

ŚWIATNAUKI

POLSKA EDYCJA

swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

# SCIENTIFIC AMERICAN

Wrzesień 2024 nr 9 (397)

Cena 16 zł 99 gr (w tym 8% VAT)

Paradoksy  
fizyki kwantowej

Zaburzenia lękowe  
u nastolatków

Pióra – fascynujący  
twór ewolucji

## Życie po życiu

Co się dzieje  
z mózgiem  
w chwili śmierci?

ŚWIATNAUKI 9/2024









NEURONAUKA

**24 ZA ZASŁONĄ**

Co doświadczenie bliskie śmierci mówi nam o ludzkiej świadomości.

RACHEL NUWER

BIOLOGIA

**30 PIERZASTY**

**ODLOT**

Nowe dane na temat współczesnych i kopalnych ptaków ujawniają fascynującą biologię piór.

MICHAEL B. HABIB

FIZYKA

**42 KWANTOWY**

**OBSERWATOR**

W mechanice kwantowej wyniki zależą od obserwacji, ale czy obserwator musi być człowiekiem?

ANIL ANANTHASWAMY

PSYCHOLOGIA

**50 UWOLNIĆ**

**NASTOLATKI OD LĘKU**

Badania nad rozwijającym się mózgiem wskazują nowe podejście do pomagania młodym ludziom z zaburzeniami lękowymi.

BJ CASEY I HEIDI MEYER

PSYCHOLOGIA

**56 RODZINNA**

**DEFENSYWA**

Rodzice próbują chronić swoje dzieci z grupy LGBTQ przed zagrożeniami, które w USA niesie lawina dyskryminacyjnych przepisów.

MARLA BROADFOOT



**6 SKANER**

Drony a bioróżnorodność • Złodziej genów  
 • Dylemat komiwojażera • Dyskryminująca literatura dla dzieci • Skąd się biorą uprzedzenia • Światło zamiast ścierki • Niekologiczny zielony dywan

**18 MATEMATYKA**

Jak Guinness zrewolucjonizował naukę  
 JACK MURTAGH

**20 Q&A**

Możemy żyć w wieloświecie  
 SARAH SCOLES

**22 ZDROWIE**

Wolontariat receptą na zdrowie psychiczne nastolatków  
 LYDIA DENWORTH

**66 SIŁA MYŚLI**

Mowa przekształca się w tekst, który „widzę”  
 EMILY MAKOWSKI

**70 UMYSŁ GIĘTKI**

Figura na cenzurowanym  
 MAREK PENSZKO

**74 WARTO WIEDZIEĆ**

**75 OBSERWACJE**

Falszywa obietnica CCS  
 NAOMI ORESKES

**76 FAKTOGRAF**

Kluczowe składniki odżywcze  
 CLARA MOSKOWITZ, JEN CHRISTIANSEN, MIRIAM QUICK

**80 ARCHIWUM**

Niesymetryczna planeta • Zegar kwarcowy z lamusa • Środek na krzywicę • Zwierzęcy meteorolodzy • Żywe deszcze

**OKŁADKA**



Czym jest doświadczenie bliskie śmierci (near-death experience, NDE), stan, o którym mówią osoby, które przeżyły śmierć kliniczną? Ich opisy mają kilka elementów wspólnych, ale się nie pokrywają. Doświadczenie jest przyjemne, ale nie jest to regułą. Niektórzy nie doświadczają niczego. Jak próbuje to zjawisko wyjaśnić nauka i co mówi ono o ludzkiej świadomości?

Ilustracja nednapa/Shutterstock  
 Projekt okładki Jolanta Kotas



Stuart Cable © RBG Kew

6



Ilustracja Jay Benitt

22



# PRENUMERATA „ŚWIATA NAUKI”

SWIATNAUKI  
**SCIENTIFIC  
AMERICAN**

## Prenumeruj **druk**



Prenumerata roczna

**169 zł**

Prenumerata półroczna

**89 zł**

**KUP TERAZ**



## Prenumeruj **druk i Pulsar**



**KUP TERAZ**



Prenumerata roczna

**259 zł**

Prenumerata półroczna

**149 zł**

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

## Prenumeruj **druk w pakiecie z „Wiedzą i Życiem”**



Prenumerata roczna

**259 zł**

Prenumerata półroczna

**139 zł**

**KUP TERAZ**



**Darmowa dostawa**  
co miesiąc pod  
wskazany adres



**Gwarancja**  
stałej ceny

**MASZ  
PYTANIA?**



**+48 22 336 75 60**

(pon.-pt. w godz. 8:00-18:00)



**prenumerata@swiatnauki.pl**

**sklep.polityka.pl**

**Zapraszamy na wygodne zakupy!**

Dla siebie i bliskich. Kupuj dla szkoły, firmy, instytucji.

[www.projektpulsar.pl](http://www.projektpulsar.pl)

**Prenumerata**

[www.sklep.polityka.pl/sn](http://www.sklep.polityka.pl/sn)  
e-mail: [prenumerata@swiatnauki.pl](mailto:prenumerata@swiatnauki.pl)  
tel. 22 336 75 60

**Redaktor naczelny**

Elżbieta Wieteska  
e-mail: [ewieteska@swiatnauki.pl](mailto:ewieteska@swiatnauki.pl)  
tel. 605 435 405

**Kontakt z redakcją**

[redakcja@swiatnauki.pl](mailto:redakcja@swiatnauki.pl)

**Korekta**

Mariola Będkowska

**Redakcja techniczna, skład i łamanie**

Jolanta Kotas  
e-mail: [j.kotas@swiatnauki.pl](mailto:j.kotas@swiatnauki.pl)

**Wydawca**

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

**Prezes zarządu**

Jerzy Baczyński

**Dyrektor wydawniczy**

Piotr Zmelonek  
tel. 22 451 61 33/34

**Dyrektor biura reklamy**

Izabela Kowalczyk-Dudek  
tel. 22 451 61 36  
e-mail: [reklama@polityka.pl](mailto:reklama@polityka.pl)

**Dział Dystrybucji**

Marcin Paśnicki, kierownik  
e-mail: [dystrybucja@polityka.pl](mailto:dystrybucja@polityka.pl)

Druk **Quad**

Copyright © **POLITYKA** Sp. z o.o. SKA 2024

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

**SCIENTIFIC AMERICAN**

**Editor in Chief** Laura Helmuth

Managing Editor **Jeanna Bryner**

Copy Director **Maria-Christina Keller**

Creative Director **Michael Mrak**

Chief Features Editor **Seth Fletcher**

Chief News Editor **Dean Visser**

Chief Opinion Editor **Megha Satyanarayana**

**President** Kimberly Lau

Publisher and Vice President **Jeremy A. Abbate**

Vice President, Product and Technology **Dan Benjamin**

Vice President, Commercial **Andrew Douglas**

Vice President, Content Services **Stephen Pinock**

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

## Drodzy Państwo,

boimy się śmierci – swojej, najbliższych. Nie przejmujemy się raczej tym, że nie istnieliśmy przed swoim narodzeniem, utyskujemy na codzienność, a jednak nie chcielibyśmy się z nią rozstać. No i sam moment „przejścia” przeraża. Są jednak ludzie, którzy byli bliscy śmierci i najczęściej twierdzą, że to raczej wspaniałe doświadczenie, że z żalem powrócili na ten ziemski padół. A co mówi na ten temat nauka? Czy te wspomnienia da się jakkolwiek eksperymentalnie zweryfikować? Czy wynikają z zasad funkcjonowania naszego mózgu? Stan wiedzy na ten temat poznają Państwo w artykule na s. 24

Nie mniej zagadkowe wydają się zagadnienia z nauk jak najbardziej ścisłych, a konkretnie fizyki kwantowej, w której ważną rolę odgrywa obserwator. Czy musi on być człowiekiem? Czy może tylko sztuczną inteligencją? I na czym dokładnie polega obserwacja? (s. 42)

W tekście na s. 30 autor analizuje ewolucję ptasich piór. Ich zróżnicowanie, złożoność budowy i funkcjonalność zadziwia, a lot na wzór ptasi nadal pozostaje poza możliwościami człowieka. To prawdziwy cud natury.

We wrześniu rozpoczyna się rok szkolny – wtedy nasza uwaga szczególnie skupia się na dzieciach, w tym nastolatkach. Coraz częściej młodzi ludzie mają problemy z psychiką, paradoksalnie przyczyniają się do tego media społecznościowe. Jak pomóc dorastającemu człowiekowi, jak go uwolnić od lęków? (s. 50)

Z dorastaniem może wiązać się kolejny problem – nieidentyfikowanie się z płcią przypisaną przy urodzeniu. Ostracyzm, brak akceptacji przez otoczenie może prowadzić do tragedii. Opoką powinna być w takiej sytuacji rodzina. Nie zawsze jednak tak jest, a jeśli nawet, to jest to dla rodziców niebinarnego dziecka trudne – może dla nich samych nie stanowić problemu, ale nie spotyka się ze społecznym zrozumieniem. Muszą chronić swoje ukochane dziecko przed zranieniem przez innych ludzi i jest to czasem walka istic heroiczna (s. 56).

Zapraszam do lektury,

Elżbieta Wieteska

Drodzy Czytelnicy,

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

Życzymy przyjemnej lektury!

### TŁUMACZE, AUTORZY I KONSULTANCI BIEŻĄCEGO NUMERU

mgr Joanna Burek

Katedra Matematyki Stosowanej

Politechnika Lubelska

dr Michał Czerny

dr n. med. Ewa Grabowska

Andrzej Hołdys

mgr Marek Krośniak

Biblioteka Jagiellońska

Marek Penszko

dr Marcin Ryszkiewicz

Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.

Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł wyraźnie anonimową publikację.

Sprzedż aktualnych i archiwalnych numerów czasopisma po cenie innej niż wydrukowana na okładce jest działaniem na szkodę wydawcy i skutkuje odpowiedzialnością sądową.

# Pieniądze, dobre warunki pracy i szacunek – tego polscy lekarze będą szukać za granicą

## 13% studentów ostatniego roku medycyny planuje emigrację. Co ich motywuje i jak można ich zatrzymać w Polsce?

**P**rocent studentów ostatniego roku uczelni medycznych, którzy są zdecydowani po zakończeniu edukacji w Polsce wyjechać do pracy za granicę, spada z roku na rok – od 20% w 2022 r. do 13% w 2024 r. Motywacje przyszłych medyków mówią wiele nie tylko o warunkach pracy w polskim systemie opieki zdrowotnej, ale też o sytuacji społeczno-politycznej. Po raz trzeci ich plany na przyszłość – nie tylko wyjazdowe – zbadał Ośrodek Badań nad Migracjami Uniwersytetu Warszawskiego\*.

### Kardiologzy w publicznych szpitalach

O swoich planach na przyszłość opowiedziało 664 studentów i studentek VI roku z 13 polskich uczelni medycznych. W większości (94%) zamierzają oni pracować w zawodzie. Najpopularniejsze specjalizacje to kardiologia (12%), pediatria (11%), anestezjologia i psychiatria (po 10%). Rok wcześniej pediatria była pierwsza, a za nią ginekologia i położnictwo. Kierunki kształcenia znajdujące się na liście ministerialnych specjalizacji deficytowych, które mogą być szczególnie potrzebne w nadchodzących latach z uwagi na wyzwania demograficzne i zdrowotne (geriatria, onkologia), nie cieszą się zainteresowaniem respondentów tegorocznego i wcześniejszych badań. Przyszli lekarze chcieliby pracować w szpitalach publicznych w miastach wojewódzkich (33%) i w szpitalach klinicznych (31%). Trzecią najczęściej wskazywaną odpowiedzią był publiczny szpital w mieście

powiatowym (15%). 17% badanych zamierza pracować w prywatnym systemie ochrony zdrowia, w tym 8% planuje własną praktykę.

### Plany migracyjne przyszłych medyków

Większość ankietowanych studentów medycyny sceptycznie podchodzi do możliwości wyjazdu z kraju – 17% (o 4% więcej niż rok wcześniej) zdecy-

rane przez 1/3 ankietowanych. Ważną informacją dla decydentów powinien być przewidywany termin emigracji: 57% zamierza opuścić Polskę po zrobieniu specjalizacji, a 30% po stażu. – To kluczowa informacja, bo oznacza, że decyzje będą zależeć od tego, jak młodzi lekarze ocenią polski system, gdy się już z nim zetkną jako pełnoetatowi pracownicy – mówi dr Dominika Pszczółkowska z Ośrodka Badań nad Migracjami Uniwersytetu Warszawskiego, współautorka badania.

Czego młodzi medycy zamierzają szukać za granicą? Wyższego niż w Polsce wynagrodzenia i lepszych warunków pracy w sprawnej działającym systemie opieki zdrowotnej. Rok wcześniej najczęściej wskazywaną motywacją do wyjazdu była sytuacja społeczno-polityczna, a wśród istotnych jej aspektów m.in. dostęp do aborcji. W 2024 r. jest to piąta pozycja. We wcześniejszych edycjach badania wśród najczęściej wskazywanych czynników przemawiających za migracją pojawił się hejt i mowa nienawiści wobec lekarzy. W tym roku również 80% ankietowanych uznało te zjawiska za czynnik zachęcający do emigracji. – Pytani w wywiadach, co przez to rozumieją, respondenci wskazywali na retorykę rządzących np. w trakcie pandemii Covid, ale też na zachowania pacjentów, komentarze w internecie – wyjaśnia dr Pszczółkowska. Tegoroczna ankieta po raz pierwszy dotyczyła sprawy mobbingu wyższych rangą pracowników wobec młodszych – zdaniem większości respondentów (82%) jest to powszechny problem.



dowanie odrzuca migrację. Jednocześnie 13% badanych uważa wyjazd za swój bardzo lub najbardziej prawdopodobny scenariusz zawodowy. Przewidują wyjazd „na lata”, ale też nie precyzują jeszcze planowanej długości pobytu. Niezmiennie popularnym kierunkiem wyjazdu są Niemcy, wybie-

\* Projekt finansowany jest przez Narodowe Centrum Nauki, program Opus 20, umowa UMO-2020/39/B/HS5/00464.



# SKANER

EKOLOGIA

## Technika w służbie przyrody

Jak drony pomagają ratować bioróżnorodność

W **BADANIU OPUBLIKOWANYM** niedawno w „Plants, People, Planet” badaczka Jenny Williams, starsza specjalistka od analizy przestrzennej z Royal Botanical Gardens Kew, objaśnia, jak wykorzystanie dronów może pomóc w zapobieganiu utracie bioróżnorodności Madagaskaru z powodu nielegalnego wylesiania.

Analiza, skoncentrowana na tropikalnych lasach wilgotnych w regionie Ambohimahasina w południowej części wyspy, opiera się na 2400 ultrawysokiej rozdzielczości fotografiach wykonanych z użyciem dronów SenseFly eBee Plus przez autorkę artykułu. Badania objęły obszar 27 km<sup>2</sup>. Uzyskane dane pozwoliły stworzyć skuteczny system alarmowy działający w czasie niemal rzeczywistym i umożliwić agencjom rządowym i lokalnym społecznościom skuteczne wdrożenie polityki zarządzania lasami i ich ochrony.

Madagaskar słynie ze swojej wyjątkowej bioróżnorodności – jego przyroda ewoluowała przez ponad 80 mln lat w prawie całkowitej izolacji od reszty świata. Ponad 80% gatunków roślin i ponad 90% zwierząt tej wyspy nie występuje nigdzie indziej na naszej planecie. Temu niezwykle bogactwu przyrodniczemu towarzyszy bieda mieszkańców kraju – Madagaskar to jedno z najuboższych państw świata.

Las Ambohimahasina jest częścią Ambositra-Vondrozo Forest Corridor Natural Resource Reserve (COFAV), rejonu o szczególnie bogatej bioróżnorodności, jednego z ostatnich nietkniętych obszarów leśnych Madagaskaru. Nawet jednak i on, mimo formalnej ochrony, jest zagrożony wylesieniem.

Od lat madagaskarskie tropikalne lasy suche padają ofiarą nielegalnej wycinki,



głównie z powodu popytu na drewno opałowe i węgiel drzewny. Inne systemowe przyczyny tego stanu to błędy organizacyjne, korupcja, nieskuteczna egzekucja przepisów. Przede wszystkim jednak, jak podkreśla Williams, bieda – dla większości

wiejskiej ludności Madagaskaru pobliskie lasy są podstawowym źródłem zasobów, co wywiera na nie ogromną antropopresję.

Aby poznać, gdzie dokładnie i z jakich przyczyn dochodzi do wylesiania, Williams, we współpracy z Kew Madagascar



DONIESIENIA Z LABORATORIÓW



Obszar wylesienia widoczny z drona.

Dron wykorzystany w opisanym badaniu (SenseFly eBee Plus) różni się od powszechnie dostępnych – przypomina budową samolot i na podobnej zasadzie lata.

Stuart Cuthie © RBG Kew

Jenny Williams © RBG Kew



Conservation Centre (KMCC) – działającym od 1986 roku i zatrudniającym w tej chwili około 60 miejscowych pracowników – przez dziewięć ostatnich lat monitorowała Madagaskar z użyciem dronów. Badania ujawniły niestety liczne na terenach chronionych miejsca nielegalnego wyrębu, a także karczowania drzew w celu przeznaczenia ziemi pod uprawy. Dwa największe obszary wylesień, 412 i 86 ha, znajdują się w pobliżu ludzkich siedzib.

Aby rozwiązać problem nielegalnego wylesiania badacze współpracują z pozarządową organizacją Ny Tanintsika, dostarczając jej dokładne mapy sporządzone dzięki dronom. W finansowaniu projektu bierze m.in. udział organizacja charytatywna Feedback Madagascar, lokalni partnerzy oraz SOS Lemurs initiative, International Union for Conservation of Nature (IUCN) i Global Forest Watch (GFW).

Nielegalny wyręb to niejedyna przyczyna utraty bioróżnorodności na Madagaskarze. Kolejną są pożary. Pożarom trudno zapobiec, ale można sprawić, żeby lasy były na nie odporniejsze. A do osłabienia tej odporności przyczynia się w dużej mierze pozyskiwanie z lasów przez miejscową ludność bulw pochrzynu. Pochrzyn, inaczej yam, to wieloletnie pnącze z bulwiastymi kłączami. Na Madagaskarze występuje przynajmniej jego 45 gatunków, niemal wszystkie są



Jenny Williams © RBG Kew



Roger Rejmanianon © KMCC

Jenny Williams, autorka badania.



Jenny Williams © RBG Kew

Współpraca z miejscową ludnością jest kluczowa dla powodzenia projektu.

endemiczne. W okresie suszy stanowią dla ludzi podstawowe pożywienie. Ponadto Madagaskar to jeden z 10 krajów najbardziej zagrożonych zmianami klimatu – według szacunków United States Agency for International Development (USAID).

Ochrona lasów tropikalnych lasów suchych nie polega wyłącznie na przeciwdziałaniu wylesianiu. Trzeba utracone lasy odtwarzać – umiejętnie i nie zapominając o dobrostanie ludzi. Badacze z RBG KEW w realizacji tego celu wyróżniają kilka etapów. Najpierw należy wytypować gatunki – takie, które przetrwają w trudnych warunkach, są odporne na pożary, szybko rosną, łatwo się rozmnażają. Potem trzeba

wybrać odpowiednie miejsce – niewielki wylesiony obszar, blisko ludzkich siedzib i macierzystego lasu, co ułatwi odnowę – oraz porę sadzenia sadzonek – gdy padają deszcze, ale okoliczni mieszkańcy nie są zbyt zajęci uprawą roli.

Kolejny krok to zapewnienie lokalnym społecznościom alternatywnych źródeł dochodu (temu służy na przykład osobny projekt realizowany przez RBG KEW dotyczący promocji upraw pochrzynu zamiast pozyskiwania go z lasów). Ostatni etap to skrupulatne monitorowanie efektów wprowadzanych zmian i ewentualna korekta. Bo proces przywracania lasów jest niezwykle kosztowny i pieniądze nie mogą zostać zmarnowane. I na tym etapie znów przydaje się technika, a w szczególności drony.

*Elżbieta Wieteska*



GENETYKA

# Korzystne geny

Skradzione bakteryjne DNA pomogło mączlikom stać się groźnymi szkodnikami

**MAŁE, ŻYWIĄCE SIĘ** sokiem mlecznym mączliki sieją spustoszenie w rolnictwie, roznosząc wiele wirusów i zostawiając lepka, sprzyjającą rozwojowi pleśni maź na ponad 500 gatunków roślin, na których żerują. Opublikowane ostatnio w „Science Advances” wyniki badań ujawniają sekret ich znacznej siły oddziaływania. Naukowcy pod kierownictwem Youjuna Zhanga z Chińskiej Akademii Nauk Rolniczych odkryli,



że te natrętne szkodniki nabyły genów bakteryjnych, które pozwalają im przetwarzać azot z wielką wydajnością.

„Azot wprawia świat w ruch” – twierdzi biolog ewolucyjna Naomi Pierce z Harvard University. Zwierzęta wykorzystują aminokwasy zawierające azot

do wytwarzania białek i DNA, ale w tych procesach powstają toksyczne produkty uboczne. Niektóre owady współpracują z bakteriami symbiotycznymi, które przetwarzają użyteczny azot z tych odpadów.

Z nowych badań wynika, że mączliki zrezygnowały z tego partnerstwa miliony lat temu, włączając do swojego własnego DNA dwa geny odpowiedzialne za recykling azotu pochodzące z bakterii. Ted Turlings, ekolog chemiczny ze szwajcarskiego

l’Université de Neuchâtel, uważa, że wirusy wyspecjalizowane w przenoszeniu DNA prawdopodobnie przejęły te geny od bakterii i przypadkowo umieściły je w genomie owada. Proces ten zwany jest poziomym transferem genów.

Przywłaszczony geny pomagają teraz mączlikom przekształcać więcej aminokwasów w odpady, gdy mają za dużo azotu w organizmie, a następnie przetwarzać te odpady z powrotem w aminokwasy, gdy mają go za mało. Rośliny różnią się znacznie zawartością aminokwasów, a przejęte geny zdaniem badaczy pozwalają tym szkodnikom rozwijać się na wielu różnych roślinach.

Współpraca z bakteriami w celu recyklingu azotu byłaby dla owadów bardziej wymagająca energetycznie niż rezygnacja z pośredników i robienie tego samodzielnie. Pierce wyjaśnia, że i tak potrzeba dużo energii, aby związek nie przerodził się w pasożytnictwo: „Jeśli w twoim ciele żyje symbiont, musisz mieć sposoby, aby go kontrolować; w przeciwnym razie on zacznie kontrolować ciebie”.

Przeniesione geny są przydatną taktiką przetrwania mączlików, ale Turlings dodaje, że mogą być również ich piętą achillesową. Ponieważ te geny są charakterystyczne dla mączlików, strategia ich zwalczania, taka jak modyfikowanie roślin w celu zakłócenia działania genów tych owadów, nie zaszkodzi innym organizmom. „Jest to trafienie w cel tak bliskie ideału, jak tylko możliwe”.

„Okazuje się jednak, że na mączliki taka strategia nie działa, bowiem stwierdzono, że przejęły one także geny roślin, co pozwala im neutralizować roślinne toksyny obronne” – mówi Petra Bleeker z Universiteit van Amsterdam, która bada interakcje między roślinami a owadami. „Wygląda na to, że poziomy transfer genów nie jest rzadkością u owadów, ale mączliki są w tym mistrzami”.

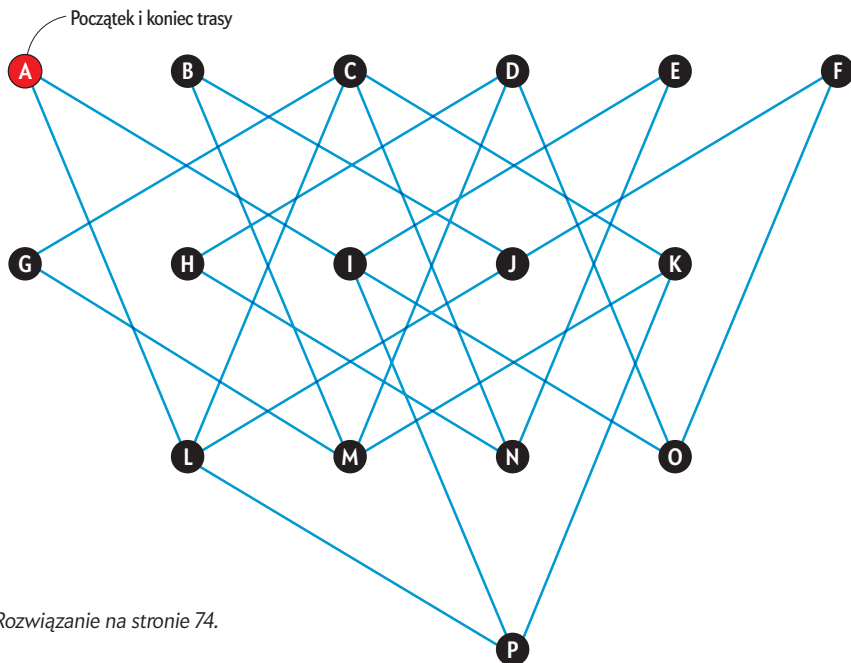
Rohini Subrahmanyam

ZADANIE MATEMATYCZNE

# Ile tras? Problem komiwojażera Heinrich Hemme

**HENRY ERNEST DUDENEY** należy do najbardziej znanych autorów łamigłówek. Urodził się we wsi Mayfield w południowo-wschodniej Anglii w 1857 roku jako syn wiejskiego nauczyciela; zmarł w 1930. Przez kilka dekad zajmował się układaniem zadań zamieszczanych w gazetach i czasopismach, a później zebranych i wydanych w postaci kilku książek. Poniższy problem pochodzi ze zbioru *Amusements in Mathematics* z 1917 roku.

Komiwojażer mieszkający w mieście A chce w ciągu tygodnia odwiedzić wszystkie miasta od B do P (niekoniecznie w kolejności alfabetycznej) i na koniec wrócić do A. W każdym mieście powinien gościć tylko raz. Niebieskie linie to łączące 16 miast drogi, którymi powinien się poruszać, ale tylko po prostych drogach między miastami – nie może zmieniać kierunku na skrzyżowaniach. Ile jest możliwych różnych tras komiwojażera?



Rozwiązanie na stronie 74.