

Nr 2 MARZEC/KWIECIEŃ 2013

z Przyrodą

# Biologia w Szkole

340 (LXV) indeks 352659 CENA 19,50 zł (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

Sposób  
mówienia  
i rozumienia

NA TROPACH  
zbrodni

Odwrócona  
lekcja

NEUROBIOLOGIA

Kształt pamięci



82060301303002

# Biologia na czasie

## Spójna seria. Spójne rozwiązania.



### ■ Spójność treści i siatki pojęć

Dzięki solidnej bazie pojęciowej zawartej w zakresie podstawowym łatwiej wprowadzać zagadnienia z zakresu rozszerzonego.

### ■ Spójne rozwiązania maturalne

Elementy umieszczone w podręcznikach do zakresu rozszerzonego, takie jak *Doświadczenia*, tabelaryczne *Podsumowania*, *Testy maturalne* czy *To było na maturze* ułatwiają kształcenie umiejętności wymaganych na maturze.

### ■ Spójna obudowa dydaktyczna

Wiele spójnych pomocy dydaktycznych do zakresu podstawowego i rozszerzonego zapewnia nauczycielowi wsparcie dydaktyczne i zwiększa jego komfort pracy.

## Biologia na czasie 2

Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum  
Zakres rozszerzony

- Zawiera wyjątkowe infografiki, ułatwiające rozumienie zależności przyczynowo-skutkowych występujących na różnych poziomach organizacji ciała człowieka.
- Pozwala zgłębiać wiedzę o przyczynach i skutkach oraz profilaktyce najczęstszych chorób człowieka.
- Ułatwia zrozumienie ważnych procesów metabolicznych przedstawionych za pomocą schematów i tabel.
- Pomaga planować i przeprowadzać doświadczenia zgodnie z metodologią naukową.



Dowiedz się więcej o pozostałych publikacjach Nowej Ery dla szkół ponadgimnazjalnych z serii *Biologia na czasie!*

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

[biologia@nowaera.pl](mailto:biologia@nowaera.pl)

infolinia: 801 88 10 10, 58 721 48 00

**nowa  
era**





NUMER 2 MARZEC/KWIECIEŃ 2013 341  
(LXV) indeks 352659 Nakład 4000 egz.  
CENA 19,50 zł (w tym 5% VAT)



Zdjęcie na okładce: Piotr Borsuk

### Redakcja

Piotr Borsuk (redaktor naczelny),  
prazm@gazeta.pl

### Adres redakcji

01-194 Warszawa,  
ul. Młynarska 8/12,  
tel. 22 244 84 74,  
faks 22 244 84 76,  
biologia@raabe.com.pl

### Wydawca

Dr Josef Raabe  
Spółka Wydawnicza Sp. z o.o.,  
ul. Młynarska 8/12,  
01-194 Warszawa,  
tel. 22 244 84 00,  
faks 22 244 84 20,

e-mail: raabe@raabe.com.pl,  
www.raabe.com.pl,  
NIP: 526-13-49-514,  
REGON: 011864960,

Zarejestrowana w Sądzie Rejonowym  
dla m.st. Warszawy w Warszawie  
XII Wydział Gospodarczy KRS, KRS  
0000118704, Wysokość Kapitału  
Zakładowego: 50.000 PLN

### Prezes zarządu

Anna Gryczewska

### Dyrektor wydawniczy

Józef Szewczyk, tel. 22 244 84 70,  
j.szewczyk@raabe.com.pl

### Prenumerata

– Dział obsługi klienta  
tel. 22 244 84 11,  
prenumerata@raabe.com.pl

### Kolportaż

Anna Niepiekło, tel. 22 244 84 78,  
faks 22 244 84 76,  
a.niepieklo@raabe.com.pl

### Reklama

Andrzej Idziak, tel. 22 244 84 77,  
faks 22 244 84 76, kom. 692 277 761,  
reklama@raabe.com.pl

### Skład i tamanie

#### Druk i oprawa

Pabianickie Zakłady Graficzne SA,  
95-200 Pabianice,  
ul. P. Skargi 40/42

Redakcja nie zwraca nadesłanych  
materiałów, zastrzega sobie prawo for-  
malnych zmian w treści artykułów i nie  
odpowiada za treść płatnych reklam.

Zapraszamy  
do odwiedzenia  
naszej strony w Internecie

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

## Szanowni Czytelnicy

Nasza wiedza o nas samych i o otaczającym nas świecie nieraz mnie zaskoczyła. Nie mogę powiedzieć, że się do tego przyzwyczaiłem, bo za każdym razem, gdy dowiaduję się o jakimś niezwykłym odkryciu, czuję się zaskoczony, a jednocześnie mam wrażenie, jakby opadła kolejna kurtyna odsłaniająca ukryte tajemnice przyrody. Tak czułem się, gdy po raz pierwszy usłyszałem, że neurony są kolczaste i że być może właśnie ich kolce kryją tajemnice naszej pamięci. Udało mi się namówić pana dr. hab. Jacka Jaworskiego, którego badania związane są z tym tematem, żeby podzielił się z Państwem swoją wiedzą. Musiałem uzbroić się w cierpliwość, bo niestety naukowcy to z reguły ludzie bardzo, bardzo zajęci, ale warto było! Zresztą sami Państwo się o tym przekonacie. Sądzę, że za równie ciekawy uznacie Państwo także artykuł pani Joanny Stojak. To, że w kryminalistyce wykorzystuje się analizę polimorfizmu DNA, stało się chlebem powszednim. Myślę, że wszyscy o tym wiemy, choć może wiedza, jak to się robi, jest mniej popularna. Natomiast informacja, że w śledztwach wykorzystywana jest wiedza entomologów, była dla mnie czymś nowym. Oczywiście wiedziałem o istnieniu owadów nekrofilnych, ale żeby służyły one niemal za świadków morderstw... Podobnie nie sądziłem, aby kolisty RNA, który postrzegałem raczej jako artefakt lub ciekawostkę, mógł pełnić w komórce jakąś istotną funkcję. Okazuje się, że ją pełni, o czym przeczytacie Państwo w Nowinkach, w których publikujemy również inne najnowsze informacje zaczerpnięte z artykułów zamieszczonych w tak renomowanych czasopismach jak „Nature” i „Science”.

Ponadto w niniejszym numerze „Biologii w Szkole” znajdziecie Państwo pierwszy z cyklu artykułów dotyczących o inżynierii genetycznej. Mam nadzieję, że wraz z pytaniami testowymi, które mu towarzyszą, ułatwi Państwu przekazywanie młodzieży wiedzy dotyczącej tego tematu.

Ponadto, żeby uczynić „Biologię w Szkole” czasopismem bardziej, niż do tej pory, humanistycznym, publikujemy pierwszy z cyklu artykułów z pogranicza biologii i filozofii. No może i odrobinę psychologii w nim Państwo odnajdziecie. Tym razem rzecz o Giordano Brunie, myślicielu niezwykłym, acz tragicznym. Gorąco namawiam do jego lektury, bo warto pamiętać, że biologia nie zawsze była taka jak dziś.

I jeszcze jedna nowa inicjatywa: „szare strony”, na których chcielibyśmy oddać hołd wybitnym nauczycielom przyrody, których już wśród nas nie ma. W tym względzie liczymy na Państwa pamięć i współpracę.

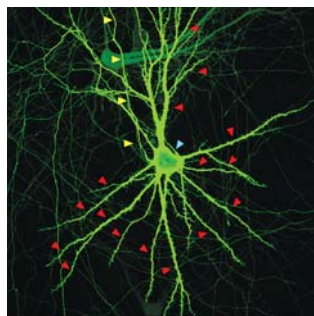
Życzę miłej lektury

Piotr Borsuk

### Co nowego w biologii?

#### ■ Uchwytyny kształt pamięci

● Jacek Jaworski 4



▼ akson ▼ dendryty  
▼ ciało komórki

#### ■ Biologia w sądzie

● Joanna Stojak 12

■ Giordano Bruno. „Sposoby mówienia” i „sposoby rozumienia” (o słowach wieloznacznych i ich strukturze)

● Katarzyna Karaskiewicz 17

### Ciekawostki

■ Smoki istnieją nie tylko w bajkach ● Joanna Pilipczuk 22



### Nowinki

■ Kolisty RNA 24

■ Słodkie życie farmera 24

■ Zagadka kalifornijskich dębów 25

■ Żle liczone kalorie 25

■ Wszędobylskie ryby 26

■ Niezwykły gen FOXP2 26

### Ogródek „Biologii w Szkole”

■ Rannik zimowy (*Eranthis hyemalis* (L.) Salisb.) 28



■ Śnieżyczka przebiśnieg (*Galanthus nivalis* L.) 29

### Galeria „Biologii w Szkole”

■ Barlinecko-Gorzowski Park Krajobrazowy 30



### Z praktyki szkolnej

■ Odwrócona lekcja biologii

● Julian Piotr Sawiński 32

■ Jak rozwiązać kreatywność dziecka? ● Magda Assaf 35

■ Gruczoły dokrewne – firmy z ograniczoną odpowiedzialnością. Scenariusz lekcji dla klasy II liceum ogólnokształcącego

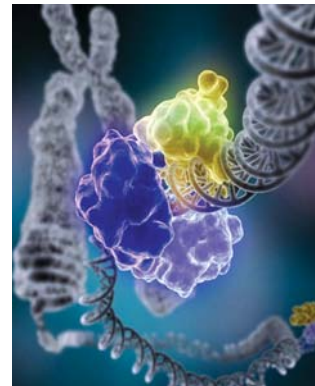
● Ewelina Malec 37

■ Dwa słowa o kodzie genetycznym, czyli rozwiązanie konkursu

● Piotr Borsuk 39

■ Pięć z pusem z inżynierii genetycznej, cz. 1

● Piotr Borsuk 41



■ Pytania z genetyki i inżynierii genetycznej, cz. 1

● Piotr Borsuk 45

■ Test z genetyki klasycznej 48

### Ci, których już nie ma

■ Zofia Bohuszewicz (1884–1953)

● Jerzy Wysocki 49

# Uchwytne kształt pamięci

Jacek Jaworski

**P**amięć to zdolność organizmu do kodowania, przechowywania i odtwarzania informacji i doznań. Pamięć powstaje w wyniku uczenia się. Jest to proces powstawania trwałych zmian zachowania będących efektem doświadczenia. Można też uczenie się określić jako proces, w wyniku którego nabywamy wiedzy o świecie. Podstawą uczenia się i powstawania pamięci jest plastyczność, czyli zdolność komórek nerwowych do ulegania trwałym zmianom strukturalnym i funkcjonalnym pod wpływem przetwarzania informacji.

Zjawisko pamięci i to, jak jest ona przechowywana, nurtuje badaczy od dawna. Choć poglądy na ten temat zmieniały się w ciągu ostat-

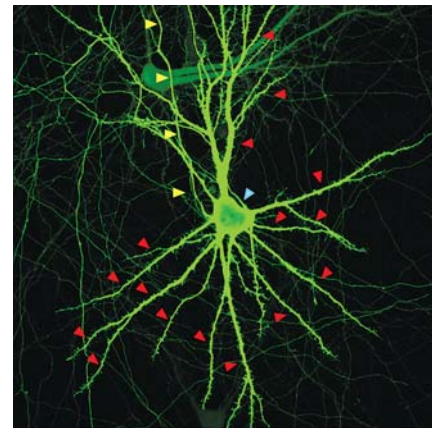
*Obecnie jako aktywne części synapsy postrzegane są także wypustki komórek glejowych, zwanych astrocytami, szczelnie otaczające pozostałe trzy elementy oraz „spajająca” je macierz zewnątrzkomórkowa.*

nich 150 lat, jednym z podstawowych pytań zawsze było, czy można określić części mózgu odpowiedzialne za formowanie i przechowywanie wspomnień. W XIX wieku ogromną popularność zdobyła hipoteza F.J. Galla, zwana frenologią, zgodnie z którą czynności psychiczne miały się składać z wielu niezależnych procesów, z których każdy miał być sterowany przez specjalny obszar mózgu. Hipoteza ta zdobyła wielką popularność „medialną”, czego efektem było badanie kształtu czaszki przez licznych następców Galla w celu określenia indywidualnych predyspozycji psychicznych wszystkich, którzy byli tego ciekawi. Ta

oczywista szarlataneria spowodowała, że środowisko naukowe odrzuciło tę hipotezę i to pomimo dowodów empirycznych, które częściowo ją wspierały. Mam tu na myśli obserwacje Broki i Wernickego, którzy badając mózg pacjentów, wskazali konkretne obszary kory mózgowej odpowiedzialne za artykulację i rozumienie mowy.

Jednak liczne doświadczenia przeprowadzone w wieku XX zdawały się wskazywać, że nie można dokładnie określić konkretnych ośrodków w mózgu odpowiedzialnych za różne funkcje. Zaowocowało to sformułowaniem przez K.S. Lashleya hipotezy ekwipotencjalności kory, w myśl której cała kora mózgowa kieruje czynnościami psychicznymi. Jednak rozwój technologii, w tym metod obrazowania mózgu, spowodował, że dzisiejsza wiedza wydaje się do pewnego stopnia łączyć poprzednie poglądy, jednocześnie tłumacząc niepowodzenia w ich dowodzeniu.

Okazało się, że istnieje wiele rodzajów pamięci i za ich tworzenie oraz przechowywanie mogą odpowiadać różne struktury mózgu. Na przykład za pamięć świadomą (deklaratywną) odpowiadają hipokamp i kora mózgowa, natomiast za pamięć utajoną mogą w zależności od jej typu odpowiadać prążkowie, kora mózgowa czy ciało migdałowate. Co więcej, wymagana jest „współpraca” różnych struktur w zależności od typu pamięci. Pomimo jednak naszego lepszego rozumienia, jak działa mózg, wciąż bez odpowiedzi pozostaje ważne pytanie, czy podstawowe elementy funkcjonalne układu nerwowego, neurony budujące struktury zaangażowane w formowanie i przechowywanie pamięci, również przechowują ślady pamięciowe poszczególnych zdarzeń. Jeśli tak, to w jakiej formie. Aby przybliżyć czytelnikom dzisiejsze poglądy



▼ akson ▼ dendryty  
▼ ciało komórki

Rys. 1. W komórce nerwowej wyróżnia się trzy podstawowe części: ciało komórki, dendryty oraz akson. Przykładowe zdjęcie dojrzałego neuronu szczura w hodowli *in vitro*. Białko kodujące GFP zostało wprowadzone w celu uwidocznienia morfologii komórki. Zdjęcie wykonano przy użyciu mikroskopu konfokalnego i obiektywu 40x

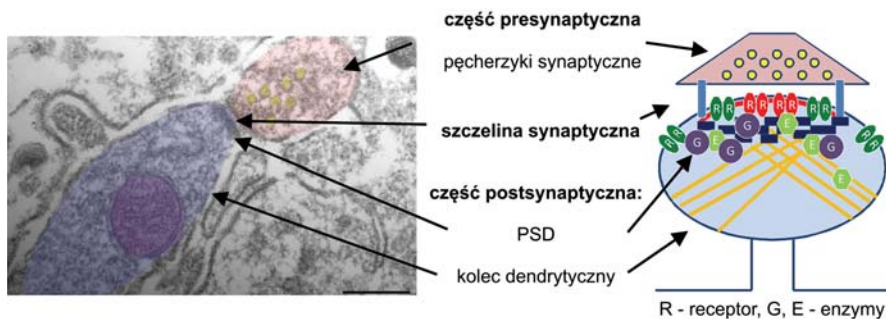
na tę kwestię, muszę zacząć od krótkiego opisu budowy i funkcji komórki nerwowej.

## Neuron – podstawowa jednostka funkcjonalna układu nerwowego

Neuron jest komórką pobudliwą, przystosowaną do przetwarzania i przekazywania informacji poprzez połączenia synaptyczne. Stanowi on podstawową jednostkę funkcjonalną układu nerwowego. Twierdzenie to sformułował na przełomie XIX i XX wieku hiszpański neurolog Ramón y Cajal. Nosi ono nazwę doktryny neuronalnej i jest jednym z głównych praw współczesnej neurobiologii. W komórce nerwowej wyróżnia się trzy podstawowe części: ciało komórki, dendryty oraz akson (Rys. 1).

Na podstawie swoich obserwacji Ramón y Cajal uznał, że ta silna polaryzacja neuronu musi mieć znaczenie funkcjonalne. Rzeczywiście, kolejne pokolenia badaczy potwierdziły jego sugestię, iż dendryty sta-





Rys. 2. Kolce dendrytyczne stanowią morfologiczny odpowiednik synaps pobudzających i odzwierciedlają historię synaps. (A) Po lewej: obraz kolca dendrytycznego (kolor niebieski) oraz części presynaptycznej (kolor różowy) synapsy z pęcherzykami zawierającymi neurotransmitter (kolor żółty) w mózgu myszy uzyskany przy użyciu mikroskopu elektronowego. Zdjęcie otrzymano dzięki uprzejmości dr Matyldy Macias (Pracownia Neurobiologii Molekularnej i Komórkowej, Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie). Po prawej: schemat synapsy kolca dendrytycznego

nowią część komórki wyspecjalizowaną w odbieraniu informacji od innych komórek nerwowych, podczas gdy akson służy do jej przekazywania. Informacja przepływająca przez komórkę nerwową jest kodowana w postaci impulsów elektrycznych. Z kolei pomiędzy neuronami przepływa ona na ogół w postaci impulsu o charakterze chemicznym poprzez struktury łączące komórki nerwowe zwane synapsami. W klasycznym ujęciu synapsy składają się z części presynaptycznej, szczeliny synaptycznej i części postsynaptycznej (Rys. 2).

Część presynaptyczna jest wyspecjalizowaną częścią aksonu, w której impuls elektryczny jest przekształcany w chemiczny. Presynapsa zawiera zmagazynowaną substancję zwaną neurotransmiterem, która jest wydzielana przez neuron pod wpływem impulsu elektrycznego docierającego do synapsy. Z kolei część postsynaptyczna jest fragmentem dendrytu wyspecjalizowanym do kompleksowej reakcji na neurotransmitter. Zalicza się do niej aktywację kanałów jonowych, prowadzącą do zamiany impulsu chemicznego z powrotem na elektrochemiczny oraz zmiany w przewodnictwie sygnału i organizacji cytoszkieletu po stronie postsynaptycznej. Obecnie jako aktywne części synapsy postrzegane są także wypustki komórek glejowych, zwanych astrocytami, szczególnie otaczające pozostałe trzy elementy oraz „spajająca” je macierz zewnątrzkomórkowa.

Około 90% synaps w układzie nerwowym ssaków ma charakter pobudzający, a ich aktywacja prowadzi do zwiększonego przewodnictwa neuronalnego. Często znajdują się one w zakończeniach struktur formowanych przez dendryty, zwanych kolcami dendrytycznymi (Rys. 2, 3).

### Kolce dendrytyczne – zmienne oblicze neuronu

Kolce dendrytyczne to bogate w aktywną wypustki o długości do 2 mm i bardzo zróżnicowanej objętości (od 0,01 mm<sup>3</sup> do 1,5 mm<sup>3</sup>), pokrywające dendryty neuronów pobudzających.

W ich zakończeniu znajdują się części postsynaptyczne synaps glutamatergicznych, charakteryzujące się nagromadzeniem receptorów dla neurotransmiterów, kanałów jonowych zależnych od napięcia oraz białek adhezji komórkowej, których położenie jest stabilizowane przez białka strukturalne tzw. gęstości postsynaptycznej. Ta struktura widoczna w mikroskopie elektronowym (Rys. 2) zawiera dodatkowo białka uczestniczące w przekaznictwie sygnału i regulacji cytoszkieletu, które również są z nią związane poprzez białka strukturalne. W ten sposób gęstość postsynaptyczna stanowi platformę integrującą odpowiedź komórkową na przyłączenie neurotransmitera do jego receptora w błonie postsynaptycznej (Rys. 2).

Formowanie kolców dendrytycznych, często utożsamiane z dojrze-

waniem synaps, jest jednym z ostatnich etapów rozwoju drzewka dendrytycznego wielu klas neuronów (np. neuronów piramidowych kory mózgowej i hipokampa).

Jednak kolce dendrytyczne nawet dojrzałych neuronów zmieniają kształt i nawet jeden dendryt może posiadać kolce zarówno rozwijające się, jak i w pełni uformowane (Rys. 3A). Jest to związane z tym, że zarówno liczba kolców, ich kształt, jak i objętość gęstości postsynaptycznej zależą od aktywności danej synapsy. Przyjęto podział wypustek dendrytycznych w zależności od kształtu na kilka podstawowych kategorii: filopodia i kolce niedojrzałe (ang. *thin spines*), kolce grzybkowate (ang. *mushroom spines*), kolce „przysadziste” (ang. *stubby spines*) oraz wielokształtne (ang. *multishape spines*) (Rys. 3A, B).

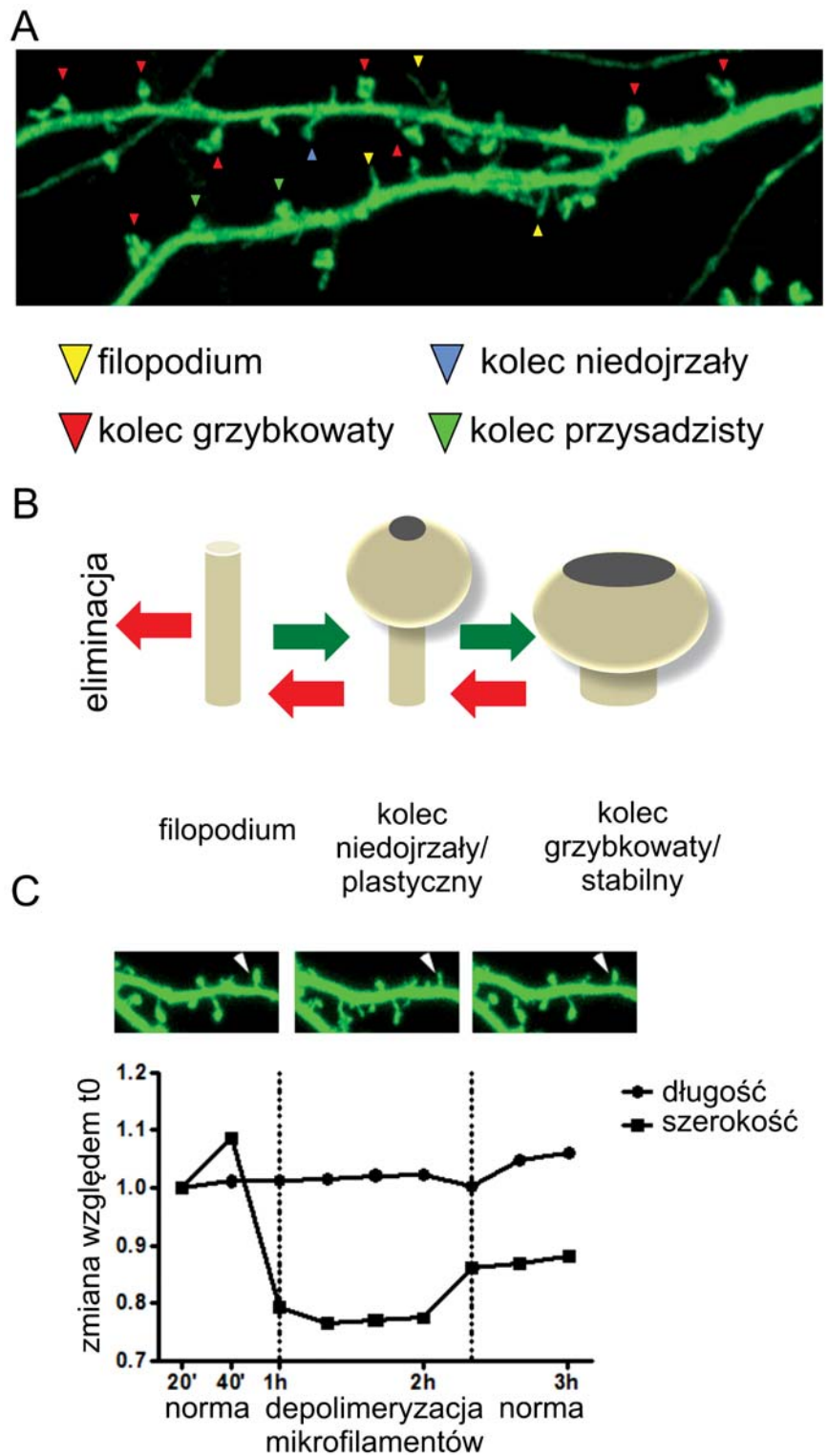
*Kolce dendrytyczne to bogate w aktywną wypustki o długości do 2 μm i bardzo zróżnicowanej objętości (od 0,01 μm<sup>3</sup> do 1,5 μm<sup>3</sup>), pokrywające dendryty neuronów pobudzających.*

Cechą charakterystyczną filopodiów i kolców niedojrzałych jest znaczna przewaga długości nad średnicą, często objawiająca się brakiem charakterystycznej główki. Na poziomie molekularnym filopodia, które są, ściśle rzecz biorąc, prekursorami właściwych kolców, często nie mają jeszcze podstawowych elementów gęstości postsynaptycznej, jak również odpowiednich receptorów dla neurotransmiterów. Pozostałe typy kolców charakteryzują się większą średnicą główki i często są krótsze. Poszczególne typy kolców w zależności od dojrzałości mogą się różnić składem receptorów i stopniem polimeryzacji cytoszkieletu aktywnego. Powstałe pytanie, w jaki sposób morfologia kolców dendrytycznych wpływa na funkcję neuronu. Jedną z hipotez zakłada, iż zmiana ich kształtu prowadzi do modyfikacji takich parametrów kolca dendrytycznego

jak: objętość główki, jej odległość od światła dendrytu oraz szerokość szyjki kolca dendrytycznego (Rys. 3B). Skutkuje to istotnymi zmianami stężenia jonów wapnia i substancji sygnałowych w kolcu dendrytycznym oraz możliwości ich dyfuzji do i ze światła dendrytu.

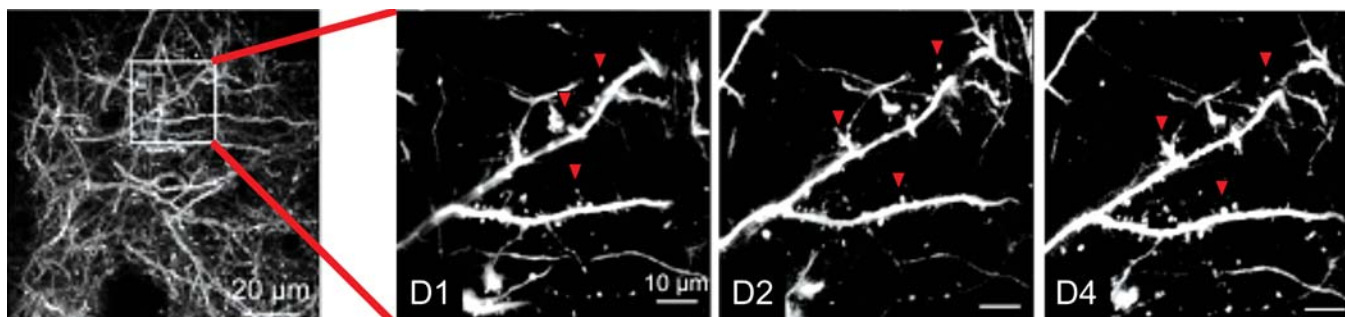
Doświadczalnie udowodniono, iż mniej dojrzałe kolce stanowią pułapkę dla jonów wapnia, a odpowiednie pobudzenie ich synaps powoduje wzrost stężenia  $Ca^{2+}$  wystarczający do wywołania długotrwałego wzmocnienia przewodnictwa synaptycznego (LTP, ang. *long term potentiation*). Taka sama stymulacja kolców dojrzałych, o większej objętości główki i szerszej szyjce, prowadzi z mniejszym prawdopodobieństwem do wystąpienia LTP. Z drugiej strony duża objętość kolca oznacza większą gęstość postsynaptyczną, a co za tym idzie – wyjściowo wydajniejszą odpowiedź danej synapsy na neurotransmitery. Doświadczalnie wykazano, że zmiany kolców dendrytycznych w odpowiedzi na różne typy bodźców zależą od stopnia polimeryzacji filamentów aktynowych (mikrofilamentów) (Ryc. 3C).

Jak wspomniano powyżej, kolce dendrytyczne powstają w rozwoju z prekursorów zwanych filopodiami i jest to w dużej mierze proces zależny od aktywności neuronalnej. W przeciwieństwie jednak do dendrytów pozostają one strukturami bardzo dynamicznymi, zachowując zdolność do bardzo szybkiej (w skali sekund) zmiany kształtu w odpowiedzi na aktywność neuronalną. Zmiany te mogą zachodzić przy zachowaniu ogólnego typu kolca, jak również prowadzić do zmiany jego klasyfikacji. Dobry przykład stanowi obserwacja poczyniona przez zespół dra Kasai, że selektywne, lokalne uwolnienie neurotransmitera pobudzającego, glutaminianu, w sąsiedztwie niedojrzałego kolca dendrytycznego prowadzi do szybkiego wzrostu jego główki i zmiany w kolce typu grzybkowatego. Ponieważ glutaminian jest kluczowym neurotransmiterem koniecznym do uczenia się ssaków,



Ryc. 3. Kolce dendrytyczne mają różne kształty (A) Zdjęcie dendrytu neuronu szczura, wypełnionego zielonym białkiem fluorescencyjnym, rosnącego w hodowli *in vitro*, wykonane przy użyciu mikroskopu konfokalnego. Strzałki wskazują różne rodzaje kolców dendrytycznych występujące w obrębie tej samej komórki nerwowej. (B) Kształt kolców dendrytycznych. Schemat przedstawia zmiany kształtu kolców dendrytycznych zachodzące w trakcie rozwoju oraz uczenia. Badania mikroskopowe na żywym mózgu gryzoni wskazują, że obydwu procesom może towarzyszyć tworzenie i dojrzewanie kolców jak również ich eliminacja. (C) Kształt kolców dendrytycznych może zmieniać się bardzo szybko i zależy od cytoskieletu aktynowego. Zdjęcia kolców dendrytycznych uzyskano obrazując przyżyciowo neurony hodowane *in vitro* przy użyciu mikroskopii konfokalnej w czasie rzeczywistym przez 3 godziny. Kolejne zdjęcia wykonano przed, w trakcie i po traktowaniu komórek latrunkuliną, która powoduje rozpad mikrofilamentów. Wykres pod zdjęciami przedstawia liczbę zmiany kształtu obserwowanych kolców. Zdjęcia i wykres otrzymano dzięki uprzejmości dr Iwony Cyerman (Pracownia Neurobiologii Molekularnej i Komórkowej, Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie)





Ryc. 4. Kolce dendrytyczne można obserwować w mózgu *in vivo*. Nowoczesna przyżyciowa mikroskopia dwufotonowa umożliwia obrazowanie mózgu żywych zwierząt. Zdjęcie po lewej przedstawia obraz dendrytów neuronów górnych warstw kory mózgowej myszy transgenicznej nadprodukcującej żółte białko fluorescencyjne. Kolejne trzy zdjęcia po prawej pokazują zbliżenie pojedynczego dendrytu wraz z kolcami dendrytycznymi (strzałki). Zdjęcia te uzyskiwano przez 3 sesje obrazowania w ciągu kolejnych czterech dni (D1, D2 i D4 – dzień pierwszy, drugi i czwarty obrazowania). Mikroskopia Zdjęcia otrzymano dzięki uprzejmości prof. Jochena Hermsa (German Center for Neurodegenerative Diseases [DZNE], Ludwig-Maximilians-University w Monachium, Niemcy)

zaś LTP stanowi elektrofizjologiczny model pamięci na poziomie komórki nerwowej, uzasadnione jest pytanie, czy kolce dendrytyczne mogą mieć coś wspólnego ze śladami pamięciowymi i stanowić strukturalny dowód istnienia wspomnień.

### Kolce dendrytyczne – uchwycona pamięć

Możliwość, że kolce dendrytyczne mogą stanowić morfologiczny znak pamięci, w zasadzie została zarysowana przez Ramóna y Cajala, który opisał je po raz pierwszy. Co ciekawe, wykorzystał do tego metodę barwień wynalezioną przez swojego największego adwersarza, Camillo Golgiego, który nie wierzył w istnienie synaps. Jednak hipoteza ta czekała ponad sto lat na udowodnienie. Przyczyną tego był fakt, że postulaty Ramóna y Cajala prześcignęły znacznie możliwości technologiczne badaczy. Co prawda w drugiej połowie XX wieku podjęto liczne badania z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej i świetlnej, ale miały one liczne wady utrudniające właściwą interpretację wyników.

Największym ograniczeniem tych metod była konieczność wykorzystania do badań utrwalonego materiału, który mógł być pobrany od zwierząt eksperymentalnych tylko po ich uprzednim uśmierceniu. Takie podejście w sposób oczywisty uniemożliwia porównanie liczby i kształtu kolców u tego samego osobnika w trakcie rozwoju, w odpowiedzi na bodźce czuciowe (np. światło czy dźwięk) lub w efek-

cie uczenia się. W związku z tym tego typu badania musiały się opierać na porównaniu różnych grup osobników, co powodowało, że subtelne różnice liczby lub morfologii kolców były niezauważalne ze względu na zmienność osobniczą. Co więcej, badacze z różnych zespołów uzyskiwali sprzeczne dane, które dopiero dziś możemy wyjaśnić. W efekcie tylko część badaczy skłaniała się ku hipotezie, że istotnie uczenie się i formowanie śladów pamięciowych może indukować powstawanie nowych lub/i dojrzewanie istniejących kolców dendrytycznych.

Przełom w badaniach nad kolcami dendrytycznymi nastąpił wraz z wprowadzeniem przyżyciowej mikroskopii dwufotonowej do badań neurobiologicznych w latach 90. XX w. Metoda ta dzięki użyciu nowego typu laserów, emitujących w podczerwieni strumień fotonów o dużej gęstości, i nowych rozwiązań optycznych pozwoliła na punktowe oświetlenie żądanych obiektów w tkance, co ograniczało zniszczenie tkanki powodowane przez efekty fototoksyczne. Ponadto fotony emitowane w podczerwieni mogły penetrować żywą tkankę dużo głębiej. Dodatkowymi przełomowymi elementami były: (i) udoskonalenie metod wprowadzania białek fluorescencyjnych (np. zielonego białka fluorescencyjnego, GFP) do mózgu przy użyciu wektorów wirusowych oraz (ii) uzyskanie myszy transgenicznych, w których mózgu GFP (lub jego warianty) było produkowane tylko w wybranych

neuronach. Dzięki temu postępowi technologicznemu stało się możliwe obrazowanie kolców dendrytycznych neuronów kory mózgowej w mózgu żyjących zwierząt (Rys. 4).

Początkowo metod tych użyto do obserwacji zmian liczby i kształtu kolców dendrytycznych w trakcie rozwoju osobniczego myszy oraz w celu sprawdzenia, jak bodźce sensoryczne mogą wpływać na te parametry. Badania te wykazały duże zmiany liczby kolców

*Formowanie kolców dendrytycznych, często utożsamiane z dojrzewaniem synaps, jest jednym z ostatnich etapów rozwoju drzewka dendrytycznego wielu klas neuronów (np. neuronów piramidowych kory mózgowej i hipokampa).*

w trakcie rozwoju, jak też wpływ aktywności neuronalnej na stabilność kolców dendrytycznych. Wykazały także, że *in vivo* udział różnych klas kolców dendrytycznych zmienia się z wiekiem oraz w efekcie stymulacji lub hamowania aktywności synaptycznej.

Zmiany zachodzące w mózgu, np. rearanżacja połączeń synaptycznych, w trakcie rozwoju, jak i wyniku stymulacji sensorycznej do pewnego stopnia przypominają procesy zachodzące w trakcie różnych form uczenia się i zapamiętywania. Dlatego też opracowane do ich badania metody wykorzystano do odpowiedzi na pytanie, czy uczenie

się i pamięć mogą indukować trwałe zmiany strukturalne w mózgu na poziomie kolców dendrytycznych.

Pierwsze wyniki opublikowały niezależnie w roku 2009 na łamach prestiżowego czasopisma „Nature” zespoły dra Gana i dra Zuo z USA. W obydwu przypadkach badacze skupili się na zbadaniu procesu uczenia się nowych zadań motorycznych przez myszy (pamięć motoryczna), wykorzystując różne testy behawioralne. W obydwu przypadkach wykazano, że efektywnemu uczeniu się nowej czynności przez myszy towarzyszyło zwiększenie liczby kolców dendrytycznych. Wzrost ten był przejściowy, gdyż po kilku dniach większość nowo powstałych kolców zanikała. Ponieważ zanikały też kolce uformowane przed treningiem (choć w mniejszym stopniu), ostatecznie całkowita liczba kolców przed treningiem i kilka dni po nim nie różniła się znacząco. Co ciekawe, dalszy trening lub przypominanie raz wyuczony czynności nie powodowały ponownego przyrostu liczby kolców, a mimo to zwierzęta wykonywały tę czynność w zasadzie bezbłędnie. Natomiast nabywanie nowej, odmiennej umiejętności motorycznej ponownie prowadziło do intensywnego tworzenia i eliminacji kolców, jednak nie wpływało na kolce uformowane w wyniku wcześniejszych doświadczeń.

**Dodatkowe badania i obliczenia przeprowadzone przez zespół dra Gana pozwoliły określić, że duża część kolców, które przetrwały proces eliminacji, pozostanie już stabilna do końca życia osobnika. Na tej podstawie badacze doszli do wniosku, że pozostałe po treningu kolce dendrytyczne (ok. 0,04%) stanowią trwałe, strukturalny ślad pamięciowy oraz że nasza pamięć bazuje zarówno na kolcach powstałych w trakcie rozwoju, jak i tych nowo powstałych w efekcie uczenia się. Z kolei liczne, niezależnie wytworzone ślady pamięciowe mogą egzystować razem.**

Wyniki omówionych powyżej pionierskich badań przeprowadzonych przez dwa amerykańskie

zespoły udowodniły, że powstawaniu pamięci motorycznej u gryzoni może towarzyszyć formowanie się nowych kolców dendrytycznych. Jednak nie dostarczyły odpowiedzi na pytanie, czy ich kształt również się zmienia. Dodatkowo zrodziły nowe, np. czy innym rodzajem pamięci towarzyszy powstawanie nowych kolców oraz czy takie zjawisko zachodzi także u innych gatunków. Próbę odpowiedzi na te pytania podjęto w kolejnych projektach badawczych, których wyniki zostały opublikowane w ciągu ostatnich 2 lat na łamach „Nature”.

Na przykład dr Richard Mooney i jego współpracownicy z Duke University w USA skupili się na badaniu zmian kolców dendrytycznych u zięby. Obecnie ptak ten fascynuje nie tylko biologów ewolucyjnych, ale także neurobiologów. Jest to związane m.in. z występowaniem ogromnych zmian plastycznych w mózgu młodych samców zięby, które uczą się „śpiewu” od dorosłego „instruktora”. Proces ten jest podzielony na dwa etapy. W pierwszym młody osobnik uczy się od dorosłego samca, powtarzając za nim „piosenkę”. W drugim „młody śpiewak” pracuje już samodzielnie, korygując swoje błędy względem wzorca. Wieloletnie badania wykazały, że obydwu etapom towarzyszy plastyczność synaptyczna zależna od tych samych mechanizmów co klasyczne procesy uczenia się i zapamiętywania u ssaków.

Czy zatem kolce dendrytyczne zachowują się podobnie? W celu odpowiedzi na to pytanie do neuronów jądra HVC (ang. *high vocal center*), będącego u ptaków ośrodkiem odpowiedzialnym za generowanie wyuczonych sekwencji śpiewu, wprowadzono wektory wirusowe kodujące GFP. Pozwoliło to uwidocznic kolce dendrytyczne zwierząt, które uczyły się „śpiewu” od „instruktora” przed lekcjami i po nich.

Okazało się, że w czasie, kiedy ptaki są gotowe do nauki, obserwowano w ich mózgach bardzo dużo kolców o niedojrzałej morfologii, które powstawały i znikaly

bardzo szybko (w ciągu godziny). Lekcje „śpiewu” powodowały, że spory odsetek takich kolców nie znikał. Co więcej, stwierdzono, że objętość główki takich ustabilizowanych kolców się zwiększała, co – jak opisałem wcześniej – uznawane jest za wzrost znaczenia (przewodności) synapsy znajdującej się na ich szczycie. Zaobserwowano także, że im bardziej pojętny był uczeń, tym więcej wyjściowo miał „dynamicznych kolców” i tym więcej kolców ulegało ostatecznie stabilizacji. **Podsumowując, badania te wykazały, że liczba i morfologia kolców mogą ulegać zmianie w wyniku uczenia się nie tylko u gryzoni. Co więcej, pokazały, że znane od dawna okresy krytyczne, charakteryzujące się dużą plastycznością mózgu, związane są z dużą dynamiką powstawania i zanikania kolców dendrytycznych.**

W 2012 roku zespół dra Gana dostarczył odpowiedzi na inne ważne pytanie postawione powyżej, tzn. czy uczenie się różnych czynności zawsze musi prowadzić do formowania się nowych kolców dendrytycznych. W swoich doświadczeniach badacze z New York University School of Medicine skupili się na najlepiej opisanym modelu uczenia się, czyli warunkowaniu klasycznym. Wykorzystali do tego celu tzw. reakcję warunkowania strachu. W tym teście mysz uczy się korelacji pomiędzy bodźcem warunkowym (np. dźwięk) a bezwarunkowym (np. łagodny bodziec bólowy). Kiedy sprawdzono liczbę kolców u badanych osobników w korze przedczołowej przed treningiem i po jego zakończeniu, stwierdzono zanikanie istniejących kolców. Za to nie obserwowano powstawania nowych.

Opisane powyżej prace dotyczące pamięci motorycznej wskazywały, że nabywanie nowych umiejętności niezależnie od poprzednich (np. zdolność sprawnego wykonywania dwóch różnych testów motorycznych) nie wpływa na powstałe wcześniej kolce dendrytyczne.

Czy jednak jest tak zawsze? Okazuje się, że nie. Ponownie bada-



nia wykonane w pracowni dra Gana dostarczyły na to przekonujących dowodów. Od kilku lat wiadomo, że warunkowanie strachu i pozbywanie się takiego warunkowania (tzw. wygaszanie reakcji strachu) nie są po prostu procesami uczenia się i zapominania. W rzeczywistości liczne badania dowodzą, że pozbywanie się strachu jest oddzielnym procesem uczenia. W jego trakcie, w efekcie wyłącznej ekspozycji na bodziec warunkowy, zarówno gryzonie, jak i ludzie powoli uczą się braku jego związku z bodźcem, który wywołał pierwotną reakcję lękową. Gan i współpracownicy postanowili sprawdzić, czy w korze przedczołowej te dwa procesy mogą być przestrzennie powiązane na poziomie pojedynczych neuronów i ich kolców dendrytycznych.

W serii eleganckich doświadczeń wykazali, że o ile nabywanie reakcji lękowej prowadziło do usuwania kolców dendrytycznych, o tyle jej wygaszanie prowadziło do zwiększenia liczby kolców tych samych komórek nerwowych. Co ciekawe, duża część spośród nowo formowanych kolców lokowała się w odległości do 2 mm od miejsca, w którym pierwotnie znajdował się kolce dendrytyczny wyeliminowany w trakcie nabywania reakcji lękowej. Następnie badacze sprawdzili, czy powtórne warunkowanie będzie miało wpływ na te nowo powstałe kolce, i wykazali, że istotnie były one szczególnie podatne na eliminację. **Badania te dowodzą, że w niektórych przypadkach różne typy uczenia się, wywołane przez obecność lub brak tego samego bodźca, mogą posiadać wspólne strukturalne ślady pamięciowe w postaci kolców dendrytycznych, których liczba jest wypadkową kolejnych „doświadczeń życiowych”.**

Opisane przykłady budzą wśród neurobiologów wielki entuzjazm, ponieważ dzięki użyciu nowoczesnych metod udało się wreszcie udowodnić hipotezę sformułowaną ponad sto lat temu i „zobaczyć” procesy uczenia się i zapamiętywania na poziomie podstawowych jednostek funkcjonalnych układu

nerwowego, jakimi są neurony. Jednak entuzjazm ten nie powinien przesłaniać faktu, że jeszcze wiele wyzwań przed nami. Na razie w sensie dosłownym i w przenośni zobaczyliśmy, co się dzieje na „szczytach mózgu”, czyli w korze mózgowej. Jednak stosowana obecnie rutynowo metoda obrazowania przy użyciu mikroskopu dwufotonowego nie pozwala nam zajrzeć głębiej bez uszkodzania mózgu. A przecież w procesy uczenia się i pamięci są zaangażowane liczne struktury ukryte pod korą mózgową, np. hipokamp czy ciało migdałowe. Co więcej, wszystkie opisane obserwacje były wykonywane na mózgu zwierząt, które po wykonaniu odpowiednich testów wprowadzano w stan narkozy. Czy na pewno mózg czuwającego zwierzęcia zachowa się tak samo? Tego na razie nie wiemy. Jednak już teraz dostępne są metody mikroskopowe pozwalające na obrazowanie mózgu poruszającego się zwierzęcia. Odpowiedź na to pytanie jest zatem tylko kwestią czasu i szerszej dostępności tej technologii.

### „Choroby” kolców dendrytycznych

Pozostaje jeszcze jedno ważne pytanie. W jakim stopniu opisane przeze mnie zjawiska są istotne dla uczenia się i zapamiętywania przez nas samych? Ze względów dość oczywistych na razie nie jest możliwe przeprowadzenie z udziałem ludzi doświadczeń podobnych do tych na myszach czy ziębach. Czy zatem możemy znaleźć dowody na to, że kolce dendrytyczne w jakikolwiek sposób są powiązane ze zdolnościami kognitywnymi u ludzi? **Okazuje się, że tak, i niestety takich przykładów jest bardzo wiele. Otóż anomalie morfologii i liczby kolców dendrytycznych kory mózgowej i hipokampa towarzyszą licznym schorzeniom układu nerwowego. Na przykład zespoły Retta, Angelmana, Downa i stwardnienie guzowate charakteryzuje zmniejszenie liczby kolców dendrytycznych. Zespół łamliwego chromosomu X natomiast cechuje wzrost liczby kolców i zaburzenie**

**ich normalnej morfologii (zwiększona długość i kręty kształt).** Większość tych zespołów jest związana z upośledzeniem umysłowym lub/i różnymi formami autyzmu.

Oczywiście nie ma bezpośredniego dowodu na to, że zaburzenia kolców dendrytycznych w tych zespołach są przyczyną upośledzenia umysłowego. Jednak badania przeprowadzone z wykorzystaniem mysiego modelu zespołu łamliwego chromosomu X pokazują, że może tak być istotnie. Otóż wykazano, że u myszy tych występuje nadmierna aktywność białka zwanego żelatynazą, która przyczynia się do zmian w morfologii kolców dendrytycznych. Zahamowanie aktywności tego białka nie tylko przywróciło prawidłową morfologię kolców, ale także znacząco poprawiło wyniki „chorych” zwierząt w testach behawioralnych.

### Co dalej z tymi kolcami?

Powyższy artykuł miał na celu przedstawienie najnowszych ekscytujących osiągnięć w badaniach nad uczeniem się i pamięcią na poziomie pojedynczych komórek nerwowych w mózgu. Wydaje się, że dzięki ogromnemu postępowi technologicznemu udało nam się udowodnić pierwotną koncepcję Ramóna y Cajala, że długotrwałe zmiany plastyczne, w tym uczenie się i pamięć, wymagają zmian nie tylko funkcjonalnych, ale także strukturalnych. Okazuje się, że nasze wspomnienia do pewnego stopnia mogą być kodowane w specyficznym wzorze liczby i morfologii kolców dendrytycznych. W jakim stopniu jednak tę wiedzę będziemy mogli wykorzystać w przyszłości do wspomaganiania naszych zdolności kognitywnych lub zapobiegania ich degeneracji wraz z wiekiem czy w wyniku chorób genetycznych, pozostaje wciąż wielką zagadką.

**dr hab. Jacek Jaworski**

Pracownia Neurobiologii Molekularnej  
i Komórkowej,  
Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej  
i Komórkowej,  
ul. ks. Trojdena 4, 02-109 Warszawa

# Przyroda z Nową Erą –

## komfort nauczania nowego przedmiotu

Od września 2013 roku, w wyniku wprowadzenia nowej podstawy programowej do szkół ponadgimnazjalnych, zaczną obowiązywać nowy przedmiot – przyroda. Jego nauczanie, ze względu na uzupełniający oraz interdyscyplinarny charakter, będzie wymagało nowoczesnych rozwiązań edukacyjnych. Ułatwią one zainteresowanie uczniów przedmiotem oraz zapewnią spójność materiałów dydaktycznych znajdujących się w dyspozycji kilku nauczycieli jednego przedmiotu. Jak nauczyciele mają poradzić sobie z tym przedmiotem? Gdzie szukać odpowiedzi na nurtujące ich pytania?

### Przyroda – nowy przedmiot?

Przyroda to przedmiot uzupełniający, adresowany do tych uczniów, którzy nie wybrali żadnego z przedmiotów przyrodniczych (biologii, geografii, fizyki, chemii) do realizacji w zakresie rozszerzonym. Uczniowie ci zakończą naukę poszczególnych przedmiotów przyrodniczych po klasie I szkoły ponadgimnazjalnej. Jednak w klasach II i III będą mieli jeden wspólny przedmiot *Przyrodę*. Dzięki temu będą mogli skupić się na nauce przedmiotów humanistycznych, które wybrali w zakresie rozszerzonym.

### Jakie treści obejmuje przedmiot przyroda?

Przyroda to przedmiot zawierający syntezę wiedzy z zakresu nauk przyrodniczych. Obejmuje zagadnienia z biologii, geografii, fizyki i chemii.

### Kto będzie uczył przyrody?

Nowa podstawa programowa określa jedynie, w jakich przypadkach przedmiot ten ma być realizowany oraz zakres treści, które będzie obejmował. W praktyce przyroda zapewne będzie nauczana przez kilku współpracujących ze sobą nauczycieli przedmiotów przyrodniczych. Istotne jest, że aby nauczać przyrody nauczyciele nie potrzebują dodatkowych kwalifikacji.

G I M N A Z J U M	Klasa I	Klasa II	Klasa III
	<b>Przedmioty obowiązkowe (zakres podstawowy lub rozszerzony)</b> język polski, matematyka, języki obce nowożytnie		
	<b>Przedmioty dodatkowe (obowiązkowe w zakresie podstawowym)</b> Biologia Chemia Geografia Fizyka Historia Wiedza o społeczeństwie Informatyka	<b>Przedmioty dodatkowe (zakres rozszerzony)</b> 2 do 4 przedmiotów do wyboru	<b>Przedmioty uzupełniające</b> <b>Przyroda</b> Historia i społeczeństwo Zajęcia artystyczne Ekonomia w praktyce
<b>Przedmioty nauczane tylko w zakresie podstawowym</b> Wiedza o kulturze Edukacja dla bezpieczeństwa Podstawy przedsiębiorczości	<b>Przedmioty nauczane tylko w zakresie rozszerzonym</b> Historia sztuki Historia muzyki Język łaciński Kultura antyczna Filozofia		

Nowy model kształcenia w szkołach ponadgimnazjalnych

### Czy każdy nauczyciel przedmiotów przyrodniczych będzie realizował zagadnienia z przyrody?

Niekoniecznie. Dobór nauczycieli prowadzących zajęcia z przyrody będzie uzależniony od decyzji dyrekcji.

### W jaki sposób kształtuje się siatka godzinowa przedmiotu przyroda?

Ramowy plan nauczania proponowany przez Ministerstwo Edukacji Narodowej przewiduje na realizację zagadnień z przyrody 120 godzin. Jeden temat z tabeli programowej jest przewidziany do realizacji na jednej lub dwóch godzinach lekcyjnych.

### Czy ocena z przyrody znajdzie się na świadectwie?

Tak. Przyroda jest przedmiotem uzupełniającym, ale obowiązkowym dla wybranych grup uczniów, co oznacza, że przedmiot ten będzie oceniany tak samo jak pozostałe. Ocena roczna z przyrody będzie więc miała wpływ na średnią ocen i promocję ucznia do następnej klasy.

### Czy uczniowie będą mogli zdawać przyrodę na maturze?

Nie. Przyroda nie może być wybierana jako przedmiot zdawany na maturze.

### W jaki sposób przedmiot ten powinien być realizowany przez nauczyciela?

Podstawa programowa prezentuje 24 przykładowe tematy zajęć zgrupowane w czterech przedmiotach. Nauczyciele mogą swobodnie wybierać tematy, które chcą realizować na lekcjach. Mogą dobrać tematy najbliższe swoim przedmiotom, ale również takie, które według ich opinii najbardziej zainteresują uczniów.



## O czym powinien pamiętać nauczyciel, przygotowując się do nauczania przyrody?

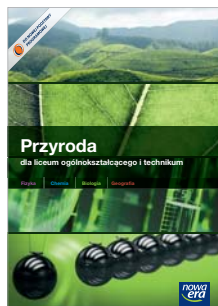
Nowa Era zdiagnozowała kluczowe wyzwania, którym będzie musiał sprostać nauczyciel oraz przygotowała gotowe rozwiązania zapewniające komfort pracy.

Kluczowe wyzwania	Rozwiązanie problemu
Zainteresowanie przedmiotem uczniów, którzy nie wiążą przyszłości z przedmiotami przyrodniczymi.	Atrakcyjny podręcznik <i>Przyroda</i> przygotowany w wersji tradycyjnej oraz elektronicznej na komputer i urządzenia mobilne (np. smartphone, tablet).  Multibox – multimedialne zasoby do każdej lekcji: filmy, doświadczenia, pokazy slajdów, symulacje, interaktywne ćwiczenia, które pomogą pobudzić wyobraźnię uczniów i skupić ich uwagę.
Przedmiot uzupełniający, niematuralny – uczniowie bagatelizują aktywne uczestnictwo w lekcji, co skutkuje brakiem zeszytów przedmiotowych i słabszymi wynikami podczas weryfikowania stanu wiedzy uczniów.	2 zeszyty z kartami pracy Biologia – Geografia oraz Chemia – Fizyka z miejscem na notatki z lekcji.
Szeroki wachlarz wątków tematycznych z różnych dziedzin, które należy realizować w sposób dostosowany do poziomu wiedzy uczniów o zainteresowaniach humanistycznych.	Multibox – bogaty zestaw e-obudowy dydaktycznej przygotowanej w formie edytowalnej, umożliwiający dostosowanie materiałów do potrzeb nauczyciela. Pozwala na realizowanie zajęć na bazie wątków tematycznych lub przedmiotowych.
Praca metodą projektów edukacyjnych, które umożliwiają łączenie wiedzy z różnych dziedzin oraz poznanie metody naukowej wykorzystywanej w naukach przyrodniczych.	Portal edukacyjny <i>Projekt z klasą</i> zapewnia nauczycielom kompleksowe wsparcie w przygotowaniu oraz prowadzeniu projektów edukacyjnych. <a href="http://www.projektzklasa.pl">www.projektzklasa.pl</a>

## Rozwiązania Nowej Ery

### Seria *Przyroda*

to kompleksowy i spójny pakiet materiałów dydaktycznych, który pozwoli nauczycielom w ciekawy i komfortowy sposób zaprezentować wiedzę z różnych dziedzin, omówić metody naukowe wykorzystywane w naukach przyrodniczych, pokazać bogactwo otaczającego nas świata oraz rozbudzić indywidualne zainteresowania uczniów. Każdy nauczyciel, który wybierze serię *Przyroda* Nowej Ery, otrzyma bezpłatny pakiet złożony z publikacji:



#### **Przyroda**

Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum

- podział tematów na 4 bloki przedmiotowe: biologia, chemia, fizyka i geografia
- 2 formy: drukowana i elektroniczna



#### **Karty pracy ucznia**

Biologia – Geografia  
Chemia – Fizyka

Dziesiątki poleceń i praktycznych zadań do każdego bloku przedmiotowego w formie kart pracy, z miejscem na notatki, sprawia, że publikacje zastępują zeszyt przedmiotowy.



#### **Multibox**

Nowoczesne narzędzie dla nauczyciela, które wyróżniają multimedialne zasoby edukacyjne do każdego tematu. Dodatkowo zawiera: kompletną obudowę dydaktyczną, notatki z lekcji oraz interaktywne ćwiczenia w formie edytowalnej.

**Dowiedz się więcej:** [www.nowaera.pl](http://www.nowaera.pl)

# Biologia w sądzie

**Niewątpliwie to biologia jest nauką przyszłości. Wiedza dotycząca struktury i funkcji genomów (szczególnie genomu człowieka) jest coraz dokładniejsza, a rozwój technik biologii molekularnej i zaawansowane technologiczne coraz bardziej imponujące. Pozwala to dziedzinom, które często można uznać za niszowe, posunąć się krok dalej, znajdując zastosowanie nie tylko w multidyscyplinarnej biotechnologii czy medycynie. Biologia zawojowała kryminalistykę i sądownictwo!**

Joanna Stojak

**A**nalizy przeprowadzone przez biologa specjalistę, podsumowane opinią pisemną lub ustną, stanowią znaczący dowód w procesie sądowym. Obecnie analizy te dotyczą nie tylko podstawowych badań materiału genetycznego (z tkanek, wydzielin, płynów ustrojowych) ujawnionego na miejscu zdarzenia – biologia może przyczynić się także do określenia czasu, miejsca, a nawet przyczyny zgonu. Mimo iż oszacowanie tych informacji oparte jest na prawdopodobieństwie, nierzadko to właśnie ekspertyzy biegłych biologów specjalistów stają się kluczowym dowodem w postępowaniu sądowym.

## Genetyka molekularna na służbie

Analizę DNA przeprowadza się, by porównując materiał dowodowy (znaleziony na miejscu popełnienia przestępstwa) z materiałem pobranym od osoby zatrzymanej, potwierdzić jej winę lub wykluczyć jako sprawcę. Porównanie to obejmuje: określenie rodzaju śladu, określenie przynależności gatunkowej, izolację DNA, oznaczenie ilości DNA i badanie jego polimorfizmu.

Aby przez nieodpowiednie traktowanie nie zniszczyć śladu zabezpieczonego na miejscu zdarzenia, niezbędne jest dokładne ustalenie jego rodzaju i dalszego z nim postępowania. Ważne jest także sprawdzenie jego pochodzenia gatunkowego – musimy być pewni, że należy on do człowieka. Dopiero wtedy można przystąpić do izolacji DNA, po której należy sprawdzić czystość oraz jakość otrzymanego produktu.

Najczęściej wykorzystuje się w tym celu spektrofotometrię typu NanoDrop. Ścisłe współpracują one z komputerem, na którego ekranie od razu wyświetlane są wyniki z pomiaru absorbancji odpowiednio dla długości fali 260 nm (stężenie DNA w próbce) i 280 nm (stężenie białka w próbce). Ich stosunek (A260/A280) określa stopień kontaminacji białkiem DNA otrzymanego po izolacji (optimalny wynik obejmuje wartości poniżej 1,8).

Izolacja DNA jest zatem najbardziej istotnym etapem w całej procedurze – od niego zależy, czy wyniki technik użytych do badania polimorfizmu będą poprawne.

Pierwszą techniką zastosowaną w medycynie sądowej do analizy DNA było badanie polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych (ang. *restriction fragment length polymorphism*, RFLP) z użyciem technik hybrydyzacyjnych. Umożliwiały one identyfikację określonych sekwencji kwasów nukleinowych w badanym materiale genetycznym. W tym celu wykorzystywano zdolność wyznakowanych izotopowo sond hybrydyzacyjnych, czyli określonych cząsteczek DNA, do wiązania z homologicznymi sekwencjami obecnymi w badanym materiale. Obecnie techniki te prawie całkowicie zostały zastąpione przez łańcuchową reakcję polimerazy (PCR), której odkrycie otworzyło ogromne możliwości przed hemogenetyką sądową.

Trwałość DNA jest raczej skąpa i mimo optymistycznych wiadomości o udanej izolacji DNA z ponad 2000-letniej mumii wiadomo, że złożony proces rozkładu zachodzący po śmierci zmienia DNA dena-

ta nieodwracalnie i nie ma metod, które mogłyby temu zapobiec. Ilość materiału niezbędna do przeprowadzenia reakcji PCR może być zredukowana nawet do ilości śladowych (np. 10 µl spermy), a co ważne – nie musi on być świeży i może pochodzić nawet ze szczątków. Reakcja ta, odzwierciedlając naturalny proces replikacji DNA, umożliwia w warunkach *in vitro* szybkie powielanie jego wybranych odcinków. Czułość metody jest zarówno zaletą, jak i wadą. Z jednej strony umożliwia to amplifikację niewielkiej ilości materiału, z drugiej jednak podczas przygotowywania reakcji należy wykazać się niezwykłą precyzją i czystością, bo nawet śladowe zanieczyszczenia będą zaamplifikowane wraz z analizowaną matrycą, co prowadzi do uzyskania fałszywych wyników.

W przypadku, gdy materiał badawczy wykazuje zdegradowany DNA i DNA jądrowy nie występuje w dostatecznej ilości do przeprowadzenia analiz mikrosatelitarnych, można wykorzystać zmienność genomu mitochondrialnego. Dzięki specyficznej replikacji mitochondrialny DNA (mtDNA) cechuje się dużą zmiennością, a do tego jest łatwo dostępny. Jeden włos z pochwą korzenia zawiera 7 tys. kopii jądrowego DNA i aż tysiąc razy więcej (7 mln) kopii mtDNA, a z 1 cm trzonu włosa można otrzymać wyłącznie mitochondrialny DNA (600 tys. kopii).

Pojedyncze ludzkie mitochondrium zawiera 4–10 kolistych cząsteczek DNA o długości 16569 par zasad. Każda z nich koduje 37 genów, z których 13 koduje białka, 22 kodują transferowe RNA (tRNA),



a dwa ostatnie – rybosomalne RNA (rRNA). Białka kodowane przez mtDNA to część mitochondrialnych białek łańcucha oddechowego, jednak większość białek wchodzących w jego skład jest kodowana przez genom jądrowy. Kod genetyczny mitochondriów różni się od kodu genetycznego w genomie jądrowym. UGA (jądrowy kodon STOP) w mitochondriach oznacza tryptofan, AUA (izoleucyna) – metioninę, a AGA i AGG (arginina) są mitochondrialnymi kodonami STOP. Geny mitochondrialne ludzi nie zawierają intronów.

Kolista sekwencja mtDNA jest mniej podatna na degradację niż jądrowy DNA. Co więcej, liczne mutacje akumulowane są w nim znacznie częściej. Wynika to prawdopodobnie z mniejszej wydajności mitochondrialnego systemu naprawy DNA, a także z częstszej replikacji zmutowanych cząsteczek mtDNA (krótsze cząsteczki powstałe w wyniku dużych delecji powielają się szybciej niż cząsteczki o wielkości prawidłowej). Ponadto oddziaływanie wolnych rodników powstających w procesie fosforylacji oksydacyjnej jest także czynnikiem sprzyjającym mutacjom.

Wynikiem mutacji jest m.in. wysoka zmienność sekwencji w regionie „kontrolnym” (ang. *control region*), nazywanym także „D-loop” (ang. *displacement loop*, pętla D). Region ten jest położony między genami tRNA proliny i tRNA fenyloalaniny oraz zawiera m.in. promotory transkrypcji łańcucha ciężkiego H (ang. *heavy*), bogatego w puryny, i lekkiego L (ang. *light*), bogatego w pirymidyny. Mimo ważnych funkcji pętla D wydaje się najszybciej ewoluującą częścią mtDNA.

Analiza mtDNA okazuje się przydatna w badaniu materiałów z ekshumacji lub katastrof i chętnie stosuje się ją w badaniach kryminalno-sądowych. Jediną jego wadą jest sposób dziedziczenia – przekazywany jest wyłącznie od matki, dlatego w ustalaniu ojcostwa nie może być pomocny. W innych przypadkach spisuje się

### Ramka 1. Entomotoksykologia i chromatografia

**Entomotoksykologia** umożliwia ocenę zawartości narkotyków lub innych substancji toksycznych w ciele denata, a tym samym bardzo często ustalenie przyczyny oraz czasu zgonu (niektóre używki zmieniają szybkość rozwoju larw). Identyfikację substancji przeprowadza się z wykorzystaniem **chromatografii**. Każda technika chromatograficzna zakłada początkowy rozdział badanej mieszaniny (w tym przypadku rozdrobionej masy larw), będący wynikiem przepuszczenia go przez fazę rozdzielczą (tzw. złożę) oddziałującą z analizowaną mieszaniną. Niektóre składniki wiążą się z fazą rozdzielczą na dłużej, inne na krócej, stąd przemywanie takiego złoża odpowiednim eluentem umożliwia ich nierównomierne odłączanie i separację. Wyróżnić można kilka technik chromatograficznych:

- chromatografia cieczowa, w której eluentem jest ciekły rozpuszczalnik (lub mieszanina kilku rozpuszczalników);
- chromatografia gazowa, w której eluentem jest gaz (hel, wodór, azot);
- chromatografia kolumnowa, w której fazę rozdzielczą umieszczono w kolumnie, np. cieczowa chromatografia kolumnowa HPLC (ang. *high pressure liquid chromatography*), w której eluent oddziałuje na złożę pod wysokim ciśnieniem, lub chromatografia żelowa GPC (ang. *gel permeation chromatography*), w której mieszanina rozdzielana jest na żelu/sitach molekularnych;
- chromatografia powinowactwa wykorzystująca zdolność odpowiednio dobranej fazy rozdzielczej do zróżnicowanego stopnia powinowactwa do rozdzielanych substancji;
- chromatografia jonowymienna wykorzystująca oddziaływanie jonowe, powstające pomiędzy złożem a substancjami zawartymi w mieszaninie;
- chromatografia bibułowa, w której fazę rozdzielczą stanowi bibuła filtracyjna;
- chromatografia cienkowarstwowa (ang. *thin layer chromatography*, TLC), w której cienka warstwa fazy rozdzielczej zostaje usztywniona na płytce, na którą nanoszona jest próbka mieszaniny – przepływ i rozdział są wynikiem oddziaływania sił kapilarnych, pola elektrycznego lub grawitacji.

doskonale, umożliwiając dokładne prześledzenie dziedziczenia po linii matczynej (tym bardziej że w zakresie struktury mtDNA nie zachodzi rekombinacja). Należy jednak zauważyć, że analiza na podstawie sekwencji mtDNA jest na ogół analizą typu wykluczenia. Za jej pomocą można wykluczyć czyjaś obecność na miejscu zbrodni, ale nie można jej potwierdzić.

Badania mtDNA, np. w szczątkach pomordowanych członków rodziny cara Rosji i żyjących krewnych tego rodu, potwierdziły ich podobieństwo i pochodzenie fragmentów kości. Wiadomo jednak, że segregacja mitochondriów jest losowa, a zatem mogą wystąpić istotne zmiany w sekwencji mtDNA

między pokoleniami w linii matczynej. Stwierdzenie identycznej heteroplazmii u osobników nie jest jednoznaczne ze stwierdzeniem ich pokrewieństwa. Heteroplazmia, która miała być charakterystyczna tylko dla rodziny Romanowów, została znaleziona także w jednym ze szczepów Indian amerykańskich!

Duża zmienność polimorfizmu mtDNA między osobnikami niespokrewnionymi daje szansę na różnicowanie pochodzenia śladów biologicznych lub ich osobniczą indywidualizację. Jednak ze względu na heteroplazmię oraz małą bazę danych populacyjnych analiza danych statystycznych okazuje się znacznie utrudniona i wnioski z badań są często niejednoznaczne.

## Co widziała mucha?

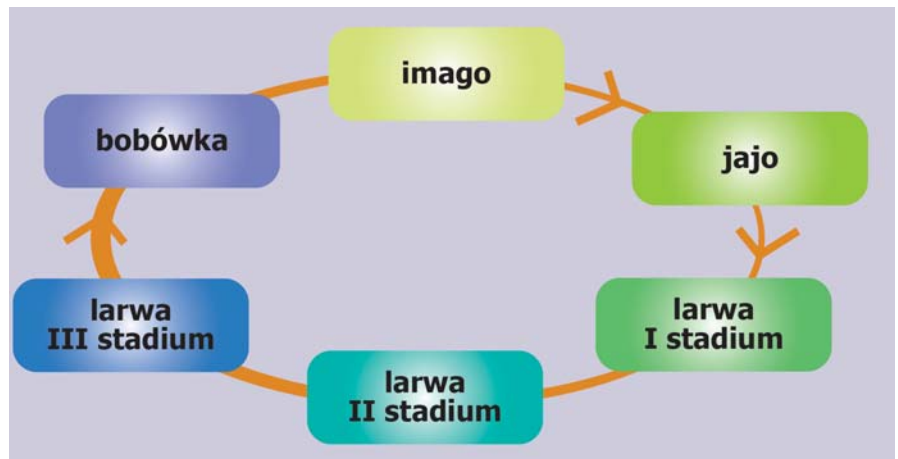
Proces rozkładu, który zaczyna się w chwili śmierci i trwa aż do całkowitego zeszkieletowania, jest procesem złożonym i nieodwracalnym, przeprowadzanym przez wiele drobnoustrojów i zwierząt. Zdawać by się mogło zatem, że każda chwila niszczy dowody pozostawione na miejscu zbrodni, uniemożliwiając rozwiązanie zagadki.

Nic bardziej błędnego! Po upływie 72 godzin od zgonu, gdy biegły patomorfolog sądowy może mieć trudności w oszacowaniu czasu zgonu, do głosu dochodzą entomolodzy sądowi.

Entomologia sądowa jest nauką wykorzystującą biologię i ekologię owadów nekrofilnych (bytujących na zwłokach) do uzyskania informacji o czasie, przyczynie (ramka 1), a nawet miejscu zgonu.

Aby oszacować czas, który upłynął od momentu śmierci do momentu ujawnienia zwłok (ang. *postmortem interval*, PMI), entomologia wykorzystuje dwie metody. Analiza prawidłowości rozwoju owadów nekrofilnych (rys. 1) umożliwia określenie PMI poprzez ustalenie wieku najstarszych form rozwojowych ujawnionych na zwłokach. W tej metodzie istotne okazują się trzy cechy: stadium rozwoju, długość i waga ciała larwy.

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na rozwój larw jest temperatura, której spadek poniżej określonej wartości (u muchówek jest to 10°C) może zatrzymać rozwój całkowicie, a której wzrost z kolei przyspiesza cały proces. Druga metoda opiera się na analizie prawidłowości sukcesji owadów na zwłokach. Proces sukcesji przebiega zawsze według podobnych wzorców (gatunki mogą pojawiać się losowo lub następować po sobie regularnie), powtarzając się w podobnym tempie. Prowadzone liczne doświadczenia mają na celu dokładną analizę powtarzalności kolejności i czasu pojawiania się oraz długości przebywania określonych gatunków owadów na zwłokach w różnych środowiskach i warunkach klimatycznych, wyko-



Rys. 1. Cykl rozwojowy muchówek (przeobrażenie zupełne)



Fot 1. *Sarcophaga* sp.



Fot 2. *Oiceoptoma thoracicum*



Fot 3. *Tanatophilus sinuatus*

rzystywanych do tworzenia modeli prawidłowości sukcesji.

W entomologii sądowej niezwykle istotne są m.in. sposób ekspozycji ciała (i tym samym jego dostępność dla owadów) oraz jego waga, wilgotność powietrza, fotoperiod czy siła wiatru. Istotne są również obrażenia, jakich doznał denat (im więcej ran, tym więcej możliwości złożenia jaj przez muchówki), oraz substancje czynne znajdujące się w jego organizmie (użytki takie jak kokaina mogą przyspieszać rozwój form preimaginealnych).

W początkowych stadiach rozkładu zwłoki zasiedlane są głównie przez przedstawicieli muchówek (*Diptera*), jednak w późniejszych stadiach rozkładu znacznie przeważają chrząszcze (*Coleoptera*). Niektóre z nich (*Necrodes littoralis*) potrafią nawet całkowicie samodzielnie przeprowadzić rozkład zwłok w warunkach niesprzyjających rozwojowi much (np. zbyt niska temperatura).

## Biografia wyczytana z kości

Jak wspomniano wyżej, proces rozkładu zwłok dobiega końca wraz z całkowitym zeszkieletowaniem. W tym momencie zastosowanie znajduje antropologia sądowa. Nauka ta pomaga ustalić (zidentyfikować) lub potwierdzić (zwyfikować) tożsamość ofiary bądź podejrzanego. Analiza materiału szkieletowego umożliwia „przywrócenie” zmarłego do życia, ustalając wiek i płeć ofiary czy określając przeżyciową masę i wyso-



Wybrałam  
Przyrodę z klasą!

**A TY?**

**„Przyroda z klasą” to podręcznik:**

- Napisany przez polskich nauczycieli praktyków specjalnie z myślą o nowej podstawie programowej
- Uwzględniający pomysły rzeszy nauczycieli przyrody, zgłoszone w ogólnopolskiej akcji recenzowania superpodreczniki.pl
- Dostosowany do pracy w klasach mieszanych pod względem wieku i poziomu dojrzałości (uczniowie dziewięcio- i dziesięcioletni)
- Oferujący kompletny zestaw pomocy dydaktycznych dla nauczyciela, obejmujący również nowe media

**Wybierz „Przyrodę z klasą” –  
podręcznik, o jakim nauczyciele  
zawsze marzyli!**

**Zdecyduj już dziś!**



**SUPERPODRĘCZNIKI.PL**

Z NAUCZYCIELAMI I DLA NAUCZYCIELI

Wejdź na stronę [www.klett.pl/deklaracja](http://www.klett.pl/deklaracja), wypełnij deklarację wprowadzenia podręcznika, a otrzymasz bezpłatnie zestaw nauczycielski o wartości ponad 2000 zł!

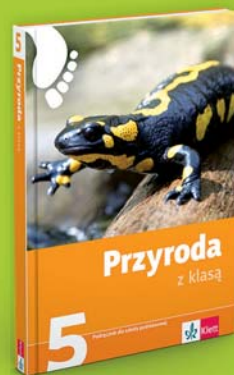
**Jesteś zainteresowany  
zapoznaniem się  
z podręcznikiem?**

- wejdź na stronę [klett.pl/zaproszenie](http://klett.pl/zaproszenie)
- w formularzu określ czas i miejsce spotkania z nami
- skontaktujemy się z Tobą, by dopasować spotkanie do Twoich potrzeb!

**ZAPROŚ NAS  
DO TWOJEJ  
SZKOŁY!**



Nr MEN  
481/1/2012



Zgłoszone  
w MEN



**Infolinia:**  
**61 84 96 223**

Sprawdź kontakt do Kierownika  
Regionalnego w Twojej okolicy!  
[www.klett.pl/kontakt](http://www.klett.pl/kontakt)

**Klett**

kość ciała. Do najbardziej spektakularnych możliwości antropologii sądowej niewątpliwie można zaliczyć rekonstrukcję twarzy.

Analiza zmian powstałych na kościach pozwala określić ich przyczynę oraz przybliżony czas powstania (przeżyciowo, pośmiertnie), a także jak długo szkielet zalegał w miejscu ujawnienia. Umożliwia to tym samym oszacowanie przyczyny i czasu śmierci.

Metody antropologii fizycznej umożliwiają również dokonanie analiz dotyczących osób żywych (tzw. biometria). Wbrew pozorom człowieka można zidentyfikować nie tylko na podstawie odcisków palców i karty dentystycznej. Biometria, określając np. charakter pisma, sposób chodu, brzmienie głosu czy nawet zapach, prezentuje precyzyjny obraz ofiary lub przestępcy, tak niezbędny w kryminalistyce (por. **ramka 2**).

### Przeminęło z wiatrem?

Stosunkowo niedawno znalazła w kryminalistyce zastosowanie aeropalinologia analizująca metody uwalniania, rozprzestrzeniania i dyspozycji ziaren pyłku oraz zarodków roślin, a także ich trwałość i zasięg występowania w zależności od budowy i gatunku. Poznanie dokładnej, unikatowej dla każdego gatunku budowy ziaren pyłku wymaga niezwykle cierpliwości i precyzji, ostatecznie umożliwiając

### Ramka 2. Informacje uzyskiwane z badań biometrycznych

Cechy behawioralne	Cechy fizyczne
Sposób chodzenia	Tęcza oka
Podpis odręczny	Linie papilarne
Głos	Układ naczyń krwionośnych dłoni
Fala P300 (reakcja mózgu powstająca w czasie 300 ms od bodźca, charakterystyczna dla każdego człowieka)	Kształt dłoni, ucha
	Rozkład temperatury twarzy
	Kształt i rozmieszczenie zębów
	Zapach

przyporządkowanie analizowanej cząsteczki do jednej, konkretnej rośliny. Palinologia sądowa analizuje niepowtarzalność kształtu, wielkości czy struktury ściany komórkowej ziaren pyłku zebranych z miejsca zdarzenia, włók czy dowodów rzeczowych. Umożliwia to powiązanie podejrzanego z miejscem zdarzenia lub zabezpieczonym dowodem rzeczowym, ustalenie miejsca, w którym przebywała ofiara przed śmiercią, lub określenie charakteru miejsca zbrodni, a tym samym oszacowanie czasu i miejsca zgonu. Palinologia sądowa potrafi zatem zawęzić grupę podejrzanych, a także obalić lub potwierdzić alibi podejrzanego.

### Wyścig zbrojeń

Nauki biologiczne nie tylko pomogą w oszacowaniu czasu, miejsca i przyczyny zgonu. Sprawdzają się również w przypadku ataków terrorystycznych (broń biologiczna), zatruc pokarmowych, ska-

żeń środowiska czy wyjaśnieniu nagłych zgonów, gdy patomorfologia i histopatologia są bezsilne. Ustalaniem źródła zakażenia lub rozprzestrzeniania się groźnych patogenów, a nawet identyfikacją podejrzanego po specyficznej florze bakteryjnej skóry zajmują się mikrobiologia i wirusologia sądowa.

Należy podkreślić, że nie wymieniono tutaj wszystkich wykorzystywanych w naukach sądowych dziedzin biologii, określanych razem mianem biologii kryminalistycznej. Kryminalistyka niewątpliwie potrzebuje coraz to nowych, skutecznych rozwiązań, aby móc podjąć wyzwanie rzucone przez wciąż rosnącą przestępczość. Konkurencja jest ostra, a uzyskanie odpowiedzi oraz wiarygodne odtworzenie scenariusza dokonanej zbrodni stanowią w każdym śledztwie priorytet.

**mgr Joanna Stojak**

Institut Biologii Ssaków PAN w Białowieży

## WARUNKI PRENUMERATY „BIOLOGII W SZKOLE” NA 2013 ROK

**Prenumerata roczna – 117 zł, półroczna – 58,50 zł**

### I. PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM WYDAWCY

Zamawiając **roczną prenumeratę** za pośrednictwem Wydawcy, otrzymujecie Państwo **rabat w wysokości 5% od ceny czasopisma**.

Prenumeratę za pośrednictwem Wydawcy można zamówić:

- **przez Internet**, zakładka „Prenumerata” na stronie [www.edupress.pl](http://www.edupress.pl); ■ **e-mailem**: [prenumerata@raabe.com.pl](mailto:prenumerata@raabe.com.pl);
- **telefonicznie**, pod numerem (22) 244 84 78; ■ **faksem**, z dopiskiem „Prenumerata”, fax: (22) 244 84 10;
- **listownie**, pod adresem: Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Sp. z o.o. Wola Plaza, ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa

### II. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ FIRMY KOLPORTERSKIE:

1. RUCH SA – [www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), tel. 801 800 803 lub (22) 717 59 59, e-mail: [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl)
2. GARMOND PRESS – [www.garmondpress.pl](http://www.garmondpress.pl)
3. KOLPORTER S.A. – [www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl)
4. POCZTA POLSKA – [www.poczta-polska.pl](http://www.poczta-polska.pl), tel. 801 333 444 lub w urzędach pocztowych

### III. PRENUMERATA ZAMAWIANA PRZEZ INTERNET – [www.kiosk24.pl](http://www.kiosk24.pl) Katalog Edukacja, Oświata.

### IV. SPRZEDAŻ NUMERÓW ARCHIWALNYCH z lat 2009–2012 w wersji elektronicznej i egzemplarzy drukowanych z lat 2011 i 2012 (po potwierdzeniu u Wydawcy) pod adresem – [prenumerata@raabe.com.pl](mailto:prenumerata@raabe.com.pl)



**Zamów prenumeratę przez Internet [edupress.pl](http://edupress.pl) [kiosk24.pl](http://kiosk24.pl) [raabe.com.pl](http://raabe.com.pl)**



# Giordano Bruno

## „Sposoby mówienia” i „sposoby rozumienia”

(o słowach wieloznacznych i ich strukturze)

Katarzyna Karaskiewicz

**D**laczego ludzie z tak wielkim trudem porozumiewają się? Co jest tego przyczyną? Dlaczego stosują tak rozmaite „sposoby mówienia”? Dlaczego istnieją różne „sposoby rozumienia”? Dlaczego słuchamy czyjeś wypowiedzi i subiektywnie ją interpretujemy? Co jest tego powodem? Gdzie tkwi źródło, jądro nieporozumienia? Krótką odpowiedź dałby zapewne Ludwig Wittgenstein (1889–1951): *Granice mego języka oznaczają granice mego świata*. Jednak to nie słynna teza austriackiego logika jest przedmiotem rozważań, ale myśli o przyrodzie i języku przyrody, które w swoich dziełach analizował włoski myśliciel Giordano Bruno (1548–1600).

Giordano Bruno żył w epoce wielkiego przewrotu intelektualnego, dla której nie znaleziono jednak nazwy adekwatnej do przemian. Epoka ta znana jest jako kontrreformacja i kojarzy się wówczas głównie z konfliktami religijnymi. Inne nazwy, czyli *odrodzenie* czy *renesans*, nawiązują do recepcji kultury antycznej. Włoska nazwa *cinquecento* rozbija XV, XVI i XVII wiek, odcinając wiek XVI z jednej strony od wieku XV, z drugiej od pierwszych dziesięcioleci wieku XVII. A przecież była to epoka w swojej strukturze intelektualnej oryginalna, w której narodziły się świecki światopogląd i empiryczna nauka. Epokę Bruna

poprzedzała działalność polskiego astronoma Mikołaja Kopernika. Dzieło Kopernika *O obrotach sfer niebieskich* (1543) było aktem rewolucyjnym, od którego rozpoczyna się nowożytne przyrodoznawstwo, a wraz z nim nowożytna filozofia materialistyczna. Ówczesny świat nauki podzielił się na zwolenników i przeciwników kopernikańskiej koncepcji nauki. Przeciwników było więcej, byli też potężniejsi. Do mniejszego grona zwolenników należeli m.in.: Bruno, Galileusz, Kepler, Kartezjusz, Newton.

Przedmiotem rozważań Bruna o języku są nie tylko same słowa, lecz także stosunki między słowami a przedmiotami oraz stosunki zachodzące między ludźmi. Jego rozważania miały pewien wpływ na jego własną praktykę językową. Doszedł do przekonania, że ludzki język jest plastyczny i posiada nieskończoną możliwość przystosowania do własnych celów, ponieważ może być wieloznaczny i równoznaczny. To z kolei prowadziło do eksperymentowania z tworzeniem własnego języka i sposobu mówienia.

Zgodnie z koncepcją językową Bruna możemy mówić o: rozumieniu, nierozumieniu i błędnym rozumieniu:

- a) rozumienie to usłyszane dźwięki lub postrzegane napisy powiązane z określonymi elementami rzeczywistości,
- b) nierozumienie to brak wiedzy, z jakimi elementami rzeczywistości należy powiązać usłyszane dźwięki lub postrzegane napisy,

c) błędne rozumienie to usłyszane dźwięki lub postrzegane napisy powiązane z błędnymi czy nieprawdziwymi elementami.

Należy zaznaczyć, że człowiek używa na co dzień słów, które można określić jako wieloznaczne. Można mówić wielorako, a więc wypowiadać jakieś słowo w rozmaitych kontekstach. Czyli to od kontekstu, ale także od wiedzy będzie zależeć „sposób mówienia” i „sposób rozumowania” człowieka.

W rezultacie osoba używająca słów wieloznacznych może być rozumiana wielorako. Czasem zdarza się, że jednostka używa słów wieloznacznych, ponieważ chce być rozumiana rozmaicie przez ludzi. Dzieje się tak również, gdy człowiek na przykład pragnie ukryć swoje prawdziwe zamiary lub skrywa prawdziwą treść wypowiedzi bądź ukrywa swoją niewiedzę. W trzecim przypadku człowiek może uchodzić za uczonego przy aplauzie słuchaczy nieorientujących się w przygotowanym przez niego fortelu.

Rozważania wieloznacznych słów doprowadziły Bruna do różniczenia rozmaitych „sposobów mówienia” i „sposobów rozumienia”. Podzielił je na dwie części:

- a) znaczenia słów charakterystyczne dla rozmaitych grup społecznych, które nimi oznaczają przedmioty lub rzeczywistość,
- b) sposoby oznaczania przedmiotów lub rzeczywistości według rozmaitych grup społecznych, odmiennie oznaczających te przedmioty.

Podział słów na znaczenia doprowadził filozofa do przekonania, że posiadają one wielowarstwową strukturę znaczeniową, a w szczególności „powierzchnię” i głęboko ukryte znaczenie, które należy wydobyć. Zatem słowo składa się z dwóch części: dźwiękowo-wizualnej i znaczeniowej. To z kolei doprowadziło do podziału „sposobów rozumienia” na: niewłaściwe, pospolite, właściwe, właściwsze i najwłaściwsze.

Z rozważań Bruna wynika, że ludzie nadają taki sens słowu, jaki chcą, ponieważ podstawową właściwością każdego słowa (znaku) jest wieloznaczność. Filozof może nadać słowom sens, jaki chce, ponieważ właściwością słowa jest przystosowalność. Bruno wyraził swój pogląd także wierszem:

*Niech gramatycy słowom, a słowa niechaj nam służą. Oni niech przestrzegają praw posługiwania się słowami. Tych praw, które my ustanawiamy.*

Poemat *O trojakim minimum i mierze* jest echem potyczek, jakie Bruno prowadził z gramatykami. Uważał bowiem, że gramatycy są od dbania o poprawność językową, a filozof jest od ustanawiania słów. W swoim dziele *Lampa trzydziestu spotkań* (Andrzej Nowicki, *Lampa trzydziestu spotkań, czyli Bruno w trzydziestu dialogach*, Katowice 1980) Bruno napisał, że: *Filozof nie może być sługą słów, ale słowa powinny posłusznie słuchać jego rozkazów. Po drugie, filozof powinien zawsze stawiać treść ponad formą. Otóż w każdej wypowiedzi słowa są tylko formą, a treścią jest myśl.* Wyjaśnić wypada znaczenie terminu *forma*, który pochodzi od greckiego słowa *eidos*, a ono od czasownika *idein*, czyli widzieć. Komentatorzy słowo *eidos* tłumaczą też jako kształt. Słowa zatem widzimy, są to mające rozmaite kształty obrazy, którym nadajemy znaczenie. I jak każdy obraz posiadają zarówno znaczenie zewnętrzne (powszechnie stosowane i znane), jak i znaczenie wewnętrzne, które należy wydobyć, aby poznać prawdziwą istotę lub wielość istot, tego, co widzimy (formy).

Myli się ten, kto uważa, że ustanawianie słów jest czynnością dowolną (arbitralną). Zgodnie z założeniem Bruna opiera się ona na wydobywaniu głęboko ukrytych znaczeń. Dopiero wówczas filozof nadaje im sens. Ten sens nie pochodzi z zewnątrz, tylko z wnętrza słowa. Bruno porównuje słowo do bryły. Na powierzchni słowa znajduje się jego znaczenie, a głęboko – nieskończona wielość form. Zatem zadaniem filozofa jest wydobywanie ukrytych form.

Przyjrzyjmy się na początek znaczeniom dwóch tak ważnych słów jak *zewnątrz* i *wewnątrz*. Znaczenie terminu *zewnątrz* ma wiele konotacji. Oznacza przykładowo: poza obrębem czegoś, poza granicami, na zewnętrznej stronie czegoś; z wierzchu. Inne znaczenia to: od środka ku brzegom czegoś, poza obrębem czegoś, od zewnątrz, z zewnątrz. Należy zwrócić uwagę, że słowo *zewnątrz* jest mocno związane ze słowem *wnętrze*. Aby coś było, stało się, zaistniało, znalazło się na zewnątrz, musi być najpierw we wnętrzu. Musi z tego wnętrza wyjść, wydobyć się, aby zaistnieć na zewnątrz. Inny termin *zewnątrznie* oznacza: od zewnętrznej, wierzchniej strony, z wierzchu, powierzchownie. Termin *zewnątrzy* to znajdujący się na powierzchni czegoś lub poza obrębem czegoś. W przypadku słów *zewnątrznie* i *zewnątrzy* patrzymy na coś, co już jest na zewnątrz. Nie dostrzegamy wydobywania się czegoś z wnętrza.

Zgodnie z tym, co zakładał Bruno, mamy do czynienia ze znaczeniem słowa, które znajduje się na zewnątrz, i ukrytym sensem, który znajduje się we wnętrzu słowa. Znaczenie słowa, które uobecnia się na zewnątrz musi najpierw wyjść z wnętrza, z tej wielości form, które muszą być dostrzeżone, zobaczone, postrzeżone. Dopiero wtedy filozof będzie nadawał sens formie, czyli sensu temu, co widzi.

Sensu słowa nie będziemy jednak szukać na zewnątrz, tylko wewnątrz słowa, które staje się kuźnią wielorakich obrazów, rozmaite-

go widzenia. Termin *wnętrze* oznacza: miejsce, obszar, powierzchnię znajdującą się wewnątrz, pomieszczenie wewnątrz czegoś. W przenośni oznacza: życie duchowe człowieka, duszę, serce. Jednak to pierwsza interpretacja słowa *wnętrze* wydaje się adekwatna do metafory bryły-słowa. Bryła-słowo posiada swoje ukryte miejsce (pieczarę, grotę), ciemne, odosobnione, nie dla oczu profana. W tym odosobnieniu odbywa się tytaniczna praca rozpoznawania wielu form. Do potocznego (naturalnego) języka słowo *bryła* przedostało się z języka przyrody (empirii). Czytamy, że to ciało fizyczne o kształtach nieforemnych, zwykle znacznych rozmiarów; w węższym znaczeniu gruby kawał czegoś, odłupany, odszczepiony od całości lub scalony, zbity, ulepiony z drobnych cząstek. Przykładowo może to być bryła lodu, masła, węgla, zbitego gruzu, gliny, ziemi. Bryła to także ciało, którego kształt geometryczny traktowany jest jako stały. W matematyce: dowolny ograniczony obszar przestrzenny wraz z powierzchnią ograniczającą, np. kula, sześcian. W architekturze kształt przestrzenny – bryła budynku.

Jaką bryłą będzie słowo? Słowo zapisane widzimy, słowo wypowiedziane tylko słyszymy. Słowo wypowiedziane lepiej sobie daje radę z czymś, co filozofowie słowa czasem nazywają „duchem słowa”. Wypowiedź możemy poprawić. Wprawdzie, jak mawiał angielski logik i matematyk Bertrand Russell (1872–1970), słowo raz wypowiedziane umiera i już nie zmartwychwstaje, ale za każdym razem wypowiedziąc je tak samo, powołujemy je na nowo do życia. Człowiek, wypowiadając słowo, powołuje je do życia, ale w chwili powołania skazuje już na śmierć. Zapis natomiast jest niemy, zewnętrzny, jest taki, jakim go widzimy. Żeby zrozumieć sens zapisu, musimy z niego wydobywać *eidos*. Widzimy zatem konstrukcję zbudowaną z liter i postrzegamy każdą literę, która może być jej fundamentem, ścianą,



dachem, oknem itd. Zważywszy na metaforyczny charakter pism włoskiego filozofa, można by zaryzykować twierdzenie, że bryła będzie swoistego rodzaju architekturą widzenia (formy).

Jednak nie można zapominać o jego niezłomnej walce w obronie języka przyrody, który nazywa „językiem fizyki”. To między innymi dlatego przez swoje całe życie udawał, że Kopernik był przyrodnikiem, a nie matematykiem. Język matematyki jest wtórny, jest symbolem symboli (nadmienie, że język naturalny, jakim posługuje się człowiek, jest także symbolem. Nie oznacza bowiem tego, co widzimy i słyszymy). Natomiast język przyrody, według Bruna, ma być tym, w którym nadaje się sens słowom (staje się językiem empirii). Język matematyki dałby zbiór informacji o subiektywnych konstrukcjach umysłu ludzkiego. Język przyrody odnosi się do obiektywnej rzeczywistości, czyli mówi o tym, w jaki sposób zbudowany jest na przykład system planetarny albo jaki jest skład chemiczny Ziemi. W przeszłości znaczenie terminu *filozof* było odmiennie pojmowane niż współcześnie. Do rozważań filozoficznych należały także rozważania nad naturą, czyli światem fizycznym i przyrodą. Słowo *natura* jest wieloznaczne i oznacza w zależności od systemu filozoficznego:

- 1) ogół cech składających się na jakiś byt,
- 2) świat materialny rozpatrywany z punktu widzenia naukowego jako świat fizyczny,
- 3) świat rozpatrywany z punktu widzenia metafizyki jako ograniczona całość, jako energia stwórcza, obecność Boga w świecie.

Przedstawiając Kopernika jako przyrodnika, Bruno udawał, że stworzona przez polskiego astronoma terminologia jest terminologią przyrodniczą, określającą świat materialny rozpatrywany z punktu widzenia nauki.

Wróćmy jednak do naszych rozważań nad terminami *wnętrze* i *bryła*. Przyjrzyjmy się teraz

słowom *wewnętrznie*, *wewnętrzny* i *wewnątrz*.

- a) *wewnętrznie* – w środku czegoś, wewnątrz, od wewnątrz; wewnątrz siebie, w głębi ducha, w sobie, pod względem duchowym; przeobrazić się, zmienić się wewnątrznie,
- b) *wewnętrzny* – znajdujący się w środku, umieszczony wewnątrz czegoś; zachodzący, stosowany, istniejący w obrębie czegoś,
- c) *wewnątrz* – w zamkniętej, ograniczonej czymś przestrzeni, we wnętrzu czegoś, pod powierzchnią, w środku, w głębi.

Interesującym słowem jest *wewnątrz*, które wskazuje na zamkniętą, ograniczoną przestrzeń. Taką zamkniętą i ograniczoną przestrzenią jest każde słowo składające się z określonej liczby liter, wobec których nie możemy postępować inaczej, niż chce *eidos*. Dodać też należy, że choć przestrzeń bryły-słowa jest ograniczona i zamknięta, ilość *eidos* jest wieloraka, a więc można by zaryzykować stwierdzenie, że nieskończona. W zamkniętej przestrzeni rodzi się nieskończona ilość sensów.

Ponadto termin *wewnątrz* jest pierwszym członem przymiotników złożonych, wskazującym na występowanie, dzianie się czegoś we wnętrzu tego, co określa drugi człon tych przymiotników, przykładowo: *wewnątrzkomórkowy*. Ale też *wewnątrzwyrazowy* czy na przykład utworzony dla eseju *wewnątrzsłowny*. *Wewnątrzsłowny* może być tu synonimem *wewnątrzwyrazowego*. Zamiast słowo możemy powiedzieć *wyraz*, *pojęcie*, *termin*, *znak*. Zatem w *wewnątrzwyrazowej* bryle wykuwa się niczym w kuźni sensory wyrazu. Następnie z wnętrza wyraz (słowo) wydobywa się na zewnątrz i stanowi jego znaczenie.

Przejdźmy teraz do rozważenia wieloznacznego terminu *kopiec*. Podstawowe znaczenie tego słowa to: wzgórek, wzniesienie o charakterze naturalnym lub sztucznie usypane (najczęściej przez człowieka), usypisko, rodzaj pomnika w formie pagórka. Przykładowo kopiec graniczny, kopiec Kościuszki, kopiec

mrowiska, kopiec kreta. W tym ostatnim przypadku będzie rozróżnienie na kopiec kreta (ciasto) i kopiec usypiany przez kreta. W tym przypadku (chodzi o konotacje słowa *kopiec*), aby zrozumieć słowa wypowiedziane przez człowieka, musimy znać kontekst wypowiedzi.

Interesujące jest następujące zjawisko. Wpisując w okienko wyszukiwarki Google hasło *kopiec kreta*, otrzymujemy strony głównie kulinarne, czyli jak upiec ciasto. Natomiast w grafice mamy do wyboru liczne zdjęcia ciasta upieczonego lub nadgryzionego. Aby przeczytać lub zobaczyć kopiec kreta usypiany przez kreta, należy wpisać hasło *kret*. Tym samym można założyć, że kopiec kreta powszechnie kojarzy się z ciastem – dziełem człowieka, a nie z pagórkiem – dziełem kreta. Tą samą czynność musimy powtórzyć, gdy chcemy dowiedzieć się czegoś na temat kopca mrówek. Czyli musimy wpisać hasło *mrówka* lub *mrówki*. Wpisując w wyszukiwarkę tylko słowo *kopiec*, otrzymujemy strony dotyczące kopców rozmaitych: tych usypanych przez człowieka, tych krecich, mrówczych oraz kulinarnych. Grafika jest także urozmaicona. Wieloznaczność terminu jest już dostrzegalna.

Musimy zatem przyjąć następującą tezę, że dla miłośników gotowania kopcem kreta będzie ciasto (rozumienie najwłaściwsze, ale jednocześnie niewłaściwe, ponieważ kopiec kreta pojmowany jako ciasto jest interpretacją wtórną, która pojawiła się stosunkowo niedawno). Dla biologa będzie to pagórek usypiany przez kreta (rozumienie najwłaściwsze) albo pagórek powstały drogą naturalną (rozumienie właściwsze) lub okazałych rozmiarów pagórek usypiany przez człowieka (rozumienie właściwe). Jednocześnie biolog będzie odrzucać kopiec kreta jako ciasto (rozumienie niewłaściwe), choć jest mu znane (rozumienie pospolite). Osoba nieinteresująca się gotowaniem nie będzie kojarzyła kopca kreta z ciastem (rozumienie właściwsze), choć ta konotacja będzie

jej znana (rozumienie pospolite). Przyjmie, że jest to rodzaj pagórka usypanego sztucznie lub naturalnie (rozumienie najwłaściwsze).

Jednakże wzorem Bruna poszukujemy sensu słowa. Przyjrzymy się raz jeszcze słowu *kopiec*. W słowie tym zawarta jest zarówno czynność, jak i przedmiot (czasownik i rzeczownik). *Kopiec* ma przedrostek *ko-*. Jeśli oddzielmy od *ko-* drugą część słowa, otrzymamy słowo *piec*.

a) *Piec*, czyli urządzenie grzewcze, w którym odbywa się spalanie paliwa, magazynowanie ciepła. Mamy piec kaflowy, kuchenny; piec duży albo mały. Palimy w piecu, rozpalamy w piecu. Piec bucha ciepłem. Do pieca wsadzamy, wstawiamy, wkładamy chleb, ciasto itd. Rzeczownik *piec* ma wiele form frazeologicznych takich jak: podpiec piec – czyli nie tańczyć, siedzieć za piecem – być bezczynnym; nie brać udziału w życiu społecznym; coś spada, leci z pieca na łeb itd. Ale mówimy też, że coś jest prosto z pieca, czyli dopiero co wykonane, stworzone, powstałe; jest jeszcze ciepłe, świeże. Nikomu nieznanym, niezasmakowanym. Jak słowo dopiero wypieczone w piecu, w którym wypiekano sens słowa.

b) *Piec* jako pieczenie, piekę, piekłą, pieczony, poddawać produkt żywnościowy działaniu wysokiej temperatury w piecu, na ruszcie, na rożnie, blasze itd.

c) *Piec* jako oddziaływanie na kogoś gorącym, dokuczać, parzyć, palić. Być wystawionym na gorąco, na oparzenia.

Zatem słowo *piec* jest rzeczą, czynnością i czuciem. W przypadku analizowanego terminu *kopiec* pojmowanego powszechnie jako *kopiec kreta* (hasło w internecie) mamy do czynienia z właściwym pojmowaniem słowa. Wykonywana jest bowiem czynność (*pieczenie*) ciasta w piecu. Ukryty sens słowa *kopiec* został niechcący rozpowszechniony i skojarzony z ciastem przypominającym swoim kształtem *kopiec* ukopany przez kreta.

Jednakże słowo *piec* jako rzecz, czynność i czucie prowokuje kolejne pytania dotyczące tworzenia wielorakich sensów. *Piec* jest przedmiotem zamkniętym; bryłą, miejscem ograniczonym powierzchniowo, niedostępnym dla człowieka ze względu na panującą wewnątrz wysoką temperaturę. W piecu odbywa się proces pieczenia nie tylko ciasta, ale także (w przenośni) słowa. Słowo poddawane jest wielu czynnościom, tak jak w piecu pod wpływem wysokiej temperatury dochodzi do rozmaitych reakcji chemicznych. Zachodzące reakcje mają zadanie ukształtować (wypiec, czyli wypchnąć na zewnątrz) i wydobyć ostateczny kształt (*eidos*) słowa, czyli sens. Po upieczeniu słowo otrzymuje swoje znaczenie. Z zamkniętej bryły-słowa na zewnątrz wydostaje się kształt słowa, czyli jego znaczenie. Tak jak podczas pieczenia (ko-*piec* kreta) zachodzą rozmaite reakcje chemiczne składników ciasta, tak w mózgu człowieka zachodzą rozmaite reakcje chemiczne, które przyczyniają się do zintensyfikowania myślenia. Te z kolei uruchamiają proces poznawczy, proces widzenia (*eidos*) i proces kształtowania formy (*eidos*).

Można zadać pytanie: a co z kopcem usypanym sztucznie przez człowieka, kopcami, które są wytworem środowiska czy wreszcie pracą kreta? Przyjrzymy się raz jeszcze temu słowu. Tym razem należy zwrócić uwagę na pierwszy człon słowa *kopiec*, czyli *kop-*. Chodzi o powiązanie ze słowami: *kopać*, *kopnąć*, *kop*, *kopany*. Co znaczy: uderzyć kogoś, kopnąć jakiś przedmiot lub człowieka, wydobywać ziemię na wierzch za pomocą łopaty, motyki; kopać głęboko, płytko; wydobywać minerały, czyli coś wydostaje się samo lub za pomocą czegoś na zewnątrz. Pierwszy człon słowa *kopiec*, czyli *kop-*, powinien odnosić się raczej do interpretacji *kop*, czyli kopnąć coś, kogoś czy użytego w stwierdzeniu: *ale ma coś kopa*, *coś daje kopa*, *ktos daje kopa* – coś jest bardzo silne, z reguły jest to uderzenie, które zmienia chwilowo lub na

stałe świadomość, miejsce, kształt itd. Rozumiany w ten sposób *kopiec* (od *kop*) będzie wstrząsem dla ziemi, który został spowodowany przez naturalne wypiętrzenia lub sztuczne, utworzone przez człowieka albo kreta. I znowu wydobywamy z wnętrza na zewnątrz na przykład grudki ziemi, z których usypujemy *kopiec*. Podobnie z wewnątrz zamkniętej bryły-słowa wydobywamy sens słowa. Także Ziemia rozumiana w kontekście bryły, nie jako słowo, ale jako ciało fizyczne, z którego coś uzewnętrznia się, będzie stanowiła swoistego rodzaju zamkniętą, ograniczoną przestrzeń, do której wnętrza człowiek nie jest dopuszczany. Jeżeli jednak wchodzi, to tylko do określonej głębokości.

W ten sam sposób możemy spojrzeć na ludzki mózg jako na zamkniętą bryłę, do tej pory niezbadaną do końca, kryjącą w sobie wiele tajemnic. I chociaż trwają badania nad ludzkim językiem, wciąż nie jesteśmy pewni, co powoduje, że człowiek mówi, rozumie, myśli i z tych myśli wydobywa dźwięki, a wydobywane dźwięki zapisuje symbolami, które nazywa pismem. Znak (zapisane słowo) odczytujemy, ale nadal nie wiemy, jakie zachodzą w mózgu procesy, że przypisujemy znaczenie czemuś, co nie ma nic wspólnego z oznaczonym przedmiotem. Bowiem złożone z liter słowo jest symbolem, abstrakcją.

Na zakończenie wróćmy do rozważań Bruna na temat wieloznaczności słów, które wydobywane z wewnątrz stanowią znaczenie pokrywające powierzchnię słowa. Oznacza to bowiem, że każde używane przez człowieka słowo posiada swoje ukryte kształty (*eidos*), inaczej obrazy. W filozofii języka jest taka znana powszechnie teza, która brzmi: *Język jest obrazem myśli*. Ta popularna i wielokrotnie rozwijana przez różnych filozofów teza może być także zinterpretowana jako wydobywanie sensu z wnętrza słowa. Jaki sens nadamy słowu, taka będzie myśl człowieka, którą następnie głośno wypowie.





# Świat przyrody

Od 1 września br. w szkołach ponadgimnazjalnych zacznie obowiązywać nowy, zupełnie nietypowy przedmiot o nazwie PRZYRODA. W podstawie programowej określono przynależne mu 24 wątki tematyczne, z których każdy składa się z 4 wątków przedmiotowych: fizycznego, chemicznego, biologicznego i geograficznego.

Nauczyciel i jego uczniowie w ciągu dwóch lat mają obowiązek opracować na lekcjach przyrody tylko 16 tematów z proponowanych 96 (24 × 4).

Rzetelne opracowanie jednego tematu – z uwzględnieniem funkcji, które powinien spełniać podręcznik, a także wymienionych w podstawie programowej wymagań ogólnych i szczegółowych – mieści się średnio na około 20 stronach. Podręcznik wydawnictwa ZamKor to około 2500 stron. Wydawanie tak obszernego materiału w formie drukowanej mija się z celem.

Dlatego podręcznik zostanie udostępniony w formie eBooka. Każdy uczeń wykorzysta tylko jego wybraną, niewielką część.



Przyroda jest przedmiotem uzupełniającym, przeznaczonym dla uczniów, którzy świadomie zrezygnowali z nauki przedmiotów przyrodniczych, stąd bardzo istotnym problemem jest zmotywowanie ich do pracy.

Proponujemy, by uczeń samodzielnie wybrał temat, który go autentycznie interesuje i który zostanie przez niego poszerzony o dowolnie wybrany obszar (literatura, historia, socjologia, teatr, architektura, sport itp.).

Uczniowie o podobnych zainteresowaniach powinni się łączyć w kilkusobowe zespoły, dzięki czemu omówienie tematu będzie szersze i gruntowniejsze, a efekty pracy uczniów zostaną zaprezentowane w bardziej zróżnicowanych formach.

Zdyscyplinowaniu uczniów pod względem terminowości i dokumentacji pracy służy, prowadzący ucznia krok po kroku, *Dziennik projektowy*, w który zostaną zaopatrzeni.

Proponujemy pracę najnowocześniejszą i najwyżej cenioną na świecie **metodą projektów**. Nauczyciel pełni w niej funkcję doradcy i inspiratora. Nie jest nadmiernie obciążony, pod warunkiem że dysponuje odpowiednimi materiałami pomocniczymi.

Dla nauczycieli pracujących z podręcznikiem ZamKoru przygotowaliśmy *Niezbędnik nauczyciela przyrody* oraz *E-poradnik* zawierający program nauczania, rozkład materiału, gotowe szablony (do edycji) do oceniania oraz niezwykle rozbudowane propozycje projektów wraz z bibliografią, którymi nauczyciel może inspirować swoich uczniów.

**ZamKor – nie zostawiamy nauczycieli samym sobie w trudnych sytuacjach!**

# Smoki istnieją nie tylko w bajkach

Joanna Pilipczuk

Smoki znane nam są z mitów i legend, z filmów, literatury, a także z gier komputerowych.

Przerażające stwory przypominające często rodzaj latającego gada, obdarzone zwykle dużą inteligencją pojawiały się również w bajkach opowiadanych nam przez rodziców czy dziadków. Potwory te potrafiły posługiwać się mową ludzką, ziały ogniem, czasami strzegły rozmaitych skarbów i często pożerały ludzi. Smoki opisywane były zawsze jako stwory fikcyjne. Tymczasem *Glaucus atlanticus* (Forster 1777), czyli  **błękitny smok morski**, zamieszkuje wody strefy umiarkowanej i tropikalnej. Można go spotkać w Pacyfiku i Oceanie Indyjskim aż do wybrzeży Afryki, Mozambiku, wschodnich wybrzeży Australii, a także w wielu miejscach Oceanu Atlantyckiego, w tym także u wybrzeży Brazylii, Urugwaju i Argentyny. *Glaucus atlanticus*, potocznie nazywany błękitnym smokiem morskim, po raz pierwszy został opisany w 1777 roku przez niemieckiego zoologa Georga Forstera, który znalazł go w Oceanie Spokojnym. Przyglądając się zdjęciu tego dziwnego stworza, można powiedzieć o nim, że jest przepiękny, niesamowity, interesujący lub też dziwny. Można opisać go jako potwora z science fiction, potwora zaprojektowanego w Photoshopie, bajkowego pokemona, a może nawet awatara. To fantastyczne zwierzę jest pelagicznym ślimakiem należącym do rzędu nagoskrzelnych



(*Nudibranchia*). *Glaucus atlanticus* jest jedynym gatunkiem rodzaju *Glaucus* i tylko jednym z dwóch gatunków rodziny *Glaucidae*. Błękitny smok morski jest niewielkich rozmiarów (około 3–4 cm). Posiada wydłużone i lekko spłaszczone ciało, małą głowę z parą niewielkich czułek leżących blisko otworu gębowego oraz parą bardzo małych macek po stronie grzbietowej. Jego dość duże brodawki lub macki, umieszczone na trzech lub czterech parach „trzonek” po bokach ciała, wyglądają jak pierzasto rozgałęzione „kończyny”. Życie spędza na otwartym morzu, dryfując na powierzchni wody, niesiony przez prądy i wiatr.

Unosząc się w toni wodnej, poluje na cewiopławy z rodzaju *Physalia* oraz parzydełkowce z rodzaju *Valella* i *Porpita*. *Physalia Physalis* (Linneusz 1758), bardzo mocno parzący gatunek rurkopława, groźny również dla człowieka, jest jednym z posiłków błękitnego smoka morskiego. Smok morski zjada jego macki zaopatrzone w komórki parzydełkowe i żądłące (nematocysty), a następnie przekazuje truciznę z tych komórek do własnych macek. Na końcach macek w specjalnych torebkach gromadzi jad, którym potem sam się broni przed drapieżnikami. Smok błękitny jest bardzo trujący, niechętnie jest więc zjadany przez inne zwierzęta.



**Systematyka**

(http://www.nhm.ac.uk):

*Glaucus atlanticus* (Forster 1777)Domena: eukarionty (*Eukaryota*)Królestwo: zwierzęta (*Animalia*)Typ: mięczaki (*Mollusca*)Klasa: brzuchonogi (*Gastropoda*)Rząd: nagoskrzelne (*Nudibranchia*)Rodzina: *Glaucidae*Rodzaj: *Glaucus*Gatunek: *atlanticus*

Przepięknie ubarwione ciało, srebrzystobłękitne po stronie grzbietowej i biało-niebiesko-granatowe po stronie brzusznej, jest rodzajem kamuflażu. W oceanie, dzięki biało-niebieskim barwom, jest niewidoczny wśród fal dla drapieżnika patrzącego zarówno z góry, jak i z dołu. Jedną z najbardziej oryginalnych cech tego zwierzęcia jest sposób pływania w wodzie.

*Glaucus atlanticus* pływa do góry nogami! Widoczny z góry grzbiet jest tak naprawdę jego stopą. Kiedy znajduje się na lądzie, zwiija się w charakterystyczną kulkę, wrzucony z powrotem do wody otwiera się i obraca brzuchem do góry. Interesujące jest, że ślimak połyka powietrze, które zasysa w żołądku, dzięki czemu unosi się na wodzie i pływa wzdłuż fal.

Ślimak ten jest hermafrodytą, w jego ciele występują gruczoły rozrodcze męskie i żeńskie. Jest jajorodny. Jaja składa na zatopionych przedmiotach, martwych zwierzętach, podwodnej roślinności. Prawdopodobnie smoki morskie są kanibalami, gdyż posiadają wrodzoną odporność na własny jad.

dr Joanna Pilipczuk

**Piśmiennictwo:**

- Jura C., 1997. *Bezkregowce*, PWN, Warszawa.
- Kamalakannan K., Kumaran S., Thenmozhi C., Sampath-kumar P., Balasubramanian T., 2010. Occurrence of *Glaucus atlanticus* and *Glaucus marginata* (Blue Ocean Slug) from Nagapattinam coastal waters, southeast coast of India. *International Journal of Current Research*, Vol. 5, pp. 71–73.
- Srinivasulu B., Srinivasulu C., Chethan Kumar G., 2012. First record of the blue sea slug (*Glaucus atlanticus*) from Andhra Pradesh – India. *Taprobanica*, Vol. 4, No. 1, pp. 52–53.
- The Blue Dragon (*Glaucus atlanticus*): one of the rarest and most beautiful mollusks. *Amazing World Online*, January 2013.
- Collections of Natural History Museum, Cromwell Road, London, UK; http://www.nhm.ac.uk.

**Domena: eukarionty; królestwo: zwierzęta; typ: strunowce; podtyp: kręgowce; gromada: zauropsydy; podgromada: diapsydy; infragromada: archozauromorfy; rodzaj: smok**

# Smok wawelski

*(Smok wawelski, Niedźwiedzki, Sulej i Dzik)*

Zapewne nawet w Krakowie niewiele osób wie, że rzeczywiście dawnymi czasy w Polsce żył smok wawelski, a właściwie żyły gady z gatunku *Smok wawelski*. Co gorsza, gada tego odkryli naukowcy z Warszawy...

*Smok wawelski* był archozaurom i podobno żył na terenie dzisiejszej Polski w triasie, czyli ponad 200 mln lat temu. Na podstawie szczątków kostnych znalezionych w cegielni w Lisowicach stwierdzono, że był on zwierzęciem stosunkowo dużym, bo mierzącym 5–6 m długości. Niewątpliwie gdyby w tamtych czasach żył jakiś rycerz, to *S. wawelski* mógłby mu napędzić strachu. Zwłaszcza że musiał mieć paskudny uśmiech, gdy pokazywał kilkucentymetrowe, zakrzywione ku tyłowi zęby.

Obecnie *S. wawelski* przebywa w holu Wydziału Biologii UW. Niestety w formie szczątkowej. Może właśnie taka postać nastraja go bardzo pozytywnie do życia, bo postanowił na Święta przebrać się za św. Mikołaja, a w czasie przerwy semestralnej wybierał się ze studentami na narty. Niestety śnieg nie dopisał. Na Wielkanocne Święta planuje zaprosić kuzynów. Ponieważ kocha dzieci, będą to zapewne kurczęta.

**Wraz z redakcją „Biologii w Szkole”  
S. wawelski życzy wszystkim Czytelnikom  
naszego czasopisma Wesołych Świąt!**





# Kolisty RNA

Na podstawie:

Memczak S. i wsp., Nature, <http://dx.doi.org/10.1038/nature11928> (2013).

Hansen T.B. i wsp., Nature, <http://dx.doi.org/10.1038/nature11993> (2013).

Salzman J., Gawad C., Wang P.L., Lacayo N. & Brown P.O., PLoS ONE 7, e30733 (2012).

Jeśli komuś się wydaje, że wiemy już wszystko o tym, co się dzieje w komórce, to wyniki badań opublikowanych w lutym numerze „Nature” powinny podziwiać na niego jak kubeł zimnej wody. Odkryto nowy rodzaj cząsteczek RNA! Są koliste i wydają się pełnić w komórce szczególną rolę, działając jak molekularne gąbki „pochłaniające” cząsteczki mikroRNA. Tym samym może działać jako uniwersalny i nadrzędny regulator ekspresji wielu genów. Odkrycie kolistego RNA stanowi przełom w badaniach nad mechanizmami regulującymi wydajność translacji i procesów związanych z degradacją RNA.

Do tej pory kolisty RNA był pomijany w badaniach, ponieważ metody stosowane do izolacji kwasu rybonukleinowego, szczególnie te używane przy jego sekwencjonowaniu, preferencyjnie wyodrębniają liniowe cząsteczki RNA. W konsekwencji uzyskiwane jego preparaty są zubożone lub praktycznie nie zawierają cząsteczek kolistych. Dlatego do dziś wątpiono w jego występowanie w komórce, traktując doniesienia o jego istnieniu jako opisy artefaktów będących efektem preparatyki. Dokonane odkrycie może całkowicie zmienić nasze postrzeganie świata RNA, ponieważ może być nieprawdą, że składa się on głównie z cząsteczek liniowych. Analiza baz danych RNA sugeruje, że w komórce tkankowca mogą istnieć setki, a być może nawet tysiące rodzajów kolistych RNA. Nikolaus Rajewsky, kierujący zespołem naukowców z **Max Delbrück Center for Molecular Medicine w Berlinie**, badających kolisty RNA, mówi o nim jako o „zagubionym świecie równoległym”. Rajewsky wraz ze współpracownikami oraz grupa badaczy z Uniwersytetu w Aarhus (Dania), kierowana przez Thomasa Hansena i Jørgena Kjemsą, badali kolisty RNA o wielkości 1500 nukleotydów, występujący w mózgu myszy i człowieka. Wykazali, że cząsteczka ta zawiera ponad 70 sekwencji komplementarnych do miR-7 (mikroRNA), a więc mogących wiązać tego typu cząsteczki. Ponieważ mikroRNA są niewielkimi cząsteczkami wiążącymi się na zasadzie komplementarności ze specyficznymi rodzajami mRNA i w konsekwencji blokującymi ich translację, to kolisty RNA może działać wręcz odwrotnie, wiążąc mikroRNA. Jeśli dodam, że miR-7 wiąże się z takimi zaburzeniami naszego ustroju, jak nowotwory i choroba Parkinsona, to łatwo będzie docenić wagę odkrycia. Nie są to jedynie przypuszczenia, ponieważ Hansen i wsp. wykazali, że wspomniany kolisty RNA rzeczywiście blokuje w komórce mikroRNA miR-7, czego konsekwencją jest podwyższona ekspresja genów regulowanych przez miR-7. Ponadto zespół kierowany przez dra Rajewskiego udowodnił, że jeśli u zarodków danio przegowanego (*Danio rerio*) wywoła się ekspresję kolistego RNA lub usunie gen kodujący miR-7, to w obu przypadkach efektem będą zaburzenia w rozwoju mózgu.

Obecnie trudno jest ocenić wagę odkrycia. Na pewno zmieni ono nasze postrzeganie świata RNA. Już spowodowało, że musimy sobie postawić pytanie o to, jak bardzo jest ograniczona nasza wiedza, bo – jak widać – nie mamy żadnych podstaw, aby uważać, że jest ona kompletna.

<red>

## Słodkie życie farmera



Okazuje się, że dieta bogata w skrobię i cukry nie jest najlepsza nie tylko dla nas, ale również dla bakterii zamieszkujących naszą jamę gębową. Z jednym jednak wyjątkiem. Bakterie z gatunku *Streptococcus mutans* uwielbiają cukier. Niestety są to bakterie powodujące próchnicę. Przypuszczalnie nasza „przygoda” z *S. mutans* rozpoczęła się mniej więcej 10 000 lat temu, gdy

człowiek z myśliwego stał się farmerem. „Słodkie”, bo bogate w skrobię i cukry życie zmieniło diametralnie warunki panujące w naszych ustach. W szczególności na zębach pojawiła się cieniutka, bogata w cukry warstwa sprzyjająca rozwojowi wspomnianych paciorkowców. W tych warunkach mnożą się one zdecydowanie szybciej niż inne mikroorganizmy. W konsekwencji zdominowały naszą jamę gębową, czyniąc ją „ekosystemem” o niezwykle małej bioróżnorodności. Dowodzą tego najnowsze badania metagenomiczne.

Człowiek świadomie lub nieświadomie przekształcił środowisko i to nie tylko to, w którym żyjemy, ale również to, które jest w nas. Ciekawe, która z tych zmian jest dla nas bardziej niebezpieczna...

<red>

# Zagadka kalifornijskich dębów

Zagadką pozostaje, dlaczego niektóre drzewa, np. dęby, w jednym roku mają bardzo dużo żołądzi, by w kolejnym nie mieć ich wcale. Ogrodnicy zwykle mówią, że drzewo się nadmiernie wysiliło i musi odpocząć. Problem w tym, że nie za bardzo wiadomo, co to znaczy i na czym polega przemęczenie i odpoczywanie drzewa. Opisane w ostatnim numerze renomowanego czasopisma „Ecology” badania rzucają światło na tę zagadkę. Naukowcy obserwowali dęby z gatunków *Quercus lobata* i *Quercus douglasii*, rosnące w Kalifornii wokół Centralnej Doliny. Drzewa te, choć czasem oddalone od siebie o 600 kilometrów, zrzucają żołądź dokładnie w tym samym czasie, w ciągu tygodnia lub dwóch. Szczegółowe obserwacje dowodzą, że o zachowaniu dębów, a zwłaszcza obfitości żołądzi decyduje wiosenna pogoda w czasie kwitnienia drzew, w szczególności temperatura i obfitość opadów. Czy te same czynniki decydują o owocowaniu drzew owocowych? Zapewne tak, ale sadownicy chyba z jednej strony większą wagę przywiązują do wiosennych przymrozków, a z drugiej zdają sobie sprawę z tego, że wiele, szczególnie starych, odmian drzew owocowych, np. jabłoni, z zasady obficie owocuje co dwa lata. Co ciekawe, efekt ten znacząco zmniejsza przerzedzanie zawiązków owoców. Czyżby drzewa pamiętały, ile owoców wytworzyły w poprzednim roku? Rozwiązanie zagadki amerykańskich dębów, choć niezwykle ciekawe, zapewne nie dostarcza uniwersalnej odpowiedzi na pytanie, co określa wielkość owocowania drzew i dlaczego wiele z nich owocuje synchronicznie. Być może odpowiedzi na nie należy szukać w zjawiskach, które określa się ogólnym terminem *zegary biologiczne*.

<red>



## Źle liczone kalorie

Na przełomie XIX i XX w. Wilbur Atwater opracował prosty system obliczania kaloryczności pokarmu. System ten przyjmuje, że wartość kaloryczna pokarmu wynosi cztery kalorie dla jednego grama białka i węglowodanów (dwie kalorie dla błonnika) oraz dziewięć kalorii dla grama tłuszczu. Niestety od dawna są znane ograniczenia tego prostego systemu. Są one na tyle poważne, że niektóre kraje, np. Australia, zaniechały jego stosowania.

Oczywiście dieta uboga w kalorie sprzyja chudnięciu, ale nie zmienia to faktu, że zwykle popełniamy poważny błąd, traktując w obliczeniach np. węglowodany w różnych pokarmach jako tak samo kaloryczne. Przykładowo nasz organizm zużywa zdecydowanie więcej energii do przyswojenia jednego grama węglowodanów znajdujących się w fasoli niż w płatkach śniadaniowych. Może zabrzmieć to dziwnie, ale wychodzi na to, że kaloria kalorii nierówna. Między innymi o tym dyskutowali naukowcy na corocznej konferencji AAAS (The American Association for the Advancement of Science), która odbyła się 14–18 lutego bieżącego roku w Bostonie (USA). Na jednym z paneli dyskutowano na temat sposobu trawienia pokarmu przez różne kręgowce, w szczególności ssaki. Naukowcy byli zgodni, że liczenie netto kaloryczności pokarmu mija się z celem, ponieważ nie uwzględnia ono wielu czynników wpływających na ilość kalorii, jakie w rzeczywistości, wraz ze strawionym pokarmem, przyswaja nasz organizm. Podkreślono, że obliczenia nie uwzględniają tak istotnych czynników jak: ilość energii zużywanej przez organizm na strawienie i przyswojenie pokarmu; dostępność pokarmu w zależności od jego postaci, np. sposobu przygotowania; szybkość przemieszczania się pokarmu przez przewód pokarmowy, co decyduje o jego trawieniu i wchłanianiu, oraz udział mikrobiomu układu pokarmowego,

o którym wiadomo, że bywa bardzo zmienny i zależy zarówno od osobnika, jak i pokarmu, który spożywamy.

Szczególnie nieprecyzyjne jest szacowanie kaloryczności pokarmu gotowanego. Zwykle uznaje się pokarm gotowany za mniej kaloryczny od surowego, podczas gdy w rzeczywistości jest on bardziej kaloryczny, ponieważ gotowanie powoduje przekształcenie białek mięsa do postaci szybciej trawionej i łatwiej przyswajanej przez nasz organizm.

W ostatnich latach coraz większą uwagę koncentruje się na mikroorganizmach występujących w naszym przewodzie pokarmowym i ich znaczeniu dla funkcjonowania naszego organizmu. Od stosunkowo niedawna wiadomo, że mają one kluczowe znaczenie dla ogólnej odporności, natomiast ich udział w procesie trawienia nie jest do końca poznany. Wiadomo, że u różnych osób skład mikrobiomu przewodu pokarmowego jest różny i zależy między innymi od spożywanego pokarmu. Czy bakterie ułatwiają trawienie, czy też może przechwytywać część pokarmu? Na to pytanie nie ma ostatecznej odpowiedzi, ale zapewne czynią jedno i drugie, co więcej – można przypuszczać, że to, jak skutecznie to robią, zależy od rodzaju bakterii zasiedlającej nasz przewód pokarmowy, co z kolei jest między innymi konsekwencją spożywanego pokarmu. Przykładowo wykazano, że w przewodzie pokarmowym myszy karmionych karmą gotowaną występują zdecydowanie inne bakterie niż u myszy, które spożywały pokarm surowy.

Sposób przygotowania pokarmu ma niezwykle istotne znaczenie dla łatwości jego trawienia (rozumianej jako szybkość i skuteczność trawienia). Przykładowo skrobia zawarta w płatkach śniadaniowych dostarcza zdecydowanie „łatwiejszych” kalorii niż ta, która znajduje się w ziarnach, z których je przygotowano.

Zapewne dla większości ludzi liczenie kalorii nie ma istotnego znaczenia, ale może warto wiedzieć, co smacznego można zjeść, nie ryzykując kolejnych kilogramów nadwagi.

<red>



# Wszędobylskie ryby

**Gupik** (*Poecilia reticulata*) – każdy akwarysta zna tę małą, kolorową, niekłopotliwą i łatwą w hodowli rybkę. Okazuje się, że niegorszy z niej rozbójnik, a wszystko zapewne z winy człowieka. Litościwym akwarystom szkoda uśmiercać niechciane rybki, więc wypuszczają je na wolność. Pewnie sobie nie poradzą w nowym środowisku, ale akwarysta ma czyste ręce, nie uśmiercił rybki. No i jest problem. Gupiki wcale nie śpieszą się z opuszczaniem tego też padłołu, tylko jakoś sobie radzą. Dzięki temu możemy je znaleźć na wszystkich kontynentach i dlatego powinny zostać uznane za niebezpieczny gatunek inwazyjny. Ostatnio zasiedliły Wyspy Zielonego Przylądka. Znalaziono je w zbiorniku irygacyjnym na wyspie Santa Antão. Ciekawostką jest, że w ten sposób gupiki stały się pierwszymi rybami zamieszkującymi słodkowodne cieki Wysp Zielonego Przylądka. Oto jak nasza litość zmienia świat.

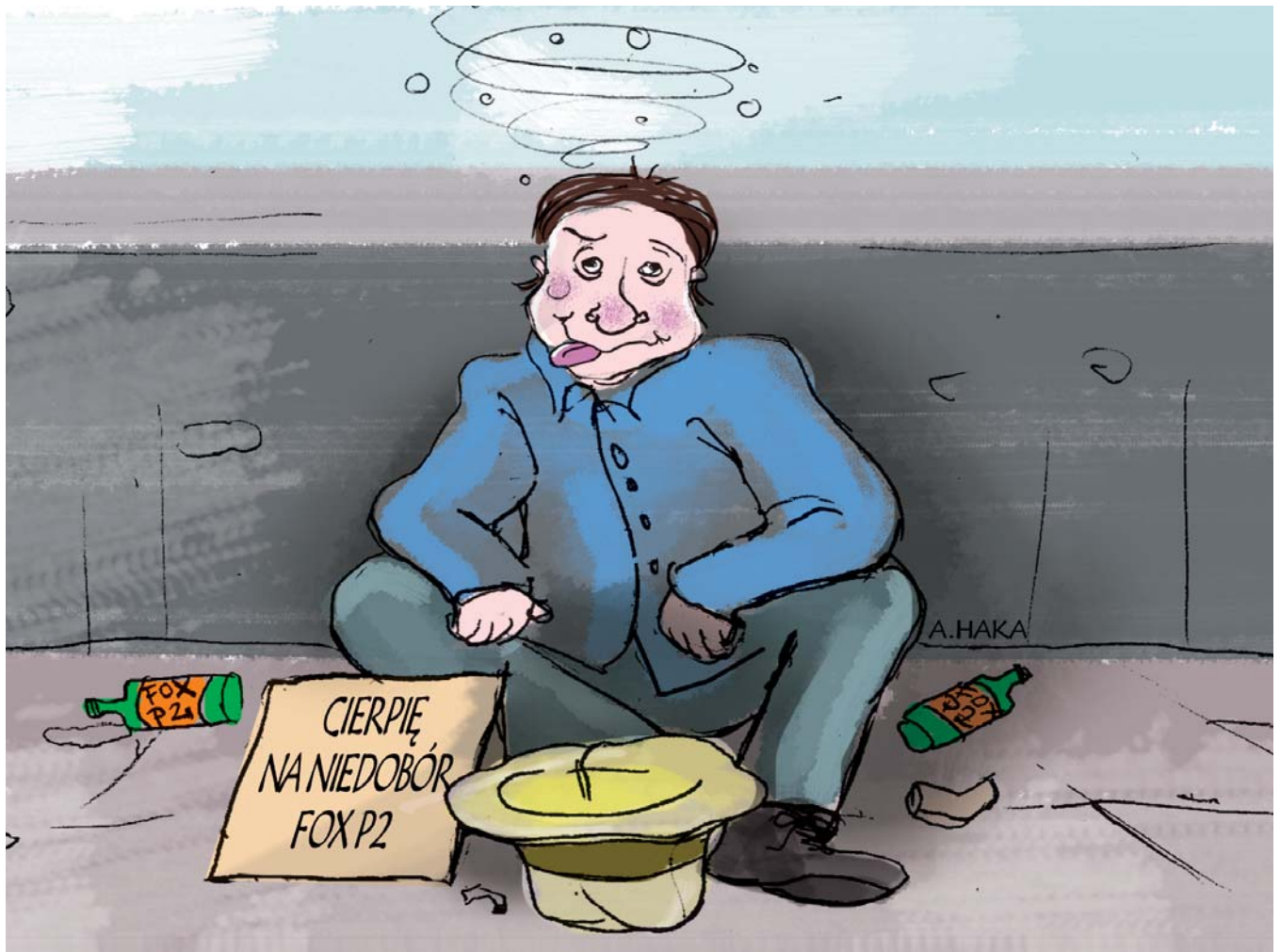
Podobne zjawisko obserwowane jest również w Polsce. W tym przypadku żółw czerwonolicy (*Trachemys scripta elegans*) staje się poważnym zagrożeniem dla rodzimego żółwia błotnego (*Emys orbicularis*).

Następnym razem kupując kolejne zwierzątko w sklepie zoologicznym, zastanówmy się, co z nim zrobimy, gdy dorośnie...

<red>

# Niezwykły gen FOXP2

Mowa jest jedną z tych umiejętności, które podobno różnią nas od zwierząt. Oczywiście wiele zwierząt potrafi się porozumiewać, ale przypuszczalnie jest to umiejętność bardzo ograniczona, jeśli chodzi o możliwości przekazywania wiadomości, a szczególnie pojęć abstrakcyjnych. Jeśli są geny odróżniające nas od innych zwierząt, to niewątpliwie te, które powodują, że potrafimy posługiwać się mową i pismem, są wśród nich. Ponad ćwierć wieku temu Simon Fisher i Anthony Monaco, badacze z Uniwersytetu Oksford, rozpoczęli badania, które doprowadziły ich do odkrycia





genu FOXP2 będącego bez wątpienia jednym z tych, bez których nie byłoby ludzkiej mowy. Swoje badania mogli zrealizować dzięki rodzinie KE, której piętnastu członków z trzech pokoleń cierpiało na poważne problemy z wystawianiem się. Sposób dziedziczenia choroby zdecydowanie sugerował, że jest ona związana z dziedziczeniem dominującego allelu genu autosomalnego. Należy podkreślić, że rodzina KE jest jednym z zaledwie kilku przypadków jednonogenowego dziedziczenia choroby polegającej na problemach z mową i umiejętnością posługiwania się językiem. Zwykle zaburzenia takie mają bardzo złożone tło genetyczne.

Pod koniec XX w. polowanie na gen warunkujący jakąś specyficzną cechę przypominało poszukiwanie igły w stogu siana. Jak zwykle z pomocą przyszedł przypadek. Było nim dziecko oznaczone jako CS, u którego występowały problemy z mówieniem, takie jak u chorych członków rodziny KE, a które z tą rodziną nie było spokrewnione. U dziecka CS wykryto aberrację chromosomową polegającą na translokacji fragmentu chromosomu 7 na chromosom 5. Zgadzało się to z wcześniejszymi wynikami lokalizującymi poszukiwany gen w obrębie niewielkiego obszaru chromosomu 7 oznaczonego jako SPCH1 (ang. for speech-and-language-disorder-1). W tym momencie wszystko stało się proste. Wystarczyło u dziecka CS precyzyjnie wyznaczyć miejsce translokacji na chromosomie 7. Okazało się, że znajduje się ona w samym środku sekwencji kodującej białko należące do rodziny czynników transkrypcyjnych FOX. Dlatego zostało ono nazwane FOXP2. Oznaczenie sekwencji nukleotydowej genu FOXP2 rodziny KE wykazało, że wszystkie osoby dotknięte chorobą były heterozygotami, u których w jednym allelu znajdowała się mutacja powodująca substitucję aminokwasu w domenie białka FOXP2 odpowiedzialnej za wiązanie się z DNA, a więc kluczowej dla funkcjonowania tego białka jako czynnika transkrypcyjnego. Obecnie znamy wielu ludzi z problemami z mową, u których stwierdzono mutacje w genie FOXP2.

Białko FOXP2 jest ludzkim białkiem kodowanym przez gen FOXP2 znajdujący się w locus SPCH1 na chromosomie 7 (7q31). Białko FOXP2 jest czynnikiem transkrypcyjnym regulującym transkrypcję innych genów, w tym odpowiedzialnych za mowę i posługiwanie się językiem.

Gen FOXP2 występuje również u innych kręgowców, ale sekwencja aminokwasowa kodowanych przez te geny białek jest odmienna niż białka ludzkiego. Badania przeprowadzone na myszach wykazały, że białko FOXP2 reguluje również ekspresję genów odpowiedzialnych za prawidłowy rozwój płuc. O ile heterozygotyczne noworodki myszy są upośledzone pod względem możliwości wydawania dźwięków, o tyle homozygotyczne noworodki pozbawione funkcjonalnego białka FOXP2 mają nieprawidłowo rozwinięte płuca oraz w mózgu warstwę komórek Purkiniego i giną w 21 dni po urodzeniu.

Wydaje się, że prawidłowa aktywność homologów genu FOXP2 jest istotna dla śpiewu ptaków i echolokacji u nietoperzy.

Ostatnio przeprowadzone badania sugerują, że ekspresja genu FOXP2 może być wyższa u kilkumiesięcznych dziewczynek, ale jedynie w tych partiach mózgu, które są związane z mową. Przeciwnie u szczurów, ale w tym wypadku bardziej gadatliwe są noworodki płci męskiej. Obserwuje się to, szczególnie gdy zostaną oddzielone od matki. Nie dość, że wołają ją intensywniej niż ich siostry, to na dodatek bardziej hałasują po powrocie do gniazda, zmuszając samicę, aby w pierwszej kolejności zadbała właśnie o nie.

Ponieważ białko FOXP2 pełni niezwykle istotną funkcję, nie jest zaskoczeniem, że jest ono silnie konserwowane u kręgowców. Przykładowo identyczne z białkiem człowieka było białko FOXP2 neandertalczyka, a białko szympansa różni się od naszego dwoma aminokwasami, mysie trzema, a ptaka zeberki zaledwie siedmioma aminokwasami. Natomiast zaskakującą zmienność białka FOXP2 wykryto u nietoperzy. Być może wiąże się to z różnicami w systemach echolokacji, jakimi posługują się te zwierzęta.

<red>



# NADMORSKIE WARSZTATY PRZYRODNICZE

## Nie tylko dla przyrodników!

### NADMORSKIE WARSZTATY PRZYRODNICZE

to interdyscyplinarna edukacja terenowa połączona z wypoczynkiem. Zajęcia prowadzą profesjonaliści, którzy na co dzień pracują w zawodach związanych z przyrodą. Tematy zajęć dobrano tak, by młodzież poszerzyła wiedzę i umiejętności objęte szkolnymi programami nauczania. Oferujemy 14 godzin zajęć edukacyjnych, dużo zabawy i wypoczynek na świeżym powietrzu.

**Na nasze Warsztaty można uzyskać dofinansowanie!**

OFERTA SPECJALNA!  
w dniach  
02.04-05.04.2013  
29.04-03.05.2013  
27.05-31.05.2013  
24.06-28.06.2013  
02.09-06.09.2013

CENY 20% NIŻSZE

Oferta weekendowa:  
informacje na naszej stronie internetowej.

NADMORSKIE WARSZTATY PRZYRODNICZE

Przemysław Jujka  
[www.warsztatyprzyrodnicze.com](http://www.warsztatyprzyrodnicze.com)  
[nadmorskie@warsztatyprzyrodnicze.com](mailto:nadmorskie@warsztatyprzyrodnicze.com)  
tel. kom. 602 25 18 63






www.warsztatyprzyrodnicze.com

# Rannik zimowy (*Eranthis hyemalis* (L.) Salisb.)

To jedna z najwcześniej zakwitających roślin w naszych ogrodach. Jeśli do tego dodać, że jest stosunkowo mało wymagająca i bujnie rośnie (jeśli tylko zaspokoimy jej skromne wymagania), to okaże się, że jest to roślina godna naszej uwagi.

**N**a stanowiskach naturalnych ranniki można spotkać w Azji Mniejszej (Irak i Turcja) oraz w środkowej i południowo-zachodniej Europie (Bułgaria, Jugosławia i Włochy). W Polsce stosunkowo często spotykany w ogrodach, rzadziej jako zdziczały efemerofit.

**Efemerofit to obcy, zwykle zawleczony gatunek rośliny, najczęściej jedynie przejściowo występujący na danym obszarze.**

Nazwa rośliny oddaje jej biologię, pochodzi od greckich słów: *er* – wiosna, *anthos* – kwiat i łacińskiego słowa *hyems* – zima. Gdy przedwiośnie nastaje wcześniej, a rośliny posadzone są w zacisznych miejscach blisko budynków, ranniki zimowe potrafią zakwitnąć już w lutym. Zwykle jednak rozkwitają w połowie marca i kwitną do chwili, gdy temperatura powietrza przekroczy 10°C. Ranniki są cenione przez ogrodników nie tylko dlatego, że bardzo wcześnie zakwitają, ale również ze względu na urodę ich żółtych, przypominających czarki kwiatów osadzonych na krótkich, 8–12 cm łodygach. Ponieważ rozmnażają się przez nasiona (roznoszone przez mrówki) i nieregularne kłęcza, dlatego łatwo tworzą łań, więc można je polecać na skalniaki, gdzie często są sadzone, oraz w miejscach, gdzie dużo światła dociera tylko wiosną, np. pod drzewami, gdy ranniki kwitną, a później mają liście. Niestety liście ranników stosunkowo szybko, bo już w maju, zamierają, pozostawiając puste miejsce na grządce. Dlatego rośliny te powinno się sadzić wraz z innymi późniejszymi i niezbyt żarłocznymi roślinami. Jest to tym ważniejsze, że roślina ta lubi ziemię żyzną i próchniczną. Poza pieleniem chwastów nie wymaga innych szczególnych zabiegów ogrodniczych, gdyż jest odporna na choroby i szkodniki.

Rannik jest bardzo cenny jako roślina miododajna, kwitnąca wtedy, gdy pierwsze owady zaczynają loty.

Ranniki można rozmnażać z nasion, lecz znacznie skuteczniejsze jest sadzenie bulw. Niestety zwykle w sklepach można kupić jedynie mocno przesuszone bulwy ranników. Powinny być one przed sadzeniem moczone przez 2–3 godziny w letniej wodzie. Niestety nie zawsze zabieg ten skutkuje. Znacznie lepiej jest odszukać ogrodnika lub działkowca, który uprawia ranniki, i nabyć u niego bulwy, które powinno się od razu sadzić lub jeśli to konieczne – przechowywać w wilgotnych trocinach do momentu wysadzenia na grządkę. Przed sadzeniem bulwy można dzielić. Bulwy sadzimy na głębokość 5–7 cm co 8–10 cm. Najlepszym terminem wysadzenia ranników jest druga połowa sierpnia i początek września, choć i późniejsze

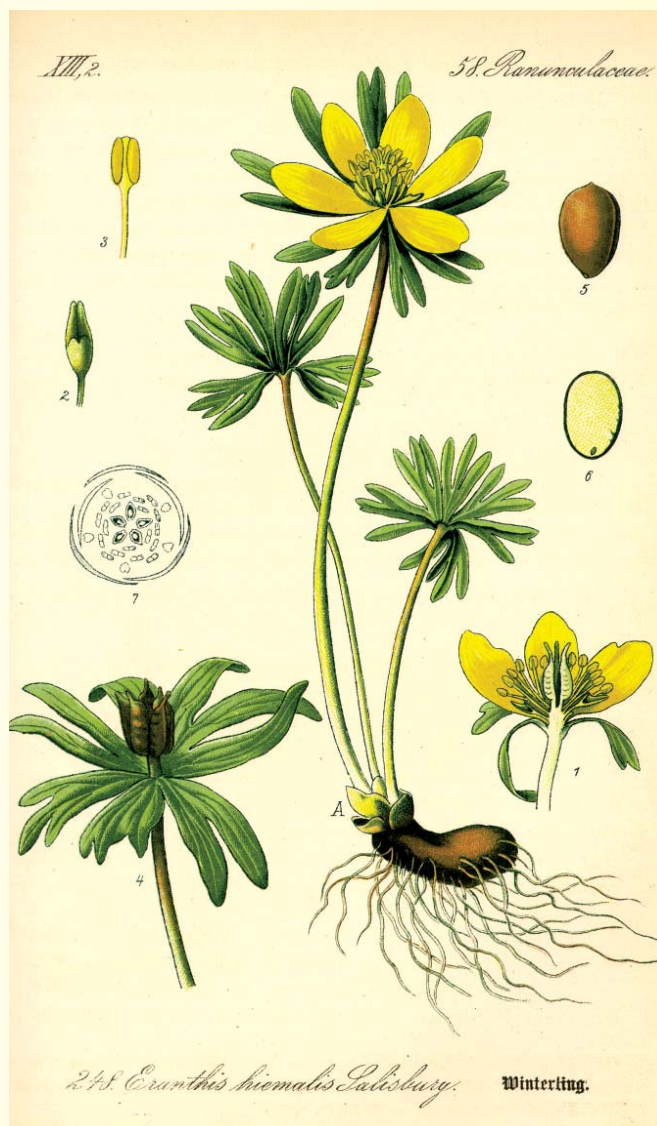
sadzenie pozwoli roślinie zadomowić się w jej nowym miejscu.

Ranniki zimowe są odporne na niskie temperatury panujące w zimie w Polsce, dlatego nie wymagają okrywania.

Ciekawostką jest, że rannik zimowy krzyżuje się z rannikiem cylicyjskim (*Eranthis cilicicus*). Mieszzańce nazywane są *Eranthis × tubergenii*.

■ *Rośliny ogrodowe. Jednoroczne i cebulowe*, Hachette Livre, Warszawa 2004.

■ Brown K., *Kwiaty cebulowe na każdą porę roku*, Murator, Warszawa 2000.





# Śnieżyczka przebiśnieg (*Galanthus nivalis* L.)

Wraz z rannikami zimowymi zakwitają śnieżyczki przebiśniegi, nazywane potocznie przebiśniegami.

**T**a należąca do rodziny amarylkowatych roślina w naturze występuje w lasach środkowej i południowej Europy. W Polsce podlega ochronie gatunkowej, ponieważ przez nasz kraj przebiega północna granica zasięgu tego gatunku. Jeszcze niedawno roślina ta była w Polsce poważnie zagrożona wyginięciem, lecz obecnie jest coraz liczniejsza na południu naszego kraju. Przebiśniegi najłatwiej spotkać na Dolnym Śląsku, ale występują również na pojedynczych stanowiskach na Polesiu i w Wielkopolsce. W Polsce centralnej i na północy naszego kraju występują tylko w ogrodach. Podobnie jak ranniki przebiśniegi są roślinami miododajnymi.

Zależnie od miejsca występowania przebiśniegi kwitną od lutego do kwietnia. Termin kwitnienia zależy od stanowiska, na którym rosną. W górach i na pogórzu rośliny rosnące na większej wysokości zakwitają nawet miesiąc później niż w dolinach. Przebiśniegi zakwitają często, zanim stopnieje śnieg, stąd ich polska nazwa. Są byliną wytwarzającą podziemną cebulę, dzięki której rozmnażają się wegetatywnie. Rozmnażają się również płciowo, wytwarzając nasiona. Przebiśniegi są często traktowane jako symbol przedwiośnia. Ich kwiaty są nie tylko piękne i oryginalne, ale również bogate w nektar. Przebiśniegi mogą być zapylane przez wiatr, lecz częściej robią to pszczoły. W ciepłe dni przywabiają owady miodowym zapachem, lecz gdy temperatura powietrza spada, stulają płatki, chroniąc słupek i pręciki przed przemarzeniem. Owady są wabione również przez zielone plamki znajdujące się na wewnętrznych listkach okwiatu. Plamki te nie tylko wabiają owady, ale również dostarczają produktów fotosyntezy niezwykle ważnych dla wzrostu załazków.

Budowa kwiatu śnieżyczki przebiśniegu powoduje, że zwykle w przypadku zapylania przez owada dochodzi do zapylenia pyłkiem, który np. pszczoła przyniosła z innej śnieżyczki. Nasiona dojrzewają w czerwcu. Co ciekawe, podobnie jak w przypadku rannika zimowego również nasiona przebiśniegu mogą być roznoszone przez mrówki. Nasiona kiełkują stosunkowo szybko, bo już jesienią, jednak dopiero po sześciu latach zakwitną rośliny, które się z nich rozwinęły. Zdecydowanie szybciej przebiśniegi rozmnażają się wegetatywnie. Nowy pęd zaczyna się rozwijać z bulwy matecznej na początku września, ale aby zakwitł na wiosnę, musi dojrzewać w niskiej temperaturze. Nawiasem mówiąc, podobnie dzieje się w przypadku tulipanów. Wiedza na temat warunków, w jakich cebule przebiśniegów dojrzewają do kwitnienia, pozwoliła na opracowanie metody przyspieszenia kwitnienia tych pięknych roślin.

Przebiśniegi stulają płatki na noc. Tym samym są godnym uwagi obiektem badawczym np. dla uczniów, którzy chcieliby przygotować ciekawą pracę, dotyczącą foto- lub termonastii, na olimpiadę biologiczną. Co prawda znany jest mechanizm tulenia płatków okwiatu polegający na szybszym wzroście komórek znajdujących się po ich zewnętrznej stronie.

Przebiśniegi, podobnie jak ranniki zimowe, dobrze rosną na glebie żyznej i próchniczej, ale równocześnie lekkiej, wapiennej. Dlatego zaleca się tworzenie kompozycji z tych dwóch gatunków roślin. Trzeba jednak pamiętać, że w odróżnieniu od ranników wolą miejsca zacienione. Ponieważ proces rozmnażania generatywnego przebiśniegów jest długotrwały, z reguły rozmnaża się je wegetatywnie przez cebule, które mogą być wykopane po

obumarciu liści, co dzieje się pod koniec maja lub na początku czerwca. Powinno się je wysadzać na nowe stanowisko przed końcem sierpnia, tak aby mogły się we wrześniu dobrze ukorzenie. Ponieważ cebulki przebiśniegów są stosunkowo drobne, można je wysadzać bardzo gęsto, bo co 3–5 cm, na głębokość nie większą niż 10 cm. Stosuje się tu zasadę, że głębokość sadzenia powinna wynosić mniej więcej trzy wysokości cebulki. Nie należy przesadzać przebiśniegów zbyt często, bo źle to znoszą. Istnieje pogląd, że najlepiej jest przesadzać przebiśniegi po ich przekwitnięciu, ale zanim obumrą liście.

Uprawiając przebiśniegi, trzeba pamiętać, że są one trujące, cała roślina zawiera bowiem trujące alkaloidy, które są wykorzystywane w medycynie. Dlatego w niektórych krajach, np. w Bułgarii, są uprawiane na skalę przemysłową.

■ Krzyściak-Kosińska R., Kosiński M., *Rośliny Polski*, Wydawnictwo Publicat, Poznań 2005.

■ Grabowska B., Krause J., Mynett K., *Uprawa cebulowych i bulwiastych roślin ozdobnych*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1987.





# Barlinecko-Gor Park Krajobraz



# zowski owy





# Odwrócona lekcja biologii

**Odwrócona lekcja, odwrócona klasa czy odwrócona edukacja kojarzą się różnie, ale przede wszystkim z innowacją, która zmienia styl uczenia się i łamie schematy. Jak zorganizować odwróconą lekcję biologii? Jak przeorganizować tradycyjne nauczanie i szkolne uczenie się, aby osiągnąć wyższą jego jakość? Jak wykorzystać zalety odwróconej edukacji? Dlaczego warto to poznać i wykorzystać?**

Julian Piotr Sawiński

## Odwrócenie, czyli łamanie starych schematów

Ostatnio coraz częściej słyszy się i czyta o odwróconej lekcji, odwróconej klasie, a nawet o odwróconej szkole. Są to polskie tłumaczenia angielskich terminów pojawiających się w wielu publikacjach i wystąpieniach: *flipped learning*, *flipped schools*... Idea tego projektu może być wykorzystana także w biologicznej edukacji, choć rodzi wiele wątpliwości i różnych pytań:

- Czym jest i skąd się wzięła idea odwróconej lekcji?
- Czy odwrócona edukacja jest nową metodą uczenia się i nauczania?
- Jak pracować sposobem odwróconej lekcji na biologii?
- Jak zorganizować taką lekcję oraz jakie ma ona zalety i znaczenie?
- Dlaczego warto poznać ideę odwróconej edukacji i ją wykorzystać?
- Gdzie można znaleźć praktyczne przykłady odwróconych lekcji?

O potrzebie organizowania szkolnego uczenia w sposób innowacyjny, niekonwencjonalny i nieschematyczny pisze się teraz dużo. Problem dotyczy także uczenia się biologii i przyrody. Wskazuje się, że trzeba dziś łamać dydaktyczne schematy i oświatowe paradoksy, aby uczenie się było ciekawe dla samych uczących się. Warto także włączyć uczniów we własne

innowacje, co mocniej aktywizuje i angażuje ich w realizację nowych zadań.

*Odwrócenie* jest pojęciem dość jednoznacznym, ale kojarzy się różnie. Niektórym przychodzi na myśl jakaś innowacyjna lekcja. Innym pewnie lekcja zbudowana tradycyjnie, ale inaczej zorganizowana. A może są to dydaktyczne zajęcia, które przekornie rozpoczynają się od środka lub końca? Odwrócona lekcja to po prostu lekcja zorganizowana inaczej niż zwykle, na której ważne jest:

- samodzielne i odpowiedzialne przygotowanie się uczniów do ćwiczeń na lekcji;
- wykorzystywanie wskazanych otwartych zasobów edukacyjnych internetu;
- odejście od tradycyjnego schematu struktury lekcji biologii;
- akcentowanie aktywności i zaangażowanie się uczniów, a nie nauczyciela;
- promowanie wysokiej aktywności uczniów podczas uczenia się.

## Odwrócona edukacja, czyli całkiem ciekawa innowacja

Odwrócona lekcja jest np. opisana w artykule Małgorzaty Rostkowskiej (2012<sup>1</sup>) pt. *Odwrócona lekcja, czyli praca z otwartymi zasobami edukacyjnymi*. Jest w zasadzie kolejnym materiałem, który wyjaśnia ideę odwróconej lekcji i popularyzuje potrzebę wykorzystywania otwartych zasobów internetu. Artykuł stawia kilka ważnych pytań i odpowia-

wiada na nie. Warto przeczytać! Wskazuje także sposoby organizowania takiej odwróconej lekcji.

Odwrócona edukacja biologiczna także nauczycielom biologii skojarzy się różnie. Niektórym pewnie przyjdzie na myśl organizacyjny bałagan i chaos, ale tu nie o to chodzi. Jest interesującą innowacją, którą warto poznać i wykorzystać w szkole. Odwrócona lekcja biologii może być zbudowana tradycyjnie według dydaktycznych schematów poszczególnych typów lekcji, opisanych w dydaktyce biologii: problemowej, ćwiczeniowej, seminaryjnej itp., ale inaczej zorganizowana. Chodzi o znacznie większą aktywność, inicjatywność i samodzielność uczniów podczas zajęć.

Ostatnio coraz częściej wskazuje się, że trzeba nauczać inaczej i zorganizować uczenie się uczniów w sposób innowacyjny, niekonwencjonalny, nietypowy – czy to znaczy, że niedydaktyczny? Ze względu na potrzebę osiągania większego zaciekawienia i aktywności uczniów na początku lekcji warto odważnie **łamać dydaktyczne schematy** i oświatowe paradoksy, aby uczenie się było ciekawe dla uczniów, motywujące i przede wszystkim skuteczne. Przecież prawdą jest, że: **Biologią można zaciekawić każdego** (Sawiński 2012, 2013<sup>2</sup>).

## Odwrócenie, czyli wzmaganie aktywności uczniów

Od dawna i powszechnie wiadomo, że aktywność jest podsta-

1 M. Rostkowska, *Odwrócona lekcja, czyli praca z otwartymi zasobami edukacyjnymi*, „Meritum” 2012, nr 4, s. 49–51.

2 J.P. Sawiński, *ABC edukacyjnych innowacji (1)*, Edunews.pl z 17.01.2013. J.P. Sawiński, *Biologią można zaciekawić każdego*, „Biologia w Szkole” 2012, nr 4, s. 37–40.



wą i niezbędnym warunkiem uzyskania wyników pracy i uczenia się. Myśląc o osiągnięciu lepszych od obecnych efektów uczenia się, tutaj biologii czy przyrody, trzeba zwiększyć aktywność i zaangażowanie uczniów. Ukazać im sens i osobiste walory aktywizmu, tj. podejmowania różnej aktywności i osobistego zaangażowania się w daną sprawę – tutaj: w uczenie się biologii i indywidualną pracę nad sobą. Sedno jednak innowacji trzeba sprowadzić do uczenia się.

Odwroćcie edukacji oznacza także akcentowanie, tj. rozbudzanie, tolerowanie i wzmacnianie uczniowskiej kreatywności. Szczególnie ważne w tym zakresie jest, aby rozmawiać, prezentować, dyskutować o tym, co buduje, polepsza, podnosi jakość w sposób ciekawy dla uczących się, a także kreatywny, bo:

*Kreatywność to wymyślanie, eksperymentowanie, wzrastanie, ryzykowanie, łamanie zasad, popełnianie błędów i dobra zabawa.*

(Cook – za: „Wszystko dla Szkoły” 12/2012)

Oczywiste jest, że aby osiągnąć lepsze efekty uczenia się, nauczyciele powinni koncentrować się na sprawnej organizacji uczenia się uczniów. To jest zasadniczym i podstawowym oraz koniecznym warunkiem podjęcia i rozwiązania danego problemu – tu: zbyt niskiej aktywności uczniów w szkole i niezbyt dobrej skuteczności nauczania biologii. Interesującą innowacją skierowaną na wyżej wymieniony cel, tj. uzyskanie wyższej skuteczności uczenia się, jest neurodydaktyka, która dostosowuje wymagania i zadania do faktycznych możliwości ludzkiego mózgu. A sam aktywizm jest cechą nowoczesnego

nauczyciela i człowieka XXI wieku. Warto go promować.

### **Odwroćcie, czyli prymat myślenia nad wiedzą**

Od pewnego czasu ukazują się różne materiały o konektywizmie. Interesująca jest teza konektywizmu wskazująca, że ludzka wiedza nie musi być cała w głowie. Ta aktualna, potrzebna do wykonania określonego zadania, może być w dostępnych urządzeniach i informacyjnych zasobach. Często wystarczy po prostu informacje pozyskać, zgromadzić, a potem przetworzyć, wykorzystać i zastosować – i oto kluczowa, najważniejsza ludzka kompetencja epoki cyfrowej. Bardzo słusznie akcentuje się w niej krytyczne myślenie, nie zaś akceptowanie i chwalenie wszystkiego wokół nas, czy jest ono białe, czy czarne.

Myślenie jest niezbędnym składnikiem wszystkich kluczowych kompetencji ucznia i nauczyciela.

Ono determinuje znajomość, rozumienie i posługiwanie się słowem. Jest zasadniczym warunkiem nabywania pojęć i języka. Uczenie myślenia (logicznego, krytycznego, alternatywnego, analitycznego, innowacyjnego...) warto uczynić priorytetem w każdej edukacji przedmiotowej. Warto budować szkołę myślenia i eliminować już dziś szkołę „wiedzową”.

Oto modna staje się teoria konektywizmu, która zakłada, że decyzje podejmujemy na podstawie określonego zasobu informacji, ale ten **nieustannie się zmienia**. Ważne teraz staje się „wiedzieć gdzie”. Ciągłe dołączają do niego nowe informacje. Kluczową kompetencją jest rozróżnianie (krytyczne myślenie), co jest istotne, a co nie jest ważne. Równie ważne jest uświadomienie sobie, w którym momencie nowa informacja zmienia istotnie fundament, na którym przed chwilą podjęto określoną decyzję. Inaczej mówiąc, „wiedzieć

jak” (*know-how*) czy „wiedzieć co” (*know-what*) zostaje zastąpione przez „wiedzieć gdzie” (*know-where*). To jest klucz prowadzący do poszukiwanego zasobu wiedzy. Staje się on metazasadą efektywnego uczenia się, równie ważną jak zasoby wiedzy, które już się posiada (Sawiński 2010<sup>3</sup>).

### **Otwarte zasoby, czyli edukacyjna wolność**

Odważnie trzeba włączać uczniów w organizowanie swoich lekcji i we własne innowacje, co mocniej angażuje ich w realizację nowych zadań, w szczególności emocjonalnie. Sama jednak idea odwróconej edukacji, stawiająca na **większą samodzielność**, aktywność uczniów na zajęciach i ich odpowiedzialność za realizację zadań lekcji, nie jest pomysłem nowym. Takie lekcje biologii i geografii prowadziłem już ćwierć wieku temu. Z tą różnicą, że nie było wówczas internetu.

Oczywiste jest, że dziś prawie już nie ma szkolnej innowacji, która unika zastosowania internetu. O otwartych zasobach edukacyjnych mówi się już od dłuższego czasu. Wskazuje się, że wraz z szybkim powiększaniem się zasobów edukacyjnych w internecie oraz wkraczającym w szkolne życie projektem rządowym „Cyfrowa szkoła” zagadnienia odwróconej edukacji zyskują na znaczeniu.

Otwarte zasoby edukacyjne otworzyły nowe szanse dla szkoły i innego uczenia się. Przykładem takiego innego uczenia się, opartego na łączeniu się z internetowymi zasobami i gromadzeniu własnych, jest **konektywizm**. W tym zakresie warto np. przeczytać artykuł pt. **O konektywnym uczeniu się geografii, czyli jak będziemy uczyć się jutro? Część I** (Sawiński 2010<sup>4</sup>). Otwarte zasoby edukacyjne internetu rosną z dnia na dzień. Pomocą w poruszaniu się po nich może być przewodnik Karoliny

3 J.P. Sawiński, *Konektywizm, czyli rewolucja w uczeniu się?*, Edunews.pl z 6.04.2010; tenże, *Konektywizm, czyli uczenie się w epoce cyfrowej*, „Dyrektor Szkoły” 2010, nr 9, s. 30–36.

4 J.P. Sawiński, *O konektywnym uczeniu się geografii, czyli jak będziemy uczyć się jutro? Część I*, „Geografia w Szkole” 2010, nr 4, s. 4–7.

Grodeckiej (2010<sup>5</sup>) pt. *Przewodnik po Otwartych Zasobach Edukacyjnych*. Warto poznać!

### Odwracanie, czyli zmiana kolejności działań

Ogólnie i krótko można powiedzieć, że odwrócona lekcja polega na odwróceniu kolejności lekcyjnych zadań i działań. Te czynności, które dotychczas w wielu przypadkach wykonywał nauczyciel podczas zajęć, czyli: informował, polecał, stawiał pytania, tłumaczył, wyjaśniał, zadawał zadania itp., teraz wykonują uczniowie, mając do dyspozycji wcześniej wskazane materiały edukacyjne dostępne w internecie. To **oni teraz samodzielnie**, według własnego rytmu, pracują i uczą się w domu: czytają, oglądają, porównują, słuchają, uzupełniają itd., tj. przygotowują się do dyskusji, autoprezentacji i ćwiczeń, które czekają ich w klasie.

Organizacja takich zajęć nie powinna sprawić problemu, bo treści są nagrane i zawsze dostępne w sieci. Można je samemu odtworzyć tyle razy, ile potrzeba do zrozumienia. Nikt nie wyśmiewa, nie denerwuje się, że coś musi powtórzyć, można się zdekonzentrować, gdyż można oglądać film tyle razy, ile uczeń zechce i potrzebuje. A w klasie już jest gotowy do ćwiczeń, do zadawania pytań nauczycielowi, do dyskusowania z kolegami (Rostkowska 2012<sup>6</sup>).

O odwróconej klasie można powiedzieć, że jest pewną ideą, sposobem, modelem pracy z uczniami – twierdzi wymieniona autorka – a samą metodykę lekcji każdy nauczyciel wypracowuje sam, odpowiednią do poziomu swoich uczniów. Może to być np. praca w grupach, odpowiedzi w parach, burza mózgów, drama i inne. Twierdzi też, że nie powinno być, i chyba nie ma, jednej wspólnej metody w tym zakresie. Być może nauczyciele wypracują nowe sposoby pracy.

Odwrócona edukacja powinna przynieść konkretne korzyści edukacyjne. W odniesieniu do biologicznej (przyrodniczej) edukacji można je odnieść do:

- wzrostu samodzielności i **odpowiedzialności uczniów** za własne uczenie się biologii;
- zasadniczej zmiany ról w edukacji, bo tu uczniowie mają głos decydujący, czyli **są w centrum uwagi** nauczyciela;
- partnerstwa uczniów w rozmowie i dyskusji z nauczycielem;
- dużej swobody w uczeniu się treści, które są nagrane i zawsze dostępne w sieci;
- tolerancji wobec indywidualnego stylu i tempa uczenia się, bo materiały można samemu odtworzyć tyle razy, ile trzeba do zrozumienia;
- szacunku dla indywidualizacji, bo tu nikt nie ponagla, nie wyśmiewa, nie denerwuje się, że coś musi powtórzyć, gdyż można oglądać film tyle razy, ile uczeń zechce;
- akcentowania na lekcjach w klasie ćwiczeń, dyskusji, stawiania pytań, argumentowania swoich racji i rozmawiania z kolegami.

### Oczywiste korzyści, czyli uczeń w centrum uwagi

Odwrócona lekcja czy też odwrócona edukacja nie jest żadną rewelacją lub rewolucją. Nawet termin *fenomen* tu niezbyt pasuje. Zaczęło się prawdopodobnie od fenomenu Salmana Khana, który w USA kilka lat temu zaczął uczyć matematyki swoją kuzynkę. Ponieważ mieszkali daleko od siebie, wykorzystywał w tym celu internetową łączność. Dziś mówi się o Khan Academy<sup>7</sup>, która stała się modna i popularna wśród młodzieży na Zachodzie.

Okazało się, że metoda Khan Academy jest skuteczna. Można oczywiście zapytać, dlaczego te filmy i treści w nich zawarte zrobiły taką furorę wśród uczniów na całym świecie. Dlaczego uczniowie oglądają i słuchają czegoś, co jest najbardziej prymitywną w edukacji metodą podającą? Pokazują, jak ktoś bazgrze na czarnej tablicy i opowiada o tym, co i jak robi.

dr Julian Piotr Sawiński  
Koszalin

#### Piśmiennictwo:

- Grodecka K., *Przewodnik po Otwartych Zasobach Edukacyjnych*, Open AGH, Warszawa 2010.
- Kranas W., *Akademia Khana – edukacja wszędzie i dla każdego*, „Meritum” 2012, nr 4, s. 45–48.
- Polak M., *Filozofia odwróconej klasy*, Edunews.pl z 20.08.2012.
- Polak M., *Konektywizm: połącz się, aby się uczyć*, Edunews.pl z 29.03.2010.
- Rostkowska M., *Odwrócona lekcja, czyli praca z otwartymi zasobami edukacyjnymi*, „Meritum” 2012, nr 4, s. 49–51.
- Sawiński J.P., *O konektywnym uczeniu się geografii, czyli jak będziemy uczyć się jutro? Część I*, „Geografia w Szkole” 2010, nr 4, s. 4–7.
- Sawiński J.P., *Uczeń uczy się dziś konektywnie*, „Trendy” 2010, nr 2, s. 1–5.
- Sawiński J.P., *Biologią można zaciekać każdego*, „Biologia w Szkole” 2012, nr 4, s. 37–40.
- Sawiński J.P., *ABC edukacyjnych innowacji (1)*, Edunews.pl z 17.01.2013.
- [www.khanacademy.org](http://www.khanacademy.org)

5 K. Grodecka, *Przewodnik po Otwartych Zasobach Edukacyjnych*, Open AGH, Warszawa 2010.

6 M. Rostkowska, *Odwrócona lekcja, czyli praca z otwartymi zasobami edukacyjnymi*, „Meritum” 2012, nr 4, s. 49–51.

7 [www.khanacademy.org](http://www.khanacademy.org)



# Jak rozwijać kreatywność dziecka?

**Dawniej kreatywność kojarzona była głównie z branżą reklamy, mody oraz ze światem artystycznym. Dziś mile widziana, a nawet pożądana jest niemal w każdym zawodzie. Czym właściwie ona jest i jak możemy rozwijać twórcze myślenie naszych dzieci?**

Magda Assaf

**K**reatywność to termin, który w ostatnim czasie stał się niezwykle popularny. Coraz więcej pracodawców wymaga jej u kandydatów nawet w branżach, które dotychczas rzadko z nią kojarzono. Obecnie wymagana jest już nie tylko w zawodach związanych ze sztuką, mediami czy reklamą, ale również w szeroko rozumianym biznesie. Kreatywność pożądana jest zarówno u programistów, finansistów oraz menedżerów wysokiego szczebla, ponieważ przydaje się w rozwiązywaniu problemów oraz niebanalnym poszukiwaniu optymalnych rozwiązań. W wielu firmach jest to podstawowa kompetencja wymagana u wszystkich pracowników. Warto więc zadbać o jej rozwijanie ponieważ nabiera ona coraz większego znaczenia w realiach XXI wieku.

## Kreatywny, czyli jaki?

Czym właściwie jest owa, modna kreatywność? To umiejętność nieszablonowego oraz efektywnego rozwiązywania problemów i zadań. Objawia się w twórczym, elastycznym myśleniu, czy gotowości do tworzenia nowych, oryginalnych pomysłów. Osoba myśląca w ten sposób potrafi dostosować się do każdej sytuacji. Brzmi jak definicja geniuszu, okazuje się jednak, że umiejętności twórczego myślenia można się nauczyć. – *Wbrew obiegujnej opinii jest to cecha*

*nabyta, nie wrodzona, dlatego poprzez różnego rodzaju techniki i ćwiczenia możemy ją odpowiednio rozwijać. Oczywiście są osoby, które mają naturalne predyspozycje, ale nawet one muszą cały czas rozwijać i trenować swoją kreatywność, aby nie zaczęła zanikać. Jednym z bardziej istotnych elementów tej kompetencji jest abstrakcyjne myślenie, które kształtuje się wraz z wiekiem i jest bardzo ważne w rozwoju umysłowym człowieka, warto więc już od najmłodszych lat wspierać jego kształtowanie. Jest to o tyle istotne, że kreatywność jest niezwykle przydatna w życiu. Dzięki niej łatwiej rozwiążemy problem, rozszerzymy repertuar własnej pomysłowości, skojarzeń, czyli przede wszystkim zwiększymy swój potencjał twórczy – mówi Sławomir Wolniak, ordynator Kliniki Psychiatrycznej i Terapii Uzależnień Wolmed w Dubiu k. Bełchatowa.*

## Szkoła też stawia na kreatywność

Dzieci z natury są bardzo dociekliwe i myślą nieszablonowo, dlatego warto wiedzieć jak podsycać ich twórczość i dobrze wykorzystać rodzący się potencjał. Co prawda nie ma jednej recepty na to, by rozwinąć w dziecku kreatywność, ale istnieje szeroki wachlarz skutecznych metod, które mogą nam w tym pomóc. Wiele z nich stosuje się już w edukacji, która odchodzi od schematycznego sposobu nauczania i nacisku na wbijanie dzieciom do głów regułek na rzecz kreatywnych i ciekawych ćwiczeń np. na zajęciach prowadzonych metodą projektu. – Na

*matematyce z powodzeniem łączymy twórcze myślenie z logicznymi zadaniami m.in. dzięki projektom, które skutecznie aktywizują dzieci do kreatywnego działania. W trakcie nietypowych ćwiczeń dzieci są wyjątkowo aktywne i wychodzą poza ramowe myślenie np. poprzez wyszukanie symetrii w meblach czy elementach wyposażenia klasy. Ponadto projekt wymusza działanie zespołowe i współpracę w grupie, w której powstaje wiele inspirujących pomysłów. Na takich lekcjach nawet słabsze dzieci mogą wykazać się umiejętnościami, dlatego jest to bardzo lubiana przez uczniów forma zajęć. Sprawdza się ona wyjątkowo dobrze szczególnie na etapie wczesnoszkolnym, gdy maluchy dopiero zaczynają wkraczać w świat szkolnych zajęć – opowiada Ewa Szelecka, nauczycielka matematyki w szkole podstawowej oraz ekspert Wydawnictwa Klett, drugiego co do wielkości wydawcy edukacyjnego w Europie.*

## Jak rozwijać twórcze myślenie dziecka?

Możemy również z powodzeniem pomagać dziecku w nabywaniu twórczych kompetencji w domu – *Wystarczy wspólnie organizować sobie czas z ćwiczeniami i zabawami, które nie tylko wspomogą twórcze myślenie, ale przełożą się również na szkolne wyniki. Przykładowo możemy razem z dzieckiem wykonywać zadania domowe np. wyszukując odpowiedniki brył matematycznych w świecie realnym lub pobudzać wyobraźnię dziecka prosząc je o dokończenie historyjki, rozwiązanie zagad-*

ki, quizu. Z pomocą przyjdą również dostępne przez Internet gry edukacyjne i logiczne, które bardzo lubią dzieci. Dzięki temu w miły i przyjemny sposób połączymy edukację z zabawą – mówi Ewa Szelecka, nauczycielka matematyki w szkole podstawowej oraz ekspert Wydawnictwa Klett.

Należy jednak pamiętać, aby nie naciskać, a wspierać dziecko w tworzeniu nieszablonowych sposobów rozwiązań. Eksperci tworzący podręczniki dla dzieci w szkole podstawowej przygotowali kilka praktycznych rad jak rozwijać kreatywność:

### Gry a twórcze myślenie dzieci

Okazuje się również, że w rozwoju kreatywnego myślenia pomagają gry wideo. Jak wynika z badań przeprowadzonych na dwunastolatkach w Stanach Zjednoczonych, dzieci, które grały właśnie w tego typu gry wykazywały większą kreatywność, kiedy ich zadaniem było narysowanie obrazków i wymyślenie historii. Bez znaczenia natomiast dla tych zdolności było korzystanie z komputerów, Internetu czy telefonów komórkowych w zakresie aktywności innej niż gry.

Tab. 1. Opracowanie Wydawnictwa Klett

Ćwiczenia pomagające w rozwijaniu kreatywności
Poproś dziecko o przygotowanie listy nietypowych pytań, a następnie niech postara się odpowiedzieć nam co by było, gdyby np. ludzie chodzili do tyłu, niebo miało kolor różowy, nie było telefonów komórkowych, zwierzęta mówiły ludzkim głosem. Ćwiczenie to rozwija myślenie abstrakcyjne.
Wybierz przedmioty, których najczęściej używa twoje dziecko, np. długopis, dzienniczek ucznia, plastelinę, piórnik, czy cyrkiel. Jego zadaniem będzie wymyślenie trzech nowych zastosowań tych przedmiotów. To ćwiczenie ma na celu rozwijanie myślenia pragmatycznego.
Wymyślaj przeróżne, wyszukane problemy, niech dziecko postara się znaleźć dla nich rozwiązania. W miarę postępów, niech sam wymyśla sobie takie problemy. Ważne, aby rozwiązania te nie były proste, utarte, schematyczne. Niech rozwiązania będą nowatorskie i innowacyjne.

Światowy trend w edukacji, oparty na wykorzystywaniu gier do nauczania rozwija się już od 2003 roku. Wtedy to amerykański badacz James Gee zaczął opisywać ich wpływ na rozwój poznawczy (The Horizon Report 2011). Od tej pory nastąpiła prawdziwa eksplozja zainteresowania grami. – Gry komputerowe pozwalają rozwijać kompetencje, które dla ludzi XXI są kluczowe – umiejętność przetwarzania informacji, globalnego komunikowania się oraz zarządzania procesem uczenia. Wiele programów i aplikacji edukacyjnych bawiąc, uczy niezwykle efektywnie. Często maluchy są tak

zaabsorbowane programami wzorowanymi na grach komputerowych, że nawet nie uświadamiają sobie procesu uczenia się – Robert Kuc, dyrektor wydawniczy Wydawnictwa Klett.

Kreatywność jest nie tylko potrzebna w nauce czy pracy zawodowej, ale także w codziennym życiu. Pomaga w nieszablonowym podejściu do problemów oraz w przystosowywaniu się do realiów szybko zmieniającego się świata. Warto więc zadbać o rozwój tej niezwykle istotnej cechy u dziecka, ponieważ może ona pomóc mu sprostać wymaganiom współczesnej rzeczywistości.

## Pasjonatów fotografii przyrodniczej zapraszamy do współpracy



Najlepsze zdjęcia opublikujemy w naszym czasopiśmie jako „Zdjęcia numeru”.

Prosimy je przesyłać w formacie JPG (300 dpi, min. 1800×1200) na adres: [prazm@gazeta.pl](mailto:prazm@gazeta.pl)



# Gruczoły dokrewne – firmy z ograniczoną odpowiedzialnością

## Scenariusz lekcji dla klasy II liceum ogólnokształcącego

Ewelina Malec

**T**emat związany z hormonami, a przede wszystkim z działaniem tych cząsteczek chemicznych na organizm w powiązaniu z miejscem ich wytwarzania i zależnościami, jest niejednokrotnie trudny do zrozumienia i zapamiętania przez uczniów, nawet szkoły średniej. Postanowiłam więc znaleźć metodę, dzięki której uczniowie będą mogli poprzez swą pracę zapamiętać i połączyć poznane i już przyswojone fakty.

Lekcję przeprowadziłam niejednokrotnie i obserwowałam dużą aktywność uczniów w trakcie pracy, satysfakcję i miłsze podejście do tematu hormonów. Moją odmienną nieco propozycją, z zachowaną formą prezentacji gruczołów dokrewnych, jest wykorzystanie metody projektu i stworzenie przez zespoły strategii działania korporacji zwanej układem hormonalnym.

**Cel lekcji:** poznanie działania gruczołów dokrewnych i hormonów, które są przez nie wytwarzane.

### Cele szczegółowe

- Przypomnienie nazw gruczołów dokrewnych i ich umiejscowienia.
- Poznanie hormonów wytwarzanych przez dane gruczoły i ich funkcji.
- Poznanie powiązań między hormonami.
- Praca z podręcznikiem i artykułami naukowymi.

**Metoda pracy:** praca w grupie, metoda praktyczna (symulacji).

**Środki dydaktyczne:** plansza rozmieszczenia gruczołów dokrewnych, podręcznik, przygotowane przez uczniów bądź nauczyciela artykuły tematyczne, brystol, pisaki, szkic (wzór) pracy w grupie, różne gazety, zdjęcia i rysunki związane z hormonami.

### Przebieg lekcji

1. Nauczyciel odpytuje z poprzednich lekcji, przypominając rolę układu nerwowego, sposób przekazywania informacji oraz budowę chemiczną hormonów.
2. Podaje temat lekcji i krótko rozmawia z uczniami, jak wygląda przykładowa firma. Jakie są powiązania między osobami ją tworzącymi?

### Załącznik nr 1

#### Instrukcja pracy w grupie:

Zapoznajcie się z informacjami na temat przydzielonego gruczołu dokrewnego. Zwróćcie uwagę na jego umiejscowienie, główną rolę, wydzielane hormony, wzajemne powiązania. Podzielcie się w grupie tak, aby każdy pracował.

Następnie stwórzcie plakat promujący waszą firmę. Przedstawiam poniżej główne elementy, które powinniście uwzględnić (w nawiasie przykład zastosowania przez moich uczniów – inwencja twórcza uczniów tutaj niech zadziała).

**Nazwa firmy:** (Trzustka)

**Adres:** (ul. Brzuszna, Miasto: organizmalnie lub normalnie: jama brzuszna)

**Główny dyrektor (Podwzgórze) i zasięg jego działania:**

**Kierownik:** (Przysadka)

**Działy:** (zarządzanie transportem cukru; zarządzanie przemianami tłuszczów na terenie jelita)

**Cel działania firmy:**

**Grupy pracownicze:** (insulina, glukagon, sekcja wytwarzania soku)

**Cele grup pracowniczych:**

**Krótki opis działania sekcji względem siebie:**

**Sytuacje krytyczne i rozwiązywanie problemów wewnątrz firmy:**

**Powiązania z innymi firmami:**

**Inne (twórczość uczniów):**

Plakat powinien być czytelny, informacyjny i przyciągający uwagę. To w końcu PR waszej firmy. Powodzenia.

3. Wprowadzenie do pracy w grupie. Nauczyciel przedstawia instrukcję pracy w grupie (załącznik nr 1).
4. Uczniowie, podzieleni przez nauczyciela na grupy, dostają przydział w postaci gruczołu dokrewnego. Otrzymują polecenie przygotowanych przez siebie wcześniej (zadanie domowe z poprzedniej lekcji) artykułów o gruczołach dokrewnych, hormonach oraz korzystają z podręcznika. Nauczyciel rozdaje także potrzebne pomoce do wykonania plakatu firmy.
5. Uczniowie pracują w grupach według instrukcji i tworzą plakat swej firmy, uwzględniając przekazane przez nauczyciela punkty.
6. Po zakończeniu pracy (nauczyciel wyznaczył jej czas) uczniowie przyczepiają plakaty na wyznaczonym miejscu, porządkują stanowiska pracy i prezentują efekty działań każdej z grup przed całą klasą.
7. Nauczyciel ocenia prace uczniów i rozdaje ćwiczenie do uzupełnienia jako zadanie domowe (załącznik nr 2).

**mgr Ewelina Malec**

nauczyciel mianowany Społecznego Gimnazjum Doliny Strugu i Społecznego Liceum Ogólnokształcącego Doliny Strugu w Chmielnikach

### Załącznik nr 2

Uzupełnij tabelę.

Nazwa gruczołu dokrewnego	Lokalizacja	Wytwarzane hormony i ich rola



# Dwa słowa o kodzie genetycznym, czyli rozwiązanie konkursu

Piotr Borsuk

Im więcej czytam artykułów publikowanych w gazetach, traktujących o osiągnięciach biologii molekularnej, tym mocniej utwierdzam się w przekonaniu, że świat dzieli się na ten prawdziwy, który naukowcy badają, opisują i starają się zrozumieć mechanizmy nim rządzące, i ten pozorny, kreowany przez mass media. Świat środków masowego przekazu opisywany jest w sposób, którego nadrzędnym celem jest przyciągnięcie czytelników. Cel to z reguły obcy naukowcom, choć obecnie, w czasach polowania na granty, i to się zmieniło, lecz mimo to opisy naukowe i medialne zdecydowanie różnią się od siebie. Przykładowo żaden biolog molekularny nie nazwie DNA kodem genetycznym. Napisze po prostu DNA albo nośnik informacji genetycznej. Obawiam się, że żaden żurnalista nie zaakceptuje określenia *nośnik informacji genetycznej*, DNA już bardziej, choć brzmi to mało sensacyjnie. Wyobraźcie sobie Państwo tytuły:

- Wykopano zwłoki X, aby zbadać jego nośnik informacji genetycznej;
- Wykopano zwłoki X, aby zbadać jego DNA;
- Wykopano zwłoki X, aby zbadać jego kod genetyczny.

Zgodzicie się Państwo, że pierwsze zdanie brzmi paskudnie, drugie jest sztywne, jakby skopiowane z podręcznika, nie przyciągnie czytelnika, za to trzecie pachnie tajemnicą, magią, czymś ukrytym. Jeśli tylko pan X był kimś ważnym,

to kombinacja trzech słów: X – coś ważnego; kod – coś tajemniczego i genetyczny – coś naukowego = wiarygodnego, jest kombinacją na pierwszej szpalcie. Problem w tym, że to dziennikarsko najlepsze zdanie jest w stu procentach nieprawdziwe. Kod genetyczny pana X jest dokładnie taki sam jak bakterii, które żyły w jego przewodzie pokarmowym, i wszystkich ludzi, którzy żyli przed nim i którzy żyją obecnie. Zaryzykuję twierdzenie, że komórki ostatniego człowieka na Ziemi będą korzystały z tego samego kodu genetycznego, a właściwie z dwóch, z jakich obecnie korzystają.

Co to jest kod genetyczny? Opierając się na zaczerpniętej z Wikipedii definicji terminu *kod* (patrz ramka), należałoby stwier-

*Kod (łac. codex – spis) – ciąg składników sygnału (kombinacji sygnałów elementarnych, np. kropek i kresek, impulsów prądu, symboli) oraz reguła ich przyporządkowania składnikom wiadomości (np. znakom pisma).*

Wikipedia

dzić, że kod genetyczny jest ciągiem sygnałów elementarnych, w tym wypadku sygnałem elementarnym są trzy nukleotydy (kodon) oraz reguła ich przyporządkowania składnikom wiadomości – aminokwasom w łańcuchu polipeptydowym, które decydują o właściwościach syntetyzowa-

negu polipeptydu. Kod jest genetyczny, ponieważ w efekcie służy odczytaniu informacji pierwotnie zawartej w wielu genach. Nie we wszystkich, bo wiele genów koduje jedynie RNA i tych kod genetyczny nie dotyczy. Nie ma w nich jednego, krytycznie ważnego dla kodu genetycznego sygnału. Sygnału decydującego o tym, która cząsteczka RNA zostanie „odczytana”. U prokariotów jest to specyficzna sekwencja nukleotydowa znajdująca się blisko 5' końca RNA – rbs, czyli sekwencja nukleotydowa, którą rozpoznaje rybosom, a właściwie jego mała podjednostka (ang. *ribosom binding site*).

U eukariotów funkcję tę pełni znajdująca się na 5' końcu mRNA tzw. czapeczka (ang. *cap*), a właściwie jej kompleks z czynnikami translacyjnymi i zazwyczaj z białkami pab (ang. *poliA binding protein*) związanymi z sekwencją ogona poliA dobudowaną do 3' końca cząsteczek mRNA. Jednym słowem, z definicji wynika, że termin *kod genetyczny* zasadniczo dotyczy cząsteczek RNA i to tylko niektórych (mRNA). Mechanizm odczytywania informacji genetycznej, w szczególności budowa rybosomów, decyduje o tym, że kod genetyczny poza tym, że jest trójkowy, jest również bezprzerywnikowy i niezachodzący. Nie można tego powiedzieć o DNA – nośniku informacji genetycznej.

W starych podręcznikach biologii pokutuje także nieprawdziwe stwierdzenie, że kod genetyczny jest uniwersalny. Była to prawda (wynikająca z naszej niewie-

dzy) aktualna, zanim zbadaliśmy archeony i mitochondria. Czyli jeszcze całkiem niedawno. Dziś to już nieprawda, o czym uważni czytelnicy mogli dowiedzieć się z artykułów opublikowanych w numerach „Biologii w Szkole” z grudnia 2011 i stycznia 2012 roku. Geny znajdujące się w jądrach komórkowych człowieka i w komórkach bakterii pośrednio korzystają z tego samego kodu genetycznego. Tu i tu określony kodon oznacza ten sam aminokwas. Inaczej jest w przypadku archeonów i naszych mitochondriów.

Przykładowo w mitochondrialnym kodzie genetycznym kodon UGA oznacza tryptofan, podczas gdy w przypadku mRNA ulegających translacji w cytoplazmie oznacza zakończenie syntezy polipeptydu (kodon stop), AUA w mitochondriach oznacza wstawienie do łańcucha polipeptydowego metioniny, w cytoplazmie leucyny, a oznaczające argininę w „uniwersalnym” kodzie genetycznym kodony AGA i AGG są w mitochondriach kodonami stop. Co ciekawe, mitochondria bezkręgowców i drożdży korzystają z nieco innego kodu genetycznego niż ssaki (Tabela 1).

Jednym słowem, każda z naszych komórek (oczywiście poza plemnikami) korzysta z dwóch kodów

Tabela 1. Różnice pomiędzy kodem genetycznym „uniwersalnym” i mitochondrialnym

Organizm	Kodon	Kodowanie standardowe	Kodowanie w mitochondriach
Ssaki	AGA, AGG	Arginina	Kodon stop
	AUA	Izoleucyna	Metionina
	UGA	Kodon stop	Tryptofan
Bezkręgowce	AGA, AGG	Arginina	Seryna
	AUA	Izoleucyna	Metionina
	UGA	Kodon stop	Tryptofan
Drożdże	AUA	Izoleucyna	Metionina
	UGA	Kodon stop	Tryptofan
	CUA	Leucyna	Treonina

*Jednym słowem, poprawna odpowiedź w naszym konkursie brzmi: 2.*

genetycznych, tzw. jądrowego (choć realizowany jest w cytoplazmie) i mitochondrialnego. Przypuszczalnie to, że nieliczne geny kodujące białka mitochondrialne, np. cytochrom b, podjednostki dehydrogenazy NADH, nadal znajdują się w mitochondriach, związane jest między innymi z różnicami w kodzie genetycznym, o których pisałem powyżej.

Możecie sobie Państwo wyobrazić moje zdziwienie, gdy nie znalazłem ani jednej (!) prawidłowej odpowiedzi na pytanie postawione w naszym konkursie. Najczęściej typowaliście Państwo jako prawidłową odpowiedź *a*, ale znalazły się również *c* i *d*. Odpowiedź *a* mówi, że nasze komórki korzystają z jednego kodu genetycznego. Ponieważ jest to „prawda” ze starych podręczników, postanowiliśmy rozlosować nagrody-książki pomiędzy osoby, które właśnie tak odpowiedziały na nasze pytanie.

**Piotr Borsuk**

## KONKURS

Podaj prawidłową odpowiedź

Ile rodzajów kodu genetycznego wykorzystują diploidalne komórki naszego ciała?

a) 1;      **b) 2;**      c) 4;      d) 23.

Książki już powędrowały do:

- ❖ Pani Anny Szlesińskiej z Kielc
- ❖ Pani Anny Smolar z Torunia i
- ❖ Pani Jolanty Blachowskiej z Tych

Serdecznie gratulujemy



# Pięć z plusem z inżynierii genetycznej, cz. 1

**Biologia molekularna zmienia współczesny świat. W to chyba nikt nie wątpi. Niestety staje się nauką coraz bardziej hermetyczną, niezrozumiałą dla współczesnego człowieka. To, co niepojęte, budzi strach, tak było zawsze i tak jest obecnie, a strach to zły doradca. Dlatego uważam, że wiedza o manipulacjach genetycznych jest niezwykle ważna nie tylko dla zrozumienia tego, co biolodzy molekularni, w szczególności ci zatrudnieni w przemyśle, robią z roślinami i zwierzętami. W związku z tym postanowiłem przypomnieć Państwu podstawowe wiadomości z zakresu inżynierii genetycznej.**

Piotr Borsuk

## Czy klonowanie i rekombinowanie DNA to samo?

Odpowiedź brzmi: zdecydowanie nie, choć bywa, że terminy te są stosowane wymiennie.

**Rekombinowanie DNA to łączenie *in vitro*, czyli poza organizmem, fragmentów DNA. Jego celem może być, ale nie musi, klonowanie fragmentów DNA, czasem genów.**

Wstępem do rekombinowania DNA jest zwykle izolacja jego cząsteczek, które w kolejnych etapach procedury staną się źródłem fragmentów, których łączenie zaplanowano. Istnieje bardzo wiele sposobów izolowania DNA. To, jaką preparatykę się stosuje, w głównej mierze zależy od jego źródła i wielkości izolowanych cząsteczek. W nowoczesnych laboratoriach korzysta się ze stacji robotycznych skonstruowanych wyłącznie po to, by zapewnić wydajną izolację wysokooczyszczzonego DNA. Jednak w przypadku niektórych organizmów preparaty kwasu deoksyrybonukleinowego można otrzymać również w warunkach domowych. Przykładem może być cebula. Oczywiście preparaty DNA otrzymywane w warunkach szkolnych nie są bardzo czyste i dla wielu celów wymagają dalszego oczyszczenia.

Zwykle otrzymanie wysoko-cząsteczkowego DNA jest trudne. Dotyczy to w szczególności materiału genetycznego otrzymanego z komórek eukariontów. Czasem jest to po prostu niemożliwe. W przypadku szczątków organicznych, w których DNA ulega postępującej fragmentacji, a z czasem pełnej degradacji, otrzymanie fragmentów o długości kilkuset par zasad można uznać za sukces. Degradacja DNA może być przyczyną niepowodzenia eksperymentu z klonowaniem fragmentów DNA. Ma to miejsce w sytuacji, gdy w badanej próbce DNA jest tak niewiele, że nie można mieć nadziei

to dla rekombinowania musi być pofragmentowany. Dlaczego? Ano dlatego, że choć istnieje coś takiego jak sztuczne chromosomy, to używanie ich jest bardzo, bardzo trudne, a i tak ich wielkość jest nieporównywalna z wielkością naturalnych chromosomów, np. ludzkich.

W zależności od tego, czemu otrzymane fragmenty DNA mają służyć, możemy otrzymywać fragmenty losowe, np. do sekwencjonowania genomowego i konstrukcji banków genów, lub specyficzne, zdefiniowane przez miejsca cięcia DNA przez endonukleazy restrykcyjne (restryktazy, enzymy restrykcyjne) bądź amplifikację (namno-

### Tu warto zajrzeć!

[http://www.biocen.edu.pl/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=44&Itemid=33](http://www.biocen.edu.pl/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=44&Itemid=33)

na wyizolowanie fragmentów, które w sumie odpowiadają całemu genomowi badanego organizmu. Jest to w szczególności przyczyną wielu niepowodzeń osób badających DNA wymarłych organizmów. Oczywiście izolacja DNA oznacza jego oczyszczenie, a co najważniejsze – usunięcie wszystkich zanieczyszczeń mogących hamować aktywność enzymów stosowanych w czasie rekombinowania i/lub analizy DNA, np. sekwencjonowania.

### Materiały i metody

Ponieważ wyizolowany DNA jest zwykle wysokocząsteczkowy,

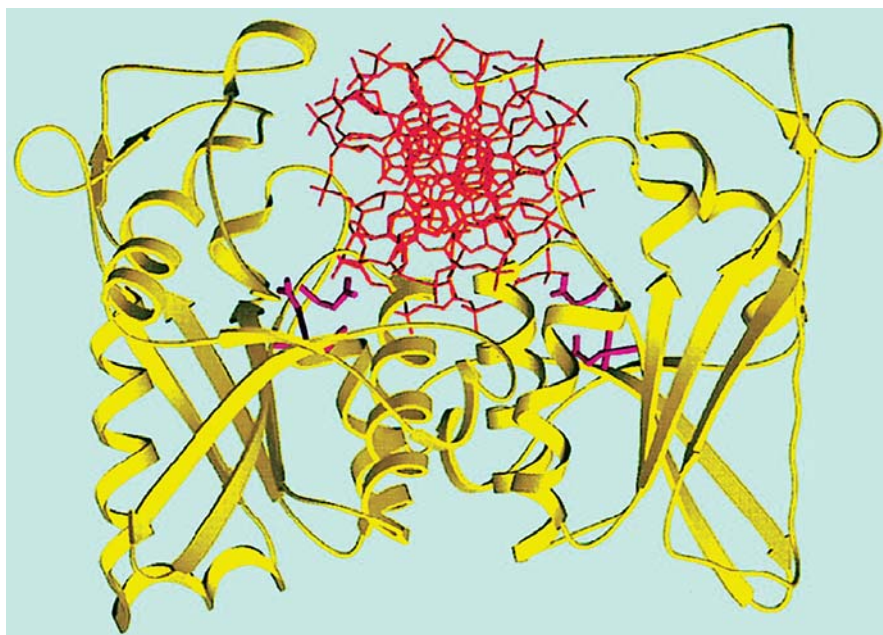
przez PCR. Niespecyficzne fragmentowanie DNA uzyskuje się zazwyczaj, stosując ultradźwięki lub przepuszczając roztwór DNA o dużej lepkości przez cienką, zwykle stalową igłę. Istnieją specjalne urządzenia umożliwiające otrzymywanie losowych fragmentów DNA o ściśle określonej wielkości. W tym wypadku jako „nóż” tnący DNA jest stosowany ultraszybki i spójny strumień powietrza, uderzający pulsowo w DNA wypychany z bardzo cienkich rurek.

Jednak historycznie najważniejszym sposobem fragmentowania DNA jest trawienie endonukle-

azami restrykcyjnymi. Enzymy te od wielu lat są podstawowym narzędziem pracy biologa molekularnego. Endonukleazy restrykcyjne, potocznie nazywane enzymami restrykcyjnymi lub restryktazami, występują w bakteriach, u których są elementem systemu modyfikacji/restrykcji stanowiącego kluczowy element obrony bakterii przed obcym DNA. Drugim enzymem uczestniczącym w tym systemie jest metylotransferaza. Upraszczając nieco, metylotransferaza modyfikuje (metyluje) DNA komórki, w której występuje. Co ważne, metyluje ona określony nukleotyd w sekwencji specyficznie rozpoznawanej przez będącą jej partnerem restryktazę. Po zmetylowaniu sekwencji endonukleaza nie może jej rozpoznać. W konsekwencji nie przecina DNA gospodarza.

Zwracam uwagę, że również po replikacji DNA jest zmetylowany na jednej, matrycowej nici (hemimetylowany). Zwykle hemimetylowany DNA nie jest cięty przez restryktazę, jednak po replikacji w komórce bakterii najpierw pojawia się metylaza, a dopiero po niej restryktaza. Oczywiście DNA pochodzący z komórek, w których nie występuje wspomniana specyficzna metylaza, jest zmetylowany tak, aby mógł być chroniony przed działaniem restryktazy. Dlatego jeśli obcy DNA w wyniku transformacji zostanie pobrany przez komórkę bakterii, to z reguły jest on degradowany, co skutecznie ogranicza wydajność horyzontalnego transferu genów... ale to już historia na inną opowieść.

**Ligazy DNA to enzymy łączące cząsteczki DNA – katalizują tworzenie wiązań fosfodiesterowych końcami hydroksylowymi 3' a końcami trifosforowym 5` nukleotydów tworzących odpowiednio 3' i 5' końce dwuniciowych cząsteczek DNA. Reakcję katalizowaną przez ligazę z bakteriofaga T4 wymaga obecności w mieszaninie reakcyjnej adenozyotrójfosforanu (ATP). Potocznie reakcje katalizowane przez ligazy nazywamy ligacjami.**



Rys. 1. Model kompleksu cząsteczki endonukleazy restrykcyjnej *BamHI* (żółta) z bakterii *Bacillus amyloliquefaciens* z DNA (wg Waha D.A. i wsp., 1998)

5'-CTCATAGCAGAG**GGATCC**GTATGCTAGTGCT-3'  
3'-GAGTATCGTCT**CCTAGG**CATACGATCACGA-5'

powstaje

5'-CTCATAGCAGAG-3'  
3'-GAGTATCGTCT**CCTAG**p-5'

5'-p**GATCC**GTATGCTAGTGCT-3'  
**GCATACGATCACGA**-5'

Rys. 2. Cięcie fragmentu DNA przez endonukleazę restrykcyjną *BamHI*

Bez wątplenia opracowanie sposobów izolowania i oczyszczania DNA i enzymów restrykcyjnych stanowiło podstawę do rozwoju technik, które potocznie nazywamy inżynierią genetyczną. Jednak do łączenia fragmentów DNA potrzebny jest jeszcze jeden enzym. Enzymem tym jest ligaza. W praktyce jest to zwykle ligaza z bakteriofaga T4.

Ligacja bardzo wydajnie przebiega dla cząsteczek DNA posiadających lepkie końce (jednoniciowe, komplementarne do siebie 3' lub 5' końcowe fragmenty DNA). Fragmenty takie powstają w wyniku trawienia niektórymi enzymami restrykcyjnymi (Rys. 3). Enzymy restrykcyjne mogą generować fragmenty DNA posiadające zarówno 5', np. *BamHI*, jak i 3' lepkie końce, np. *PstI*. Wiele restryktaz generuje fragmenty nieposiadające jednoniciowych końców. W żargonie okre-

śla się je jako fragmenty z tępymi końcami. Fragmenty takie powstają przykładowo w wyniku fizycznej degradacji DNA, np. za pomocą ultradźwięków. Fragmenty z tępymi końcami mogą być przekształcone we fragmenty z lepкими końcami, np. przez dołączenie do nich krótkich oligonukleotydów. Ligacja fragmentów posiadających komplementarne lepkie końce zachodzi szczególnie wydajnie (Rys. 4). Ligacja fragmentów mających niekomplementarne jednoniciowe końce nie zachodzi.

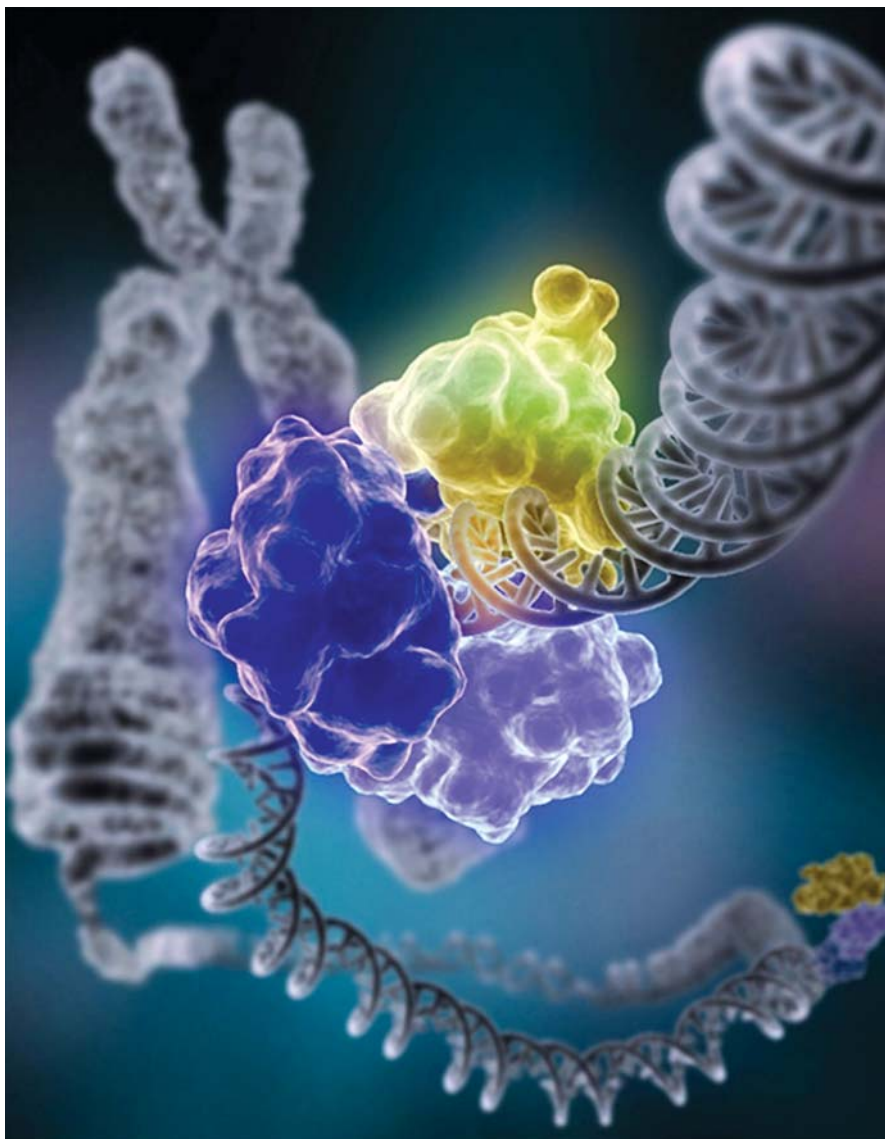
Łącząc ze sobą fragmenty DNA, możemy konstruować nowe, nieistniejące wcześniej w przyrodzie ich kombinacje. Przykładowo można otrzymać fragment DNA zawierający gen kodujący ludzkie białko, które może być wytwarzane w komórkach bakterii, np. pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*). Niestety wprowadzenie takiego kon-



strukturu do komórki bakterii zakończy się niepowodzeniem, ponieważ nie będzie się on w nich replikował, a co za tym idzie – nie trafi do komórek potomnych. Nie zostanie również wbudowany do genomu bakterii i zapewne bardzo szybko ulegnie degradacji. Aby tego uniknąć, uzyskany konstrukt powinien zostać wbudowany (wrekombinowany) do wektora odpowiedniego dla komórki gospodarza, np. u *E. coli*.

W biologii termin ten ma nieco inne znaczenie niż to podane w ramce, jednak pewne wspólne znaczenie dla wektora matematycznego i genetycznego pozostaje. Wektor coś niesie lub przynosi. W biologii molekularnej wektorem nazywamy cząsteczkę DNA, która może zapewnić innej cząsteczce istnienie w komórce gospodarza. Czyli przynosi bezpiecznie obcy DNA. W konsekwencji można go izolować i przynosić z jednej komórki gospodarza do innych komórek, dla których dany wektor jest odpowiedni. W praktyce oznacza to, że wektor jest cząsteczką DNA zawierającą sekwencję umożliwiającą jego replikację w komórce gospodarza oraz można do niego wrekombinować obcy fragment DNA, np. wyżej wspomniany konstrukt. W praktyce sprowadza się to do występowania w wektorze unikalnego (unikalnych) miejsca (miejsca) cięcia dla enzymu (enzymów) restrykcyjnego (restrykcyjnych). Jeśli rozpoznawane przez enzymy restrykcyjne sekwencje DNA, unikalne w wektorze, znajdują się bardzo blisko siebie, a nawet na sobie zachodzą, to obszar taki nazywamy polilinkerem. Polilinkery są z reguły sekwencjami skonstruowanymi przez człowieka i wrekombinowanymi do wektorów.

Bardzo popularnymi wektorami są plazmidy będące pochodnymi plazmidów naturalnie występujących w komórkach gospodarza, prawie wyłącznie bakterii. Wektorami bywają również cząsteczki będące pochodnymi bakteriofagów, w szczególności hybrydy specy-



Rys. 3. Ligaza DNA w czasie naprawy RNA wg. Tom Ellenberger, Washington University School of Medicine w St. Louis

Źródło Biomedical Beat National Institute of General Medical Science (NIGMS) Cool Image Gallery

**Wektor** (z łac. [now.], „niosący; ten, który niesie; nośnik”, od *vehere*, „nieść”; *via*, „droga”) – istotny w matematyce elementarnej, inżynierii i fizyce obiekt mający *moduł* (zwany też – zdaniem niektórych niepoprawnie – *długością* lub *wartością*), kierunek wraz ze *zwrotem* (określającym orientację wzdłuż danego kierunku).

Wikipedia

5'-CTCATAGCAGAG-3'

5'-pGATCCGATGCTAGTGCT-3'

3'-GAGTATCGTCTCCTAGp-5'

GCATACGATCACGA-5'

powstaje

5'-CTCATAGCAGAGGATCCGATGCTAGTGCT-3'

3'-GAGTATCGTCTCCTAGGCATACGATCACGA-5'

Rys. 4. Reakcja łączenia fragmentów DNA otrzymanych w wyniku cięcia endonukleazą restrykcyjną *BamHI* przez ligazę

ficznych fragmentów DNA bakteriofaga, np. sekwencji *cos*, i plazmidów – kosmidów. Z reguły wektory zawierają tzw. geny markerowe. Są to geny, które po wprowadzeniu do komórki gospodarza ulegają ekspresji, zmieniając fenotyp gospodarza tak, że badacz może to bardzo łatwo wykryć. Geny markerowe często warunkują odporność na antybiotyki, np. ampicylinę i tetracyklinę.

Szczególłą grupą wektorów są wektory ekspresyjne. Są to cząsteczki DNA, z reguły plazmidy, zawierające elementy genetyczne, takie jak promotor, terminator, sekwencje kodujące 5' i 3' UTR, konieczne dla ekspresji kodującej białko sekwencji rekombinowanej do wektora, w specyficznej dla niego, lecz heterologicznej dla syntetyzowanego białka komórce gospodarza.

### Jak otrzymać klon?

W biologii odpowiedzi na to pytanie jest wiele. W niniejszym artykule pojęcie klonu ograniczam do zbioru identycznych cząsteczek DNA, a w praktyce do zbioru identycznych, zrekombinowanych cząsteczek wektorów przenoszących określony fragment DNA. Proces otrzymywania klonów nazywamy klonowaniem. W biologii termin *klonowanie* ma wiele znaczeń, ale z uwagi na temat artykułu pisząc o otrzymywaniu zrekombinowanych plazmidów, będę posługiwał się określeniem *klonowanie genetyczne*.

Klonowanie genetyczne, czyli otrzymywanie klonów genetycznych, z reguły wykonuje się w dwóch etapach. Pierwszy z nich to rekombinowanie DNA. O tym już pisałem. Wspomniana procedura prowadzi do otrzymania zrekombinowanych plazmidów. Może to być z założenia mieszanina plazmidów, z których każdy przenosi inny fragment DNA lub tylko nieznacznie przenoszą takie same fragmenty genomu, albo konstrukt z określonym fragmentem DNA. Jednak procedury otrzymywania i łączenia ze sobą DNA wektora i określonego fragmentu DNA nie

gwarantują uzyskania wyłącznie jednego, pożądanego rodzaju konstruktów. Dlatego kolejnym etapem klonowania jest wprowadzenie produktów ligacji, tzw. mieszaniny ligacyjnej, do komórek gospodarza, np. *E. coli*.

Wprowadzenie DNA do komórek gospodarza może być przeprowadzone przez transformację lub elektroporację. W przypadku komórek wyższych eukariontów stosowana jest transfekcja oraz metody balistyczne, czyli wstrzeliwanie do komórek specjalnych mikrokulek, np. złotych, powleczonych DNA.

Można przyjąć, że w wyniku transformacji i elektroporacji do komórki bakterii wprowadzana jest tylko jedna cząsteczka DNA. Ponieważ (jeśli zawiera odpowiedni wektor) może się ona w niej replikować (patrz wyżej), to utrzymuje się w komórce gospodarza i jest przekazywana potomnym bakteriom. Podsumowując, potomstwo bakterii, do której wprowadzono jedną cząsteczkę zrekombinowanego plazmidu, jest identyczne genetycznie, ponieważ wszystkie komórki zawierają taki sam zrekombinowany plazmid. Tym samym mamy do czynienia z klonami. Pozostaje tylko namnożyć poszczególne klony, wyizolować z nich plazmidy i sprawdzić, czy są konstruktami, które chcieliśmy otrzymać, np. czy przenoszą interesujący nas fragment DNA.

### Biblioteki bez książek

#### a. Biblioteka genomowa

*Biblioteka genomowa (bank genów, biblioteka genów, bank genomowy) zbiór klonów (patrz wyżej) w którym dowolny fragment genomu, którego DNA użyto do konstrukcji banku, jest reprezentowany przynajmniej przez jeden, przenoszący go wektor.*

Do konstrukcji biblioteki genomowej używany jest całkowity DNA, możliwie jak najmniej zdegradowany. Fragmentacja DNA

ogranicza możliwość jego kontrolowanej fragmentacji i może spowodować niekompletność biblioteki (brak klonów przenoszących pewne fragmenty genomu). Konstruując biblioteki genomowe, DNA fragmentuje się specyficznie, za pomocą endonukleaz restrykcyjnych, lub losowo, stosując do fragmentacji czynniki fizyczne. Fragmentacja powinna być prowadzona tak, aby w bibliotece, w postaci niezależnych klonów, znajdowały się fragmenty DNA zachodzące na siebie. Ponadto wielkość rekombinowanych do wektora fragmentów musi być dostosowana do pojemności użytych wektorów. Przykładowo pojemność wektorów plazmidowych z reguły nie przekracza 10 tys. par zasad (kpz), wektorów fagowych ok. 20 kpz, kosmidów ok. 45 kpz, a eukariotycznych wektorów chromosomowych nawet 1000 kpz. Oznacza to, że stosując endonukleazy restrykcyjne, najlepiej jest do konstrukcji banku używać produktów **niekompletnego trawienia** DNA enzymem rozpoznającym specyficzną sekwencję czteronukleotydową. Zmieniając ilość użytego DNA i/lub czas trawienia, można generować fragmenty DNA o pożądanej średniej wielkości. Oczywiście w wyniku takiego trawienia uzyskuje się fragmenty zachodzące na siebie, co z jednej strony jest korzystne, bo pozwala wykorzystywać skonstruowaną w ten sposób bibliotekę do badania sekwencji nukleotydowych długich obszarów, a nawet całego genomu. Z drugiej strony zmusza osobę konstruującą bibliotekę genomową do tworzenia biblioteki zawierającej bardzo dużą ilość klonów, tak aby sumaryczna długość przenoszonych przez nie fragmentów DNA kilkakrotnie przekraczała wielkość genomu, z którego pochodzą. W innym przypadku może się zdarzyć, że w bibliotece pewne obszary genomu nie będą reprezentowane.

#### b. Biblioteka cDNA

O ile biblioteki genomowe mogą służyć do izolowania pożądanego fragmentu genomu, np. określo-



Wzór Clarka–Carbana wykorzystywany do określenia liczby koniecznych (wymaganych) rekombinantów (klonów):

$$N = \frac{\ln(1-P)}{\ln\left[1 - \left(\frac{L-x}{M}\right)\right]}$$

gdzie:

$N$  – liczba wymaganych klonów

$P$  – prawdopodobieństwo z jakim jesteśmy w stanie znaleźć w danym banku dany gen

$L$  – długość klonowanego fragmentu

$x$  – wielkość szukanego genu

$M$  – wielkość genomu

nych genów, o tyle biblioteki cDNA są niezastąpione przy badaniach transkryptomów. cDNA to DNA zsyntetyzowany na matrycy RNA. Reakcja ta katalizowana jest przez odwrotną transkryptazę, enzym pochodzący oryginalnie z wirusów, w których w cyklu życiowym występuje zarówno RNA, jak i DNA.

Dla syntezy cDNA często stosowana jest odwrotna transkryptaza z wirusa Maloneya mysiej białaczki (Moloney Murine Leukemia Virus). Więcej na ten temat znajdziecie Państwo w artykule, który opublikujemy w kolejnym numerze „Biologii w Szkole”. Otrzymane cDNA jest rekombinowane

do odpowiedniego wektora, a uzyskane konstrukty wprowadzane do komórek gospodarza. Banki cDNA są niezwykle ważne dla określania lokalizacji genów w genomach wyższych eukariontów. Ponieważ zawierają otwarte ramki odczytu (ORF) bez intronów, dlatego są cennym źródłem sekwencji kodujących polipeptydy dla ich ekspresji w układzie heterologicznym, ale o tym przeczytacie Państwo w kolejnym numerze „Biologii w Szkole”.

#### Piśmiennictwo:

- Wah D.A., Bitinaite J., Schildkraut I., Aggarwal A.K., *Structure of FokI has implications for DNA cleavage*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, tom 95, s. 10564–10569, wrzesień 1998.
- <http://www.wiw.pl/biologia/genetyka/jezykgenow/Esej.asp?base=r&cp=1&ce=23>

Jak co roku na Wydziale Biologii odbywają się wykłady z cyklu SPOTKANIA Z BIOLOGIĄ XXI WIEKU. Tegoroczne są już siódmymi spotkaniami w ramach tego cyklu. Co prawda wykłady są adresowane do uczniów i nauczycieli liceów, ale jestem przekonany, że każdy, kto na nie przyjdzie, dowie się czegoś ciekawego. Chciałbym zwrócić Państwa uwagę szczególnie na wykład majowy dotyczący kleszczy i chorób, które przenoszą. Temat jest ważny dla wszystkich z nas i naszych pupili.

Mam przyjemność zaprosić Państwa na wykłady jako redaktor naczelny „Biologii w Szkole” i prodziekan ds. studiów Wydziału Biologii UW.

Piotr Borsuk

## VII CYKL WYKŁADÓW SPOTKANIA Z BIOLOGIĄ XXI WIEKU

Zapraszamy

w

wybrane poniedziałki do sali 9B, o godzinie 16.00.

Wydział Biologii Uniwersytetu Warszawskiego,

ul. Ilji Miecznikowa 1, Warszawa

15 kwietnia 2013

Dr Hanna Werblan-Jakubiec

(Dyrektor Ogrodu Botanicznego UW)

*Ogrody botaniczne - staroświeckie instytucje muzealne  
czy nowoczesne banki różnorodności biologicznej i wiedzy o roślinach?*

13 maja 2013

Dr hab. Anna Bajer

*Ludzie, psy i TBD - w kręgu patogenów przenoszonych przez kleszcze*

# Pytania z genetyki i inżynierii genetycznej, cz. 1

Piotr Borsuk

1. U bakterii metylacja DNA jest elementem ochrony przed:
  - a) bakteriofagami;
  - b) antybiotykami;
  - c) obcym DNA;
  - d) prawidłowe są odpowiedzi a i c.
2. U bakterii konsekwencją replikacji są:
  - a) mutacje;
  - b) metylacja;
  - c) fosforylacja;
  - d) brak poprawnej odpowiedzi.
3. W biologii molekularnej wektorami mogą być pochodne:
  - a) plazmidów i bakteriofagów;
  - b) tylko plazmidy;
  - c) tylko bakteriofagi;
  - d) cDNA.
4. Endonukleazy restrykcyjne są enzymami:
  - a) metylującymi DNA;
  - b) replikującymi DNA;
  - c) tnącymi DNA;
  - d) łączącymi fragmenty DNA.
5. W inżynierii genetycznej endonukleazy restrykcyjne stosuje się do:
  - a) rozcinięcia cząsteczek RNA;
  - b) metylowania DNA;
  - c) łączenia fragmentów DNA;
  - d) rozcinięcia cząsteczek DNA.
6. Fragmenty DNA o lepkich końcach można otrzymać, działając na DNA odpowiednią:
  - a) metylotransferazą;
  - b) restryktazą;
  - c) ligazą;
  - d) odwrotną transkryptazą.
7. Najkrótsze fragmenty DNA przenoszą wektory będące:
  - a) plazmidami;
  - b) fagami;
  - c) kosmidami;
  - d) sztucznymi chromosomami.
8. Nie można łączyć ze sobą dwóch fragmentów DNA posiadających:
  - a) komplementarne, jednoniciowe 5' końce;
  - b) komplementarne, jednoniciowe 3' końce;
  - c) tępe końce;
  - d) jeden jednoniciowy 5', a drugi jednoniciowy 3' koniec.
9. Częsteczką wektora musi posiadać odpowiednie dla komórki gospodarza:
  - a) miejsce inicjacji replikacji i gen markerowy;
  - b) miejsca inicjacji replikacji i metylacji;
  - c) gen markerowy i miejsce metylacji;
  - d) gen markerowy i sekwencję *cos*.
10. Jeśli do komórki pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*) wprowadzi się ludzki gen kodujący białko X, to:
  - a) nie ulegnie on ekspresji;
  - b) ulegnie on ekspresji, czego efektem będzie wytworzenie w bakterii białka X;
  - c) ulegnie częściowo ekspresji, bo nastąpi jego transkrypcja, lecz nie translacja;
  - d) ulegnie on częściowej ekspresji, bo zajdzie translacja, lecz nie transkrypcja.
11. Do fragmentowania DNA można użyć:
  - a) restryktaz lub ultradźwięków;
  - b) restryktaz lub metylaz;
  - c) ultradźwięków lub promieniowania jonizującego;
  - d) promieniowania jonizującego lub restryktaz.
12. Aby wprowadzić zrekombinowany wektor do komórki bakterii, zastosujesz:
  - a) transformację;
  - b) transfekcję;
  - c) elektroporację;
  - d) wszystkie odpowiedzi są poprawne.
13. Do konstrukcji biblioteki genów potrzebny jest:
  - a) DNA genomowy, komórki biorcy, wektor, metylotransferaza i polimeraza DNA;
  - b) DNA genomowy, polimeraza DNA, metylotransferaza, restryktaza i ligaza;
  - c) wektor, restryktaza, ligaza, genomowy DNA i komórki biorcy;
  - d) restryktaza, ligaza, komórki dawcy, komórki biorcy i polimeraza DNA.
14. Do łączenia (rekombinowania) cząsteczek DNA służy:
  - a) restryktaza;
  - b) metylotransferaza;
  - c) polimeraza DNA;
  - d) ligaza.
15. W dobrej bibliotece genomowej niezrekombinowane cząsteczki wektora powinny stanowić:
  - a) 95–100% wszystkich wektorów;



- b) 50–95% wszystkich wektorów;  
 c) 25–50% wszystkich wektorów;  
 d) mniej niż 10% wszystkich wektorów.
16. Aby otrzymać bibliotekę cDNA, należy najpierw wyizolowany z komórki:
- DNA poddać działaniu restryktazy;
  - RNA poddać działaniu ultradźwięków;
  - DNA poddać działaniu ligazy;
  - RNA poddać działaniu odwrotnej transkryptazy.
17. Aby określić lokalizację dowolnego genu w genomie organizmu eukariotycznego:
- wystarczy poznać sekwencję nukleotydową genomu;
  - wystarczy poznać sekwencję nukleotydową cDNA dla poszukiwanego genu;
  - trzeba znać równocześnie sekwencje nukleotydowe genomu i cDNA poszukiwanego genu;
  - brak poprawnej odpowiedzi.
18. Jeśli endonukleaza restrykcyjna trawiąc DNA, generując fragmenty posiadające 5' lepkie końce o sekwencji GATC, to komplementarny do nich jednoniciowy DNA ma sekwencję:
- GATC;
  - CTAG;
  - GTAC;
  - CATG.
19. Jeśli do plazmidowego wektora przeciętego w jednym miejscu restryktazą *EcoRI* wrekombinuje się fragment DNA otrzymany w wyniku trawienia DNA genomowego tą samą restryktazą, to otrzymamy plazmid, w którym:
- brak jest miejsca trawienia dla *EcoRI*;
  - jest 1 miejsce trawienia dla *EcoRI*;
  - są 2 miejsca trawienia dla *EcoRI*;
  - są 4 miejsca trawienia dla *EcoRI*.
20. Przy konstrukcji bibliotek genomowych stosuje się niekompletne trawienie endonukleazą restrykcyjną, rozpoznającą w DNA czteronukleotydowe sekwencje. Robi się to, aby:
- zapewnić sklonowanie DNA wszystkich rejonów genomu;
  - uzyskać fragmenty zachodzące na siebie do analizy długich sekwencji nukleotydowych genomu;
  - uzyskać możliwość sklonowania maksymalnie wielu genów w postaci pojedynczych fragmentów DNA;
  - poprawne są odpowiedzi b i c.
21. Do ekspresji ludzkich genów w komórkach bakterii nieużyteczne są:
- fragmenty genomowego DNA;
  - cDNA;
  - biblioteki cDNA;
  - wszystkie wyżej wymienione.
22. Z niżej wymienionych genami markerowymi w plazmidach bakteryjnych mogą być geny:
- warunkujące odporność na antybiotyki i rRNA;
  - warunkujące odporność na antybiotyki i białka enzymatyczne;
  - kodujące tRNA i białka enzymatyczne;
  - kodujące rRNA i tRNA.
23. Obszary dwuniciowe występują w cząsteczkach:
- DNA;
  - rRNA;
  - tRNA;
  - wszystkich wymienionych powyżej.
24. DNA do komórek wyższych eukariontów wprowadza się przez:
- transformację lub koniugację;
  - transfekcję lub balistycznie;
  - koniugację lub transdukcję;
  - transfekcję lub koniugację.
25. Występujące w wektorach sekwencje nazywane polilinkerami to obszary, na których:
- znajduje się unikalna w wektorze sekwencja dla restryktazy;
  - występują unikalne w wektorze sekwencje dla wielu restryktaz;
  - znajduje się miejsce wiązania rybosomu;
  - jest wiele miejsc wiązania rybosomów.

Dr Piotr Borsuk,  
 Instytut Genetyki i Biotechnologii,  
 Wydział Biologii,  
 Uniwersytet Warszawski

## ODPOWIEDZI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
a		X	X				X		X	X	X					X		X			X				
b						X																X		X	X
c				X									X				X		X						
d	X				X			X				X		X	X					X				X	

# Test z genetyki klasycznej

- Ile rodzajów gamet wytwarza osobnik o genotypie  $Aa Bb cc DD Ee Ff gg Hh$ ?
  - 5;
  - 8;
  - 16;
  - 32.
- Podwójna heterozygota będzie produkowała game-ty z różną częstością, jeśli:
  - geny znajdują się na różnych chromosomach;
  - geny znajdują się bardzo blisko siebie;
  - geny znajdują się daleko od siebie na tym samym chromosomie, ale na różnych jego ramionach;
  - geny znajdują się bardzo daleko od siebie, choć na tym samym ramieniu chromosomu.
- Żeby sprawdzić, ile rodzajów gamet wytwarza samica *D. melanogaster* o dominującym fenotypie, najlepiej jest:
  - skrzyżować ją z samcem o takim samym fenotypie i analizować F1 tej krzyżówki;
  - skrzyżować ją z samcem o takim samym fenotypie i analizować F2 tej krzyżówki;
  - wykonać krzyżówkę testową;
  - nie można tego sprawdzić za pomocą krzyżówki.
- Ile rodzajów osobników o różnych genotypach i fenotypach pojawi się w potomstwie krzyżówki  $Aa Bb cc DD Ee \times aa Bb CC Dd Ee$ ?
  - 36 genotypów i 8 fenotypów;
  - 8 genotypów i 36 fenotypów;
  - 12 genotypów i 4 fenotypy;
  - 4 fenotypy i 12 genotypów.
- Jeśli dwa geny znajdują się na jednym chromosomie, to:
  - zawsze dziedziczą się niezależnie;
  - czasem dziedziczą się niezależnie;
  - zawsze dziedziczą się w sposób sprzężony ze sobą;
  - nigdy nie dziedziczą się w sposób sprzężony ze sobą.
- Jeśli w potomstwie krzyżówki homozygotycznej samicy *D. melanogaster* o białych oczach i czerwono-okiego samca w pokoleniu F1 pojawiły się wyłącznie samice o czerwonych oczach i białookie samce, to gen, którego allel warunkuje białe oczy, dziedziczy się:
  - autosomalnie;
  - w sposób sprzężony z płcią;
  - cytoplazmatycznie (dziedziczenie mitochondrialne);
  - żadna odpowiedź nie jest prawidłowa.
- Jeśli całe potomstwo bezskrzydłych rodziców jest skrzydlate, to do prawidłowego wykształcenia skrzydeł potrzebne są:
  - dominujące allele genu autosomalnego;
  - recesywne allele genu autosomalnego;
  - dominujące allele przynajmniej dwóch genów autosomalnych;
  - dominujące allele przynajmniej dwóch genów dziedziczących się w sposób sprzężony z płcią.
- Jeśli w potomstwie krzyżówki homozygotycznej samicy *D. melanogaster* o zredukowanych skrzydłach i białych oczach oraz samca o szarym ciele i czerwonych oczach wszystkie samice mają czerwone oczy i szare ciało, a samce są wyłącznie białookie o normalnych skrzydłach, to:
  - gen, którego allel warunkuje białe oczy, dziedziczy się autosomalnie, a gen, którego allel odpowiada za redukcję skrzydeł – w sposób sprzężony z płcią;
  - gen, którego allel warunkuje białe oczy, dziedziczy się w sposób sprzężony z płcią, a gen, którego allel odpowiada za redukcję skrzydeł – autosomalnie;
  - oba geny dziedziczą się w sposób sprzężony z płcią;
  - oba geny dziedziczą się autosomalnie.
- Jeśli geny a i b dziedziczą się niezależnie, a gen c leży w odległości 30 cM od genu a i 40 cM od genu b, to:
  - geny a, b i c leżą na różnych chromosomach;
  - geny a i b leżą na tym samym, a gen c na innym chromosomie;
  - wszystkie geny leżą na tym samym chromosomie, a gen b leży między genami a i c;
  - wszystkie geny leżą na tym samym chromosomie, a gen c leży między genami a i b.
- Jeśli w potomstwie krzyżówki osobniki o zredukowanych skrzydłach i oczach w kolorze sepia (cechy warunkowane przez allele recesywne) stanowią 1/6 potomstwa, to była to krzyżówka:
  - dwugenowa dwóch podwójnych heterozygot w genach autosomalnych;
  - jednogenowa dwóch heterozygot;
  - testowa, w której samica była podwójną heterozygotą;
  - dwugenowa homozygoty dominującej z podwójną heterozygotą.
- Skrzyżowano dwa heterozygotyczne pomidory o owłosionych łodygach. Jeśli w potomstwie tej krzyżówki otrzymano rośliny owłosione i nieowłosione w stosunku 2 : 1, to jest to krzyżówka:
  - dwugenowa, a allele determinujące wytworzenie włosków są dominujące;
  - dwugenowa, a allele determinujące wytworzenie włosków są recesywne;
  - jednogenowa, a homozygota recesywna jest letalna;
  - jednogenowa, testowa.

## Odpowiedzi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a				X						X	
b		X			X	X					
c			X				X	X			X
d	X								X		



# Ci, których już nie ma

Szanowni Państwo!

Jako emerytowany nauczyciel biologii napisałem artykuł będący wspomnieniem dawniej znanej nauczycielki przedmiotów przyrodniczych, Zofii Bohuszewiczówny. Swego czasu była to osoba znacząca w polskiej dydaktyce. W tym roku przypada 60. rocznica jej śmierci. Nie chcę pisać niczego więcej w krótkim e-mailu, przesyłam treść artykułu z bardzo uprzejmą prośbą o jego publikację w Państwa piśmie. Materiał ten opowie wszystko. Niestety, nie dysponuję żadną fotografią tej osoby. Byłbym bardzo zobowiązany, otrzymując w niezbyt odległym terminie odpowiedź. Proszę zrozumieć zniecierpliwienie amatora.

Pozostaję z szacunkiem.

Jerzy Wysokiński

Pomyślałem sobie, że dni nasze mijają w natłoku zdarzeń. Upływa czas i zapominamy o nauczycielach przyrody, którzy serce oddali sprawie krzewienia oświaty przyrodniczej. Niestety ludzka pamięć jest niedoskonała. Dziś wielu nazwisk wybitnych

pedagogów próżno szukać w internecie, a przecież zasłużyli na naszą pamięć. Dlatego pod wpływem listu Pana Jerzego Wysokińskiego postanowiłem zapoczątkować w „Biologii w Szkole” szare strony, na których postaramy się zamieszczać wspomnienia o wybitnych

nauczycielach przyrody. Tych z wielkich uczelni i tych mniej znanych, którzy działali na rzecz lokalnych społeczności. Nie ukrywam, że liczę na Państwa pomoc!

**Piotr Borsuk**

Redaktor naczelny

## 60. rocznica śmierci

# Zofia Bohuszewicz

Pochodziła z rodziny inżyniera kolejowego, Władysława Bohuszewicza. Matka Kazimiera była z domu Zakrzewska. Urodziła się w Starosielcach, w obecnej dzielnicy Bialegostoku. Kiedy ojciec został powołany do budowy kolei transsyberyjskiej, rodzina wędrowała wraz z nim w różne miejsca Rosji. Wraz z matką i trzema siostrami wróciła około roku 1900 do Warszawy. Tu w roku 1903 ukończyła gimnazjum żeńskie. Po okresie zarobkowania jako nauczycielka w prywatnych domach zebrała środki na kształcenie i wyjechała na studia socjologiczne do Szwajcarii, na Uniwersytet Genewski. Wkrótce przeniosła się z nauką w pobliże siostry, do francuskiego Montpellier, gdzie na miejscowym uniwersytecie studiowała przez 5 lat przyrodę. Po ukończeniu studiów w latach 1916–18 uczyła przyrody w Gimnazjum Polskim w Moskwie. Od roku 1918 została nauczycielką war-

szawskich szkół średnich. Już w roku 1919 rozpoczęła współpracę z Wydziałem Programowym Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego, co owocowało również wydawaniem przez nią serii wydawnictw przyrodniczych, np. „Biblioteczką Przyrodniczą” przy Księgarni św. Wojciecha w Poznaniu (1932–39) i „Ze Świata Przyrody” (1932–38). Najważniejszymi wydanymi wówczas tytułami były popularnonaukowe *Darmozjady w świecie roślin* (1927), *Rośliny owadożerne* (1927). Nie tylko publikowała swoje prace, ale również zachęciła do pisania artykułów takie sławy, jak Antoni Bolesław Dobrowolski, Władysław Szafer i Jan Bogumił Sokołowski.

Około roku 1920, podczas pracy w szkole na Wiejskiej (ul. Wiejska 5 w Warszawie), zetknęła się z pracą wybitnej nauczycielki, Wandy Haberkantówny. Po bliższym zapoznaniu się z opracowaniem metodycznym tej

nauczycielki, pt. *Protokoły lekcji przyrodoznawstwa* (1920–22), sama napisała, będąc jakby kontynuacją zawartych tam myśli, pracę pt. *Lekcje botaniki w klasie IV szkoły średniej* (1925 i wznowienia powojenne). Bohuszewiczówna w stopniu większym niż Haberkantówna była przygotowana do nauczania botaniki. Wiele dała jej praca asystentki w Katedrze Botaniki Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, a także dobra znajomość botaniki i współczesnej literatury przedmiotu, odszukanej w bibliotece wspomnianej uczelni. Kurs nauczania obejmował wiedzę o roślinach – od budowy komórek po jej organy (korzenie, pędy, kwiaty, owoce i nasiona).

Bohuszewiczówna założyła, że chce zapoznać uczniów z przyrodą poprzez obserwacje zjawisk przyrodniczych, grupowanie wyników obserwacji i wyciąganie wniosków. Celowo zdecydowała się na wykonywanie eksperymentów

uczniowskich. Rozumiała, że inaczej młodzież będzie miała wiedzę werbalną, bez zrozumienia istoty zjawisk. Doświadczenia były planowane z wielkim udziałem uczniów. Użyte podczas nich rośliny lub części roślin i zastosowane przyrządy były bardzo proste, tanie i łatwo dostępne. Planowanie ich i wykorzystanie wywodziło się z pomysłów młodzieży. Uczniowie dokonywali obserwacji, notowali ich wyniki (często wykonywali rysunki) i wyciągali wnioski. Wiele czasu poświęcano dyskusji nad wynikami, poprawianiu niewłaściwych, błędnych wniosków.

Część obserwacji przeprowadzano w sali lekcyjnej, podczas obserwacji w domach, a jeszcze inne podczas prac w ogródku szkolnym. Te same metody dokonywania obserwacji i samodzielnego rozwiązywania zagadnień stosowała podczas wycieczek. Była zwolenniczką zasady, którą ujęła w sposób następujący: *nauczyciel nie powinien podawać tego, co może zdobyć uczeń własną pracą*. Szczegółowo opisała przebieg poszczególnych lekcji, zawarła wykaz i opisy 158 ćwiczeń uczniowskich, zrealizowanych podczas szkolnej nauki botaniki. Opisane obszernie opracowanie Bohuszewiczówny (ponad 400 stron druku) zawiera nie tylko przebieg zajęć, ale także wyniki obserwacji uczniów, opisy ich zróżnicowanych osobowości, z podziałem na grupy typów uczniowskich (chłopcy, dziewczęta, rodzeństwa w klasie, pochodzenie młodzieży z różnych środowisk i ich wpływ na wyniki pracy dydaktycznej itp.). Lektura tej zajmującej książki świadczy o nowoczesnej, jak na owe czasy, wiedzy pedagogicznej autorki, a także dowodzi jej ogromnej pracowitości.

Jeszcze w okresie pobytu we Francji zetknęła się ze znanym wówczas w całym zachodnim

świecie badaczem, Jeanem Henri Fabre'em. Przyniosło to zachwyt jego wiedzą i późniejszym tłumaczeniem dla polskiej młodzieży (wraz z Marią Górską) książki *Z życia owadów* (1916) i *Dziwy instynktu u owadów i pająków* (1918) oraz *W świecie owadów* (1922), będących wyborem prac Fabre'a. W końcu zdobyła się na opracowanie *Jean Henri Fabre: Jan Henryk Fabre – dzieje myśli i życia* (1935). Na wstępie zaopatrzyła je w dedykację dla swego ojca. Przybliżyła polskiej młodzieży postać wybitnego niemieckiego przyrodnika, Alfreda Edmunda Brehma, wydając opracowanie *Z życia naszych szkodników i sprzymierzeńców* (tłumaczenie Zofii Bohuszewicz i Heleny Grotowskiej, 1927).

W czasie okupacji niemieckiej uczyła na tajnych kompletach. Po wojnie, w latach 1945–46, pracowała na Wydziale Programowym Ministerstwa Oświaty. Od roku 1947 redagowała również serię przyrodniczą „Biblioteczka Popularnonaukowa”. Współpracowała z Państwowym Zakładem Wydawnictw Szkolnych oraz „Wiedzą”. Była autorką takich książek jak *Leśna tanecznicza* (1950), *Co przywieziemy naszej szkole z zielonego frontu* (1951), *Zbieramy nasiona drzew i krzewów* (1953), *Rośliny jadalne dziko rosnące* (1955, wydane pośmiertnie).

Była autorką lub współautorką kilku podręczników biologii: *Lekcje botaniki ze wstępem metodycznym* (1948), *Biologia. Podręcznik dla ucznia kl. 4 i 5. Zeszyt ucznia* (1948), *Biologia. Podręcznik dla kl. 5. Książka ucznia* (1948), *Biologia. Zeszyt ucznia kl. 4* (1949), *Biologia. Książka ucznia kl. 4 szkoły podstawowej* (1950). Podręczniki te zawierają dużo wiedzy, ale nie narzucają młodzieży jej nadmiaru. Mimo że były pisane w czasach silnej indoktrynacji ideologicznej, nie są przeładowane ideo-

logicznie, a zawierają tylko podstawowe, „jedyne prawdy” wymagane przez władze (np. znajdują się w nich rozdziały zatytułowane *Jak Polska ludowa pomaga swoim obywatelom* lub *Jak prowadzi się walkę z jaglicą w Polsce Ludowej* albo takie pochwalne treści o nowym państwie, jak np. informacja, że w Strzelinie istnieją państwowe chłodnie i zamrażalnia owoców). Podręcznik liczący ponad 200 stron formatu współczesnego zeszytu szkolnego zawiera 171 czarno-białych ilustracji. Zeszyt ucznia klasy czwartej składa się z dwóch części: *Staw – las – sad* napisanej przez Zofię Gąsiorowską i Helenę Woyciechowską oraz *Dzień zdrowego człowieka* autorstwa Bohuszewiczówny. Zeszyty stwarzają możliwość zapisywania obserwacji, zbierania uzyskanej wiedzy w formie zestawień, a także wykonywania innych zapisków uczniowskich. Są bogato ilustrowane rysunkami organizmów żyjących w różnych ekosystemach i zawierają wskazówki dla wycieczek szkolnych.

Autorzy wspomnień o Bohuszewiczównie podają, iż od czasów młodości była ona wątłego zdrowia. Dlatego prawdopodobnie wraz z upływem czasu coraz mniej zajmowała się czynną pracą z uczniami, a częściej pisanem dydaktycznych opracowań i pracą wydawniczą. Nie wiadomo, dlaczego pod koniec życia załamała się psychicznie i 3 września 1953 r. popełniła samobójstwo. Pochowano ją na cmentarzu powązkowskim w Warszawie.

Była przez wiele lat znakomitą nauczycielką, wydawcą książek dla zainteresowanych przyrodą dzieci i młodzieży, a także – jakbyśmy to dzisiaj określili – dobrym doradcą metodycznym, pomocnym w czasie wielu lat pracy pedagogicznej ambitnych biologów.

Jerzy Wysokiński

**Prenumeratę „Biologi w Szkole” w wersji cyfrowej (pliki PDF) na 2013 r., sprzedaż pojedynczych wydań i archiwalnych numerów z lat 2009–2012 można zamówić poprzez stronę [www.raabe.com.pl](http://www.raabe.com.pl).**



# Świat przyrody

E-podręcznik dla szkół ponadgimnazjalnych



Jedyny na rynku edukacyjnym tak **bogaty materiał** do nauczania przyrody!

E-podręcznik  
(eBook)



Dziennik projektowy



Materiały edukacyjne,  
E-poradnik  
na [przyroda.zamkor.pl](http://przyroda.zamkor.pl)



Decydując się na **Świat przyrody**, wybierasz:

- ➔ bogaty, kompleksowy materiał w e-podręczniku
- ➔ systematyczną pracę uczniów z **Dziennikiem projektowym**
- ➔ bogatą szatę graficzną
- ➔ wysoką jakość merytoryczną, którą gwarantują specjaliści z zakresu poszczególnych przedmiotów
- ➔ przekrojowe, interdyscyplinarne ujęcie tematów
- ➔ elementy typu:
  - Wstęp filozoficzno-historyczny dla humanistów
  - spis celów operacyjnych
  - *To ważne*
  - *Sprawdź, czy wiesz i potrafisz*
  - liczne ciekawostki, zadania testowe i inne.



**eBook +**  
Dziennik projektowy

# Nowa wersja atlasu ilustrowanego „Świat przyrody”

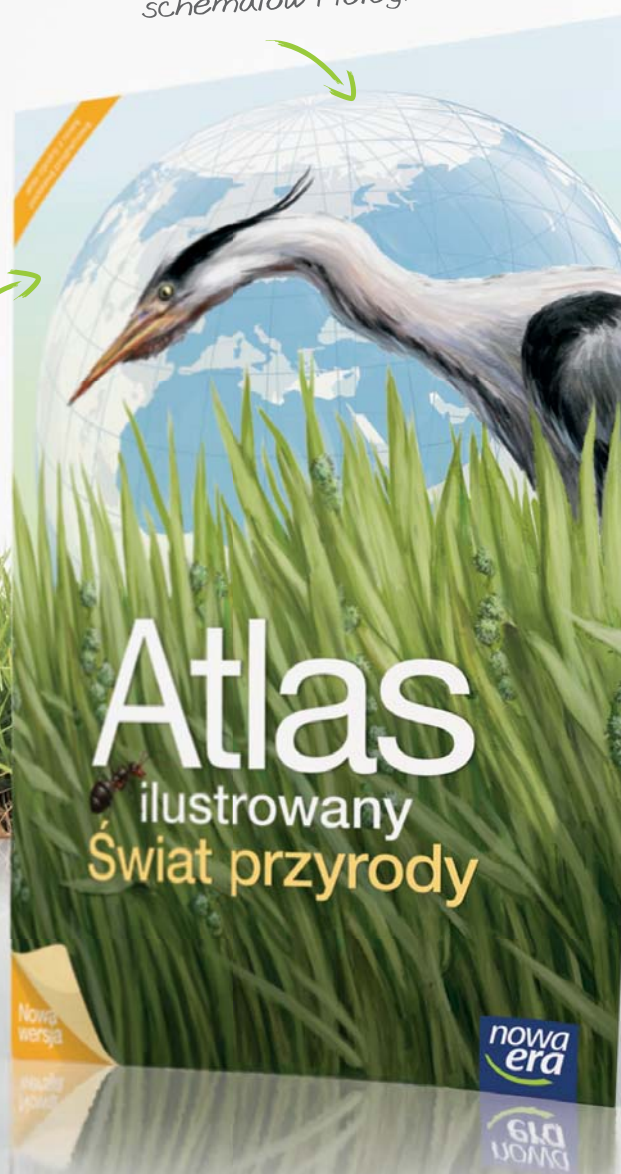
„Nowe wydanie ilustrowanego atlasu do nauki przyrody zachwyca jakością map i ilustracji. Nowa Era znów pokazała, na co ją stać.”

dr J. Kozłowski

Atlas ilustrowany „Świat przyrody”  
w udoskonalonej i bogatszej  
formie zawiera więcej map,  
schematów i fotografii.

Połączenie  
doskonałych  
map ze świetnym  
materiałem  
ilustracyjnym  
daje w efekcie  
nieocenioną pomoc  
w nauce przyrody.

Zastosowane  
w atlasie przezroczyste  
kalki ułatwiają  
interpretację zjawisk  
przyrodniczych.



JUŻ WKRÓTCE  
W SPRZEDAŻY!



www.nowaera.pl  
przyrodasp@nowaera.pl  
801 88 10 10 lub 58 721 48 00

