

Nr 3 MAJ/CZERWIEC 2012

z Przyrodą

# Biologia w Szkole

335 (LXV) indeks 352659 CENA 18,50 zł (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

## Nauczyciel 2020

## Fizjologia człowieka

## Spektroskopia fluorescencyjna

## XLI Olimpiada Biologiczna

Wyniki finału i nagrodzone prace

82060301205003

ISSN 0137-8034



9 770137 803201

05



# Biblioteka

Szkolne Centrum Informacji

nowoczesne czasopismo dla nauczycieli-bibliotekarzy  
niezbędne w każdej bibliotece!



- pokazuje jak powinna funkcjonować nowoczesna biblioteka szkolna
- omawia najnowsze trendy w opracowaniu zbiorów
- przybliża niezbędne zagadnienia prawne
- wprowadza w świat nowych technologii informatycznych i Internetu
- rekomenduje nowości wydawnicze

**ciekawe, wszechstronne, przydatne**

Zamów prenumeratę na 2012 rok  
[www.edupress.pl](http://www.edupress.pl)





NUMER 3 MAJ/CZERWIEC 2012 335 (LXV)  
 indeks 352659 Nakład 4000 egz.  
 CENA zł 18,50 (w tym 5% VAT)



Zdjęcie na okładce: Piotr Borsuk

**Redakcja**

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

**Adres redakcji**

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

**Wydawca**

Dr Josef Raabe  
 Spółka Wydawnicza Sp. z o.o.,  
 ul. Młynarska 8/12,  
 01-194 Warszawa,  
 tel. 22 244 84 00,  
 faks 22 244 84 20,  
 e-mail: raabe@raabe.com.pl,  
 www.raabe.com.pl,  
 NIP: 526-13-49-514,  
 REGON: 011864960,

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

**Prezes zarządu**

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.niepieklo@raabe.com.pl

**Reklama**

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

**Skład i 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.

Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony w Internecie

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

## Szanowni Czytelnicy

Tradycyjnie, ostatni przed wakacjami numer „Biologii w Szkole” w znacznym stopniu poświęcony jest olimpiadzie biologicznej. W tym roku już XLI Olimpiadę postrzegam jako największe święto dla nauczycieli i uczniów, których pasją jest biologia. Bardzo bym chciał, żeby wydarzenie to pozostało świętem dla prawdziwych pasjonatów, nauczycieli, którzy chcą i potrafią dzielić się swoją wiedzą, i uczniów, dla których biologia jest najważniejszym przedmiotem. Niestety, z roku na rok dostrzegam niepokojącą tendencję. Olimpiada biologiczna staje się jeszcze jednym egzaminem pozwalającym na zdobycie indeksu... uniwersytetu medycznego, zwykle Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. W wyobraźni młodych ludzi jak zadra tkwi przeświadczenie, że w odróżnieniu od biologa medyk znajdzie ciekawą, dobrze płatną pracę. Być może jest to prawda w przypadku słabych studentów, ale przecież nie o takich mówimy! Czyżby uczniami kierował brak wiary we własne siły? A może nie dostrzegają, że współczesna biologia, w szczególności biologia molekularna, toruje drogę nowoczesnej medycynie, tak jak rozwój współczesnej biologii wspiera ją inne nauki? Przykład tego ostatniego znajdziecie Państwo w artykule o fluorescencji. Namawiam do jego lektury, choć może to nie do końca artykuł o biologii. Dlaczego go zamieściłem? Odpowiedź jest prosta! Zastosowania metod wykorzystujących fluorescencję to klucz do przyszłości biologii. Już dziś mikroskopy fluorescencyjne, a zwłaszcza konfokalne, służą nie tylko do precyzyjnej lokalizacji cząsteczek w komórce, ale również do określania, jak one ze sobą oddziałują. Co więcej, badania takie można prowadzić przyżywcio! Nie muszę chyba wyjaśniać, co to znaczy dla poznania i zrozumienia procesów zachodzących w komórce, w szczególności tych, których zaburzenie prowadzi do chorób (również genetycznych).

W Państwa ręce trafia „Biologia w Szkole” w nowej formie. Mam nadzieję, że dostrzegacie Państwo, że nie jest to jedynie zmiana graficzna, choć nie ukrywam, że i ona ma dla nas ogromne znaczenie. Poza obecnym od niedawna na naszych łamach kącikiem ekologicznym pojawiły się dwie nowinki wydrukowane na kolorowych kartach. Jeśli przyjmiecie je Państwo przychylnie, będzie to dla nas sygnał, aby je rozwijać. Wprowadziliśmy je, by lepiej przybliżyć Państwu najnowsze osiągnięcia biologii oraz zwrócić uwagę na to, że fascynujące zwierzęta i rośliny można spotkać na majowym (czerwcowym, lipcowym...) spacerze. Są one wokół nas, trzeba tylko o tym wiedzieć.

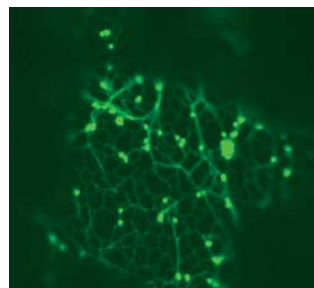
Życzę miłej lektury

Piotr Borsuk

### Co nowego w biologii?

■ **Spektroskopia fluorescencyjna**

● Karina Kubiak-Ossowska,  
 Dawid Basak, Przemysław Miszta,  
 Marek Szablewski 4



### Nowinki

■ **Witamina E wpływa na zmniejszenie masy kości ssaka** 17

■ **Nasi odlegli przodkowie mogli przyczynić się do wymarcia dużych mięsożerców** 17

### Ciekawostki

■ **Piestrzenica kasztanowa** 18



■ **Oleica fioletowa** 19



### Z praktyki szkolnej

■ **Gry komputerowe pomagają uczyć** ● Agata Zarębska 20

■ **Nauczyciel 2020**  
 ● Joanna Ostrowska 21

### Galeria Biologii w szkole

■ **Lato na Spitsbergenie** 22



### Z praktyki szkolnej

■ **Sala lekcyjna w plenerze**  
 ● Paulina Bryczewska 24

■ **Fizjologia człowieka – rozwiązania metodyczne**  
 ● Marlena Zielińska, Alina Trejgell 26

### Kącik olimpijski

■ **Z notatnika jurora**  
 ● Piotr Borsuk 33



■ **Laureaci zawodów III stopnia Ogólnopolskiej**

XLI Olimpiady Biologicznej w roku szkolnym 2011/2012 35

■ **Występowanie motyli dziennych** ● Łukasz Skoczylas 37



# Spektroskopia fluorescencyjna

## Metody fizyczne w służbie biologii

**W badaniu układów biologicznych szczególnie istotne jest to, aby sam fakt pomiaru nie zakłócał funkcjonowania i nie niszczył badanego układu. Chcąc poznać funkcje danego białka, nie chcemy ich zmieniać samym faktem przeprowadzenia badania. Podobnie badając organizm żywy, nie chcemy wywołać żadnych skutków ubocznych lub jeśli to niemożliwe staramy się je zminimalizować.**

Karina Kubiak-Ossowska, Dawid Basak,  
Przemysław Miszta, Marek Szablewski

**O**gromnie skutecznym narzędziem spełniającym powyższe wymagania jest spektroskopia fluorescencyjna, jedna z najbardziej skutecznych i najszerzej wykorzystywanych metod fizycznych w służbie biologii. Polega ona na wykorzystywaniu oddziaływania światła z materią. Metoda ta praktycznie nie zaburza badanego układu, potencjalnie może dostarczyć ogromnej ilości informa-

### Część 1. Fizyczne podstawy spektroskopii fluorescencyjnej

Zacznijmy od historii. Jednym z twórców spektroskopii był ojciec toruńskiej szkoły fizyki, prof. Aleksander Jabłoński (Rys. 1). Urodził się 26 lutego 1898 roku we wsi Woskresenówka na Ukrainie, a zmarł 9 września 1980 roku w Skierniewicach. Swoją rozprawę doktorską, poświęconą zjawisku fluorescencji, obronił na Uniwersytecie Warszawskim w 1930 roku, po czym przez 4 lata pracował w Niemczech. W 1934 roku wrócił do Polski. Był twórcą Katedry Fizyki na powstałym w 1945 roku Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Obecnie Instytut Fizyki będący częścią Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowa-



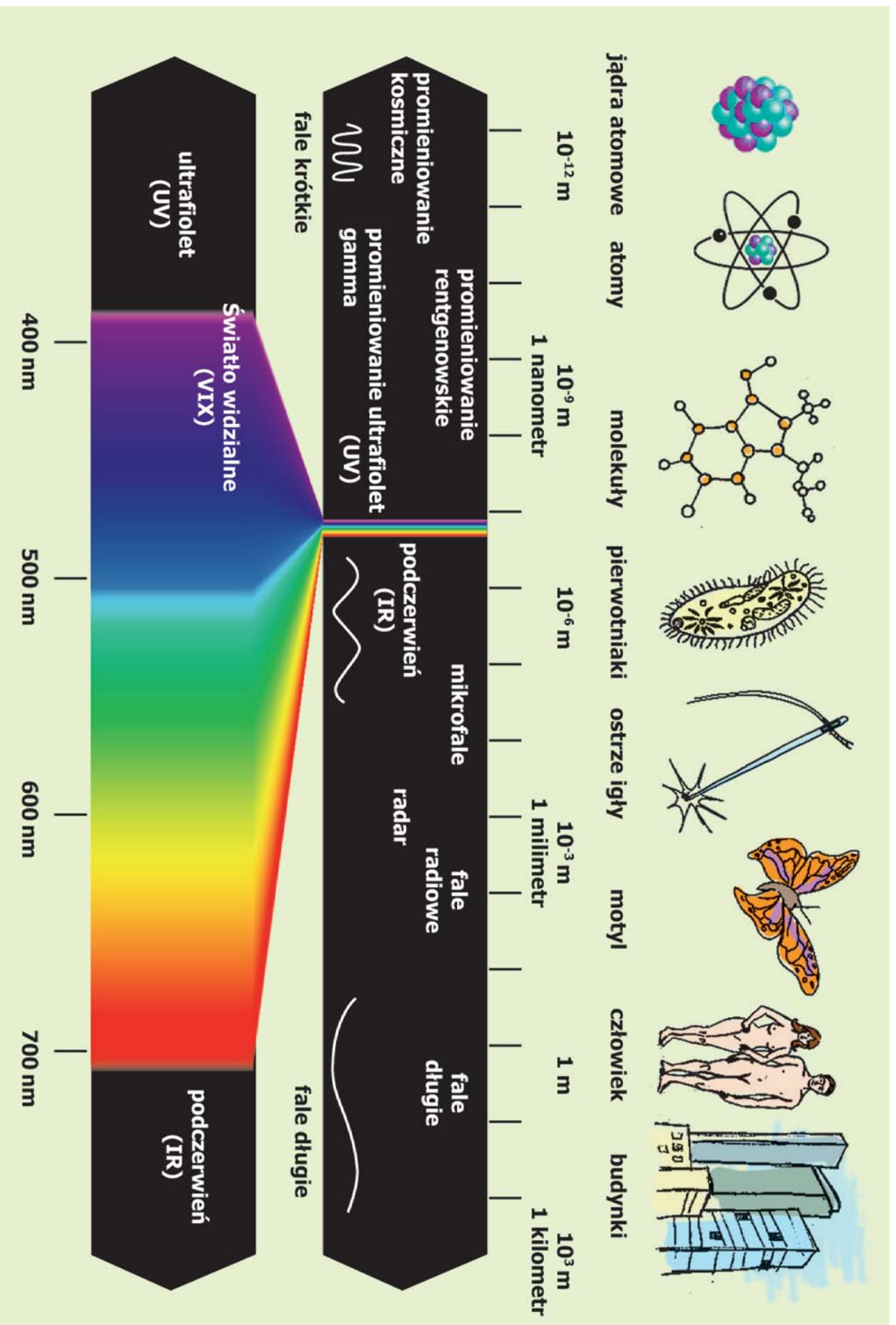
Rys. 1. Profesor Aleksander Jabłoński, sala jego imienia i jego Instytut Fizyki (część Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu)

nej UMK nosi jego imię. Profesor Aleksander Jabłoński swoje zainteresowania naukowe poświęcił spektroskopii atomów i molekuł. Podał opis zjawiska luminescencji, czyli świecenia materii pojawiającego się z innej przyczyny niż jej podgrzanie (tzw. zimne świecenie). Na diagramie opublikowanym w 1933 roku i nazwanym później diagramem Jabłońskiego (ang. *Jabloński diagram*) schematycznie, ale w bardzo prosty i intuicyjny sposób przedstawił procesy zachodzące w atomach i cząsteczkach spowodowane ich oddziaływaniem z promieniowaniem elektromagnetycznym, w szczególności ze światłem. Diagram ten od razu wszedł do kanonu wiedzy i jest podstawą współczesnej spektroskopii. Warto dodać, że duch prof. Jabłońskiego, mimo upływu lat, wciąż żyje w toruńskim środowisku naukowym. W październiku 2010 roku powstała FUNDACJA im. prof. Jabłońskiego wspierająca zdolnych, młodych ludzi.

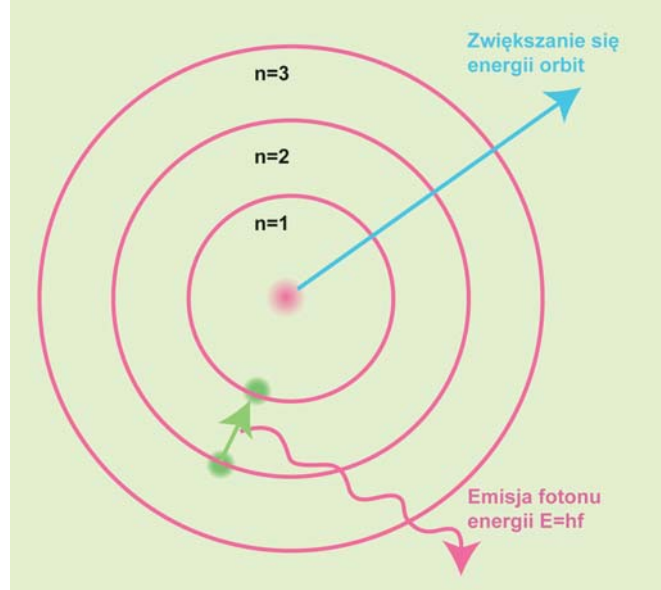
### Najważniejsze pojęcia używane w spektroskopii

Przed omówieniem diagramu Jabłońskiego postaramy się wyjaśnić najważniejsze pojęcia używane w spektroskopii. Termin *luminescencja* wprowadzony w 1888 roku oznacza emisję promieniowania elektromagnetycznego o natężeniu większym od promieniowania cieplnego w danej temperaturze. Mówiąc jaśniej, oznacza świecenie inne niż wywołane podgrzaniem, czyli inne niż np. świecenie zwykłej żarówki. Przypomnijmy, że drucik wolframowy znajdujący się w żarówce ma bardzo duży opór elektryczny, w związku z czym przepływający prąd elektryczny łatwo go rozgrzewa do 2700 K (2973°C), na skutek czego gorący wolfram zaczyna świecić. Ciała podatne na wystąpienie luminescencji nazywa się luminoformami. *Promieniowanie elektromagnetyczne* to termin ogólniejszy niż *światło widzialne*, gdyż obejmuje również promieniowanie niewidzialne dla oka: promieniowanie gamma, rentgenowskie i ultrafioletowe z jednej strony oraz promie-





Rys. 2. Widmo promieniowania elektromagnetycznego



Rys. 3. Planetary model atomu zaproponowany przez Nielsa Bohra

niowanie termiczne, mikrofalowe i radiowe z drugiej strony (Rys. 2). O absorpcji mówimy wtedy, gdy układ światło pochłania, a o emisji – gdy je emituje. Fluorescencja czy fosforescencja są rodzajami emisji światła. Wydajność kwantowa fluorescencji podaje, ile fotonów fluorescencji (wyemitowanych) przypada na jeden foton zaabsorbowany. Natomiast foton jest najmniejszą porcją energii (jej kwantem). Można powiedzieć, że foton jest najmniejszą porcją światła.

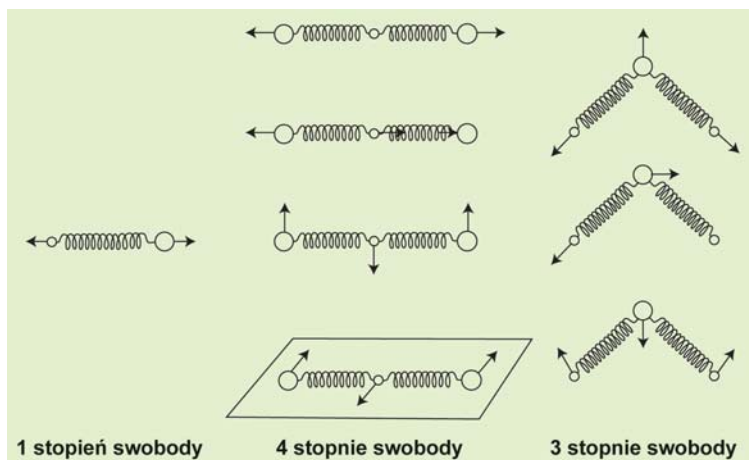
**Stany energetyczne atomów i cząsteczek**

Aby zrozumieć diagram Jabłońskiego opisujący poziomy energetyczne całych cząsteczek, trzeba zdać sobie sprawę z faktu, że atomy i cząsteczki mogą znajdować się w różnych stanach elektronowych, oscylacyjnych i rotacyjnych. Atom

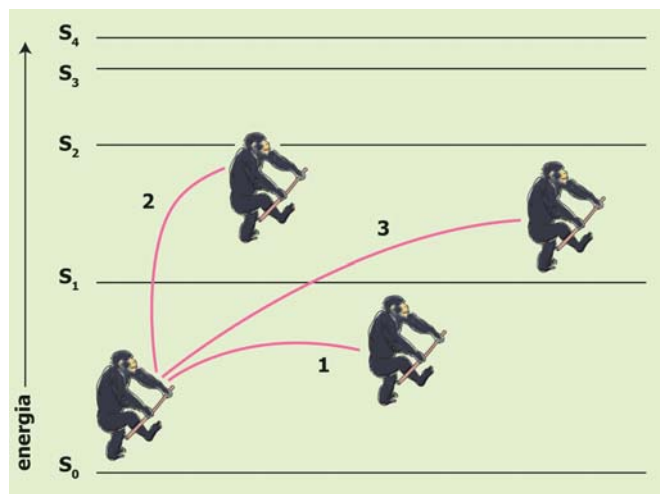
w przybliżeniu można sobie wyobrazić jako centralnie położone jądro i elektrony krążące na położonych wokół niego orbitach. Jest to tzw. model planetarny budowy atomu zaproponowany przez Nielsa Bohra w 1913 roku (Rys. 3). Nazwa związana jest z podobieństwem tego modelu do budowy Układu Słonecznego, z tą różnicą, że orbity planet są eliptyczne, a planetarny model budowy atomu zakłada kołowy kształt orbit elektronowych.

Według Bohra orbity położone najbliżej jądra mają najniższą energię, im orbita jest dalej od jądra, tym jej energia będzie wyższa (a dokładniej – energia elektronu, który się na niej znajduje). Warto zauważyć, że orbit, na których mogą krążyć, jest więcej niż elektronów oraz że na tej samej orbicie może znajdować się kilka elektronów jednocześnie. Orbity można

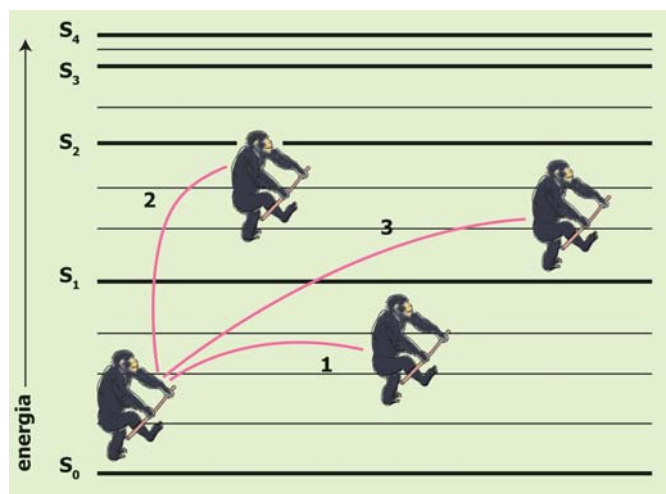
odróżnić, natomiast elektrony są nierozróżnialne. W celu odróżnienia orbity są numerowane liczbami kwantowymi  $n$  ( $n = 1, 2, 3$  itd.). Układy fizyczne w stanie normalnym, zwanym stanem podstawowym, dążą do minimalizacji energii, co w konsekwencji prowadzi do krążenia elektronów po najniższych dostępnych orbitach. Taki atom znajduje się w elektronowym stanie podstawowym i energia elektronowa atomu jako całości (czyli suma energii wszystkich elektronów) wynosi  $E_0$ . Jeśli jednak do atomu zostanie dostarczona odpowiednia ilość energii (np. kwant promieniowania), jeden z elektronów w atomie może przejść na wyższą, nieobsadzoną (tzn. niezajętą) do tej pory orbitę. Oznacza to, że atom przeszedł do wzbudzonego stanu elektronowego o energii wyższej niż  $E_0$ . To,



Rys. 5. Drgania oscylacyjne cząsteczek. Kulki reprezentują zřęby atomowe, spręzynki zaś wiązania chemiczne



Rys. 4. Drabinka stanów elektronowych



Rys. 6. Poziomy elektronowe i oscylacyjne w cząsteczce

czy jest to pierwszy, drugi, trzeci czy wyższy stan wzbudzony, zależy od tego, ile orbit dany elektron przeskoczył. Jeżeli znajdował się na orbicie położonej najbliżej jądra ( $n = 1$ ) i przeskoczył na orbitę  $n = 2$ , to zmiana orbity wynosi 1, czyli atom jest na pierwszym elektronowym stanie wzbudzonym, a jego energia elektronowa wynosi  $E_1$ . Jeżeli elektron przeskoczył z  $n = 1$  na  $n = 3$ , dostaniemy drugi ( $3 - 1 = 2$ ) stan wzbudzony. Pamiętajmy o tym, że również elektrony znajdujące się na wyższych orbitach mogą przeskakiwać, np. z  $n = 2$  na  $n = 3, 4$  itd. Kolejne pytania dotyczą tego, skąd wiadomo, który elektron przeskoczy na wyższy poziom i na której orbicie docelowo się znajdzie. O tym decyduje energia padającego promieniowania (energia kwantu promieniowania). Jak wspomniano, każdej orbicie, na której krążą elektrony, można przypisać jakąś ściśle określoną energię. I tak orbicie  $n = 1$  będzie odpowiadać energia elektronu  $E_1$ , orbicie  $n = 2$  – energia elektronu  $E_2$  itd. (zauważmy, że teraz mówimy o energiach poszczególnych orbit elektronowych, a nie energii elektronowej atomu jako całości). Orbity nie są położone w tej samej odległości od siebie (tak samo jak odległości pomiędzy orbitami planet w Układzie Słonecznym nie są takie same), co oznacza, że różnica energii pomiędzy  $E_1$  i  $E_2$  jest inna (większa) niż różnica energii pomiędzy  $E_2$  i  $E_3$ . Aby elektron przeskoczył z jednej orbity na drugą, energia promieniowania padającego (wzbudzającego) musi być dokładnie równa różnicy energii między danymi poziomami. Aby lepiej zrozumieć ten proces, wyobraźmy sobie skoczkę, który chce przeskoczyć z jednego szczebla ogromnej drabiny na drugi (Rys. 4).

Jeśli dostanie za mało energii, nie wystarczy mu jej na doskoczenie do kolejnego szczebla i dlatego skończy na szczeblu, na którym zaczął. Jeśli energia ta będzie za duża, jego skok również zakończy się pomiędzy szczeblami i też koniec końców pozostanie na szczeblu, na którym zaczął. Elektrony są dość inteligentnymi skoczkami

i z góry wiedzą, jaka energia jest im potrzebna – nie muszą tego za każdym razem sprawdzać i dlatego przeskakują na wyższy poziom tylko wtedy, kiedy energia jest dokładnie równa wymaganej różnicy. Taką drabinkę można narysować zarówno dla pojedynczego elektronu, jak i dla całego atomu bądź cząsteczki. To drugie podejście jest znacznie bardziej użyteczne, gdyż będąc podstawą spektroskopii elektronowej atomów i cząsteczek, jest podstawowym narzędziem służącym do ich badania. Drabinka poziomów energetycznych jest specyficzna dla każdego atomu i każdej cząsteczki, nie ma dwóch różnych atomów czy cząsteczek mających identyczny rozkład poziomów energetycznych. Z tego powodu sterując energią promieniowania padającego, możemy w sposób kontrolowany wzbudzać elektrony w atomach i cząsteczkach, czyli wzbudzać elektronowo atomy i cząsteczki, a potem obserwować wyemitowane promieniowanie i na tej podstawie wnioskować o typie atomu czy cząsteczki, a w przypadku cząsteczek – o ich strukturze wewnętrznej. Ale wróćmy jeszcze na chwilę do energii elektronowych.

Najtrudniej jest wzbudzić elektrony położone najbliżej jądra. Im bliżej jądra atomu się znajdujemy, tym przerwa energetyczna (odległość w jednostkach energii) pomiędzy sąsiednimi orbitami jest większa. Jak wspomniano, odległości energetyczne pomiędzy orbitami nie są równe, blisko jądra są one największe, a im dalej od jądra, tym orbity elektronowe leżą bliżej siebie. Z tego powodu aby wzbudzić elektron położony na pierwszej orbicie, potrzeba najwięcej energii, a do wzbudzenia elektronów znajdujących się na dalszych orbitach potrzeba jej odpowiednio mniej. Jest to zgodne z logiką – najtrudniej jest usunąć coś, co znajduje się w centrum, im dalej od niego, tym siły wiążące są słabsze i łatwiej jest to usunąć. Odległość między orbitami podaje się w jednostkach energii, dlatego że tak jest po prostu wygodniej – wiadomo, ile energii potrzeba, aby wzbudzić dany

elektron z jednego stanu do innego. Dla pełnej jasności dodajmy, że powyższy opis dotyczy tylko energii elektronowych. Aby opisać poziomy energetyczny całej cząsteczki, trzeba uwzględnić zarówno stany elektronowe (energię wszystkich elektronów, a nie energie pojedynczych elektronów), jak i oscylacyjne i rotacyjne stany całej cząsteczki. Diagram Jabłońskiego w ten sposób właśnie opisuje cząsteczkę.

Jak wspomniano, każdemu stanowi elektronowemu cząsteczki odpowiada seria stanów oscylacyjnych i rotacyjnych. Stany oscylacyjne w cząsteczkach odpowiadają możliwościom drgań atomów wokół położenia równowagi. Dokładniej mówiąc, chodzi o drgania zrębów atomowych, czyli jąder wraz z najbliższymi położonymi elektronami, które trudno jest usunąć (wybić); elektrony położone dalej od jądra to elektrony walencyjne, które mogą stosunkowo łatwo odłączyć się od jądra i tworzyć wią-

*Najtrudniej jest wzbudzić elektrony położone najbliżej jądra. Im bliżej jądra atomu się znajdujemy, tym przerwa energetyczna (odległość w jednostkach energii) pomiędzy sąsiednimi orbitami jest większa.*

zania chemiczne albo w ogóle zostać z atomu usunięte w procesie jonizacji. Zasadniczo cząsteczkę można sobie wyobrazić jako zbiór zrębów atomowych (koraliki) połączonych ze sobą wiązaniami tworzonymi przez elektrony walencyjne, które mogą się zachowywać jak rozciągliwe sprężynki (Rys. 5).

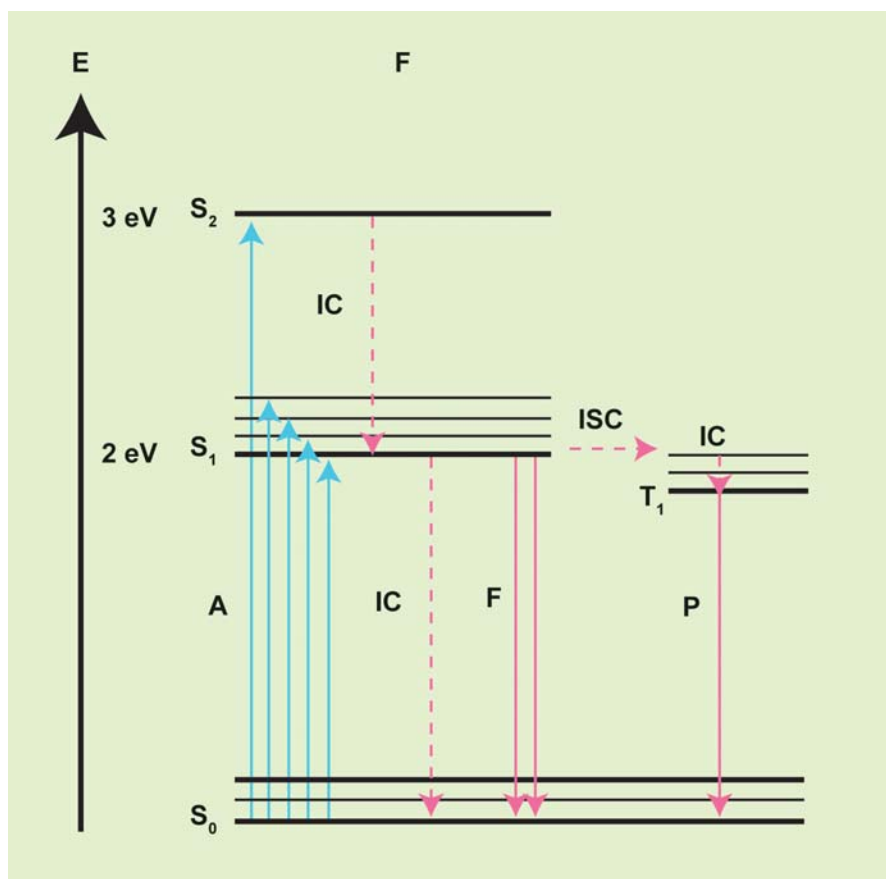
Istnieje prosta zależność pomiędzy ilością atomów w cząsteczce a ilością możliwych drgań. Jeśli przez  $n$  oznaczymy ilość atomów (zrębów atomowych) w cząsteczce, to w cząsteczkach liniowych jest  $3n-5$  możliwości drgań, a w cząsteczkach nieliniowych  $3n-6$ . Stany rotacyjne odpowiadają z kolei możliwości wirowania molekuly jako całości wokół własnej osi. Podobnie jak spektroskopia



elektronowa (polegająca na wymuszaniu przejść elektronowych), również spektroskopia oscylacyjna i rotacyjna zajmująca się badaniem widm (możliwe przejścia pomiędzy różnymi stanami oscylacyjnymi i rotacyjnymi) dostarcza wielu cennych informacji na temat składu badanej materii i szczegółów dotyczących struktury cząsteczek ją tworzących. Dla porządku dodamy, że spektroskopia poza podziałem ze względu na rodzaj obserwowanych i rejestrowanych przejść dzieli się także na spektroskopię absorpcyjną i emisyjną. W ramach spektroskopii absorpcyjnej bada się, w jaki sposób cząsteczki pochłaniają, czyli absorbują promieniowanie, natomiast przedmiotem zainteresowania spektroskopii emisyjnej jest promieniowanie emitowane przez badaną materię.

Wróćmy jednak do rozkładu poziomów elektronowych, oscylacyjnych i rotacyjnych w cząsteczce. Jeśli przypomnimy sobie skoczek z Rys. 4, to z każdym grubym szczeblem drabiny odpowiadającym stanowi elektronowemu stowarzyszona jest cała seria cieńszych szczebelków odpowiadających stanom oscylacyjnym (Rys. 6). Z kolei z każdym stanem oscylacyjnym jest stowarzyszona seria stanów rotacyjnych (niepokazana na rysunku, aby zachować jego przejrzystość).

Elektron należący do danej cząsteczki będącej w określonym stanie elektronowym ma do wyboru różne stany (szczebelki) oscylacyjne i rotacyjne, przy czym najbardziej preferowane są te najniższe. Cząsteczka, przechodząc z jednego stanu elektronowego do innego, może zająć jeden z wielu stanów oscylacyjnych i/lub rotacyjnych. Dlatego też przejścia pomiędzy stanami elektronowymi są dość prawdopodobne – energia promieniowania wzbudzającego może odpowiadać dokładnie różnicy energii pomiędzy stanami elektronowymi lub, o co jest znacznie łatwiej, różnicy energii pomiędzy podstawowym stanem oscylacyjnym i rotacyjnym jednego stanu elektronowego a dowolnym stanem oscylacyjnym i rotacyjnym innego



Rys. 7. Schemat Jabłońskiego ukazujący stany elektronowe atomu (cząsteczki), a dokładniej trzy wybrane stany singletowe  $S_0$ ,  $S_1$  i  $S_2$  oraz jeden stan trypletowy  $T_1$ . Stanów tych jest znacznie więcej, nie zostały one uwzględnione w celu zachowania jasności rysunku. Z tego samego powodu narysowano tylko kilka stanów oscylacyjnych odpowiadających każdemu z poziomów elektronowych. Linie ciągłe oznaczają przejścia promienne, czyli takie, które są związane z emisją lub absorpcją promieniowania elektromagnetycznego (światła), natomiast linie przerywane oznaczają przejścia bezpromienne, w trakcie których nadmiar energii jest tracony np. w postaci emisji ciepła. Użyte oznaczenia: A absorpcja (ang. *absorption*) F fluorescencja (ang. *fluorescence*), E energia (ang. *energy*), IC konwersja wewnętrzna (ang. *Internal Conversion*), ISC przejścia interkombinacyjne (ang. *InterSystem Crossing*), P fosforescencja (ang. *phosphorescence*)

stanu elektronowego. A więc jeśli energia padającego kwantu promieniowania jest dopasowana do różnicy energetycznej pomiędzy poziomami, dochodzi do jej absorpcji i przejścia atomu bądź cząsteczki ze stanu podstawowego do któregoś ze stanów wzbudzonych. Zasadniczo może to być przejście do wyższego poziomu oscylacyjnego lub rotacyjnego w ramach podstawowego poziomu elektronowego bądź przejście pomiędzy różnymi poziomami elektronowymi. Dwa pierwsze przejścia, ze względu na małe przerwy energetyczne pomiędzy kolejnymi poziomami, wymagają małej energii wzbudzenia i są przedmiotem zainteresowania spektroskopii oscylacyjnej i rotacyjnej, a nie spektroskopii elektronowej, jaką jest spektroskopia fluorescencyjna. Atom bądź

cząsteczka, zazwyczaj znajdująca się w podstawowym stanie elektronowym, oscylacyjnym i rotacyjnym, na skutek absorpcji kwantu promieniowania przechodzi w stan wzbudzony, czyli na któryś z wyższych poziomów elektronowych i stowarzyszony z nim stan oscylacyjno-rotacyjny. To, który poziom elektronowy, oscylacyjny i rotacyjny zostanie zajęty, zależy od energii padającego promieniowania. Ze względu na omówioną wcześniej drabinkę poziomów, możliwości jest bardzo wiele stanów cząsteczki lub atomu. Przedstawia je diagram Jabłońskiego (Rys. 7).

### Diagram Jabłońskiego

Schemat Jabłońskiego (Rys. 7) przedstawia graficznie to, co może się stać w atomie lub cząsteczce



na skutek oddziaływania z promieniowaniem elektromagnetycznym. Wyrysowane są na nim różne dostępne w cząsteczce poziomy energetyczne (z pominięciem stanów rotacyjnych, gdyż ich energie są stosunkowo małe i dlatego niezbyt istotne dla spektroskopii elektronowej). Stanem podstawowym jest, jak już wspomniano, stan o energii elektronowej  $E_0$ . Jest to zazwyczaj stan nazywany również stanem singletowym  $S_0$ . Kolejny, wyższy stan o energii  $E_1$  to stan  $S_1$ , czyli singletowy stan wzbudzony. Pomiędzy nimi może znajdować się stan trypletowy  $T_1$ . Stan ten może również częściowo nakładać się na stan  $S_1$ . Ta dodatkowa komplikacja, związana ze stanami singletowymi i trypletowymi, jest spowodowana tym, że elektrony na orbitach mogą być sparowane (każdy ma swoją parę) i wtedy mówimy o stanie singletowym lub niesparowane i wtedy mamy do czynienia ze stanem trypletowym. Zmiana stanu singletowego na trypletowy jest zabroniona, co w praktyce oznacza, że zachodzi z dość małym prawdopodobieństwem, dlatego na takie przejście trzeba stosunkowo długo czekać. Powyżej stanu  $S_1$  znajdują się kolejne stany singletowe, a powyżej stanu  $T_1$ , kolejne stany trypletowe. Na Rys. 7 w celu zachowania jasności przedstawiono tylko kilka z nich.

Wyjaśnijmy jeszcze, że strzałki wyrysowane przy użyciu linii ciągłych oznaczają przejścia promieniste, czyli takie, którym towarzyszy absorpcja lub emisja światła, a strzałki z liniami przerywanymi oznaczają przejścia bezpromieniste, czyli takie, którym nie towarzyszy emisja światła. W tym drugim przypadku nadmiar energii jest przekazywany innym cząsteczkom w trakcie zderzeń (procesy termiczne). W sposób bezpromienisty jest zazwyczaj tracona energia wzbudzeń oscylacyjnych i rotacyjnych, a to dlatego, że odstępy energetyczne pomiędzy nimi są zbliżone do energii termicznej.

Większość atomów i cząsteczek w temperaturze pokojowej znajduje się w stanie podstawowym  $S_0$ ,

czyli najniższym dostępnym stanie elektronowym. Ze względu na dążenie układów fizycznych do minimalizacji energii również stan oscylacyjny i rotacyjny jest najniższym z możliwych w danej temperaturze. Jeśli na taki układ pada promieniowanie elektromagnetyczne o energii dopasowanej do różnicy poziomów energetycznych, to dojdzie do jego pochłonięcia, czyli absorpcji, a atom lub cząsteczka przejdzie do stanu wzbudzonego. W tym momencie możliwości jest wiele:

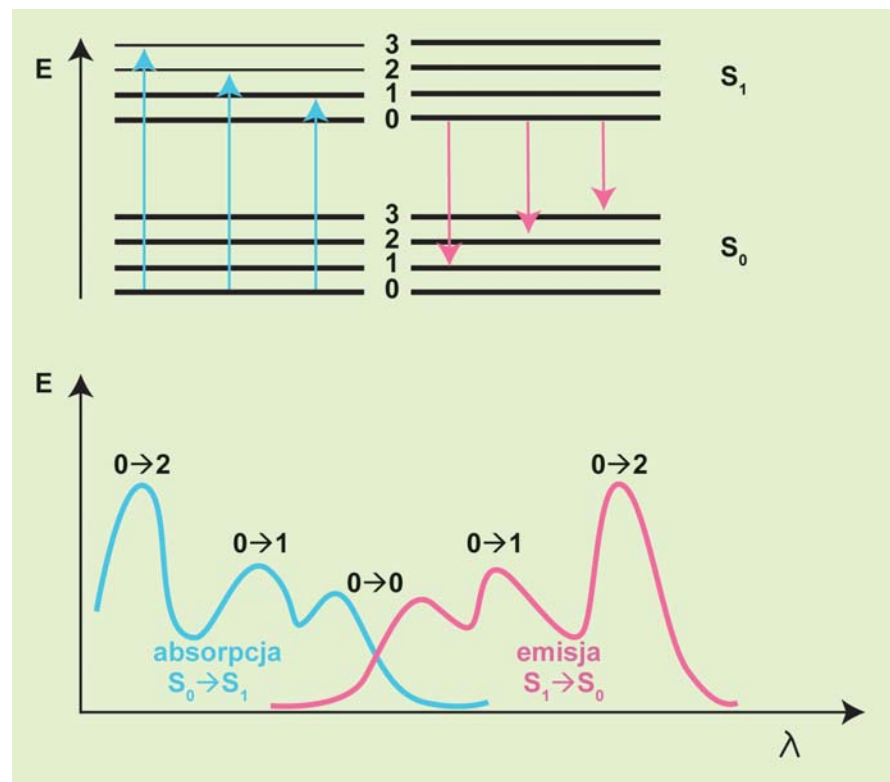
- cząsteczka przejdzie do wyższego poziomu oscylacyjnego w ramach tego samego poziomu  $S_0$ , po czym na skutek przejść bezpromienistych powróci do stanu podstawowego;
- cząsteczka przejdzie do stanu  $S_1$ , na jeden z możliwych stanów oscylacyjnych, po czym jeśli stan oscylacyjny nie jest podstawowy, może zrobić dwie rzeczy: przejść bezpromieniste do najniższego stanu oscylacyjnego (0) w ramach stanu  $S_1$  lub wykorzystując fakt nakładania się stanów oscylacyjnych należących do poziomów  $S_1$  i  $T_1$ , przejść na któryś ze stanów oscylacyjnych należących do poziomu  $T_1$ . Takie przejście nazywa się przejściem interkombinacyjnym ISC (od ang. *InterSystem Crossing*). Następnie cząsteczka może wrócić na któryś poziom oscylacyjny stanu  $S_1$  lub pozostać w stanie  $T_1$ . Niezależnie od tego, czy wybranym stanem będzie  $S_1$ , czy  $T_1$ , na skutek procesów bezpromienistych cząsteczka przejdzie do najniższego poziomu oscylacyjnego w ramach danego stanu;
- cząsteczka przejdzie na jeden z poziomów oscylacyjnych poziomu  $T_1$ , po czym bezpromieniste przejdzie na najniższy poziom oscylacyjny w stanie  $T_1$ .

Jak wspomniano, układy fizyczne dążą do minimalizacji energii, w związku z czym wzbudzona cząsteczka będzie „chciała” wrócić do stanu podstawowego. W zależności od tego, jakie przejście nastąpiło na skutek absorpcji, możliwe są następujące scenariusze do-

tyczące emisji i powrotu ze stanu wzbudzonego do stanu podstawowego:

- przejście z zerowego poziomu oscylacyjnego stanu  $S_1$  do dowolnego stanu oscylacyjnego poziomu  $S_0$ , czemu towarzyszy emisja światła, czyli fluorescencja;
- przejście z zerowego poziomu oscylacyjnego stanu  $T_1$  do dowolnego stanu oscylacyjnego poziomu  $S_0$ , czemu towarzyszy emisja światła, czyli fosforescencja;
- jeśli nastąpiło przejście ISC z  $S_1$  do  $T_1$  i z powrotem, to światło wyemitowane przy przejściu z zerowego poziomu oscylacyjnego  $S_1$  do dowolnego poziomu oscylacyjnego stanu  $S_0$  nazywa się fluorescencją opóźnioną. Emitowane światło jest identyczne jak w przypadku zwykłej fluorescencji, ale pojawia się później, gdyż układ potrzebuje czasu, aby mogły zająć aż dwa z rzędu, zabronione przejścia ( $S_1 T_1$  i  $T_1 S_1$ ).

Ponieważ przejście pomiędzy stanami  $T_1$  i  $S_0$  jest wzbronione, to w praktyce cząsteczka bardzo długo przebywa w stanie wzbudzonym  $T_1$ , zanim w końcu uda się jej złamać zakaz i wypromieniowując foton, wrócić do stanu podstawowego  $S_0$ . Z tego względu stan  $T_1$  nazywany jest stanem metatrwałym. Istnienie tego stanu jest wykorzystane w laserach. Czas przebywania atomu lub cząsteczki w danym stanie wzbudzonym nazywa się jej czasem życia. Inaczej mówiąc, czas życia jest to czas, po jakim na skutek emisji fotonu układ przejdzie do stanu podstawowego. I tak w przypadku zjawiska fosforescencji czasy życia wahają się od  $10^{-7}$  do  $10^{-9}$  s, czyli trwają od jednej dziesięciomilionowej części sekundy do jednej miliardowej sekundy (czyli nanosekundy). Po takim właśnie czasie od wzbudzenia dochodzi do emisji światła fluorescencji. Czasy życia fosforescencji są znacznie dłuższe ze względu na konieczność dokonania przejścia wzbronionego i dlatego dla różnych cząsteczek i atomów wa-



Rys. 8. Przykładowe widmo absorpcji i fluorescencji ilustrujące regułę Stokesa, która mówi, że widmo emisji jest często lustrzanym odbiciem widma absorpcji, ale przesuniętym względem niego w kierunku większych długości fali (czyli ku czerwieni)

hają się pomiędzy  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  s, a czasami nawet wynoszą 1 s. W przypadku fluorescencji opóźnionej mamy do czynienia z czasami życia rzędu  $10^{-4}$  s.

### Widmo fluorescencji

Przejdźmy teraz do podstawowego przedmiotu badań spektroskopii w ogóle, czyli widma promieniowania emitowanego przez

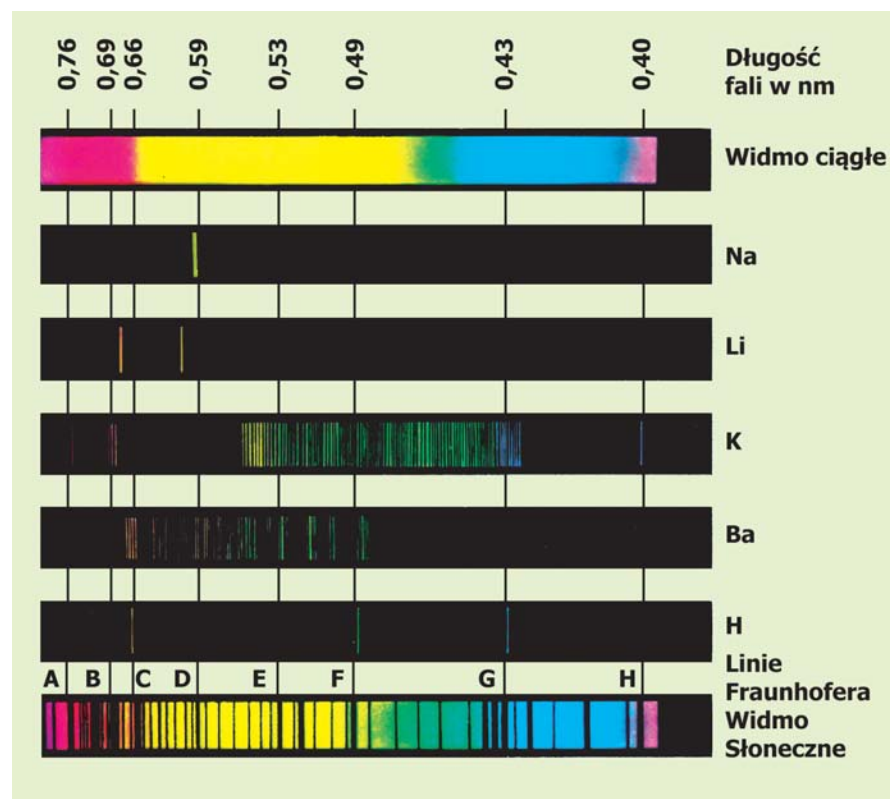
układ. Jak wiemy, promieniowanie elektromagnetyczne można opisywać, podając np. jego długość fali i natężenie odpowiadające danej długości fali. Widmo promieniowania elektromagnetycznego przedstawia Rys. 2. Zwróćmy uwagę na to, że tylko mała jego część może być rejestrowana gołym okiem (światło widzialne). Jeśli długość fali wykreślimy na osi odciętych (oś x), a natężenie na osi rzędnych (oś y) tak jak na Rys. 8 przedstawiającym regułę Stokesa, to otrzymamy przykładowe widmo. Zgodnie z regułą Stokesa (Rys. 8) światło fluorescencji ma zawsze większą (lub co najwyżej równą) długość fali i mniejszą energię, niż jest to w przypadku światła wzbudzającego. Jest to związane z omówionym powyżej bezpromienistym traceniem energii wzbudzenia przez układ.

Przypomnijmy jeszcze, że energia promieniowania  $E$  i długość fali są powiązane zależnościami, gdzie  $h$  jest stałą Plancka równą  $6,63 \times 10^{-34}$  Js, natomiast  $c$  jest prędkością światła równą  $3 \times 10^8$  m/s. Ponieważ rozkład poziomów energetycznych jest charakterystyczny dla danego atomu czy cząsteczki, to absorbowane i emitowane promieniowanie, a więc widmo absorpcyjne i emisyjne, będzie również unikatowe i charakterystyczne dla tego atomu lub cząsteczki.

### Sukces spektroskopii fluorescencyjnej

Dzięki temu, że promieniowanie absorbowane i emitowane jest charakterystyczne dla danego atomu lub cząsteczki, spektroskopia odniosła i nadal odnosi spektakularne sukcesy w badaniu składu różnych substancji czy struktury cząsteczek. Na przykład właśnie dzięki spektroskopii ustalono skład chemiczny gwiazd – porównano widmo emisyjne danej gwiazdy ze znanymi widmami emisyjnymi pierwiastków (Rys. 9).

Wielką zaletą technik fluorescencyjnych jest możliwość ich stosowania do badania roztworów lub zawiesin makrocząsteczkowych w warunkach zbliżonych do fizjologicznych. Poza tym spektrosko-



Rys. 9. Przykładowe widma emisyjne: sodu, litu, potasu, baru, wodoru oraz widmo słoneczne



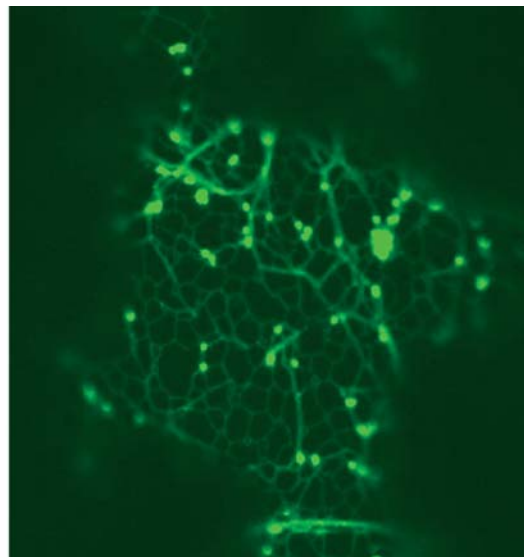
Fluorescencyjna jest w przypadku znakomitej większości układów techniką całkowicie nieinwazyjną – proces badania nie wpływa na stan układu, nie zmienia go i jest to technika stosunkowo tania i łatwa do przeprowadzenia. Z tego powodu spektroskopia fluorescencyjna jest szeroko stosowana w biologii i medycynie. Opis tych zastosowań można znaleźć w części 2 tego artykułu.

## Część 2. Spektroskopia w biologii

### Mikroskop fluorescencyjny

Zjawisko fluorescencji jest podstawą działania mikroskopu fluorescencyjnego. Od klasycznego mikroskopu optycznego różni się on tym, że próbka powiększona dzięki zastosowaniu wielu soczewek powiększających jest obserwowana nie dzięki światłu przechodzącemu przez nią (mikroskop optyczny), ale dzięki światłu przez nią emitowanemu. W mikroskopie fluorescencyjnym dokonuje się wzbudzenia badanej próbki (promieniowaniem z zakresu UV), a potem obserwuje wyemitowane przez nią światło fluorescencji. Fluorescencja może być naturalna lub sztuczna. Z fluorescencją naturalną mamy do czynienia wtedy, gdy badany układ zawiera cząsteczki łatwo absorbujące promieniowanie z zakresu UV-VIS (ultrafiolet od ang. *UltraViolet* i światło widzialne od ang. *Visible Light*) i charakteryzujące się wydajną fluorescencją. Pionierskie zastosowanie tej metody można datować już około roku 1660, kiedy to zaczęto stosować barwniki w mikroskopii obiektów biologicznych, w roku 1714 po raz pierwszy barwników użyto w mikroskopii żywych komórek. Do 1860 roku używano zasadniczo barwników naturalnych. Mikroskopia fluorescencyjna, jaką znamy, upowszechniła się w latach 60. XX w. Typowy mikroskop fluorescencyjny pokazano na Rys. 10.

W biologii molekularnej zazwyczaj używa się sztucznych sond fluorescencyjnych, które w sposób kowalencyjny (lub poprzez jakikolwiek inny rodzaj oddziaływań fizykochemicznych) i wybiórczo



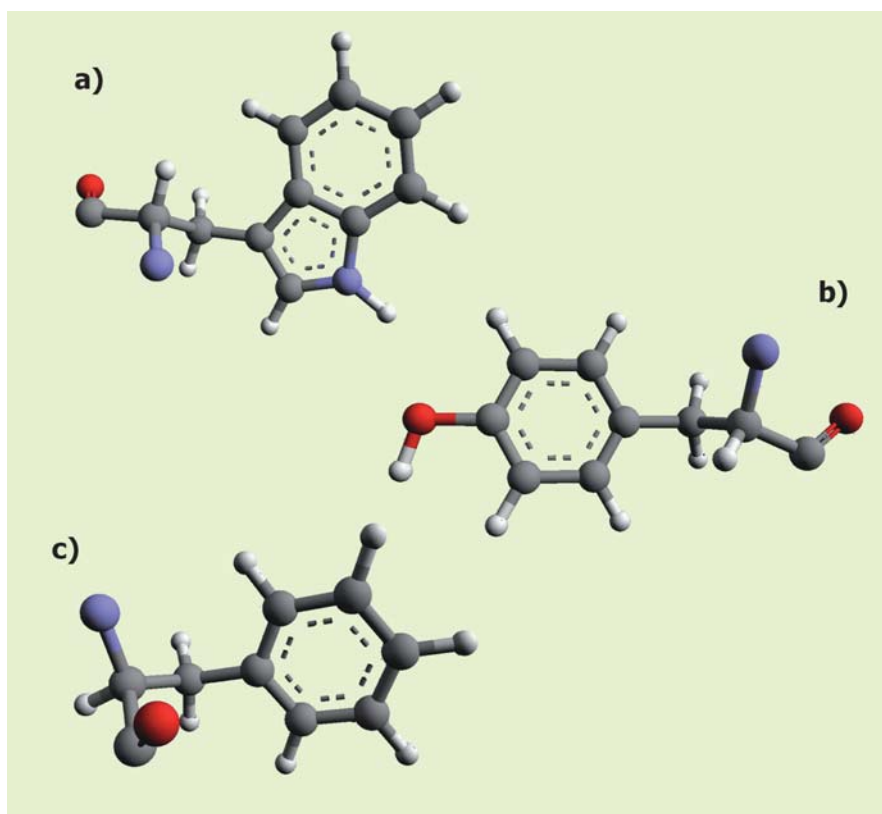
Rys. 10. Mikroskop fluorescencyjny i obserwowany w nim obraz komórki epidermy liścia. Obraz ten powstaje dzięki autofluorescencji chlorofilu

wiążą się z badanym obiektem. Na podstawie znajomości tych oddziaływań można wyznaczyć interesujące nas elementy komórek, takie jak błony i inne organelle, a czasem nawet pojedyncze białka, i obserwować tylko te wybrane elementy.

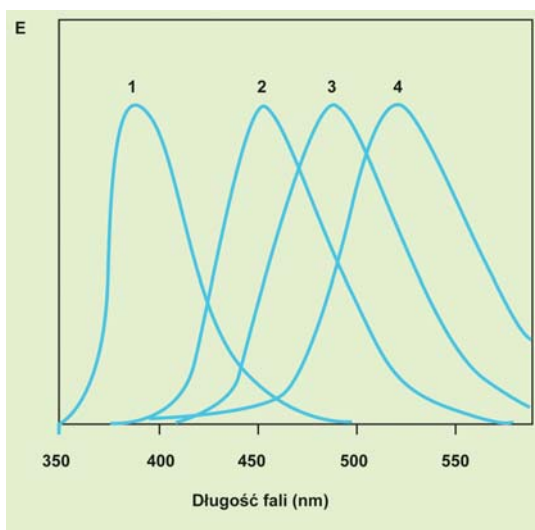
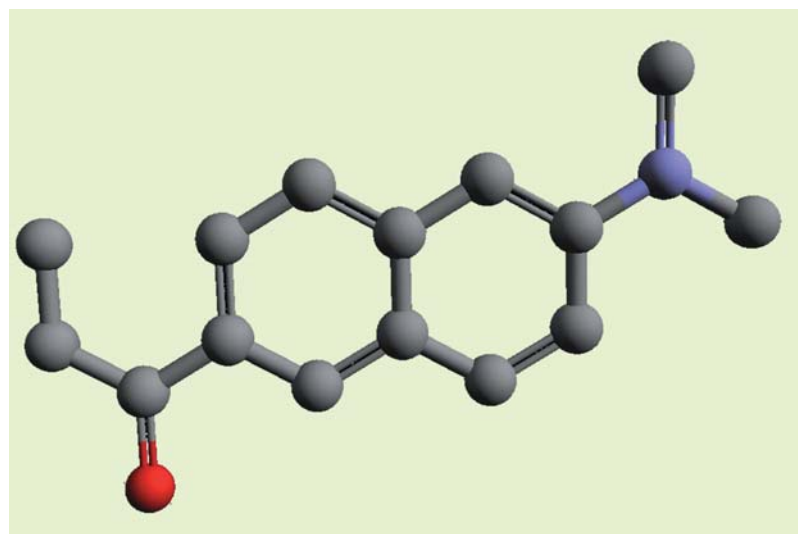
### Fluorofory naturalne i sztuczne

Tylko niektóre cząsteczki wyka-

zują fluorescencję. Jest tak właśnie ze względu na specyficzną i unikatową strukturę poziomów energetycznych. Tylko niektóre cząsteczki, zwane fluoroforami, mają tak rozłożone poziomy energetyczne, że wzbudzenia może dokonać światło z zakresu UV-VIS i jednocześnie układ poziomów dopuszcza możliwość fluorescencji (czyli przejścia z poziomu wzbudzonego do pod-



Rys. 11. Struktura przestrzenna tryptofanu (a), tyrozyny (b) i feniloalaniny (c). Kolorem szarym oznaczono atomy węgla, niebieskim atomy azotu, czerwonym atomy tlenu, a białym atomy wodoru



Rys. 12. Struktura chemiczna i widmo sondy PRODAN w różnych rozpuszczalnikach: 1 – cykloheksan, 2-dimetyloformamid, 3 – etanol, 4 – woda

stawowego z emisją światła widzialnego). W przypadku układów biologicznych można mówić o dwóch rodzajach fluoroforów: fluoroforach naturalnych i sztucznych. Fluorofory naturalne to takie, które są naturalną częścią badanego układu – czyli można powiedzieć, że badający ma szczęście, bo układ po odpowiednim wzbudzeniu będzie świecił sam z siebie. W przypadku, gdy badany układ nie zawiera naturalnych fluoroforów, można je czasem wprowadzić sztucznie – stąd nazwa fluorofory sztuczne. W tym momencie pojawia się pytanie: jakie konkretnie cząsteczki są fluoroforami? Naturalnym fluoroforem roślinnym jest chlorofil. Znacznie bardziej użytecznymi fluoroforami są aminokwasy aromatyczne: tyrozyna, tryptofan i fenyloalanina (Rys. 11). Poza fenyloalaniną, cechują się one dużą wydajnością kwantową, a absorpcja i emisja odbywają się w zakresie ultrafioletu (długość fali poniżej 400 nm). Ponieważ emisja tyrozyny jest w układach białkowych często wygaszana, a fenyloalanina ma niską wydajność emisji, najbardziej użyteczna jest fluorescencja tryptofanu. Właśnie fluorescencji tryptofanowej zawdzięczamy fluorescencję własną białek. Emisja tryptofanu zachodzi w ultrafiolecie, dlatego jej nie widzimy, ale wystarczy pójść na dyskotekę, żeby zobaczyć świecące w ciemności białka oczu czy zęby oraz... ja-

kies świecące, a niewidoczne normalnie „paprochy” na czystych przeciwieście ubraniach!!! Te „paprochy” to pozostałości po wybielaczach dodawanych do proszków do prania.

Aminokwasy aromatyczne mogą również pełnić funkcję fluoroforów sztucznych – jeśli nie są obecne w układzie, czasem można je wprowadzić i sprawić, że „przyczepią” się w dobrze określonych miejscach. To samo dotyczy innych fluoroforów naturalnych, do których należy wspomniany już chlorofil, a także chinina, rodamina, fluoresceina, ryboflawina (witamina B<sub>2</sub>) i wiele innych.

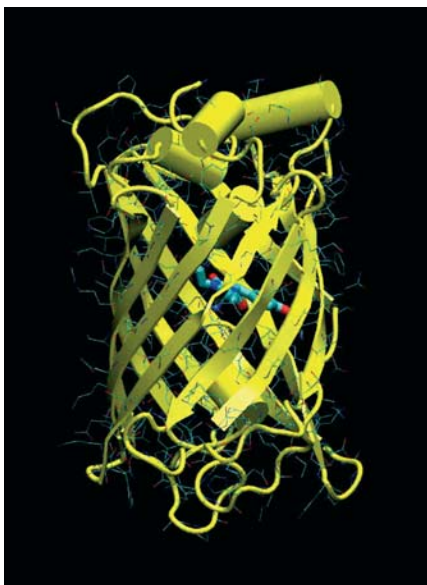
Sondy (lub inaczej barwniki) fluorescencyjne to związki chemiczne niewystępujące naturalnie w przyrodzie, a cechujące się wydatną fluorescencją, dobrą rozpuszczalnością w wielu różnych rozpuszczalnikach, zarówno polarnych, jak i niepolarnych. Sondy można podzielić na takie, które wiążą się z białkami w sposób kowalencyjny, i takie, które wiążą się z nimi niekowalencyjnie. Do drugiej grupy należy PRODAN (Rys. 12) i jego pochodne: DANCA, PATMAN, ACRYLODAN, BADAN, LAURDAN, ALADAN, które okazały się szczególnie użyteczne w badaniu białek. Ponadto istnieje oczywiście wiele innych sond wykorzystywanych w badaniu białek.

Sondy typu PRODAN określa się jako donator-akceptor (w skrócie

DA), gdyż na jednym końcu cząsteczki znajduje się donator elektronu, a na drugim jego akceptor, przy czym są one ze sobą połączone aromatycznym łańcuchem. Szeroki wybór sond fluorescencyjnych przydatny jest z kilku powodów. Po pierwsze, ze względu na różne właściwości chemiczne ich zachowanie będzie zależało od środowiska i badanego układu, w przypadku białek będą się one wiązały do różnych miejsc i przez to dostarczały innych informacji. Poza tym mają one specyficzne długości fali wzbudzającej, w zależności od tego, jakim źródłem światła dysponujemy, takiej sondy możemy użyć – pamiętajmy o warunku dokładnego dopasowania energii wzbudzenia do różnicy energii poziomów energetycznych; energia światła jest zaś ściśle związana z jego długością fali, czyli mówiąc bardzo obrazowo – z barwą użytego światła.

Niestety zazwyczaj wzbudzenie i emisja zachodzą w obszarze niewidzialnego dla oka ultrafioletu (długość fali mniejsza niż 400 nm), ale istnieją cząsteczki, których wzbudzenie i fluorescencja następują w zakresie światła widzialnego. Dlatego ich fluorescencja wygląda dość spektakularnie. Na przykład elastyna ma trzy maksima absorpcji, dwa z nich leżą w zakresie UV, a trzecie (450 nm) odpowiada światłu niebieskiemu. Każdemu maksimum absorpcji odpowiada maksimum emi-



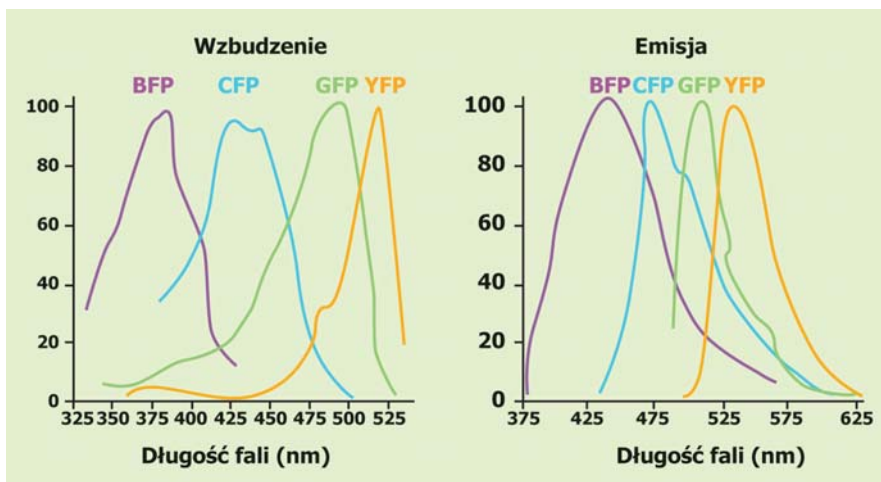


Rys 13. Meduza *Aequorea victoria* i odpowiedzialne za jej fluorescencję białko GFP z zaznaczonym chromoforem (znajduje się wewnątrz białka)

sji, które (zgodnie z regułą Stokesa) jest przesunięte w kierunku fal dłuższych. Wszystkie trzy maksima fluorescencji elastyny leżą w zakresie światła widzialnego: 420 nm, 500 nm, 520 nm, co odpowiada światłu niebieskiemu i zielonemu. Ryboflawina najlepiej absorbuje światło niebieskie (450 nm), a jej maksimum emisji odpowiada światłu zielonemu (535 nm). Białko GFP (ang. *Green Fluorescent Protein*) po wzbudzeniu światłem fioletowym (450 nm) emituje światło zielone (508 nm), a białko DsRed wzbudzone światłem zielonym (500 nm) lub zielonożółtym (558 nm) ma maksimum emisji odpowiadające barwie jasnoczerwonej (585 nm).

### Fluorofory białkowe

Białko GFP jest wyjątkowym fluoroforem, dlatego poświęcimy mu



Rys. 14. Widmo absorpcji i fluorescencji białek: BFP, CFP, GFP i YFP

niedu więcej miejsca. Za odkrycie tego naturalnie fluoryzującego białka oraz jego wykorzystanie Osamu Shimomura, Martin Chalfie i Roger Y. Tsien otrzymali w 2008 roku Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii. Osamu Shimomura na początku lat 60. XX w. odkrył małą, świecąca własnym światłem meduzę nazwaną *Aequorea victoria* (Rys. 13), żyjącą w przypowierzchniowych wodach oceanu w okolicy stanu Waszyngton.

W roku 1962 wyodrębniono odpowiedzialne za jej świecenie białko zielonej fluorescencji GFP. Dopiero 30 lat później poznano strukturę przestrzenną tego białka zbudowanego z 283 aminokwasów. GFP ma kształt cylindra zbudowanego z 11 pasów -kartek połączonych kilkoma krótkimi -helisami (żółte struktury na Rys. 13). Taką strukturę przestrzenną określa się jako -beczułkę lub -baryłkę (ang. -can). Wewnątrz cylindra znajduje się odpowiedzialny za świecenie chromofor, który po wzbudzeniu światłem z fioletowego krańca widma (395 nm lub 475 nm) emituje światło zielone (508 nm). Punktowe mutacje aminokwasów będących przestrzennymi sąsiadami fluorofora powodują wyraźne zmiany w jego fluorescencji, dotyczy to zarówno intensywności świecenia, jak i barwy emitowanego światła. W ten sposób na bazie GFP powstało białko niebieskiej fluorescencji (*Blue Fluorescent Protein*), białko niebieskozielonej fluorescencji (Cy-

*an Fluorescent Protein*), białko żółtej fluorescencji (*Yellow Fluorescent Protein*) czy białko czerwonej fluorescencji (*Red Fluorescent Protein*). Widmo absorpcji i emisji tych białek przedstawia Rys. 14.

Jakie są możliwe zastosowania białka GFP i jego pochodnych? Na przykład używając inżynierii genetycznej, można wprowadzić gen kodujący to białko do genomu małpy i w ten sposób otrzymać małpkę świecąca na zielono. Ponieważ dysponujemy różnymi wersjami GFP świecącymi w różnych kolorach, to można tymi białkami coś namalować. Jeśli wprowadzimy gen kodujący różne wersje GFP do bakterii, które wysiejemy w kontrolowany sposób, to można otrzymać np. rysunek plaży. Również metodami inżynierii genetycznej wyprodukowano nowe, świeące kolorowo rybki do hodowli w akwarium, które nazwano GloFish.

Fluoryzującymi białkami można się nie tylko bawić, można je także wykorzystywać do celów naukowych. Co roku pojawia się bardzo wiele publikacji donoszących o badaniach, w których wykorzystano GFP lub jego wariant. Do lipca 2011 roku takich publikacji było prawie 40 tys. Jako naturalny związek GFP można łatwo wprowadzać do układów biologicznych zarówno w sposób mechaniczny, jak i genetyczny poprzez wprowadzenie genu GFP do badanego organizmu i jego późniejsze namnożenie

w komórkach. Jego łatwa wizualizacja i brak toksyczności sprawiają, że jest to znakomita cząsteczka reporterowa, której można używać np. w badaniu aktywności promotorów. Ponieważ można zastosować kilka wariantów GFP jednocześnie, można też badać kilka różnych promotorów jednocześnie, gdyż białka, których ekspresję kontrolują, będą one świeciły w różnych kolorach. Można również badać wpływ jednych promotorów na inne. W biologii molekularnej GFP stosuje się jako znacznik lub marker komórkowy. Jeśli GFP działa jako znacznik komórkowy, jego fluorescencja odzwierciedla poziom ekspresji badanego genu. GFP używany jako marker pozwala śledzić białka. Metodami inżynierii genetycznej można tworzyć białka fuzyjne złożone z GFP i badanego białka, co pozwala na uwidocznienie tak otrzymanej hybrydy w komórce, można też śledzić zmiany jej lokalizacji następujące pod wpływem różnych czynników. GFP wykorzystuje się także do badania mechanizmu tworzenia się agregatów białkowych i interakcji z innymi białkami.

Czy tylko jeden gatunek meduzy charakteryzuje się naturalnym świeceniem? Okazuje się, że nie, że również inne organizmy wykazują naturalną fluorescencję. W 1999 roku odkryto, że *Discosoma striata*, jeden z gatunków rafy koralowej żyjący w Oceanie Indyjskim, zawiera białko DsRed, które wykazuje jasnoczerwoną fluorescencję z maksimum emisji w 593 nm przy wzbudzeniu światłem o długości fali zarówno 488 nm, jak i 568 nm. Białko DsRed jest strukturalnie bardzo podobne do białka GFP – również ma strukturę  $\beta$ -buczułki, niemniej jednak homologia sekwencyjna obu białek (podobieństwo sekwencji aminokwasowej) jest bardzo niska, gdyż wynosi tylko 23%. Zastosowania białka DsRed są podobne do zastosowań GFP. W 2004 roku z ukwiału *Cerianthus sp.* wyizolowano, wykrytalizowano i rozwiązano (poznano) strukturę przestrzenną nowego białka wykazującego pomarańczową fluorescencję z maksimum

w 565 nm (wzbudzenie długością fali 548 nm).

### Autofluorescencja w diagnostyce medycznej

Przykładem wykorzystania autofluorescencji w diagnostyce medycznej jest autofluorescencja witamin, a w szczególności ryboflawiny (witamina B<sub>2</sub>) i pirodyksyny (witamina B<sub>6</sub>). Istnieje korelacja pomiędzy takimi chorobami jak celiakia (uszkodzenie jelit), marskość wątroby, chorobami nerek i niektórymi nowotworami a nieprawidłowym metabolizmem witamin z grupy B. Możliwość nieinwazyjnego monitorowania ilości witamin w organizmie mogłaby więc być łatwym testem na te choroby. Miejmy nadzieję, że taka metoda zostanie opracowana w niedalekiej przyszłości.

Lipofuscyna, nazywana także pigmentem lub markerem starzenia się, wykazuje silną pomarańczowożółtą autofluorescencję, co pozwala na stosunkowo łatwe i bezinwazyjne określenie jej zawartości w tkankach. Wykorzystuje się ją w diagnostyce miażdżycy naczyń krwionośnych oraz diagnostyce zmian zwyrodnieniowych siatkówki, gdyż w tych stanach chorobowych następuje jej akumulacja. Wydaje się również, że istnieje korelacja pomiędzy chorobami mózgu a powstawaniem złogów lipofuscyn.

Autofluorescencja kolagenu i elastyny jest wykorzystywana do badania aorty i tętnicy wieńcowej. Zmiany w ilości kolagenu i elastyny mogą być wykorzystywane do wczesnego wykrywania nowotworów śluzowych i złośliwych zmian barwnikowych na skórze człowieka (czerniak).

### Terapia światłem

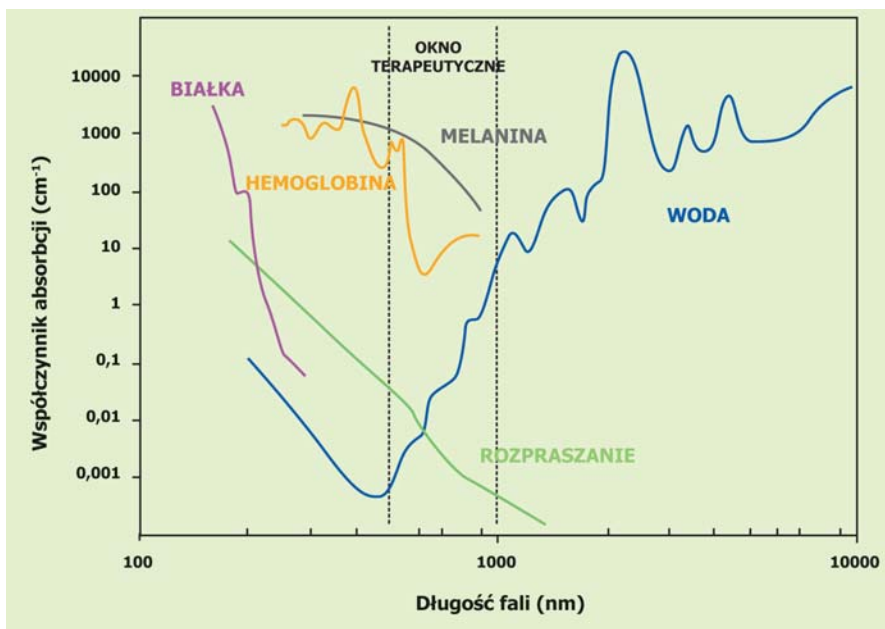
Kolagen i elastyna odpowiadają za autofluorescencję skóry, która po wzbudzeniu światłem o długości fali 442 nm emituje w zakresie 470–520 nm. Skóra dotknięta łuszczycą wykazuje dodatkowe maksimum przy 635 nm, jest to spowodowane wzrostem poziomu protoporfiryny IX. Natomiast porfiryne, ze względu na swoje właści-

wości fotochemiczne, może być używana w terapii zwanej terapią fotodynamiczną.

Po wzbudzeniu światłem pierścien porfirynowy inicjuje powstanie singletowego tlenu, który z kolei jako wolny rodnik powoduje w swoim sąsiedztwie uszkodzenie i martwicę komórek. Jeśli więc wprowadzi się porfiryne w okolice nowotworu i poświeci się na niego światłem laserowym tak, aby wybiórczo wzbudzić tylko interesującą nas porfiryne, to powstały na skutek reakcji fotochemicznej, wysoce reaktywny tlen singletowy zacznie uszkadzać i niszczyć okoliczne komórki, które są komórkami nowotworowymi. Dodatkową zaletą porfiryne jest to, że wprowadzone do organizmu selektywnie gromadzą się w tkankach charakteryzujących się przyspieszoną proliferacją komórek, czyli właśnie w tkance nowotworowej. Dodatkowo obszary nowotworowe są znacznie lepiej ukrwione niż tkanki zdrowe, w związku z tym tylko niewielka ilość wprowadzonych porfiryne dotrze do zdrowej tkanki. Omówiona metoda nosi nazwę terapii fotodynamicznej (ang. *PhotoDynamic Therapy*), w skrócie PDT. Wprowadzane porfiryne odgrywają w tej metodzie rolę fotouczulacza (fotosensybilizatora). Jeśli nowotwór znajduje się na skórze lub blisko jej powierzchni, zmiany można naświetlać z zewnątrz, w przypadku zaś zmian wewnątrz organizmu światłowód przenoszący światło laserowe wprowadza się za pomocą endoskopu. Poza zmianami nowotworowymi terapia fotodynamiczna jest również stosowana w leczeniu łuszczycy zwykłej, trądziku pospolitego, łysienia plackowatego czy zakażenia wirusem brodawczaka ludzkiego. Największą zaletą metody jest jej selektywność i niszczenie komórek tylko na wybranym obszarze.

Odmianą metody PDT jest metoda PDD i FD, czyli diagnostyka fotodynamiczna (ang. *PhotoDynamic Diagnosis*) oraz diagnostyka fluorescencji (ang. *Fluorescence Diagnosis*). Obie są stosowane do diagnozowania obszarów patologicz-





Rys. 15. Absorpcja tkanek z zaznaczeniem okna terapeutycznego. Pokazano również krzywą rozpraszania światła. Obie skale na wykresie są skalami logarytmicznymi, nie liniowymi



Rys. 16. Pulsoksymetr



nych, najczęściej zmian nowotworowych. PDD, podobnie jak PDT, polega na podaniu fotouczulacza, który selektywnie trafia do zmienionych chorobowo obszarów i tam się kumuluje. Następnie selektywnie wzbudza się fotouczulacz i obserwuje się jego widmo fluorescencji. Metoda ta pozwala na znajdowanie zarówno dużych, jak i małych zmian patologicznych, które są niewykrywalne innymi metodami. W diagnostyce fluorescencji wykorzystuje się fluorescencję endogenną tkanek – wiadomo bowiem, że niektóre schorzenia powodują zmiany w autofluorescencji tkanek. W ten sposób można np. sprawdzić, czy zmiany barwnikowe na skórze (pospolite pieprzyki) są zmianami nowotworowymi. Jest to bardzo istot-

ne we wczesnej diagnostyce czerniaka, który jest jednym z bardziej niebezpiecznych nowotworów.

Zarówno terapia, jak i diagnostyka fotodynamiczna operują w tzw. oknie terapeutycznym (Rys. 15, czyli takim obszarze długości fali, w którym padające promieniowanie jest słabo absorbowane przez wodę, hemoglobinę, melaninę i białka oraz jednocześnie nie ulega dużemu rozpraszaniu. Jest tak dlatego, że u podstaw metody leży wybiórcze wzbudzenie cząsteczek fotouczulacza – nie chcemy wzbudzać żadnych innych cząsteczek albo jeśli już, to wzbudzać je tylko w niewielkim stopniu. Z tego powodu wiele wysiłku wkłada się w poszukiwania i syntezę takich kandydatów na fotouczulacze, które nie będą dla organizmu

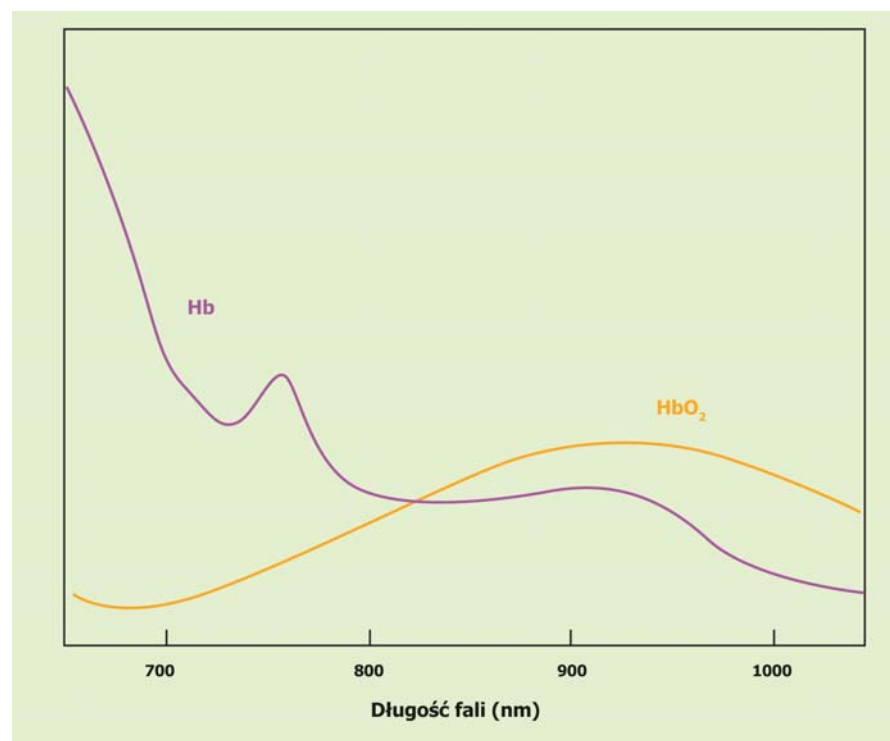
toksyczne i które będą dobrze absorbowały w zakresie okna terapeutycznego, czyli w zakresie długości fali od 600 nm do 1200 nm.

### Pulsoksymetria

Pulsoksymetria jest obecnie bardzo powszechną metodą diagnostyczną stosowaną do monitorowania wysycenia krwi tlenem oraz pulsu (tętna). Chociaż działanie jej opiera się na absorpcji, a nie emisji, nie możemy się oprzeć, aby o niej nie wspomnieć. Typowy pulsoksymetr przedstawiono na Rys. 16. Zakłada się go na palec albo płatek ucha i na wyświetlaczu pojawiają się natychmiast liczby odpowiadające zawartości tlenu we krwi oraz szybkości tętna.

Pulsoksymetr wykorzystuje fakt, że hemoglobina utlenowana (oksyhemoglobina,  $HbO_2$ ) i odtlenowana (deoksyhemoglobina,  $Hb$ ) mają różne właściwości optyczne i inne widmo absorpcji (Rys. 18). Należy pamiętać, że za absorpcję hemoglobiny w zakresie światła widzialnego odpowiada jej grupa hemowa (w UV dochodzi do tego absorpcja aminokwasów aromatycznych). Pulsoksymetr emituje promieniowanie o dwóch różnych długościach fali, odpowiadających światłu czerwonemu i promieniowaniu podczerwonemu (ang. *InfraRed*). Promieniowanie czerwone (długość fali około 700 nm) jest bardzo dobrze pochłaniane przez hemoglobinę odtlenowaną i jednocześnie bardzo słabo pochłaniane przez jej utlenowaną formę. Na podstawie wyniku pomiaru pulsoksymetr oblicza stopień nasycenia hemoglobiny tlenem; algorytm uniezależnia wynik od takich cech, jak grubość tkanki, obecność blizn czy lakieru do paznokci. Prawidłowy wynik to od 95% do 99% wysycenia hemoglobiny tlenem. Jak każda metoda spektroskopowa, pulsoksymetria jest metodą tanią, szybką i nieinwazyjną.

Metody fluorescencyjne w diagnostyce i terapii medycznej są szczególnie przydatne ze względu na swoją bezinwazyjność, łatwość w przeprowadzeniu i niskie koszty. Przeprowadzenie eksperymentu czy badania z wykorzystaniem zja-



Rys. 17. Widmo absorpcji hemoglobiny (Hb) i oksyhemoglobiny (HbO<sub>2</sub>) w zakresie 600–1000 nm, czyli w zakresie największych różnic w widmie. Ten zakres odpowiada zakresowi pracy pulsoksymetru

wiska fluorescencji nie wywołuje żadnych zmian w badanym układzie. Właśnie ta cecha leży u podstaw sukcesu metod fluorescencyjnych.

### Badanie struktury białek

Pomiary fluorescencyjne są jedną z wielu metod stosowanych do badania struktury i funkcji makrocząsteczek, w szczególności białek. Tak jak wyniki innych eksperymentów, również wyniki eksperymentów fluorescencyjnych nie dają jednoznacznych odpowiedzi, niemniej stanowią one dodatkowe źródło informacji o strukturze białek oraz o dynamice zmian tej struktury. Przykładowo, bazując na fakcie, że fluorescencja tryptofanu silnie zależy od otoczenia, a głównie od tego, czy jest ono polarne, czy niepolarne, można stwierdzić, czy tryptofan znajduje się wewnątrz białka, czy też jest wystawiany na działanie wody. Jest to szczególnie użyteczne w badaniu procesu rozwijania się białek, gdyż pozwala na monitorowanie zmian strukturalnych w czasie rzeczywistym. Na podstawie fluorescencji tryptofanowej można również wnioskować np. o związaniu

przez badane białko ligandu. Niemniej jednak trzeba wiedzieć, w jakich obszarach znajduje się (znajdują się) tryptofan, aby poprawnie zinterpretować wyniki.

Cennych informacji dostarcza też badanie szybkości i kinetyki zaniku fluorescencji. Na tej podstawie można wnioskować o zmianach zachodzących w białku, jego rozwijaniu czy agregacji. Wariantem spektroskopii fluorescencyjnej jest metoda FRET (ang. *Fluorescence Resonance Energy Transfer* lub *Förster Resonance Energy Transfer*), która bazuje na rezonansowym, bezpromienistym przekazywaniu zaabsorbowanej energii ze wzbudzonego donora do akceptora, który wskutek tego zostaje wzbudzony i powraca do stanu podstawowego poprzez emisję fluorescencji.

Ponieważ efektywność przenoszenia energii silnie zależy od wzajemnej orientacji donora i akceptora oraz ich odległości, na podstawie pomiarów FRET można bardzo dokładnie podać odległość pomiędzy tymi cząsteczkami oraz ich orientację. Wydaje się, że FRET jest jedną z najdokładniejszych metod mierzenia odległości pomiędzy cząsteczkami. Jej ograniczeniem jest to, że pomiędzy interesującymi nas cząsteczkami musi zachodzić transfer energii, co nie zawsze się dzieje.

Mamy nadzieję, że udało nam się w przystępny sposób przedstawić niektóre zastosowania zjawiska absorpcji i fluorescencji w biologii. Oczywiście pomiary spektroskopowe znajdują zastosowanie w wielu innych dziedzinach, począwszy od astronomii, poprzez technikę, a na sztuce kończąc. Niestety omówienie wszystkich zastosowań spektroskopii wykracza poza ramy objętościowe i tak długiego opracowania. Mamy nadzieję, że ta praca skłoni Państwa do dalszych samodzielnych poszukiwań oraz że podzielają Państwo zachwyt autorów nad spektakularnym zjawiskiem, jakim jest fluorescencja.

**Karina Kubiak-Ossowska**

Wydział Fizyki, Astronomii  
i Informatyki Stosowanej, UMK w Toruniu,  
Department of Chemical and Process Engineering,  
University of Strathclyde, Glasgow, UK

**Dawid Basak**

Zespół Szkół w Górsku, Polskie Stowarzyszenie  
Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych,  
Centrum Chemii w Małej Skali

**Przemysław Miszta**

Instytut Fizyki, Uniwersytet  
Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy,  
Międzynarodowy Instytut Biologii  
Molekularnej i Komórkowej w Warszawie

**Marek Szablewski**

Centrum Astronomii UMK w Toruniu

#### Piśmiennictwo:

- *Biofizyka dla biologów*, pod red. M. Boryszewskiej, W. Leyko, PWN, Warszawa 1997.
- Halliday D., Resnick R., Walker J., *Podstawy fizyki*, PWN, Warszawa 2006.
- Hewitt P. G., *Fizyka wokół nas*, PWN, Warszawa 2010.
- Kęcki Z., *Podstawy spektroskopii molekularnej*, wyd. 4, PWN, Warszawa 1998.
- Miszta P., *Badania dynamiki molekularnej sond fluorescencyjnych i ligandów w białkach*, rozprawa doktorska, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń 2009.
- Suppan P., *Chemia i światło*, PWN, Warszawa 1997.
- *Wybrane zagadnienia z biofizyki*, pod red. S. Miększa, A. Hendricha, Volumed, Wrocław 1998.



# Witamina E

## wpływa na zmniejszenie masy kości ssaka

Na podstawie:

### *Vitamin E decreases bone mass by stimulating osteoclast fusion*

Koji Fujita, Makiko Iwasaki, Hiroki Ochi, Toru Fukuda, Chengshan Ma, Takeshi Miyamoto, Kimitaka Takitani, Takako Negishi-Koga, Satoko Sunamura, Tatsuhiko Kodama, Hiroshi Takayanagi, Hiroshi Tamai, Shigeaki Kato, Hiroyuki Arai, Kenichi Shinomiya, Hiroshi Itoh, Atsushi Okawa, Shu Takeda

„Nature Medicine” 18, 589–594, 4 marca 2012

Homeostaza kości zależy od równowagi pomiędzy procesami tworzenia kości przez osteoblasty a ich resorpcją związaną z aktywnością osteoklastów. Te ostatnie komórki posiadają wiele jąder i powstają w wyniku fuzji jednojądrzastych preosteoklastów.

Od dawna wiadomo, że kluczową rolę w utrzymaniu spójności układu kostnego odgrywają witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, w szczególności witamina D. Jednakże do tej pory niewiele było wiadomo o funkcji, jaką w tym procesie pełni witamina E. Zespołowi japońskich badaczy udało się wykazać, że u myszy niewytwarzających białka odpowiedzialnego za transport -tokoferolu (homozygotyczne myszy  $Ttpa^{-/-}$ ), będących modelem genetycznie uwarunkowanego niedoboru witaminy E, obserwuje się znaczący wzrost masy kości, co jest spowodowane zmniejszeniem ich resorpcji. Badacze dowiedli, że niezależnie od działania jako antyutleniacz -tokoferol pobudza fuzję protoosteoklastów, indukując ekspresję genu kodującego białko transbłonowe, kluczowe dla ich fuzji. Dzieje się to przez uczynienie aktywowanej mitogenem kinazy białkowej 14 (p38) i czynnika białkowego związanego z mikroftalnią, jak również rekrutacji promotora genu kodującego DC-STAMP ( $Tm7sf4$ ).

*W swoich badaniach nad funkcją pełnioną przez witaminę E w procesie tworzenia kości japońscy naukowcy wykorzystywali zwierzęta (myszy) zmodyfikowane genetycznie. Bez nich nie mogliby uzyskać pełnej odpowiedzi na postawione pytania, ponieważ przykładowo nie mogliby potwierdzić, które z białek uczestniczą w badanym procesie.*

&lt;red&gt;

# Nasi odlegli przodkowie mogli przyczynić się do wymarcia dużych mięsożerców

Na podstawie:

### *Early humans fingered in large-carnivore extinctions*

Jeff Tollefson, „Nature”, 26 kwietnia 2012

## Na konferencji dotyczącej ewolucji człowieka i zmian klimatycznych, która odbyła się na Uniwersytecie Kolumbia (Palisades, Nowy Jork), prof. Lars Werdelin, kurator szwedzkiego Muzeum Historii Naturalnej w Sztokholmie, przedstawił swoje niepublikowane do tej pory wyniki badań sugerujące, że nasi dalecy przodkowie mogli się przyczynić do wymarcia w Afryce wielu gatunków dużych mięsożerców. Jednym z nich była osiągnająca wagę 200 kg olbrzymia wydra „niedźwiedzia” z gatunku *Enhydriodon dikikae*, która wymarła około 2 mln lat temu, dokładnie wtedy, gdy nasi prapraprzodkowie doskonalili sztukę posługiwania się narzędziami, a ich dieta zmieniła się na zdecydowanie bardziej mięsną. Dla potwierdzenia swojej tezy prof. Werdelin przypomina, że 2,5-1,5 mln lat temu w Afryce wymarło 19 gatunków dużych drapieżników, w tym wydry, cywety i duże niedźwiedzie. Co prawda w tym samym czasie postępowała zmiana klimatu na bardziej suchy, czego konsekwencją były istotne zmiany środowiskowe, przede wszystkim pojawienie się rozległych sawann, ale zdaniem prof. Werdelina nie miało to znaczenia dla wymierania drapieżników. Jako argument przytacza fakt, że w tym samym czasie znacząco zwiększyła się bioróżnorodność małych drapieżników. Można założyć, że pierwotne hominidy, sprawnie operujące prymitywnymi narzędziami i działające w dobrze zorganizowanych grupach, stanowiły silną konkurencję dla drapieżników w walce o pokarm oraz często odbierały im zdobycz. W konsekwencji doszło do zaburzenia sieci troficznej, czego skutkiem było wymieranie dużych drapieżników, niezdolnych do skutecznego konkurowania z hominidami. Profesor Werdelin powiedział, że jego zdaniem była to pierwsza dokonana przez nas (red. właściwie to przez naszych przodków i ich kuzynów) na wielką skalę manipulacja środowiskiem.

Profesor René Bobe, antropolog z Uniwersytetu Jerzego Waszyngtona w Waszyngton DC, uważa, że hipoteza prof. Werdelina jest bardzo interesująca i przypuszczalnie spowoduje podjęcie dalszych badań zmierzających do jej weryfikacji.

*Odwracając kota ogonem, można przyjąć, że to raczej zmiany klimatyczne powodujące zmiany środowiskowe wpłynęły na łańcuchy pokarmowe i spowodowały wymieranie dużych drapieżników. To z kolei mogło stworzyć warunki sprzyjające rozwojowi hominidów, a to... Niestety, tak długo, jak długo nie będziemy dysponowali wehikułem czasu, nasze możliwości sprawdzenia, jak było naprawdę, będą bardzo małe, jeśli nie żadne.*

Profesor René Bobe, antropolog z Uniwersytetu Jerzego Waszyngtona w Waszyngton DC, uważa, że hipoteza prof. Werdelina jest bardzo interesująca i przypuszczalnie spowoduje podjęcie dalszych badań zmierzających do jej weryfikacji.

*Odwracając kota ogonem, można przyjąć, że to raczej zmiany klimatyczne powodujące zmiany środowiskowe wpłynęły na łańcuchy pokarmowe i spowodowały wymieranie dużych drapieżników. To z kolei mogło stworzyć warunki sprzyjające rozwojowi hominidów, a to... Niestety, tak długo, jak długo nie będziemy dysponowali wehikułem czasu, nasze możliwości sprawdzenia, jak było naprawdę, będą bardzo małe, jeśli nie żadne.*

&lt;red&gt;



Lato sprzyja wycieczkom do lasu i obserwacji zwierząt i roślin. Wśród nich znajdują się i takie, które tylko na pozór wydają się zwyczajne. Odrobina wiedzy sprawi, że można na ich temat snuć ciekawe opowieści. Poznajmy niektóre z nich.



Fot. 1. Piestrzenica kasztanowata (*Gyromitra esculenta*)

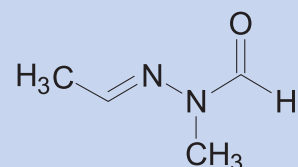
# Piesterzenica kasztanowata

W odróżnieniu od wielu tzw. grzybów kapeluszowych, które są podstawczakami (*Basidiomycetes*), piestrzenice oraz podobne do nich smardze są workowcami. Oznacza to, że są bliżej spokrewnione z drożdżami piekarniczymi (*Saccharomyces cerevisiae*) niż z prawdziwkim szlachetnym (*Boletus edulis*). Piesterzenice można znaleźć od kwietnia do maja, choć trafiają się również w marcu i czerwcu, w widnych, piaszczystych lasach świerkowych i sosnowych, często między korzeniami drzew lub w pobliżu ich pni. Bywa, że występują na wyrębach w miejscach, gdzie nic nie porasta leśnej gleby.

Trudno ją pomylić, a raczej nie można jej pomylić z innymi grzybami z wyjątkiem innych gatunków piesterzenic (patrz niżej), w szczególności piesterzenicy olbrzymiej (*Gyromitra gigas*).

Jeśli na majowym spacerze po lesie znajdziemy piesterzenicę, to obejrzyjmy ją dokładnie, bo grzyb to niezwykle, sfotografujmy go na pamiątkę, lecz nie zrywajmy. Pomijając sprawy związane z ochroną przyrody, piesterzenicę kasztanowatą należy uznać za grzyb trujący (niezależnie od tego, jak jest określana w książkach o grzybach). Jej owocniki zawierają gyromitrynę, lotną substancję, powodującą, że spożycie tego grzyba w stanie surowym prowadzi do ciężkiego zatrucia często kończącego się śmiercią osoby, która go spożyła. Co prawda gyromitryna jest nie tylko lotna, ale również termolabilna, co oznacza, że powinna się rozkładać w czasie gotowania lub suszenia w wysokiej temperaturze, ale znane są przypadki ciężkich zatrucí gotowanymi piesterzenicami. Może być to związane ze szczególną wrażliwością niektórych osób na gyromitrynę lub z gromadzeniem się innych toksycznych metabolitów w starych owocnikach.

## Gyromitryna



Gyromitryna, *N*-metyloformylohydrazon aldehydu octowego, to lotny związek organiczny będący mykotoksyną występującą m.in. w piesterzenicy kasztanowatej (*Gyromitra esculenta*). Podobnie jak w przypadku zatrucia muchomorami zawierającymi najsilniejszą z mykotoksyn - amanitynę, spożycie surowych lub nieodpowiednio przetworzonych owocników tego grzyba powoduje hemolizę krwi i uszkodzenie wątroby. Trucizna pojawia się w parze wodnej powstającej przy gotowaniu i samo wdychanie oparów prowadzi do zatrucia. Co istotne, jest ona kilkukrotnie bardziej toksyczna dla dzieci niż dla dorosłych. Wsuszone piesterzenice kasztanowate uchodzą za nietrujące, ponieważ większa część toksyny odparowuje. Jednak śladowe ilości trucizny pozostają, dlatego piesterzenice kasztanowate nie mogą być polecane jako grzyby jadalne.

Pierwsze objawy zatrucia występują po 6–24 godzinach. Najczęściej są nimi: osłabienie, wymioty oraz bóle głowy i brzucha. Zatrucie może być śmiertelne. Co ważne, gyromitryna jest karcynogenem.

*Dlatego nie zbierajmy piesterzenic. Niech te piękne grzyby nadal zdołają nasze lasy!*

### W internecie

[http://swefungi.se/PAGES\\_DH/Gyromitra\\_esculenta.html](http://swefungi.se/PAGES_DH/Gyromitra_esculenta.html)

[http://www.mykoweb.com/CAF/species/Gyromitra\\_esculenta.html](http://www.mykoweb.com/CAF/species/Gyromitra_esculenta.html)

**Inne piesterzenice:** piesterzenica infułowata (*Gyromitra infula*), piesterzenica pochyla (*Gyromitra fastigiata*), piesterzenica olbrzymia (*Gyromitra gigas*), *Gyromitra leucoanthera*, *Gyromitra ambigua*.



Oleica fioletowa jest pięknym i niezwykłym owadem, którego możemy spotkać w lesie, w czasie majowych wędrówek. Uważnie patrzmy pod nogi i nie przegapmy owadów, które kolorem przypominają żuka gnojowego (*Geotrupes stercorarius* L.). Jednym z nich może być oleica fioletowa, która już na pierwszy rzut oka, nawet niewprawnego, powinna wywołać uczucie, że widzimy szczególnego owada, bo po pierwsze ma niezwykły kolor, a po drugie jest ona owadem okazałym, często znacząco przekraczającym 3 cm.

Oleica fioletowa jest zwierzęciem nie tylko urodziwym, przynajmniej moim zdaniem, ale również niezwykłym i to z dwóch powodów. Po pierwsze jej rozwój, tak jak rozwój wszystkich przedstawicieli rodziny majkowatych (*Meloidae*), do których oleica fioletowa należy, przebiega z nadprzeobrażeniem (hipermetamorfoza). Po drugie ciało oleicy fioletowej zawiera toksyczną kantarydynę. Co prawda zdecydowanie mniej niż ciało jej słynnego kuzyna przyszczela lekarskiego (*Lytta vesicatoria* L.), ale jednak.

Jak wspomniałem, rozwój oleicy fioletowej jest rozwojem z nadprzewodzeniem. Oznacza to, że jest to proces złożony i wieloetapowy. Z jaj złożonych przez samicę, a co ważne – jest ich bardzo dużo, wylęgają się trójpazurkowce (tryungulinusy) będące maleńkimi larwami pierwszego stadium. Larwa ta musi „upolować” pszczołę, dzięki której trafi do ula. Jeśli jej się nie uda, ginie. Dlatego samica oleicy musi złożyć ogromną ilość jaj! Niestety tylko nieliczne trójpazurkowce odnoszą sukces, trafiając do gniazda dzikiej pszczoły. W gnieździe ruchliwe larwy pierwszego stopnia zjadają jaja pszczoł, a larwy drugiego stopnia, znacznie mniej ruchliwe, pędrakowate i ze skróconymi odnóżami, odżywiają się miodem. Larwy te intensywnie rosną i trzykrotnie przechodzą linienie. Następnie wydostają się z gniazda, zakopują się w ziemi, a następnie przekształcają się w poczwarkę rzekomą. W tej postaci zimują, by następnie przeobrazić się w larwę, która nie pobiera pokarmu i przekształca się w poczwarkę, a z poczwarki w postaci dorosłą. Uf, trzeba przyznać, że oleica fioletowa ma nie tylko ciężkie, ale i bardzo złożone życie, dlatego potraktujmy ją z szacunkiem, szczególnie że zaniepokojona, np. wzięta do ręki, wydzieli krople jaskrawopomarańczowej, oleistej cieczy, która co prawda nie cuchnie, ale nie jest niczym przyjemnym, zwłaszcza że zawiera kantarydynę.

# Oleica fioletowa

(*Meloe violaceus* Marsch.)



Fot. 2. Oleica fioletowa (*Meloe violaceus* Marsch.)

**Kantarydyna** jest terpenem zawierającym mostek tlenowy. Występuje w ciele wszystkich owadów z rodziny majkowatych. Wiedzieli o tym starożytni, izolując ją głównie z przyszczela lekarskiego (nazywanego również majką kantarydą). Dla człowieka jest trucizną powodującą śmierć, gdy zostaje podana w dawce 10–30 mg. W ten sposób wykorzystywali ją Medyceusze, sporządzając ze sproszkowanych owadów truciznę o nazwie *aqua tofana*. W małych ilościach jest używana do wytwarzania takich afrodyzjaków jak np. hiszpańska mucha (dawniej podawano ją tylko ogierom), które niestety powodują poważne komplikacje, m.in. zapalenie dróg moczowych.

Dla zwierząt odżywiających się tymi owadami kantarydyna jest nieszkodliwa, niektóre nawet ona wabi (owady kantarydynofilne).

*Jeśli w lesie spotkamy oleicę fioletową, to sfotografujmy ją, ale nie niepokójmy chrząszcza, niech idzie swoją drogą.*

# Gry komputerowe

**Wielu dorosłych niechętnie odnosi się do gier komputerowych. Kojarzą się im one głównie z godzinami bezmyślnie spędzonymi przed komputerem. Okazuje się jednak, że współczesne gry edukacyjne motywują do nauki i ułatwiają zapamiętywanie nowych treści. Jak wynika z badania TNS OBO-P<sup>1</sup>, aż 77% nastolatków w wieku 15–19 lat korzysta z gier komputerowych. Dlaczego więc edukacja miałaby nie skorzystać z takiego potencjału?**

## Gry rozwijają kreatywność i logiczne myślenie

Z badania Digital Diaries<sup>2</sup> przeprowadzonego w USA, Kanadzie i krajach europejskich wynika, że 58% dzieci w wieku 2–5 lat korzysta z nieskomplikowanych gier komputerowych. Współczesna edukacja nie przechodzi obok tego trendu obojętnie – teorie dydaktyczne coraz częściej wymieniają rolę gier edukacyjnych w zwiększaniu motywacji do nauki i podwyższaniu jej skuteczności.

Światowy kierunek w edukacji, oparty na wykorzystywaniu gier do nauczania, rozwija się od 2003 roku. Wtedy to amerykański badacz James Gee zaczął opisywać ich wpływ na rozwój poznawczy<sup>3</sup>. Okazało się, że gry komputerowe pozwalają rozwijać kluczowe kompetencje XXI wieku (przetwarzania informacji, globalnego komunikowania się oraz zarządzania procesem uczenia). Na rynku istnieje obecnie rozbudowany segment nie tylko gier edukacyjnych, ale także pomagających leczyć młodych pacjentów w trakcie chemioterapii czy rozwijających pracę mózgu (oprogramowanie typu *brain fitness*).

## Edukacyjna siła drzemie w grach

Wielu dorosłych, wciąż negatywnie odnosi się do gier komputerowych, które stały się nieodłączną częścią rozrywki dzieci. Obecnie można wybierać spośród setek gier rozwijających różne umiejętności: od zręcznościowych wpływających na refleks, po językowe, w których

uczniowie muszą np. dopasować obcojęzyczne słowa do obrazków, matematyczne, uczące np. tabliczki mnożenia, czy strategiczne, które symulują np. prowadzenie własnego przedsiębiorstwa.

*Rodzice i nauczyciele powoli zaczynają rozumieć, że współczesna szkoła powinna czerpać z narzędzi, jakie dostarcza nowa technologia. Cyfrowa szkoła to już nie mit, a realny kierunek kształcenia. Na rynku edukacyjnym pojawia się coraz więcej ciekawych propozycji wykorzystania internetu i programów komputerowych do poprawy jakości nauczania, a tym samym zaplanowania interesującej lekcji. Gry komputerowe mogą być skutecznym sposobem na zainteresowanie uczniów matematyką czy językami obcymi – przekonuje Marcin Kempka, prezes firmy Librus dostarczającej nowoczesne oprogramowanie do polskich szkół.*

## Edukacyjne gry sprzyjają nauce

Materiały dydaktyczne, które przypominają w obsłudze gry, powodują, że uczenie jest dla dzieci bardziej atrakcyjne, a zapamiętywanie nowych treści łatwiejsze. Nowe zapisy MEN w podstawie programowej mówią m.in. o konieczności wprowadzania elementów edukacji poprzez zabawę, co jest szczególnie istotne w przypadku dzieci najmłodszych. Zapisy te wpisują się w trend nazywany *edutainment*, będący połączeniem edukacji z zabawą. *Wiele programów i aplikacji edukacyjnych bawiąc, uczy niezwykle efektywnie. Często maluchy są tak zaabsorb-*

*owane programami wzorowanymi na grach komputerowych, że nawet nie uświadamiają sobie procesu uczenia się – opowiada Robert Kuc, redaktor naczelny Wydawnictwa Klett, drugiego co do wielkości wydawcy edukacyjnego w Europie.*

Przystępna forma podawania nowych treści okazuje się zbawieniem w przypadku bardziej zawiłych zagadnień. Niektóre trudne aspekty np. matematyki, stają się łatwe, gdy zostają przekazane w trakcie gry na praktycznych, życiowych przykładach. Uczeń, gdy zrozumie sens gry, przyswaja nową wiedzę. Ponadto może wykorzystywać gry edukacyjne zarówno na lekcjach, jak i w domu. Nauka staje się wtedy bardziej urozmaicona, a na zagadnienia omawiane w szkole można spojrzeć z nowej perspektywy.

## Gry dobre dla maluchów

W wielu krajach europejskich z powodzeniem wykorzystuje się elementy gier w nauczaniu najmłodszych. W Słowenii w szkołach podstawowych dzieci testują na lekcjach zintegrowaną platformę interaktywną, która w najbliższych latach może być wprowadzona do większości szkół. Do każdego etapu nauki została przydzielona inna „krajina” na platformie, po której oprowadzają uczniów przyjazne postaci pszczołek o imionach Lili i Bine, odkrywając przed nimi tajemniki jednego z dziewięciu przedmiotów. Na przykład maluchy dopiero co rozpoczynające edukację, korzystają z cyfrowego pełnego multimediu, dzieci z klas 1–2 – z bajkowej, szkolnej drogi, a dzieci z klas 3–4 – z kolorowego parku miejskiego – opowiada Robert Kuc ekspert Wydawnictwa Klett.

Wykonywanie tego typu ćwiczeń dostarcza dzieciom rozrywki i relaksuje je. Jednocześnie rozwija samodzielność, a także talenty. Warto pamiętać, że nie każda gra sprzyja rozwojowi intelektualnemu dziecka. Należy kontrolować treści, z jakimi styka się dziecko, i wybierać oprogramowanie, które przeznaczone jest do celów edukacyjnych.

1 Badanie przeprowadzone w sierpniu 2011 roku.

2 <http://www.egospodarka.pl/61526,Juz-male-dzieci-znaja-nowoczesne-technologie,1,39,1.html>

3 Dane pochodzą z The Horizon Report 2011.



# Nauczyciel 2020

**D**ynamiczny rozwój technologiczny i społeczny ostatnich lat sprawił jednak, że także w szkołach zaczęły pojawiać się zmiany. Jak więc będzie się zmieniać praca nauczycieli oraz ich rola w edukacji?

Choć przez lata zmiany zachodzące na świecie właściwie omijają szkoły, to od pewnego czasu także w szkolnictwie widać dynamiczne przeobrażenia. Trendy widoczne w innych dziedzinach życia (np. rozwój społeczeństwa informacyjnego, nowe kompetencje, których wymagają pracodawcy, nowe potrzeby pokolenia ery cyfrowej i rozwój technologiczny) sprawiają, że system edukacji, a więc także pedagogzy muszą się do nich dostosować. Z jednej strony praca nauczyciela będzie stawać się prostszą, ale z drugiej strony edukatorzy będą musieli sprostać o wiele większej ilości wyzwań niż jeszcze parę lat temu.

## Zbędny zawód?

Rola nauczycieli będzie ulegać transformacji. Wcześniej praca pedagogów koncentrowała się na przekazywaniu wiedzy. Od nauczycieli zależało, co uczniowie będą mieli w głowach, opuszczając szkołę. W przyszłości będzie inaczej. Nauczyciele już teraz nie są jedynym źródłem wiedzy uczniów – młodzi ludzie zdobywają ją między innymi w świecie wirtualnym. Nauka będzie w coraz mniejszym stopniu ograniczona do murów szkoły. Co ważne, uczniowie mogą mieć nawet większą wiedzę od nauczycieli. Czy szkoła i pedagogzy będą więc im w ogóle potrzebni? *Praca nauczyciela bardzo się zmieni, ale nadal będzie niezwykle ważna w procesie kształcenia młodych ludzi. Choć mają teraz ogromne możliwości, aby zdobywać wiedzę samodzielnie, to nadal będą potrzebować osoby, która będzie im pokazywać, gdzie szukać informacji i jak je wykorzystywać. Nauczyciel będzie wcielał się bardziej w rolę mentora, trenera, który zamiast jednostronnie przekazywać*

**Przez dziesiątki lat praca nauczyciela wyglądała w zasadzie podobnie – wykłady w sali lekcyjnej, pisanie na tablicy, nauka z podręcznika, sprawdzanie stert klasówek...**

*wiedzę, będzie motywował młodych ludzi do jej poszerzania. Pedagogzy będą musieli się otworzyć na bardziej partnerskie relacje z uczniami, wymianę myśli i dialog z młodzieżą – mówi Ewa Frąckowiak, nauczycielka przyrody i ekspert Wydawnictwa Klett, drugiego co do wielkości wydawcy edukacyjnego w Europie.*

## Nauczyciel tylko wirtualny?

Powszechny dostęp do internetu sprawia, że szkoła może w przyszłości nie stanowić już centrum edukacji, a przybrać nieco bardziej wirtualną formę, np. platform edukacyjnych. Nauka zdalna w formie e-learningu uznawana jest przez ekspertów amerykańskiej organizacji futurologów World Future Society za potencjalnie przełomową technikę w rozwoju społecznym świata w ciągu najbliższych 20–30 lat. *Przyszła kadra pedagogiczna powinna nie tylko być odpowiednio wykształcona w zakresie wykorzystywania narzędzi służących do nauki on-line, ale także przygotowana do nauczania w takiej formie, ponieważ będzie się ona znacznie różnić od technik stosowanych w tradycyjnych klasach. Niewykluczone, że już niedługo wielu nauczycieli będzie kształcić uczniów znajdujących się na drugim końcu świata i nawet nigdy nie spotkają się oni osobiście – mówi Robert Kuc, redaktor naczelny Wydawnictwa Klett. Poza przekraczaniem granic geograficznych e-learning ma pomóc nauczycielom sprostać jeszcze jednemu wyzwaniu: nauczaniu dostosowanemu do potrzeb i stylu uczenia się każdego ucznia.*

## Maszyny zastąpią ludzi?

Choć maszyny zaczynają zastępować ludzi, to raczej nie należy się martwić, że komputery zajmą miej-

sce prawdziwych nauczycieli. W żmudnym układaniu i sprawdzaniu testów czy poprawianiu pracy domowej nauczycieli coraz bardziej będzie wyręczać technologia. *Praca nauczyciela to nie tylko prowadzenie lekcji, ale także przygotowywanie materiałów i testów, sprawdzanie klasówek i prac domowych oraz prowadzenie mnóstwa szkolnej dokumentacji – uzupełnianie dzienników, wypisywanie arkuszy ocen, świadectw*

**Jacy więc będą nauczyciele w roku 2020? Przyjaciele, trenerzy, wirtualni asystenci, miłośnicy nowych technologii, poligłoci, superludzie? Eksperti przewidują, że wszystko po trochu. Jak będzie naprawdę, przekonamy się w przyszłości.**

*itd. Na szczęście nowe technologie będą w coraz większym stopniu usprawniać pracę pedagogów w tym zakresie, tak aby mogli się skoncentrować na istocie swojego zajęcia, a więc kształceniu młodych ludzi. Już teraz w tysiącach szkół dostępne są elektroniczne dzienniki i systemy, które „wypisują” za nauczycieli arkusze ocen i świadectwa. Możemy przypuszczać, że z czasem będą one coraz bardziej zaawansowane i np. na podstawie określonych algorytmów będą tworzyć dla pedagogów prognozy lub ostrzegać o potencjalnych problemach z uczniami – mówi Marcin Kempka, prezes firmy Librus. Podobnego zdania jest Robert Kuc z Wydawnictwa Klett: W niedalekiej przyszłości nowe technologie będą nieodłączną częścią pracy nauczycieli. Już teraz za nich komputery sprawdzają klasówki i prace domowe. Systemy przygotowują też testy, a za jednym kliknięciem myszy nauczyciel może rozesłać wszystkim uczniom lub części z nich pracę domową i dodatkowe materiały do nauki lub powtórek.*



*Lato*  
na Spitsbergenie







# Sala lekcyjna w plenerze

**Kiedy słyszymy słowo szkoła, zazwyczaj pierwsze, co przychodzi nam na myśl, to budynek, klasy wypełnione uczniami, 45-minutowe lekcje oraz upragniony przez uczniów dzwonek. Na szczęście jedną z nowych metod zdobywających w ostatnim czasie coraz większe uznanie wśród specjalistów jest outdoor learning. Dzięki niej lekcje nie zawsze muszą być prowadzone w tradycyjny sposób, a sala nie za każdym razem musi mieć „cztery ściany”.**

Paulina Bryczewska

## Co to jest outdoor learning?

*Outdoor learning* to szerokie pojęcie, które obejmuje: zabawę i naukę na świeżym powietrzu, wyprawy, projekty szkolne, edukację ekologiczną, osobiste i społeczne programy rozwoju i wiele więcej. Zagadnienie nie posiada jasno określonych granic, ale jego rdzeniem jest aktywna nauka przez to, co robimy i do jakich wniosków sami dojdziemy.

Metoda ta staje się coraz bardziej popularna na całym świecie. Uniwersytety, oprócz przeprowadzania badań na temat jej skuteczności, otwierają również kierunki kształcące w tym zakresie przyszłą kadrę pedagogiczną. Także w polskiej edukacji widać zmiany. *Nowa podstawa programowa wprowadza do szkolnictwa obowiązkowe zajęcia terenowe. Ponadto najnowsze podręczniki wspierają tę formę nauki – zawierają ciekawe pomysły i ćwiczenia ułatwiające lekcje w terenie* – mówi Robert Kuc, redaktor naczelny Wydawnictwa Klett, drugiego co do wielkości wydawcy edukacyjnego w Europie.

Wśród kluczowych koncepcji pozwalających lepiej zrozumieć założenia *outdoor learning* jest tzw. *experiential education*, czyli nauka

przez doświadczenia. Jest to metoda, w której nauczyciele wprowadzają ucznia w eksperymenty, obserwacje i ćwiczenia, angażując umysł i ciało poprzez aktywność fizyczną, intelektualną, spostrzeżenia i emocje. Dzięki temu zwiększają jego wiedzę, a także motywację i rozwijają umiejętności.

## Dlaczego nauczanie w plenerze?

Dzisiaj telewizja i komputery w znaczny sposób odciągają dzieci od zabawy na świeżym powietrzu. Niestety coraz rzadziej możemy zobaczyć chłopców grających w piłkę nożną na osiedlowym boisku czy dziewczynki zbierające się przy trzepaku, by wspólnie pobawić się lalkami. Eksperci podkreślają, że nie możemy zapomnieć o tym, że najlepsze przygotowanie do wejścia w dorosłość to pełne i przyjemne dzieciństwo. *Dzieci potrzebują możliwości odkrywania, eksperymentowania, zmieniania i przekraczania własnych granic i możliwości. To nie przypadek, że nasze najlepsze wspomnienia pochodzą właśnie z okresu dzieciństwa. Również szkoła nie powinna tego zaniedbywać. Codzienna monotonia lekcji, nadmierna wiedza książkowa, która często jest przyswajana mechanicznie, nie umożliwiają pełnego rozwoju intelektualnego i osobowościowego młodego człowieka. Tutaj z pomocą przychodzi*

*nam m.in. metoda zajęć w terenie* – mówi Ewa Frąckowiak, nauczycielka przyrody i specjalista Wydawnictwa Klett.

## Szeroki wachlarz możliwości

Zajęcia w terenie umożliwiają dzieciom poznanie świata z bardzo bliska. Jak rozpuszcza się lód, czym jest żywica, jak pachnie i smakuje pomidor, czy motyle uczą się latać – to tylko kilka z setek przykładów. Poznawanie w taki sposób jest o wiele efektywniejsze i zabawniejsze. Zajęcia w terenie są nieskończonym źródłem pomysłów. Zapewniają atmosferę do nauki, dzięki której dzieci mające zazwyczaj problemy, często stają się utalentowanymi uczniami w plenerze. *Bezpośrednie doświadczenia są o wiele bardziej motywujące, zwiększają przyswajanie wiedzy i wiarygodność oraz prowadzą do rozwoju osobistego i przełomów w nauce. Takie podejście poszerza horyzonty i pobudza nowe zainteresowania. Nie ma ograniczeń co do doświadczeń i ciekawostek płynących ze środowiska zewnętrznego. Uczestnicy takich zajęć często odkrywają swój potencjał i zdolności, zaskakują samych siebie oraz nauczycieli. Należy również wspomnieć o zdobywaniu umiejętności pracy w zespole, praktycznego rozwiązywania problemów oraz poszanowania potrzeb środowiska* – dodaje Ewa Frąckowiak z Wydawnictwa Klett.

Standardowe lekcje powoli odchodzą do lamusa. Nauczyciele zdają sobie sprawę, że wraz z pędzącym światem powinien zmienić się schemat lekcyjny, i starają się wprowadzić nowe, ciekawe rozwiązania. Kiedy uczniowie spędzają coraz więcej czasu przed monitorami komputerów, zajęcia w plenerze stanowią dla nich interesującą alternatywę, a dla nauczycieli wydają się niekończącym źródłem inspiracji. Dlatego też oprócz wycieczek do kina pedagogicy coraz chętniej organizują wizyty w muzeach, warsztaty pieczenia chleba w tradycyjny sposób czy też odwiedzają gospodarstwa pszczelar-  
skie.



## Biologia w sieci

Namawiamy do odwiedzenia niżej podanych stron internetowych:

<http://www.nature.com/nrc/posters/mitochondria/index.html>

Strona firmowana przez czasopismo „Nature”, więc jej wiarygodność nie wymaga rekomendacji. W „Biologii w Szkole” pisaliśmy o mitochondriach i ich roli w komórce. Na wyżej wspomnianej, niestety anglojęzycznej stronie znajdziecie Państwo kilka podstawowych informacji o roli mitochondriów w procesie powstawania nowotworów. Klikając lewym klawiszem myszki w obrazek znajdujący się w lewym górnym rogu artykułu, można otworzyć bardzo ciekawy poster obrazujący związki mitochondriów z kancerogenezą.

<http://www.nature.com/nature/journal/v485/n7396/full/485033a.html>

Na tej stronie znajdziecie Państwo bardzo ciekawy artykuł **Chrisa Stringera** pt. *Evolution: What makes a modern human* (Natur 485, s. 33–35, 3 maja 2012), traktujący o ewolucji naszego gatunku. Gorąco polecam.

<http://www.nature.com/news/map-of-life-goes-live-1.10621>

10 maja 2012 roku została udostępniona w internecie „Mapa Życia”. Wydarzenie to stanowi milowy krok w badaniach nad bioróżnorodnością i rozmieszczeniem gatunków na kuli ziemskiej. Traktuje o tym artykuł **Virginii Gewin** pt. *Map of Life goes live. Online mapping tool streamlines global species distributions*. Warto się z nim zapoznać.

<http://www.nature.com/news/study-links-genes-to-melanoma-development-1.10597>

Zanim zaczniemy się opalać, namawiam do lektury artykułu **Erika Checka Haydena** pt. *Study links genes to melanoma development* opisującego, jak sekwencjonowanie DNA pochodzącego ze skóry z czerniakiem ujawnia mutacje, wynikające z działania promieniowania słonecznego, które wydają się mieć znaczenie dla powstawania i rozwoju nowotworów skóry.

# „Komórki, tkanki i organy”

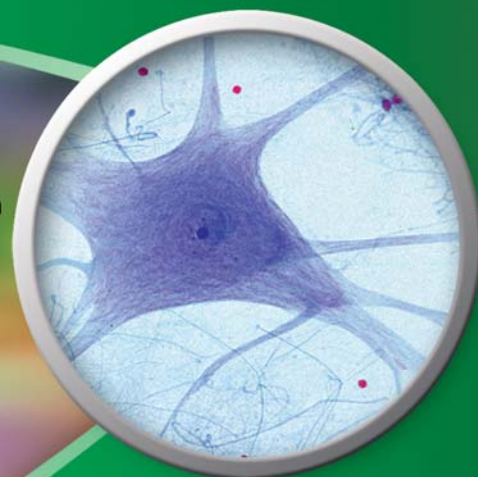
## Zestaw 13 preparatów mikroskopowych

z dołączonym certyfikatem jakości niemieckiego laboratorium LIEDER oraz 20-letnią gwarancją

Cena 355,96 PLN brutto

1. Podstawowe komórki zwierzęce, p.s. wątroby salamandry
2. Mitoza, p.w. wierzchołków korzeni czosnku (*Allium*) ukazujący wszystkie stadia mitozy
3. Jaskier, p.p. typowego korzenia rośliny dwuliściennej
4. Łodygi roślin dwu i jednoliściennych, dwa p.p. dla celów porównawczych
5. Lilak (*Syringa*), p.p. liścia typowej mezofitycznej rośliny dwuliściennej
6. Nabłonek walcowaty, p.p. jelita ślepego królika
7. Kość i chrząstka szklista, p.p.
8. Mięśnie poprzecznie prążkowane ssaka, p.w.
9. Mięśnie gładkie ssaka, p.w. i p.p.
10. Płuco kota, p.p.
11. Rozmaz krwi ludzkiej
12. Skóra człowieka, p.w.
13. Młoda mysz, przekrój sagitalny przez cały okaz dla ukazania wszystkich struktur

Na stronie internetowej [www.preparatymikroskopowe.pl](http://www.preparatymikroskopowe.pl) dostępnych jest 3500 różnych preparatów mikroskopowych, pogrupowanych w zestawach bądź do nabycia jako preparaty pojedyncze.



Zespół Preparaty Mikroskopowe  
ul. Mściwoja 10/7, 85-459 Bydgoszcz  
tel. +48 506 216 737, fax. 022 2072542  
biuro@preparatymikroskopowe.pl

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

# Fizjologia człowieka

## – rozwiązania metodyczne

Marlena Zielińska, Alina Trejgell

### Wstęp

Zagadnienia związane z fizjologią człowieka stanowią istotną część podstawy programowej kształcenia ogólnego (Warszawa, 2009) na różnych etapach kształcenia. Ponadto znajdują się w niej zalecane doświadczenia i obserwacje, które uczeń powinien przeprowadzić. Spośród nich wybrałyśmy te, które dotyczą fizjologii człowieka (wypisane poniżej).

Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie:

- wykazujące rolę składników kości;
- sprawdzające gęstość rozmieszczenia receptorów w skórze w różnych częściach ciała oraz dokonuje obserwacji:
  - zmian tętna i ciśnienia krwi podczas spoczynku i wysiłku fizycznego,
  - wykazującej obecność plamki ślepej na siatkówce oka.

Ponadto w świetle podstawy programowej uczeń zarówno po III, jak i IV etapie kształcenia powinien wykazać się znajomością metodyki badań (*Uczeń planuje, przeprowadza i dokumentuje obserwacje i doświadczenia biologiczne, określa warunki doświadczalne, rozróżnia próbę kontrolną i badawczą, formułuje problemy badawcze, stawia hipotezy i weryfikuje je na drodze obserwacji i doświadczeń, formułuje wnioski z przeprowadzonych obserwacji i doświadczeń*). Zatem zadaniem szkoły jest umożliwienie uczniom projektowania i prowadzenia obserwacji oraz doświadczeń biologicznych. Uczniowie zaś powinni nabyć umiejętność dostrzegania, formułowania problemów badawczych, stawiania hipotez i ich weryfikacji, planowania, przeprowadzania i dokumentowania doświadczeń, rozróżniania próby badawczej i kontrolnej, analizowania i interpretowania wyników oraz na ich podstawie wysuwania wniosków.

Biorąc pod uwagę zalecenia wynikające z podstawy programowej i bazując na własnym doświadczeniu, że wiedzę łatwiej przyswoić, jeżeli poparta jest przeprowadzonym eksperymentem, w niniejszej publikacji przedstawiono propozycje sprawdzonych, łatwych do przeprowadzenia w warunkach szkolnych doświadczeń z fizjologii człowieka. Zostały one przygotowane w postaci gotowych kart pracy, które można wykorzystać na lekcjach biologii/przyrody, oraz skonstruowane tak, aby przy okazji przeprowadzania eksperymentów można było kształtować postawę badawczą ucznia. Na końcu zamieszczono również kilka zadań problemowych, które mogą służyć nauczycielowi do sprawdzenia umiejętności uczniów. **Tego rodzaju zadania bardzo często pojawiają się w pakietach maturalnych.**



Karta pracy 1. Badanie wrażliwości skóry



PROBLEM BADAWCZY:.....

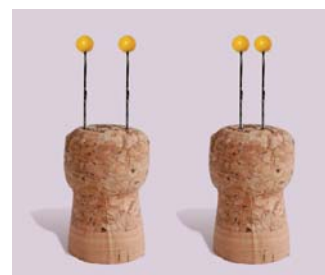
HIPOTEZA BADAWCZA:.....

ZAPLANOWANIE I WYKONANIE DOŚWIADCZENIA:

**Niezbędne materiały:** korki z wklutymi szpileczkami (zestaw A i B).

### Przebieg doświadczenia:

Do przeprowadzenia eksperymentu wybieramy cztery pary ochotników. W każdej parze jeden z uczniów będzie eksperymentatorem, a drugi będzie poddany badaniu. Uczeń eksperymentator w celu przeprowadzenia eksperymentu musi posłużyć się przygotowanymi narzędziami (schemat A i B), przykładając do wybranych





miejsc na ciele (ramię, opuszek palca, kark, policzki i wargi) szpilki o szerokim i wąskim rozstawie w dowolnej kolejności (szpilki wbite są w korek ostrym zakończeniem, a tępym przykładane są do ciała). Uczeń badany ma zamknięte oczy i podczas badania wypowiada na głos, ile ukłuć czuje. Uczniowie obserwatorzy uważnie notują wyniki w tabeli.

**WYNIKI:**

Uczeń	Ramię		Opuszek palca		Kark		Policzek		Warga	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1										
2										
3										
4										
Średnia										

**WNIOSKI:**

.....

.....

.....

.....

**Karta pracy 2. Wpływ wysiłku na pracę układu oddechowego i krwionośnego**

**PROBLEM BADAWCZY:**.....

**HIPOTEZA BADAWCZA:**.....

**ZAPLANOWANIE I WYKONANIE DOŚWIADCZENIA:**

*Niezbędne materiały:* stoper lub minutnik.

**Przebieg doświadczenia:**

Do przeprowadzenia eksperymentu wybieramy 8–10 osób. Następnie dokonujemy pomiaru liczby oddechów w ciągu 1 minuty (do pomiaru czasu należy użyć stopera). Można również policzyć ilość oddechów w ciągu 30 sekund i wynik pomnożyć przez dwa. Wyniki uczniowie zapisują w tabeli.

Pomiaru tętna dokonujemy na tętnicy szyjnej lub nadgarstku, przykładając do nich trzy środkowe palce. Wyniki uczniowie zapisują w tabeli.

Po dokonaniu pomiarów w spoczynku wszystkie osoby biorące udział w eksperymencie wykonują te same ćwiczenia (np. 30 przysiadów). Bezpośrednio po wysiłku należy ponownie dokonać pomiarów liczby oddechów i tętna.

**WYNIKI:**

Uczeń	Pomiar przed wysiłkiem fizycznym		Pomiar przed wysiłkiem fizycznym	
	liczba oddechów	tętno	liczba oddechów	tętno
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
Średnia				



**WNIOSEK:**

.....

.....

### Karta pracy 3. Badanie zawartości dwutlenku węgla w wydychanym powietrzu

PROBLEM BADAWCZY:.....

HIPOTEZA BADAWCZA:.....

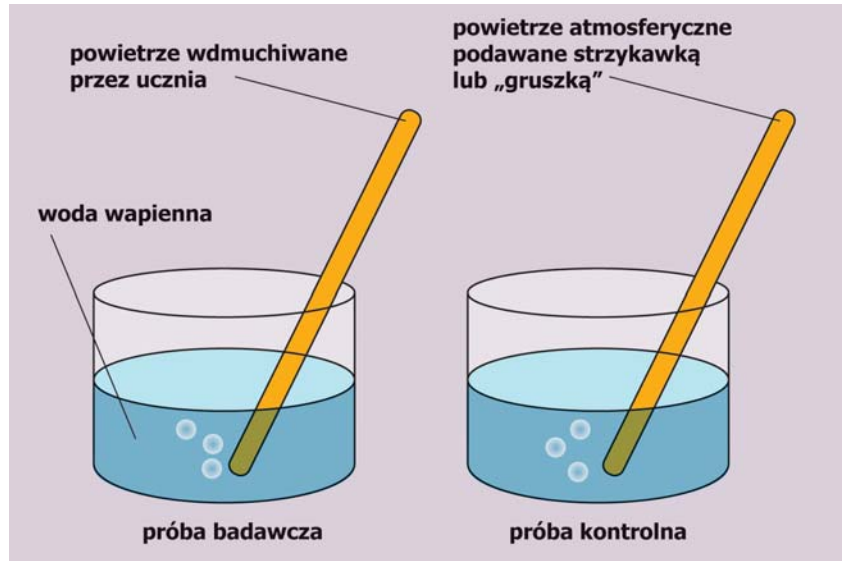
ZAPLANOWANIE I WYKONANIE DOŚWIADCZENIA:

**Niezbędne materiały:**

Naczynie, woda wapienna, słomka, strzykawka lub gruszka.

**Przebieg doświadczenia:**

Do naczynia nalewamy wodę wapienną, a następnie wybrany uczeń wdmuchuje do niej przez słomkę powietrze. W próbie kontrolnej powietrze atmosferyczne wprowadzamy za pomocą strzykawki lub gruszki.



WYNIKI:

.....  
 .....

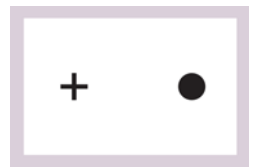
WNIOSKI:

.....  
 .....

### Karta pracy 4. Badanie występowania plamki ślepej

Plamka ślepa to miejsce na siatkówce oka, w którym znajduje się tarcza nerwu wzrokowego i nie ma tam komórek fotoreceptorowych, dlatego też jest niewrażliwa na światło.

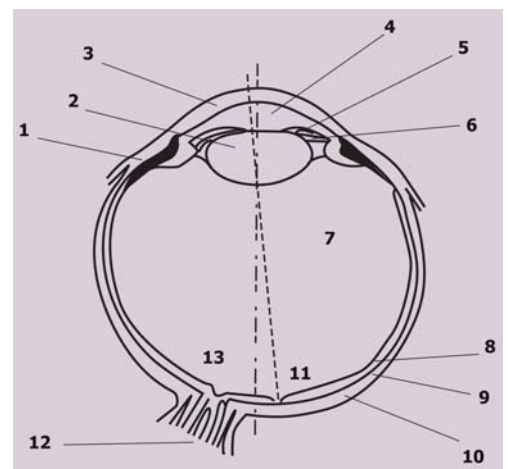
Obecność plamki ślepej można wykazać, przeprowadzając doświadczenie Mariotte’a. Na białym kartoniku w odległości 5 cm od siebie narysowane są czarne kółko o średnicy 15 mm i krzyżyk (tzw. figura Mariotte’a). Kartkę umieszczamy w ten sposób, aby krzyżyk był centralnie skierowany w stronę oka badanego, a kółko na zewnątrz, natomiast drugie oko zasłaniamy. Kartonik odsuwamy na wyciągnięcie ręki i powoli zbliżamy do siebie, wpatrując się cały czas w krzyżyk. W odległości około 15–20 cm od oczu obraz kółka nam znika. Gdy przesuniemy kartonik jeszcze bliżej, kółko znowu będzie widoczne.



Którą cyfrą na schemacie obok jest oznaczona plamka ślepa?.....

Opisz drogę promienia świetlnego, jaką musi pokonać w oku, aby dotrzeć do fotoreceptorów.

➡..... ➡..... ➡.....  
 ➡..... ➡..... ➡.....  
 ➡..... ➡..... ➡.....





## Karta pracy 5. Badanie zmysłu słuchu

Wykonanie doświadczenia:

- 1) Wybrany uczeń siada na krześle na środku klasy.
- 2) Prosimy, aby uczeń zamknął oczy, lub zawiązujemy je chustką nieprzepuszczającą światła.
- 3) Reszta uczniów ustawia się dookoła. Wskazany uczeń ma pstryknąć palcami lub klasnąć w dłoń (z prawej strony, nad głową, z lewej strony, z tyłu lub przodu głowy).
- 4) Uczeń siedzący na krześle wypowiada na głos, z której strony dobiega do niego dźwięk.



Zaproponuj formę zapisu wyników:

**UWAGA!** Doświadczenie można wykonać również z zasłoniętym jednym uchem.

**WNIOSEK:**

.....

.....

.....

## Karta pracy 6. Zbadanie, czy narządy zmysłu smaku i węchu współpracują ze sobą

**PROBLEM BADAWCZY:**.....

**HIPOTEZA BADAWCZA:**.....

**ZAPLANOWANIE I WYKONANIE DOŚWIADCZENIA:**

**Niezbędne materiały:** starte jabłko, starta cebula, zmiksowany ugotowany ziemniak, zmiksowana ugotowana marchewka, szalik lub chustka do zawiązania oczu, łyżeczki jednorazowe, pojemniki lub talerzyki.

**Przebieg doświadczenia:**

1. Zasłaniamy jednej osobie oczy oraz prosimy, by zatkała szczelnie nos.
2. Podajemy do spróbowania każdego z przygotowanych produktów.
- Uwaga!** Osoba rozpoznająca produkty musi podać nazwę, zanim puści nos.
3. Wynik zapisujemy w tabeli (+/-).
4. Powtarzamy doświadczenia przy zasłoniętych oczach i niezatkany nosie.

Roztwór	Wynik z zasłoniętymi oczami i zatkanym nosem	Wynik z zasłoniętymi oczami i niezatkany nos
Jabłko		
Ziemniak		
Marchew		
Cebula		

**WNIOSEK:**

.....

.....

.....

.....



## Karta pracy 7. Badanie roli składników chemicznych kości

**PROBLEM BADAWCZY:** *Jakie właściwości nadają kościom składniki mineralne i białko?*

**HIPOTEZA BADAWCZA:**.....

### ZAPLANOWANIE I WYKONANIE DOŚWIADCZENIA:

#### Doświadczenie 1

**Niezbędne materiały:** ocet, woda, dwie kości kurczaka, dwa słoiki z zakrętkami.

#### Przebieg doświadczenia:

1. Do jednego słoika wlej ocet, do drugiego wodę.
2. Do słoików włóż po jednej kości.
3. Zakręć słoiki i odstaw na kilka dni (około tygodnia).
4. Oznacz odpowiednio słoiki: próba badawcza i kontrolna.
5. Po tygodniu wyjmij kości i zapisz wyniki.



#### Doświadczenie 2

**Niezbędne materiały:** kość kurczaka, palnik, zapaliki, szczypce.

#### Przebieg doświadczenia:

1. Kawalek kości chwyć szczypcami i spal go.

#### WYNIKI:

 <p>Kość moczona w occie</p>	 <p>Kość spalona</p>

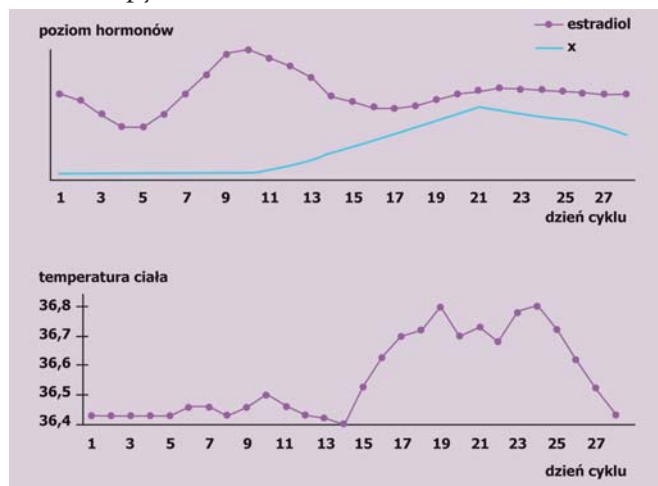
#### WNIOSKI:

.....  
 .....  
 .....

## ZADANIA PROBLEMOWE

### Zadanie 1

Przeanalizuj wykresy przedstawiające zmiany poziomu hormonów i temperatury, które zachodzą w organizmie kobiety podczas cyklu miesięcznego, i odpowiedz na pytania.



Jak nazywa się hormon oznaczony literą x na pierwszym wykresie?

.....

W którym dniu cyklu następuje owulacja?

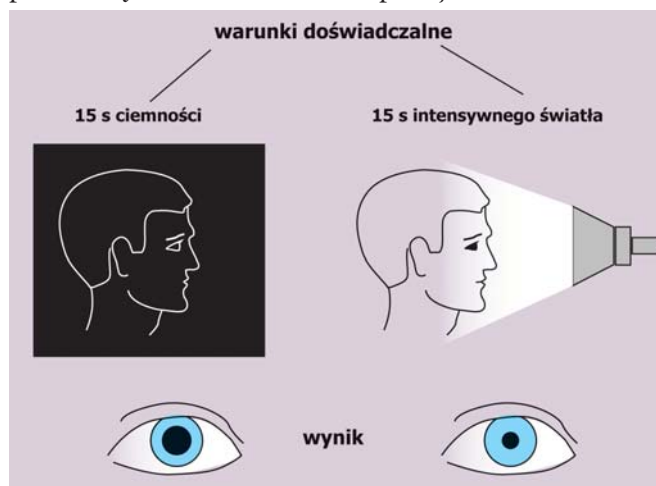
.....

Jak zmienia się poziom hormonów i temperatury po owulacji?

.....

### Zadanie 2

Przeprowadzono eksperyment, którego istotę przedstawiono na schemacie poniżej. Po analizie schematu sformułuj problem badawczy, przedstaw w punktach procedurę doświadczenia oraz podaj wniosek.



**Problem badawczy:**.....

**Przebieg eksperymentu:**

.....

**Wniosek:**

.....

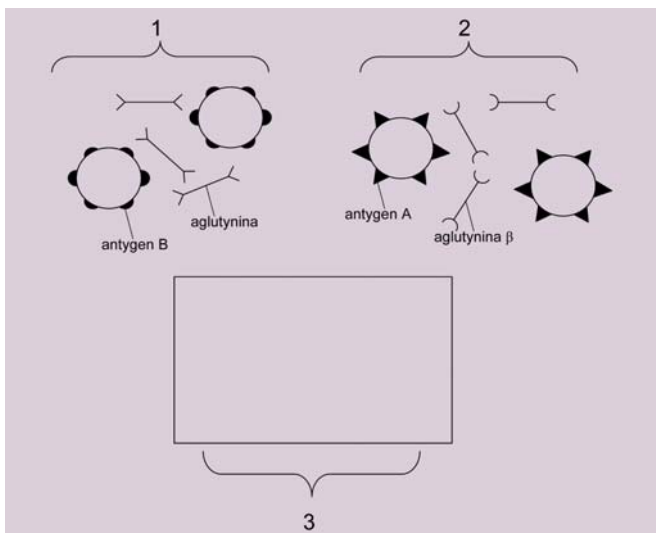
.....

.....



**Zadanie 3**

U człowieka wyróżniamy cztery podstawowe grupy krwi: A, B, AB i O. O grupie krwi decyduje obecność antygenów na błonie komórkowej erytrocytów i przeciwciał w osoczu krwi.



Po przeanalizowaniu schematu rozwiąż zadania A, B i C.

A. Rozpoznaj grupy krwi oznaczone cyframi 1 i 2.

.....  
 .....  
 .....

B. Narysuj schemat 3 ilustrujący grupę krwi, którą można przetoczyć biorcom 1 i 2.

C. Sformułuj problem badawczy do doświadczenia, które ilustruje schemat.

.....  
 .....  
 .....

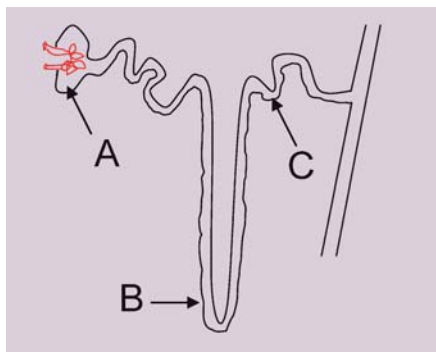
**Zadanie 4**

Rozpoznaj elementy nefronu oznaczone A, B i C.

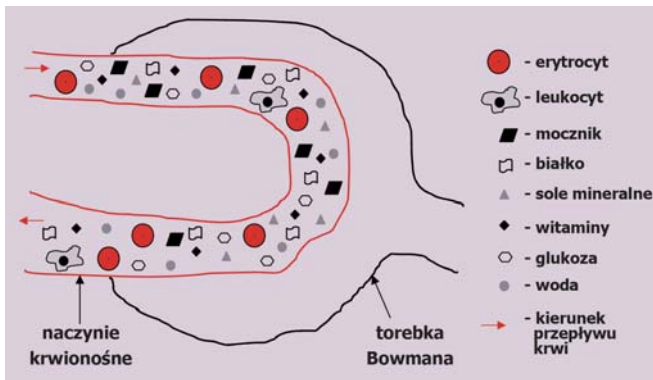
.....  
 .....

Wskaż miejsce o najwyższym stężeniu mocznika i uzasadnij swój wybór.

.....  
 .....



Rys. 1. Schemat nefronu



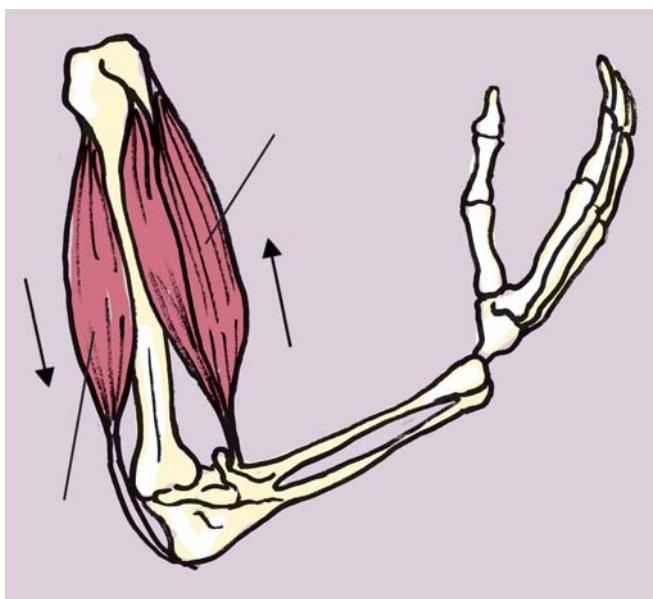
Rys. 2. Kłębuszek nerkowy

Stosując znaki + lub - oceń obecność lub brak w składzie moczu pierwotnego i wtórnego substancji oraz komórek krwi, które obecne są w naczyniu krwionośnym kłębuszka nerkowego.

Substancja	Mocz pierwotny	Mocz wtórny
komórki krwi		
mocznik		
białko		
sole mineralne		
witaminy		
glukoza		
woda		

**Zadanie 5**

Na rysunku przedstawiono mięśnie, które działają wobec siebie antagonistycznie.



1. Wpisz na schemacie oznakowania dla mięśnia trójgłowego ramienia (A) i dla mięśnia dwugłowego ramienia (B).

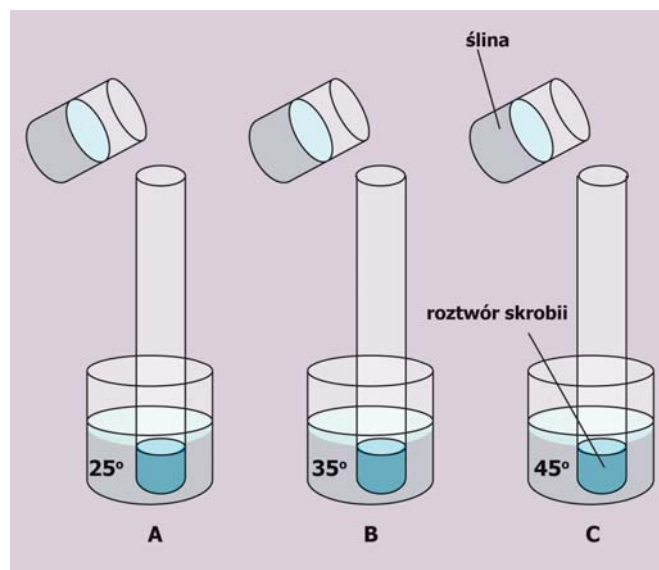
2. Napisz, jaką funkcje one pełnią.

A - .....  
 B - .....

### Zadanie 6

Przeprowadzono niżej opisane doświadczenie.

Do naczyń z wodą (A, B i C) włożono probówkę z 5 cm<sup>3</sup> jednoprocentowego roztworu skrobi. Naczynia umieszczono w łaźniach wodnych o różnych temperaturach. Następnie do każdej z probówek dolano po ok. 1 cm<sup>3</sup> świeżo pobranej śliny. Wymieszano zawartość i pozostawiono na 30 minut. Po tym czasie pobrano pipetą, z każdej z probówek, po kilka kropli roztworu i za pomocą płynu Lugola sprawdzano obecność w nich skrobi.



Postaw do powyższego eksperymentu problem badawczy, hipotezę oraz odpowiedz na poniższe pytania.

**Problem badawczy:**

.....  
 .....  
 .....

**Hipoteza badawcza:**

.....  
 .....  
 .....

**Odpowiedz na pytania:**

a) W którym z naczyń badawczych nastąpi stawienie skrobi?

.....  
 .....

b) W którym z naczyń po zakończeniu eksperymentu test skrobiowy będzie pozytywny? Swój wybór uzasadnij.

.....  
 .....

c) Jak powinna wyglądać próba kontrolna w tym doświadczeniu?

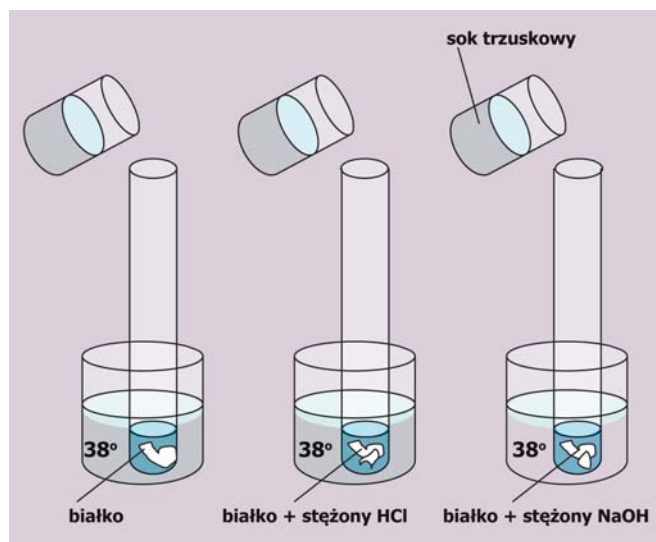
.....  
 .....

### Zadanie 7

W soku trzustkowym znajdują się enzymy trawienne.

Wykonano doświadczenie, w którym do trzech probówek (I, II, III) wlało po 2 ml wody. Do każdej z nich włożono jednakowe kawałki ściętego białka kurzego, a następnie dodano równe objętości soku trzustkowego.

Ponadto do probówki II dodano, za pomocą pipety, kilka kropli stężonego kwasu solnego, a do probówki III kilka kropli stężonej zasady sodowej. Wszystkie probówki umieszczono w łaźni wodnej o temperaturze 38°C. Po 30 minutach oznaczono białko w roztworach w nich zawartych.



Sformułuj problem badawczy, do którego rozwiązania posłużyło to doświadczenie.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Podaj, w której probówce nastąpiło stawienie białka, i uzasadnij swój wybór.

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**dr Marlena Zielińska**

Pracownia Dydaktyki Wydziału BiNoZ UMK w Toruniu,  
 Społeczna Szkoła Podstawowa i Gimnazjum im. J. Słowackiego w Toruniu

**dr Alina Trejgell**

Katedra Fizjologii Roślin i Biotechnologii IBOiM, UMK W Toruniu



# Z notatnika jurora

**XLI Olimpiada Biologiczna przeszła do historii. Czy różniła się od poprzednich? I tak, i nie.**

PIOTR BORSUK

Tradycyjnie walka o laury była bardzo wyrównana. Tradycyjnie nerwy dawały znać o sobie, często niszcząc efekty wielomiesięcznych przygotowań. Cóż, tego chyba nie da się uniknąć w sytuacji, gdy o laury walczą nie tylko mądrzy, ale również bardzo ambitni ludzie. No może wyjątek od reguły stanowią, zresztą tradycyjnie, zawody w rozpoznawaniu krajowych roślin i zwierząt. Niestety przez niektórych są one traktowane niepoważnie.

Przyznawanie tzw. nagrody pocieszenia spowodowało, że w tym roku padł rekord wszech czasów. Wynik nie do pobicia. Uczennica uzyskała 0 pkt! Oznacza to, że nie rozpoznała ani jednej rośliny i zwierzaka. Muszę przyjąć tezę, że zrobiła to z premedytacją, aby zdobyć nagrodę i/lub w jakikolwiek sposób zaistnieć na zawodach centralnych. Zakładając, że nie zrobiła tego specjalnie, musiałbym uznać, że olimpiada biologiczna przestała spełniać swoje zadanie, ponieważ do jej finału doszła osoba, która nie powinna w nim się znaleźć.

Jak inaczej ocenić ucznia, który nie zna otaczającej go przyrody? Przyznaję, KGOB nie powinien ustanawiać nagrody pocieszenia w tym konkursie, tak jak nie ma jej w głównych zawodach. Cóż to za pocieszenie? W zawodach, w których zwycięzca ma się wykazać wszechstronną wiedzą, pocieszać można kogoś, komu złośliwy los, a nie brak wiedzy, uniemożliwił sukces. Promowanie niewiedzy, braku umiejętności i w moim odczuciu mało ambitnych postaw jest w sprzeczności z duchem olimpiad przedmiotowych. Mam cichą nadzieję, że w przyszłym roku sytu-

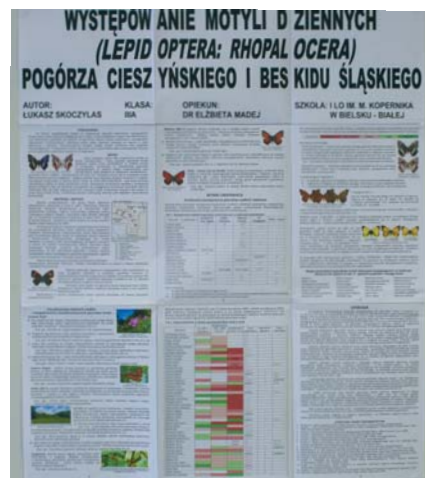
acja się nie powtórzy, a konkurs polegający na rozpoznawaniu krajowej fauny i flory odzyska należną mu rangę. Jaką? Moim zdaniem powinien stanowić integralną część zawodów, co oznaczałoby, że zdobyte w nim punkty należy uwzględnić w wyniku uzyskanym na koniec zawodów.

Oczywiście otwarte pozostaje pytanie o ich wagę. Jako biolog molekularny uważam, że laureat olimpiady biologicznej powinien orientować się zarówno we współczesnej biologii, jak też w faunie i florze naszego kraju.

Nie jestem również zwolennikiem ewolucji olimpiady biologicznej w kierunku zawodów, o wyniku których decyduje wyłącznie wiedza książkowa, a przygotowywana na nie praca służy głównie jako przepustka do zawodów, co oznacza, że może być na tragicznie niskim poziomie, nieciekawa i bez pomysłu. Przecież wystarczy, że jest słaba, ale samodzielnie wykonana, pozwalając na uzyskanie minimum 21 punktów (na 50 możliwych) uprawniających do udziału w zawodach.

Ponadto uczeń, który chce po raz drugi startować w zawodach, nie musi przygotowywać nowej pracy. Dlaczego? Szczerze mówiąc, nie wiem, czemu ma być traktowany inaczej niż jego koleżdy, którzy startują w olimpiadzie po raz pierwszy. Przecież kolejne olimpiady to nowe zawody... Po raz kolejny powtarzam i mam nadzieję, że wielu z Państwa przyzna mi rację – przygotowywana na olimpiadę biologiczną praca jest niezwykle ważnym elementem kształcenia młodego biologa.

Oczywiście pod warunkiem że jest to praca badawcza, wymyślona i zrealizowana przez ucznia znajdującego wsparcie w nauczycielu



Praca Pana Łukasza Skoczylasa wyróżniona publikacją w „Biologii w Szkole”



Tradycyjnie na zwycięzców czekały medale... i liczne nagrody



Jeszcze chwila niepewności i konsultacja z byłym przewodniczącym KGOB prof. dr hab. Bronisławem Cymborowskim...

*Dziękujemy, Panie Profesorze, za lata pracy dla olimpiady biologicznej*



...znakomity wykład prof. dr. hab. K. Spalika...



...i wszystko jasne. Od lewej zdobywcy miejsc od 6 do 10 (srebrne medale)



Najlepsi, ci, którzy zdobyli złote medale (od lewej miejsca 1-5)



Aula Wydziału Biologii UW to miejsce, gdzie rokrocznie na zawodach centralnych spotykają się najlepsi uczniowie z najlepszymi nauczycielami biologii



Minikoncert stypendystów Krajowego Funduszu na Rzecz Dzieci



Nowe władze! Od tego roku przewodniczącym KGGB jest dr hab. Piotr Bębas

potrafiącym zmotywować go do systematycznej, rzetelnej pracy i starannego opracowania wyników, w szczególności ich krytycznej analizy. Niestety z roku na rok jest coraz mniej prac tego typu i coraz trudniej wybrać te, które chciałbym wyróżnić publikacją w „Biologii w Szkole”. Na szczęście w tym roku jeszcze się udało, choć w pewnym momencie obawiałem się, że po raz pierwszy wyróżnię cztery, nie pięć prac.

Po raz pierwszy zdecydowałem się wyróżnić pracę nie eksperymentalną, lecz opisową, katalogującą organizmy występujące na określonym terenie. Uczyniłem to, dostrzegając w jej autorze pasję młodego przyrodnika, którego zafascynował świat motyli żyjących opodal jego domu. W swojej pracy, opublikowanej w niniejszym numerze „Biologii w Szkole”, Pan Łukasz Skoczylas przedstawia nam świat motyli dziennych Pogórza Cieszyńskiego i Beskidu Śląskiego. Gratulując mu wiedzy o tych niezwykłych owadach i nie tylko o nich, ponieważ zajął w zawodach VII miejsce (!), wyrażam ogromny żal, że – podobnie jak

wielu innych laureatów olimpiad biologicznych – chce on swoją przyszłość związać z medycyną, nie biologią. Niestety większość uczniów startujących w zawodach robi to, aby zdobyć indeks uczelni kształcącej przyszłych lekarzy. Nie cieszy mnie to, ale cóż... takie czasy. Mogę tylko mieć nadzieję, że moda się zmieni i przyjdą dobre czasy dla biologii.

Przy okazji chciałbym złożyć serdeczne gratulacje nauczycielom, którzy potrafili poprowadzić uczniów trudną drogą wiodącą do pierwszego opracowania posiadającego cechy pracy naukowej.

Jak co roku, spędziłem kwietniową niedzielę, wysłuchując odpowiedzi uczniów na egzaminie ustnym. W tym roku los sprawił, że wielu z nich wylosowało pytania mniej lub bardziej związane z genetyką. Muszę przyznać, że byli oni znacznie lepiej przygotowani do odpowiedzi na wylosowane pytania niż ich poprzednicy. Wyjątkowo trafiali się uczniowie posługujący się terminami, których znaczenia nie rozumieli. Cieszy mnie to bardzo, nawet jeśli wynika z famy, że w komisji siedzi potwór

prześladujący uczniów pytaniami z genetyki, więc lepiej się na to przygotować. Jeśli konsekwencją takiej plotki jest lepsze poznanie przez młodych ludzi tajników biologii molekularnej, to zgadzam się być potworem. Niestety muszę do tej baryłeczki miodu wrzucić ziarno gorczycy. Większość egzaminowanych nie potrafiła przygotować swojej wypowiedzi, mimo że miała na to 15 minut. Rozumiem, że stres i wizja strasznego egzaminatora paraliżują, ale to niczego nie zmienia. Przecież przed nimi kolejne egzaminy, również ustne, i egzaminatorzy, czasem nawet straszniejsi niż ci z olimpiady biologicznej. Nie rozumiem, dlaczego szkoła nie przygotowuje uczniów do takich sytuacji. Przecież logicznie planując swoją odpowiedź, można bardzo, bardzo dużo zyskać. Natomiast z góry można przewidzieć, że rozpoczęcie wypowiedzi od omówienia zagadnień, które zna się tylko po tzw. łebkach, doprowadzi do katastrofy. Sygnalizuję problem, bo można go stosunkowo łatwo rozwiązać w trakcie przygotowywania uczniów do olimpiady biologicznej.



# LAUREACI ZAWODÓW III STOPNIA OGÓLNOPOLSKIEJ XLI OLIMPIADY BIOLOGICZNEJ W ROKU SZKOLNYM 2011/2012

## Laureaci I stopnia

Lp.	Nazwisko i imię zawodnika	Okręg	Klasa	Numer szkoły i dokładny adres	Nazwisko i imię nauczyciela
1	Kania Michał Filip	Kraków	III	III Liceum Ogólnokształcące im. A. Mickiewicza, ul. Brodzińskiego 6, 33-100 Tarnów	Wrońska Halina
2	Dobrzański Xavier Augustyn	Wrocław	III	Zespół Szkół nr 14, al. Brücknera 10, 51-410 Wrocław	Tomasiewicz Beata, Piszczek Marian
3	Mehlich Dawid	Opole	II	Publiczne Liceum Ogólnokształcące nr III z Oddziałami Dwujęzycznymi, ul. Dubois 28, 45-070 Opole	Czura Danuta
4	Majcherski Hubert	Kielce	II	I Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Zeromskiego, ul. Ściegiennego 15, 25-003 Kielce	Duda Iwona
5	Białek Rafał Bartosz	Gdańsk	III	II LO z Oddziałami Dwujęzycznymi im. A. Mickiewicza, ul. Mickiewicza 32, 76-200 Słupsk	Kropiowska Tamara

## Laureaci II stopnia

6	Kabza Jakub	Kielce	III	Liceum Ogólnokształcące im. Bartosza Głowackiego w Zespole Szkół nr 2, ul. Sempołowskiej 1, 27-500 Opatów	Banasińska Maria
7	Skoczylas Łukasz Jacek	Katowice	III	I Liceum Ogólnokształcące im. M. Kopernika, ul. Listopadowa 70, 43-300 Bielsko-Biała	Madej Elżbieta
8	Wilczek Mateusz Mikołaj	Poznań	II	I Liceum Ogólnokształcące im. Karola Marcinkowskiego, ul. Bukowska 16, 60-809 Poznań	Synowiec-Rudawska Hanna
9	Wilk Mateusz Jan	Katowice	III	III Liceum Ogólnokształcące im. Adama Mickiewicza, ul. Mickiewicza 11, 40-092 Katowice	Koloch Joanna
10	Folta Miłosz Adam	Szczecin	III	II Liceum Ogólnokształcące im. Mieszka I, ul. Henryka Pobożnego 2, 70-507 Szczecin	Żdan-Andreliczyk Anna
11	Tyszkiewicz Mariusz	Warszawa	III	I Liceum Ogólnokształcące im. Zygmunta Krasińskiego, ul. 17 Stycznia 66, 06-400 Ciechanów	Suwińska Alina
12	Jędras Justyna	Katowice	II	Zespół Szkół, IX Liceum Ogólnokształcące im. C.K. Norwida, ul. Jasnogórska 8, 42-201 Częstochowa	Gruszczyńska Maria
13	Grodecki Kajetan Łukasz	Szczecin	II	IX Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Bohaterów Monte Cassino, plac Mariacki 1, 70-547 Szczecin	Łoczewska Mariola
14	Zielińska Katarzyna Maria	Gdynia	III	I Liceum Ogólnokształcące im. Marii Skłodowskiej-Curie, ul. Szkoły Morskiej 1, 83-110 Tczew	Falgowska Katarzyna
15	Osiak Wiktoria	Lublin	III	II Liceum Ogólnokształcące im. Hetmana Jana Zamoyskiego, ul. Ogrodowa 16, 20-075 Lublin	Topolska Grażyna

## Laureaci III stopnia

16	Rypel Joanna	Kraków	II	II Liceum Ogólnokształcące im. ks. prof. Józefa Tischnera, ul. Kościuszki 9, 34-700 Rabka-Zdrój	
17	Hasior Natalia Emilia	Szczecin	III	XIII Liceum Ogólnokształcące, ul. Unisławy 26, 71-413 Szczecin	Szafińska Iwona
18	Jarzębska Anna Maria	Kraków	II	V Liceum Ogólnokształcące im. Augusta Witkowskiego, ul. Studencka 12, 31-116 Kraków	
19	Bębenek Kacper Piotr	Opole	III	Diecezjalne Liceum Humanistyczne, ul. Św. Piotra 1A, 48-300 Nysa	Ośliżło Dorota
20	Rozynek Kamil Jan	Wrocław	III	Liceum Ogólnokształcące nr 14 w Zespole Szkół nr 14 im. Polonii Belgijskiej, al. Brucknera 10, 51-410 Wrocław	Piszczek Marian
21	Wyciszczok Hanna Małgorzata	Katowice	II	II Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Marii Konopnickiej, ul. Głowackiego 6, 40-052 Katowice	Mol Jolanta
22	Jankowski Damian	Zielona Góra	II	I Liceum Ogólnokształcące im. Edwarda Dembowskiego, ul. Kilińskiego 7, 65-508 Zielona Góra	Komarnicka Anna
23	Cyran Agnieszka Maria	Katowice	III	I Liceum Ogólnokształcące im. Leona Kruczkowskiego, ul. Korczaka 6, 43-100 Tychy	Pękała Elżbieta
24	Wosek Przemysław	Białystok	III	Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 3, III LO im. K.K. Baczyńskiego, ul. Pałacowa 2/1, 15-042 Białystok	Łupińska Małgorzata
25	Kośnik Artur	Białystok	III	Zespół Szkół Ogólnokształcących, I Liceum Ogólnokształcące im. T. Kościuszki, ul. Bernatowicza 4, 18-400 Łomża	Urbańska Ewa

## PRACE BADAWCZE WYRÓŻNIONE NA XLI OLIMPIADZIE BIOLOGICZNEJ

Lp.	Nazwisko i imię zawodnika	Okręg	Klasa	Nazwa szkoły i dokładny adres	Nazwisko i imię nauczyciela	Nagroda „Biologii w Szkole”
1	Działtach Łukasz Marek	Opole	III	II LO im. Mikołaja Kopernika, ul. Matejki 19, 47-220 Kędzierzyn-Koźle	Artyszewska-Stępień Katarzyna	Publikacja w „Biologii w Szkole”
2	Bębenek Kacper Piotr	Opole	III	Diecezjalne Liceum Humanistyczne, ul. Św. Protra 1A, 48-300 Nysa	Ośliżło Dorota	
3	Wilczek Mateusz Mikołaj	Poznań	II	I LO im. Karola Marcinkowskiego, ul. Bukowska 16, 60-809 Poznań	Synowiec-Rudawska Hanna	Publikacja w „Biologii w Szkole”
4	Kuźmińska Justyna Anna	Wrocław	III	LO nr VII im. Krzysztofa Kamila Baczyńskiego, ul. Kruca 49, 53-410 Wrocław	Grunhaut Ewa	
5	Skoczylas Łukasz Jacek	Katowice	III	I LO im. M. Kopernika, ul. Listopadowa 70, 43-300 Bielsko-Biała	Madej Elżbieta	Publikacja w „Biologii w Szkole”
6	Majcherski Hubert	Kielce	II d	I LO im. Stefana Żeromskiego, ul. Ściegiennego 15, 25-003 Kielce	Duda Iwona	
7	Durczak Adriana	Lublin	III	II LO im. gen. Gustawa Orlicz-Dreszera, ul. Szpitalna 14, 22-100 Chełm	Dubaj Lidia	
8	Zyś Wojciech	Toruń	III	Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 6, ul. Staszica 4, 85-014 Bydgoszcz	Paprzycka Iwona	
9	Matryba Paweł Łukasz	Warszawa	II	XIV LO im. Stanisława Staszica, ul. Nowowiejska 37A, 02-010 Warszawa	Wanago-Wojtczak Beata	
10	Jarczak Jakub	Lublin	III	I Społeczne LO im. Unii Europejskiej, ul. Koszary 14, 22-400 Zamość	Stopyra Anna	Publikacja w „Biologii w Szkole”

### Ponadto publikacją w „Biologii w Szkole” została wyróżniona praca

1	Białek Rafał Bartosz	Gdańsk	III	II LO z Oddziałami Dwujęzycznymi im. A. Mickiewicza, ul. Mickiewicza 32, 76-200 Słupsk	Kropiowska Tamara
---	----------------------	--------	-----	--	-------------------



Wzorem lat poprzednich zamieszczamy prace zgłoszone na XCI Olimpiadę Biologiczną, które naszym zdaniem wyróżniają się, z pośród wielu, pod względem merytorycznym i/lub oryginalnością przeprowadzonych badań. Prace prezentujemy w formie nie zmienionej, wprowadzając jedynie drobne modyfikacje konieczne z uwagi na wymagania techniczne naszego czasopisma.

# Występowanie motyli dziennych

(Lepidoptera: Rhopalocera)

## Pogórza Cieszyńskiego i Beskidu Śląskiego

Łukasz Skoczylas

**Opiekun:** Madej Elżbieta

**Szkoła:** I LO im. M. Kopernika, ul. Listopadowa 70, 43-300 Bielsko-Biała

### STRESZCZENIE

W efekcie prowadzonych badań na omawianym obszarze stwierdzono występowanie 59 gatunków motyli dziennych należących do 5 rodzin, w tym 9 będących nowymi dla lokalnej fauny, oraz stwierdzono wycofanie się dalszych 14 gatunków. Wyniki zostały porównane z monografiami regionalnymi [11][13][14][15]. Dokonano oceny stanu lokalnych populacji w oparciu o dane historyczne i aktualne. Charakterystyczne biotopy zostały zwięźle omówione pod względem fitosocjologicznym. Przedstawiono także zagrożenia oraz proponowane bądź przedsięwzięte sposoby ochrony gatunków najbardziej narażonych na wyginiecie.

### WSTĘP

Celem podjętych badań było uzupełnienie wiedzy na temat rozmieszczenia i stanu populacji gatunków motyli dziennych wobec zmian zachodzących w szybkim tempie w środowisku naturalnym, tj. stwierdzenie gatunków nowoprzybyłych na obszary objęte inwentaryzacją oraz potwierdzenie bądź poddanie w wątpliwość występowania

gatunków motyli rzadkich, nienotowanych od wielu lat. Omawiany obszar był w przeszłości bardzo dobrze poznany pod tym względem – badania opierały się w znacznym stopniu na pracach Z. Stuglika, traktujących przekrojowo o lokalnej faunie motyli lat 1930-1939 [13][14][15] – stąd także potrzeba uaktualnienia wiedzy na wyżej wymieniony temat. Zestawienie otrzymanych wyników z istniejący-

mi danymi [2][3][11] stało się natomiast przyczynkiem do wyciągnięcia konkretnych wniosków. Zebrane informacje stały się także częścią opracowań krajowych [5][6], uzupełniając aktualny stan wiedzy na temat fauny motyli Polski; umożliwiają ponadto waloryzację terenów pod względem różnorodności fauny motyli.

### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono nad grupą motyli dziennych (*Rhopalocera*), obejmującą w kraju 6 rodzin. Obserwacje dotyczyły wybranych obszarów zlokalizowanych w południowej części województwa śląskiego: Pogórza Cieszyńskiego (będącego częścią mezoregionu Pogórze Śląskie) i zachodniej części Beskidu Śląskiego (ryc. 1). Zasadnicze obserwacje prowadzono w latach 2010 – 2011 w okresie kwiecień – październik, jednak badania w samym Grodzcu Śląskim miały miejsce już od 1998 r.

W pierwszej kolejności typowano najodpowiedniejsze biotopy dla poszczególnych gatunków motyli.

Wybrany teren poddawano następnie systematycznym inwentaryzacom, które ukierunkowane były na konkretne gatunki motyli (na podstawie danych własnych i literaturowych [13][14][15][16]). Występujące tam motyle odławiano za pomocą siatki entomologicznej, następnie oznaczano w terenie po cechach morfologicznych [4][16], natomiast okazy posiadające kluczowe znaczenie dla prowadzonych badań preparo-



Ryc. 1. Rozlokowanie obszarów objętych badaniami na mapie regionu:

1. Grodziec Śl.
2. Jaworze Nałęże
3. Chełm (464 m n. p. m.)
4. Golezów
5. Równica (885 m n. p. m.)
6. Tuł (621 m n. p. m.)
7. Dzięgielów
8. Wisła – Czarne



Fot. 1. *Apatura iris* ♂ [Grodziec Śl., 29.06.2010]



Fot. 2. *Thecla betulae* ♀  
[Grodziec Śl., 20.06.2010, ex larva]

wano. W celu identyfikacji gatunków z rodzaju *Leptidea* zanalizowano cechy morfologiczne aparatów kopulacyjnych, zgodnie z powszechnie stosowanymi metodami preparatyki.

Najcenniejsze faunistycznie biotopy zrewidowano pod kątem występujących zbiorowisk roślinnych i zwięźle scharakteryzowano w oparciu o własne obserwacje i dostępną literaturę [10].

Zbierano także jaja i gąsienice z odpowiednich roślin żywicielskich, co miało szczególnie znaczenie w przypadku gatunków trudnych do zaobserwowania w formie imaginalnej ze względu na specyficzny (skryty) tryb życia (m. in. ogończyki – podrodzina *Satyrinae*; przykład na fot. 2). Materiał ten także oznaczano w oparciu o klucze [4][16].

Ponieważ zakres badań nie ograniczał się do obserwacji *sensu stricto*, prowadzono również hodowle niektórych gatunków motyli w celu zasilenia lokalnych populacji.

Zgromadzony w wyniku prowadzonych badań materiał dowodowy nie zawiera gatunków prawnie chronionych.

### Charakterystyka badanych siedlisk z uwzględnieniem charakterystycznych gatunków motyli

#### Grodziec Śląski:

a) Pas wilgotnych łąk związku *Filipendulion* na obrzeżach podgórskiego łągu jesionowego, gdzie fragmentarycznie wykształcił się zespół wiązówki i bodziszka – *Filipendulo-Geranietum* (fot. 3).



Fot. 3. Siedlisko *Brentthis ino* w Grodźcu Śl. latem. Wrzesień 2011.

Char. gat.: *Brentthis ino*, *Argynnis paphia* (fot. 10), *Araschnia levana*

b) Podgórski łąg jesionowy *Carici remotae-Fraxinetum* z powszechnie występującą kruszyną pospolitą (*Frangula alnus*).

Char. gat.: *Gonepteryx rhamni*, *Celastrina argiolus*, *Limenitis populi* (fot. 9), *Apatura iris* (fot. 1), *A. ilia*

c) Kośna łąka owsicowa ze związku *Arrhenatherion elatioris* ze zwracającymi uwagę jastrunem właściwym (*Leucanthemum vulgare*) i firletką poszarpaną (*Lychnis flos-cuculi*).



Fot. 4. *Brentthis ino* ♂  
[Grodziec Śl., czerwiec 2011]

Char. gat.: *Thymelicus sylvestris*, *Ochlodes sylvanus*, *Lycaena dispar*, *Aphantopus hyperantus*, *Maniola*

*jurtina* oraz *Brentthis ino* zalatująca z pobliskiego *Filipendulion* (fot. 4)

d) Regularnie koszone łąki z rzędu *Arrhenatheretalia* obfitujące w różne gatunki koniczyn (*Trifolium spp.*), lucern (*Medicago spp.*) i komonicę zwyczajną (*Lotus cornilatus*).

Char. gat.: *Colias croceus*, *C. hyale*, *Cupido argiades*, *Polyommatus icarus*, *Vanessa cardui*

**Jaworze Nałęże:** Badano biotop powstały w sąsiedztwie górskiego potoku, na który składają się zadrzewienia wierzby iwy (*Salix caprea*) i nitrofilne zbiorowiska porębowe *Epilobietea angustifolii*. Wyróżniająca obecność sadzka konopiastego (*Eupatorium cannabinum*), wierzbówki ki-przycy (*Chamerion angustifolium*) i malin (*Rubus spp.*).

Char. gat.: *Lycaena virgaureae*, *Argynnis paphia*, *Nymphalis antiopa*

**Chełm (464 m n.p.m.):** Wapienne wzniesienie usytuowane w Golezowie, o środowisku znacznie przekształconym przez człowieka. Zachowały się fragmenty muraw kserotermicznych klasy *Festuco-Brometea* z rzadkimi w skali regionu roślinami: wilczomlecem sosnka (*Euphorbia cyparissias*) i driakwią gołębią (*Scabiosa columbaria*).

Char. gat.: *Erynnis tages*, *Carterocephalus palaemon*, *Papilio machaon*, *Argynnis adippe*, *Coenonympha pamphilus*, *Melanargia galathea*



Fot. 5. Murawa kserotermiczna w podszczytowych rejonach Tułu wiosną. Maj 2011.

**Tuł (621 m n.p.m.):** Szczyt zbudowany z wapieni cieszyńskich, usytuowany na wschód od Lesznej Górnej. Dawniej niezwykle bogaty florystycznie, jednak nieprawidłowe użytkowanie łąk, zwłaszcza po II wojnie światowej, doprowadziło do znacznego spustoszenia w ich składzie gatunkowym [7].

Murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea*, a wśród nich m.in. zespół lebiódki i kłosownicy pierzastej (*Origano-Brachypodietum pinnati*) z charakterystyczną lebiódką pospolitą (*Origanum vulgare*), driakwią żółtą (*Scabiosa ochroleuca*) i dzwonkiem skupionym (*Campanula glomerata*) (fot. 5).

Char. gat.: *Pieris brassicae*, *Aglais io*, *A. urticae*, *Melitaea athalia*, *Aphantopus hyperantus*, *Maniola jurtina*, *Melanargia galathea*

Łąki świeże ze związku *Arrhenatherion* z licznie rosnącymi: jastrunem właściwym (*Leucanthemum vulgare*), dzwonkiem rozpierzchłym (*Campanula patula*) i firletką poszarpaną (*Lychnis flos-cuculi*).

Char. gat.: *Thymelicus sylvestris*, *Ochlodes sylvanus*, *Lycaena hippothoe* (fot. 8)





Fot. 6. Młoda gąsienica *Limenitis camilla* przygotowująca się do zimowania oraz jej zimowa kryjówka, tzw. hibernarium. [Dzięgielów, sierpień 2011]

**Dzięgielów:** Monitorowano łąkowe zbiorowiska leśne *Alno-Ulmion* o bogatym składzie florystycznym, z wyróżniającą obecnością wiciokrzewu suchodrzewu (*Lonicera xylosteum*) – rośliny bardzo rzadkiej na obszarze objętym badaniami.

Char. gat.: *Limenitis camilla* (fot. 6)

**Równica (885 m n.p.m.):**

Masyw znajdujący się w obrębie miasta Ustroń, z rozbudowaną infrastrukturą turystyczną – odznacza się bardzo intensywnym ruchem turystycznym. Badano połączenie dwóch rodzajów biotopów zachowanych w dość dobrym stanie:



Fot. 7. *Lycaena alciphron* ♂ [Równica, 15.06.2011]

Murawy bliźniczkowe z rzędu *Nardetalia* z charakterystyczną bliźniczką psią trawką (*Nardus stricta*), zarastane przez płatowo występującą borówkę czarną (*Vaccinium myrtillus*).

Char. gat.: *Coenonympha glycerion*, *Erebia ligea*

Wilgotna łąka ziołoroślowa bogata w gatunki roślin dwuliściennych zaklasyfikowana do związku *Adenostylyon alliariae* (zbiorowisko ziołorośli wysokogórskich). Stwierdzono obecność różnych gatunków szczawiu (*Rumex spp.*).

Char. gat.: *Lycaena alciphron* (fot. 7), *L. hippothoe* (fot. 8), *Melitaea athalia*

**Wisła – Dolina Czarnej**

**Wisetki:** Szlak turystyczny prowadzący na Barania Górze, bogaty w ziołorośla wysokogórskie *Betulo-Adenostyletea* i wilgotne, częściowo zabagnione łąki z rzędu *Molinieta*. Powszechnie występujące rośliny to ostrożeń błotny (*Cirsium palustre*), omieg górski (*Doronicum austriacum*), sadzic konopiasty (*Eupatorium cannabinum*).



Fot. 8. *Lycaena hippothoe* ♂ [Tuł, 12.06.2011]

Char. gat.: *Argynnis paphia*, *A. adippe*, *Boloria selene*, *Lasiommata maera*, *Erebia ligea*

## WYNIKI OBSERWACJI

### Porównanie występowania gatunków rzadkich i lokalnych

Zebrane dane dotyczące występowania gatunków rzadkich i lokalnych zestawiono, uwzględniając uprzednio wytypowane stanowiska reprezentujące pewne zróżnicowanie fitosocjologiczne. W poniższym opracowaniu pominięte zostały gatunki ubikwistyczne.

Tab. 1. Występowanie niektórych gatunków motyli dziennych na wybranych stanowiskach

Gatunek	Lokalizacja →	Grodziec Śl. *Jaw. Nałęże	Chełm *Goleszów	Równica *Ustroń	Tuł *Dzięgielów	Wisła – Czarne
<i>Erynnis tages</i>		+	++	++*		
<i>Papilio machaon</i>		+	++	+	+	
<i>Colias erate</i>		+				
<i>Lycaena dispar</i>		+		++*		
<i>Lycaena tityrus</i>				+		
<i>Lycaena alciphron</i>				+		+
<i>Lycaena hippothoe</i>				+++	++	+
<i>Cupido argiades</i>		+	+	+		
<i>Argynnis paphia f. valesina</i>		20.07.2010				
<i>Brenthis ino</i>		+++				
<i>Boloria selene</i>				+	7.07.2011 *	++
<i>Melitaea diamina</i>				22.06.2011 *		
<i>Melitaea athalia</i>				++	++	+
<i>Limenitis populi</i>		+				
<i>Limenitis camilla</i>			18.07.2008	25.07.2006 *	[++*]	
<i>Lasiommata maera</i>		07.2007 *		+		+++
<i>Coenonympha glycerion</i>				+++		
<i>Erebia ligea</i>		5.08.2010 *		++		+++
<i>Erebia medusa</i>						+

Użyte oznaczenia: + → gatunek rzadki (1-2 notowania w ciągu sezonu)  
 ++ → gatunek średnio liczny (pojedyncze obserwacje w sezonie lub jednorazowa obserwacja 3-9 osobników)  
 +++ → gatunek pospolity (powyżej 10 okazów w jednym dniu obserwacji)  
 data → gatunek spotkany tylko raz w ciągu całego okresu obserwacji

Gatunki motyli rzadszych i lokalnych oraz nie stwierdzonych po 2000 r. zostały zestawione w tabeli, gdzie dokonano porównania nowych danych na tle danych publikowanych [13][14][15] oraz danych niepublikowanych, zaczerpniętych ze zbiorów dowodowych [1][8][12]. Oceniono także stan populacji oraz stopień zagrożenia najcenniejszych gatunków motyli.

Tab. 2. Zmiany jakościowe w obrębie populacji gatunków motyli w czasie

Gatunek	Występowanie			Trend populacyjny	Zagrożenie populacji	Status obserwacji
	Do 1939 r. [13][14][15]	1945 - 2000 [1][8][12]	Współcześnie [Skoczylas, 2011]			
<i>Carcharodus alceae</i>				b.d.		
<i>Carcharodus carthami</i>				b.d.		
<i>Pyrgus malvae</i>				b.d.		
<i>Pyrgus alveus</i>				b.d.		
<i>Carterocephalus silvicola</i>				b.d.		
<i>Hesperia comma</i>				-----		
<i>Iphiclides podalirius</i>				-----		
<i>Papilio machaon</i>				ujemny	A	
<i>Aporia crataegi</i>			UWAGA*	b.d.		
<i>Pontia edusa</i>				b.d.		
<i>Colias erate</i>			UWAGA*	b.d.		nowy *
<i>Hamearis lucina</i>				-----		
<i>Lycaena phlaeas</i>				ujemny	C	
<i>Lycaena dispar</i>				stabilny	C	nowy
<i>Lycaena tityrus</i>				b.d.	C	nowy
<i>Lycaena alciphron</i>				ujemny	C	potwierdz.
<i>Lycaena hippothoe</i>				stabilny	C	nowy
<i>Callophrys rubi</i>				-----		
<i>Satyrrium accaciae</i>				-----		
<i>Cupido argiades</i>				stabilny		nowy
<i>Phengaris arion</i>				-----		
<i>Phengaris nausithous</i>				-----		
<i>Phengaris alcon</i>				-----		
<i>Polyommatus semiargus</i>				-----		
<i>Polyommatus bellargus</i>				-----		
<i>Argynnis aglaja</i>				ujemny	C	
<i>Argynnis adippe</i>				stabilny		
<i>Argynnis niobe</i>				-----		
<i>Brenthis ino</i>				stabilny	B	nowy
<i>Boloria euphrosyne</i>				-----		
<i>Boloria selene</i>				ujemny	C	
<i>Boloria dia</i>				-----		
<i>Araschnia levana</i>				dodatni		
<i>Nymphalis antiopa</i>				stabilny		
<i>Nymphalis polychloros</i>				ujemny	C	
<i>Melitaea diamina</i>			UWAGA*	b.d.		nowy *
<i>Melitaea cinxia</i>			UWAGA*	b.d.		nowy *
<i>Melitaea athalia</i>				ujemny	C	potwierdz.
<i>Limenitis populi</i>				ujemny	A	
<i>Limenitis camilla</i>				stabilny	B	potwierdz.
<i>Apatura iris</i>				ujemny	C	
<i>Apatura ilia</i>				ujemny	C	
<i>Lasionmata maera</i>				ujemny	C	
<i>Coenonympha glycerion</i>				stabilny	B	
<i>Erebia ligea</i>				ujemny	C	
<i>Erebia medusa</i>				b.d.	A	
<i>Melanargia galathea</i>				dodatni		

Dla zobrazowania fluktuacji liczebności motyli w obrębie znanych populacji na przestrzeni lat posłużono się pięciokolorową skalą (nie odnosi się ona jednak do ilości samych populacji na omawianym obszarze):

niewykazany	wymarły	bardzo rzadki	nieliczny	częsty	pospolity
-------------	---------	---------------	-----------	--------	-----------



Stosowana terminologia:

*Trend populacyjny* – ocena stanu populacji danego gatunku dokonana w oparciu o powtarzalne obserwacje ilościowe i porównanie ich w celu uzyskania informacji na temat rosnącej bądź spadającej liczebności osobników w kolejnych sezonach, co stanowi podstawę w określaniu stopnia zagrożenia (termin ten nie stanowi odzwierciedlenia danych na temat występowania w tzw. okresie historycznym).

[b. d. – brak danych, spowodowany niedostateczną liczbą obserwacji bądź ich brakiem]

*Zagrożenie populacji* – ewaluacja zagrożenia danej populacji ze strony czynników zewnętrznych i ocena stanu środowiska (stan populacji, występowanie roślin żywicielskich, antropopresja).

Przyjęte kategorie zagrożenia:

**A** – w skrajnym zagrożeniu ze względu na bardzo niską liczebność osobników w populacji

**B** – zagrożony ze względu na posiadanie jednego stanowiska na całym badanym obszarze

**C** – o podwyższonym ryzyku wymarcia z powodu spadającej liczebności lub antropopresji



Fot. 9. *Limenitis populi* ♂ [Grodzic Śl., 12.06.2010]

*Colias erate*: Rzadki motyl migrujący z południowej i wschodniej Europy [4]. Jesienią 2009 r. odłowiono 3 okazy prezentujące skrajną zmienność (fot. 11).

*Melitaea cinxia*: 13.06.2000 r. w Wiśle-Czarnem odłowiono jedynego motyla, na podstawie którego trudno sądzić o istnieniu osiadłej populacji; prawdopodobnie był to migrant. Analogicznie; *Melitaea diamina* – motyla zaobserwowano 22.06.2011 r. w Ustroniu.

Stwierdzenie regresji odnosi się tylko do tych ga-



Forma typowa [G.Śl., 7.10.2009]      C. e. f. chrysonoda [G.Śl., 26.09.2009]      C. e. f. hyaleiformis [G.Śl., 7.10.2009]

Fot. 11. Zmienność u samców *Colias erate*.

tunków, które są ściśle związane ze swoimi biotopami, a których środowisko zostało zniszczone lub w znacznym stopniu przekształcone. Tak np. można z całą pewnością twierdzić o wyginięciu *Phengaris alcon* i *P. arion* na podstawie braku roślin żywicielskich we wcześniej zajmowanych biotopach (odpowiednio goryczka wąskolistna *Gentiana pneumonanthe* i macierzanka *Thymus spp.* na Tule). Ponadto gatunki takie jak *I. podalirius* czy *H. lucina* uznano za wymarłe ze względu na brak notowań od 1945 roku po czasy współczesne.

W przypadku kilku wymienionych gatunków z rodzaju *Carcharodus* i *Pyrgus* oraz *Carterocephalus silvicola* odstąpiono od definitywnego stwierdzenia ich wymarcia na omawianym obszarze (mimo braku współczesnych rekordów) ze względu na specyficzną bionomię (występowanie pojedynczo, skłonności koczownicze oraz powszechność roślin żywicielskich).



Fot. 10. Zmienność samic *Argynnis paphia*. Z prawej *A. p. f. valezina*. [Grodzic Śl., 20.07.2010]

\* Uwagi do tab. 2:

*Aporia crataegi*: Gatunek będący do niedawna w regresie, obecnie w ekspansji [4]. W latach 70. wycofał się z Pogórza Cieszyńskiego [12], najdłużej się utrzymywał w Grodźcu Śl. – do 2000 r.

## DYSKUSJA

Szczegółowa inwentaryzacja dowiodła występowanie 59 gatunków motyli należących do 5 rodzin (na 163 gatunki zanotowane w Polsce), co stanowi 36% fauny motyli Polski; jeden gatunek jest objęty ochroną prawną (*Lycaena dispar*). W całej historii badań lepidopterologicznych prowadzonych od XIX w. na omawianym terenie zanotowano 82 gatunki (włączając dane niepublikowane [1][8][12]) – występowanie 23 z nich nie zostało potwierdzone po 2000 roku,

## Wykaz pozostałych gatunków motyli dziennych występujących na badanym obszarze nie ujętych w tab. 2 – gatunki pospolite i niezagrożone

<i>Aglais io</i>	<i>Colias croceus</i>	<i>Maniola jurtina</i>	<i>Polyommatus icarus</i>
<i>Aglais urticae</i>	<i>Colias hyale</i>	<i>Neozephyrus quercus</i>	<i>Satyrrium pruni</i>
<i>Anthocharis cardamines</i>	<i>Erynnis tages</i>	<i>Ochlodes sylvanus</i>	<i>Satyrrium w-album</i>
<i>Aphantopus hyperanthus</i>	<i>Gonepteryx rhamni</i>	<i>Pararge egeria</i>	<i>Thecla betulae</i>
<i>Argynnis paphia</i>	<i>Issoria lathonia</i>	<i>Pieris brassicae</i>	<i>Thymelicus lineola</i>
<i>Carterocephalus palaemon</i>	<i>Lasiommata megera</i>	<i>Pieris napi</i>	<i>Thymelicus sylvestris</i>
<i>Celastrina argiolus</i>	<i>Leptidea reali</i>	<i>Pieris rapae</i>	<i>Vanessa atalanta</i>
<i>Coenonympha pamphilus</i>	<i>Lycaena virgaureae</i>	<i>Polygona c-album</i>	<i>Vanessa cardui</i>

co oznacza, że bezpowrotnie utracono ponad ¼ fauny motyli dziennych. 19 gatunków występujących obecnie uznano za zagrożone wymarciem ze względu na krytyczną sytuację siedliskową, co stanowi 32% ogółu gatunków.

Spośród wykazanych gatunków motyli 8 stanowi nowy element lokalnej fauny (*Colias erate*, *Lycaena dispar*, *L. tityrus*, *L. hippothoe*, *Cupido argiades*, *Brenthis ino*, *Melitaea diamina*, *M. cinxia*). Występowanie kolejnych 3 (*Lycaena alciphron*, *Melitaea athalia*, *Limenitis camilla*) zostało potwierdzone po znaczącej przerwie w ich obserwacjach. W tym miejscu należy podkreślić, że *Limenitis camilla* jest jedynym gatunkiem, który uważany był za rzadkość już przed 1939 r. [13][15] i zdołał przetrwać do dzisiaj na badanym obszarze (dość dobrze prosperująca populacja w Dzięgielowie).

Badania wykazały znaczne zubożenie fauny motyli dziennych, objawiające się także w braku wielu powszechnych gatunków motyli (m. in. modraszaków – *Lycaenidae*). Wśród powodów tej sytuacji należy wymienić bardzo niewielką różnorodność siedlisk (w szczególności brak typowych muraw kserotermicznych, torfowisk czy wrzosowisk); środowisko naturalne uległo znacznemu przekształceniu przez człowieka w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, co objawia się ogólnym pogorszeniem stanu biotopów (zubożenie flory, niski udział siedlisk naturalnych).

Jedynie niewielki procent powierzchni badanego obszaru wykazuje odmienną budowę geologiczną, będąc zbudowanym z wapieni cieszyńskich – w tym badany Chełm i Tuł. Jednak niewłaściwe użytkowanie tych terenów także doprowadziło do skrajnego zubożenia tamtejszych zbiorowisk roślinnych [7], bardzo cennych do dnia dzisiejszego – w rezultacie utracono wiele rzadkich i chronionych gatunków motyli do niedawna jeszcze występujących (np. *Phengaris alcon* utrzymywał się w okolicach Tułu do 1991 r. [8]).

Z powyższego powodu tak istotna jest ochrona biotopów rzadszych motyli – np. największym zagrożeniem dla *Limenitis populi* (fot. 9) jest wycinka młodych osik (*Populus tremula*), które uważane są za chwasty [16] (ostatnia, szczątkowa i zagrożona wyginięciem populacja znajduje się w Grodźcu Śl.). Niektórym gatunkom zdołano pomóc w bezpośredni sposób, zasilając lokalne populacje dodatkowymi osobnikami – prowadzono hodowlę m.in. *Papilio machaon* oraz *Limenitis camilla* [fot. 6].

Z. Stuglik wzmiankuje kilka dalszych gatunków motyli rzekomo wykazanych ze Śląska Cieszyńskiego [13], cytując pracę braci Mańkowskich z 1892 roku [9].

Istnieje jednak prawdopodobieństwo błędu (spowodowanego nieprawidłową interpretacją danych), który odkryto dopiero w 2011 roku, po odnalezieniu oryginału wyżej wymienionej publikacji. W związku z powyższym należy uznać, iż gatunki: *Parnassius mnemosyne*, *Lopinga achine*, *Euphydryas maturna*, *Euphydryas Cynthia* i *Scolitanides orion* nigdy nie występowały (tj. nie zostały odnalezione) na badanym obszarze.

Dwa kolejne gatunki: *Britnesia circe* i *Euphydryas aurinia* zostały odłowione w pojedynczych okazach w okresie przedwojennym [15], były to jednak prawdopodobnie osobniki dyspersyjne.

*Parnassius apollo* wyginął na Pogórzu Cieszyńskim i w Beskidzie Śląskim jeszcze przed rozpoczęciem badań przez Z. Stuglika [4][15].

#### Piśmiennictwo:

- Brzezina H.: Zbiór prywatny motyli z okolic Ustronia z lat 1970 – 2011 (materiały niepublikowane)
- Buszko J.: Atlas rozmieszczenia motyli dziennych w Polsce (*Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea*) 1986 – 1995. Oficyna Wyd. Turpress, Toruń 1997.
- Buszko J.: Czerwona lista motyli dziennych (*Rhopalocera*) Górnego Śląska. UMK w Toruniu, Toruń 1998.
- Buszko J., Masłowski J.: Motyle dzienne Polski. Wyd. Koliber, Nowy Sącz 2008.
- Buszko J.: Atlas rozmieszczenia motyli dziennych w Polsce, 1986 – 2008. (w przygotowaniu)
- Buszko J.: Wykaz rozmieszczeniowy motyli Polski 2001 – 2010. (w przygotowaniu)
- Kozioł K.: Walory przyrodnicze oraz charakterystyka środowiska geograficznego Góry Tuł i Zadniego Gaju. Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko: 42-50. Sosnowiec 2006.
- Kwiczala A.: Zbiór prywatny motyli z okolic Cieszyna z lat 1978 – 1991 (materiały niepublikowane).
- Mańkowscy H. i T.: Spis motyli do zbiorów Poznańskiego Tow. Przyj. Nauk. Rocznik T. P. N., t. 19. Poznań 1892.
- Matuszkiewicz W.: Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2001.
- Nakonieczny M.: Motyle dzienne – *Rhopalocera* województwa bielskiego. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice 1993.
- Sosiński J.: Zbiór prywatny motyli z okolic Cieszyna z lat 1955 – 1980 (materiały niepublikowane).
- Stuglik Z.: Materiały do poznania fauny motyli Śląska (*Macrolepidoptera*). Wyd. Muzeum Śląskiego w Katowicach, Dział III – Nr 7. Katowice 1934.
- Stuglik Z.: Rozmieszczenie motyli większych w zespołach roślinnych Pogórza Cieszyńskiego. Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 1936.
- Stuglik Z.: Przyczynek do badań nad fauną motyli Śląska. Wyd. Muzeum Śląskiego w Katowicach, Katowice 1939.
- Warecki A.: Motyle dzienne Polski. Atlas bionomii. Wyd. Koliber, Nowy Sącz 2010.

## PRENUMERATA „Biologii w Szkole”

wejdź na [www.edupress.pl/formularz-prenumeraty/](http://www.edupress.pl/formularz-prenumeraty/)



# CZASOPISMA PEDAGOGICZNE - ALCHEMIA NAUCZANIA!



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



# Wybrałam Przyrodę z klasą!

## A TY?

### „Przyroda z klasą 4” to podręcznik:

- napisany przez polskich nauczycieli praktyków specjalnie z myślą o nowej podstawie programowej
- uwzględniający pomysły 869 nauczycieli przyrody, zgłoszone w ogólnopolskiej akcji recenzowania superpodreczniki.pl
- dostosowany do pracy w klasach mieszanych pod względem wieku i poziomu dojrzałości (uczniowie dziewięcio- i dziesięcioletni)
- z nowym podziałem materiału – trudniejsze treści przesunięte do kolejnych klas (naturalny rytm uczenia się, zgodny z predyspozycjami uczniów)
- oferujący kompletny zestaw pomocy dydaktycznych dla nauczyciela, obejmujący również nowe media

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

**Zdecyduj się już dziś!**



**SUPERPODRĘCZNIKI.PL**

Z NAUCZYCIELAMI I DLA NAUCZYCIELI

Wypełnij deklarację wprowadzenia podręcznika, dostępną na [www.klett.pl](http://www.klett.pl)!

Otrzymasz bezpłatnie zestaw nauczycielski o wartości ponad 2000 zł!\*

### W zestawie nauczycielskim:

- podręcznik z płytą CD,
- zeszyt ćwiczeń,
- komplet materiałów dla nauczyciela na CD,
- podręcznik interaktywny,
- kod dostępu do platformy interaktywnej (zeszytu ćwiczeń w wersji online),
- e-book (podręcznik w wersji elektronicznej).

Otrzymasz również kartę Klubu Nauczyciela, uprawniającą do korzystania z dodatkowych materiałów gratisowych oraz ofert specjalnych.

\* Ostatnia szansa! Oferta przedłużona do 15 czerwca 2012 r.



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

 **Klett**