająka, znajdujących się na opistomie, czyli tylnej części ciała. Kształt pajęczyny, sposób rozwieszenia, jej skład chemiczny itd. są charakterystyczne dla gatunku pająka i dostosowane do rozmiaru ofiar. Zbyt duża ofiara zerwie sieć, chociaż jest ona niezwykle wytrzymała, a zbyt mała po prostu w niej nie utknie. Okazuje się, że niektóre pająki mogą w pewnym zakresie zmieniać wielkość oczek pajęczyn, czyli dostosowują swój fenotyp rozszerzony do wielkości ofiar dominujących w środowisku. Nici pajęcze mogą mieć też inne funkcje: komunikacyjną, transportową, ratunkową, ochronną, przy czym wszystkie one wiążą się z zasadniczym celem, jakim jest przetrwanie i wydanie potomstwa.

Inny przykład fenotypu rozszerzonego to tworzenie galasów przez owady. Galasy są zbudowane z tkanek rośliny, ale ich kształt, barwa, miejsce powstania zależą od gatunku, który je wywołuje. Są tak charakterystyczne, że zwykle nie ma problemu z oznaczeniem przynależności gatunkowej ich twórcy. Stają się i schronieniem, i pożywieniem dla rozwijającej się wewnątrz larwy. Zdarza się, że na jednym liściu pojawiają się galasy różnych gatunków owadów i każdy ich twórca w swój indywidualny sposób podporządkowuje sobie roślinę macierzystą. Mechanizm powstawania galasów wciąż nie został wyjaśniony, ale z pewnością ich rozwój jest pod ścisłą kontrolą owada. Larwa, być może z wykorzystaniem molekularnych narzędzi podobnych do tych, jakie biorą udział w powstawaniu brodawek korzeniowych, wywoływanych przez bakterie *Agrobacterium tumefaciens*, wzbudza proliferację komórek gospodarza, aby powstająca struktura, czyli galas, była zgodna z potrzebami.

Plastikowe dekoracje zdobiące miejsce godów altannika lśniącego

Miano fenotypu rozszerzonego nadaje się też konstrukcjom wytwarzanym przez ptaki. Dobrym przykładem jest gniazdo remiza. Ten mały ptak buduje kilka wiszących na cienkich gałązkach gniazd, mających zwrócić uwagę potencjalnej partnerki. Samica wybiera gniazdo i po kopulacji składa w nim jaja. Funkcję wabiącą samicę mają również altanki, tworzone przez australijskie altanniki. Samce dekorują je najróżniejszymi przedmiotami: kamykami, muszelkami, kwiatami czy kolorowymi przedmiotami pozostawionymi przez człowieka. Altanki nie służą bezpośrednio do rozrodu, a ich zadanie polega na pozyskaniu samicy, która po wyborze partnera sama buduje gniazdo. Z kolei badania nad sikorą modraszką wykazały, że gniazda z bogatszą wyściółką z piór zwiększają przeżywalność potomstwa. To także można uznać za przykład bezpośredniego przełożenia fenotypu rozszerzonego, jakim jest gniazdo, na sukces rozrodczy, czyli przekazanie własnych genów następnemu pokoleniu.

Fenotypem rozszerzonym można nazwać również konstrukcje wznoszone przez całe społeczności owadów, będą to m.in. plaster miodu lub kopce mrówek czy termitów. Sukces w przekazywaniu genów w tych grupach rodzinnych zależy od robotnic, które same się

Termitiery na sawannie w północnej części Australii

eprasa.pl 9f670bad6d

nie rozmnażają, ale pracują na rzecz królowej, swojej matki. Kopce zapewniają rodzinie stabilne i dobrze chronione siedlisko, a w przypadku pewnych gatunków stają się miejscem ciekawej symbiozy. Niektóre termity i mrówki prowadzą w nich hodowle grzybów, bo ich gniazda zapewniają tym organizmom optymalne dla rozwoju temperaturę, wilgotność czy poziom CO_2. Grzyby wzrastają na dostarczonej im martwej materii organicznej i przy pomocy enzymów rozkładają celulozę, a same stanowią pokarm dla swoich hodowców. Badania sugerują jeszcze, że kopce termitów stanowią siedlisko bakterii, szczególnie promieniowców. Można zadać pytanie: czy kopiec termitów jest fenotypem rozszerzonym owadów, grzybów, czy bakterii? Czy termity bezwzględnie podporządkowują sobie inne organizmy? Czy grzyby lub bakterie modyfikują zachowania termitów, aby zapewnić sobie optymalny rozwój? Na te pytania nadal nie uzyskaliśmy pełnej odpowiedzi. Istnieje jednak wiele ciekawych przykładów na to, że zmiana behawioru innych organizmów może być uznana za fenotyp rozszerzony.

PASOŻYTY

Wiele pasożytów modyfikuje zachowanie swego żywiciela, co uznaje się za przejaw ich fenotypu rozszerzonego. Dość powszechne w tropikach tzw. mrówki zombie zmieniają swoje zachowanie wskutek zainfekowania maczużniczkiem. Toksyny wydzielane przez grzyb oddziałują na układ nerwowy mrówki, która opuszcza mrowisko, wspina się na trawę lub inną eksponowaną roślinę, wbija żuwaczki w liść i zamiera. Maczużniczek, żywiąc się jej tkankami, przerasta je i wydaje owocniki, które z dobrze eksponowanego miejsca po dojrzeniu rozsiewają zarodniki infekujące kolejne mrówki. Podobne grzyby występują również w Polsce, np. maczużnik bojowy, który pasożytuje na zimujących larwach i poczwarkach motyli. Ciekawostką jest to, że owocniki maczużników są wykorzystywane w tradycyjnej medycynie chińskiej i działają wzmacniająco, przeciwbólowo i przeciwzapalnie.

Zmiana zachowania gospodarza pod wpływem pasożyta to np. agresja u psa zakażonego wirusem wywołującym wściekliznę (pogryzienia innych zwierząt czy ludzi skutkują rozprzestrzenianiem się wirusa obecnego w ślinie), a także nasz kaszel czy kichanie (to sposób na wydostanie się z organizmu gospodarza bakterii czy wirusów wywołujących choroby zakaźne).

ROŚLINY

Przykłady fenotypu rozszerzonego znajdziemy również w świecie roślin. Jemioła ogranicza drzewu dostępność wody i składników mineralnych, co skutkuje zmniejszeniem gęstości liści w koronie. Sama zyskuje wtedy dobry dostęp do światła, zwiększa produkcję nasion i łatwiej dostrzegają ją roznoszące jej nasiona ptaki, co zwiększa jej szansę na rozprzestrzenienie swoich genów. Innym przykładem jest oddziaływanie allelopatyczne na glebę. Wydzielany do gleby przez orzecha włoskiego juglon to związek należący do barwników chinonowych. Ogranicza on wzrost i kiełkowanie innych roślin poprzez blokowanie oddychania mitochondrialnego i fotosyntezy, a w konsekwencji zwiększa orzechowi dostęp do zasobów glebowych. W sumie każda roślina zakorzeniona w podłożu kształtuje otoczenie swoich korzeni, czyli ryzosferę. Zmienia skład chemiczny, modyfikuje mikrobiom czy faunę gleby.

Kolejnym rodzajem chemicznego oddziaływania roślin na środowisko jest wydzielanie substancji zapachowych wskutek zaatakowania przez roślinożerne owady. Substancje te są atraktantami dla drapieżników lub parazytoidów żywiących się roślinożercami. Ich pojawienie się oznacza ratunek dla okazu, który podjął metaboliczny wysiłek wyemitowania atraktantów. Można powiedzieć, że roślina w ten sposób wzywa na pomoc inne gatunki, zwiększając szansę na przekazanie własnych genów następnemu pokoleniu.

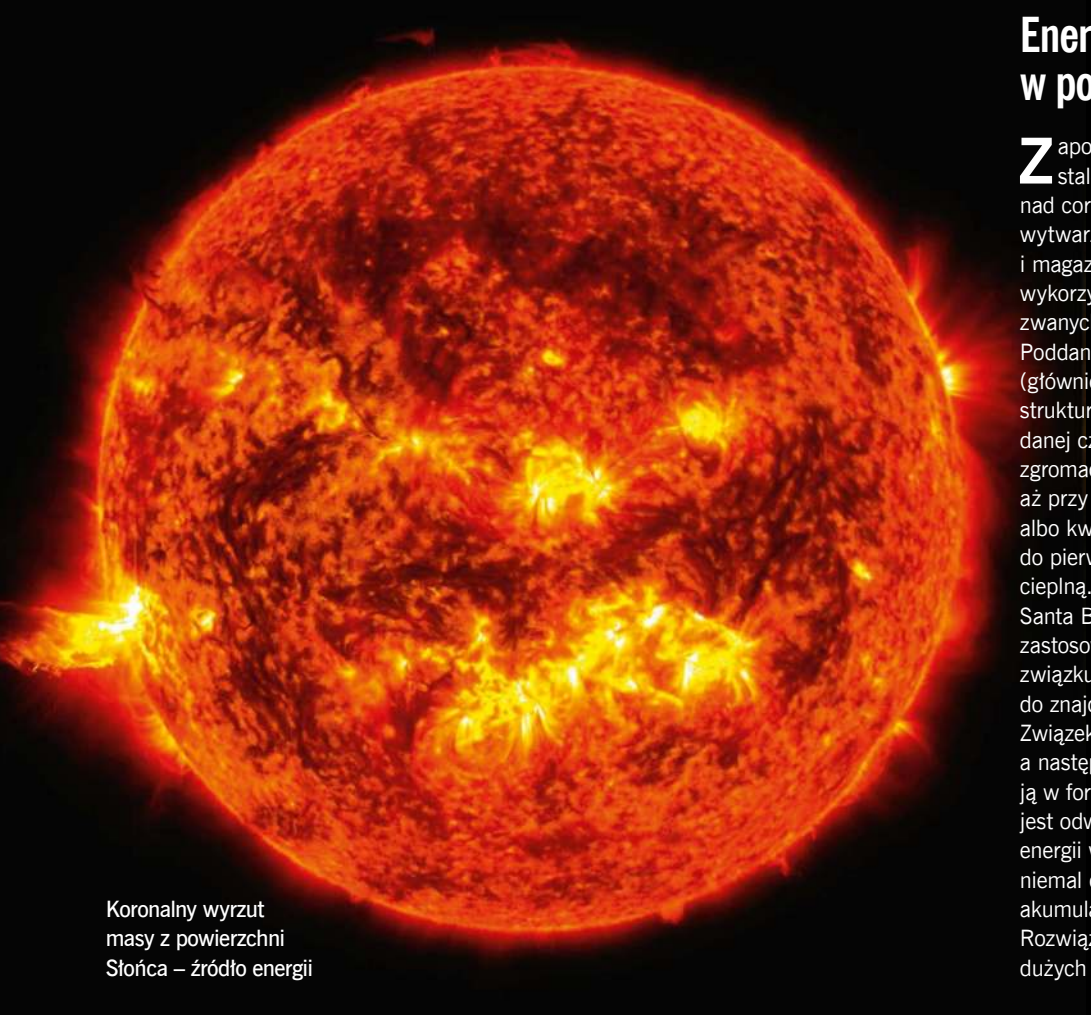
prof. dr hab. Marian Giertych
Pracownik Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku.
Interesuje się interakcjami między roślinami drzewiastymi a innymi organizmami, głównie owadami.
Jego badania naukowe koncentrują się na owadach minujących i tworzących galasy.

Pająki wytwarzają rozmaite rodzaje nici przędnej.

Mrówka porażona grzybem z rodzaju *Cordyceps*

Fot. Shutterstock (3), Alamy/Indigo

eprasa.pl 9f670bad6d



Koronalny wyrzut masy z powierzchni Słońca – źródło energii

Energia zmagazynowana w pojedynczej cząsteczce

Zapotrzebowanie na energię elektryczną stale rośnie. Dlatego trwają prace nad coraz lepszymi sposobami jej wytwarzania (zwłaszcza odnawialnej) i magazynowania. Ciekawą koncepcją jest wykorzystanie związków chemicznych zwanych fotoprzełącznikami molekularnymi. Poddane działaniu światła słonecznego (głównie pasma UV) zmieniają swoją strukturę. Powstaje izomer (inna forma danej cząsteczki), który przechowuje zgromadzoną energię chemiczną tak długo, aż przy pomocy działania temperatury albo kwasowego katalizatora powróci do pierwotnej struktury, uwalniając energię cieplną. Uczeni z University of California Santa Barbara (USA) wpadli na pomysł zastosowania do tego celu pirymidonu, czyli związku podobnego pod względem budowy do znajdującej się w łańcuchu DNA cytozyny. Związek ten gromadzi energię fotonów, a następnie w sposób kontrolowany oddaje ją w formie energii cieplnej. Co istotne, proces jest odwracalny. Gęstość nagromadzonej energii wynosi 1,6 MJ/kg, a więc jest niemal dwukrotnie większa niż w typowych akumulatorach litowo-jonowych (0,9 MJ/kg). Rozwiązanie to nie wymaga budowania dużych akumulatorów.

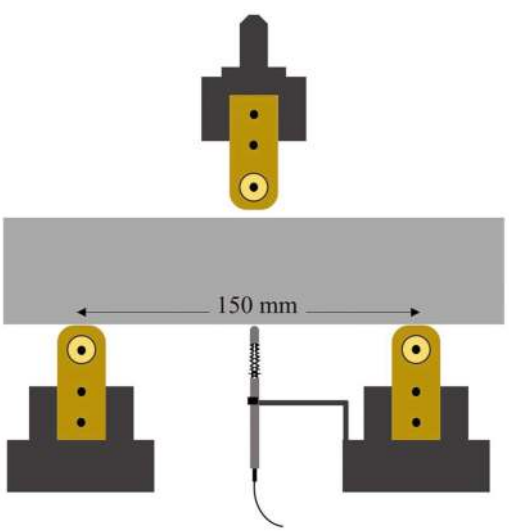
Pamięć w szkle

Inżynierowie nieustannie szukają metod utrwalania danych cyfrowych. Ostatnio Microsoft zaproponował laserowy ich zapis na szkle (projekt Silica). W tym przypadku bity, czy też piksele, przetwarzane są najpierw na woksele (ang. *voxel* – od *volume pixel*), trójwymiarowe paczki bitów. Aktualnie woksele stosowane są w grach komputerowych i analizie danych medycznych. Następnie laser wysokiej energii zapisuje je warstwa po warstwie na kwadratowych płytach szklanych wielkości płyty CD. Pojedyncza płyta pomieści ok. 2 mln książek. Co ważne, danych tych nie można zhakować ani zmodyfikować falami elektromagnetycznymi. Firma twierdzi, że bez problemu przetrwają one przynajmniej 10 tys. lat. Niestety szkło ma wadę – jest kruche, dlatego musi być przechowywane w odpowiednich warunkach.

Informacja zapisana w szkle

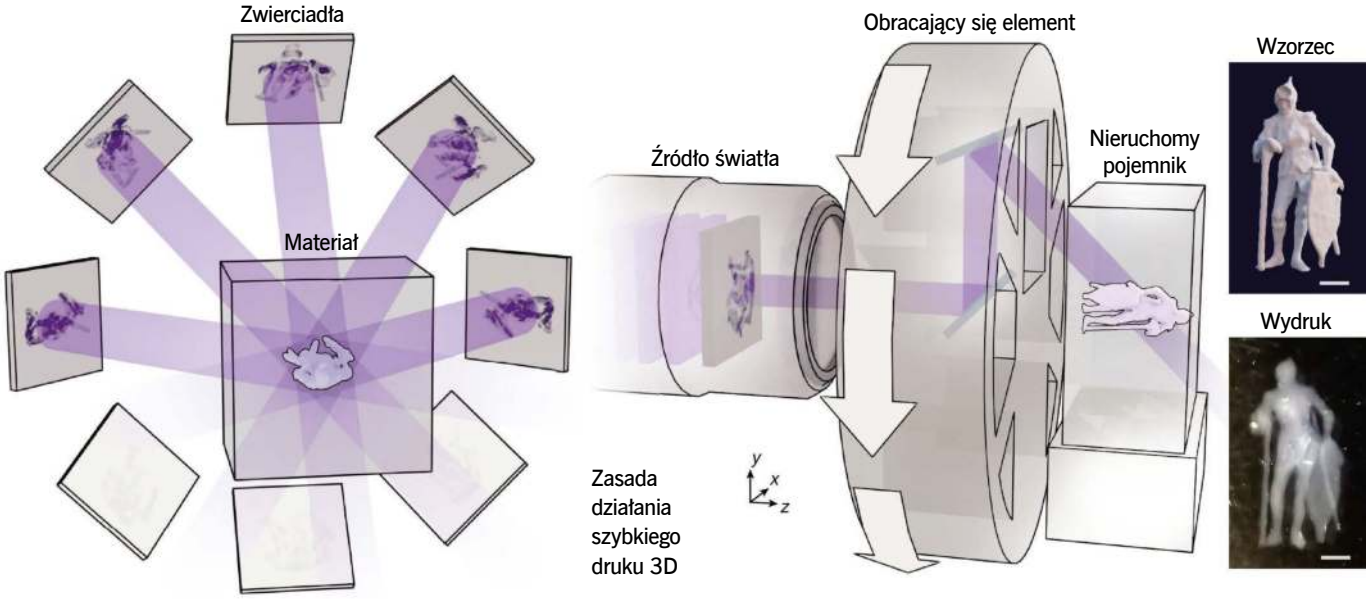
Cegły z piasku

Powszechnie wykorzystywany do wytwarzania materiałów budowlanych cement jest wytrzymały. Niestety jego produkcja odpowiada za 10% globalnej emisji dwutlenku węgla. Okazuje się jednak, że można wytworzyć materiały o wytrzymałości skały z piasku pustynnego. Opracowaniem technologii zajęli się naukowcy ze Zjednoczonych Emiratów Arabskich, konkretnie z University of Sharjah. Piasek połączono z materiałami wiążącymi (żużel wielkopiecowy, lotne popioły), a utwardzanie nie wymaga zastosowania wysokiej temperatury, lecz środowiska zasadowego, które aktywuje spoiwa.



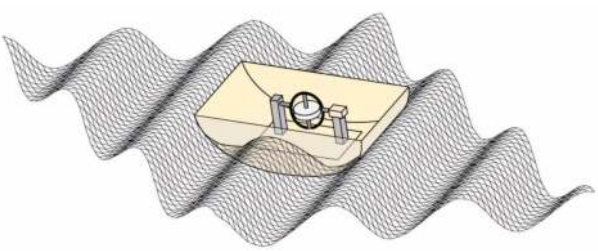
Badanie wytrzymałości cegieł z piasku pustynnego

eprasa.pl 9f670bad6d



Błyskawiczny wydruk 3D

Tradycyjny druk 3D jest często powolny, ponieważ obiekty są tworzone warstwa po warstwie. Szybszy jest druk wolumetryczny. Wykorzystuje się tu silne wiązki światła, które trafiają jednocześnie z wielu punktów na wirujący pojemnik z ciekłą żywicą. Niestety, czasami obracające się naczynie chwieje się lub wibruje i druk bywa nieudany. Rozwiązaniem jest dodawanie gęstych żywic, aby utrzymać obiekt w miejscu. To jednak spowalnia proces. Dlatego naukowcy z Chin wymyślili co innego: pojemnik z ciekłym światłoutwardzalnym żelem akrylowym nie wiruje, za to dookoła niego obracają się maleńkie lustra, rzucające światło na materiał pod różnymi kątami. Ponieważ algorytm oblicza, jak podawać światło, powstały obiekt 3D jest dokładnie odwzorowany. Metoda pozwala wyprodukować niewielkie elementy (o wielkości milimetra) 3D w czasie 0,6 s. Gotowy produkt opada w cieczy pod wpływem grawitacji i system jest gotowy do produkcji kolejnego.



Schemat żyroskopowego konwertera energii fal morskich

Energia z fal morskich

Potężne fale oceaniczne są w dużym stopniu przewidywalne i w przeciwieństwie do światła słonecznego i wiatru działają przez całą dobę. Niestety, zaprzęgnięcie ich do wytwarzania prądu stanowi spore wyzwanie techniczne. Japończycy z University of Osaka zaproponowali właśnie urządzenie będące żyroskopowym konwerterem energii fal. Duże koło zamachowe umieszczono tu w konstrukcji pływającej po oceanie. Fale powodują jej ruch w górę i w dół, a koło zamachowe zmienia kierunek obrotu, co produkuje energię napędzającą generator. System żyroskopowy działa niezależnie od długości i amplitudy fal.

Optymalizacja parkowania

Systemy nawigacyjne mogą pokazać optymalną drogę z punktu A do B, ale nie uwzględniają kwestii znalezienia miejsca do zaparkowania. Warto więc przyjrzeć się pomysłowi przedstawionemu przez MIT, który ma na celu ograniczenie niepotrzebnej emisji spalin. Nowy algorytm nie tylko podaje trasę, ale analizuje też lokalizację parkingów w pobliżu punktu docelowego i prawdopodobieństwo znalezienia wolnego miejsca. Do tego bierze pod uwagę drogę pieszą z parkingu do naszego celu. Testy prowadzono w Seattle, jednym z najbardziej zagęszczonych miast w USA. System pozwalał na zaoszczędzenie nawet do 66% czasu. Niestety, nie jest jeszcze gotowy do zastosowania w praktyce. Skąd pochodziłyby dane o miejscach parkingowych? Według twórców z różnych źródeł. Niektóre parkingi są wyposażone w bramki śledzące liczbę wjeżdżających i wyjeżdżających samochodów. Do tego użytkownicy mogliby wskazywać dostępne miejsca za pomocą aplikacji. Można by też śledzić liczbę pojazdów krążących w poszukiwaniu miejsca parkingowego lub liczbę aut wjeżdżających na parking i wyjeżdżających z niego po nieudanej próbie.

Algorytm optymalizuje parkowanie, nawet w trudnych miejscach.

dr Mirosław Dworniczak

Fot. NASA, Microsoft Research, Journal of Materials in Civil Engineering (2026), DOI: 10.1061/JMCEE7.MTENG-2058, Nature (2026), DOI: 10.1038/s41586-026-10114-5, Journal of Fluid Mechanics (2026), DOI: 10.1017/jfm.2026.11172, Shutterstock

eprasa.pl 9f670bad6d

WYKRYWANIE FORM AZOTU

Kiedy są groźne i o czym mogą nam powiedzieć?

PAWEŁ JEDYNAK

UWAGA!
Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za ewentualne szkody powstałe wskutek doświadczeń.

ZESTAW PRZYRZĄDÓW I MATERIAŁÓW

9 pojemników na mocz, akwarystyczne testy paskowe (6w1), amoniak do ciast, drewniane mieszadełka do kawy, kwasek cytrynowy, miedziana mufa, ocet, ręcznik papierowy, soda kaustyczna do udrażniania rur, sól do peklowania mięsa, spirytus salicylowy, strzykawka, woda utleniona, żel do WC z podchlorynem sodu

Czas przygotowania: 4 godz.

Koszt: 109 zł

Uwaga!

NaOH, kwas azotowy i podchloryn sodu są żrące, a sole miedzi umiarkowanie toksyczne. Używaj rękawiczek, okularów i odzieży ochronnej. Dzieci powinny wykonywać doświadczenia pod nadzorem dorosłych. Doświadczenia prowadź w dobrze wentylowanych pomieszczeniach, które dobrze wywietrz po ich zakończeniu!

Doświadczenie 1

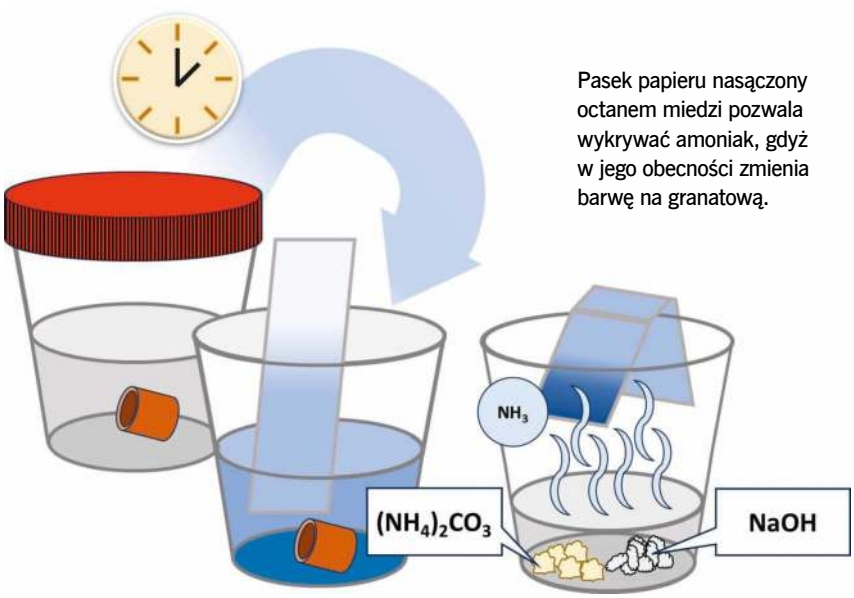
Do dwóch pojemników na mocz dodaj po pół łyżeczki amoniaku do ciast, a następnie do jednego dodaj pół łyżeczki kwasku cytrynowego, a do drugiego pół łyżeczki sody kaustycznej do udrażniania rur bez aktywatora. Do obu ostrożnie wlej po 20 ml wody i pomieszaj drewnianym mieszadełkiem do kawy. Bezpieczną techniką poprzez wachlowanie nad próbką porównaj zapachy obu mieszanin. Nie zaciągaj się! Amoniak jest toksyczny!

Wyjaśnienie: Amoniak do ciast to węglan amonu, który w roztworze reaguje z kwasem cytrynowym – powstają cytrynian amonu i dwutlenek węgla powodujący pienienie. Ta próbka nie ma zapachu amoniaku – niskie pH (kwaśne środowisko) przesuwa równowagę chemiczną w kierunku jonu amonowego, który jest mniej toksyczny niż amoniak i jako jon nie jest lotny. Z kolei pH powyżej 9 (dodatek NaOH z udrażniacza do rur) powoduje przesunięcie równowagi w kierunku amoniaku, którym śmierdzi próbka. Amoniak łatwiej przenika przez błony komórkowe, zatruwając komórki. Gnicie mięsa uwalnia amoniak, który podnosząc pH, przesuwa równowagę jonową w stronę jeszcze większej ilości wolnego amoniaku, potęgując jego toksyczne działanie. To problem przy masowym śnięciu ryb w rzekach, ale także powód, dla którego nie wolno wyrzucać do kompostowników resztek mięsa.

Doświadczenie 2

W pojemniku na mocz zmieszaj pół na pół wodę utlenioną i ocet. Wrzuć na całą noc miedzianą mufę. Kilka warstw ręcznika papierowego złóż ze sobą, wytnij paski 10 × 2 cm i nasącz je otrzymanym octanem miedzi. Jeszcze wilgotne przewieś nad próbkami z doświadczenia 1. Możesz nałożyć pokrywki na pojemniki, by opary nie uciekały z pojemników.

Wyjaśnienie: Wilgotne papierki nasączone solami miedzi(II) pozwalają wykrywać opary amoniaku, który łatwo rozpuszcza się w wodzie (woda w papierku) i tworzy związek kompleksowy – kation tetraaminadiakwamiedzi(II) o ciemnoniebieskiej barwie. Jego barwa jest 2,5 tys. razy intensywniejsza niż bladoniebieskiego octanu miedzi.



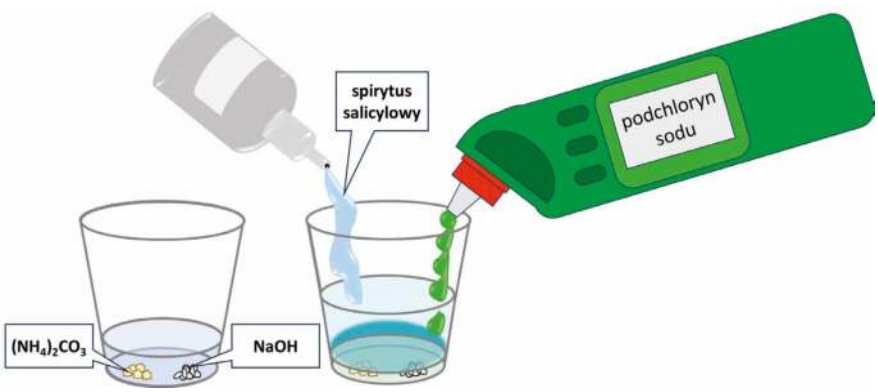
Pasek papieru nasączony octanem miedzi pozwala wykrywać amoniak, gdyż w jego obecności zmienia barwę na granatową.

eprasa.pl 9f670bad6d

Doświadczenie 3

W pojemniku na mocz wymieszaj po pół łyżeczki amoniaku do ciast i udrażniacza do rur. Dodaj po 15 ml wody i 30 ml spirytusu salicylowego. Wymieszaj drewnianym mieszadełkiem do kawy (uwaga, całość śmierdzi i się rozgrzewa). Po ściance wlewaj (lepiej mniej niż za dużo – na początek wystarczy kropla lub dwie) żel wybielająco-dezynfekujący z podchlorynem sodu (chloran(I) sodu) tak, aby na dnie powstała cienka warstwa gęstego płynu. Obserwuj, co się dzieje na granicy płynów, i opcjonalnie dodaj więcej spirytusu salicylowego. Kwas salicylowy możesz zagęścić, jeśli w otwartym naczyniu zostawisz cały spirytus salicylowy do odparowania – po zmieszaniu z roztworem udrażniacza rozpuści się w wodzie.

Wyjaśnienie: Amoniak można wykrywać testami kolorymetrycznymi, nadającymi się także do analiz ilościowych. W środowisku zasadowym amoniak oraz aminy organiczne reagują z podchlorynem sodu, dając trujące chloraminy – to dlatego nie wolno wlewać wybielacza do toalet z niespłukanymi pozostałościami naszych nieczystości (np. moczem)! Chloraminy mają duszący zapach, inny niż mocz czy „chlor". Używa się ich jednak do dezynfekcji, bo są silnie bakteriobójcze. Chętnie reagują z innymi substancjami, np. kwasem salicylowym, tworząc niebieski barwnik indofenol – dostrzegamy go pod światło jako podbarwiający się na niebieskozielono pierścień na granicy żelu do WC i roztworu kwasu salicylowego (a właściwie salicylanu sodu powstającego w zasadowym środowisku). Spory nadmiar kwasu salicylowego (w analityce używa się nawet 40-procentowego roztworu salicylanu sodu) przy delikatnym mieszaniu pozwoli zaobserwować zmianę zabarwienia w całej objętości roztworu, ale nadmiar podchlorynu utlenia indofenol do pochodnej szybko nadającej roztworowi miodowożółte zabarwienie. Przy nadmiarze podchlorynu i zbyt niskiej ilości salicylanu możemy nie zdążyć zaobserwować błękitnego indofenolu.



Próba indofenolowa służy do wykrywania m.in. amoniaku, który reaguje z podchlorynem sodu (z wybielacza) i salicylanami, tworząc nietrwały niebieski pierścień.

Doświadczenie 4

Do pojemników na mocz dodaj kolejno: (A) 40 ml wody kranowej, (B) pół łyżeczki soli do peklowania mięsa rozpuszczonej w 40 ml wody, (C) 40 ml wody pobranej strzykawką z akwarium lub jeziora. Wykorzystaj zgodnie z instrukcją akwarystyczne testy paskowe (np. 6w1), pozwalające oznaczać jony NO_3^- i NO_2^-. Nie zanurzaj ich bezpośrednio w zbiorniku wodnym, aby nie zanieczyścić go chemikaliami.

Wyjaśnienie: Test paskowy wykorzystuje się do oznaczania azotanów. Azotanów nie powinno być w wodzie pitnej, azotyn(III) wykryjemy w soli do peklowania, a w przypadku wody z akwarium lub jeziora wszystko zależy od stanu zbiornika. Jon amonowy jest tu utleniany przez bakterie nitryfikacyjne (np. *Nitrosomonas*) do NO_2^-, a następnie do NO_3^- (np. *Nitrobacter*), ale ten ostatni etap często nie jest tak wydajny. Wysoka zawartość NO_2^- może być toksyczna dla ryb, natomiast nadmiar obu sprzyja eutrofizacji i zarastaniu glonami (ale także szybko rosnącymi roślinami) i może wskazywać potrzebę wymiany wody.

WIEDZA W PIGUŁCE

Atmosfera Ziemi to w 78% azot cząsteczkowy (N_2). Jego obecność na danej planecie jest jedną z sygnatur świadczących o możliwym istnieniu życia. Gaz ulega utlenieniu do postaci tlenków (np. pod wpływem UV lub wyładowań atmosferycznych), a procesy w organizmach żywych oznaczają zarówno wiązanie azotu atmosferycznego, jak i denitryfikację z jego uwolnieniem. Azot to budulec m.in. białek. Dostępność nieorganicznych form azotu jest decydująca dla rozwoju roślin (są nawozami) i części bakterii, ale zarazem związki te w nadmiarze mogą być toksyczne. Dlatego opracowano metody oceny zawartości najważniejszych z nich. Kontrola nawożenia (pomiar zawartości azotanów i soli amonowych) pozwala ograniczyć spływ związków azotu do zbiorników wodnych, gdzie powodowałyby gwałtowny zakwit glonów i eutrofizację. Odchody zwierząt również są bogatym źródłem związków azotowych (nawet jeśli w formie organicznej, to i tak szybko rozkładanej do m.in. form nieorganicznych przez bakterie). To problem np. w akwarystyce – wydalany przez ryby amoniak jest szkodliwy, ale wodę można zaszczepić bakteriami przetwarzającymi amoniak w azotany, a te są znacznie mniej szkodliwe i sprzyjają wzrostowi roślinności. Podobne procesy pomagają usuwać związki amonowe w naszych ściekach. Monitoring form azotu jest konieczny podczas uzdatniania wody pitnej, ale także przy produkcji żywności. Ma nawet znaczenie w kryminalistyce – zakopane w ziemi ciało tworzy „wyspę rozkładu", którą można wykrywać analizatorami gazowymi (lotny amoniak) lub poprzez mapowanie chemiczne gleby (analiza składu w wybranych miejscach).

dr Paweł Jedynak
Popularyzator nauki i pracownik Wydziału Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii UJ w Krakowie. Bada nowe możliwości wykorzystania mikroorganizmów w biotechnologii i molekularne mechanizmy rozwoju roślin.

Ilustracje Paweł Jedynak (2)

eprasa.pl 9f670bad6d

Nocna wizja działającego obserwatorium

Obserwatorium detektyw

Nowe obserwatorium gamma będzie szukało wysokoenergetycznych fotonów, obserwując pośrednie oznaki ich przelotu.

WERONIKA ŚLIWA

CO dzieje się w samych centrach ogromnych galaktyk, w bezpośredniej bliskości czarnych dziur lub w trakcie wybuchu supernowych? Jakie są produkty zderzeń i rozpadu tajemniczych cząstek ciemnej materii? Wielu informacji mogą tu dostarczyć promienie gamma – fotony o najwyższych energiach. Niestety, obserwacje światła gamma nie należą do łatwych zadań: jest ono silnie pochłaniane przez ziemską atmosferę, a obserwatoria satelitarne ogranicza rozmiar wynoszonego na orbitę sprzętu. Takie trudności można jednak obejść albo wręcz wykorzystać. Ta idea stoi za podwójnym obserwatorium gamma Cherenkov Telescope Array (CTAO North i South). Dwie lokalizacje wybrane dla części North i South to odpowiednio La Palma na Wyspach Kanaryjskich oraz pustynia Atakama w Chile. A więc jednak obserwacje z powierzchni Ziemi? Niezupełnie.

Już sama nazwa obserwatorium – Sieć Teleskopów Czerenkowa – wskazuje na zasadę jego działania. Gdy superenergetyczny foton uderza w ziemską atmosferę, prędzej czy później, zwykle na wysokości 10–30 km, zderza się z atomami powietrza, generując kaskadę tysięcy cząstek wtórnych. Poruszają się one niezwykle szybko, z prędkością większą od prędkości światła w powietrzu (choć oczywiście mniejszą od prędkości światła w próżni). Taka superszybka cząstka emituje promieniowanie Czerenkowa – krótki błysk błękitnego światła docierający do powierzchni Ziemi. Tam będą na nie czekały teleskopy CTAO. Każdej nocy układ kilkunastu, a w przypadku CTAO South kilkudziesięciu, teleskopów o średnicy lustra 4–23 m będzie rejestrował błękitne błyski. Ponieważ kilka urządzeń zobaczy ten sam błysk z różnych stron, pozwoli to odtworzyć kierunek, z którego przyleciał promień gamma, i oszacować jego energię. A co dokładnie zobaczą teleskopy? Te największe, 23-metrowe, mogące rejestrować nawet bardzo słabe błyski, umożliwią obserwacje odległych aktywnych galaktyk i błysków gamma. Średnie, 12-metrowe, zmapują całe niebo, badając m.in. pozostałości po supernowych. Najmniejsze, 4-metrowe, przeanalizują rzadkie, ale bardzo jasne ultraenergetyczne fotony gamma.

Kiedy ruszy CTAO? Prace nad jego południową gałęzią rozpoczęły się pod koniec grudnia u.br. Pierwszy testowy teleskop na północy działa od 2018 r. Oba obserwatoria zbiorą pierwsze dane już w tym roku, a pełną sprawność osiągną do końca bieżącej dekady.

Fot. CTAO; Infografiki Wawrzyniec Święcicki

Kwiecień

Trwa pełnia wiosny. Długość dnia wciąż rośnie: gdy na prima aprilis Słońce wschodzi o 6:11, by zajść o 19:10, pod koniec kwietnia obie te pory przesuwają się na 5:08 i 20:00. Maksymalny kąt padania promieni słonecznych na ziemię rośnie w kwietniu z 42,4° do 52,6°. Noce również się zmieniają: gdy Słońce w dzień unosi się coraz wyżej, to nocą zagłębia się coraz płyciej pod horyzontem. Dlatego kwiecień to na jakiś czas ostatni miesiąc z astronomicznymi nocami – ciemnymi okresami, w których Słońce jest poniżej 18° pod horyzontem. Takie noce skończą się w maju, by powrócić dopiero w lipcu. Ciemne noce pomogą nam w obserwacji meteorów: w okolicy 22 kwietnia możemy się spodziewać maksimum Lirydów wybiegających z Lutni. To odłamki pozostawione na torze przez kometę C/1861 G1 Thatcher. Ponieważ w ich obserwacji nie powinien bardzo przeszkadzać Księżyc przed pierwszą kwadrą, przy dobrej pogodzie w ciągu godziny spodziewajmy się kilkunastu meteorów, których tory przetną się nieopodal Wegi.

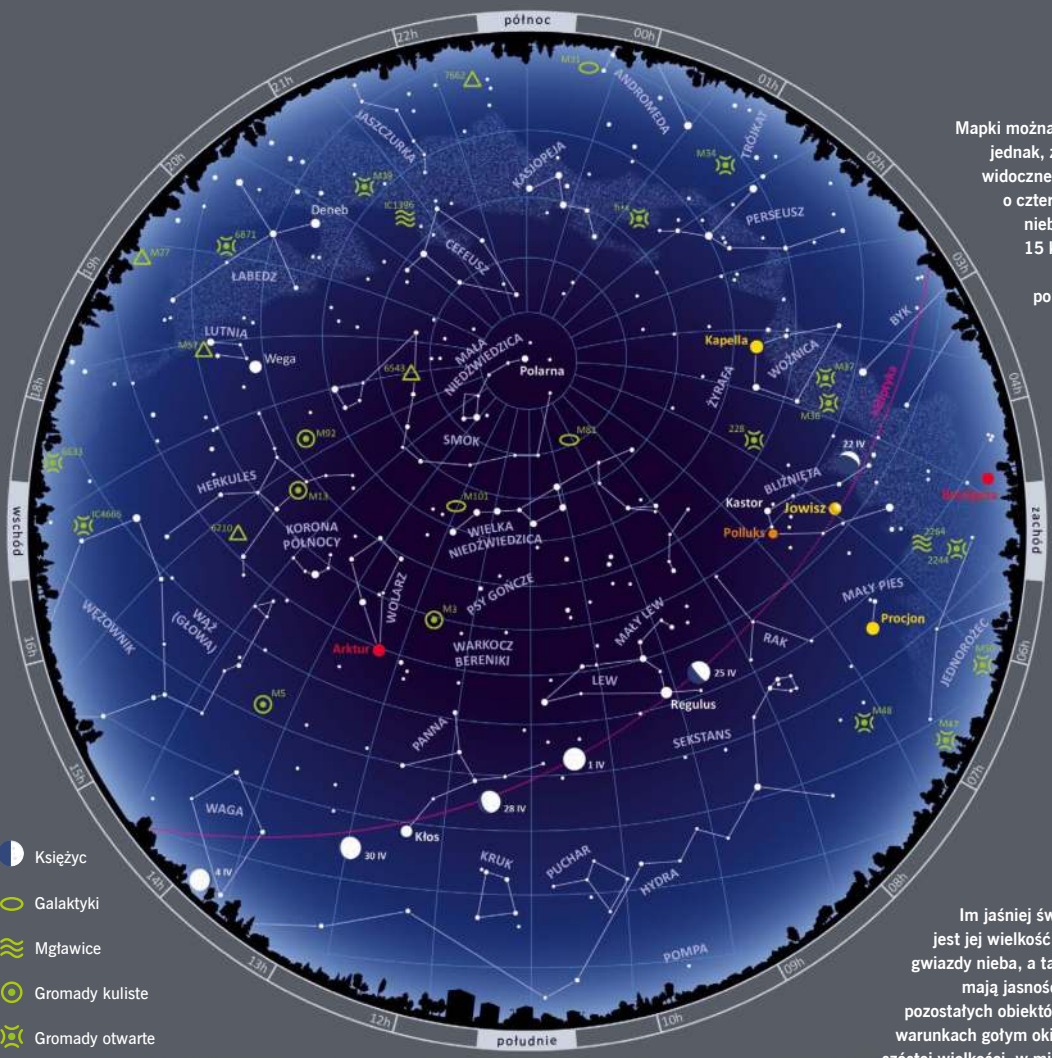
Wędrówki planet

Na obserwacje Merkurego poczekajmy do maja. Planeta jest obecnie w pobliżu Słońca. Wenus ($-3{,}8^m$) to teraz planeta wieczorna, przechodząca w trakcie miesiąca z Barana do Byka. Na Marsa poczekamy do maja. Jowisza (-2^m) odnajdziemy wieczorem w Bliźniętach. Saturna ($0{,}9^m$) mogą dostrzec tylko zapaleńcy szczęściarze: pod koniec miesiąca będzie wschodzić niedługo przed Słońcem. Urana ($5{,}8^m$) zobaczymy wieczorem w Byku. Neptun jest w kwietniu niewidoczny. Planetę karłowatą Ceres (9^m) możemy dostrzec na początku miesiąca wieczorem w gwiazdozbiorze Wieloryba.

eprasa.pl 9f670bad6d

Coraz jaśniejsze noce

niebo nad Polską w nocy z 1 na 2 kwietnia o godz. 24:00



Mapki można używać przez cały miesiąc, pamiętając jednak, że każdej następnej nocy gwiazdy zajmą widoczne na niej ustawienie względem horyzontu o cztery minuty wcześniej. Mapka przedstawia niebo, jakie zobaczymy 1 kwietnia o 24:00, 15 kwietnia o 23:00 i 30 kwietnia o 22:00. Jeżeli rozpoczniemy obserwacje przed porą, którą opisuje mapka, część obiektów zaznaczonych na jej wschodniej stronie nie będzie jeszcze widoczna na niebie, a nisko nad zachodnim horyzontem ujrzymy niewidoczne na ilustracji gwiazdy (można je znaleźć na mapce z poprzedniego miesiąca).

FAZY KSIĘŻYCA

- pełnia 2.04 o 4:12
- ostatnia kwadra 10.04 o 6:52
- nów 17.04 o 13:52
- pierwsza kwadra 24.04 o 4:32

- Księżyc
- Galaktyki
- Mgławice
- Gromady kuliste
- Gromady otwarte
- Mgławice planetarne

SKALA JASNOŚCI

Im jaśniej świeci gwiazda, tym mniejsza jest jej wielkość gwiazdowa ^{m}. Najjaśniejsze gwiazdy nieba, a także jasno świecące planety mają jasność mniejszą od zera, jasności pozostałych obiektów są dodatnie. W idealnych warunkach gołym okiem można dostrzec obiekty szóstej wielkości, w mieście rzadko widać gwiazdy słabsze niż czwartej wielkości gwiazdowej.

-1^m, 0^m, 1^m, 2^m, 3^m, 4^m

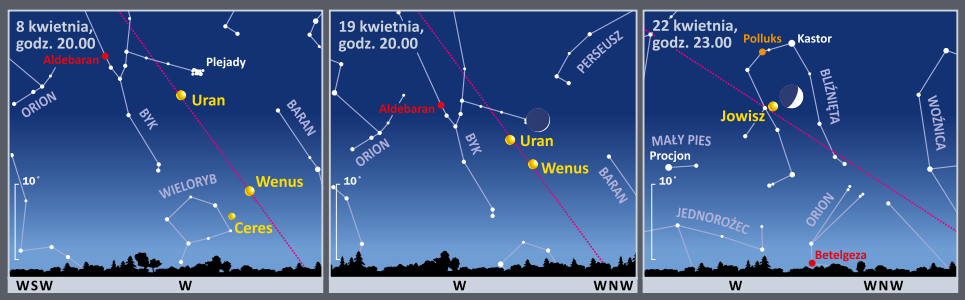
Przystępując do obserwacji, należy obrócić mapkę w taki sposób, by oznaczenie strony świata, ku której jesteśmy zwróceni, znalazło się na dole. Gwiazdy widoczne tuż nad horyzontem będą wówczas odpowiadały gwiazdom znajdującym się na dole mapki.

Oprócz gwiazd na mapce znajdują się widoczne gołym okiem planety. Zaznaczono także położenia Księżyca w kilkudniowych odstępach. Jasności obiektów oznaczono za pomocą różnych rozmiarów kółek – największe przedstawiają najjaśniejsze gwiazdy i planety. Prócz planet na mapce zaznaczono schematycznie obszar Drogi Mlecznej oraz przedstawiono położenie ekliptyki, wzdłuż której w ciągu roku porusza się Słońce. W pobliżu tej linii odnajdziemy wszystkie planety i Księżyc.

Śladem Księżyca i planet

Używając silniejszej lornetki, poszukajmy Ceres w pobliżu Wenus 8 kwietnia wieczorem. 19 kwietnia obok Gwiazdy Wieczornej zobaczymy wąski sierp młodego Księżyca. Trzy dni później Srebrny Glob odwiedzi Jowisza w Bliźniętach.

dr Weronika Śliwa

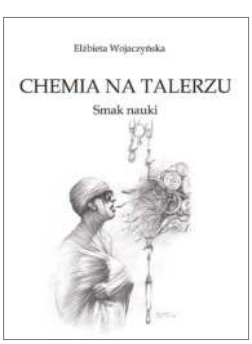


eprasa.pl 9f670bad6d

Chemia na talerzu

Autorka omawia w niezwykle przystępny sposób zagadnienia związane z szeroko pojętą chemią w kuchni. Za swoją działalność edukacyjną otrzymała tytuł Wrocławianki Roku 2025. Poniżej zamieszczamy fragment książki.

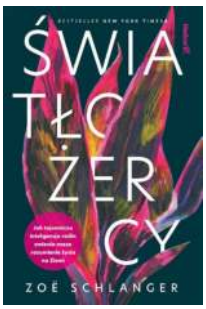
Smak to wrażenie, które powstaje, gdy związki chemiczne z jedzenia stykają się z naszym językiem. Na języku mamy kubki smakowe, które rozpoznają 5 podstawowych smaków, ale smak to tylko część tego, w jaki sposób odbieramy jedzenie. Ważnym zmysłem, który bierze udział w tym procesie, jest również węch. To właśnie zapach w dużej mierze odpowiada za intensywność doznań smakowych – dlatego gdy mamy katar czy zatkany nos, jedzenie wydaje się bez smaku. Smak bez zapachu byłby nudny. To nos rozpoznaje setki aromatów dzięki receptorom w nabłonku węchowym. Kiedy jemy jabłko, aż 80% doznań zmysłowych to w rzeczywistości aromaty, które docierają do nosa podczas oddychania. Związki zapachowe to lotne substancje chemiczne, które w bardzo małych ilościach odparowują z powierzchni żywności i trafiają do naszego nosa, wywołując określone wrażenie węchowe. To one odpowiadają za aromat świeżego ogórka, pieczonej papryki, gotowanej marchewki czy smażonej cebuli. Są niezwykle ważne, ponieważ to głównie dzięki nim rozpoznajemy smaki potraw, zwłaszcza tych gotowanych czy przetwarzanych. W żywności naturalnej występują setki różnych związków zapachowych, m.in. estry, które odpowiadają za owocowe, słodkie zapachy (np. zapach jabłka, banana), aldehydy nadające świeże, czasem cytrusowe nuty (np. heksanal w ogórkach), ketony nadające maślany aromat (diacetyl), terpeny, typowe dla ziół i przypraw (np. limonen w cytrusach, mentol w mięcie), związki siarkowe obecne w cebuli, czosnku, kapuście – często bardzo intensywnie pachnące, pirogeny i związki Maillarda powstające podczas pieczenia i smażenia, tworzące charakterystyczny zapach pieczonego mięsa.
W przemyśle spożywczym wiele z tych związków stosuje się jako substancje aromatyzujące, które mogą być pochodzenia naturalnego (np. wyciągi roślinne) lub syntetyczne, ale nierzadko identyczne z naturalnymi. Dzięki nim możliwe jest np. nadanie smaków jogurtom, napojom, zupom w proszku czy przekąskom. Choć wiele związków zapachowych występuje naturalnie w owocach, warzywach czy przyprawach, to chemicy od lat potrafią je skutecznie syntetyzować w laboratorium. Przykładem może być wanilina, czyli główny związek odpowiedzialny za charakterystyczny aromat wanilii. Naturalnie występuje ona w strąkach wanilii płaskolistnej, jednak jej pozyskiwanie jest kosztowne i czasochłonne, ponieważ wymaga fermentacji i długotrwałego suszenia strąków. W związku z tym w przemyśle spożywczym powszechnie wykorzystuje się syntetyczną wanilinę, która składa się z takich samych cząsteczek jak ta naturalna. To właśnie dlatego w sklepach znajdziemy najczęściej cukier wanilinowy, a nie waniliowy. Są oczywiście tacy, którzy wybiorą droższą przyprawę pochodzenia naturalnego, w której wyczuwają jeszcze inne składniki. Nawiasem mówiąc, dziś jest też możliwa droga otrzymywania waniliny w bardziej naturalny sposób, z wykorzystaniem otrąb ryżowych i bakterii.
Podobnie wygląda sytuacja z wieloma innymi aromatami. Octan izoamylu, znany jako aromat banana, również może być syntetyzowany przez chemików w wyniku reakcji alkoholu izoamylowego z bezwodnikiem kwasu octowego. Benzoesan etylu ma z kolei zapach migdałów lub wiśni i znajduje zastosowanie w aromatyzowaniu napojów czy deserów. Niektóre związki zapachowe, takie jak mentol (miętowy) czy limonen (cytrusowy), mogą być zarówno pozyskiwane naturalnie, jak i syntetyzowane w laboratorium. Ich użycie jest powszechne w kosmetykach, gumach do żucia, perfumach, a także lekach (np. mentol w maściach rozgrzewających lub pastylkach na gardło).
Dzięki rozwojowi chemii organicznej potrafimy nie tylko odtwarzać zapachy natury, ale także kontrolować ich czystość, intensywność i trwałość. W wielu przypadkach syntetyczne związki aromatyczne są nie tylko praktyczniejsze, ale również bezpieczniejsze dla środowiska, gdyż ich produkcja nie wymaga masowej uprawy roślin czy wykorzystania rzadkich surowców naturalnych. Można więc powiedzieć, że chemicy pełnią dziś rolę zapachowych kompozytorów odtwarzających to, co stworzyła natura, a czasem nawet tworzących coś zupełnie nowego.
Związki zapachowe obecne w żywności i otoczeniu to nie tylko kwestia smaku czy przyjemności z jedzenia. Zapachy mają niezwykłą moc wywoływania emocji, potrafią przywołać wspomnienia, poprawić nastrój, a czasem nawet nas uspokoić lub pobudzić. Dzieje się tak dlatego, że zmysł węchu jest bezpośrednio połączony z częścią mózgu odpowiedzialną za emocje, tzw. układem limbicznym. To właśnie dlatego zapach świeżo pieczonego chleba może przywołać ciepłe wspomnienie z dzieciństwa, a lawenda działa relaksująco. Gdy wąchamy kawę lub wanilię, nasz mózg produkuje serotoninę i dlatego te aromaty uspokajają i poprawiają nastrój. Jedzenie bez zapachu to jak opera bez muzyki – niby fabuła jest, ale emocji brak.
Lotne związki odpowiedzialne za nieprzyjemną woń w kuchni to przede wszystkim produkty rozkładu białek i tłuszczów, takie jak związki siarki (np. siarkowodór – H_2S, merkaptany – R–SH), aldehydy (np. heksanal, nonanal), kwasy karboksylowe (np. kwas masłowy) oraz aminy biogenne, takie jak putrescyna i kadaweryna. Związki te charakteryzują się niskimi progami zapachowymi i wysoką lotnością, co powoduje ich łatwe rozprzestrzenianie się w powietrzu. Ich neutralizacja wykorzystuje trzy główne mechanizmy: reakcje kwas–zasada, adsorpcję fizyczną oraz utlenianie chemiczne. Aminy odpowiadające za charakterystyczny zapach ryb, takie jak trimetyloamina, mają charakter zasadowy i reagują z kwasami – najczęściej ich źródłem w kuchni jest sok z cytryny. Powstałe związki (sole amin) są znacznie mniej lotne (trudniej odparowują) i nie pobudzają tak naszego zmysłu węchu.
Z kolei soda oczyszczona może zobojętniać substancje zapachowe o właściwościach kwasowych, np. kwas masłowy powstający podczas jełczenia tłuszczów czy siarkowodór (kojarzący się z zapachem zgniłych jaj).



Elżbieta Wojaczyńska, *Chemia na talerzu. Smak nauki*, Atut 2025

eprasa.pl 9f670bad6d

Światłożercy

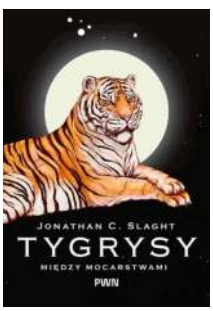


Rośliny nasycają atmosferę Ziemi tlenem, którym oddychamy. Absorbując światło słoneczne i przekształcając je w łatwo przyswajalne węglowodany, dosłownie budują swoje komórki. Tworzą środowisko życia dla zwierząt. Przebywanie wśród nich pozwala się wyciszyć naszym ciałom i umysłom. Świadczą nam nieocenione usługi, ale czy zdajemy sobie w pełni sprawę, czym naprawdę są i jak funkcjonują? Okazuje się m.in., że prowadzą złożone, dynamiczne życie towarzyskie i seksualne. Doświadczają szeregu subtelnych zmysłowych doznań, które zwykliśmy przypisywać jedynie zwierzętom. Wyczuwają rzeczy, których my nie potrafimy sobie nawet wyobrazić, i przetwarzają ogrom niedostrzegalnych dla nas informacji. Co więcej, choć nie mają mózgów, kolejni badacze skłonni są przypisywać im pewien rodzaj inteligencji. Mało tego – wielu botaników dostrzega u roślin przejawy swego rodzaju świadomości.
Autorka książki jest dziennikarką naukową specjalizująca się w tematyce środowiskowej. Nie zalewa zatem czytelnika naukowymi ciężkimi faktami, lecz toczy opowieść lekko i swobodnie.

Zoë Schlanger, *Światłożercy. Jak tajemnicza inteligencja roślin zmienia nasze rozumienie życia na Ziemi*, Helion 2026

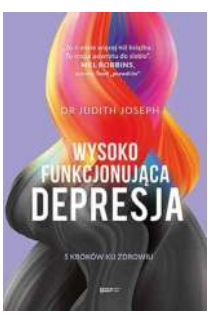
Tygrysy między mocarstwami

Tygrysy amurskie, zwane też syberyjskimi, nie żyją na Syberii (w ujęciu geograficznym), lecz w dorzeczu Amuru na rosyjskim Dalekim Wschodzie. W XX w. naukowcy badali te zwierzęta jedynie w chłodnych miesiącach roku, gdy pozostawiały ślady na śniegu. Podążając ich tropem, zdobywali wiedzę o trybie ich życia, terytoriach łowieckich i ofiarach. W rezultacie zrozumienie ich ekologii, interakcji ze środowiskiem i relacji międzyosobniczych było niepełne. Jeszcze w połowie XX w. całkowite wyginięcie tego gatunku wydawało się nieuniknione. A jednak przetrwał. Jonathan C. Slaght – biolog terenowy – opowiada o pionierskim rosyjsko-amerykańskim Projekcie Ochrony Tygrysów Amurskich, jednych z najdłużej prowadzonych na świecie i najbardziej przełomowych badań nad tymi wielkimi drapieżnikami. Opisuje ekstremalne warunki pracy terenowej – mroźne zimy, dziką tajgę, loty telemetryczne, chwytanie i znakowanie tygrysów – ale także szerszy kontekst historyczny i polityczny: kolonizację Dalekiego Wschodu, upadek Związku Radzieckiego, eksplozję kłusownictwa i międzynarodowy handel częściami ciała tygrysów. To połączenie reportażu przyrodniczego, historii nauki i literatury przygodowej.



Jonathan C. Slaght, *Tygrysy między mocarstwami*, PWN 2026

Depresja wysokofunkcjonująca



Nie jest oficjalnie uznanym zaburzeniem. Wielu ekspertów twierdzi, że nie istnieje, jednak w przekonaniu autorki (jest psychiatrą) żyje z czymś takim wiele osób. Błędnie utożsamia się ją z dystymią (przewlekłe obniżenie nastroju z mniej nasilonymi objawami niż w przypadku depresji), która jednak wiąże się z wyraźnym spadkiem codziennego funkcjonowania. Tymczasem depresja wysokofunkcjonująca pojawia się u osób odnoszących sukcesy, z powodzeniem prowadzących dom i zachowujących wszelkie pozory dobrej formy. Nie zauważają one u siebie depresyjnych nastrojów, ale mają stałe poczucie winy, bo choć osiągnęły wiele (np. w pracy), to ciągle uważają, że to za mało, i nie potrafią cieszyć się sukcesami. Wciąż czują się zmęczone, ale nie potrafią zasnąć z powodu narastającego niepokoju i napięcia. Nie umieją spędzać wolnego czasu na zabawie czy relaksie i przeznaczają go na sprzątanie domu. Osoby dotknięte czymś takim zwykle nie dostrzegają, że z ich życia codziennego uleciała radość.
Jest to więc książka o ludziach, którzy dręczą sami siebie, a ich stan może zamienić się w depresję o ciężkim przebiegu. Czytelnik ma doświadczyć ulgi wynikającej ze zrozumienia, dlaczego czuje się tak, a nie inaczej, i odkrycia, że nie jest w tym sam.
Może zrobić sobie test. Wśród pytań są: czy masz poczucie emocjonalnego odrętwienia lub odcięcia, które utrzymuje się od ponad 2 tyg.?; czy od dłuższego czasu odczuwasz spadek energii lub wypalenie, które utrudniają ci codzienne funkcjonowanie?; czy zmagasz się z poczuciem beznadziei dotyczącym przyszłości lub obecnej sytuacji? Autorka daje rady, jak polepszyć swój stan.
Trzeba np. celebrować jedzenie, uregulować sen, wprowadzić równowagę między obowiązkami zawodowymi a życiem prywatnym, stworzyć listę swoich wartości. Książka jest propozycją dla tych, którzy będą potrafili poradzić sobie sami.

Judith Joseph, *Wysokofunkcjonująca depresja. Pięć kroków ku zdrowiu*, Znak, 2026

eprasa.pl 9f670bad6d

JERZY BRALCZYK

Klątwa

MOCNE SŁOWO – groźne, tajemnicze. Dlatego też pojawia się w tytułach książek i filmów jako atrakcyjny wabik dla odbiorców. Chętnie słuchamy i czytamy o starożytnych i w ogóle dawnych *klątwach*, nawet jeśli nie wierzymy w ich tajemną moc. Takie frazeologizmy jak *klątwa Tutanchamona* są znane nawet tym, co o tym faraonie nic nie wiedzą, a i innych znanych *klątw* jest w kulturze wiele. I, jak to się mówi, nieobca jest nam myśl, że coś w tym musi być.

W swoim, by tak rzec, nadprzyrodzonym wymiarze *klątwa* jest elementem przeznaczenia, konsekwentnie wywołuje całe ciągi nieszczęść, które spadają na tych, co świadomie lub nie dopuszczają się jakichś czynów, albo na całe rody, zazwyczaj bez przewin tych, których *klątwa* dotyka. Ma też wymiar społeczny – polega na dość gwałtownym wykluczeniu jednostki z grupy, ze zbioru wiernych (na przykład *kościelna*, zwana także ekskomuniką, podobny charakter ma anatema) lub z rodziny (na przykład *ojcowska*). *Wtedy* jest aktem językowym, sprawczym, performatywnym, polega na wypowiedzeniu określonej formuły (*Przeklinam!*, *Wyklinam!*, *Bądź przeklęty/przeklęta!*) i ma niejako skutkować automatycznie. Dziś to drugie znaczenie jest na szczęście raczej rzadziej spotykane. A pierwsze pozostaje w sferze nieczęstych wierzeń. Też na szczęście.

Dość jasny i dla wszystkich oczywisty jest związek rzeczownika *klątwa* z czasownikiem *kląć*. To wielka rodzina słów, w której mamy i *przeklinanie* (i to trywialnie wulgarne, i podniosłe), i *wyklinanie*, i *zaklinanie*, a więc i *przeklętych*, i *wyklętych*, i *zaklętych*. *Klniemy* w gniewie i *zaklinamy się na różne świętości*, przysięgając. Te zachowania wydają się odległe od siebie, ale coś je łączy.

Dwie są hipotezy dotyczące etymologii słowa *kląć*. Prasłowiański czasownik *klęti* (i częstotliwe *klinati*) mógł się wziąć z praindoeuropejskiego rdzenia *kel-*, czyli „wołać, krzyczeć, hałasować" – por. łacińskie *clamare*. Chyba ciekawsza (i bardziej prawdopodobna) jest hipoteza druga. *Zaklinając*, *klnąc się na coś*, czyli także przysięgając, a w każdym razie odwołując się do jakichś sił wyższych, nasi przodkowie *kłonili się*, nawet dotykając ziemi palcami dłoni. I to *kłonienie się* (prasłowiańskie *kloniti* znaczyło „pochylać coś"), które miało cechy pokornego rytuału, dało początek nazwom tych magiczno-religijnych zachowań i zjawisk, a w końcu i *klątwie*.

Klątwa jest *nakładana*, *rzucana* (na kogoś), *obkłada* się nią – wiąże się to z wyobrażeniem czegoś fizycznie dolegliwego, ciężkiego (zresztą o *klątwie* mówi się czasem, że *ciężka*). Kiedy jest tylko w stadium zagrożenia, używa się konstrukcji *pod klątwą* – co ma potwierdzać prawdziwość, rzetelność zobowiązania czy przysięgi. Gdy *klątwa* wchodzi w stadium realności, to *spada* na zainteresowanego (raczej niezainteresowanego tym), *przygniata* go i *ciąży na* nim. Wtedy oczywiście, gdy się *spełnia* lub *wypełnia* – tak jak to bywa z przeznaczeniem, czyli fatum. I mówimy, że *prześladuje*, co dodatkowo wskazuje na jej ciężki i przykry charakter. Daje się czasem *odwrócić* lub *przełamać*, bywa też *zdejmowana* lub *zniesiona*. Ale zazwyczaj nie ma co na to liczyć.

Zaklinając, *klnąc się na coś*, czyli także przysięgając, a w każdym razie odwołując się do jakichś sił wyższych, nasi przodkowie *kłonili się*, nawet dotykając ziemi palcami dłoni.

To, co w *klątwie* ciężkie, ponure i bolesne, co niemal nieodwracalne i jednocześnie tajemnicze, stanowi o jej kulturowej wartości, a także o współczesnej medialnej atrakcyjności. Lubimy *klątwy*, bo na ogół wiemy, że jeśli nawet jest w nich jakieś jądro prawdziwości, to nas nie dotyczą. My co najwyżej mamy pecha. Taki los.

Fot. Agnieszka Łukaszewicz/iFoto

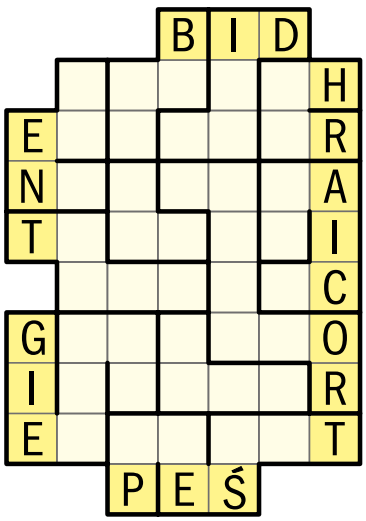
eprasa.pl 9f670bad6d

PUZELAND

MAREK PENSZKO

PANTROPA

Słowa odgadywane na podstawie objaśnień należy wpisywać do korytarzy między grubymi liniami. Miejsce i kierunek wpisu każdego – do odgadnięcia; podpowiedziami są ujawnione „brzegowe" litery większości słów (poza dwoma niesięgającymi brzegu). Wszystkie wpisane litery czytane rzędami poziomymi w jasnym prostokącie utworzą rozwiązanie końcowe – aforyzm angielskiego poety Williama Blake'a.



Objaśnienia:

- Adam, Ewa lub Hermenegilda
- część aktu dramatu albo przedstawienia teatralnego
- ... Gillespie – trębacz i wokalista jazzowy, twórca scatu
- dodekaedru – każda z tuzina
- wielki książę, dziadek założyciela dynastii Jagiellonów
- jednostka, która ma taki sam skrót jak symbol najlżejszego pierwiastka
- medytacyjna odmiana buddyzmu
- pierwszy etap w większości gier w karty
- stop dawniej zwany spiżem
- szczelina dla światła lub obserwatora
- szczyt, na który może wspiąć się Słońce

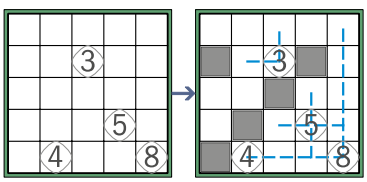
OBSERWATORZY

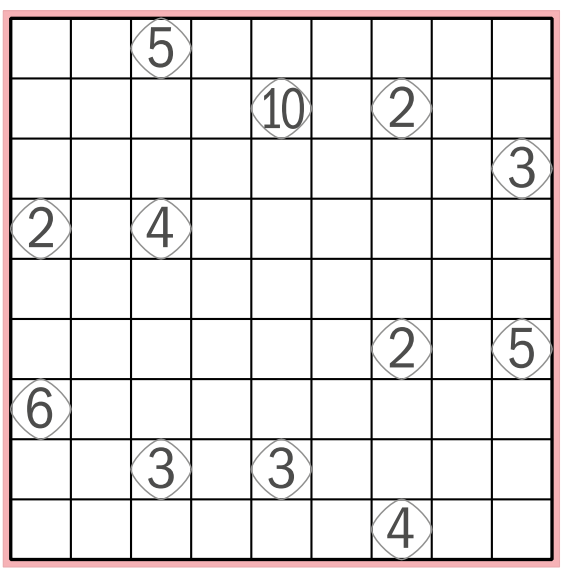
Na każdym polu z liczbą stoi obserwator i widzi w poziomie i w pionie tyle jasnych pól, ile wynosi podana liczba (wlicza się pole zajmowane przez tę liczbę oraz inne pola z liczbami). Zasięg widzenia ograniczają ukryte ciemne pola. Zadanie polega na ujawnieniu tych ukrytych pól, czyli praktycznie na zaczernieniu odpowiednich jasnych kratek.

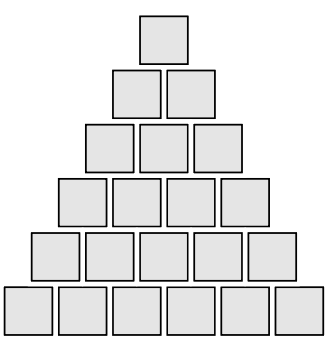
Ciemne kratki nie mogą:

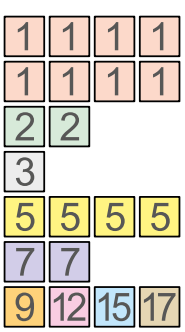
– być w polach z liczbami;
– stykać się bokami;
– dzielić diagramu na części, stykając się rogami (wszystkie jasne pola powinny tworzyć jeden wielokątny obszar – zwykle dość „pokrętny").

Przykład









MAGIA NA 102

Z 21 bloków z liczbami, których suma równa jest 102, należy zbudować przedstawioną obok sześciopiętrową piramidę magiczną. Byłoby to proste, gdyby magia polegała na tym, że suma liczb na każdym piętrze miałaby być taka sama. Magiczne warunki są jednak nieco inne:

1. Sumy liczb na kolejnych piętrach, zaczynając od podstawy, powinny tworzyć złożony z sześciu liczb ciąg arytmetyczny malejący o najmniejszą możliwą różnicę.
2. Liczby na każdym piętrze (oprócz szczytu) powinny być ustawione w kolejności od najmniejszej do największej (ciąg niemalejący).

TERCET Z KWADRATAMI

Z sześciu różnych cyfr utworzono trzy liczby dwucyfrowe dodatnie, takie że:

- suma każdych dwu jest kwadratem;
- suma wszystkich trzech jest najmniejsza możliwa;
- żadna liczba nie zaczyna się zerem.

Jakie to liczby?

Rys. Marek Penszko

Rozwiązania w następnym numerze.

eprasa.pl 9f670bad6d

WIEDZA I ŻYCIE
TWOJE PISMO O NAUCE

nr 1096 ukazuje się od 1910 roku
regularne wydania od 1926 roku

www.wiz.pl

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

Redakcja „Wiedzy i Życia"
e-mail: wiedzaizycie@wiz.pl
Redaktor naczelna
OLGA ORZYŁOWSKA-ŚLIWIŃSKA
e-mail: o.orzylowska@wiz.pl
Sekretarz redakcji
GRAŻYNA NAWROCKA
Redaktor
RENATA BUBROWIECKA
Opracowanie graficzne i łamanie
KRZYSZTOF SZCZYGIELSKI
Projekt okładki
KRZYSZTOF SZCZYGIELSKI
Fotoedycja
MARCIN KAPICA
Korekta
GRAŻYNA NAWROCKA
Współpracownicy
PRZEMEK BERG, JERZY BRALCZYK, MIROSŁAW DWORNICZAK, ANDRZEJ HOŁDYS, JUSTYNA JOŃCA, KATARZYNA KORNICKA-GARBOWSKA, KAMIL NADOLSKI, EWA NIECKUŁA, KRZYSZTOF SZYMBORSKI, WERONIKA ŚLIWA, PAWEŁ WALEWSKI
Rada Naukowa
Prof. dr hab. EWA BARTNIK
Prof. dr hab. MAREK DEMIAŃSKI
Prof. dr hab. MICHAŁ KLEIBER
Prof. dr hab. ANDRZEJ KAJETAN WRÓBLEWSKI
Wydawca
POLITYKA Sp. z o.o. SKA
ul. Słupecka 6, 02-309 Warszawa
tel. 22 451 61 33/34
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl
Prezes zarządu
JERZY BACZYŃSKI
Dyrektor wydawniczy
PIOTR ZMELONEK
tel. 22 451 61 33/34
Biuro reklamy, kampanii i projektów specjalnych
IZABELA KOWALCZYK-DUDEK, Dyrektor
Tel. 22 451 61 45,
e-mail: reklama@polityka.pl
Dział Dystrybucji
MARCIN PAŚNICKI, kierownik
e-mail: dystrybucja@polityka.pl
Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu
e-mail: gpsr@polityka.pl
Druk
P/mint House of Print Sp. z o.o. P/mint
Copyright © POLITYKA Sp. z o.o. SKA 2026
Wszelkie prawa zastrzeżone
Przedruki po uzyskaniu zgody Wydawcy.
Kontakt: Justyna Sadowska
tel. 22 451 61 50
e-mail: przedruki@polityka.pl

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.

Nakład Kontrolowany NAKŁAD KONTROLOWANY

Listy czytelników

Dzień dobry
W artykule „Chemia białego śladu" jest informacja o próbach wykorzystania „czegoś w rodzaju sztucznego cyklu kredowego" do wychwytywania CO_2 z gazów przemysłowych. Zastanawiam się nad energetycznym i logicznym sensem takiego rozwiązania. Przecież początkiem tego cyklu jest wytworzenie CaO, które nie dość, że powoduje uwolnienie tej samej ilości CO_2 dotychczas chemicznie związanego w $CaCO_3$, to jeszcze wymaga dostarczenia do reakcji znacznych ilości ciepła (czyli znów spalenia paliwa i kolejnej emisji CO_2). A więc masowy bilans CO_2 w takim cyklu byłby niekorzystny, chyba że CaO lub $Ca(OH)_2$ pochodziłyby z innych źródeł, ale nie z cyklu kredowego. Podobnie nie rozumiem, w jaki sposób dodatek węglanu wapnia do farb mógłby „pochłaniać CO_2 i wiązać go w trwałych formach", skoro sam węglan wapnia stanowi taką trwałą formę i nie jest w stanie chemicznie związać więcej dwutlenku węgla (wodorowęglan wapnia nie jest stabilny, co wspomniano wcześniej w artykule). Być może chodzi o fizyczne uwięzienie CO_2 w mikroporowatym węglanie wapnia niczym w gąbce, ale na chłopski rozum to nie byłby ani samoczynny proces (wymaga wtłoczenia pod ciśnieniem, czyli znów dołożenia energii wytworzonej z paliw), ani taka forma nie byłaby trwała, bo każdy zewnętrzny bodziec mechaniczny by ją naruszał (podobnie jak dzięki mikroszczelinowaniu wydobywa się gazy łupkowe). Pewnie dałem się złapać na jakieś skróty myślowe, więc może Autorka naprowadzi mnie na właściwy trop?

POZDRAWIAM
MAREK, NOWY SĄCZ

Szanowny Panie Marku
Bardzo dziękuję za uważną lekturę i trafne pytania. Ma Pan rację: gdyby „sztuczny cykl kredowy" polegał po prostu na wypalaniu $CaCO_3$ do CaO, a potem ponownym wiązaniu CO_2, to bilans nie miałby sensu klimatycznego – bo przy wypalaniu uwalniamy dokładnie tyle CO_2, ile później możemy związać, a dodatkowo trzeba dostarczyć energię. W badaniach, o których wspominam, chodzi jednak o co innego: o wychwytywanie CO_2 z już istniejących emisji przemysłowych (np. z cementowni, elektrowni, spalarni odpadów, hut czy zakładów chemicznych), zanim trafi on do atmosfery. Sens takiego rozwiązania zależy od tego, skąd pochodzi energia do całego procesu i czy wychwycony CO_2 jest dalej magazynowany lub wykorzystywany.

Jeśli chodzi o farby – sam węglan wapnia rzeczywiście nie może „pochłonąć więcej" CO_2. W tym przypadku chodzi o obecność składników wapiennych (np. $Ca(OH)_2$), które w kontakcie z powietrzem wiążą CO_2 chemicznie, a nie przez fizyczne „uwięzienie w porach". Dziękuję za czujność – takie pytania są bardzo cenne.

Z WYRAZAMI SZACUNKU
JUSTYNA JOŃCA

Sprostowanie
W lutowym numerze w sygnale „Mała epoka lodowa rozgrzała Pacyfik" można przeczytać wskutek pomyłki redakcyjnej: „Minimalna aktywność naszej gwiazdy wiąże się z obecnością dużej ilości plam na jej powierzchni". Chodziło o maksymalną aktywność. Przepraszamy.

REDAKCJA

Odpowiedź na list (odręcznie napisany) od p. Rafała Dylewskiego z Gliwic
Jeszcze kilkanaście lat temu też uważałem, że błękit pruski i błękit Turnbulla to dwa różne związki. Dziś mam jednak inną opinię, ponieważ dotarłem do istotnych informacji na ich temat. Faktem jest, że syntetyzuje się je różnymi drogami, ale po dokładnym oczyszczeniu i zbadaniu kilkoma precyzyjnymi metodami fizykochemicznymi (m.in. dyfrakcja rentgenowska oraz spektroskopia Mössbauera) okazuje się, że związki te są po prostu identyczne. Jak twierdzą badacze, jest to prawdopodobnie wynikiem procesu przeniesienia ładunku (w tym przypadku elektronu) pomiędzy centralnym atomem żelaza a tym, który jest formalnie przeciwjonem, czyli Fe(II) i Fe(III). Może to wyglądać tak, jakby atomy zamieniły się miejscami, co oczywiście się nie dzieje. Reakcja przeniesienia elektronu jest bardzo szybka. Podczas syntezy w mieszaninie są dodatkowe związki, jak też mamy inną wielkość kryształów, stąd też delikatna różnica w barwie osadu (przyznam, że sam nigdy jej nie dostrzegałem). Mam nadzieję, że moje wyjaśnienie jest wystarczająco klarowne. A na sam koniec: też nie wiem, czy zieleń pruska nadaje się do barwienia mundurów. Doczytałem jednak, że stosuje się ją jako związek wykazujący właściwości elektrochromowe (odwracalnie zmienia kolory zielony-niebieski-bezbarwny).

MIROSŁAW DWORNICZAK

Zapraszamy **do pisania listów** na adres **wiedzaizycie@wiz.pl**

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z MARCOWEGO PUZELANDU

Mastermind. 80736.

Równowagi. Kolejne odważniki na górnej belce: 7, 5, 4; na środkowych belkach: 1, 2, 8, 6; na dolnej belce: 9, 3.

Pierwsza para. Tylko 2 i 5 tworzą parę liczb pierwszych, których suma i różnica są liczbami pierwszymi.

Wiedzówka. Poziomo (rzędami od góry): pokos, zderzak, zamek, stumetrówka, Matołek, Atenka, unia, kartoteka, Akra, bakszysz, okapi, myszy, sambo, Ghana, gamma.

Pionowo (kolumnami od lewej): przysmak, borg, tatarak, komputer, kasa, Montespan, szkiełko, Zima, teatry, Newark, smog, ukazy, czerwonak, rozum, ikebana.

Numer majowy „Wiedzy i Życia" trafi do kiosków 29 kwietnia 2026 r.

eprasa.pl 9f670bad6d

PRENUMERATA „WIEDZY I ŻYCIA”

Prenumeruj druk

KUP TERAZ

Prenumerata roczna
149 zł

Prenumerata półroczna
90 zł

Klasyczne, papierowe wydanie „Wiedzy i Życia” 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 „Wiedzy i Życia” i „Świata Nauki” w ramach dostępu do codziennego serwisu naukowego Pulsar.

Prenumeruj w pakiecie ze „Światem Nauki”

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@wiz.pl

sklep.polityka.pl

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

eprasa.pl 9f670bad6d

Politechnika Wrocławska

STYPENDIUM

SOLARIS

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

Elitarny program wsparcia dla wybitnie uzdolnionych kandydatów na studia

Oferujemy:

- **realizację indywidualnego planu rozwoju**
- **wsparcie opiekuna naukowego**
- **wypłatę stypendium przez 12 miesięcy w roku**
- **miejsce w domu studenckim**

SPRAWDŹ SZCZEGÓŁY

rekrutacja.pwr.edu.pl

eprasa.pl 9f670bad6d