Przyroda w mitologii

Biologia w Szkole

z Przyrodą

Nr 1 STYCZEŃ/LUTY 2012 333 (LXV) indeks 352659 CENA 18,50 ZŁ (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

Jak dawniej uczono?

Laser w biologii

Niezwykłe komórki glejowe

82060301201001

ISSN 0137-8031

01

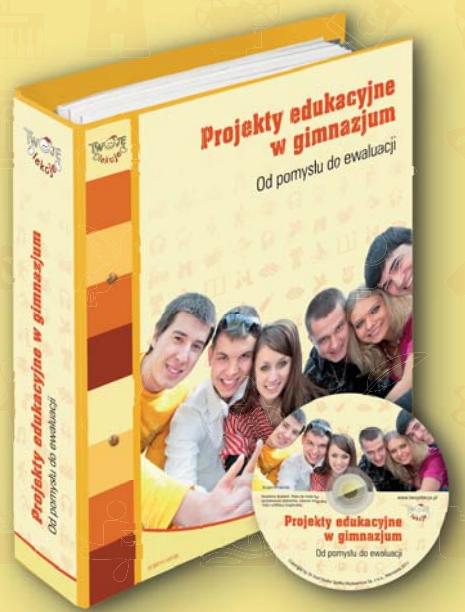
9 770137 803201

Na mocy Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z 20 sierpnia 2010 r. uczniowie klas gimnazjalnych mają obowiązek udziału w realizacji projektu edukacyjnego.

NOWOŚĆ!

Projekty edukacyjne w gimnazjum

Od pomysłu do ewaluacji



W publikacji znajdziesz:

- ✓ 26 projektów edukacyjnych gotowych do wykorzystania
- ✓ szeroką tematykę – od kilkutygodniowych projektów przedmiotowych po kilkumiesięczne interdyscyplinarne
- ✓ kompendium wiedzy teoretycznej
- ✓ płytę CD z formularzami do dokumentowania realizacji projektu (do edycji), prezentacjami i ze zdjęciami.

Dodatkowo

- ✓ segregator do zbierania uzupełnień
- ✓ raz w roku, w ramach abonamentu, każda szkoła może zamówić projekt dla swojej placówki.

Więcej informacji: www.twojelekcje.pl, infolinia: 22 244 84 12

spis treści

CO NOWEGO W BIOLOGII?

4 Komórki glejowe w układzie nerwowym
▪ Michał Strefnel

14 Metody fizyczne w służbie biologii – laser
▪ Karina Kubiak-Ossowska, Dawid Basak

26 Państwo w państwie. Funkcjonowanie mitochondriów w komórce i organizmie człowieka
▪ Magdalena Kaliszewska

34 Galeria fotografii przyrodniczej

Z PRAKTYKI SZKOLNEJ

38 Niepojęty świat zwierząt – dlaczego zwierzęta różnią się od siebie? Scenariusz lekcji przyrody dla IV–VI ▪ Kinga Preibisz-Wala

43 Przyroda w oczach starożytnych Greków
▪ Wojciech Jeszka

51 Edukacja przyrodnicza dzieci w polskiej myśli pedagogicznej 1918–1939 ▪ Jan Wnęk

54 Polubić nauki ścisłe ▪ Monika Lechowska

57 Jak motywować uczniów do związania przyszłości z naukami ścisłymi? – rady eksperta ▪ Stefania Elbanowska-Ciemuchowska

59 Biologów czekają kolejne zmiany
▪ Joanna Ostrowska

61 Co zrobić, aby uczniowie polubili lekcje biologii? ▪ Magda Assaf

KĄCIK EKOLOGICZNY

63 Edukacja ekologiczna w LODR w Końskowoli
▪ Katarzyna Kozak

Szanowni Czytelnicy

Życząc Państwu wszystkiego najlepszego, wielu dobrych emocji i samych sukcesów w pracy w nowym, 2012 roku, oddajemy w Państwa ręce nowy numer „Biologii w Szkole". Nowy i nieco inny niż poprzednie. Zniknęły „zielone" strony. Mam nadzieję, że na zawsze i dzięki temu drukowane na nich materiały staną się bardziej przydatne w praktyce szkolnej. Zapewne zyskają na tym prace laureatów kolejnej Olimpiady Biologicznej, których publikowanie planujemy wzorem lat poprzednich, oraz artykuły zamieszczane w „Kąciku ekologicznym" zainicjowanym w niniejszym numerze. Jego powstanie jest wyrazem zaangażowania naszego pisma w działania proekologiczne, które – w moim odczuciu – odgrywają szczególnie ważną rolę w procesie edukacji młodych Polaków. W tym miejscu chciałbym zwrócić Państwa uwagę na artykuł Pana Jana Wnęka. Użyłem tego tekstu jako szczególnego punktu odniesienia do kolejnych artykułów traktujących o nauczaniu przyrody i biologii w polskich szkołach. Namawiam na chwilę zastanowienia się nad tym, czy dążąc do nowoczesności w szkole, nie utraciliśmy czegoś bardzo ważnego dla naszego człowieczeństwa. Szczerego, niekształtowanego trendami mody szacunku dla otaczającej nas przyrody. Nie tylko tej z „wysokiej półki", ale wszelkich przejawów dziejącego się wokół nas życia.

Nie jestem wrogiem nowoczesności oczywiście tak długo, jak długo nie zagraża ona przyrodzie. Przyznaję, koegzystencja świata techniki i natury nie jest łatwa, ale możliwa. Żeby ją ułatwić, trzeba zrozumieć, jak funkcjonują urządzenia, którymi się posługujemy. W niniejszym numerze „Biologii w Szkole" nasi stali współpracownicy, Pani Karina Kubiak-Ossowska i Pan Dawid Basak, opisują zasadę działania i zastosowania lasera w biologii i medycynie. Gorąco polecam ten artykuł, jak również dwa pozostałe, opublikowane w dziale „Co nowego w biologii".

Życzę miłej lektury.

Piotr Borsuk

Biologia w Szkole i Przyroda
CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

NUMER 1 STYCZEŃ/LUTY 2012 333 (LXV) indeks 352659 Nakład 4000 egz. CENA zł 18,50 (w tym 5% VAT)

Zdjęcia na okładce: Piotr Borsuk

edu PRESS Czasopisma Pedagogiczne

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** Michał Włodarczyk **Dyrektor wydawniczy** Józef Szewczyk, tel. 22 244 84 70, j.szewczyk@raabe.com.pl **Dział obsługi klienta** tel. 22 244 84 11, prenumerata@raabe.com.pl **Dyrektor operacyjny** Anna Gryczewska, a.gryczewska@raabe.com.pl **Dział marketingu** tel. 22 244 84 50 **Kolportaż** Anna Niepiekło, tel. 22 244 84 78, faks 22 244 84 76, a.niepiekło@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 łamanie** Vega design **Druk i oprawa** Pabianickie Zakłady Graficzne SA, 95–200 Pabianice, ul. P. Skargi 40/42

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

Komórki glejowe w układzie nerwowym

Centralny układ nerwowy zwykle kojarzy nam się z neuronami, których wypustki, tworząc skomplikowaną sieć połączeń, zawiadują życiem wielu zwierząt. Oczywiście to prawda, ale jak każde uproszczenie – tylko PRAWIE prawda. Centralny układ nerwowy ssaka, w szczególności człowieka, to struktura znacznie bardziej skomplikowana, realizująca swoje zadania nie tylko dzięki komórkom nerwowym, ale również – jak przekonuje nas Pan Michał Strefnel – dzięki glejowi. <red>

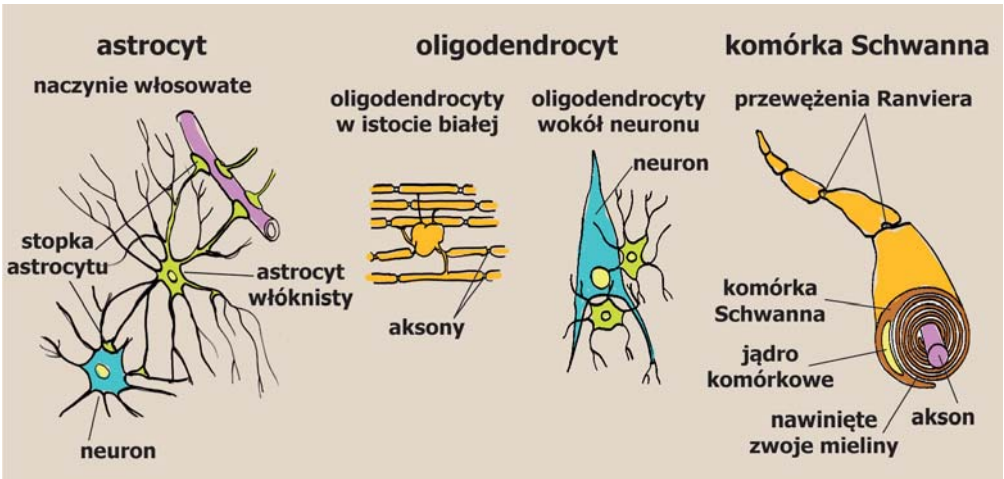
MICHAŁ STREFNEL

Przez długie lata, szczególnie przez ostatnie półtora wieku, funkcjonowanie ośrodkowego układu nerwowego, „siedliska duszy", było kojarzone w głównej mierze z komórkami nerwowymi – neuronami. Fakt, że neurony nie są jedynymi składnikami budującymi ten wspaniały twór natury, był znany od dawna, lecz jednak pozostałym komórkom wchodzącym w skład tkanki nerwowej poświęcano niewiele uwagi. Te niedoceniane elementy struktur nerwowych, absorbujące jedynie niewielką część uwagi badaczy, to znacznie liczniejsze od neuronów komórki glejowe w systemie nerwowym.

Glej został po raz pierwszy opisany przez **Rudolfa Virchofa**, wybitnego niemieckiego badacza, w 1856 roku, jako tkanka łączna o funkcji podporowej dla neuronów. W latach 70. XIX wieku **Camillo Golgi** przypisał tej tkance rolę odżywczą, polegającą na przekazywaniu substancji odżywczych z krwiobiegu do komórek nerwowych. Kilka lat później ten sam badacz odkrył, że komórki glejowe pełnią w układzie nerwowym rolę „detosykacyjną", polegającą na dezaktywowaniu i usuwaniu produktów przemiany materii powstałych podczas funkcjonowania komórek nerwowych. W pierwszej dekadzie XX wieku **Ernesto Lugaro**, znany włoski neurolog, pisał w swoich pracach, że funkcją gleju jest „detoksykacja i filtracja płynów przenikających do mózgu". Szersze podejście do omawianych komórek pojawiło się w publikacjach **ojca neurobiologii – Santiaga Ramóna y Cajala**, wybitnego hiszpańskiego histologa i neuroanatoma.

Glej tworzą komórki należące do dwóch klas – **mikrogleju** i **makrogleju**. Komórki makrogleju można podzielić na sześć zasadniczych populacji. Są to **astrocyty** (są najliczniejsze we wszystkich populacjach komórek glejowych), **oligodendrocyty (oligodendroglej, czyli glej skąpowypustkowy) (Rys. 1)**, **glej Bergmana** występujący w móżdżku, **glej Müllera** związany z siatkówką oka i nerwem wzrokowym, **komórki Schwanna** (występują w obwodowym układzie nerwowym) oraz tzw. **komórki OEC** (ang. *olfactory ensheating cells*, podobne do oligo- i astrodendrocytów pod względem cech morfologicznych i na poziomie molekularnym).

U zwierząt kręgowych komórek glejowych jest zwykle 10–50 razy więcej niż neu-



Rys. 1. Rodzaje komórek makrogleju

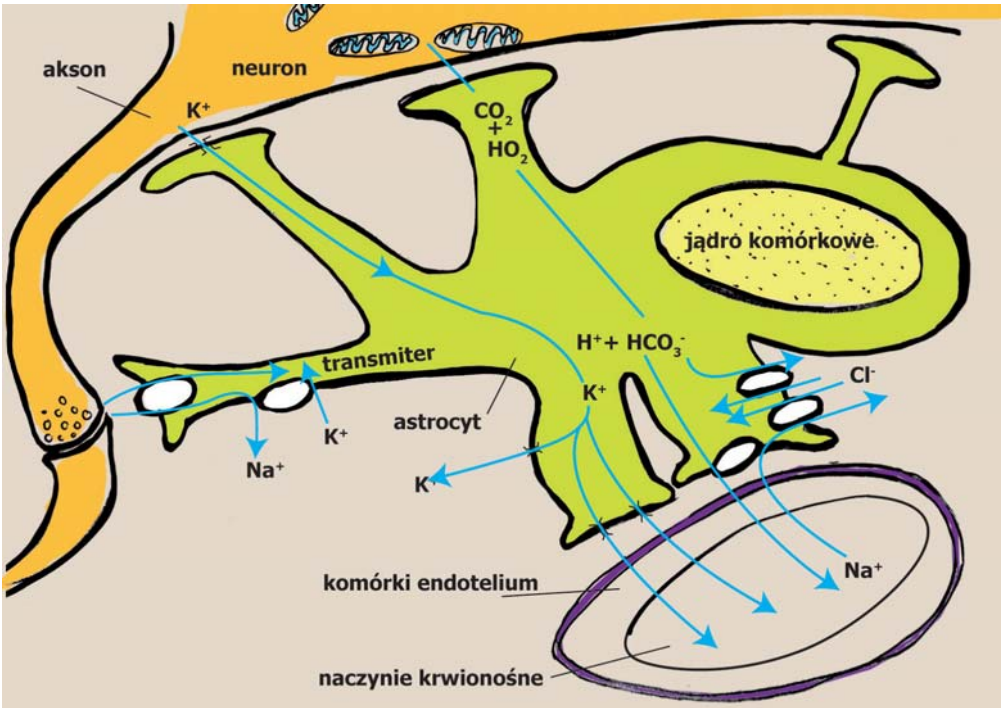
ronów. Stosunek liczebności komórek gleju do liczby neuronów jest zmienny w ciągu całego życia danego organizmu, zależy również od wielkości mózgu i jego struktury (zarówno różnice między gatunkami, jak też między osobnikami danego gatunku). **Makroglej powstaje podczas rozwoju zarodkowego organizmu z ektodermy, natomiast mikroglej ma pochodzenie mezodermalne.**

Komórki makrogleju zwane **astrocytami** posiadają nieregularny kształt i bardzo liczne wypustki mogące otaczać synapsy neuronów. Wypustki astrocytów mogą wykształcać rozszerzenia zwane stopkami ssącymi, przylegające do naczyń włosowatych, jak też do **wewnętrznej opony mózgu – opony miękkiej**, gdzie tworzą tzw. **błonę glejową graniczną wewnętrzną**, pokrywającą powierzchnię mózgu i rdzenia kręgowego. Astrocyty wypełniają bardzo ściśle przestrzenie między neuronami, co sprawia, że mózg w porównaniu z innymi organami ma najściślej zapełnioną przestrzeń międzykomórkową. Komórki astrocytarne można podzielić na dwie kategorie: **astrocyty włókniste**, charakterystyczne dla istoty białej, i **astrocyty protoplazmatyczne**, posiadające większą ilość wypustek niż astrocyty włókniste, występujące w istocie szarej. Na wypustkach astrocytów włóknistych obecne są charakterystyczne tzw. gliofilamenty zbudowane z wimentyny oraz białka GFAP.

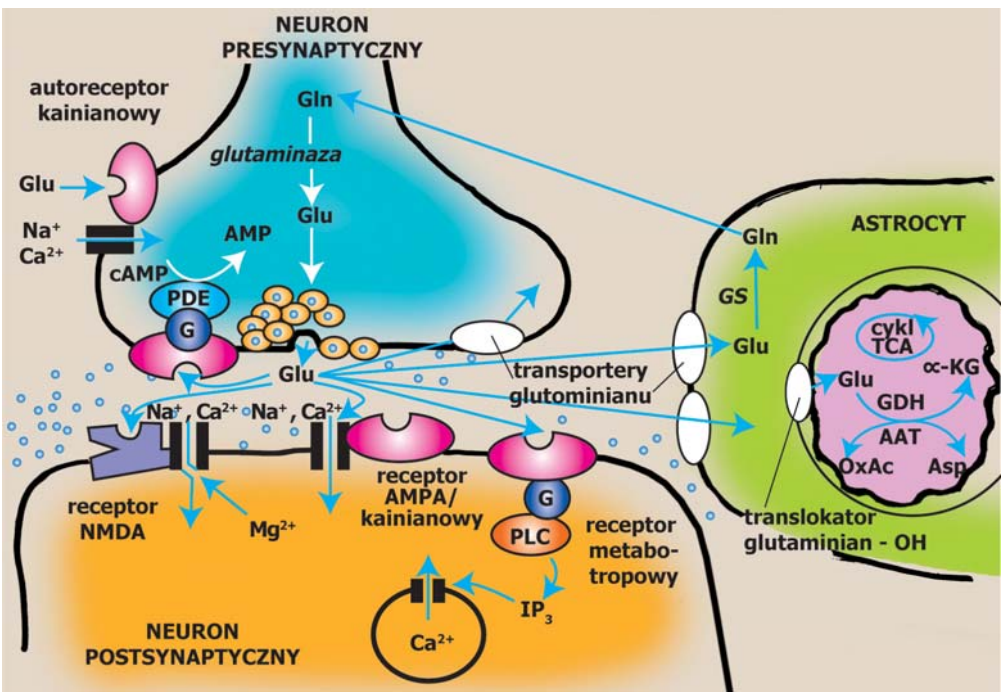
Astrocyty pełnią rolę buforującą dla jonów K^+. Dzięki nim nadmiar jonów potasowych jest przenoszony z obszarów, gdzie ich stężenie jest wysokie, do części mózgu, w których potas znajduje się w nieco mniejszym stężeniu. Zapewniają one równomierny poziom kationów tego pierwiastka w neuronach **(Rys. 2)**. Jest to możliwe dzięki tworzeniu przez astrocyty sieci komórek połączonych złączami szczelinowymi.

Kolejną funkcją astrocytów jest magazynowanie glukozy. Odbywa się to przy udziale transporterów glukozowych, przenoszących ten monosacharyd do wnętrza astrocytów, gdzie jest on magazynowany w postaci glikogenu. Gdy zapotrzebowanie neuronów na glukozę rośnie, może być ona przekazywana z astrocytów do neuronów w większej ilości, niż gdy jest transportowana przez barierę krew-mózg.

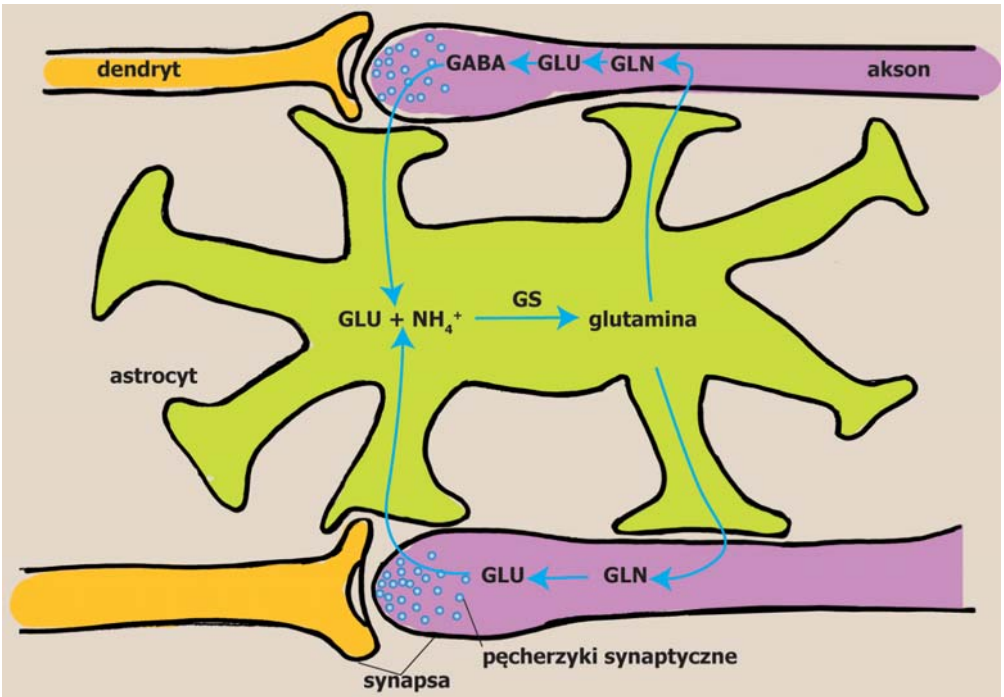
Astrocyty otaczające synapsę chemiczną zapobiegają dyfuzji neuroprzekaźników poza szczelinę synaptyczną. Mogą też pełnić przeciwną funkcję, przenosząc neuroprzekaźnik do swojego wnętrza, gdzie jest on magazynowany **(Rys. 3 i 4)**. Jest to je-



Rys. 2. Udział astrocytu w gospodarce jonami potasu w układzie nerwowym



Rys. 3. Udział astrocytu metabolizmie i przekaźnictwie glutaminianu



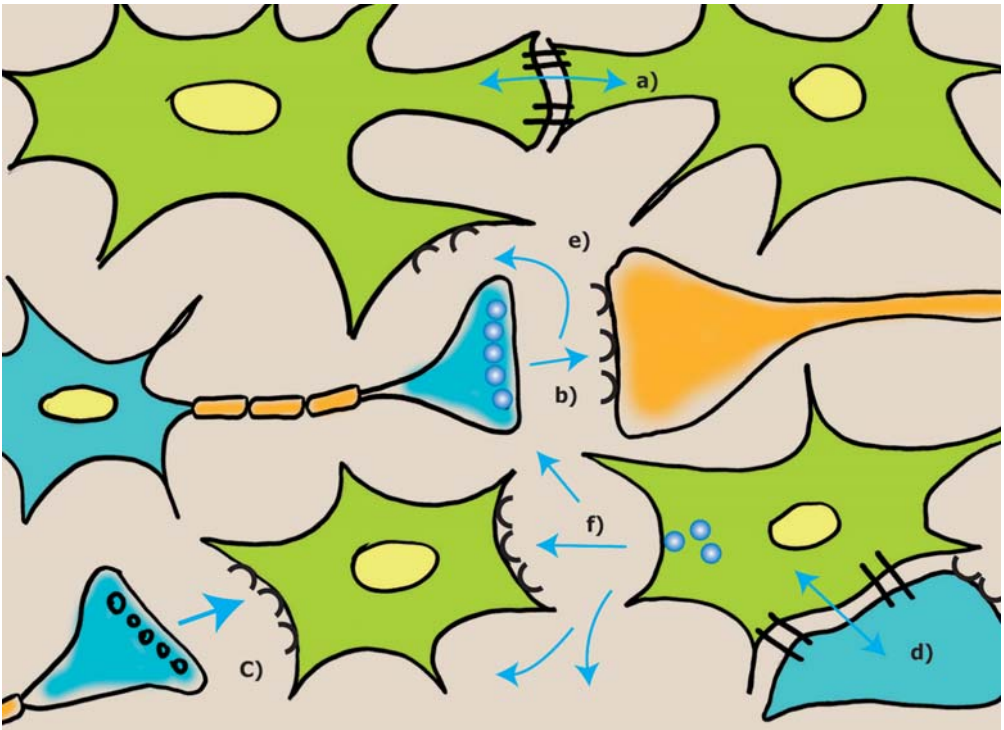
Rys. 4. Współpraca neuronu z komórką astrocytarną na przykładzie przekaźnictwa GABA

den z mechanizmów regulujących siłę pobudzenia neuronów.

Omawiając mechanizmy transmisji synaptycznej, należy pamiętać o synapsach trójczęściowych, które oprócz komórek nerwowych pre- i postsynaptycznych tworzą również astrocyty.

W ostatnich latach szeroko prowadzona jest dyskusja nad **udziałem komórek glejowych w procesach przetwarzania informacji nerwowej (!)**. Neuromediatory uwalniane z neuronów mogą wywoływać propagację fal prądu jonowego Ca^{2+}, rozprzestrzeniającą się w niektórych formach astrocytów. Przetwarzanie informacji przez glej jest oparte na zmianach gospodarki jonami wapnia lub takimi cząsteczkami sygnałowymi, jak ATP, glutaminian i tlenek azotu(II). Szczegóły tych procesów są wciąż niezbyt jasne, jednak udział komórek glejowych w obróbce informacji neuronalnej jest obecnie potwierdzonym faktem. Do niedawna wspomniana aktywność gleju była ignorowana z uwagi na problemy związane z jej rejestracją – nie jest ona tak wyrazista i łatwa do zaobserwowania jak funkcjonowanie neuronów. **Astrocyty mogą komunikować się między sobą dzięki sprzężeniu elektrotonicznemu w złączach szczelinowych typu astrocyt – astrocyt i neuron – astrocyt, a także poprzez synapsy chemiczne neuron – astrocyt. Możliwe są również oddziaływania poprzez transmisję objętościową (dyfuzja w tkance), w której dochodzi do wyrzutu neuroprzekaźnika z komórek astrocytarnych. Komórki glejowe mogą posiadać także receptory neuroprzekaźników na błonie komórkowej, występujące poza typowymi połączeniami synaptycznymi (Rys. 5).** Kolejną ważną funkcją tych komórek jest regulacja własności synapsy nerwowo-mięśniowej i pobudzanie tworzenia synaps.

Stopki ssące astrocytów, kontaktujące się z nabłonkiem naczyń włosowatych, współtworzą ścianę kapilar mózgowych



Rys. 5. Współpraca w przetwarzaniu informacji między neuronami a astrocytami – oddziaływania funkcjonalne: a) sprzężenie elektrotoniczne w złączu szczelinowym astrocyt-astrocyt, b) synapsa chemiczna między neuronami, c) synapsa chemiczna neuron-astrocyt, d) złącze szczelinowe neuron-astrocyt, e) odbiór sygnału chemicznego przez receptory błonowe astrocytu, f) transmisja objętościowa generowana przez astrocyt

uczestniczących w tworzeniu **bariery krew-mózg –** bariery zapobiegającej przenikaniu do mózgu niepożądanych białek i substancji toksycznych. Warto w tym miejscu krótko opisać tę strukturę. Komórki nabłonkowe naczyń włosowatych tworzące barierę krew-mózg są połączone przez **złącza ścisłe**, wykazując niezwykle silny opór elektryczny i uniemożliwiając przenikanie nawet bardzo małych jonów. W komórkach tych nie występuje transport błonowy, nie ma też pęcherzyków pinocytarnych przenoszących płyny przez cytoplazmę komórki. W komórkach nabłonkowych bariery krew-mózg nie zachodzi również endocytoza.. Selektywne własności błony pozwalają utrzymać stabilne i optymalne warunki do funkcjonowania neuronów. Bariera krew-mózg jest nieciągła w siedmiu miejscach znajdujących się w narządach okołokomorowych – m.in. w tylnym płacie przysadki mózgowej, grzbietowej części trzeciej i czwartej komory oraz w splocie naczyniówkowym wyścielającym komory boczne mózgu. Nieciągłość bariery w tylnym płacie przysadki umożliwia wprowadzanie do krwiobiegu hormonów – wazopresyny i oksytocyny.

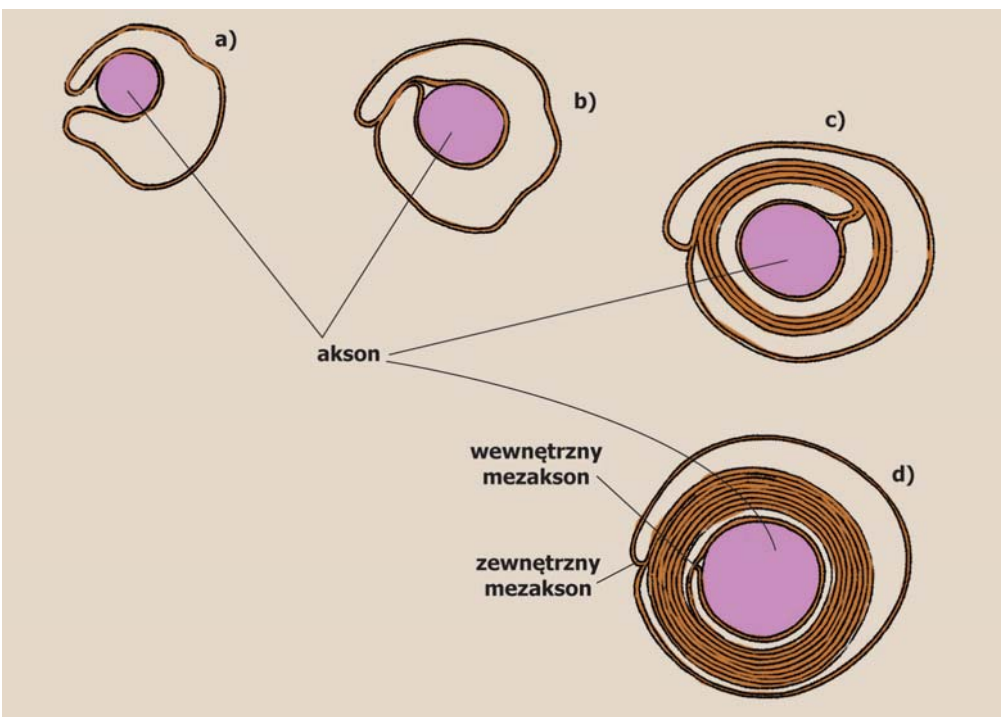
Astrocyty w stadium zarodkowym, podczas rozwoju układu nerwowego, wyznaczają kierunek migracji aksonów. Przemieszczanie się neuronów jest możliwe dzięki wytworzeniu w cewie nerwowej **gleju promienistego** – przejściowej formy komórek glejowych przekształcającej się w późniejszych fazach rozwoju zarodkowego w typowe komórki glejowe. Glej promienisty jest odpowiedzialny za docelowe

kierowanie neuronów w odpowiednie miejsca i wskazuje aksonom komórek nerwowych odpowiedni kierunek ich rozwoju.

Ważnymi komórkami makrogleju są **oligodendrocyty, czyli komórki skąpowypustkowe**, występujące w mózgu. Ich odpowiednikiem w obwodowym układzie nerwowym są tzw. **komórki Schwanna**. Biorą one udział w tworzeniu izolacji aksonów komórek nerwowych – osłonek mielinowych. Oligodendrocyty znajdujące się w OUN mogą, w odróżnieniu od komórek Schwanna, wytwarzać wiele wypustek, tworząc mielinę na kilku (do 15) aksonach znajdujących się blisko siebie. Sprawia to, że wydajność tworzenia osłonek mielinowych przez pojedynczą komórkę jest większa w ośrodkowym układzie nerwowym niż w układzie obwodowym – do pełnej mielinizacji aksonów w mózgu potrzeba mniej oligodendrocytów niż w nerwach obwodowych.

Przyjrzyjmy się teraz procesowi mielinizacji aksonów przez komórki Schwanna. Komórki te układają się wzdłuż aksonu, otaczając go charakterystyczną strukturą zwaną **mezaksonem (Rys. 6).**

Pojedyncza komórka Schwanna, w odróżnieniu od oligodendrocytów, wytwarza tylko jeden odcinek osłonki. Proces ten zostaje zakończony na tym etapie w razie aksonów bezmielinowych. W przypadku neuronów, których aksony posiadają mielinę, mezakson owija się spiralnie wokół aksonu, tworząc zwykle 8–12 zwojów. Mielina składa się więc z nawiniętej, podwójnej błony cytoplazmatycznej. Pomiędzy jej warstwami nie występuje cytoplazma – przylegają ściśle do siebie. Długość osłonki mielinowej jest zwykle proporcjonalna do grubości aksonu – im grubszy akson, tym dłuższa osłonka. Długość jej wynosi 0,15–1,5 mm. Pomiędzy obszarami posiadającymi mielinę występują nieosłonięte miejsca aksonu nazywane **przewężeniami Ranviera** o długości 0,5 μm. Własności izolacyjne osłonek mielinowych



Rys. 6. Proces tworzenia osłonki mielinowej na aksonie

odpowiadają za prawidłowe przewodzenie impulsów nerwowych.

Inną klasą komórek glejowych są drobne komórki tworzące **mikroglej, nazywane niekiedy neurofagami**. Nie są one pod względem cytologicznym elementem tkanki nerwowej. Są natomiast bliższe komórkom układu odpornościowego i wykazują wiele cech charakterystycznych dla makrofagów. Mikroglej potrafi współpracować z neuronami, migrując do miejsc, w których znajdują się uszkodzone komórki nerwowe. Ważną cząsteczką sygnałową związaną z aktywacją mikrogleju jest **fraktalkina**, substancja należąca do grupy **chemokin**. Uwolniona z uszkodzonych neuronów wpływa na migrację komórek mikrogleju i ich proliferację.

Mikroglej jest aktywny w stanach zapalnych, uszkodzeniach tkanki wywołanymi przez urazy głowy (w tym udary niedokrwienne i krwotoczne) i w nowotworach mózgu. Odpowiada on w znacznej mierze (łącznie z astrocytami) za **tworzenie się blizn tkankowych w uszkodzonych strukturach mózgu i rdzenia kręgowego**, które powstają w wyniku namnażania się aktywnych form tych komórek – zjawisko to jest znane pod terminem ***glejoza*** **(ściślej: *astroglejoza* i *mikroglejoza*)**. Po uszkodzeniu mózgu dochodzi do **hiperplazji**, czyli rozplemu komórek mikrogleju i astrocytów. Proliferacja astrocytów zachodzi w istocie białej, w najbliższym sąsiedztwie miejsca uszkodzenia mózgu oraz w warstwie drobinowej kory. Astrocyty znajdujące się w warstwie komórkowej istoty szarej nie proliferują. Należy też zauważyć, że w bliznach glejowych można stwierdzić znaczną zawartość substancji hamujących rozwój wypustek neuronów, czyli neurytów. Związkami tymi są **proteoglikany siarczanu chondroityny**.

Wśród patologii związanych z komórkami glejowymi szczególnie groźne są **glejaki** – nowotwory złośliwe związane z nieprawidłową proliferacją komórek gleju. Istnieje wiele sposobów klasyfikacji różnych postaci tej choroby, w zależności od rodzaju komórek, z których wywodzi się nowotwór, i jego lokalizacji (np. astrocytoma czy oligodendrioglioma). Różnią się one stopniem złośliwości i rokowaniami w leczeniu. Im wyraźniejsze odgraniczenie od pozostałej tkanki posiada nowotwór, tym są większe szanse i możliwości na całkowity powrót do zdrowia dotkniętych nim pacjentów.

Dla przykładu, glejak mózgu został ujawniony w 2002 roku u Marie Fredriksson, znanej szwedzkiej piosenkarki z popularnego popkulturowego zespołu Roxette. Guz został usunięty operacyjnie, następnie Marie była poddana chemioterapii. Z uwagi na rozległość nowotworu artystka utraciła na dłuższy czas zdolność czytania i liczenia. Doznała również przejściowego paraliżu prawej strony ciała. Po operacji i intensywnej chemioterapii piosenkarka wróciła na scenę i do studia nagrań. Jest to dobry, napawający optymizmem, przykład, że możliwe jest wygranie walki nawet z tak ciężką chorobą. Mieszkańcy Warszawy mogli przekonać się o doskonałej formie tej artystki podczas jej występów na żywo imprezie sylwestrowej na placu Konstytucji.

Niestety, mniej szczęścia miał inny sławny muzyk, Chuck Schuldiner, lider legendarnego, kultowego w latach 90. minionego wieku amerykańskiego zespołu Death, grającego ekstremalną odmianę muzyki heavymetalowej. W maju 1999 roku stwierdzono u niego formę glejaka występującą najczęściej u dzieci w wieku 5–10 lat. Był to glejak **mostu (*pontine glioma*)**. W tym przypadku guz ujawnił się nietypowo, bo w 32. roku życia artysty. Pomimo prowadzonej kosztownej i intensywnej terapii Chuck Schuldiner odszedł 13 grudnia 2001 roku.

Inną znaną osobą, która przegrała walkę z tą śmiertelną chorobą, był wybitny amerykański kompozytor i pianista George Gershwin (1898–1937). W jego przypadku nowotwór mózgu próbowano usunąć chirurgicznie, lecz Gershwin zmarł po operacji, nie odzyskując przytomności.

Szczególny typ glejaka, **glejak wielopostaciowy**, jest nazywany czasami przez niektórych onkologów, z wiadomych względów,

„terminatorem". Nie licząc nielicznych, niemożliwych do rzetelnego zweryfikowania, doniesień o „cudownych uzdrowieniach", literatura medyczna nie podaje żadnego przypadku wyleczenia tej choroby.

Glejak wielopostaciowy jest odporny na znane farmakologiczne metody leczenia nowotworów, słabo reaguje na radioterapię. Nacieka on tkankę mózgową w sposób uniemożliwiający jego usunięcie chirurgicznie. W ostatnich latach pojawiła się jednak nadzieja na możliwość skutecznej terapii tej choroby. **Trudności związane z leczeniem tego nowotworu wynikają w znacznej mierze z faktu, że potrafi on aktywować i wykorzystać komórki mikrogleju w sposób powodujący promowanie przez nie rozwoju tkanki nowotworowej.** Obecnie znane jest bardzo obiecujące leczenie, będące na razie na etapie prób przedklinicznych, polegające na wykorzystaniu pewnych związków chemicznych oddziałujących na komórki mikrogleju tak, aby nie wspierały rozwoju tej formy nowotworu. Istnieje więc nadzieja, że w niezbyt odległym czasie będzie możliwe wprowadzenie dość skutecznych metod terapeutycznych w walce z tą śmiertelną chorobą. Warto dodać, że wielkie zasługi dla badań nad tą grupą nowotworów ma Polka, **prof. Bożena Kamińska-Kaczmarek z Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego** w Warszawie.

Innym patologicznym zjawiskiem związanym z tkanką glejową jest **stwardnienie rozsiane (*sclerosis multiplex*)**. Choroba ta ma podłoże autoimmunologiczne i polega na nieprawidłowym rozpoznawaniu przez komórki odpornościowe białek obecnych w osłonkach mielinowych aksonów. Prowadzi to do zaniku tych osłonek zarówno w ośrodkowym, jak też obwodowym układzie nerwowym, co uniemożliwia prawidłową propagację potencjałów czynnościowych. Nieco podobną patologią, jednak o bardziej pomyślnym rokowaniu, jest schorzenie znane jako **zespół Guillaina-Barré'a**. Podobnie jak w stwardnieniu rozsianym dochodzi tu do rozpadu mieliny, ale głównie na aksonach obwodowych neuronów czuciowo-ruchowych, z możliwością ich samoistnej regeneracji.

W roku 2001 badacze z Szanghajskiego Instytutu Fizjologii stwierdzili, że komórki glejowe uczestniczą we wzroście tolerancji na morfinę. Po sesjach eksperymentalnych ze szczurami, którym regularnie podawano ten narkotyk, zaobserwowano wzrost liczby aktywnych komórek astrocytarnych w rdzeniu kręgowym zwierząt. Dochodziło do tego w sposób podobny do obserwowanego przy uszkodzeniu tkanki nerwowej. Farmakologiczne zniszczenie aktywnych komórek astrocytarnych wybitnie osłabiło rozwój tolerancji na morfinę.

Wyjaśnienie tego zjawiska można znaleźć w roli komórek glejowych w utrzymywaniu zrównoważonej, optymalnej aktywności szlaków neuronalnych odpowiedzialnych za odbieranie bólu. Podanie narkotycznego leku przeciwbólowego wywołuje obniżenie wrażliwości tych struktur. Pojawia się wówczas odpowiedź gleju na tę zmianę – komórki glejowe uaktywniają się i wydzielają substancje przywracające neuronom ich dawną wrażliwość, która stopniowo wzrasta. Nagłe zaprzestanie podawania morfiny wywołuje wówczas spontaniczną, silną i gwałtowną odpowiedź uwrażliwionych neuronów blokowanych poprzednio przez ten narkotyk, co może być wyjaśnieniem istotnego aspektu mechanizmu powstawania niezwykle przykrego zespołu abstynencji u osób uzależnionych od opioidów.

Dalsze badania skupiły się na próbach blokowania komunikacji między neuronami a glejem. Wynikiem ich było wykazanie, że blokery komórkowych sygnałów prozapalnych (blokowanie cytokin) związanych z glejem, podawane łącznie z morfiną, umożliwiają przedłużenie działania przeciwbólowego tego leku. Istotne było również to, że efekt terapeutyczny morfiny był osiągany przy stosunkowo niewielkich jej dawkach, bez wyraźnego wzrostu tolerancji. Opisane odkrycia mogą mieć istotne znaczenie w leczeniu silnego, przewlekłego bólu, mogą zmniejszać uzależnienie i wzrost tolerancji na lek u pa-

cjentów przyjmujących tego rodzaju narkotyczne środki przeciwbólowe.

Przedstawione fakty wskazują, że wiele przyszłych pokoleń neurobiologów będzie mogło dokonać kolejnych fascynujących odkryć, badając system nerwowy. Ważne są osiągnięcia z zakresu biologii molekularnej i genetyki, które poszerzają granice ludzkiego poznania, a nadto mogą sprawić, że problemy i cierpienie wielu pacjentów, wynikające z chorób związanych z komórkami glejowymi, nawet jeśli nie znikną całkowicie, to staną się dużo łatwiejsze do pokonania dzięki nowym, racjonalnym metodom leczenia.

Piśmiennictwo

- Narkiewicz O., Moryś J., *Neuroanatomia czynnościowa i kliniczna*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001, 2003.
- Song P., Zhi-Qi Z., *The involvement of glial cell in the development of morphine toleranc*, Neuroscience Research, t. 39, 3, marzec 2001, s. 281–286.
- Volterra A., Meldolesi J., *Astrocytes, from brain glue to communication elements: the revolution continues*, Nature Reviews Neuroscience, 2005, t. 6, 8, s. 626–640.

Nowinka

Fot 1. Pęcherzyki tlenu na macie mikrobialnej

Po raz pierwszy w historii Ziemi zwierzęta o skomplikowanej budowie pojawiły się ok. 550–600 mln lat temu w okresie ediakarskim. Uważa się, że w tym czasie zawartość tlenu w wodach oceanów była zbyt niska, aby zapewnić przeżycie skomplikowanym, cudzożywnym organizmom. Równocześnie niewyjaśnioną zagadką pozostaje obecność w osadach morskich, pochodzących z tego okresu, szczątków zdolnych do aktywnego ruchu zwierząt. Co ciekawe, odnajdywane skamieniałości towarzyszą osadom mikrobialnym, przypuszczalnie powstałym ze zbiorowości mikroorganizmów zbliżonych do współczesnych mat mikrobialnych, zawierających w powierzchniowych warstwach sinice i/lub cyjanobakterie. Maty takie występują w płytkich zbiornikach słonowodnych, np. lagunach, często pokrywając całe ich dno.

Dr Murray Gingras wraz ze współpracownikami, badając współczesne maty mikrobialne (laguna Los Roques, Wenezuela), stwierdzili, że choć w toni zbiornika zawartość tlenu jest na tyle niska, że nie pozwala na przeżycie złożonymi aktywnym heterotrofom, to jednak w ciągu dnia w pobliżu maty może być ona prawie pięciokrotnie wyższa. Co więcej, zaobserwowali, że w górnej warstwie maty pojawiają się przestrzenie zawierające praktycznie czysty tlen(!). Czy w ediakarianie tego typu maty były oazami tlenowymi, w których mogły rozwijać się złożone heterotrofy? Przypuszczalnie tak, choć nie bardzo wiadomo, co zwierzęta robiły w nocy, gdy fotoautotrofy przestawały wytwarzać tlen. Być może w ciągu dnia maty wytwarzały tlen w ilości zapewniającej zwierzętom przetrwanie przez noc lub te ostatnie zapadały w sen, drastycznie redukując konsumpcję tlenu. Współcześnie czynią tak larwy owadów bytujące w mikrobialnych matach lagun.

Hipoteza, że wczesna ewolucja zwierząt mogła być związana z wytwarzającymi tlen matami mikrobialnymi jest bardzo interesująca. Problem w tym, że jak do tej pory nie dysponujemy danymi **jednoznacznie** dowodzącymi, że składnikiem ediakariańskich mat były organizmy fotoautotroficzne.

Na podstawie: Gingras M., Hagadorn J. W., Seilacher A., Lalonde S.V., Pecoits E., Petrash D., Konhauser K.O., *Possible evolution of mobile animals in association with microbial mats*, „Nature Geoscience" 2011, t. 4, s. 372–375.

Klett

www.klett.pl

Przyroda z klasą

podręcznik o jakim marzyłeś!

- napisany specjalnie z myślą o **nowej podstawie programowej**,
- **pozytywnie oceniony** przez 869 polskich nauczycieli w ramach akcji Superpodręczniki.pl,
- stworzony przez **nauczycieli praktyków**,
- z **doskonałą obudową** dydaktyczną i **szerokim pakietem** materiałów dla nauczyciela.

Zapraszamy

przyjdź na konferencję! dowiedz się więcej!

Szczegółowy harmonogram konferencji w dołączonym do czasopisma zaproszeniu lub na stronie www.klett.pl

50 konferencji w całej Polsce
sprawdź kiedy będziemy w Twoim mieście!

Zgłoś się już dziś! Ilość miejsc ograniczona!

Wypełnij formularz na stronie www.klett.pl
Wyślij e-mail na adres: potwierdzenia@lektorklett.com.pl
(podaj przedmiot, którego uczysz i wybrane przez Ciebie miasto spotkania)

Zadzwoń na numer: 61 84 96 223

Metody fizyczne w służbie biologii – laser

KARINA KUBIAK-OSSOWSKA, DAWID BASAK

Wstęp

Słowo LASER jest akronimem pochodzącym od ang. ***L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation*, co oznacza wzmocnienie światła przez wymuszoną emisję promieniowania. Praktyczne zastosowanie laserów w medycynie miało miejsce niedługo po skonstruowaniu pierwszego, w 1960 r. Później pojawiły się kolejne, a wraz z nimi nowe ich zastosowania. Obecnie lasery są stosowane w biologii i naukach przyrodniczych jako narzędzia badawcze, np. jako źródło światła w eksperymentach nad absorpcją i emisją układów biologicznych, w medycynie do przeprowadzania operacji oraz w celach kosmetycznych, w przemyśle do cięcia, spawania, wycinania małych i precyzyjnych obiektów, w wojskowości jako celowniki i dalmierze, w telekomunikacji do przesyłania, odczytu i zapisu danych, w geodezji i budownictwie do precyzyjnych pomiarów, w sztuce do tworzenia spektakularnych efektów wizualnych, a nawet w sklepach jako czytniki kodów paskowych. W związku z powszechnością laserów spróbujemy przybliżyć zasadę ich działania i opisać główne zastosowania w biologii i medycynie.

Fale elektromagnetyczne

Laser jest urządzeniem emitującym światło, a mówiąc precyzyjniej, promieniowanie elektromagnetyczne. Zakres tego promieniowania obejmuje światło widzialne, ultrafiolet i podczerwień, a więc stosunkowo niewielką część widma promieniowania elektromagnetycznego (Rys. 1).

Jak sugeruje Rys. 1, promieniowanie elektromagnetyczne jest falą; fala to rozchodzenie się zaburzeń własności ośrodka bez przemieszczania się materii. Inaczej mówiąc, jest to przemieszczanie się zaburzenia. Prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej zależy od ośrodka; największa jest w próżni i wynosi $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Prędkość światła w powietrzu jest w przybliżeniu równa prędkości w próżni, zaś w innych ośrodkach bywa ona znacznie mniejsza. Fale elektromagnetyczne najwolniej rozchodzą się w ciałach stałych, trochę szybciej w cieczach, jeszcze szybciej w gazach i najszybciej w próżni. Dodajmy, że uważa się, że prędkość światła w próżni jest największą prędkością możliwą do osiągnięcia. Określeń *światło* i *fala elektromagnetyczna* używa się często zamiennie, ale trzeba pamiętać, że określenie *fala elektromagnetyczna* jest określeniem bardziej ogólnym; światło widzialne jest tylko niewielką częścią widma fali elektromagnetycznej.

Wszystkie fale, zarówno te elektromagnetyczne, jak i mechaniczne (np. dźwięk, fale na sznurze, fale na wodzie), charakteryzuje się za pomocą tych samych wielkości fizycznych:

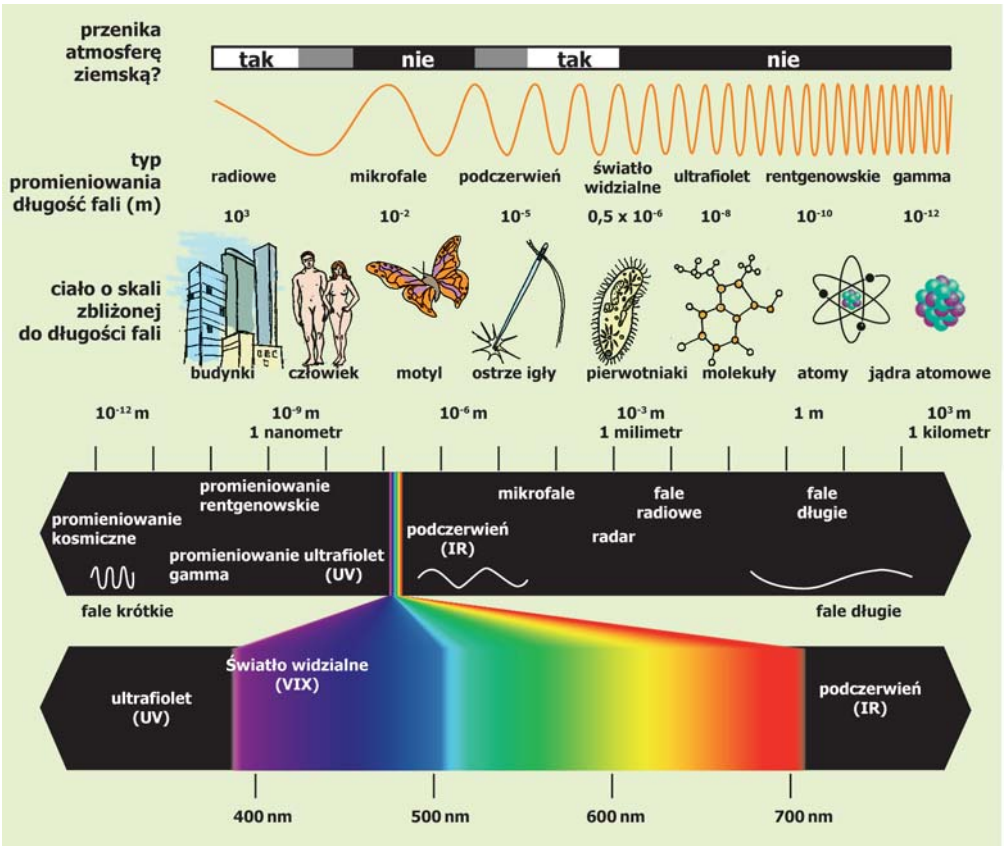
- długości fali λ, czyli iloczynu prędkości fali v i czasu T (okres), w którym przemieszcza się jedno pełne zaburzenie:

$$\lambda = vT, \tag{1}$$

- prędkości rozchodzenia się fali v,
- częstotliwości fali f, czyli odwrotności okresu. Inaczej mówiąc, częstotliwość fali jest liczbą cykli zjawiska okresowego, występującej w jednostce czasu:

$$f = \frac{1}{T}, \tag{2}$$

- okresu drgań T, czyli czasu, po którym sytuacja zaczyna się powtarzać,



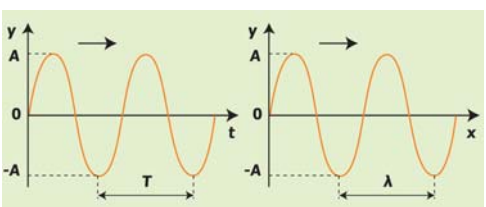
Rys. 1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego

- amplitudy drgań A (oznaczanej również jako y_0), czyli największego wychylenia z położenia równowagi oraz
- natężenia fali I, czyli ilości energii przeniesionej przez falę w jednostce czasu przez jednostkową powierzchnię przekroju poprzecznego w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali:

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta t \, \Delta S}. \qquad (3)$$

Główne wielkości charakteryzujące falę przedstawia Rys. 2.

Zależność pomiędzy wychyleniem fali y a współrzędną położenia x i czasem t opisuje równanie fali; znak „–” w wyrażeniu $(\omega t^{+}/_{-} kx)$ dotyczy fali biegnącej w prawo, natomiast „+” fali biegnącej w lewo:



Rys. 2. Podstawowe parametry opisujące falę sinusoidalną, niegasnącą. Założono, że fala przemieszcza się w prawo, tak jak pokazuje strzałka

$$y(x, t) = y_0 \cos(\omega t^{+}/_{-} kx + \varphi), \qquad (4)$$

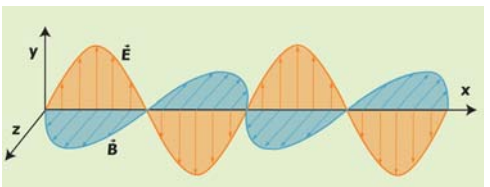
gdzie:

y – wychylenie w danej chwili czasu i w danym punkcie przestrzeni,

y_0 – maksymalne wychylenie z położenia równowagi, inaczej amplituda fali,

k – liczba falowa, czyli liczba fal, która przypada na odcinek o jednostkowej długości,
x – współrzędna w kierunku, w którym rozchodzi się fala,
ω – częstość kołowa, $\omega = 2\pi f$ (f to częstotliwość, czyli odwrotność okresu, $T = 1/f$),
t – czas,
φ – faza początkowa fali.

Fala sinusoidalna przedstawiona na Rys. 2 powstaje wówczas, gdy ośrodek jest pobudzany cyklicznie do drgań. Fala elektromagnetyczna jest falą poprzeczną, czyli taką, której kierunek przemieszczania się jest prostopadły do wychylenia (Rys. 3).



Rys. 3. Fala elektromagnetyczna jest falą poprzeczną, w której drgają wektor elektryczny fali **E** (wektor natężenia pola elektrycznego) i wektor magnetyczny **B** (wektor indukcji magnetycznej), w kierunkach prostopadłych do siebie i jednocześnie w kierunku prostopadłym do wektora falowego **k** opisującego kierunek rozchodzenia się tej fali

W fali elektromagnetycznej drgają nie cząstki ośrodka, tak jak w przypadku fali mechanicznej, ale wektory pola elektromagnetycznego. Fala elektromagnetyczna jest więc przemieszczającym się zaburzeniem pola.

Promieniowanie emitowane przez laser

Wszystkie lasery emitują fale w zakresie promieniowania optycznego, czyli światła widzialnego, oraz ultrafioletu i podczerwieni (Rys. 1). Jak już wspomniano, fale elektromagnetyczne mają energię E. Energia zaś jest ściśle powiązana z częstotliwością fali f i co za tym idzie – długością fali λ:

$$E = hf, \tag{5}$$

ponieważ $f = c/\lambda$, to

$$f = \frac{hc}{\lambda}. \tag{6}$$

Dodajmy, że h jest stałą Plancka równą $6{,}64 \cdot 10^{-34}$ Js. Energię podaje się w dżulach (J), czas w sekundach (s), częstotliwość w hercach (1 Hz = 1/s), a długość fali w metrach (m). W przypadku laserów ważna jest również moc promieniowania, czyli ilość emitowanej energii promieniowania w jednostce czasu:

$$P = \frac{E}{t}, \tag{7}$$

Jednostką mocy jest wat (W). Dodatkowo używa się takich wielkości, jak gęstość energii promieniowania (H) lub gęstość mocy promieniowania (I). Gęstość energii to ilość energii przypadająca na jednostkę powierzchni S, a gęstość mocy to ilość mocy przypadająca na jednostkową powierzchnię S (wyrażoną w m^2). Tak więc:

$$H = \frac{E}{S}, \tag{8}$$

oraz

$$I = \frac{P}{S}. \tag{9}$$

Jednostkami gęstości energii i gęstości mocy są odpowiednio J/m^2 i W/m^2. Zauważmy, że definicje natężenia fali (3) oraz gęstości energii (9) są równoważne.

Stany energetyczne atomów i cząsteczek

Skonstruowanie lasera było możliwe dzięki znajomości i wykorzystaniu stanów energetycznych atomów, a czasem również cząsteczek. Stany te, jak również oddziaływanie atomów i cząsteczek z padającym promieniowaniem, szczegółowo opisuje diagram Jabłońskiego. Będzie on omówiony w artykule poświęconym spektroskopii fluorescencyjnej, który ukaże się w kolejnym numerze Biologii w Szkole. Tutaj podajemy uproszczony opis możliwych stanów energetycznych i procesów zachodzących w atomach i cząsteczkach, konieczny do zrozumienia zasady działania lasera.

Energię atomów i cząsteczek można podzielić na związaną z: energią ich elektronów, energią oscylacji ich atomów oraz z ich rotacjami jako całości. Największy

wkład do całkowitej energii wnosi energia związana z elektronami, mniejszy – związana z oscylacjami, a najmniejszy – rotacyjna. Układy fizyczne z natury dążą do minimalizacji energii. Człowiek również woli siedzieć na kanapie i oglądać telewizję niż robić to na stojąco. Najlepiej telewizję ogląda się, leżąc na kanapie – w takiej pozycji energia potencjalna jest najmniejsza, w pozycji siedzącej trochę większa, a największa, gdy stoimy. We wszystkich tych przypadkach energia kinetyczna była zerowa, gdyż się nie poruszaliśmy. Ponieważ dążymy do minimalizacji energii, rzadko kiedy oglądamy telewizję, chodząc po pokoju – bezwiednie przyjmujemy pozycje minimalizujące energię. Podobnie „działają" atomy i cząsteczki. Z tego też powodu w normalnych warunkach większość z nich będzie się znajdowała w najniższym z możliwych stanów energetycznych. Większość, ale nie wszystkie, gdyż zawsze znajdą się odszczepieńcy. Mówiąc precyzyjniej, prawdopodobieństwo, ile atomów (w danej temperaturze) znajdzie się w danym stanie energetycznym, opisuje rozkład podany przez Boltzmana. Jego znajomość nie jest konieczna do zrozumienia zasady działania lasera. Pominiemy również energię związaną z oscylacjami i rotacjami, zajmiemy się tylko energią elektronową.

W stanie podstawowym, czyli najniższym możliwym stanie energetycznym, atom (cząsteczka) ma pewną określoną energię, nazwijmy ją E_0. Energia w każdym innym stanie jest wyższa niż E_0 i również ściśle określona. Wyższe stany energetyczne mają energie: E_1, E_2 itd. Atom (cząsteczka) może znajdować się w jednym z dozwolonych stanów energetycznych: E_0, E_1, E_2, E_3 itd., przy czym im stan jest wyższy, tym jest mniej prawdopodobny (mniej preferowany). Atom (ani cząsteczka) nie może znajdować się pomiędzy stanami; człowiek może przyjąć pozycję półleżącą znajdującą się energetycznie gdzieś pomiędzy leżeniem a siedzeniem, atom tego zrobić nie może. Posługując się tym porównaniem, możemy powiedzieć, że atom będzie albo siedzieć, albo leżeć. Co więcej, atom nie może sam z siebie zmienić swojego stanu energetycznego na wyższy, do tego potrzebny jest impuls z zewnątrz. Impulsem jest kwant promieniowania elektromagnetycznego (foton) o energii dokładnie równej różnicy poziomów energetycznych. Oznacza to, że jeśli chcemy przeprowadzić atom (cząsteczkę) ze stanu o energii E_0 do stanu o energii E_1, energia padającego światła musi być dokładnie równa różnicy $E_1 - E_0$. Jeśli stanem docelowym ma być stan o energii E_2, potrzeba promieniowania o energii równej $E_2 - E_0$. Ponieważ dopasowane energetycznie promieniowanie padające na atom (cząsteczkę) znika, mówimy o jego absorpcji (pochłanianiu). Dodajmy jeszcze, że zarówno liczba dostępnych stanów, jak i ich dokładne energie są unikalne i charakterystyczne dla danej cząsteczki; promieniowanie pochłaniane przez jeden typ atomu nie musi oddziaływać i zazwyczaj nie oddziałuje z innym. Tak samo jest w przypadku cząsteczek.

Emisja spontaniczna i wymuszona

Na skutek absorpcji promieniowania atom (cząsteczka) przechodzi do stanu wzbudzonego. Co dalej? Jak już wspomnieliśmy, atomy nie lubią przebywać w stanach wysokoenergetycznych; atom (cząsteczka) będzie dążył do powrotu do stanu podstawowego. Aby to się stało, atom musi pozbyć się nadmiaru energii i wypromieniować pochłonięty wcześniej foton, co stanie się po jakimś czasie t_1 (czas życia w stanie wzbudzonym). Proces ten nazywamy emisją spontaniczną, gdyż zachodzi samorzutnie, spontanicznie. Wyobraźmy sobie, że nasz ośrodek zawiera wiele takich samych atomów (cząsteczek) oraz że naświetlamy go wiązką fotonów o różnicy energii $\Delta E = E_1 - E_0$. Wiele z fotonów zostanie zaabsorbowanych, co oznacza, że wiele atomów (cząsteczek) przejdzie do stanu wzbudzonego E_1 i potem, na drodze emisji spontanicznej, powróci do stanu podstawowego. Jaka będzie ta emisja? Chaotyczna. A to dlatego, że każdy

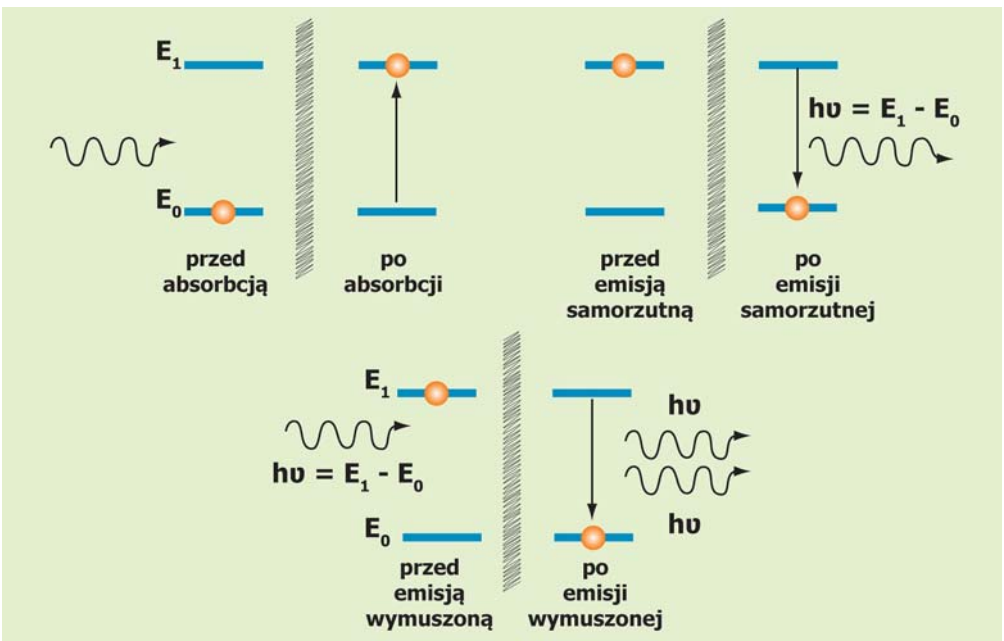
atom (cząsteczka) wyemituje foton w przypadkowej chwili, przypadkowym kierunku i o przypadkowej fazie. Każdy foton będzie inny, chociaż ich energia będzie taka sama. Na takiej zasadzie działają klasyczne źródła promieniowania.

Zapamiętajmy, że promieniowanie emitowane przez ośrodek na skutek emisji spontanicznej jest chaotyczne, nieuporządkowane, nie ma żadnej synchronizacji między emitowanymi fotonami.

W 1916 roku Albert Einstein zauważył (i podał odpowiednie wzory, które pominiemy), że materia może oddziaływać ze światłem na trzy różne sposoby. Dwa z nich już znamy, to absorpcja i emisja spontaniczna. Trzecim jest emisja wymuszona. Na czym ona polega? Otóż jeśli do atomu lub cząsteczki znajdującej się w stanie wzbudzonym E_1 dotrze foton o energii równej różnicy energii pomiędzy poziomem podstawowym a wzbudzonym ($\Delta E = E_1 - E_0$), to wymusi on przejście do stanu podstawowego z jednoczesną emisją fotonu identycznego z fotonem wymuszającym całe zajście (Rys. 4). Dzięki emisji wymuszonej otrzymujemy więc dwa identyczne fotony; będą one miały (co oczywiste) taką samą energię, jak również polaryzację, fazę i kierunek propagacji. Zjawisko emisji wymuszonej jest podstawą działania każdego lasera.

Inwersja obsadzeń i pompowanie optyczne

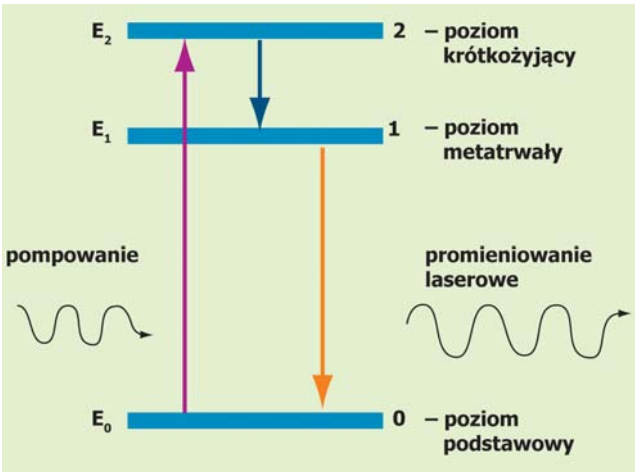
Jak już wspomnieliśmy, atomy (cząsteczki) dążą do tego, aby przebywać w stanie podstawowym. Prawdopodobieństwo, z jakim dany atom przebywa w danym stanie, jest opisane przez rozkład Boltzmana, zgodnie z którym atom z największym prawdopodobieństwem przebywa w stanie podstawowym o energii E_0, a to, że jest w stanie o energii E_1, jest już znacznie mniej prawdopodobne. Żeby doszło do emisji wymuszonej, należy zrobić coś, co spowoduje, że większość atomów (cząsteczek) znajdzie się w stanie wzbudzonym. Należy dokonać inwersji (odwrócenia)



Rys. 4. Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią. Przedstawiono kolejno: absorpcję promieniowania, emisję spontaniczną i emisję wymuszoną. Poziome kreski oznaczają dostępne poziomy energetyczne, czerwone kropki wskazują, na którym z nich badany atom się aktualnie znajduje

obsadzeń. Można więc powiedzieć, że warunkiem otrzymania akcji laserowej jest otrzymanie ośrodka z inwersją obsadzeń.

Inwersję obsadzeń można uzyskać dzięki pompowaniu optycznemu. Wyobraźmy sobie, że znaleźliśmy ośrodek, który ma jeden ze stanów wzbudzonych trwalszy niż inne. Oznacza to, że atomy w tym stanie będą przebywały dłużej niż w innych stanach wzbudzonych. Stan taki, ze względu na swoją pozorną trwałość, nazywa się stanem metatrwałym. Dodajmy, że stanami metatrwałymi są zazwyczaj stany trypletowe. Więcej szczegółów na ten temat będzie można znaleźć w kolejnym numerze „Biologii w Szkole" w artykule poświęconym spektroskopii fluorescencyjnej. Ale wróćmy do stanu metatrwałego i pompowania optycznego. Stan metatrwały o energii E_1 znajduje się pomiędzy stanem podstawowym o energii E_0 a innym stanem wzbudzonym o energii E_2. Stan E_2 jest stanem „normalnym", a więc czas przebywania w nim elektronu (czyli czas życia) jest bardzo krótki.

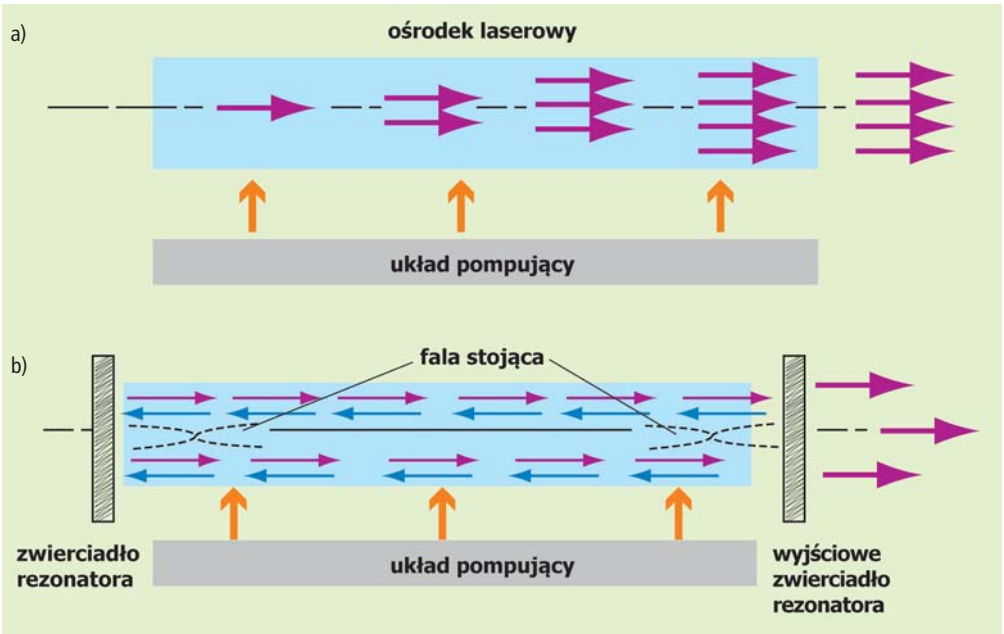


Rys. 5. Pompowanie optyczne i rozkład poziomów: podstawowego, wzbudzonego (krótkożyciowego) i metatrwałego (długożyciowego)

Gdyby nie istniał stan metatrwały, atomy po wzbudzeniu optycznym do stanu E_2 (absorpcja światła) niemal natychmiast, na drodze emisji spontanicznej, przechodziłyby z powrotem do stanu podstawowego. Jeśli stan metatrwały o energii E_1 będzie leżał blisko stanu E_2, to niektóre atomy mogą przez pomyłkę przejść ze stanu E_2 do stanu E_1 i pozostać w nim na dłużej. Wykorzystując fakt, że czas przebywania w E_1 jest bardzo długi, możemy w sposób ciągły wzbudzać układ światłem o różnicy energii $\Delta E = E_2 - E_0$. Atomy będą przechodziły do stanu E_2 i za każdym razem kilka z nich przez pomyłkę przejdzie do stanu E_1, a reszta z powrotem do stanu E_0.

Przy każdym kolejnym wzbudzeniu ilość atomów w stanie podstawowym będzie niższa, aż w końcu niemal wszystkie atomy znajdą się na wzbudzonym, metatrwałym poziomie E_1. Ten proces przedstawiony na Rys. 5 nazywamy pompowaniem optycznym – za pomocą światła przepompowujemy atomy do stanu wzbudzonego (E_1) i dzięki temu otrzymujemy inwersję obsadzeń niezbędną do uzyskania akcji laserowej. Inaczej mówiąc, w pompowaniu optycznym wzbudzamy atomy do stanu E_2, po czym kilka z nich przechodzi przypadkowo do stanu metatrwałego o energii E_1, a pozostałe na drodze emisji spontanicznej wracają do poziomu podstawowego E_0. Proces ten powtarzamy wielokrotnie, przy każdym powtórzeniu trochę atomów nam „ubywa" na skutek przejścia do E_1, dysponujemy więc coraz mniejszą ilością atomów, które można przeprowadzić do stanu E_2 i które mogą wrócić do E_0. Atomy te gromadzą się w stanie E_1. Z tego stanu może zaś zajść emisja wymuszona.

Jeśli na układ z inwersją obsadzeń padnie foton o energii dopasowanej do różnicy pomiędzy energią stanu podstawowego a metatrwałego ($\Delta E = E_2 - E_1$), to dojdzie do emisji wymuszonej. Aby otrzymać laser,



Rys. 6. Zasada działania rezonatora optycznego

pozostaje tylko doprowadzić do wzmocnienia fotonów pochodzących z emisji wymuszonej. Trzeba więc zwiększyć ich ilość i jednocześnie zmniejszyć ilość fotonów pochodzących z emisji spontanicznej (zawsze możliwe i bardzo prawdopodobne są przejścia z poziomu wzbudzonego E_2 do podstawowego E_0). Do tego służy rezonator optyczny.

Rezonator optyczny

Wiemy już, jak uzyskać ośrodek z inwersją obsadzeń, w którym możliwa jest emisja wymuszona. W ośrodku takim niepożądane jest promieniowanie pochodzące z emisji spontanicznej, gdyż jest ono niejako efektem ubocznym pompowania optycznego. Aby otrzymać promieniowanie laserowe, należy usunąć fotony emisji spontanicznej, wywołać emisję wymuszoną i ją wzmocnić. Można to osiągnąć dzięki rezonatorowi optycznemu albo inaczej – optycznej komorze rezonansowej.

W dużym uproszczeniu rezonator optyczny to cylinder wypełniony ośrodkiem czynnym (czyli tym, w którym wywołaliśmy inwersję obsadzeń), w którego podstawach umieszczono dwa zwierciadła: jedno zupełnie nieprzepuszczalne, a drugie półprzepuszczalne. Z kolei bok cylindra jest przepuszczalny dla promieniowania. W związku z tym wszystkie fotony (fale elektromagnetyczne), których kierunki rozchodzenia się nie pokrywają się z osią cylindra, mogą go bez przeszkód opuścić. Dotyczy to fotonów pochodzących z emisji zarówno spontanicznej, jak i wymuszonej. Ponieważ poziomy E_2 i E_1 leżą blisko siebie, fotony pochodzące z emisji spontanicznej spowodują pojawienie się fotonów emisji wymuszonej. Niemniej jednak na wzmocnienie mają szansę tylko te fotony, które poruszają się w kierunku dokładnie pokrywającym się z osią cylindra.

Scenariusz zdarzeń jest następujący (Rys. 6): najpierw dokonujemy inwersji obsadzeń w ośrodku czynnym poprzez pompowanie optyczne, co powoduje pojawienie się w ośrodku fotonów emisji spontanicznej poruszających się w dowolnych kierunkach.

Fotony emisji spontanicznej wywołują pojawienie się fotonów emisji wymuszonej, które również poruszają się w dowolnych kierunkach, tyle że parami, bo przypomnijmy, że fotony wymuszający i wymuszony są identyczne. Wszystkie te, które poruszają się w przypadkowych kierunkach, mogą opuścić rezonator przez jego przepuszczalną ściankę boczną. Prędzej czy później pojawi się foton emisji spontanicznej poruszający się w kierunku dokładnie pokrywającym się z osią rezonatora. Wymusi on pojawienie się emisji wymuszonej, czyli mamy już dwa fotony poruszające się w kierunku zgodnym z osią rezonatora. Po drodze do zwierciadła fotony te wywołają znowu emisję wymuszoną i za każdym razem ich ilość się podwoi.

Zauważmy, że rezonator optyczny jest długi i cienki, dzięki czemu prawdopodobieństwo „namnażania się" fotonów poruszających się w kierunku zgodnym z jego osią jest znacznie większe niż w przypadku innych kierunków. Kiedy w końcu wiązka fotonów dotrze do końca rezonatora, nie może go opuścić, gdyż w podstawie znajduje się idealnie odbijające zwierciadło. Wiązka fotonów ulega odbiciu, po czym ponownie musi przebyć drogę przez ośrodek czynny w kierunku drugiego zwierciadła. Po drodze wiązka dalej się „namnaża" i ulega niecałkowitemu odbiciu od drugiego zwierciadła (zwierciadło półprzepuszczalne). Od tej chwili sytuacja się powtarza, powstała wiązka fotonów, czyli fala elektromagnetyczna, krąży pomiędzy zwierciadłami; w rezonatorze powstaje fala stojąca. Zwierciadło półprzepuszczalne przepuszcza tylko kilka procent padającego promieniowania, zaś większość odbija. Nie ma to większego wpływu na rozwój sytuacji w rezonatorze, ale ma to ogromne znaczenie dla pracy lasera. To właśnie te kilka procent przepuszczonego promieniowania tworzy wydostającą się na zewnątrz wiązkę laserową.

Pierwszym laserem skonstruowanym w 1960 roku był laser rubinowy. Rolę rezonatora optycznego pełnił pręt rubinowy o dobrze wypolerowanych powierzchniach czołowych, pokrytych dodatkowo warstwą srebra. Pełniły one funkcję zwierciadeł; zwierciadło półprzepuszczalne przepuszczało 8% promieniowania na zewnątrz. Rubinowy pręt (czyli monokryształ tlenku glinu z domieszką atomów chromu) otoczony był kilkoma zwojami spiralnej lampy błyskowej, której światło służyło do pompowania optycznego. Konieczne również było intensywne chłodzenie, gdyż wewnątrz pręta wydziela się duża ilość energii. Generowana przez laser rubinowy wiązka ma barwę czerwoną ($\lambda = 694{,}3$ nm).

Promieniowanie laserowe

U podstaw wszystkich zastosowań laserów leży charakter emitowanego przez nie promieniowania. Promieniowanie laserowe bardzo różni się od promieniowania emitowanego przez inne, tradycyjne źródła światła, gdyż jest monochromatyczne, spójne i nierozbieżne. Te trzy cechy leżą u podstaw zastosowań laserów.

Tak naprawdę żadne źródło światła nie jest monochromatyczne, czyli nie emituje tylko jednej, jedynej długości fali, ale emituje fale mieszczące się w pewnym zakresie długości fal. W przypadku lasera zakres ten jest naprawdę bardzo mały, czasem nawet rzędu 10^{-7} nm. Taki zakres w przypadku lasera rubinowego oznaczałby, że emituje on promieniowanie w zakresie długości fali 694,3000001–695,2999999 nm. Dlatego można mówić, że promieniowanie laserowe jest monochromatyczne. Przypomnijmy jeszcze, że 1 nm to 10^{-9} m.

Promieniowanie laserowe jest nierozbieżne, co oznacza, że wiązka światła emitowanego przez laser jest bardzo wąska i co więcej – nie rozbiega się wraz ze wzrostem odległości od lasera. Oznacza to, że średnica wiązki bardzo powoli rośnie wraz z oddalaniem się od lasera. Dzięki tej właściwości można wiązkę laserową przesyłać na duże odległości. Można również ją bardzo mocno skupić i uzyskać bardzo wąską wiązkę o bardzo dużej gęstości energii (lub mocy). Pamiętajmy, że wiązka światła zawsze niesie pewną energię zależną od dłu-

gości jej fali, im wiązka jest szersza, tym gęstość energii jest mniejsza, czyli mniej energii przypada na jednostkę powierzchni i odwrotnie. W przypadku wiązki laserowej można uzyskać wysokoenergetyczne wiązki o gęstości mocy rzędu 10^8–10^{12} W/cm^2. Takie wiązki używane są do odparowywania i cięcia materiałów.

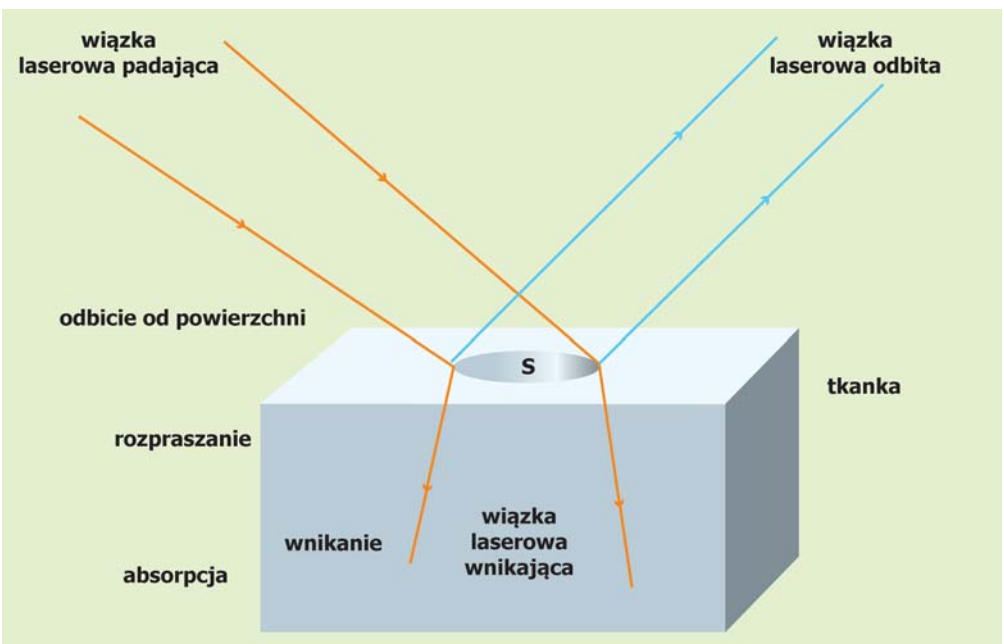
Promieniowanie laserowe jest koherentne, czyli spójne. Dotyczy to zarówno czasu, jak i przestrzeni. Jeśli wybierzemy jakiś punkt w wiązce laserowej, to promieniowanie w tym punkcie będzie zawsze takie samo, nie zmieni się w czasie. Po kilku godzinach będzie dokładnie takie samo jak na początku. Spójność przestrzenna oznacza, że jeśli wybierzemy jakiś dowolny przekrój poprzeczny wiązki, to promieniowanie w całym tym przekroju będzie takie samo.

Oddziaływanie promieniowania laserowego z tkanką

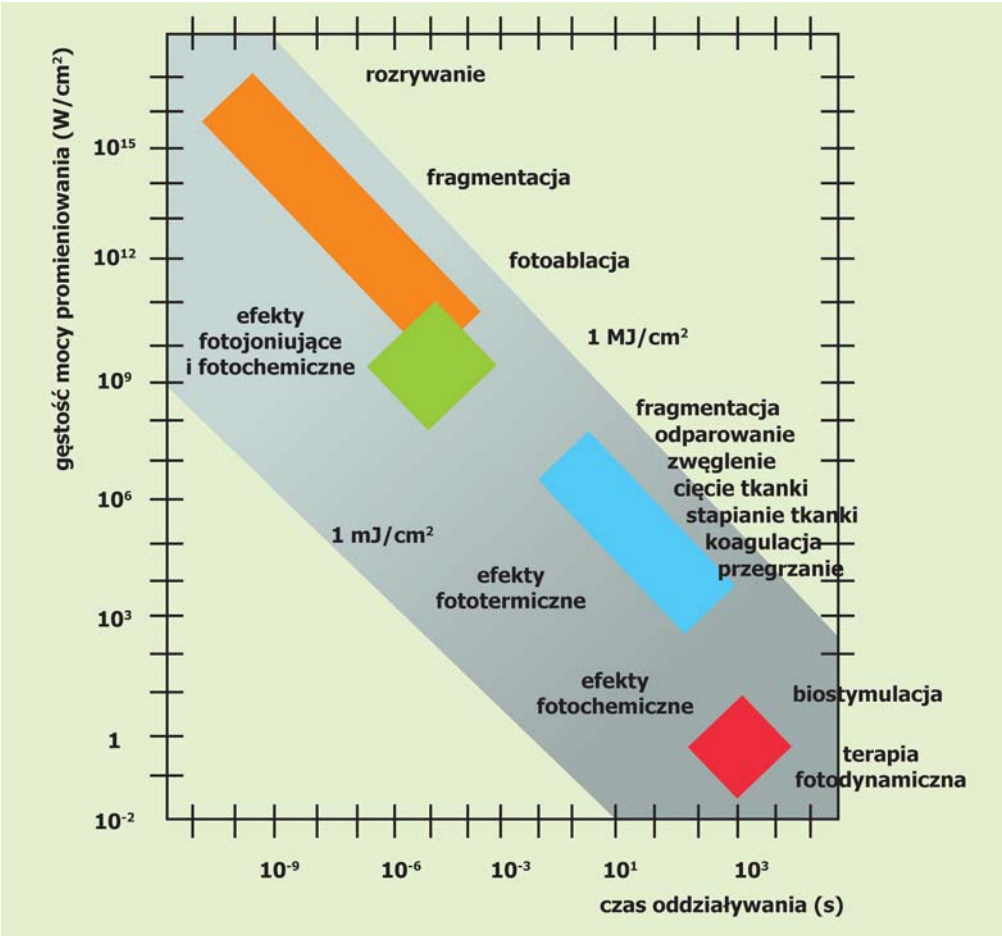
Sukces laserów w medycynie został osiągnięty dzięki wiedzy na temat oddziaływania emitowanego przez nie promieniowania na tkanki. Promieniowanie laserowe padające na tkankę, tak jak światło emitowane przez zwykłą lampę, jest przez nią częściowo odbijane, a częściowo wnika w jej głąb, gdzie jest rozpraszane i absorbowane (Rys. 7).

Rozpraszanie i absorpcja promieniowania zależą z jednej strony od rodzaju tkanki, a z drugiej od długości fali tego promieniowania, podczas gdy odbicie, najmniejsze w przypadku wiązki padającej na tkankę prostopadle, silnie zależy od kąta padania. Promieniowanie laserowe oddziałujące z tkanką, w zależności od rodzaju tkanki, gęstości mocy promieniowania, czasu działania i długości fali, może wywoływać efekty fototermiczne, fotojonizacyjne, fotochemiczne, fototoksyczne i fotostymulujące (Rys. 8).

Działanie fototermiczne polega na nagrzewaniu tkanki, co prowadzi do denaturacji, koagulacji, odparowania i jej usunięcia. Procesy te zależą z jednej strony od rodzaju promieniowania laserowego (długość fali, gęstość energii, czas działania),



Rys. 7. Oddziaływanie promieniowania laserowego z tkanką



Rys. 8. Efekty oddziaływania na tkankę wywołanego przez promieniowanie laserowe w zależności od czasu oddziaływania i gęstości mocy promieniowania laserowego

a z drugiej – od efektywności odprowadzania przez tkankę ciepła. Nieodwracalne efekty pojawiają się przy podgrzaniu tkanki do 60°C – wtedy rozpoczyna się koagulacja (agregacja molekuł), powyżej 100°C następuje gwałtowne wrzenie płynów zewnątrz- i wewnątrzkomórkowych, a powstająca para wodna rozrywa tkankę. Dalszy wzrost temperatury powoduje zwęglenie i usunięcie tkanki.

Efekty fotojonizacyjne powstają na skutek działania krótkotrwałych impulsów laserowych o dużej mocy. Prowadzi to do jonizacji cząsteczek tkanki i powstawania plazmy, która przemieszczając się w tkance, powoduje powstawanie fali akustycznej przenoszącej energię w głąb tkanki.

Działanie fotochemiczne ma związek z selektywną absorpcją promieniowania laserowego przez różne chromofory obecne w tkance. Wzbudzone cząsteczki chromoforu wracają do stanu podstawowego, czemu towarzyszy emisja fluorescencji. Efekt ten znajduje zastosowanie w medycynie, np. w diagnostyce i terapii nowotworów. Więcej szczegółów na ten temat będzie można znaleźć w artykule poświęconym spektroskopii fluorescencyjnej, w kolejnym

Tabela 1. Szkodliwe efekty towarzyszące nadmiernej ekspozycji oczu i skóry na promieniowanie laserowe

Promieniowanie	Oko	Skóra
Ultrafiolet C (UVC) 100–280 nm	Uszkodzenie rogówki	Rumień, działanie rakotwórcze, przyspieszone starzenie się skóry
Ultrafiolet B (UVB) 280–315 nm		
Ultrafiolet A (UVA) 315–400 nm	Zaćma	Oparzenie skóry
Światło widzialne 400–780 nm	Uszkodzenie siatkówki	
Podczerwień A (IRA) 780–1400 nm	Zaćma, poparzenie siatkówki	
Podczerwień B (IRB) 1400–3000 nm	Przymglenie rogówki, zaćma, oparzenie rogówki	
Podczerwień C (IRC) 3000 nm – 1 mm	Oparzenie rogówki	

numerze „Biologii w Szkole". Dodajmy jeszcze, że wzbudzone cząsteczki chromoforu mogą mieć toksyczny wpływ na otaczającą tkankę.

Efekty fototermiczne, fotojonizacyjne i fotochemiczne mogą być wykorzystywane w chirurgii do usuwania części tkanki, koagulacji tkanki w celu zatrzymania krwawienia lub cięcia tkanki.

Fotostymulacja tkanek następuje na skutek absorpcji niskoenergetycznego promieniowania laserowego. Zaabsorbowane promieniowanie stymuluje transport elektronów w łańcuchu oddechowym i kumulację energii w ATP, stąd też jego dobroczynny wpływ. Biostymulacja jest stosowana w terapii bólu, urazów, do przyspieszania gojenia się ran, odleżyn i zmian skórnych.

Bezpieczeństwo pracy z laserem

W związku z mnogością zastosowań lasera, zarówno w życiu codziennym, medycynie, badaniach naukowych, jak i w przemyśle, oraz charakterystyką wiązki laserowej w czasie pracy z laserem należy zachować szczególną ostrożność. Ze względu na duże skupienie wiązki i dużą moc promieniowania laser użyty nieprawidłowo lub niezgodnie z przeznaczeniem może być bardzo niebezpieczny dla zdrowia zwierząt, również człowieka.

Zagrożenia związane z promieniowaniem laserowym dotyczą w szczególności oczu i skóry. W przypadku laserów emitujących promieniowanie w zakresie od 400 nm do 1400 nm istnieje zagrożenie związane ze zniszczeniem siatkówki. Promieniowanie krótsze niż 400 nm i dłuższe niż 1400 nm nie wnika do wnętrza oka, ale może trwale uszkodzić rogówkę. Efektem przypadkowego działania promieniowania laserowego na skórę może być jej oparzenie lub nawet zwęglenie. Niepożądane działanie w znacznym stopniu zależy od długości fali promieniowania, a więc także i jego energii, oraz od czasu działania, czyli wielkości otrzymanej dawki. Tabela 1 podaje uszkodzenia oka i skóry, jakie może powodować promieniowanie laserowe, w zależności od długości jego fali. Jak widać, mogą być one bardzo poważne.

W celu ułatwienia pracy z laserami podzielono je na grupy bezpieczeństwa, tzw. klasy. Wiedząc, do której klasy laser należy, nie trzeba już sprawdzać, jakie szkodliwe efekty może on wywołać ani jakie środki bezpieczeństwa należy zachować, gdyż określa je właśnie numer klasy. Lasery należące do klasy 1 są całkowicie bezpieczne we wszystkich przypadkach. Lasery należące do klasy 2 nie są już całkowicie bezpieczne, ale ochrona oczu jest zapewniona przez odruchowe zamknięcie oczu na skutek ich silnego oświetlenia. Lasery należące do klasy 3A są niebezpieczne tylko w przypadku, jeśli patrzy się na wiązkę laserową przez przyrządy optyczne, natomiast lasery należące do klasy 3B są niebezpieczne

w każdym przypadku patrzenia na wiązkę laserową, zarówno padającą bezpośrednio, jak i odbitą. Lasery należące do klasy 4 są bardzo niebezpieczne dla oczu i skóry, trzeba bezwzględnie chronić je przed promieniowaniem bezpośrednim, jak również rozproszonym. Tak więc w przypadku pracy z laserami należącymi do klasy 3B i 4 należy bezwzględnie używać odzieży ochronnej (okulary chroniące oczy i osłony na skórę). Niemniej jednak pracując z jakimkolwiek laserem, nawet ze wskaźnikiem laserowym, należy zachować umiar i rozsądek i na wszelki wypadek unikać świecenia nim prosto w oczy.

Lasery w biologii i medycynie

W biologii lasery są używane w badaniach podstawowych jako źródło światła. Jest to szczególnie istotne w doświadczeniach związanych z absorpcją i emisją światła, gdyż dzięki temu, że promieniowanie laserowe ma bardzo wąski zakres spektralny, można wybiórczo wzbudzać tylko te cząsteczki, które nas aktualnie interesują. Z uwagi na to, że obecnie dysponujemy dużą ilością różnorodnych laserów, to niemal zawsze możemy znaleźć laser, który będzie emitował falę o pożądanej długości.

Lasery używane są chyba w każdej dziedzinie medycyny: od kardiologii i chirurgii zaczynając, poprzez diagnostykę i terapię nowotworów, na urologii, okulistyce i kosmetyce kończąc. Zakres zastosowań laserów w medycynie zależy od długości fali generowanego promieniowania, od sposobu pracy (ciągła czy impulsowa) oraz gęstości energii i mocy promieniowania. Lasery niskoenergetyczne, takie jak laser helowo-neonowy (He-Ne), czy lasery półprzewodnikowe, których moc nie przekracza kilkudziesięciu miliwatów, znalazły zastosowanie w urządzeniach zwanych biostymulatorami laserowymi. Biostymulatory stosowane są w terapii bólu, medycynie sportowej, dermatologii, reumatologii oraz stomatologii. Lasery barwnikowe, również należące do laserów niskoenergetycznych, obok laserów półprzewodnikowych i He-Ne są dodatkowo używane w diagnostyce i fotodynamicznej terapii nowotworów. Dodajmy, że powiedzenie *laser He-Ne* jest pewnym skrótem myślowym, oznacza to, że mówimy o laserze, w którym ośrodkiem czynnym jest mieszanina helu i neonu. Analogicznie w laserze CO_2 ośrodkiem czynnym jest dwutlenek węgla, a w laserze półprzewodnikowym – półprzewodnik.

Lasery wysokoenergetyczne używane są do niszczenia lub usuwania tkanki przez cięcie, odparowanie lub koagulację. Zazwyczaj stosuje się do tego celu laser CO_2, neodymowy (Nd: YAG), argonowy (Ar), erbowy (Er: YAG), holmowy (Ho: YAG) oraz lasery półprzewodnikowe o dużej mocy. Używane są one w chirurgii ogólnej, jak również w ginekologii, pulmonologii, laryngologii, urologii (w tym także do niszczenia kamieni nerkowych), a także w okulistyce ze szczególnym wskazaniem na chirurgię refrakcyjną rogówki i leczenie odwarstwiania się siatkówki, w dermatologii w leczeniu znamion i zmian skórnych oraz chirurgii naczyniowej do rekanalizacji naczyń. Sukces laserów w medycynie polega na ich precyzyjności i niemal bezkrwawym polu operacyjnym.

dr **KARINA KUBIAK-OSSOWSKA**
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK w Toruniu,
Department of Chemical and Process Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Szkocja.

mgr **DAWID BASAK**
Zespół Szkół w Górsku.

PIŚMIENNICTWO

- Halliday D., Resnick R., Walker J., *Podstawy fizyki*, PWN, Warszawa 2006.
- Kęcki Z., *Podstawy spektroskopii molekularnej*, wyd. 4, PWN, Warszawa 1998.
- Suppan P., *Chemia i światło*, PWN, Warszawa 1997.
- *Zarys klinicznych zastosowań laserów*, pod red. P. Fiedora, Dom Wydawniczy ANKAR, Warszawa 1995.

Państwo w państwie
Funkcjonowanie mitochondriów w komórce i organizmie człowieka

MAGDALENA KALISZEWSKA

Mitochondria są, oprócz jądra, jedynymi organellami w komórkach zwierzęcych posiadającymi własny DNA. Ludzki mitochondrialny DNA (mtDNA) to kolista dwuniciowa cząsteczka wielkości około 16 500 par zasad. W przeciwieństwie do DNA jądrowego nie wiąże się z histonami i nie tworzy chromosomów. Zawiera 37 genów, w tym 2 kodujące rybosomalny RNA (rRNA), pozostałe kodują 22 rodzaje cząsteczek transportującego RNA (tRNA) i 13 polipeptydów będących podjednostkami kompleksów łańcucha oddechowego.

Nici ludzkiego, mitochondrialnego DNA różnią się zawartością puryn i pirymidyn i są określane jako nić ciężka H (ang. *heavy*) oraz lekka L (ang. *light*). Również dystrybucja informacji genetycznej na obu niciach jest różna. Nić H koduje: 2 rRNA, 14 tRNA oraz mRNA dla 12 polipeptydów. Nić L zawiera geny dla pozostałych 8 rodzajów tRNA i tylko jeden mRNA odpowiadający podjednostce ND6. Pozostałe składniki konieczne do prawidłowego funkcjonowania mitochondriów (ponad 1000 białek!) kodowane są przez genom jądrowy, syntetyzowane na terenie cytoplazmy, a następnie transportowane do mitochondriów.

Jedną z istotnych cech mtDNA jest jego zwarta budowa i brak intronów. Niektóre geny kodujące białka zachodzą na siebie, jak w przypadku genów ATPazy 6 i 8 (46 wspólnych nukleotydów) oraz genów podjednostek ND4 i ND4L (7 wspólnych nukleotydów).

W komórkach aktywnych metabolicznie część cząsteczek mitochondrialnego DNA zawiera trzyniciową strukturę zwaną pętlą D. W tym miejscu fragment (500–700 nukleotydów) nowo powstającej nici H pozostaje połączony z macierzystą nicią L. Pętla D ma długość około 1000 par zasad i uczestniczy w regulacji transkrypcji i replikacji mtDNA. Jest to główny obszar niekodujący ludzkiego mtDNA. Drugim, znacznie mniejszym (około 30 nukleotydów długości) obszarem niekodującym jest domniemane miejsce startu replikacji dla nici L.

Mitochondria powstały najprawdopodobniej na drodze endosymbiozy, stąd ich duże podobieństwo do organizmów prokariotycznych. Organella te posiadają również szereg unikalnych cech, którym przyjrzymy się bliżej.

Jak przebiega transkrypcja mitochondrialnego DNA?

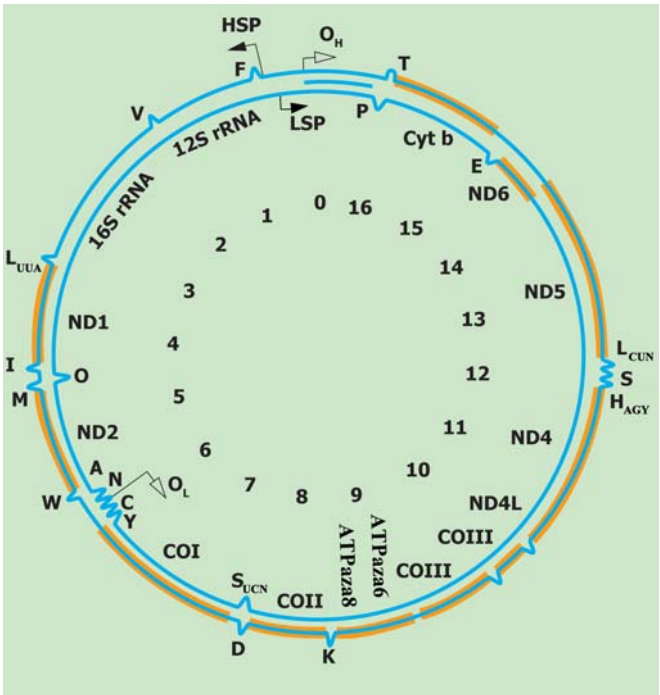
Obie nici mtDNA ulegają transkrypcji całkowicie, a synteza RNA w ludzkich mitochondriach zaczyna się w trzech różnych miejscach inicjacji zlokalizowanych na terenie pętli D: jedno dla nici lekkiej (L) oraz dwa dla nici ciężkiej (H1 i H2).

Nić ciężka jest transkrybowana w postaci dwóch nakładających się policistronowych mRNA. Pierwszy z nich ma początek w miejscu promotorowym H1 i powstaje w ilości około 20 razy większej niż drugi. Transkrypt ten odpowiada za syntezę obu rRNA, $tRNA^{Phe}$ i $tRNA^{Val}$. Miejsce terminacji transkrypcji tej cząsteczki znajduje się bezpośrednio za genem 16S rRNA, wewnątrz genu $tRNA^{Leu}$ i wymaga przyłączenia mitochondrialnego czynnika terminacji transkrypcji (mTERF). Czynnik ten należy do niedawno odkrytej nadrodziny białek

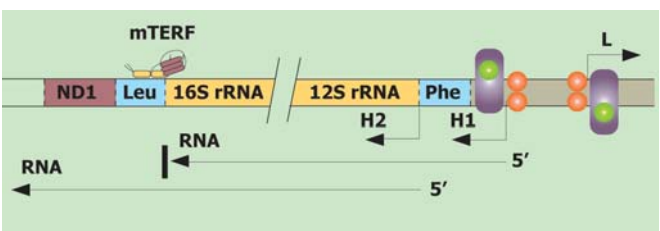
posiadających zdolność wiązania i wypętlania DNA, których funkcja jest słabo poznana. W gromadzie jeżowców (*Echinoidea*) oraz u *Drosophila sp*. homologi tego białka są prawdopodobnie zaangażowane w terminację transkrypcji, regulację replikacji, a nawet syntezę białek mitochondrialnych.

W miejscu promotorowym H2 ma swój początek drugi policistronowy transkrypt odpowiadający niemal całej nici ciężkiej. Cząsteczki mRNA dla polipeptydów kodowanych na nici ciężkiej oraz 12 rodzajów molekuł tRNA pochodzą z obróbki (cięcia) tego właśnie transkryptu. Opisany powyżej schemat tłumaczy, w jaki sposób rodzaj powstającego mRNA jest regulowany poprzez inicjację transkrypcji w dwóch alternatywnych miejscach.

Nić lekka ma tylko jedno miejsce inicjacji transkrypcji dające początek policistronowemu transkryptowi, z którego wywodzi się 8 różnych rodzajów cząsteczek tRNA oraz mRNA dla podjednostki ND6.



Rys. 1. Budowa mtDNA



Rys. 2. Miejsca inicjacji transkrypcji w mtDNA

Pierwotne, policistronowe transkrypty dają początek dojrzałym cząsteczkom mRNA, tRNA oraz rRNA. Ich obróbka (dojrzewanie) polega na endonukleolitycznym cięciu po obu stronach sekwencji tRNA. Zjawisko to zgodne jest z modelem „interpunkcji tRNA" zakładającym, że sekwencje tRNA zlokalizowane pomiędzy każdą z sekwencji rRNA i mRNA przybierają strukturę liścia koniczyny rozpoznawaną przez enzymy uczestniczące w obróbce pierwotnego transkryptu. W kilku przypadkach, gdy sekwencje kodujące nie graniczą z tRNA, prawdopodobnie powstają drugorzędowe struktury zbliżone do tRNA, które również są rozpoznawane przez odpowiednie enzymy.

Czy translacja mitochondrialna różni się od jądrowej?

W procesie translacji genów jądrowych wykorzystywanych jest 48 rodzajów cząsteczek tRNA. Mitochondria posiadają własny aparat translacyjny składający się z dwóch rRNA (12S i 16S) oraz 22 tRNA.

Liczba rodzajów cząsteczek tRNA w mitochondriach jest mniejsza niż 32, przewidywane przez zasadę tolerancji Cricka jako niezbędne minimum. W przypadku mitochondrialnych tRNA nukleotyd w pierwszej pozycji antykodonu, której dotyczy zasada tolerancji, jest praktycznie nieistotny, ponieważ może się on łączyć (parować) z każdym nukleotydem. Dzięki temu ten sam tRNA rozpoznaje cztery kodony z jednej rodziny. Fenomen ten nazwano zasadą supertolerancji. Wydaje się, że jest ona częścią ogólnej tendencji obserwowanej w genomach mitochondrialnych kręgowców, polegającej na dążeniu do maksymalnej zwartości genomu.

	U		C		A		G	
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	Trp	A
	UUG		UCG		UAG	Stop	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	IIe	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA	Met	ACA		AAA	Lys	AGA	Stop	A
	AUG		ACG		AAg		AGG	Stop	G
G	CUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	CUC		GCC		GAC		GGC		C
	CUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
	CUG		GCG		GAG		GGG		G

Rys. 3. Tabela kodu mitochondrialnego

Translacja mitochondrialna jest bardziej zbliżona do translacji prokariotycznej niż zachodzącej w cytoplazmie u *Eukaryota*, jednakże posiada ona wiele indywidualnych cech nieobserwowanych w żadnym innym systemie produkcji białek.

Przede wszystkim w trakcie translacji genów mitochondrialnych stosowany jest kod genetyczny w niewielkim stopniu odbiegający od uniwersalnego.

Transkrypty mitochondrialne nie posiadają na końcu 5' rejonów nieulegających translacji (UTR) lub są one bardzo krótkie, podczas gdy jądrowe UTR mogą mieć długość kilku tysięcy nukleotydów. Mitochondrialne mRNA nie mają tzw. czapeczki, ale – podobnie jak rRNA – są poliadenylowane przez mitochondrialną polimerazę poli (A). Prawdopodobnie odgrywa to istotną rolę w stabilizowaniu RNA, a w wielu przypadkach poliadenylacja jest niezbędna do utworzenia pełnego kodonu STOP.

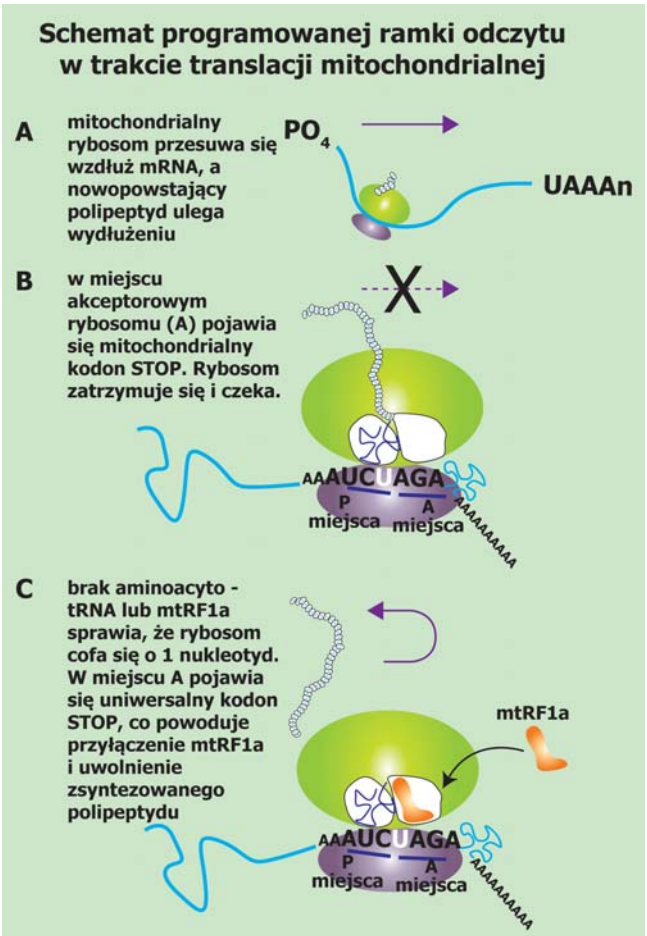
Rybosomy (55S) obecne w mitochondriach ssaków składają się z małej 28S (12S rRNA) i dużej 39S (16S rRNA) podjednostki. Nie zawierają one cząsteczki 5S rRNA, co odróżnia je od rybosomów bakteryjnych – 70S (50S: 5S rRNA, 23S rRNA i 30S: 16S rRNA), eukariotycznych – 80S (60S: 5S rRNA, 5,8S rRNA, 28S rRNA i 40S: 18S rRNA), a nawet tych obecnych w mitochondriach innych organizmów. Wiadomo, że w komórkach ssaków cząsteczka 5S rRNA jest transportowana do mitochondriów, ale do tej pory nie udało się ustalić, jaką funkcję pełni.

W przeciwieństwie do systemów prokariotycznych i eukariotycznych, zlokalizowanych w cytoplazmie, mała podjednostka rybosomu mitochondrialnego łączy się z mRNA bez udziału czynników inicjujących oraz w sposób niezależny od sekwencji.

Cechą wspólną translacji mitochondrialnej i bakteryjnej jest wykorzystanie w procesie inicjacji aminoacylo-tRNA formylometioninowego.

Proces terminacji translacji rozpoczyna się, kiedy w miejscu akceptorowym rybosomu przesuwającego się wzdłuż mRNA znajdzie się kodon STOP. Powoduje to przyłączenie tzw. czynnika uwalniającego mtRF1a i w efekcie odłączenie nowo powstałego polipeptydu.

Jedenaście z trzynastu mitochondrialnych otwartych ramek odczytu (ORF, sekwencje kodujące polipeptydy) posiada jeden z uniwersalnych kodonów STOP (UAA lub UAG), do których przyłącza się mtRF1a. Pozostałe dwie zakończone są kodonami AGG i AGA, które normalnie kodują argininę. Terminacja transkrypcji z udziałem tych wyjątkowych kodonów STOP stanowiła wielką zagadkę, którą w 2010 roku rozwikłali Zofia Chrzanowska-Lightowlers i Robert Lightowlers. Pamiętając o bakteryjnym pochodzeniu mitochondriów, przeanalizowali oni sekwencje otaczające oba unikatowe kodony STOP i w serii skomplikowanych eksperymentów potwierdzili, że podobnie jak u bakterii, tak i tu dochodzi do programowanej zmiany ramki odczytu. Oznacza to, że rybosom, który przesuwając się wzdłuż mRNA, natrafi na kodon AGG lub AGA, zatrzymuje się i niedoczekawszy się na żadną cząsteczkę aminoacylo-tRNA lub mtRF1a, cofa się o jeden nukleotyd. W efekcie w miejscu akceptorowym rybosomu zamiast kodonu AGG lub AGA pojawia się UAG będący uniwersalnym kodonem STOP. Rozwiązanie to wydaje się konserwowane ewolucyjnie w linii hominidów, co potwierdza analiza sekwencji mtDNA neandertalczyka oraz znalezionego na Syberii człowieka z jaskini Denisova.



Rys. 4. Zmiana ramki odczytu w czasie syntezy białek mitochondrialnych

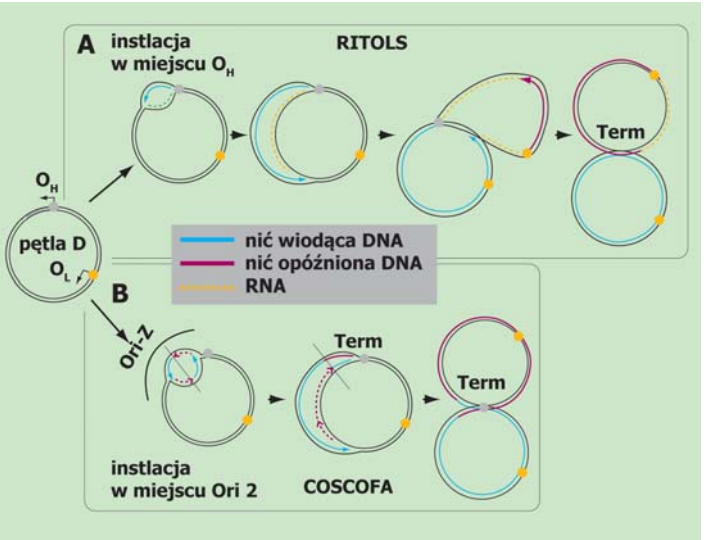
Replikacja mitochondrialnego DNA

Replikacja mitochondrialnego DNA zachodzi w matriks mitochondrialnej i jest niezależna od faz cyklu komórkowego i replikacji DNA jądrowego. Mechanizm replikacji mtDNA ssaków jest nadal niejasny, a proponowane modele budzą wiele kontrowersji.

Pierwszy model replikacji mitochondrialnego DNA, tzw. model asynchroniczny ponad 30 lat temu zaproponował Clayton. Zakładał on, że w trakcie powielania mtDNA wykorzystywane są dwa niezależne miejsca startu replikacji. Synteza nici ciężkiej rozpoczyna się w miejscu O_H położonym na obszarze pętli D i biegnie wzdłuż nici L, aż do wytworzenia potomnej nici H. Kiedy replikacja nici H dotrze do miejsca O_L, macierzysta nić H jest wypierana i dochodzi do odsłonięcia miejsca startu replikacji dla nici L. Następuje początek syntezy nici L za-

chodzącej w przeciwnym kierunku niż replikacja nici H, aż do wytworzenia potomnej nici lekkiej. Obecnie model ten jest uważany za nieprawdziwy, a jego rozwinięciem i modyfikacją jest model RITOLS.

RITOLS (ang. ***r**ibo-**n**ucleotide **i**ncorporation **t**hrough**o**ut the **l**aging **s**trand*) jest najnowszym proponowanym mechanizmem replikacji, jednak posiada on cechy wspólne z modelem asynchronicznym. Oba zakładają, że start replikacji następuje w miejscu O_H lub w pobliżu niego. Zgodne są również co do występowania znacznego opóźnienia pomiędzy syntezą nici ciężkiej i lekkiej. Najistotniejszą różnicą między modelami jest istnienie dużych, jednoniciowych fragmentów DNA. Sekwencje, które według modelu replikacji asynchronicznej występują w postaci jednoniciowej, według RITOLS pokryte są RNA.



Rys. 5. Replikacja mtDNA ssaków

Dr Ian Holt i współpracownicy zaproponowali alternatywny mechanizm replikacji mtDNA nazywany modelem synchronicznym lub COSCOFA (ang. ***co**nventional **s**trand-**c**oupled **O**kazaki-**f**ragment **a**ssociating*). Zakładają oni, że replikacja obu nici rozpoczyna się w strefie inicjacji replikacji Ori Z i zachodzi synchronicznie wokół cząsteczki mtDNA. Nić ciężka jest syntetyzowana w sposób ciągły, a nić lekka powielana, podobnie jak w genomie jądrowym, w postaci fragmentów Okazaki w miarę przesuwania się widełek replikacyjnych.

Niezależnie od proponowanego mechanizmu wiadomo, że kluczową rolę w replikacji mtDNA odgrywa mitochondrialna polimeraza γ. Rodowód polimerazy γ jest jak dotąd nieznany, ponieważ nie udało się zidentyfikować jej odpowiednika w żadnej z dotychczas poznanych bakterii. Niedawno wysnuto teorię fagowego pochodzenia polimerazy γ, według której mitochondria otrzymały ten enzym w efekcie nieortologicznego horyzontalnego transferu genu. Szeroko zakrojone poszukiwania ujawniły obecność pełnej długości homologów tego białka w dwóch bakteriofagach, które infekują zawierające chlorofil d cyjanobakterie *Acaryochloris marina*. Zaobserwowano również, że stosowanie leków antywirusowych m.in. w leczeniu HIV/AIDS wpływa na polimerazę γ i prowadzi do zahamowania replikacji mitochondrialnego DNA.

Nieortologiczny horyzontalny transfer genów to proces stabilnego przeniesienia informacji genetycznej pomiędzy organizmami dwóch gatunków nieposiadających wspólnego przodka. Organizm A otrzymuje od organizmu B materiał genetyczny, a przekazane geny zostają utrwalone w genomie organizmu A. Nabyty niespokrewniony gen może zastąpić jego funkcjonalny odpowiednik w genomie organizmu A.

Polimeraza γ charakteryzuje się wysokim stopniem wierności kopiowania DNA i ma korekcyjną aktywność 5' → 3' egzonukleolityczną.

Polimeraza γ, tak jak polimeraza jądrowa, do prawidłowego funkcjonowania potrzebuje współdziałania wielu dodatkowych czynników. Niestety do tej pory udało się scharakteryzować tylko ich niewielką część.

Jednym z poznanych czynników jest helikaza Twinkle. Analiza sekwencji wykazała jej podobieństwo do białka gp4 kodowanego przez gen bakteriofaga T7. Białko gp4 posiada aktywność helikazy oraz pełni rolę prymazy. Helikaza Twinkle, podobnie jak gp4, jest zależna od ATP i ma postać pierścienia przesuwającego się wzdłuż mitochondrialnego DNA rozwijającego podwójną helisę w kierunku 5' → 3'. W ten sposób uczestniczy w tworzeniu widełek replikacyjnych. Zidentyfikowano również mitochondrialne topoizomerazy I i II odpowiedzialne odpowiednio za usuwanie bądź wprowadzanie superskrętów w mtDNA.

Wiele cząsteczek mitochondrialnego DNA – ale czy wszystkie są takie same?

Każda komórka ssaka zawiera od setek do tysięcy mitochondriów, a każde z nich ma od 2 do 10 kopii mitochondrialnego DNA, zorganizowanych w białkowo-nukleinowe kompleksy, które przez analogię do genomów bakteryjnych są nazywane nukleoidami. Nukleoidy bakteryjne i mitochondrialne są zakotwiczone w błonie komórkowej oraz mają zbliżoną wielkość. Podobieństwa te silnie wspierają teorię endosymbiotycznego pochodzenia mitochondriów. Do tej pory zidentyfikowano niewiele białek tworzących te struktury. Wiadomo, że w obrębie nukleoidów lokalizuje się wiele białek zaangażowanych w transkrypcję i replikację mtDNA, m.in. polimeraza γ oraz helikaza Twinkle.

Na ogół wszystkie cząsteczki mtDNA danego osobnika są takie same, a stan ten nazywamy homoplazmią. Mutacje powstające w genomie mitochondrialnym (neutralne lub patogenne) mogą być usuwane lub utrzymują się i są powielane. Sytuację, w której mtDNA w wersji dzikiej koegzystuje z wersją zmutowaną, nazywamy heteroplazmią. Konsekwencją tego zjawiska jest istnienie tzw. efektu progowego. Oznacza to, że udział zmutowanego (patogennego) mitochondrialnego DNA musi przekroczyć pewien określony poziom, zanim u nosiciela mutacji wystąpią objawy chorobowe. Wartość progowa waha się w zależności od mutacji, rodzaju tkanki i prawdopodobnie jest cechą osobniczą. Uważa się, że komórka toleruje heteroplazmię nawet wtedy, gdy zmutowany mtDNA stanowi około 80–90% wszystkich cząsteczek mitochondrialnego DNA. Dzieje się tak, ponieważ dziki mtDNA może zapewnić syntezę prawidłowych białek, tRNA i rRNA w ilości wystarczającej do prawidłowego funkcjonowania mitochondriów. Zjawisko to nazywamy komplementacją.

Ciągłe rozstania i powroty

W rzeczywistości mitochondria nie są owalnymi organellami pływającymi swobodnie w cytoplazmie, ale tworzą dynamiczną strukturę. Dwa przeciwstawne szlaki regulacyjne utrzymują równowagę między fuzją (postać siateczki) i podziałem (pojedyncze organella) mitochondriów w zależności od stanu energetycznego komórki. Fuzja jest ściśle związana z transportem mitochondriów wzdłuż cytoszkieletu, ponieważ organella te łączą się na skutek zderzenia koniec-koniec lub koniec-bok.

Białka niezbędne do fuzji błon mitochondrialnych mają aktywność GTPazy i są nazywane mitofuzynami. Mitofuzyny Mfn1 i Mfn2 lokalizują się na zewnętrznej błonie mitochondrialnej i odgrywają kluczową rolę na wczesnym etapie łączenia się mitochondriów. Dzięki nim możliwe jest zakotwiczenie mitochondriów naprzeciwko siebie. Hydroliza GTP powoduje zmianę konformacji białek, zbliżenie błon zewnętrznych mitochondriów i w efekcie ich fuzję. Białko OPA1, działając podobnie do mitofuzyn Mfn1 i Mfn2, umożliwia zla-

nie się błon wewnętrznych łączących się mitochondriów i uwspólnienie ich zawartości.

Wiadomo, że komplementacja może zachodzić w obrębie jednego mitochondrium. Aby sprawdzić, czy może dochodzić do komplementacji między różnymi mitochondriami, Schon i Gilkerson przeprowadzili eksperyment, w którym użyli dwóch homoplazmatycznych linii komórkowych mających dwie różne i nienakładające się delecje. Wykazali, że mitochondria mogą się łączyć i wymieniać zawartością (dyfuzja transkryptów i/lub białek kodowanych przez mtDNA).

W zależności od stanu energetycznego komórki mitochondria tworzą sieć lub ulegają fragmentacji. Fragmentacja mitochondriów jest możliwa dzięki podobnemu do dynaminy białku Drp1, które normalnie jest rozproszone w cytoplazmie. Po otrzymaniu sygnału do podziału mitochondrium białka Drp1 przyłączają się do zewnętrznej błony mitochondrialnej, tworząc pierścień wokół organellum, który – zaciskając się – powoduje podział mitochondrium.

Dziedziczenie mitochondrialnego DNA

Po zapłodnieniu zarodek otrzymuje około 100 000 kopii mtDNA, które znajdowały się w mitochondriach oocytu. Mitochondrialny DNA jest dziedziczony wyłącznie w linii matczynej, ponieważ mitochondria i ich genomy, które dostały się do zygoty wraz z plemnikiem, są aktywnie niszczone w trakcie kilku pierwszych podziałów.

Tempo mutacji mtDNA jest wyższe niż DNA jądrowego ze względu na brak chroniących go białek histonowych i mniej wydajne systemy naprawy oraz bliskie sąsiedztwo łańcucha oddechowego, produkującego reaktywne formy tlenu. Ze względu na zjawisko komplementacji linia żeńskich komórek płciowych (oocyty I rzędu na wiele lat zatrzymane w diplotenie I podziału mejotycznego) wydaje się wysoce podatna na gromadzenie szkodliwych mutacji w mtDNA aż do momentu, w którym – zgodnie z teorią zapadki Mullera – pula genetyczna populacji zostanie bezpowrotnie zanieczyszczona. Na szczęście istnieją mechanizmy, dzięki którym ten czarny scenariusz nie zostanie zrealizowany.

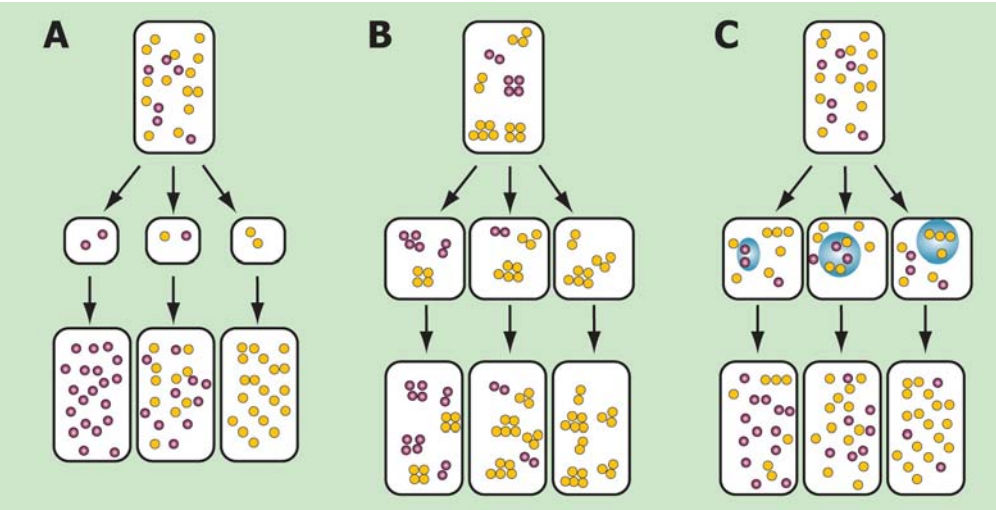
Badania rodowodów heteroplazmatycznych krów, a później również ludzi, wykazały gwałtowne zmiany wzajemnego stosunku dwóch typów mtDNA między pokoleniami a rodzeństwem, a w niektórych przypadkach w ciągu kilku pokoleń dochodziło do powrotu do homoplazmii. Tak duże zmiany heteroplazmii w kolejnych pokoleniach są spowodowane tzw. mitochondrialnym wąskim gardłem – przez podobieństwo do zjawiska znanego z biologii środowiskowej. Do tej pory nie ma pewności, jak przebiega ten proces. Do niedawna wydawało się, że na bardzo wczesnym etapie rozwoju oocytu dochodzi do drastycznego spadku liczby kopii mitochondrialnego DNA. W trakcie podziału komórki (mitotyczne podziały oogoniów) mitochondria i ich ge-

Zapadka Mullera to mechanizm działający na organizmy rozmnażające się bezpłciowo (brak rekombinacji) i tworzące populacje o niskiej liczebności.

Statystycznie w populacji mutacje szkodliwe są znacznie częstsze niż te korzystne. Z pokolenia na pokolenie mutacji szkodliwych w populacji przybywa, a po pewnym czasie z populacji znikają osobniki wolne od mutacji. Oznacza to, że pula genetyczna populacji została bezpowrotnie zanieczyszczona.

Teoria zapadki Mullera odnosi się również do mitochondriów. Populacja cząsteczek mtDNA znajdująca się w jednym organellum jest niewielka (kilka-kilkanaście kopii), a wszystkie powstały na drodze replikacji bez udziału rekombinacji.

Dzięki zjawisku komplementacji (patrz wyżej) z czasem w mitochondrium może dochodzić do akumulacji szkodliwych mutacji.



Rys. 6. Zjawisko mitochondrialnej wąskiej szyjki butelki w czasie rozwoju zarodkowego

nomy są segregowane w sposób losowy do komórek potomnych, co może prowadzić do znacznych różnic heteroplazmii między oocytami, a w konsekwencji – potomstwem (Rys. 6A).

Odkrycie nukleoidów doprowadziło do modyfikacji tej teorii. Według niej agregaty złożone z identycznych cząsteczek mitochondrialnego DNA w trakcie podziału mitochondrium segregują losowo jako całość. Prowadzi to do wyraźnych różnic heteroplazmii między poszczególnymi organellami, a w konsekwencji – oocytami, co również może tłumaczyć różnice poziomu mutacji wśród rodzeństwa (Rys. 6B). Kolejna teoria zakłada, że różnice te wynikają z wybiórczej replikacji mitochondrialnego DNA. Badania wykazały, że w oocytach płazów, ptaków i myszy cząsteczki mtDNA znajdujące się w mitochondriach leżących w okolicy jądra znacznie częściej zostają powielane. W ten sposób może w trakcie dojrzewania oocytu dochodzić do klonalnej ekspansji małej grupy genomów mitochondrialnych (Rys. 6C).

Różnice w heteroplazmii obserwuje się nie tylko między członkami rodziny, ale również pomiędzy różnymi tkankami jednego osobnika. Dzieje się tak, ponieważ w trakcie podziału komórki mitochondria i ich genomy segregują do komórek potomnych w sposób losowy. Na różnice w dystrybucji tkankowej mutacji mitochondrialnych wpływa również tempo podziałów komórkowych danej tkanki. W tkankach, które dzielą się rzadko, np. mięśnie poprzecznie prążkowane, może dochodzić do akumulacji mutacji. Z kolei duże tempo podziałów może mieć efekt oczyszczający i prowadzić do eliminacji mutacji.

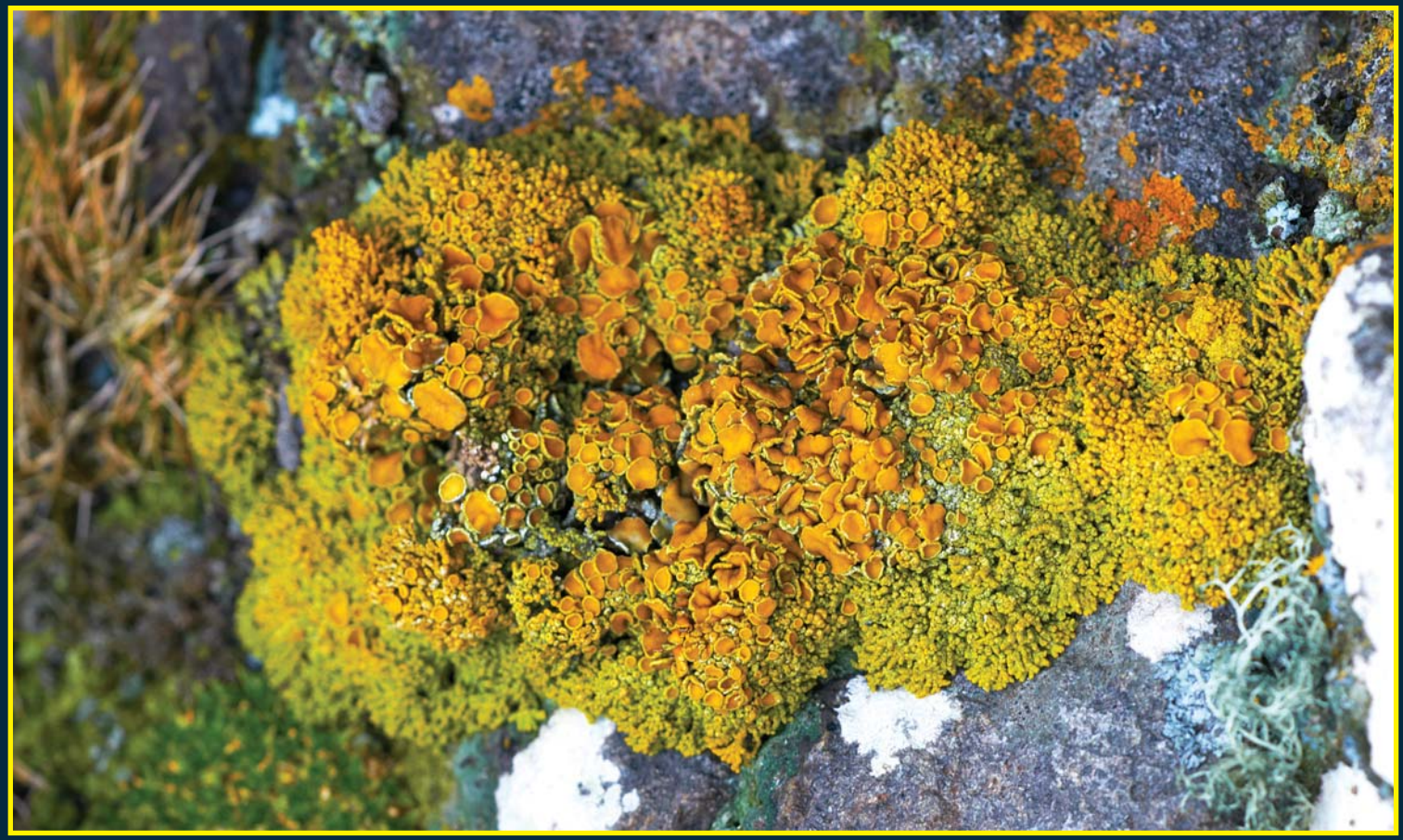
Podsumowanie

Mitochondria są obiektem badań od kilkudziesięciu lat, mimo to nadal istnieje wiele teorii i niewiele pewnych informacji na ich temat. Są to niezwykle tajemnicze organella, których funkcjonowanie wymaga współpracy dwóch genomów: mitochondrialnego i jądrowego. W praktyce szkolnej zwykło się je przedstawiać jako centra energetyczne komórki, jednak ich rola nie ogranicza się do produkcji ATP. Wiele aspektów funkcjonowania mitochondriów pozostaje niejasnych i wymaga dalszej analizy.

mgr **MAGDALENA KALISZEWSKA**
Instytut Genetyki i Biotechnologii UW

Porosty antarktyczne

Porosty antarktyczne



Porosty antarktyczne

Porosty antarktyczne

Niepojęty świat zwierząt – dlaczego zwierzęta różnią się od siebie?

Scenariusz lekcji przyrody dla IV–VI

KINGA PREIBISZ-WALA

Cel: uświadomienie uczniom różnorodności świata zwierząt i wskazanie jej przyczyn.

Cele szczegółowe:
Uczeń potrafi:
- Wyszukiwać informacje na zadany temat w książce,
- Przygotować proste prezentacje ukazujące mechanizmy przystosowań zwierząt do warunków życia
- Zaprezentować wyniki swojej pracy
- Wyjaśnić że organizmy są przystosowane do środowiska w jakim żyją
- Wykazać że budowa zwierząt wiąże się z rodzajem pokarmu jaki zdobywają
- Wykazać że zwierzęta maskują się dla ochrony przed wrogiem lub ukrycia się przed ofiarą
- Wyjaśnić rolę jaskrawych kolorów w ubarwieniu zwierząt
- Podać przykłady przystosowań zwierząt do warunków życia

Czas trwania: 2 godziny lekcyjne

Przygotowanie do zajęć:
Na poprzedniej lekcji należy podzielić uczniów na cztery grupy, rozdać im kartki z hasłem (innym dla każdej grupy) i poprosić o przyniesienie elementów stroju lub rekwizytów pasujących do hasła

Grupa 1: „Nie widać mnie” (np. ubranie maskujące)

Grupa 2: „Co dziś na kolację?” (np: fartuch kuchenny, torba na zakupy)

Grupa 3: „Nie za zimno, nie za ciepło” (np. ciepła kurtka, kapelusz od słońca)

Grupa 4: „Patrzcie na mnie!” (np. jaskrawa kamizelka odblaskowa,)

Materiały: książki z serii „Niepojęty świat zwierząt”: „Atak i obrona”, „Widziane z bliska”, „Szkoła przetrwania”, „Widowisko”, czasopismo Animal Planet; 2 kolorowe zdjęcia (obszarów polarnych i sawanny), rurka do napojów, napój w butelce, kisiel z rodzynkami, pęsetka, orzechy, dziadek od orzechów, kostki lodu, trzy zamykane to-

rebki foliowe, trochę wełny, masło lub margaryna, karty pracy dla grup, kredki, flamastry, białe kartki

Metody: burza mózgów, praca w grupach, pokaz, praca z książką

Przebieg zajęć

Wprowadzenie

W krótkim wprowadzeniu nauczyciel zachęca uczniów do zastanowienia się w jaki sposób człowiek może przygotować się do wykonywania różnych czynności i do przebywania w rozmaitych warunkach: w gorącym bądź zimnym klimacie, podczas nurkowania, jazdy na motorze, wspinaczki itp. Należy wykorzystać przyniesione przez dzieci przebrania np: ubiór maskujący przyda się wycieczkę do lasu, fartuch do przygotowywania jedzenia, odblaskowa kamizelka, gdy trzeba iść nocą wzdłuż szosy, ciepła kurtka na wyprawę polarną itp.

Nauczyciel zadaje pytanie: czy ten sam strój i sprzęt przyda nam się w różnych warunkach; na Antarktydzie, na pustyni, w czasie nurkowania, wspinaczki itp

Następnie nauczyciel podaje temat lekcji i wyjaśnia zasady pracy w grupach

Praca w grupach

Uczniowie pracują w czterech, uprzednio przydzielonych grupach. Każda grupa dostaje kartę z zadaniami, zestaw materiałów oraz jedną z czterech książek z serii „Niepojęty świat zwierząt".

Korzystając z kart z zadaniami, przygotowanych materiałów i książek uczniowie przygotowują krótki pokaz oraz prezentację na temat przystosowań zwierząt do środowiska i warunków życia.

- Grupa 1 **„Nie widać mnie" – o maskowaniu się zwierząt**
  Materiały: książka „Atak i obrona", kolorowe zdjęcie obszarów polarnych oraz zdjęcie sawanny, białe kartki, kredki, zadania dla grupy 1
- Grupa 2 **„Co dziś na kolację?" – o przystosowaniach do zdobywania pokarmu**
  Materiały: książka „Widziane z bliska", rurka do napojów, napój w butelce, kisiel z rodzynkami, pęsetka, orzechy, dziadek od orzechów, zadania dla grupy 2
- Grupa 3 **„Nie za zimno, nie za ciepło" – o przystosowaniach do chłodów i upałów**
  Materiały: książka „Szkoła przetrwania", miska, kostki lodu, trzy zamykane torebki foliowe, trochę wełny, masło lub margaryna, zadania dla grupy 3
- Grupa 4 **„Patrzcie na mnie!" – o barwach w świecie zwierząt**

Materiały: książka „Widowisko", jaskrawa kamizelka odblaskowa lub odblaski, kartki A4, kolorowe flamastry, zadania dla grupy 4

Prezentacja pracy i podsumowanie

Każda grupa przedstawia swoją pracę w czasie nie dłuższym niż 7 minut

Po każdej prezentacji nauczyciel pomaga sformułować krótki wniosek do zapisania w zeszycie np:

(1) Umiejętność wtopienia się w otoczenie jest jednym z przystosowań do środowiska. Maskowanie stosują zarówno drapieżnicy jak i ofiary.

(2) Na budowę i zróżnicowanie zwierząt wpływa sposób ich odżywiania i rodzaj zdobywanego pokarmu

(3) Wiele zwierząt posiada przystosowania umożliwiające im przetrwanie w skrajnych warunkach.

(4) Przystosowaniem obronnym niektórych zwierząt są jaskrawe barwy ostrzegawcze. Jaskrawe barwy są tez sposobem na przyciągnięcie uwagi samicy podczas godów.

Następnie uczniowie z pomocą nauczyciela odpowiadają na pytanie zawarte w temacie lekcji. Różnorodność zwierząt to efekt przystosowań do różnych środowisk i różnych sposobów życia.

Zakończenie

Na zakończenie uczniowie przeglądają książki z serii „Niepojęty świat zwierząt" oraz numery czasopisma Animal Planet

i na ich podstawie samodzielnie opisują w zeszycie przystosowanie wybranego zwierzęcia do warunków środowiska i trybu życia. Jeśli materiały są dostępne w bibliotece, może to być także **zadanie domowe**.

Zadania dla grupy 1

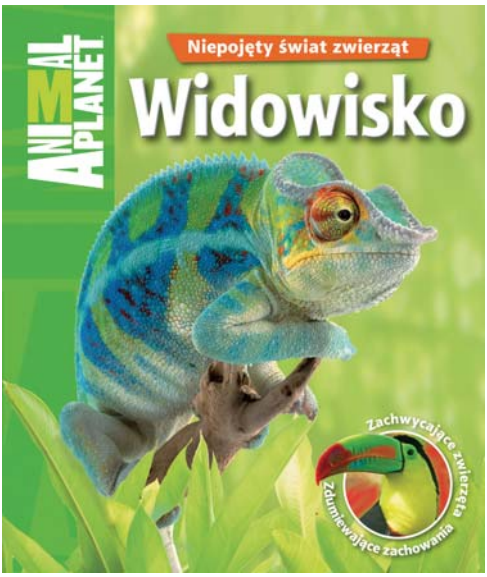
„Nie widać mnie" – o maskowaniu się zwierząt

Waszym zadaniem jest przygotowanie krótkiej prezentacji o maskowaniu się zwierząt. Prezentacja ma składać się dwóch części – pokazu i części teoretycznej (odpowiedzi na pytania i przedstawienie przykładów zwierząt). Będą wam potrzebne następujące materiały: książka z serii „Niepojęty świat zwierząt":"Atak i obrona", fotografia przedstawiająca obszary polarne, fotografia sawanny, kartki, nożyczki, kredki

1. Przygotowanie pokazu.
   Przyjrzycie się zdjęciom przedstawiającym dwa różne krajobrazy. Następnie na białej kartce naszkicujcie sylwetki lwa i lisa polarnego (nie muszą być dokładne, chodzi o kolory!), wytnijcie je i pokolorujcie. Dobierzcie tak kolory, by zwierzęta jak najlepiej wpasowały się w swoje środowisko. Drugą stronę sylwetki lisa pokolorujcie na jaskrawy, rudy kolor. Czy lis polarny miałby szansę ukryć się przed wrogiem gdyby był rudego koloru? Czy lew zdołałby zaczaić się na ofiarę pośród śnieżnego krajobrazu? Zapiszcie wniosek z tego doświadczenia.
2. Przeczytajcie wspólnie rozdziały „Szata zabójcy" oraz „Niewidoczni na widoku" i odpowiedzcie na pytania:
   - Na czym polega kamuflaż czyli maskowanie?
   - Dlaczego wiele zwierząt posiada barwy lub kształty maskujące?
3. Wybierzcie z książki najciekawsze przykłady maskowania się zwierząt

Ciekawostki na temat maskowania znajdziecie także w innych rozdziałach np.: „Podwodni bandyci" lub „Sekrety pająków"

Wyniki waszej pracy przedstawcie klasie w czasie 5-cio minutowej prezentacji. Posłużcie się zdjęciami i rysunkami oraz ilustracjami z książki



Zadania dla grupy 2

„Co dziś na kolację?" – o przystosowaniach do zdobywania pokarmu

Waszym zadaniem jest przygotowanie krótkiej prezentacji o sposobach zdobywania pokarmu.

Prezentacja ma składać się dwóch części – pokazu i części teoretycznej (odpowiedzi na pytania i przedstawienie przykładów zwierząt). Będą wam potrzebne następujące materiały: książka z serii „Niepojęty świat zwierząt":"Widziane z bliska", napój w butelce, kisiel z rodzynkami, orzechy, dziadek od orzechów, rurka do napojów, pęsetka,

1. Przygotowanie pokazu.
   Przed wami trzy rodzaje pokarmu: napój w butelce, rodzynki w kisielu i orzechy. Dobierzcie do nich takie narzędzia, dzięki którym da się je zjeść. Czy udałoby się nam wypić napój korzystając z pęsetki lub rurką zgnieść orzech? Każde z narzędzi udaje inny dziób ptaka. Zastanówcie się, które z narzędzi podobne jest do dziobu kakadu, rozgniatającej nasiona, które do dziobu kolibra, wysysającego nektar z wąskiego kwiatu, a które przypomina dziób rycyka, wyławiającego z mułu drobne zwierzęta. Zapiszcie wniosek z tego doświadczenia.
2. Przeczytajcie wspólnie rozdziały „Wielkie pyski" oraz „Dzioby i dzióbki" i odpowiedzcie na pytania:
   - Po co morskim stworzeniom wielkie pyski?
   - Dlaczego ptaki mają dzioby o różnych kształtach i budowie?
3. Wybierzcie z książki przykłady różnorodnych, zwierzęcych „narzędzi" do pobierania pokarmu

Ciekawostki na temat narzędzi do chwytania pożywienia znajdziecie także w innych rozdziałach np „Zęby" lub „Szczęki węży"

Wyniki waszej pracy przedstawcie klasie w czasie 5-cio minutowej prezentacji. Posłużcie się przygotowanymi przedmiotami oraz ilustracjami z książki

Zadania dla grupy 3

„Nie za zimno, nie za ciepło" – o przystosowaniach do chłodów i upałów

Waszym zadaniem jest przygotowanie krótkiej prezentacji o sposobach zwierząt na przetrwanie wielkich mrozów lub upałów.

Prezentacja ma składać się dwóch części – pokazu i części teoretycznej (odpowiedzi na pytania i przedstawienie przykładów zwierząt). Będą wam potrzebne następujące materiały: książka z serii „Niepojęty świat zwierząt": „Szkoła przetrwania", miska, kostki lodu, trzy zamykane torebki foliowe, trochę wełny, margaryna,

1. Przygotowanie pokazu.
   Torebkę foliową wypełnioną kostkami lodu połóżcie w misce. Drugą torebkę wypełnijcie luźno wełną. W trzeciej ułóżcie centymetrową warstwę margaryny. Dotykajcie torebki z lodem najpierw gołą ręką a następnie przez torebkę z wełną oraz przez torebkę z tłuszczem. Po jakim czasie poczujecie zimno lodu? Wełna naśladuje futro niedźwiedzia polarnego a margaryna łuszcz foki. Zapiszcie wniosek z doświadczenia
2. Przeczytajcie wspólnie rozdziały „Walka z zimnem" oraz „Na pustyni"
   i odpowiedzcie na pytania:
   - Co sprawia że niektóre zwierzęta mogą żyć w skrajnych warunkach?
   - W jaki sposób niektóre zwierzęta są w stanie przetrwać na gorących pustyniach?
3. Wybierzcie z książki przykłady pokazujące sposoby zwierząt na zatrzymanie potrzebnego ciepła lub pozbycie się jego nadmiaru

Ciekawostki o tym jak zwierzętom udaje się przetrwać chłody lub suszę znajdziecie także w innych rozdziałach np „Wielkie spanie" lub „Brak wody"

Wyniki waszej pracy przedstawcie klasie w czasie 5-cio minutowej prezentacji. Posłużcie się przygotowanymi materiałami oraz ilustracjami z książki

Zadania dla grupy 4

„Patrzcie na mnie!" – o barwach w świecie zwierząt

Waszym zadaniem jest przygotowanie krótkiej prezentacji o jaskrawych barwach zwierząt i ich znaczeniu.

Prezentacja ma składać się dwóch części – pokazu i części teoretycznej (odpowiedzi na pytania i przedstawienie przykładów zwierząt). Będą wam potrzebne następujące materiały: książka z serii „Niepojęty świat zwierząt": „Widowisko", kamizelka odblaskowa, kartki papieru, kolorowe flamastry, szpilki lub taśma klejąca

1. Przygotowanie pokazu.
   Na kartkach A4 przygotujcie kilka dużych napisów UWAGA! Jeden zwyczajnym długopisem, inne tak aby przyciągały wzrok przechodniów. Wykorzystajcie jaskrawe kolory. Na przerwie rozmieście je na korytarzu w jednakowo widocznych miejscach i sprawdźcie, który przyciąga najwięcej uwagi. Zapiszcie wniosek z doświadczenia.
2. Zastanówcie się po co w samochodzie musi być kamizelka odblaskowa? Kiedy jeszcze zakładamy ubrania o rzucających się w oczy barwach i wzorach?
3. Przeczytajcie wspólnie rozdziały pt „Barwy ostrzegawcze" oraz „Gra wstępna" i odpowiedzcie na pytania:
   - Z jakich przyczyn niektóre zwierzęta, zamiast pozostać w ukryciu, mienią się jaskrawymi barwami?
   - Co to są barwy ostrzegawcze? Czy wyróżnianie się z otoczenia może być przystosowaniem obronnym?
   - Dlaczego w czasie godów samce wielu ptaków zapominają o ostrożności i „stroją się" w jaskrawe barwy?
4. Wybierzcie z książki przykłady kolorowych zwierząt i wyjaśnijcie przyczyny ich niezwykłego ubarwienia

Ciekawostki na temat ubarwienia zwierząt znajdziecie także w innych rozdziałach np.: „Zmiana barw" lub „Kolorowe i wspaniałe"

Wyniki waszej pracy przedstawcie klasie w czasie 5-cio minutowej prezentacji. Posłużcie się przygotowanymi materiałami oraz ilustracjami z książki

Przyroda w oczach starożytnych Greków

WOJCIECH JESZKA

Cele szczegółowe – Wiadomości:
- Uczeń zna gatunki roślin i zwierząt przedstawione w mitologii greckiej.
- Uczeń rozumie procesy biologiczne przedstawione w mitologii greckiej.
- Uczeń wskazuje gatunki roślin często występujące w najbliższym otoczeniu człowieka na terenie Polski i obszaru śródziemnomorskiego.

Umiejętności – Uczeń korzysta z atlasów do oznaczania roślin i zwierząt.

Postawy:
- Uczeń postępuje w sposób przyjazny dla środowiska.
- Uczeń docenia wartość środowiska przyrodniczego.

Realizowane ścieżki międzyprzedmiotowe:
- Edukacja ekologiczna: uczeń doskonali umiejętność obserwacji, opisu i rozumienia zjawisk przyrody.
- Edukacja czytelnicza i medialna: uczeń doskonali umiejętność korzystania z dostępnych źródeł informacji.

Metody:
- Praca z materiałami źródłowymi.
- Ćwiczenia w umiejętności korzystania z atlasów roślin i zwierząt.

Środki dydaktyczne:
- Atlasy do oznaczania roślin i zwierząt.
- Teksty źródłowe.
- Instrukcje dla uczniów.

Tok zajęć

Uczniowie, po opracowaniu wcześniejszych zadań (polonistycznych), otrzymują instrukcje pracy dotyczące zjawisk biologicznych przedstawionych w mitach starożytnych Greków.

W części biologicznej lekcji uczniowie pracują w trzech grupach (instrukcje ćwiczeń w załączeniu).

Grupa pierwsza opracowuje zagadnienia związane z płazami (ze szczególnym uwzględnieniem płazów występujących w Polsce).

Grupa druga określa związek naukowej nazwy pajęczaków z mitycznymi opowieściami starożytnych Greków.

Grupa trzecia na podstawie otrzymanych materiałów opisuje wybrane zagadnienia związane z biologią wybranych gatunków zwierząt spotykanych w Morzu Śródziemnym. Należy zwrócić uwagę, że Grecy zakładali kolonie również w zachodniej części Morza Śródziemnego i dlatego mogli znać zwierzęta występujące w tej części tego akwenu.

Uczniowie mają około 7 minut na wykonanie zadań zawartych w otrzymanych instrukcjach, a następnie każda z grup ma 3 minuty na przedstawienie wykonanej pracy.

PIŚMIENNICTWO

- Berger L., Michałowski J., *Klucze do oznaczania kręgowców Polski, Część II. Płazy – Amphibia*, Warszawa-Kraków, PWN 1963, s. 75.
- Blab J., Vogel H., *Płazy i gady Europy Środkowej. Leksykon*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza MULTICO 1999, s. 159.
- Młynarski M., *Płazy i gady Polski*, Warszawa, WSiP 1977, s. 77.
- Parandowski J., *Mitologia. Wierzenia i podania Greków i Rzymian*, Warszawa, Czytelnik 1965, s. 399.
- Rajski A., *Zoologia*, t. 1, *Część ogólna*, Warszawa, PWN 1997, s. 589.
- Rajski A., *Zoologia*, t. 2, *Część systematyczna*, Warszawa, PWN 1997, s. 619.
- Samek A., *Muszle morskie. Mały przewodnik kolekcjonera*, Kraków, Muzeum Przyrodnicze Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN 1992, s. 108.
- Tranda E., Jaroniewski W., *Zwierzęta chronione w Polsce*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza MULTICO 1999, s. 96.

Jan Parandowski, ***Mitologia. Wierzenia i podania Greków i Rzymian*** (wybrane fragmenty)

Grupa I. Inspekcja Ziemi przez Dzeusa i Hermesa i jej skutki

Pewnego razu, przebrany za człowieka, udał się Dzeus wraz z Hermesem na ziemię, aby się przekonać, czy ludzie zachowują jego święte prawa. O zachodzie słońca weszli do jakiegoś miasta i idąc od domu do domu szukali noclegu. Lecz wszystkie drzwi zamykały się przed dwoma podróżnymi. Już noc była, gdy zapukali do małej chatki stojącej na wzgórzu za miastem. Żyło tam dwoje ubogich staruszków: Filemon i Baucis.

Dobrzy ludziska podsunęli nieznajomym stołki i rozniecili wesoły ogień, dorzucając suchych liści i kory drzewnej. Filemon przyniósł z ogrodu trochę jarzyn, które Baucis ugotowała w garnku glinianym. Nakryli do stołu i ułożyli gości na łóżkach, wyścieliwszy je jak mogli najwygodniej. Widząc jednak, że jedzenia i napojów wciąż przybywa i że ich skromne naczynia zamieniają się w złotą zastawę, poznali bogów i padli na kolana. Filemon chciał złożyć ofiarę i zabić jedyną gęś, która znajdowała się w domu, ale Dzeus go zatrzymał. Wszyscy czworo wyszli na szczyt góry i w promieniach jutrzenki ujrzeli staruszkowie na miejscu swojej lepianki wspaniałą świątynię przeglądającą się w toni wielkiego jeziora. Bogowie zatopili niegościnne miasto, a jego mieszkańców zamienili w żaby. Filemon i Baucis żyli jeszcze długie lata, pełniąc służbę kapłańską w nowej świątyni, aż pewnego dnia wrośli w ziemię jako dwa drzewa, pniami ze sobą złączone. Było to spełnienie ich ostatniej prośby: umrzeć razem, aby jedno nie patrzyło na śmierć drugiego. W gałęziach drzew ptaki ścieliły sobie gniazda, a podróżni, wypoczywając w ich cieniu, opowiadali historię o niegodnych mieszkańcach i pobożnych staruszkach.

Grupa II. Pojedynek Ateny i Arachne w haftowaniu

Atena szczególnie celowała w robotach tkackich i wyszywaniu. Ponieważ żadna z bogiń tym się nie zajmowała, przyznano jej na Olimpie w tych rzeczach niedoścignione pierwszeństwo. Inaczej się działo na ziemi, gdzie pewna księżniczka, imieniem Arachne, zapewniała, że potrafi wyszywać równie pięknie, a może jeszcze piękniej niż sama bogini. Wtedy Atena stanęła z nią do zawodów: która z nich cudniej wyhaftuje tkaninę. Arachne skreśliła igłą na płótnie przedziwne bajki. Był tam Dzeus porywający Europę i Leda bawiąca się z łabędziem, Danae nakryta złotym deszczem i wiele innych rzeczy, a wszystko takie żywe i takie ładne, że Atena, której własna robota nie była piękniejsza, podarła ze złości tkaninę Arachny. Biedna dziewczyna powiesiła się z rozpaczy. Teraz dopiero Atena poznała, jak dalece gniew ją zaślepił. Wróciła jej życie i jednocześnie zamieniła w pająka. Odtąd Arachne „srebrne w belkach płócienka przędzie", na których zawisają tęczowe źdźbła słońca.

Grupa III. Opis pałacu Posejdona

„Mieszka on w pałacu błękitnym, który ma dach z muszli, a one w czasie odpływu otwierają się ukazując wewnątrz cudne perły. Ze ścian wyrastają żywe kwiaty, a przez okna z bursztynu zaglądają ryby. W sadzie drzewa szafirowe i czerwone rodzą owoce. Algi układają się na powierzchni fal, aby światło przechodząc przez nie mieniło się barwami tęczy. Wśród gałęzi korali zabłąkane gwiazdy morskie rozniecają słabe, migotliwe światełka. Pająki mkną szybko na szczudłowatych nogach, lilie morskie wyrastają z dna jak drobne palmy o wielolistnej koronie. Gąbki szkliste wyglądają jak małe karły o wielkich siwych brodach, a gdy przepłynie orszak świecących głowonogów, w prześlicznej grze barw sypią się z góry błękitne, czerwone i białe skrzące się kulki, które opadają jak deszcz gwiazd różnokolorowych. Kiedy może jest spokojne, widać z głębi słońce niby otwarty kielich wielkiego purpurowego kwiatu".

[…] Wtedy wychodził z kryształowego pałacu ojciec Nereus i opowiadał przedziwne historie o czasach, kiedy jeszcze bogów nie było na świecie. Przeszkadzały mu w tym tryto-

ny o rybich ogonach, niesforne łobuzy morskie, które straszyły nimfy zgrzytliwym graniem na wydrążonych muszlach lub tarzały się w białej pianie wzburzonych bałwanów.

ZADANIA DLA UCZNIÓW

Grupa I

Korzystając z *Atlasu płazów i gadów Polski*, opracuj następujące zagadnienia:

1. Jakie rodzaje płazów bezogonowych występują w Polsce?

2. Jakie gatunki żab występują w naszym kraju? Który z polskich gatunków żab ma najładniejszą szatę godową?

3. Czy obecność zbiornika wodnego powstałego po zatopieniu miasta przez Dzeusa i Hermesa jest korzystne dla rozwoju żab i innych płazów?

4. Jakim pokarmem żywią się żaby? Określ, czy są to zwierzęta pożyteczne i dlaczego.

Grupa II

Po przeczytaniu otrzymanych materiałów o pajęczakach odpowiedz na następujące pytania:

1. Jak imię greckiej księżniczki, która pokonała Atenę, wpłynęło na naukowe nazewnictwo pajęczaków?

2. Dlaczego imię hafciarki posłużyło jako nazwa naukowa dla pajęczaków?

3. Jakie grupy systematyczne pajęczaków występują w Polsce?

4. Ile odnóży krocznych mają pajęczaki?

5. Pająki występujące w naszym kraju żywią się owadami. Czy w związku z tym mogą być pożyteczne?

Grupa III

Zapoznaj się z otrzymanymi tekstami biologicznymi oraz literackimi i opracuj następujące zagadnienia:

1. Po przeczytaniu opisu pałacu Posejdona napisz, jaki związek mają mityczne trytony ze ślimakami o nazwie *tryton*.

2. Jakie gromady szkarłupni żyją współcześnie?

3. Patrząc na budowę zewnętrzną liliowców, określ związek ich nazwy z liliami.

4. Czy szkarłupnie mogą spokojnie żyć w towarzystwie ślimaków z rodziny trytonów?

5. Który z opisanych w tekście gatunków ślimaków mógł być znany przez starożytnych Greków i dlaczego?

Materiały źródłowe dla grupy II

Gromada: pajęczaki (*Arachnida*)

Podtyp szczękoczułkowce (*Chelicerata*) reprezentują w naszym kraju tylko przedstawiciele pajęczaków (*Arachnida*). Są to stawonogi, mające na głowotułowiu tylko jedną parę przydatków segmentalnych, homologiczną do *antennae* skorupiaków. Jest ona jednak zawsze zaopatrzona w szczypce, pazury lub jest sztyletowa i nosi nazwę *szczękoczułki* (*chelicerae*). Nigdy nie są to prawdziwe czułki. Ciało pajęczaków dzieli się na dwie części: głowotułów i odwłok, które nie są homologiczne z głowotułowiem i odwłokiem innych gromad stawonogów. Na głowotułowiu znajduje się sześć par przydatków segmentalnych. Wspomniane szczękoczułki wraz z nogogłaszczkami (*pedipalpi*) są narządami gębowymi. Podstawowe człony nogogłaszczek mają powierzchnie żujące. Pozostałe cztery pary przydatków głowotułowia są odnóżami krocznymi.

Tworami specyficznymi dla pajęczaków są gruczoły jadowe i przędne pochodzenia hipodermalnego. Gruczoły jadowe znajdują się zwykle w nasadowym członie szczękoczułków, a ujście mają na ich końcu. Toksyczność jadu krajowych pajęczaków nie jest tak wielka, jak się to na ogół przypuszcza. Ponadto mają one niezbyt silne szczękoczułki, mogące tylko wyjątkowo przeciąć skórę człowieka.

U pajęczaków funkcjonują dwa rodzaje narządów oddychania i wydzielania, co świadczy o ich pokrewieństwie z organizmami wodnymi i progresywnym przystosowaniu się do życia na lądzie.

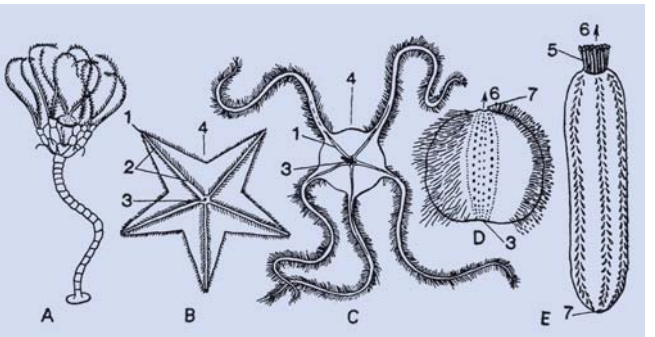
A. Rajski, *Zoologia*, t. 2, *Część systematyczna*, Warszawa, PWN 1997.

W Polsce występują przedstawiciele pajęczaków z następujących rzędów: zaleszczotki, kosarze, pająki i roztocze (według niektórych autorów roztocze są klasyfikowane w randze podgromady). Dość znanym rzędem pajęczaków są skorpiony. Zwierzęta te nie występują w naszym kraju.

Materiały źródłowe dla grupy III

Typ: szkarłupnie (*Echinodermata*)

Szkarłupnie zajmują wśród *Deuterostomia*[1] wyjątkową pozycję, ponieważ w stadium dorosłym ich podstawowym typem symetrii jest **symetria promienista**, zwykle **pięciopromienna**. Drugą ważną cechą ich ogólnego planu budowy jest brak jakichkolwiek tendencji w kierunku wykształcenia odcinka głowowego. Skórę szkarłupni pokrywa nabłonek migawkowy. Jej zasadniczą część tworzy gruba warstwa tkanki łącznej, mająca zdolność wytwarzania śródpowłokowego szkieletu wapiennego.



Rys. 1. Szkarłupnie. Przekrój ciała szkarłupni należących do pięciu współcześnie żyjących gromad: **A** – liliowiec; **B** – rozgwiazda; **C** – wężowidło; **D** – jeżowiec; **E** – strzykwa. **1** – promień; **2** – nóżki ambulakralne; **3** – otwór gębowy; **4** – międzypromień; **5** – czułek przyustny; **6** – główna oś ciała; **7** – odbyt

Cechą charakterystyczną szkarłupni jest układ wodny, czyli ambulakralny (wodnonaczyniowy), niewystępujący u innych zwierząt. Mają obszerną wtórną jamę ciała. Układ krwionośny występuje, wydalniczego zaś i oddechowego najczęściej brak. Układ nerwowy jest prymitywny, związany z nabłonkiem.

Budowę układu wodnego poznamy na przykładzie jeżowca. Wokół przełyku znajduje się kanał okrężny, od którego odchodzi pięć kanałów promienistych (symetria pięciopromienna), z których każdy kończy się silnie unerwionym czułkiem przenikającym na zewnątrz poprzez pokrycie ciała. Kanał okrężny łączy się ze środowiskiem zewnętrznym za pośrednictwem kanału kamiennego i płytki madreporowej.

Każdy z kanałów promienistych daje ku powierzchni ciała szereg odgałęzień, kończących się tuż pod pancerzem niewielkim zbiornikiem (ampułką). Od zbiorniczka poprzez ściankę ciała wyrasta ślepo zamknięty kanalik zakończony „stopką". Kanalik wraz ze stopką nosi nazwę **nóżki ambulakralnej**. Dzięki specjalnemu umięśnieniu i wyciskaniu lub wciąganiu wody z ampułki do nóżki i odwrotnie nóżka może się kurczyć lub wysuwać na zewnątrz i działać jak przylga. Zwierzę porusza się w ten sposób, że nóżki przyczepione do podłoża ulegają skurczeniu, a ciało podciąga się w kierunku ruchu. Poruszają się wolno z prędkością 5–8 cm na minutę.

Na podstawie budowy larwy szkarłupni (dipleuruli) przypuszcza się, że pochodzą one od zwierząt dwubocznie symetrycznych, swobodnie pływających, mających trzy pary woreczków celomatycznych, otwór gębowy na stronie brzusznej w pobliżu przedniego końca ciała, otwór odbytowy w pobliżu tylnego. Różni autorzy widzą przodków szkarłupni wśród jamochłonów (o organizacji podobnej do współczesnych żebropławów) lub wśród prapierścienic.

Rozwój filogenetyczny szkarłupni, o ile potrafimy go odtworzyć, jest niezwykle pouczającym przykładem wzajemnej zależności ogólnego planu budowy zwierzęcia i jego trybu życia. Jak już wspomniano larwa szkarłupni jest, a prawdopodobnie przodek szkarłupni był w stadium dorosłym, organizmem swobodnie pływającym, o dwubocznej symetrii.

Ponieważ najstarsze kopalne szkarłupnie były zwierzętami osiadłymi, można przypuszczać, że ich ewolucja polegała przede wszystkim na wykształceniu symetrii promieni-

[1] *Deuterostomia* – wtórouste.

stej. I rzeczywiście dysponujemy materiałami kopalnymi, z których wynika, że proces taki zachodził w kambrze i w sylurze. Ówczesne osiadłe szkarłupnie miały początkowo kształty nieregularne, później zaczęły pojawiać się elementy symetrii promienistej w budowie zewnętrznej (trzy, później pięć bruzd rzęskowych, zbiegających się w kierunku otworu gębowego i ułatwiających pobieranie pokarmu), a następnie miało miejsce „porządkowanie" aparatu nerwowego i innych oraz budowanie układu ambulakralnego. Przewód pokarmowy i układ rozrodczy przybrały najpóźniej budowę pięciopromienną. Przewód pokarmowy ma do dziś kształt rurkowaty u jeżowców, liliowców i strzykw, u tych ostatnich zaś zachowała się również jedna gonada, podobnie jak u form kopalnych. Ówczesne szkarłupnie osiadały na dnie albo bezpośrednio, albo za pomocą łodyżki. Do czasów współczesnych dochowały się tylko liliowce reprezentujące ten typ budowy. Większość pozostałych współczesnych szkarłupni to zwierzęta swobodnie żyjące. Spośród nich mało ruchliwe rozgwiazdy (w rodzaju *Asterias* występuje osiadła larwa!), wężowidła i jeżowce regularne zachowały, odziedziczoną po osiadłych przodkach, symetrię promienistą. U bardziej ruchliwych (ryjący tryb życia) jeżowców nieregularnych, na tle dominującej jeszcze symetrii promienistej, wtórnie pojawiły się pewne elementy symetrii dwubocznej (położenie otworu odbytowego, zanik jednej lub trzech spośród pięciu gonad). Z przedstawionych faktów wynika, że symetria promienista jest związana z osiadłym, a symetria dwuboczna ze swobodnym trybem życia.

Fot. 1. Rozgwiazda, fot. Maciej Kurowski

A. Rajski, *Zoologia*, t. 2, *Część systematyczna*, Warszawa, PWN 1997.

Rodzina: trytony (*Cymatidae*)

Muszle średnie, duże i bardzo duże, najczęściej wrzecionowate, z dużą, stożkowatą skrętką. Przeważnie grubościenne. Powierzchnia zewnętrzna z rozmieszczonymi regularnie kolabralnymi[2] zgrubieniami, z licznymi guzkami. Periostrakum[3] często grube, włoskowate, brązowe. Ujście syfonostomatyczne[4]. Brak kanału adapikalnego[5]. Rynna[6] syfonalna wydłużona, często odgięta. Warga wewnętrzna przeważnie rowkowana, warga zewnętrzna uzębiona. Wieczko skórzaste, owalne. Drapieżne, odżywiają się szkarłupniami, głównie rozgwiazdami i strzykwami, a także mięczakami, żachwami.

Około 7 rodzajów, ważniejsze: *Cymatium, Charonia, Argobuccinium, Ranella, Distorsio*; około 100 gatunków.

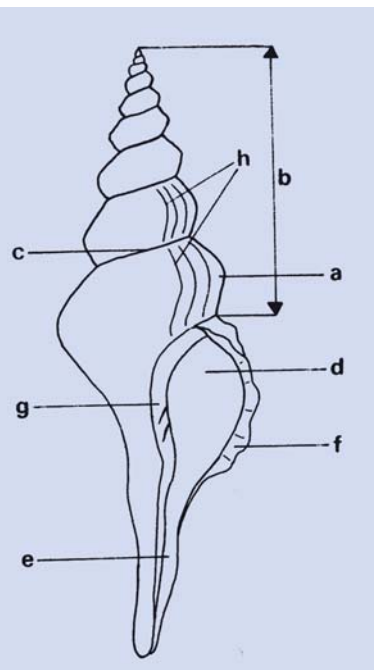
2 Kolabralny – dostosowany do kształtu wargi zewnętrznej, zgodny z kształtem linii wzrostu.
3 Periostrakum – zewnętrzna, złożona z substancji organicznej (konchioliny) warstwa muszli, chroniąca ją przed działaniem kwasów.
4 Ujście syfonostomatyczne – ujście z wargą przerwaną przez rynnę syfonalną lub wcięcie syfonalne.
5 Adapikalny – zbliżony do szczytu muszli, skierowany ku wierzchołkowi, wzdłuż osi lub w zbliżonym do osi kierunku.
6 Rynna – półokrągły, wydłużony występ adapikalnej części wargi zewnętrznej ujścia.

W strefie przybrzeżnej i na większej głębokości, na piaszczystym i mulistym podłożu. W morzach umiarkowanych i tropikalnych, głównie w Indopacyfiku.

Charonia tritonis L.

Muszla wrzecionowata, skrętka stożkowata, bardzo wysoka, o wypukłych skrętach. Muszla embrionalna kulista, rzadko zachowana u dorosłych osobników. Ostatni skręt bardzo szeroki. Cienkościenna. Powierzchnia zewnętrzna błyszcząca, z bardzo szerokimi fałdami i głębokimi podwójnymi lub potrójnymi rowkami oraz rozmieszczonymi co około 240° kolabralnymi zgrubieniami. Dwa do trzech najbliższych fałdów od strony adapikalnej skrętów poprzecznie karbowane. Ubarwienie kremowe albo żółtawokremowe z półksiężycowatymi, ciemnobrązowymi plamami na fałdach. Ujście szerokie, owalne. Wnętrze pomarańczowe, w miejscach fałdów białawe. Warga wewnętrzna z fałdami i rowkami, rowki ciemnobrązowe. Pierwszy fałd od strony szwu znacznie większy od pozostałych. Wrzeciono krótkie, rynna syfonalna krótka, odgięta. Warga zewnętrzna odgięta z 2–3 wąskimi zębami od strony adapikalnej, a dalej z około 9–10 szerokimi, niekiedy podwójnymi zębami. Wysokość: 100–480.

Występowanie: Indopacyfik: wschodnia Afryka, Polinezja, Hawaje, południowa Japonia, północna Australia, północna Nowa Zelandia oraz Morze Czerwone. Na większej głębokości, na rafie koralowej, na piaszczystym podłożu. Niezbyt częsty.



Rys. 2. Budowa muszli ślimaka: **a** – skręt; **b** – skrętka; **c** – szew; **d** – ujście; **e** – rynna syfonalna; **f** – warga zewnętrzna; **g** – warga wewnętrzna; **h** – linie wzrostu

Ranella gigantea L.

Jeden z największych ślimaków morskich. Muszla wrzecionowata, skrętka stożkowata, bardzo wysoka, o silnie wypukłych skrętach i pogłębionym szwie. Cienkościenna. Powierzchnia zewnętrzna z 6–8 wyraźnie wykształconymi, spiralnymi fałdami i bardzo licznymi drobniejszymi fałdami i rowkami oraz rozmieszczonymi co około 200° kolabralnymi zgrubieniami, na których fałdy tworzą wysokie żebra. Na falach bliższych szwu liczne drobne guzki tworzące poprzeczne żebra, a niekiedy grubsze fałdy. Ubarwienie kremowobiałe z nieregularnymi, brązowymi plamami. Cienkie, brunatnożółte periostrakum. Ujście owalne z wąskim kanałem adapikalnym. Wnętrze kremowożółte. Warga wewnętrzna odgraniczona z silnie wykształconym fałdem w pobliżu szwu, delikatnie rowkowana. Wrzeciono odgięte, rynna syfonalna dość długa, prosta. Warga zewnętrzna odgięta, z licznymi drobnymi zębami. Wysokość 100–200 mm.

Występowanie: Morze Śródziemne w części zachodniej po Sycylię, Wyspy Kanaryjskie i Azory, południowa Afryka, a także Australia i Nowa Zelandia. W strefie przybrzeżnej i do 2000 m głębokości, na mulistym podłożu. Niezbyt częsty.

A. Samek, *Muszle morskie mały przewodnik kolekcjonera*,
Muzeum Przyrodnicze Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN,
Kraków, 1992.

Edukacja przyrodnicza dzieci

w polskiej myśli pedagogicznej 1918–1939

JAN WNĘK

Po odzyskaniu przez Polskę niepodległości w 1918 roku przystąpiono do odbudowy szkolnictwa. Ówcześni teoretycy kształcenia układali programy nauczania, podnosząc potrzebę edukacji przyrodniczej dzieci. Analiza literatury pedagogicznej z tego okresu utwierdza nas w przekonaniu, że wówczas dobrze rozumiano potrzebę przekazywania przyrodniczej wiedzy. Panowało przekonanie, że przyroda ma doniosłe znaczenie dla wychowania, gdyż nie tylko kształtuje horyzonty myślowe dziecka, ale także uczy kochać rośliny i zwierzęta[1]. Ważną rolę w propagowaniu dydaktycznej myśli z zakresu przyrody odgrywały czasopisma, na łamach których toczyły się ciekawe dyskusje pedagogiczne.

Biorący udział w dyskursie zalecali zmianę dotychczasowych metod nauczania przyrody, zastąpienia ich nowymi, w pełni odpowiadającymi potrzebom czasu[2]. W literaturze pedagogicznej pojawiały się postulaty rozszerzenia zakresu przekazywanej dzieciom wiedzy: *„Uczmy”* – pisano w jednym z periodyków – *„patrzeć na świat uważniej, głębiej, ciasne widnokręgi świadomości dziecka rozszerzajmy, włączając w nie coraz więcej faktów, zagadnień, a nawet zagadek tajemnicą nurtujących myśl, które samodzielną pracą i wysiłkiem dziecka rozwiązywane będą”*[3]. Autorzy artykułów dawali wyraz wierze, że podczas lekcji przyrody trzeba przekazywać dzieciom jak najwięcej elementarnych wiadomości o życiu zwierząt i roślin, a także podawać im pewien zasób informacji o najważniejszych zjawiskach przyrody.

E. Boukołowska podkreślała potrzebę kształcenia w dzieciach umiejętności świadomego i celowego obserwowania zjawisk oraz orientowania się w związkach zachodzących między nimi. „Cała nauka” – pisała – „musi być oparta na obserwacjach i badaniach, wynikających z naturalnych potrzeb życia codziennego. Należy zbliżać dzieci do świata istot żywych, dać im możność częstego stykania się z tym, co żyje (nie tylko z „życiem człowieka”); wyrobi to w nich poszanowanie życia we wszystkich jego przejawach i wywoła uczuciowy stosunek do przyrody ojczystej”[4].

Teoretycy i praktycy kształcenia radzili, aby przy nauczaniu przyrody w szkole powszechnej zwracać uwagę na pory roku, zachęcać dzieci do obserwacji takich zjawisk, jak: topnienie śniegu, życie roślin (zalecano, aby dzieci obserwowały, jak zmienia się barwa trawy wraz z rozwojem wegetacji, jak rozwijają się kwiaty wiosenne: przebiśnieg,

1 A. Janowski, *Czynnik przyrody w wychowaniu*, „Opieka nad Dzieckiem” 1923, nr 1, s. 28; M. Sokołowski, *Ochrona przyrody w szkole. Wartość idei ochrony przyrody w wychowaniu i kształceniu młodzieży*, Kraków 1927.

2 K. Łuczek, *Cel nauki przyrody w szkole powszechnej*, „Przyjaciel Szkoły” 1926, z. 6, s. 139; S. Kulczyński, *„Dlaczego?” czy „Jak?”. Kilka uwag z dydaktyki nauk przyrodniczych*, „Szkoła i Wiedza” 1928, z. 5–6, s. 213–216.

3 G. Wuttke, *Muzea szkolne*, „Praca Szkolna” 1927, nr 9, s. 269.

4 E. Boukołowska, *Jak wyzyskać praktyczne wycieczki jesienne przy nauczaniu przyrody w klasach łączonych V, VI i VII*, „Praca w Klasach Łączonych” 1933, nr 1, s. 13.

podbiał, stokrotki, bluszczyk kurzybanek, ziarnopłon); zalecano także obserwację przez dzieci drzew (dzieci miały zwracać uwagę, jak rozwijają się pąki, ukazują zielone listki). Dzieci w wieku przedszkolnym ukierunkowywano także na obserwacje życia zwierząt (np. zachowanie ptaków w porze wiosennej, życie owadów)[5].

W polskiej literaturze pedagogicznej okresu międzywojnia dominowały wypowiedzi, że realizacja zajęć praktycznych z zakresu przyrody powinna odbywać się w odpowiednio do tego przystosowanych ogrodach szkolnych. Ciekawe ujęcie tych zagadnień stanowił artykuł Janiny Antoniewicz pt. *Znaczenie ogrodu szkolnego, jako środka wychowawczego i pomocniczego przy nauczaniu przyrody.* Autorka stwierdziła, że ogród szkolny jest ważnym środkiem urzeczywistnienia idei pracy szkolnej, a to dzięki „połączeniu pracy ręcznej z czynną, samodzielną pracą duchową ucznia"[6]. Antoniewicz argumentowała, że nie jest celem ogrodu szkolnego „nauczanie ogrodnictwa lub wyprodukowanie pewnej ilości warzyw czy owoców przy pomocy ucznia, ale wyrobienie w uczniu zdolności do samodzielnego obserwowania roślin i zwierząt, w warunkach możliwie naturalnych, nawiązania ciągłego kontaktu z przyrodą, a przez pracę stworzenia ogrodu wychowawczego"[7]. Autorka uważała, że ogrody szkolne mogą dostarczać materiały dydaktyczne do zajęć lekcyjnych (np. różne rośliny).

Kształcenie z zakresu botaniki postulowano realizować na różne sposoby[8]. Bliższe poznanie flory miały umożliwić wycieczki[9]. Benedykt Fuliński, autor artykułu *Przyroda najbliżej okolicy jako materiał do nauki w szkole*, ogłoszonego w periodyku „Szkoła i Wiedza" z 1927 roku, radził zaprowadzić nauczanie przyrody na podstawie zjawisk dostarczanych przez najbliższe otoczenie dziecka, a w dalszej kolejności dopiero rozszerzanie ich o wiedzę przyrodniczą spoza obszaru, z którego pochodzi dziecko.

Fuliński chciał, by edukacja przyrodnicza dzieci rozpoczynała się od zaznajomienia ich z rzeźbą terenu. Ułatwić to miały odpowiednie mapy: „Dla ucznia rzeczy te nie są trudne, przeciwnie, są nawet zajmujące, zwłaszcza w terenie morfologicznie urozmaiconym. Interpretowanie mapy, robienie szkiców, nawet łatwych pomiarów, analizowanie materiału skalnego, jego jakości i z tą jakością związanych form erozyjnych, rozprzestrzenienie tego materiału, ścisły związek między nim a jakością flory i fauny, a nawet człowiekiem – to są zagadnienia zupełnie elementa[10].

Autor zalecał gromadzić materiały przyrodnicze, apelował do nauczycieli, aby zachęcali dzieci do robienia zielników i układania tablic z roślin zasuszonych. Podobne wskazówki dawał w odniesieniu do zoologii.

Na kartach czasopism dyskutowano o sposobach przekazywania dzieciom szkół powszechnych wiedzy o faunie[11], planowaniu pracy dydaktycznej w zakresie przyrody[12], realizacji wytycznych programu nauczania, pomocach dydaktycznych. Karol Burghart twierdził, że ważnym środkiem pomocniczym w nauczaniu przyrody za-

5 M. Majkowska, *Obserwacje przyrodnicze w okresie wiosennym*, „Wychowanie Przedszkolne" 1931, nr 2, s. 43–46.
6 J. Antoniewicz, *Znaczenie ogrodu szkolnego, jako środka wychowawczego i pomocniczego przy nauczaniu przyrody*, „Praca Szkolna" 1928, nr 7, s. 212.
7 Ibidem.
8 M. Sokołowski, *Nauka botaniki w świetle ochrony przyrody*, „Przyjaciel Szkoły" 1926, z. 6, s. 131; J. Kondracki, *O nauczaniu botaniki w szkole powszechnej*, „Przyjaciel Szkoły" 1926, z. 6, s. 141.
9 S. Kulczyński, *Botaniczna wycieczka do lasu bukowego na wiosnę*, „Szkoła i Wiedza" 1928, z. 8, s. 229–234.
10 B. Fuliński, *Przyroda najbliżej okolicy jako materiał do nauki w szkole*, „Szkoła i Wiedza" 1927, z. 1, s. 63.
11 A. Włoczewski, *Jak rozwijać u dzieci współczucie dla zwierząt*, „Praca Szkolna" 1922, nr 6, s. 94–95.
12 S. Nowaczyk, *Planowanie pracy dydaktycznej w zakresie przyrody żywej w klasie V i VI*, „Praca Szkolna" 1936/7, nr 1, s. 11–18.

równo żywej, jak i martwej jest umiejętne wykorzystanie rysunku schematycznego, utrwalającego szczegóły zaobserwowanych zjawisk, procesów i form przyrodniczych w całości bądź też w ich fragmentarycznym ujęciu. Burghart cenił szczególnie rysunki szkicowe, dostrzegając w nich wydatną pomoc w nauczaniu przyrody[13].

Teoretyczne rozważania na temat edukacji przyrodniczej dzieci były interesujące, dobrze ujmowały istotę celów, treści i metod zajęć przyrodniczych. Autorzy dowodzili potrzeby zainteresowania dzieci przyrodą, wyjaśniania im niektórych zjawisk fizycznych i biologicznych. Twórcy bogatej literatury z zakresu nauczania przyrody wykazywali, że w nauczaniu tego przedmiotu istotną rolę może odegrać ogród szkolny, gdzie dzieci będą naocznie obserwować rozwój roślin, poprzez pracę w nim kształtować charakter, zamiłowanie do pracy fizycznej. Wydaje się, że pomysły dydaktyczne niektórych autorów były nowatorskie jak na swój czas, inspirowały nauczycieli szkół powszechnych do wytrwałej pracy z dziećmi.

dr **JAN WNĘK**
Zakład Pedagogiki, PWSZ Krosno

13 K. Burghart, *Rysunek w nauczaniu przyrody*, „Praca Szkolna" 1938/39, nr 1–2, s. 40.

PRENUMERATA 2012

Zamów prenumeratę przez Internet edupress.pl kiosk24.pl raabe.com.pl

I. PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM WYDAWCY

Zamawiając roczną prenumeratę czasopism za pośrednictwem Wydawcy, otrzymują Państwo promocyjny rabat od ceny czasopisma w wysokości 5%.
Prenumeratę za pośrednictwem Wydawcy można zamówić:

- ***przez Internet***, zakładka „Prenumerata" na stronie www.edupress.pl;
- ***e-mailem***: 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** – Zamówienia drogą elektroniczną: www.prenumerata.ruch.com.pl
   Termin przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową do 5. dnia każdego miesiąca poprzedzającego okres rozpoczęcia prenumeraty.
2. **GARMOND PRESS** – www.garmondpress.pl, tel. (22) 836 70 08, 836 69 21
3. **KOLPORTER S.A.** – Prenumeratę instytucjonalną można zamawiać w oddziałach firmy Kolporter S.A. na terenie całego kraju.
   Informacje pod numerem infolinii 801 205 555 lub na stronie internetowej http://dp.kolporter.com.pl/

III. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ POCZTĘ POLSKĄ:

4. Zamówienia we wszystkich **urzędach pocztowych** lub u **listonoszy.** Zamówienia drogą elektroniczną – www.poczta-polska.pl/prenumerata. Infolinia: 801 333 444.

IV. PRENUMERATA ZAMAWIANA PRZEZ INTERNET – www.kiosk24.pl. katalog Edukacja, oświata.

V. SPRZEDAŻ NUMERÓW ARCHIWALNYCH z 2011 r. za pośrednictwem Wydawcy pod adresem: prenumerata@raabe.com.pl.
Wydania z lat 2010 i 2009 są dostępne wyłącznie w wersji elektronicznej za pośrednictwem Wydawcy www.raabe.com.pl.

Liczba wydań w 2012 r. (I i II półrocze)		Tytuł czasopisma	Cena 1 wyd. w 2012 r. (w tym 5% VAT)	Prenumerata roczna w 2012 r. (w tym 5% VAT)	Prenumerata na I półrocze 2012 r. (w tym 5% VAT)
MIESIĘCZNIKI	11 (6+5)	Matematyka	15,50	170,50	93,00
		Polonistyka	15,50	170,50	93,00
		Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne	18,50	203,50	111,00
		Wychowanie w Przedszkolu	17,50	192,50	105,00
		Życie Szkoły dla klas 1–3	16,50	181,50	99,00
DWUMIESIĘCZNIKI	6 (3+3)	Biblioteka. Szkolne Centrum Informacji	18,50	111,00	55,50
		Biologia w Szkole			
		Chemia w Szkole			
		Fizyka w Szkole			
		Geografia w Szkole			
		Polski w Praktyce			
		Wiadomości Historyczne			
		Emocje – czasopismo wychowawców, pedagogów i psychologów oraz rodziców	9,90	59,40	29,70
		Język Niemiecki	22,50	135,00	67,50

Polubić nauki ścisłe

Licealiści uczą się przedmiotów ścisłych, bo widzą w tym sens, ale nie przepadają za nimi – oto jeden z wniosków badania „Barometr edukacyjny Bayer".

MONIKA LECHOWSKA

Najbardziej lubianym przedmiotem ścisłym polskich licealistów jest matematyka (wskazało ją 31,5% respondentów), następnie biologia (29,5%), chemia (25%) i fizyka (17,9%). Listę ulubionych przedmiotów licealistów otwierają języki obce oraz język polski (odpowiednio 42,5 i 32%). Licealiści cenią matematykę jako przedmiot rozwijający intelekt i zdolność logicznego myślenia. Biologia jest lubiana ze względu na walory poznawcze wynikające z jej empirycznego charakteru, natomiast chemia i fizyka – ze względu na realizowane doświadczenia.

Oto wnioski z ogólnopolskiego badania „Barometr edukacyjny Bayer" przeprowadzonych przez Millward Brown SMG/KRC na zlecenie Bayer w październiku 2011 r. Ich celem było zdiagnozowanie postaw polskich licealistów względem nauk ścisłych. Badania są elementem programu promocji nauk ścisłych wśród młodzieży, realizowanego pod patronatem Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Jej Magnificencji Rektora Politechniki Warszawskiej.

Wyniki badania pokazują duże pole do działania także ze strony biznesu, by z jednej strony zaktywizować i zachęcić młodzież do studiowania nauk ścisłych, z drugiej tworzyć miejsca pracy, gdzie zdobyta wiedza znalazłaby zastosowanie. Bayer jest firmą, dla której innowacje i rozwój nauki stanowią integralną część strategii biznesowej. Wyraża to motto firmy: „Bayer. Science For A Better Life" – podkreślił dr Dirk Ehle, prezes zarządu Bayer Sp. z o.o.

Przedmioty ścisłe a przyszły zawód

Licealiści zapytani o przedmioty, których uczą się pod kątem przyszłej pracy zawodowej, na pierwszym miejscu wymieniają języki obce, na drugim – matematykę, na trzecim – biologię. Chemia i fizyka plasują się na piątym i szóstym miejscu (za językiem polskim). W odniesieniu do kariery zawodowej licealiści doceniają matematykę za możliwość pracy w różnych zawodach, fizykę – za sposobność znalezienia pracy za granicą, a pracę związaną z chemią i biologią uważają za rozwijającą.

Licealiści najczęściej spodziewają się, że ich praca zawodowa – poza walorami płacowymi – będzie ciekawa i zgodna z zainteresowaniami (69,8%). Jednocześnie dostrzegają korzyści, jakie niesie nauka przedmiotów ścisłych dla ich życia zawodowego. Matematyka daje możliwość zatrudnienia w wielu zawodach (83,8%), biologia i chemia zapewnią ciekawą, rozwijającą pracę (odpowiednio 75,4 oraz 72,8% wskazań), dzięki fizyce łatwo znaleźć zatrudnienie za granicą (64,9%).

Jednocześnie licealiści deklarują wolę związania przyszłości z ulubionym przedmiotem ścisłym: 33,8% miłośników fizyki i 28,4% matematyki będzie kontynuowało naukę na kierunkach ścisłych, w tym politechnicznych, 33,8% uczniów lubiących chemię i 31,8% biologię – na kierunkach medycznych.

Fascynujące doświadczenia

Zrozumienie pojęć z zakresu nauk ścisłych wymaga dużego nakładu pracy, dobre-

go przygotowania, wielu ćwiczeń, rozwijania logicznego myślenia i pomocy dorosłych w tej żmudnej pracy – mówi dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska z Zakładu Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, konsultant merytoryczny programu „Barometr edukacyjny Bayer". *Czynnikiem wpływającym na emocje i powodującym zwiększenie atrakcyjności przedmiotu są doświadczenia*.

Zarówno badania, jak i opinie ekspertów potwierdzają, jak istotne dla motywacji młodych ludzi jest ukazanie fascynującego, doświadczalnego oblicza nauk ścisłych – mówi Dirk Ehle, prezes zarządu Bayer Sp. z o.o. *Dlatego w przyszłym roku, w ramach zainicjowanego przez nas programu promocji nauk ścisłych, uruchomimy w Warszawie showroom Bayer, w którym będziemy organizować lekcje z wykorzystaniem różnego rodzaju eksperymentów*.

Wyzwania przyszłości, takie jak starzenie się społeczeństw i wzrost liczby ludności świata, niosą nowe wymagania względem nowoczesnych leków, pozyskiwania żywności i energii – wyjaśnia prof. Günter Benz, Corporate Development Innovation Science Relation, Bayer AG. *Ogromna jest tu rola innowacyjności wypracowywanej przez nauki ścisłe i techniczne. Bayer jako firma zatrudniająca ponad 10 000 pracowników w dziale badań i rozwoju ma świadomość tych globalnych trendów*.

Badanie „Barometr edukacyjny Bayer" zrealizował instytut Millward Brown SMG/KRC w październiku 2011 r. metodą ankiety audytoryjnej na próbie 543 uczniów klas pierwszych liceów ogólnokształcących w całym kraju.

* * *

Podczas debaty, która odbyła się w listopadzie na Politechnice Warszawskiej z inicjatywy firmy Bayer, zastanawiano się nad najskuteczniejszymi sposobami promowania nauk ścisłych wśród młodzieży. Honorowy patronat nad debatą objęli: Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Rektor Politechniki Warszawskiej.

Punktem wyjścia dyskusji przedstawicieli świata nauki, mediów i biznesu były wyniki badania „Barometr edukacyjny Bayer". Wykazały one, że licealiści wprawdzie uczą się przedmiotów ścisłych, ale nie przepadają za nimi. W badaniach licealiści wskazali na języki obce jako ulubiony przedmiot. *Nauki ścisłe są filarem, na którym opiera się cywilizacja* – mówił prof. Robert Hołyst, dyrektor Instytutu Chemii Fizycznej PAN. *Jeżeli uczniowie lubią języki obce, to fizyka, matematyka i chemia to są właśnie swego rodzaju języki obce, a naukowcy to tłumacze, którzy uczą, jak z nich korzystać*.

Jak przekazać licealistom pasję do nauk ścisłych? Szkoła i dom rodzinny jako miejsce motywacji młodego człowieka oraz nauczyciel, który dzieli się swoim zapałem – na te czynniki zwracali uwagę uczestnicy debaty.

Najważniejsze są emocje – mówił Marek Golka, nauczyciel fizyki, który wykształcił ponad 100 laureatów olimpiad. *To właśnie nauczyciel może rozniecić w młodych ciekawość świata: ukazać piękno nauk ścisłych i dzielić się pasją. Z moich doświadczeń wynika, że młodzi doskonale reagują na takie podejście*.

Dom rodzinny i szkoła to miejsca motywacji uczniów – mówiła dr Stefania Elbanowska-Ciemuchowska z Zakładu Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. *Wskazujmy powiązanie nauki z życiem i to,*

do czego można wykorzystać wiedzę w praktyce. Dlatego tak ważne są eksperymenty, doświadczenia, zadania logiczne.

Dajmy młodym ludziom odnosić sukcesy, niech zbyt wysoki poziom różnego rodzaju konkursów i olimpiad nie niweczy ich nadziei – apelował prof. Władysław Wieczorek, prorektor Politechniki Warszawskiej. *Każda inicjatywa mająca na celu promowanie nauk ścisłych jest dla Politechniki Warszawskiej cenna. Bardzo ważna jest również współpraca z biznesem, czego przykładem są programy firmy Bayer*.

Świat biznesu chce kształtować pasje naukowe, dlatego Bayer uruchomi w Warszawie showroom, w którym będziemy organizowali lekcje pokazowe oraz liczne doświadczenia adresowane do młodzieży – zadeklarował Dirk Ehle, prezes zarządu Bayer Sp. z o.o. *Promocja nauki w Polsce jest jednym z priorytetów naszych działań w zakresie odpowiedzialności społecznej*.

Cywilizacja stawia wyzwania związane z procesem starzenia się społeczeństw, zapotrzebowania na nowoczesne leki oraz źródła energii – powiedział prof. Günter Benz, Corporate Development Innovation Science Relation, Bayer AG. *Potrzebujemy doskonale wykształconych innowatorów, a proces ten z natury rzeczy jest długotrwały. Dlatego im wcześniej zaczniemy promować przedmioty ścisłe, tym lepiej*.

Kolejne konkluzje debaty znajdują się w filmie pod adresem: http://www.facebook.com/pages/Making-Science-Make-Sense/257208944337144?sk=app_313027088716601#!/pages/Making-Science-Make-Sense/257208944337144?sk=wall.

Oświadczenia dotyczące przyszłości

Niniejszy komunikat prasowy może zawierać dotyczące przyszłości oświadczenia opierające się na aktualnych założeniach i prognozach Grupy Bayer lub zarządów poszczególnych podgrup. Istnieje wiele znanych oraz nieznanych rodzajów ryzyka, niewiadomych oraz innych czynników, które mogą spowodować znaczące różnice pomiędzy rzeczywiście osiągniętymi w przyszłości wynikami, sytuacją finansową firmy oraz tempem jej rozwoju a wartościami szacunkowymi zawartymi w niniejszym dokumencie. Do czynników tych należą również te, które zostały opisane w publicznych sprawozdaniach firmy Bayer dostępnych pod adresem www.bayer.com. Firma nie ponosi żadnej odpowiedzialności za aktualizację takich dotyczących przyszłości oświadczeń ani za porównywanie ich zgodności z jakimikolwiek przyszłymi wydarzeniami.

MONIKA LECHOWSKA
monika.lechowska@bayer.com

„Biologia w Szkole" w wersji cyfrowej!

Nasze czasopismo można kupić i zaprenumerować w wersji cyfrowej, w postaci pliku PDF, na następujących platformach:

www.raabe.com.pl, www.zixo.pl, www.kiosk24.pl.

Wydania archiwalne można zamówić poprzez naszą stronę internetową:

www.edupress.pl.

Jak motywować uczniów do związania przyszłości z naukami ścisłymi?

– rady eksperta

Pierwsze fascynacje przedmiotem można kształtować już od najwcześniejszych lat życia. Albert Einstein wspominał, jak ogromne wrażenie zrobił na nim magnes, który zobaczył jako dziecko. Oddziaływanie na emocje człowieka bardziej skuteczne jest w młodszym wieku szkolnym i wcześniej. Do takich przeżyć uczeń wraca, to są początki budzących się zainteresowań.

STEFANIA ELBANOWSKA-CIEMUCHOWSKA

Praca nad rozwojem myślenia:

- należy pomagać w stopniowym przechodzeniu od konkretnego do formalnego sposobu myślenia – dostarczać okazji do rozumowania;
- stawiać przed uczniem problemy na miarę jego możliwości intelektualnych;
- nie doprowadzać do sytuacji, aby uczniowie znajdujący się na wyższym etapie myślenia nudzili się na lekcji;
- indywidualizować metody nauczania – już na wstępnym etapie nauczania przedmiotów ścisłych;
- pomocne są różnego rodzaju zadania wymagające swobodnego operowania logiką zdań, m.in. samodzielne budowanie prostych dowodów i logiczne uzasadnianie twierdzeń.

W okresie licealnym aktywność umysłowa ucznia powinna opierać się na zdolności dokonywania operacji myślowych na zdaniach hipotetycznych. Młodzież powinna potrafić wydedukować potencjalną zależność, której istnienie może sama potwierdzić przez eksperyment lub obserwację.

Praca nad rozwojem motywacji ucznia:

- wpływać na emocje, informować o ludziach, z którymi uczeń mógłby się utożsamiać, wskazywać na przydatność wiedzy w życiu zawodowym;
- proponować doświadczenia pokazowe oraz uczniowskie – pozwalają lepiej zrozumieć prawa i zasady przyrody nawet tym uczniom, którzy nie osiągnęli jeszcze abstrakcyjnego poziomu myślenia;
- zapewnić współpracę szkół z ośrodkami naukowymi, do których uczniowie mogliby udawać się z określonymi tematami;
- pokazywać związek między wiedzą teoretyczną a praktyczną, jej wykorzystaniem w życiu codziennym;
- dużą rolę do odegrania mają podręczniki szkolne – praktycznym ujęciem tematów mogłyby zwiększyć swoją atrakcyjność.

Praca nad przygotowaniem nauczycieli przedmiotów ścisłych:

- właściwa forma przekazu wiedzy przez nauczyciela;
- osobowość nauczyciela – sam musi żyć w zachwycie swoim przedmiotem, aby ten entuzjazm przekazać uczniom. Wtedy dostrzegą oni podziw dla niezwykłych osiągnięć człowieka i nauka ścisła może stać się dla nich porywająca.

Rola rodziców w kształtowaniu zainteresowania naukami ścisłymi:

- uczestnictwo w różnego rodzaju imprezach naukowych: festiwalach, piknikach, wycieczkach oraz konkursach przedmiotowych i olimpiadach.

Powyższe działania sprawią, że uczniowie będą wybierać przedmioty ścisłe nie tylko dlatego, że są przydatne w dalszej edukacji, ale również dlatego, że będą budzić ich fascynację.

dr **STEFANIA ELBANOWSKA-CIEMUCHOWSKA**
Zakład Dydaktyki Fizyki IFD, Wydział Fizyki
Uniwersytetu Warszawskiego,
Konsultant merytoryczny programu „Barometr edukacyjny Bayer"

Nowinka

Wszyscy wiemy, że wysuszony i sproszkowany korzeń żeń-szenia (*Panax ginseng* C. A. Meyer) jest cenionym składnikiem wielu leków ziołowych, w szczególności stosowanych przez tradycyjną medycynę Dalekiego Wschodu. Wykazano, że zawiera on niezwykle dużo ginsenozydów (związki z grupy saponin triterpenowych), którym przypisuje się działanie przeciwzapalne i przeciwnowotworowe. Co ciekawe, związki te nie działają bezpośrednio na nasz organizm, ponieważ nie mogą być wchłaniane przez układ pokarmowy, w szczególności jelita. Badacze wykazali, że ginsenozydy leczą dzięki bakteriom zasiedlającym nasz przewód pokarmowy.

Bakterii jelitowych są miliardy. Nie tylko jest ich dużo, ale także są niezwykle różnorodne. Szacuje się, że w jelitach występują tysiące gatunków bakterii i archeonów. Wszystkie one tworzą zbiorowość nazywaną biomem, która różni się, czasem nawet bardzo, u różnych ludzi. U niektórych z nas biom mikrobialny zawiera bakterie przekształcające ginsenozydy w związki biologicznie aktywne, które mogą być pobierane przez jelita, w konsekwencji działając leczniczo na cały nasz organizm. Również genipozyd występujący w suchych owocach gardenii jaśminowatej (*Gardenia jasminoides*) jest przekształcany przez bakterie flory jelitowej do genipiny, która podobnie jak ginsenozyd wykazuje aktywność przeciwzapalną i antynowotworową.

Leki ziołowe mogą przyczyniać się do poprawy naszego zdrowia, wpływając na skład flory jelitowej. Przykładowo, ekstrakty z liści miłorzębu (*Ginkgo* sp.) powodują namnażanie się w naszych jelitach korzystnych dla naszego zdrowia bakterii jelitowych z rodzajów *Lactobacterium* i *Biphidobacterium*.

Wiedza o działaniu niektórych leków ziołowych za pośrednictwem naszej jelitowej flory bakteryjnej nie jest niczym nowym. W latach 50. ubiegłego wieku postulował to dr Wei Xi. Jednak dopiero od niedawna, dzięki nowym technikom sekwencjonowania DNA (ang. *next generation sequencing*) i możliwości analizy metagenomów, istnieje możliwość ustalenia relacji pomiędzy składem flory jelitowej a stanem naszego zdrowia. Prowadzone badania są na bardzo wczesnym etapie, lecz już dziś wiadomo, że we florze jelitowej osób dotkniętych chorobą Leśniowskiego-Crohna prawie nie występują, normalnie pospolite, bakterie *Faecalibacterium prausnitzii*. Przypuszcza się, że w jakiś sposób chronią one nasze jelita.

Wydaje się, że z roślin powszechnie spotykanych w naszych ogródkach wpływ na florę jelitową ma napar z rumianku, ponieważ u osób, które go zażywały, obserwuje się zmiany w składzie moczu utrzymujące się jeszcze bardzo długo po przerwaniu jego zażywania. Przypuszcza się, że jest to efekt zmiany metabolizmu naszych bakterii jelitowych pod wpływem czegoś, co zawiera napar.

Na podstawie: Crow J.M., *Microbiome: That healthy gut feeling*, „Nature" 2011, t. 480, s. 88–89.

Biologów czekają kolejne zmiany

Zmiany w podstawie programowej to temat elektryzujący nauczycieli, a także rodziców. Choć zakończenie realizacji reformy zainicjowanej w 2008 r. planowane jest na rok szkolny 2016/2017, co roku przynosi ona wiele niewiadomych. W przyszłym roku zmiany czekają uczniów klas IV szkół podstawowych i I szkół ponadgimnazjalnych, a jeszcze większe licealistów w roku szkolnym 2013/2014. Nauczyciele staną nie tylko przed koniecznością zmiany podręczników i dostosowania się do nowych wymagań, ale także zbliżającą się perspektywą wprowadzenia przyrody w szkołach ponadgimnazjalnych.

JOANNA OSTROWSKA

Więcej samodzielnego myślenia

Jednym z najważniejszych czynników wpływających na zmiany w procesie dydaktycznym w szkołach podstawowych jest wprowadzenie obowiązku szkolnego dla sześciolatków. Choć było ono zapowiadane już na wrzesień 2012 r., to obecnie zostało odłożone o dwa lata. Jednak część rodziców sześciolatków miała możliwość posłać swoje dzieci do I klasy już w 2009 r. W kolejnych klasach II, III i IV jest więc coraz więcej uczniów o rok młodszych niż przed reformą.

– Ten rok różnicy oznacza zupełnie inne potrzeby edukacyjne oraz możliwości intelektualne uczniów z obu grup wiekowych. Dlatego część zagadnień omawianych do tej pory np. w klasie III trzeba teraz przesunąć do klasy IV, żeby dzieci dały sobie z nimi radę. Musi to być oczywiście odzwierciedlone w podręcznikach, a nie jest to łatwe, bo klasy będą przez pewien okres „mieszane" pod względem wieku. Część zmian trzeba więc wprowadzać nie tyle w samym podręczniku, ile w obudowie dydaktycznej dla nauczycieli, dając im w ten sposób narzędzia dostosowujące zajęcia do potrzeb obu grup – mówi Robert Kuc, redaktor naczelny wydawnictwa edukacyjnego Klett.

Podobnie jak w przypadku nauczania innych przedmiotów, tak również przy naukach przyrodniczych twórcy reformy kładą nacisk na kształtowanie postawy badawczej wśród uczniów i umiejętności wyszukiwania informacji w rozmaitych źródłach. Nauka ma być realizowana nie tylko w klasie, na bazie podręcznika, ale także poza szkołą, podczas zajęć w ogrodzie botanicznym, parku, gospodarstwie rolnym itp. Dzięki temu ma stać się mniej abstrakcyjna i bardziej praktyczna.

Przyroda nie tylko w podstawówkach

Przyszłoroczni pierwszoklasiści szkół ponadgimnazjalnych także staną w obliczu zmian podstawy programowej. Spora część z nich zakończy w przyszłym roku naukę biologii, chemii, fizyki czy geografii. Według reformy osoby, które chcą zdawać na maturze egzaminy z nauk humanistycznych, nie będą kontynuowały nauki przedmiotów przyrodniczych. Zamiast tego

Czy zmiany w podstawie programowej spowodują, że sale wykładowe wyższych uczelni zapełnią się przygotowaną do studiów młodzieżą?

od roku szkolnego 2013/2014 rozpoczną naukę przyrody jako uzupełniającego przedmiotu, który ma być obowiązkowy dla humanistów.

– W przypadku przedmiotów takich jak np. historia, biologia czy geografia klasa I ponadgimnazjalna ma stanowić uzupełnienie i zamknięcie cyklu nauczania rozpoczętego w gimnazjum. W klasach II i III przedmioty te będą nauczane tylko w zakresie rozszerzonym dla uczniów zdających z tych dziedzin maturę rozszerzoną. Upraszczając, można powiedzieć, że przyszli humaniści oprócz przedmiotów kierunkowych będą mieli w klasach II i III jeden zbiorczy przedmiot uzupełniający – przyrodę (zamiast biologii, chemii, fizyki i geografii), a ci, którzy wybierają się na studia ścisłe i przyrodnicze, będą uczęszczać na uzupełniający przedmiot, czyli historię i społeczeństwo. Te zmiany wymagają napisania wielu podręczników licealnych od nowa – wyjaśnia Robert Kuc z wydawnictwa Klett.

Nadchodzące zmiany to także wiele wyzwań dla nauczycieli – muszą między innymi zapoznać się ze szczegółowymi zmianami w podstawie programowej i dostosować się do nich, czasem rezygnując z części rozwiązań sprawdzonych przez lata. Konieczne będzie także zmierzenie się ze zbliżającą się perspektywą zmian, jakie niesie ze sobą redukcja zajęć z przedmiotów przyrodniczych w szkołach ponadgimnazjalnych.

– Generalnie można stwierdzić, że nauczyciele w szkołach ponadgimnazjalnych stoją przed licznymi znakami zapytania. Wiąże się to między innymi z tym, że wprowadzony zostanie nowy przedmiot – przyroda, zamiast biologii, geografii, fizyki oraz chemii. Konieczne będzie powołanie nauczycieli, którzy będą mogli prowadzić zajęcia w jego ramach. Wcześniej, aby zostać nauczycielem przyrody, należało ukończyć odpowiednie studia podyplomowe. Teraz nauczyciele, między innymi biologii, będą mogli nauczać przyrody w liceach bez dyplomu takich studiów. Będzie to zależało od dyrektora. Pytanie, jakie kryteria trzeba będzie spełnić. Kolejnym problemem jest to, jak ma wyglądać przyroda w szkołach ponadgimnazjalnych. Ogólne ramy zostały przyjęte, ale nadal przedmiot ten jest niedookreślony przez ministerstwo – mówi Ewa Frąckowiak, nauczycielka biologii i przyrody, ekspert wydawnictwa Klett.

Na dokładne interpretacje reformy w szkołach gimnazjalnych chyba będziemy musieli jeszcze poczekać. Jedną z metod na pogłębienie wiedzy na ten temat są spotkania dla nauczycieli organizowane przez wydawnictwa. W trakcie takich konferencji i warsztatów przedstawiane są i objaśniane najważniejsze zmiany. Dla wielu nauczycieli jest to okazja do uzupełnienia swojej wiedzy i poznania szczegółów dotyczących nowości planowanych na następny rok szkolny.

Co zrobić, aby uczniowie polubili lekcje biologii?

Przedmioty ścisłe stają się coraz bardziej popularne. Jak podaje firma Millward Brown SMG/KRC, która przeprowadziła ogólnopolskie badania na uczniach liceów ogólnokształcących, 29,5% z nich wybrało biologię jako ulubiony przedmiot ścisły, co daje jej drugie miejsce w tej kategorii. Pomimo zainteresowania nauką uczniowie nadal narzekają na zbyt tradycyjną formę prowadzenia lekcji. Co zrobić, aby zajęcia z biologii były interesujące?

MAGDA ASSAF

Biologia jest specyficznym przedmiotem zaliczanym do nauk przyrodniczych. Posiada większość cech nauk ścisłych, ale jej walory poznawcze sprawiają, że interesują się nią także humaniści. Skuteczne przekazywanie wiedzy biologicznej nie należy więc do najprostszych zadań. Przed nauczycielami stoi prawdziwe wyzwanie. Lekcje powinny być tak skonstruowane, aby rozwijać zainteresowanie przedmiotem i jednocześnie rozbudzać pasję w uczniach mniej przekonanych do tej nauki.

Zbawienna moc multimediów

Jednym z pomysłów na ciekawą lekcję biologii lub przyrody jest wykorzystanie multimediów. Zastosowanie technologii informacyjnej na lekcjach umożliwia przedstawienie i wytłumaczenie wielu procesów biologicznych, które uczniowie do tej pory musieli sobie wyobrazić. Prezentacja filmów czy zdjęć zawsze wzbudza większe zainteresowanie niż tradycyjne opowiadanie o zjawiskach przyrody. Aktywizowanie uczniów poprzez pozwolenie im na samodzielne zdobycie potrzebnych informacji sprawi, że będą bardziej zaangażowani. Przykładem może być poproszenie uczniów o znalezienie informacji o taksonomii poszczególnych organizmów czy też przygotowanie porównania np. mszaków i paprotników.

Istnieją strony internetowe, które w znacznym stopniu ułatwiają nauczycielowi pracę. Na przykład portal Interklasa. pl przygotował lekcje on-line z gotowym scenariuszem, ze zdjęciami, z planszami oraz literaturą potrzebną do prowadzenia zajęć. Portal oferuje również quizy dla uczniów oraz wiele ciekawostek przyrodniczych. Internet daje możliwości stworzenia interaktywnych ćwiczeń, testów, quizów czy krzyżówek, pozwalające na powtórzenie i utrwalenie materiału poznawanego na lekcji.

W tym celu można wykorzystać gotowe już materiały zawarte np. na stronie internetowej www.biologia.stencel.info.

Na rynku istnieje obecnie szeroki wachlarz multimedialnych programów edukacyjnych, które często stanowią dodatek do podręczników, jako uzupełnienie lekcji. Zawierają one wiele ciekawych materiałów, jak zdjęcia, filmy, trójwymiarowe animacje czy symulacje komputerowe.

– Takie programy zostały stworzone z myślą o ułatwieniu pracy nauczyciela i uatrak-

cyjnieniu lekcji. Cieszą się one coraz większą popularnością, ponieważ często stanowią gotowy do wykorzystania scenariusz zajęć. Nauczyciel nie musi się już głowić, jak sprawić, by zainteresować uczniów lekcją, ponieważ tego typu ćwiczenia zapewniają różnorodność. Wykorzystując programy wyłącznie renomowanych wydawnictw, dydaktyk może być pewien, że materiał został rzetelnie przygotowany przez zespół ekspertów i nie musi obawiać się nieścisłości, na jakie może natrafić w internecie – mówi Ewa Frąckowiak, nauczycielka biologii, autorka podręcznika do przyrody wydawnictwa Klett.

Dla bardziej zainteresowanych i ambitnych uczniów dobrze jest przygotować kilka pomysłów zajęć, które będziemy mogli wykorzystać do zaspokojenia głodu ich wiedzy. Kiedyś zwyczajem było podawanie literatury dodatkowej, a teraz można zaproponować tytuł programu na Discovery Channel lub numer popularnych pism przyrodniczych, w których będą opisane zagadnienia zbliżone do tematyki lekcji.

Można również wykorzystać kanał YouTube – podesłać uczniom linki np. do odcinków popularnonaukowych programów takich jak na Discovery. Taka praktyka może zaciekawić również uczniów nieprzekonanych do biologii. Obejrzenie bowiem modnego programu bardziej przemówi do uczniów niż nudne książki.

Praktyczne zastosowanie biologii

Warto pamiętać, że biologia jest nauką o przyrodzie, którą napotykamy każdego dnia. Pokazanie uczniom „na żywo" pewnych zjawisk jest najlepszym sposobem na przybliżenie zjawisk natury. Przeniesienie lekcji poza szkolną klasę często zachęca uczniów do głębszego analizowania tematu. Dlatego pomocnym rozwiązaniem są zajęcia terenowe, które dają możliwość obserwacji przyrody, a co ważniejsze – pomagają lepiej utrwalić w pamięci omawiany materiał.

– Takie zajęcia sprzyjają nauce poprzez zabawę. Jest tutaj cały szereg możliwości, np. można stworzyć konkurs, w którym jedna grupa będzie poszukiwać roślin nagonasiennych, a druga okrytonasiennych. Lekcje w terenie stwarzają również okazję do zaobserwowania zjawisk i procesów poznanych wcześniej na zwykłych lekcjach w klasie. Uczniowie mogą przygotowywać prezentacje, referaty oraz prowadzić doświadczenia – radzi Ewa Frąckowiak z wydawnictwa Klett.

Niezwykle ciekawym rozwiązaniem jest prezentacja eksperymentów na lekcjach. Istnieje cały wachlarz możliwości, jak np. wydobycie DNA z cebuli, pokazanie zjawiska plazmolizy czy wykrywanie skrobi w produktach spożywczych za pomocą płynu Lugola. Do wyboru mamy również prostsze metody, np. ucząc o chlorofilu, można zakleić kawałek liścia taśmą klejącą i pokazać, jak po kilku dniach zakryty fragment wyblaknie. Aby uczniowie byli bardziej zaangażowani, dobrze jest im zlecić wyhodowanie pleśni czy obserwację wzrostu ziarna fasoli.

– Sugerowane doświadczenia pomagają w zrozumieniu praw przyrody również tym uczniom, którzy potrzebują empirycznego potwierdzenia teorii. Nie należy oczywiście zapominać o bardziej tradycyjnej metodzie, jaką jest lekcja z mikroskopem. Taka forma jest niezwykle przydatna przy temacie np. o komórkach lub krwi i pełni podobną funkcję jak lekcje w terenie – dodaje Ewa Frąckowiak z wydawnictwa Klett.

Biologia jest nauką, która sprzyja niecodziennym formom przekazywania wiedzy. Przedstawione metody to tylko niektóre z rozwiązań. Niezaprzeczalna jest rola multimediów.W dzisiejszych czasach ciężko sobie wyobrazić naukę, zwłaszcza biologii, bez ich wykorzystania. Nie zawsze szkoła zapewnia nam odpowiednie warunki, aby w pełni zinformatyzować lekcje. Warto jednak wprowadzić takie elementy technologiczne, jak programy multimedialne, do których mamy powszechny dostęp, ponieważ są one nieodłączną częścią podręczników.

Edukacja ekologiczna w LODR w Końskowoli

Poniższy artykuł dotarł do mnie w ostatniej chwili, prawie po zamknięciu styczniowego numeru „Biologii w Szkole". Zwykle w takich przypadkach nie działam w pośpiechu, co oznacza, że artykuł czeka do kolejnego numeru lub dłużej, jednak… dziś rano wyczytałem w internecie, że w tym roku ciepło będzie już pod koniec lutego (!). Ponadto od jakiegoś czasu planuję zainicjowanie „Kącika ekologicznego" poświęconego również ochronie środowiska. Niniejszym to czynię, rzucając hasło „Czas na wycieczkę z ekologią w tytule". Jeśli czytaliście Państwo artykuł Pana dr. Wnęka, to zauważycie, że, idea kształtowania proekologicznej postawy uczniów w czasie zajęć terenowych, choć może inaczej sformułowana, nie jest nowa. Zaryzykuję twierdzenie, że to stary, dobry i wielokrotnie sprawdzony, niestety często niedoceniany, sposób wychowania – nie tylko przyrodniczego – młodzieży. Dlatego nim przyjdzie wiosna, zaplanujmy wyjazd… może do Końskowoli?

Piotr Borsuk

KATARZYNA KOZAK

Świat widziany oczyma naszych dzieci staje się coraz bardziej światem nowoczesnych technologii, w którym wiele rzeczy jest w zasięgu ręki. Wiele udogodnień proponowanych przez świat techniki to doskonałe, ułatwiające życie rozwiązania, jednak człowiek nie może zapominać, że to natura jest bezsprzecznie naszym największym dobrodziejstwem. Jednym z priorytetów Zespołu Ekologii i Ochrony Środowiska LODR jest kształtowanie świadomości ekologicznej wśród młodego pokolenia.

Motywem naszego działania jest bezwzględna potrzeba kontaktu dzieci i młodzieży z przyrodą oraz przedstawienie im zasobów naturalnych i różnorodności biologicznej jako nadrzędnych wartości. Będzie to z pewnością opłacalna dla nas wszystkich inwestycja. Wystarczy tylko przyjrzeć się stylowi życia dzisiejszych nastolatków. Gry zespołowe czy inne zabawy podwórkowe zostały dziś zastąpione przez gry komputerowe, filmy DVD, portale społecznościowe,

Fot. Grzegorz Kłos

Fot. Marta Chabora

Fot. Marta Chabora

Fot. Marta Chabora

co niestety wiąże się z siedzącym trybem życia. Żywność preferowana przez uczniów to często fast foody, chipsy, słodycze i inne niezbyt zdrowe przysmaki, natomiast ekologiczne produkty są im często całkiem obce. To, czego z pewnością brakuje nastolatkom, to ruch na świeżym powietrzu. Niestety wielu rodziców uważa, że przejażdżka samochodem to najlepsze rozwiązanie dla ich dziecka.

Nasuwa się tylko pytanie, czy wszystko, co atrakcyjne i wygodne, jest dla nas dobre. Będziemy starać się zmieniać nawyki i przyzwyczajenia, zwracać uwagę na zdrowy styl życia i ochronę środowiska przyrodniczego. Nasza oferta edukacji ekologicznej w LODR obejmuje wiele zagadnień dotyczących odnawialnych źródeł energii, sposobów dbania o środowisko na poziomie własnego gospodarstwa domowego, recyklingu, rolnictwa ekologicznego i produktów ekologicznych, różnych form ochrony przyrody, rozpoznawania różnych gatunków drzew, ciekawostek ze świata przyrody. Prowadzimy zajęcia stacjonarne przy wykorzystaniu różnych pomocy naukowych, prezentacji multimedialnych, filmów, animacji. Atrakcyjną formą zdobywania wiedzy są także quizy z zakresu proponowanej tematyki. Jesteśmy w stanie opracować blok programowy dla potrzeb dydaktycznych grupy.

Posiadamy bazę dydaktyczną, gdzie prowadzone są warsztaty terenowe. Uczestnicy zajęć mogą podziwiać ogród biosurowcowy, w którym rośliny przemysłowe podzielono na kilka grup: przyprawowe, lecznicze, barwnikowe, włókniste, białkowe, oleiste, cukrowe, garbnikowe, skrobiowe, rośliny z przeznaczeniem na gnojówkę oraz rośliny energetyczne. Może to być interesująca lekcja o tym, w jaki sposób surowce z tych roślin mogą zastępować substancje chemiczne oraz surowce mineralne i znajdować zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Ciekawostką jest także szerokie zastosowanie ziół w kuchni, lecznictwie i kosmetyce. Kolejny obiekt naszej ścieżki dydaktycznej – ogród ozdobno-rekreacyjny – może wzbudzać duże

Fot. Marta Chabora

Fot. Marta Chabora

Fot. Marta Chabora

zainteresowanie i zachwycać rosnącymi w nim roślinami. Znajdziemy tam drzewa i krzewy ozdobne, byliny i kwiaty jednoroczne, rośliny miododajne oraz rośliny przeznaczone na suche kompozycje. Wiedzę o odnawialnych źródłach energii przekazujemy przy jednoczesnej prezentacji kolektorów słonecznych i ekologicznej suszarni ziół. Punkt segregacji odpadów jest okazją do przeprowadzenia pogadanki na temat potrzeby właściwej segregacji odpadów i recyklingu. Można się u nas również zapoznać z działaniem biologicznej oczyszczalni ścieków. Podczas wędrówki przez sad doświadczalno-wdrożeniowy uczniowie poznają wiele gatunków i odmian roślin sadowniczych.

Jak rozpoznawać różne gatunki zbóż? Na to pytanie uczniowie znajdą odpowiedź na polu doświadczalno-wdrożeniowym, gdzie zostaną im przybliżone metody uprawy i zabiegi pielęgnacyjne wykonywane podczas całego roku. Wiedza ta ma za zadanie kształtować w młodych ludziach świadomość, że żywność pochodzi z płodów rolnych i jest efektem ciężkiej pracy rolnika, a nie tylko produktem ze sklepu. Obiektem dydaktycznym wartym uwagi będzie z pewnością pasieka hodowlana„ Pożóg", gdzie można wysłuchać pogadanki o ciekawym życiu pszczół. Pracownicy pasieki opowiadają o podziale pracy w rodzinie pszczelej, pokazują, jak wygląda wnętrze ula. Wiele dzieci znających opowieści o„ groźnych pszczołach" dowiaduje się o ich ogromnej, pożytecznej roli oraz nabiera przekonania, że znając biologię pszczół, można z nimi bezpiecznie pracować.

Fot. Grzegorz Kłos

Fot. Marta Chabora

Wizyta w pasiece to nie tylko interesujące zajęcia dydaktyczne, ale też prawdziwa atrakcja dla młodzieży szkolnej. Rekreacyjnym elementem naszej ścieżki jest urokliwa altanka, w której można odpocząć, wymienić się wrażeniami z wędrówki, oraz ognisko z pieczonymi kiełbaskami.

Serdecznie zapraszamy grupy chętne do skorzystania z naszej oferty edukacyjnej. Dodatkowym atutem jest położenie naszego ośrodka w pobliżu trójkąta turystycznego Kazimierz Dolny – Nałęczów –Puławy. Osoby zainteresowane prosimy o kontakt pod numerem telefonu: (81) 889 06 78 lub 661 107 271.

mgr **KATARZYNA KOZAK**
LODR w Końskowoli

Fot. Marta Chabora

Prenumerata 2012 rok

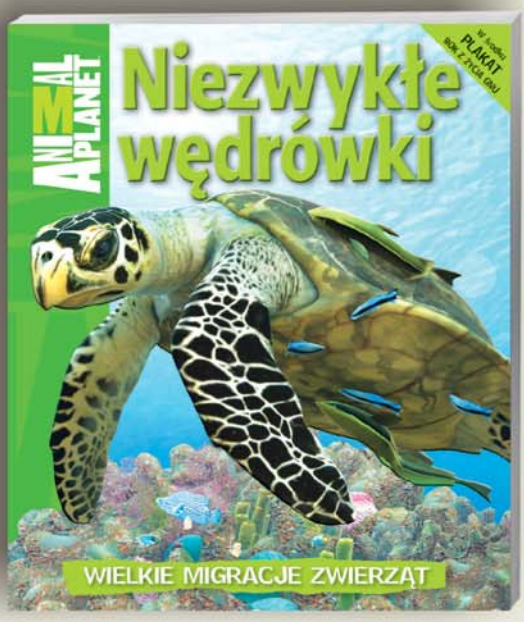
Redakcja Czasopism Pedagogicznych EduPress, Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Spółka z o.o.
Wola Plaza, ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa
tel. 22 244 84 78, faks 22 244 84 10, e-mail: prenumerata@raabe.com.pl

www.edupress.pl

Świat zwierząt bez tajemnic

– książki i czasopismo z serii ANIMAL PLANET

Książki z serii Animal Planet poleca Adam Wajrak



Twórz! Odkrywaj! Ucz się! Nowy miesięcznik dla dzieci już w kioskach!

©2012 & TM Discovery Communications, LLC. All Rights Reserved