

Arkusz  
diagnostyczny

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

# Chemia

## w Szkole

Nr 4  
lipiec/sierpień 2021  
353 (LXV) indeks 354562  
CENA 30,00 zł  
(w tym 8% VAT)

### SPEKTROSKOPIA

Potęga promieniowania

### Genialny roztwór w labiryncie

Wyniki Olimpiad  
Chemicznych:  
67. Krajowej  
i 53. Międzynarodowej

### Jak walczyć z maturalnym stresem

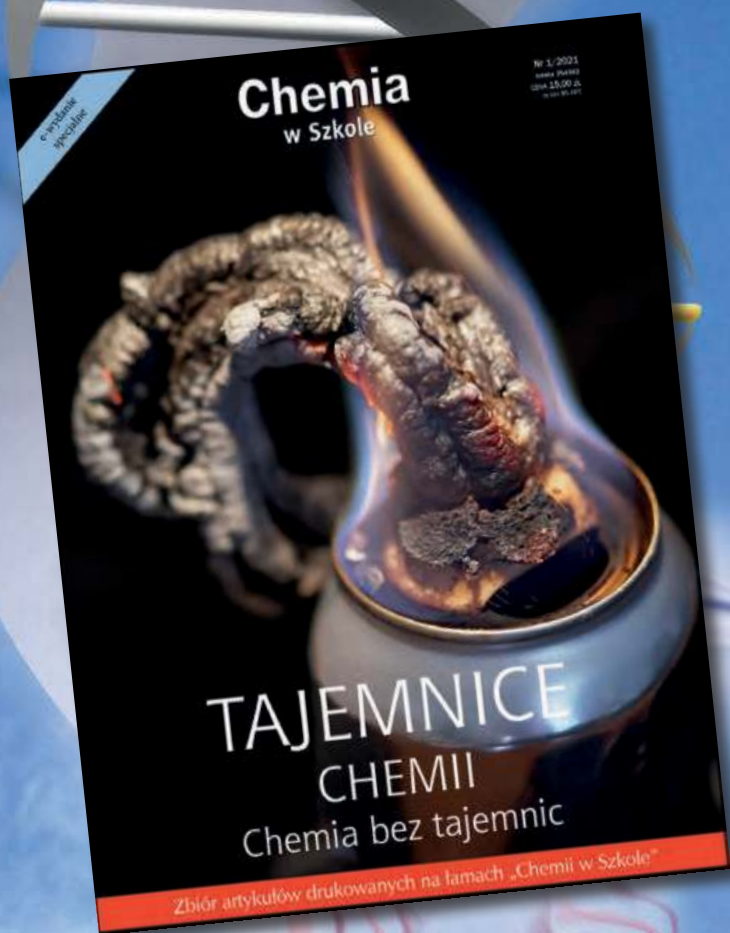
### Techniki chromatograficzne w praktyce szkolnej

Grillowanie, smażenie, duszenie, gotowanie, pieczenie

# Chemia w kuchni



**WYDANIE SPECJALNE „Chemii w Szkole” 1/2021**  
**WERSJA ELEKTRONICZNA – plik PDF**



**Wybór  
najciekawszych  
artykułów  
z ostatnich lat**

**Cena 15 zł**  
w tym 8% VAT

Szczegóły i formularz zamówienia na: [www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/](http://www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/)



## Szanowni Państwo!

Kolejny rok szkolny witamy zmagając się nadal z pandemią COVID-19, której dalszego przebiegu przewidzieć nie sposób, a której destrukcyjnego działania wszyscy w pewnym stopniu doświadczyliśmy. Nauczyciele akademicy widzieli jednak radość studentów, gdy w końcu choćby na krótko mogli przyjechać na uczelnię, aby wziąć nawet ograniczony udział w zajęciach laboratoryjnych. Podobno analogiczne reakcje i oczekiwania uczniów były różne, ale i stres zapewne silniejszy. Nie przypadkiem więc stresowi poświęcamy w tym numerze specjalne miejsce, już teraz chcąc przygotować tegorocznych maturzystów do egzaminu dojrzałości, w sposób zaproponowany przez p. Agnieszkę Czub-Czech i p. Kamila Czecha, którzy przygotowali także arkusz diagnostyczny oceniający wiedzę uczniów po szkole podstawowej.

Jest takie dobrze znane angielskie sformułowanie: *last but not least*. Odnosi się ono znakomicie do artykułu o labiryncie chemicznym p. mgr. Marka Plesa, które to opracowanie ze względów technicznych co prawda zamyka obecny numer, ale merytorycznie stanowi pozycję wyjątkową pod względem zarówno koncepcyjnym, jak i sposobu jej realizacji.

Istotną część niniejszego numeru zajmuje także chromatografia – fascynująca technika rozdzielania substancji, o której można napisać wiele artykułów i która niezmiennie może być źródłem ciekawych doświadczeń – opisują to w drugiej części swojego opracowania, adresowanego tym razem do liceów, p. Natalia Litwicka i p. dr Justyna Piechocka z Uniwersytetu Łódzkiego. Z kolei p. mgr inż. Anna-Maria Tryba z AGH przypomni podstawy technik spektroskopowych, ze szczególnym uwzględnieniem metody Ramana, której znaczenie i zastosowania są tak ważne, że każdy nauczyciel chemii powinien mieć w tej kwestii przynajmniej elementarną wiedzę.

A jakie ćwiczenia wszyscy prowadzimy w każdym domowym laboratorium chemicznym, czyli w kuchni? Oczywiście – smażenie, gotowanie, duszenie, pieczenie itd., a chemiczne strony tych procesów ujawni Państwu w swoim opracowaniu p. dr Joanna Kurek z UAM w Poznaniu.

Na zakończenie zapraszam do lektury syntetycznych sprawozdań z zakończonych już Olimpiad Chemicznych – 67. Krajowej i (ponownie zdalnie zrealizowanej) 53. Międzynarodowej, w której nasi zawodnicy zdobyli tym razem 3 srebrne medale i 1 brązowy.

Życzę Państwu przyjemnej lektury.

## Nauka i technika

### 4 Ciekawostki • Marek Orlik

- Nanociała w walce z SARS-CoV-2
- Niebezpieczne nanosrebro
- Azot przeciw motyloom
- Gigantyczne diamenty wskazują przyczyną trzęsień Ziemi

### 6 Grillowanie, smażenie, duszenie, gotowanie, pieczenie. Chemia kuchennych procesów

- Joanna Kurek

Co sprawia, że skórka na chlebie jest tak przyjemnie chrupiąca oraz skąd się bierze ten niepowtarzalny aromat świeżego wypieku? Czy można przygotować mięso z grilla tak, by było smaczne i zdrowe zarazem?



### 14 Potęga promieniowania, czyli czym jest spektroskopia? • Anna-Maria Tryba

Uważane są za jedne z najtrudniejszych technik badania związków chemicznych. Wielu studentom kierunków chemicznych spędzają w sesji sen z powiek, a uczniowie zazwyczaj niewiele o nich słyszeli. O czym mowa? O technikach spektroskopowych!



## Olimpiady i konkursy

### 24 Sprawozdanie z 67. Krajowej Olimpiady Chemicznej

- w roku szkolnym 2020/2021 • Komitet Główny Olimpiady Chemicznej

### 29 Sprawozdanie z 53. Międzynarodowej Olimpiady Chemicznej

- Marek Orlik, Aleksandra Misicka-Kęsik

## Metodyka i praktyka szkolna

### 19 Jak walczyć z maturalnym stresem?

- Agnieszka Czub-Czech, Kamil Czech

Stres towarzyszy każdemu człowiekowi i jest zjawiskiem naturalnym. Sztuką jest umiejętność zapanowania nad nim w czasie ważnego wydarzenia w życiu jakim bez wątpienia jest egzamin dojrzałości.



### 32 Arkusz diagnostyczny z chemii po szkole podstawowej

- Agnieszka Czub-Czech, Kamil Czech

### 37 Rozdzielanie chromatograficzne w praktyce szkolnej

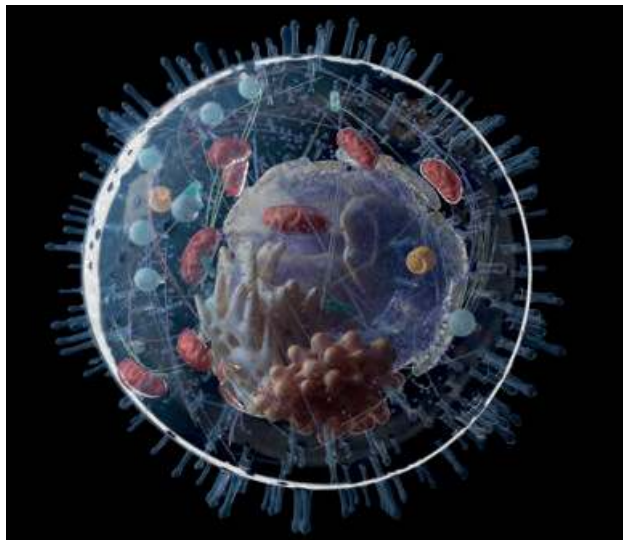
- Natalia Litwicka, Justyna Piechocka

Artykuł, który został przygotowany z myślą o uczniach szkół ponadpodstawowych, pozwoli Czytelnikom poszerzyć wiedzę z zakresu metod rozdzielania składników mieszanin jednorodnych, wykorzystujących procesy charakterystyczne dla rozdzielania chromatograficznego.



### 46 Genialny roztwór w labiryncie. Napięcie powierzchniowe i efekt Marangoniego • Marek Ples

## Nanociała w walce z SARS-CoV-2



W numerze 4/2020 pisaliśmy już o nanotechnologii na froncie walki z koronawirusem SARS-CoV-2. Najnowsze osiągnięcia w tej materii odnotowano w Niemczech, w Instytucie Chemii Biofizycznej im. Maxa Plancka w Getyndze, gdzie opracowano nanociała, które silnie i nieodwracalnie wiążą się – co także ważne – z różnymi wariantami koronawirusa, w tym – Alfa, Beta, Gamma i najbardziej dziś niepokojącym wariantem Delta. Ciekawą cechą tych nanociał jest ich trwałość aż do (zupełnie niefizjologicznej) temperatury 95°C bez utraty ich zasadniczej funkcji czy choćby agregacji strukturalnej.

Stworzone zostały różne wersje takich nanociał, ale nawet najprostsza z nich wiąże się z białkiem *spike* wirusa tysiąc razy silniej niż

wcześniej tworzone nanociała. Dla wzmocnienia działania tych nanociał połączono je w potrójne struktury – triady, które działają w ten sposób, że każde z tych trzech nanociał przyłącza się do jednej z domen białka, przyczyniając się podwyższenia siły całkowitego wiązania – nawet 30 tysięcy razy w porównaniu z sytuacją, gdy tylko jedno nanociało wiąże się z jedną domeną. Z drugiej strony, odpowiednio większy rozmiar triad nanociał powoduje przedłużenie czasu ich działania, dzięki temu, że są one wolniej usuwane przez nerki niż pojedyncze, mniejsze nanociała.

To jednak nie koniec inwencji badaczy z Getyndgi. W kolejnym etapie zostały stworzone tandemy takich przeciwciał, które jeszcze silniej wiążą się z różnymi fragmentami wirusowego białka, co zwiększa zdolność ich działania na różne mutacje wirusa. Zarówno w wersji podstawowej, jak i tandemowej, tak skonstruowane przeciwciała już w niewielkich stężeniach wykazują skuteczne działanie blokujące wirusa SARS-CoV-2, co ma znaczenie ze względu na zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia objawów ubocznych i obniżenie kosztów produkcji.

Kolejną zaletą tych nanociał jest możliwość podawania ich w postaci inhalacji, czyli od razu do zainfekowanego układu oddechowego, w którego tkanki wnikają one łatwo dzięki małym rozmiarom. Do pomocy wykorzystano 3 wielbłądotate - alpaki, którym (niestety) trzeba było wstrzyknąć fragmenty białka *spike* wirusa, co spowodowało wytworzenie przez nie naturalnych przeciwciał, pobranych następnie przez badaczy w celu wybrania na tej podstawie w laboratorium odpowiednich, skutecznych, sztucznych nanociał. Obecnie trwają prace nad przygotowaniem preparatu, który można będzie bezpośrednio podać człowiekowi lub przynajmniej wykorzystać do produkcji szczepionek.

[1] <https://wydarzenia.interia.pl/raporty/raport-koronawirus-chiny/aktualnosci/news-niemcy-opracowano-nanociala-blokuja-koronawirusa,nld,5392310>

[2] <https://www.mpg.de/17271996/0722-nanobodies>

[3] <https://www.embopress.org/doi/full/10.15252/embj.2021107985>

## Niebezpieczne nanosrebro?

O antybakteryjnych właściwościach srebra, w tym nanocząstek srebra napisano już wiele, poruszyliśmy ten temat także na łamach naszego czasopisma, a na rynku obecnych jest wiele produktów zawierających nanosrebro, takich jak preparaty przeciw infekcjom gardła, szampony, dezodoranty, różnego rodzaju sprzęt medyczny, materiały opatrunkowe, klawiatury komputerowe, a ostatnie także niektóre maseczki ochronne.

Skuteczność srebra w tej postaci była niekiedy kwestionowana, m.in. ze względu na utlenianie powierzchni srebra, ale – reklama dźwignią handlu. Nieskuteczność jakiegokolwiek preparatu nie jest jednak aż tak niepokojąca, jak jego ewentualna szkodliwość, a taką możliwość wykazali ostatnio polscy naukowcy: prof. dr. hab. Wojciech Bal z Instytutu Biochemii i Biofizyki PAN oraz prof. dr. hab. med. Leszek Pączek z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, z udziałem specjalistów od transplantacji wątroby, odnosząc swoje zastrzeżenia do stosowanych w szpitalach urządzeń medycznych, zabezpieczanych nanosrebrem przed przeniesieniem skażeń bakteryjnych [1, 2]. Nasi naukowcy doszli bowiem do wniosku, że takie urządzenia mogą powodować przenikanie nanosrebra do krwiobiegu i dalszą jego akumulację w wątrobie, nie mówiąc o dalekosiędnym, ogólnie rozumianym wpływie tego pierwiastka na nasze środowisko.

Podwyższony poziom nanosrebra w wątrobie jest oczywiście nieobojętny, a może być nawet bardzo szkodliwy dla zdrowia i życia człowieka. U pacjentów cierpiących na choroby wątroby stwierdzono bowiem wyższą niż u osób zdrowych zawartość nanosrebra w wątrobie i wyniki tej analizy zostały opublikowane w czasopiśmie „*International Journal of Molecular Sciences*” [3]. Jest zatem oczywiste, że niezbędne będą dalsze badania w celu monitorowania wchłaniania nanosrebra do układu krwionośnego i limfatycznego.

Z chemicznego punktu widzenia zagadnienie to jest jeszcze bardziej złożone. Jednocześnie z podwyższonym stężeniem srebra w wątrobie zaobserwowano bowiem także podwyższony poziom miedzi, działającej na ten organ bardzo toksycznie, a w nadmiarze mogącej być przyczyną choroby Wilsona o podłożu genetycznym. Hipotetyczną przyczyną równoczesnej akumulacji srebra i miedzi w wątrobie może być to, że oba te pierwiastki są usuwane poprzez ten sam szlak metaboliczny, a zatem w przypadku nagromadzenia srebra jego „przepustowość” dla miedzi obniża się, przez co ulega ona toksycznej akumulacji.

Do tej pory znane było jedno schorzenie wywołane nadmierną ekspozycją na srebro – srebrzyca, objawiająca się srebrnoszarą skórą, a teraz można sądzić, że niekorzystne działanie tego pierwiastka występuje już dla stężeń nie powodujących jeszcze żadnych widocznych objawów. Biorąc pod uwagę, że nanosrebro można wchłonąć także wdychając zanieczyszczony nim pył miejski, należy zachowywać umiar w stosowaniu preparatów z nanosrebrem.

Antybakteryjne właściwości srebra nie ulegają przy tym wątpliwości i są bardzo korzystne np. w leczeniu trudno gojących się ran, o czym wiadomo już od czasów starożytnych, ale problemem jest długotrwały kontakt z tym pierwiastkiem, także w postaci nanocząstek, które mogą przenikać do organizmu. Tymczasem nie ma jednak nawet określonych norm dotyczących bezpiecznego poziomu ekspozycji na nanosrebro w zależności od drogi podania.

[1] <https://wydarzenia.interia.pl/zdrowie/news-naukowcy-nanosrebro-w-organizmie-moze-byc-niebezpieczne-dla-nld,5337988>

[2] <https://sciencepr.pl/pl/nanocastki-srebra-moga-przedstawiac-sie-do-organizmu-czlowieka/>

[3] Poznański J, Sołdacki D, Czarkowska-Pączek B, Bonna A, Kornasiewicz O, Krawczyk M, Bal W, Pączek L. Cirrhotic Liver of Liver Transplant Recipients Accumulate Silver and Co-Accumulate Copper. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22(4):1782. <https://doi.org/10.3390/ijms22041782>



## Azot przeciwko motyloom

bardziej że rozwiązane zostały problemy z dostawą odczynników do wykonywania śmiertelnych zastrzyków [1].

Niestety motyle nie mają takiego wyboru. Uznaje się, że ich liczba w ciągu ostatnich 50 lat, przynajmniej w Szwajcarii, zmniejszyła się o 80%. Prawdopodobną przyczyną tego smutnego zjawiska jest narastające zanieczyszczenie azotem, pochodzące z różnych źródeł: rolnictwa, przemysłu, ruchu samochodowego oraz (naturalne lub nie) zmiany klimatyczne. Czynniki ludzki spowodował poważną ingerencję w naturalny cykl obiegu azotu w przyrodzie. Naukowcy z Uniwersytetu w Bazylei uznali, że główną tego przyczyną jest sztuczne nawożenie gleby związkami azotu, co wspomaga istnienie niektórych gatunków roślin, kosztem innych, które są w ten sposób wypierane.

Istota problemu polega na tym, że niektóre gatunki motyli wymagają określonych gatunków roślin lub tworzonego przez nie mikroklimatu (wilgotność, stopień zacienienia) do żerowania, a zatem mniejsza różnorodność roślinności przekłada się na mniejszą różnorodność motyli. Eksperymenty wykazały, że w obszarach wzbogacanych azotem także drogą powietrzną różnorodność roślinności kurczyła się, a razem z nią – różnorodność gatunków motyli. W praktyce oznacza to, że gatunki wymagające otwartych i suchych obszarów są w Szwajcarii, a zapewne nie tylko tam, poważnie zagrożone. Problem polega na tym, że w Szwajcarii 2/3 emisji azotu do ekosystemów wynika z emisji amoniaku przez farmy hodowlane. Cóż, zapewne świat bez motyli jest możliwy, ale czy będzie to tak samo piękny świat?

[1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Capital\\_punishment\\_in\\_Oklahoma#Method](https://en.wikipedia.org/wiki/Capital_punishment_in_Oklahoma#Method)

[2] <https://zielona.interia.pl/przyroda/news-zanieczyszczenie-azotem-zabija-motyle,nld,5312495>

[3] T. Roth, L. Kohli, B. Rihm, R. Meier, V. Amrhein, Negative effects of nitrogen deposition on Swiss butterflies, *Conservation Biology* (2021), doi: 10.1111/cobi.13744

Chyba każdy chemik wie, że nazwa pierwiastka „azot” wywodzi się od zaproponowanego przez Lavoisiera słowa „azote” oznaczającego pierwiastek „bez życia”, czyli – praktycznie rzecz biorąc, w przeciwieństwie do tlenu, pierwiastek duszący, co w języku niemieckim niemal dosłownie zostało ujęte terminem „Stickstoff”. Zainspirowany tą szczególną właściwością azotu, ustawodawcy stanu Oklahoma w USA w 2015 roku dodali duszenie nim jako kolejną metodę wykonywania kary śmierci, już i tak oferując skazanym aż (tylko w tym jednym stanie!) trzy inne możliwości: śmiertelny zastrzyk, krzesło elektryczne i pluton egzekucyjny, precyzując także preferencje co do kolejności ich proponowania. Niestety (?) trwające kilka lat bezowocne dyskusje nad konstrukcją odpowiedniej komory i samej procedury egzekucji spowodowały, że w lutym 2020 roku zawieszono prace nad duszeniem azotem, tym

## Gigantyczne diamenty wskazują przyczynę trzęsień Ziemi

Na ślad takiej zależności naprowadziły badacze rozbieżności między przewidywanymi przez modele geofizyczne trzęsieniami ziemi a rzeczywistymi miejscami ich występowania. Głęboko pod powierzchnią Ziemi panuje tak wysokie ciśnienie, że przesunięcia i ocieranie się o siebie płyt tektonicznych, powodujące „zwykłe”, tzn. płytkie trzęsienia, jest mało prawdopodobne. Ponadto panuje tam tak wysoka temperatura, że skały mogą występować w stanie płynnym.

Teoretycznie trzęsienia Ziemi nie powinny występować na głębokości większej niż 300 km pod powierzchnią Ziemi, ale – jak to bywa na przekór teoriiom – od czasu do czasu, a nawet często się zdarzają. Jedną z koncepcji, próbującą wyjaśnić głębokie trzęsienia ziemi (których na ogół nie odczuwamy) zakłada następujące w tych warunkach gwałtowne zmniejszenie się objętości niektórych minerałów na dużych odległościach. Według innej koncepcji lokalnie rozpoczynające się trzęsienie ziemi powoduje wydzielanie ciepła, które ogrzewa okolice skały, sprzyjając ich postępującemu w przestrzeni rozpadowi.

Wreszcie trzecia, kiedyś najbardziej krytykowana koncepcja odwołuje się do osłabiania struktury skał przez uwolnioną z innych skał wodę, której pochodzenie nie było jednak jasne. Dopiero Steven Shirey, geochemik z *Carnegie Institution for Science* zaproponował, iż zasadnicze znaczenie dla wnioskowania mogą mieć odkryte na dużych głębokościach diamenty, wymagające dla ich powstania fazy ciekłej. Gromadzą się one w warstwy o niejednorodnej strukturze, zawierającej inkluzje obcych skał, w których z kolei mogą istnieć obszary gromadzące bogatą w minerały



wodę. Oczywiście woda może przenikać do wyginających się i pękających płyt z oceanów, ale może ona pochodzić także z wody okludowanej w zeskalających się stopionych skałach lub z mokrych osadów gromadzących się na płytach tektonicznych. Kiedy takie minerały przesuwa się w głąb Ziemi, rośnie ich temperatura i wzrasta wywierane na nie ciśnienie.

Symulacje komputerowe wskazały krytyczną temperaturę 580°C, powyżej której następowało wylewanie się z minerałów cieczy o różnym składzie (w tym wody, która może mieć w tych warunkach charakter cieczy nadkrytycznej). To może osłabiać otaczające skały, wywołując trzęsienie ziemi. Zarazem w takich ekstremalnych warunkach mogło dochodzić do intensyfikacji tworzenia kolejnych diamentów. Innymi słowy, głęboko leżące diamenty są empiryczną przesłanką dla tezy o konieczności istnienia tam faz ciekłych, mogących uczestniczyć w trzęsieniach ziemi. Pełna praktyczna weryfikacja tej częściowo komputerowo wymodelowanej hipotezy nie jest jeszcze możliwa – podróże do wnętrza Ziemi w ujęciu Juliusza Verne’a pozostają dziś jeszcze w sferze fantazji hollywoodzkich scenarzystów.

[1] <https://nt.interia.pl/technauka/news-gigantyczne-diamenty-powodem-trzesien-ziemi,nld,5272456>

[2] <https://carnegiescience.edu/news/what-causes-deep-earths-most-mysterious-earthquakes>

[3] Slab Transport of Fluids to Deep Focus Earthquake Depths—Thermal Modeling Constraints and Evidence From Diamonds – Shirey – 2021 – AGU Advances – Wiley Online Library



Foto – Dreamstime

# Grillowanie, smażenie, duszenie, gotowanie, pieczenie Chemia kuchennych procesów

**Co sprawia, że skórka na chlebie jest tak przyjemnie chrupiąca oraz skąd się bierze ten niepowtarzalny aromat świeżego wypieku? Czy można przygotować mięso z grilla tak, by było smaczne i zdrowe zarazem?**

Joanna Kurek

**S**pożywanie pokarmów jest doznaniem, w którym ważną rolę odgrywają zmysł węchu, wzroku i smaku. Różnokolorowe produkty spożywcze gwarantują organizmowi człowieka odpowiednio zbilansowaną porcję składników odżywczych. Nie do końca prawdą jest to, że „jemy wyłącznie oczami”, gdyż przykładowo zapach świeżego chleba, pizzy czy ciasta czekoladowego jest też tym, co pobudza apetyt. Podobnie jak sprawia to dobrze doprawione upieczone, smażone, duszone czy grillowane mięso, ryby i warzywa. Poza bodźcem jakim jest kolor i zapach potraw, równie istotny jest ich smak. Dopracowanie tych wszystkich elementów sprawia, że potrawy są smaczne i chętnie zjadane, a można to osiągnąć poprzez odpowiedni sposób obróbki termicznej produktów spożywczych. Odpowiednie wstępne przygotowanie żywności poprzez posolenie, doprawienie przyprawami czy zamarynowanie wzmacnia walory smakowe i zapachowe przyszłych dań.

Potrawy mogą być przygotowane poprzez grillowanie, smażenie, duszenie, gotowanie czy pieczenie, a sposób obróbki termicznej powinien być tak dobrany, by uzyskać dania o możliwie najwyższej jakości sensorycznej,

z zachowaniem wartości odżywczych i walorów zdrowotnych. Sposób obróbki termicznej należy dostosować do danej potrawy. W czasie przygotowywania potraw pod wpływem temperatury dochodzi do usunięcia wszystkich drobnoustrojów znajdujących się w produkcie, rozluźnienia struktury tkankowej i zmiękczenia, przez co zwiększa się przyswajalność i strawność pokarmów, poza tym danie nabiera właściwych sobie cech sensorycznych, takich jak zapach, barwa, konsystencja i smak. Z chemicznego punktu widzenia następują wtedy określone procesy, takie jak denaturacja białek, rozklejanie się skrobi oraz zmiana fizykochemicznych właściwości błonnika.

Poza walorami zapachowo-smakowymi termiczna obróbka żywności ma za zadanie przedłużenie jej terminu przydatności do spożycia, co w szczególności dotyczy mięs i ryb. Każdy rodzaj surowej żywności w naturalny sposób ulega psuciu się (gniciu) – następuje powolny rozkład złożonych związków organicznych, a efekt ten przyspiesza dostęp tlenu z powietrza oraz wysoka temperatura otoczenia.

Niestety poza wymienionymi wyżej pozytywnymi efektami obróbki termicznej pokarmów ma ona też swoją negatywną stronę, którą jest utrata cennych witamin, zwłaszcza A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, C oraz D, a ponadto następuje karmelizacja cukrów, rozpad aminokwasów zawierających atomy

siarki oraz, co najistotniejsze – powstają szkodliwe związki, takie jak akrylamid, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i heterocykliczne aminy aromatyczne (HAA). Z wymienionych składników odżywczych, to przede wszystkim witaminy ulegają największej degradacji podczas obróbki termicznej i szacuje się, że przy niewłaściwie prowadzonym procesie traci się ich nawet 60-80%.

Co sprawia, że skórka na chlebie jest tak przyjemnie chrupiąca oraz skąd się bierze ten niepowtarzalny aromat świeżego wypieku? Czy można przygotować mięso z grilla tak by było smaczne i zdrowe zarazem? W dalszej części opracowania będą zawarte wszystkie odpowiedzi oraz wiele innych informacji na temat termicznej obróbki żywności.

## Walory zapachowe potraw

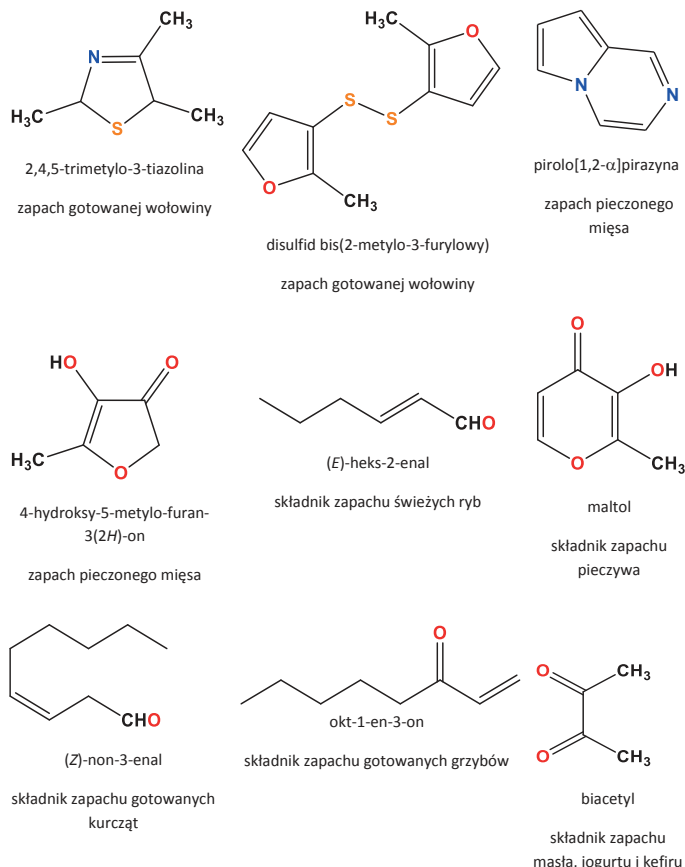
To właśnie zapach jest decydującym czynnikiem przy wyborze potrawy, gdyż dania wydzielające przyjemny zapach są bardziej atrakcyjne niż te, które są mniej wonne, co oczywiście sprawia, że te pierwsze są chętniej zjadane. Poniżej zestawiono kilka związków (Rys. 1), które są składnikami zapachów różnych dań przygotowywanych na ciepło.

Poniżej zestawiono poszczególne procesy zachodzące w trakcie różnych sposobów obróbki termicznej żywności wraz z opisaniem ich podstawowych cech, reakcji zachodzących w produktach spożywczych oraz pozytywnych i negatywnych aspektach danych sposobów przygotowywania dań.

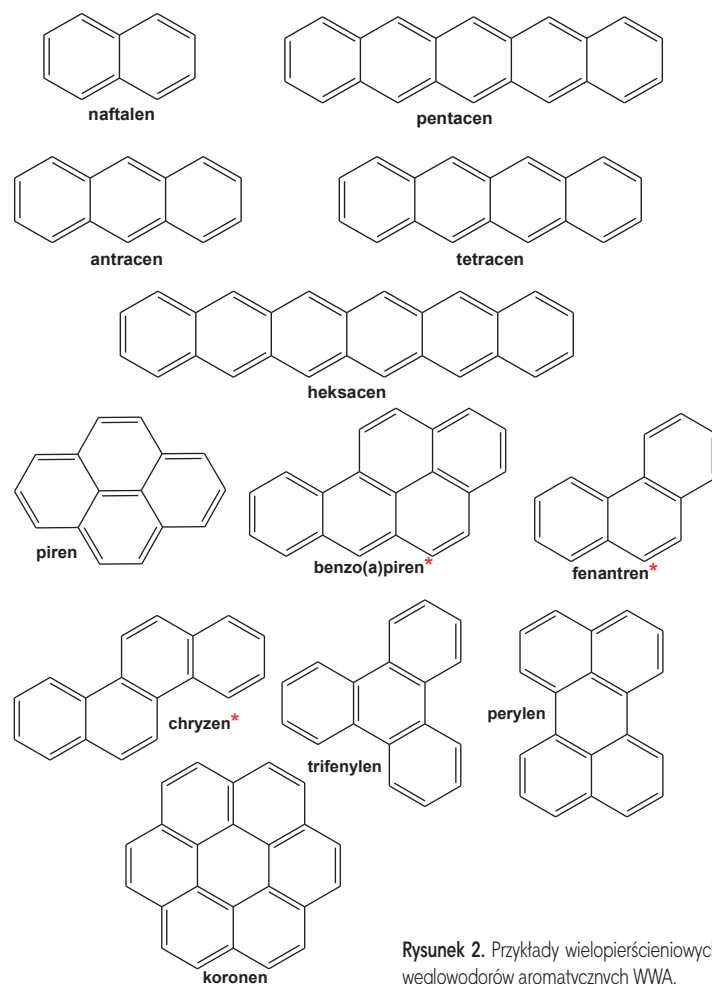
## Grillowanie

Z nastaniem letnich dni pojawia się chęć skosztowania dań z grilla. Odpowiednio dobrane urządzenie grillujące, podpałka, węgiel (brykiety), dobrze skomponowana marynata, ulubione mięsa i warzywa są niezbędnymi składnikami udanego biesiadowania. Kiedyś panował pogląd, że grillowanie jest zdrową formą obróbki żywności, gdyż z mięsa wytapiany jest nadmiar tłuszczu, jednak obecnie wiadomo, że jest to najbardziej szkodliwy dla zdrowia sposób przygotowywania dań. Mimo to proces ten nadal ma mnóstwo zwolenników.

Poza faktem ‘kopcenia’ w trakcie szykowania dań z grilla należy pamiętać, że cały proces przebiega przy użyciu drewna i węgla oraz tłuszczu wyciekającego z mięsa i grillowanych potraw, więc w czasie jego spalania dochodzi do wydzielania się toksycznych i trujących oraz rakotwórczych WWA, czyli wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, które osadzają się na żywności i także są wdychane przez osobę obsługującą grilla. Przykłady takich związków pokazane są na Rys. 2. Związki te są ubocznymi produktami reakcji zachodzących podczas niepełnego spalania materii organicznej. Najsilniejszymi związkami kancerogennymi z grupy WWA są benzo(a)piren i dibenzo(a,h)antracen. Szacuje się, że w surowym mięsie zawartość WWA wynosi ok 0,01-1 µg/kg, a w przygotowanym na grillu wartość ta może wzrosnąć nawet do 130 µg/kg.



Rysunek 1. Związki zapachowe w przetwarzanej żywności.



Rysunek 2. Przykłady wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA.



Rysunek 3. Różne smażone potrawy: omlet z warzywami, żeberka, kotlety z fasoli mung

Gwiazdką w kolorze czerwonym oznaczono te związki, w których występuje tzw. ‘bay region’ odznaczający się zwiększoną gęstością elektronową, gdyż zwłaszcza one oddziałując z elementami w komórkach organizmu człowieka wywołują działanie kancerogenne. Działanie można w uproszczeniu opisać tak, że gdy w komórkach organizmu pojawiają się obszary o zwiększonej gęstości elektronowej (cząsteczki WWA oznaczone czerwoną gwiazdką), to mają one dużą łatwość tworzenia adduktów z DNA, co wywołuje negatywne skutki w procesie replikacji komórek, a w konsekwencji oznacza długoterminowe działanie kancerogenne.

Według zaleceń Unii Europejskiej dla produktów z dodatkiem dymu wędzarniczego maksymalna dopuszczalna dawka benzo(a)pirenu to 0,03 µg/kg. Komitet Ekspertów ds. Substancji Dodatkowych do Żywności przy FAO/WHO zaleca natomiast, aby ilość benzo(a)pirenu w żywności nie przekraczała 1 µg/kg.

Wprawdzie można zastosować pewne zabiegi zmniejszające ilość szkodliwych związków przedostających się do żywności przygotowywanej w ten sposób, jak na przykład owijanie dania folią aluminiową przed umieszczeniem go na grillu, jednak dla swojego zdrowia najkorzystniej w ogóle zrezygnować z tej formy przygotowywania dań i zastosować inne sposoby obróbki o zbliżonych walorach smakowych, jak na przykład smażenie.

## Smażenie

Proces smażenia odbywa się w stosunkowo wysokich temperaturach dochodzących do 200°C w środowisku tłuszczu lub na odpowiednich płytach grzewczych albo naczyniach z powłoką teflonową, który prowadzony jest bez użycia tłuszczów lub jedynie z minimalną jego ilością na samym początku procesu. Dania otrzymane w procesie smażenia odznaczają się charakterystycznymi i unikatowymi cechami sensorycznymi: zapachem, smakiem, a także teksturą. Przykłady dań smażonych przedstawia Rys. 3.

W tym sposobie obróbki termicznej woda jest nieobecna i smażenie zasadniczo jest procesem krótkotrwałym, więc utrata składników odżywczych jest stosunkowo niewielka. Jednak, aby tak się stało, należy mieć na uwadze ilość i rodzaj zastosowanego tłuszczu, sposób ogrzewania, a także,

co najistotniejsze, rodzaj przygotowywanej potrawy. Smażenie można prowadzić na kilka sposobów: beztłuszczowo, w cienkiej warstwie tłuszczu (do 10% tłuszczu względem masy smażonej potrawy), średniej warstwie tłuszczu (do 30% tłuszczu w stosunku do masy smażonej potrawy), a także w dużej ilości tłuszczu – tak zwanym tłuszczu głębokim. W ostatnim sposobie tłuszcz jest wielokrotnie wykorzystywany przez kolejne dni w celu usmażenia wielu porcji produktu spożywczego, jest to najczęściej stosowana metoda w gastronomii.

Temperatura smażenia zależy od rodzaju smażonej żywności oraz wybranego tłuszczu. Zasadniczo produkty białkowe, takie jak mięso oraz ryby, smaży się w temperaturze 160-170°C, natomiast frytki oraz chipsy już w nieco wyższej 170-180°C, a najwyższe temperatury stosuje się do smażenia pączków 185-190°C. W trakcie tego procesu zachodzi hydroliza lipidów w obecności wody znajdującej się w produktach żywnościowych z wydzieleniem wolnych wyższych kwasów tłuszczowych, diacylogliceroli i monoacylogliceroli.

Wydzielone kwasy tłuszczowe w tych warunkach ulegają przemianom znacznie bardziej gwałtownie niż lipidy. Natomiast w wyniku działania tlenu z powietrza i wysokiej temperatury na nienasycone i nasycone kwasy tłuszczowe następuje utlenianie oraz wydzielanie się zmodyfikowanych związków: wodoronadtlenków, które ulegają oksydatywnej polimeryzacji i rozkładowi do aldehydów i ketonów. Proces zachodzi dynamicznie, a jego skutkiem jest pojawienie się zapachu zjełczałego tłuszczu. Główne grupy związków będące produktami przemian w trakcie procesu smażenia zestawiono w Tabeli 1.

Dobór tłuszczu do smażenia uzależniony jest od tak zwanej temperatury dymienia – im jest ona wyższa, tym tłuszcz bardziej nadaje się do smażenia. Nie zaleca się w tym celu stosowania oliw, które zawierają dużo wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, gdyż właśnie te związki wykazują niską trwałość termiczną. Z kolei im więcej jest tych nasyconych oraz jednonienasyconych tym lepiej, a także istotna jest zawartość antyoksydantów.

W wyniku długotrwałego ogrzewania tłuszczu, a także działania tlenu z otoczenia i wysokiej temperatury oraz wody zawartej w smażonych produktach następuje stop-



## Gotowanie

Gotowanie uznawane jest za proces, w wyniku którego otrzymuje się lekkostrawne potrawy, odznaczające się dobrą jakością sensoryczną o zróżnicowanej wartości odżywczej. Proces ten jest optymalny dla przygotowywania potraw warzywnych, które zawierają skrobię i błonnik, a także surowców zwierzęcych składających się z dużej ilości tkanki łącznej.

Proces gotowania zachodzi we wrzącej wodzie, w związku z czym można osiągać temperaturę do stu kilkunastu stopni Celsjusza. Jak wiadomo, czysta woda wrze w temperaturze 100°C pod ciśnieniem 1 atm, jednak z uwagi na to, że gotowana żywność jest mieszaniną różnorodnych związków organicznych np. tłuszczów, temperatura wrzenia ulega podwyższeniu. Gotować można w wodzie: w dużej ilości i w małej ilości, ale też 'na parze' z użyciem pary wodnej. Dobór techniki gotowania uzależniony jest od tego co się gotuje i jaki efekt chce się uzyskać. Jeśli składniki pokarmowe mają przeniknąć z produktu spożywczego do wody, to należy użyć jej dużej ilości i gotowanie prowadzić dość długo, ale delikatnie, czyli nie w stanie ciągłego wrzenia, aż do uzyskania odpowiedniego wywaru. Tak postępuje się w gotowaniu zup i rosółów. Do pozytywnych aspektów gotowania w dużej ilości wody zaliczyć należy także to, że w ten sposób następuje usuwanie zanieczyszczeń chemicznych, choć jednocześnie dochodzi do utraty składników odżywczych. Do zanieczyszczeń chemicznych w pokarmach należy zaliczyć: azotany  $\text{NO}_3^-$ , azotyny  $\text{NO}_2^-$ , jony ołowiu i kadmu.

Gotowanie w niewielkiej ilości wody, poprzez umieszczenie żywności we wrzątku na krótki czas, pozwala natomiast na zachowanie składników pokarmowych w gotowanym produkcie, co jest szczególnie istotne w przypadku przyrządzania warzyw.

Stosunkowo niska, w porównaniu z innymi technikami obróbki żywności, temperatura gotowania sprawia, że w potrawie nie powstają szkodliwe dla zdrowia produkty rozkładu składników pokarmowych. W czasie jego trwania następuje ścinanie się białek zawartych żywności, czyli następuje denaturacja – trwała zmiana struktury białek. Gdy w danym produkcie spożywczym obecna jest skrobią, ulega ona 'rozklejaniu się', co wpływa na polepszenie przy-



Rysunek 6. Gotowanie marchwi z dodatkiem oleju

swajalności żywności przez układ pokarmowy człowieka. Ważne jest też wkładanie warzyw do wrzącej wody i jak najszybsze doprowadzanie do wrzenia.

Jednak to gotowanie na parze (w specjalnie ukształtowanym garnku) umożliwia zachowanie maksymalnej ilości składników odżywczych w potrawie. W czasie ogrzewania produktu jego wnętrze ma niższą temperaturę niż powierzchnia, co przeciwdziała nadmiernej utracie cennych przeciwutleniaczy i witamin. W trakcie tradycyjnego gotowania straty tych związków będą znacznie większe. Istotny jest też możliwie krótki czas obróbki termicznej. Poza utratą składników odżywczych następuje też zmiana we właściwościach wizualno-smakowych. Najlepiej jest to widoczne w przypadku zielonych warzyw, które gotowane krótko nabierają apetycznego jasnozielonego koloru, są aromatyczne i nieco chrupiące, natomiast gotowane zbyt długo stają się brązowego koloru i rozmięknie, co zdecydowanie zmniejsza chęć ich zjedzenia. Gotowanie na parze jest polecane osobom przebywającym na dietach, źle tolerującym dania ciężkostrawne i mającym wrażliwy układ pokarmowy.

Gdy gotuje się zupy warzywne bez użycia wywaru mięsnego, to warto dodać 2-3 łyżki oleju czy też oliwy, tak



Rysunek 7. Ryż na mleku z owocami

by umożliwić witaminom np. A i D oraz innym cennym składnikom dobrze rozpuszczalnym w tłuszczach np. likopenowi i karotenoidom migrację właśnie do tej warstwy (Rys. 6).

Gotowanie produktów zbożowych, takich jak makarony, różne kasze i odmiany ryżu prowadzi do zmniejszenia zawartości włókna pokarmowego w tych produktach. W przypadku makaronów ziarna skrobi pęcznieją, przez co makaron zwiększa swoją objętość, a zarazem proces ten nadaje mu sprężystości. Gotowanie na mleku kaszy manny czy ryżu (Rys. 7) oraz wszelkich płatków zbożowych np. owsianych, jęczmiennych, orkiszowych, powoduje natomiast powolne gęstnienie, co związane jest z wydzielaniem się skrobi.

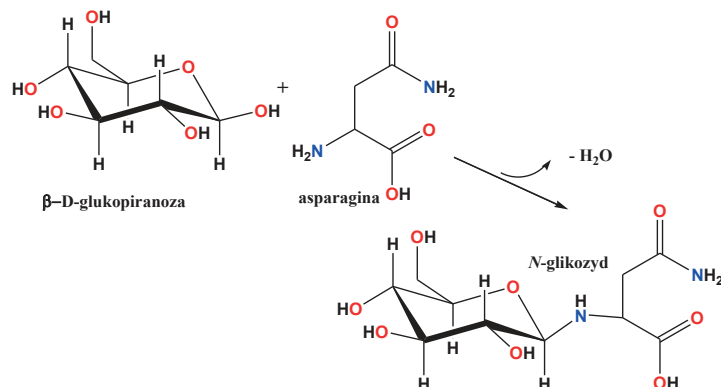
## Pieczenie

Pieczenie ma zastosowanie do wielu dań kulinarnych. Ta technika obróbki żywności stosuje się do **różnych rodzajów mięsa** np. drobiu, dziczyzny, a także do ryb, ciast, sufletów, ziemniaków, warzyw i owoców. Rozróżnia się dwa rodzaje pieczenia: **na sucho do ciast, warzyw i owoców** oraz **pieczenie z nawilżeniem do mięs i ryb**. Jest ono procesem polegającym na ogrzewaniu produktów spożywczych gorącym powietrzem, suchym lub nawilżonym w temperaturze 170 – 250°C trwającym od kilkadziesiąt minut do kilku godzin.

## Pieczenie chleba, ciast, zapiekanek makaronowych i na cieście oraz pizzy

Proces wypieku chleba jest wieloetapowy. Po umieszczeniu w piecu surowy bochen chleba, rozgrzewany do coraz wyższej temperatury, podlega wielu procesom zachodzącym w poszczególnych zakresach temperatur. W 30-70°C zachodzi fermentacja mleczanowa i octowa, czego efektem jest kwaśny smak chleba. Na tym etapie zaczyna też powstawać CO<sub>2</sub>, który spulchnia bochen. W temperaturze 50°C giną mikroby, jednak ich enzymy nadal działają.

Następnie w zakresie 70-100°C zachodzi denaturacja glutenu, pęcznienie ziaren skrobi, powstawanie cukrów prostych i dekstryn ze skrobi, co następuje z udziałem amylaz, na tym też etapie zachodzi początkowe odparowywanie wody z bochna. Z kolei w 100-140°C dochodzi do termicznego rozpadu skrobi na krótkie fragmenty cukrowe i glukozę, a poza tym następuje też rozpad peptydów na



Rysunek 8. Schemat reakcji Maillarda

aminokwasy. Zachodzi też reakcja Maillarda (Rys. 8) oraz karmelizacja skrobi, a także powstawanie związków zapachowych, takich jak furfural oraz inne aldehydy, ketony, kwasy i aminy.

Reakcja Maillarda zachodzi pomiędzy substancjami białkowymi i cukrami redukującymi, a dokładniej pomiędzy grupą karbonylową węglowodanu i grupą aminową aminokwasu z wydzieleniem wody i z wytworzeniem N-glikozydów, hydroksymetylofurfurali i innych związków nienasyconych. Na Rys. 8 zaprezentowano schemat reakcji Maillarda z użyciem węglowodanu glukozy i aminokwasu asparaginy, który to w dalszych etapach może ulec konwersji do akrylamidu. Poza procesem wypieku chleba reakcja Maillarda zachodzi też w pieczonych ciastach, wypalanych ziarnach kawy, nadając produktom żółtobrązowy kolor i zaliczana jest do reakcji brązowienia nieenzymatycznego.

Kolejnym ważnym procesem jest zachodząca pod wpływem wysokiej temperatury 150-180°C karmelizacja



Rysunek 9. Pajda chleba upieczonego z burakiem i marchewką



Rysunek 10. Wygląd wypiekanych babeczek na początku (surowe ciasto), w trakcie (kształtowanie się chrupiącej powierzchni) i końcu procesu pieczenia



Rysunek 11. Wygląd różnych wypieków: tarta z truskawkami, pizza Margherita, ciasto filo z masą budyniową, pierniczki i ciastka korzenne.

sacharozy polegająca na odwodnieniu, rozpadzie do pochodnych furfuralu i reakcjach polimeryzacji. W praktyce proces ten ma zastosowanie do wyrobu karmelu, słoju do ciemnego piwa i w prażeniu kawy. Rys. 9 prezentuje chleb z dodatkiem buraka i marchwi. W ciągu kilku godzin oraz kolejnych dni po wypieku bochna chleba następuje samorzutne ponowne łączenie się krótkich fragmentów węglowodanowych w łańcuchy polisacharydowe, a jest to zjawisko charakterystyczne dla czerstwienia szeroko pojętego pieczywa.

Rumiana skórka czy też powierzchnia pieczywa i ciast jest efektem tych wielu złożonych reakcji zachodzących w czasie procesu pieczenia (Rys. 10 i 11).

Bardzo ważnym czynnikiem w pieczeniu ciast jest odpowiednio dobrana temperatura, aby zapobiec wytapianiu się tłuszczu, ale także zapewnić właściwy wzrost ciast kruchych czy ciast francuskich.

Pieczenie warzyw np. znajdujących się w tartach warzywnych, zapiekankach makaronowych czy też na pizzach, powoduje utratę witamin w wyniku zbyt wysokiej temperatury.

### Pieczenie mięs i ryb

Także w przypadku pieczenia mięsa oraz ryb zachodzi reakcja Maillarda oraz karmelizacja z wytworzeniem związków o odpowiedniej gamie zapachowo-smakowej wraz z rumianą skórką, będącą wynikiem odwodnienia powierzchni. Procesy te zachodzą jednak w mniejszym stopniu, gdyż w tych produktach spożywczych nie występuje tak dużo węglowodanów.

Także w procesie pieczenia w wysokiej temperaturze z naturalnych składników żywności (powyżej 100°C) następuje powstawanie akrylamidu (Rys. 4).

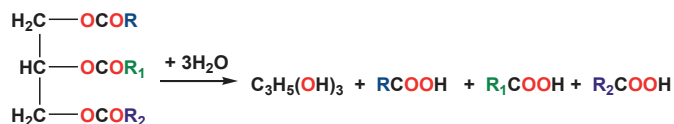
### Substancje antyodżywcze w produktach spożywczych

W roślinach występują związki chemiczne określane jako substancje antyodżywcze, które utrudniają lub też hamują przyswajanie przez organizm człowieka substancji odżywczych, gdy są spożywane surowe. Jednak proces gotowania powoduje ich częściowe lub całkowite usunięcie. W nasionach roślin strączkowych występują tak zwane

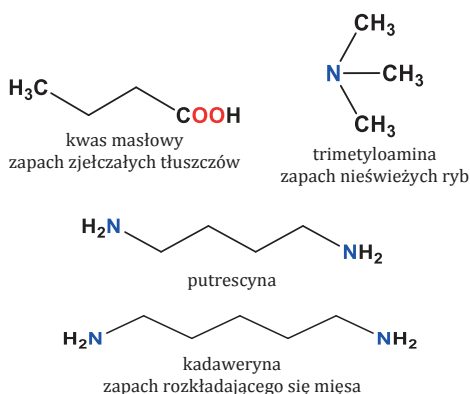
inhibitory trypsyny pogarszające ich strawność, których to aktywność zostaje zahamowana praktycznie całkowicie w procesie gotowania. W warzywach strączkowych obecne są też oligosacharydy, które po spożyciu rozkładają się w jelicie grubym stymulując wydzielanie gazów. Warzywa te po ugotowaniu stają się lepiej strawne, gdyż nawet 80% oligosacharydów ulega wówczas rozkładowi. Inną grupą związków występujących w warzywach z rodziny krzyżowych (kapustnych) są tioglikozydy o działaniu wolotwórczym i w celu ich usunięcia z potrawy należy ją gotować bez przykrycia. W surowych ziemniakach występują natomiast glikoalkaloidy, które w trakcie gotowania ulegają rozkładowi.

### Problem psucia się żywności

Obróbka termiczna powoduje przedłużenie czasu przydatności do spożycia surowych potraw, w szczególności mięs i ryb, które zwłaszcza w wyższych temperaturach otoczenia szybciej ulegają procesowi psucia, czego pierwszą oznaką jest pojawienie się charakterystycznego przykrego zapachu. Psucie się żywności jest związane z zachodzącymi w niej reakcjami rozkładu poszczególnych złożonych związków chemicznych np. lipidów i białek na związki prostsze. Proces psucia się lipidów określane jest mianem jęlczenia, które może zachodzić dwojako jako: jęlczenie hydrolityczne i jęlczenie oksydacyjne. Pierwsze z nich zachodzi w obecności wody i enzymów z mikroorganizmów i polega na powstawaniu glicerolu i wolnych wyższych kwasów tłuszczowych, a opisać ten proces można poniższym równaniem:



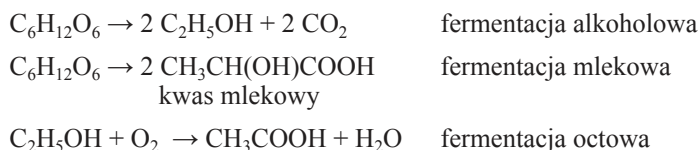
W konsekwencji zapach masła ulega zmianie, podobnie jak następuje pożądana zmiana zapachu niektórych serów dojrzewających. Natomiast jęlczenie oksydacyjne zachodzi przy dostępie tlenu, obecności czynników ułatwiających powstawanie rodników i braku przeciwutleniaczy. W wyniku tego procesu powstają wodoronadtlenki, które ulegają rozkładowi tworząc między innymi odpowiednie



Rys. 12. Składniki zapachowe psującej się żywności.

aldehidy nienasycone. Efektem są niepożądane zmiany zapachu oraz obniżenie wartości odżywczej produktu spożywczego, między innymi straty witaminy A i E. Rys. 12 przedstawia niektóre związki chemiczne powstające w psującej się żywności.

Produkty spożywcze o dużej zawartości cukrów w określonych warunkach np. podwyższonej temperaturze otoczenia ulegają fermentowaniu. Do cukrów fermentujących zaliczyć należy glukozę, sacharozę, maltozę i rafinozę, które podlegają procesowi fermentacji w obecności enzymów z drożdży. Rozkład cukrów może odbywać się jako fermentacja mlekowa i alkoholowa, a w szczególnych przypadkach też fermentacja octowa. Schematy poszczególnych typów fermentacji pokazują równania:



## Podsumowanie

Żywność poddana procesom grillowania, smażenia, duszenia, gotowania oraz pieczenia przede wszystkim ma

niepowtarzalne walory zapachowo-smakowe, specyficzne dla danego sposobu obróbki termicznej. Poza tym, mimo pewnych strat składników odżywczych w poszczególnych procesach obróbki termicznej, są one sposobem na przygotowanie ciepłego i smacznego dania.

Ponadto obróbka termiczna żywności spełnia wiele funkcji, gdyż zabezpiecza ją przynajmniej na pewien czas przed szybkim psuciem się surowych produktów. Przy planowaniu posiłków należy wziąć pod uwagę, który ze sposobów przygotowywania żywności jest najkorzystniejszy dla danej osoby, mając na uwadze względy zarówno smakowe jak i zdrowotne.

## Zadania

### Zadanie 1.

Benzo(a)piren  $C_{20}H_{12}$  ulegając całkowitemu uwodornieniu tworzy cykliczny węglowodór nasycony. Podaj jego wzór i określ, ile gramów powstanie, gdy tej reakcji ulegnie 25,2 g wyjściowego związku (przy założeniu 100% wydajności reakcji).

Odpowiedź:  $C_{20}H_{32}$ , 27,2 g

### Zadanie 2.

Pentacen ( $M = 278,4 \text{ g/mol}$ ) w wyniku reakcji całkowitego uwodornienia tworzy związek o sumarycznym wzorze  $C_{22}H_{36}$ . Zapisz jego wzór strukturalny i określ, jaką ilość substratu należy odważyć, by otrzymać 30 g (przy założeniu 100% wydajności reakcji).

Odpowiedź: 27,8 g pentacenu

### Zadanie 3.

Putrescyna  $C_4H_{12}N_2$  i kadaweryna  $C_5H_{14}N_2$  różnią się o grupę metylenową  $-CH_2-$ . Oblicz, ile gramów kadaweryny ( $M = 102,18 \text{ g/mol}$ ) należy odważyć, aby była równoważna 17,6 g putrescyny ( $M = 88,15 \text{ g/mol}$ ).

Odpowiedź: 20,4 g

Dr Joanna Kurek

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

## Literatura:

- [1] Mizerski W. Tablice chemiczne. Wydawnictwo Adamantan Warszawa 2003. Tablice chemiczne s. 263-265.
- [2] Kmiecik D., Korczak J., Tłuszcz smażalnicze – jakość, degradacja termiczna i ochrona. Nauka, Przyroda, Technologie, 2010, Tom 4, Zeszyt 2.
- [3] Szponar B., Skrzypek M., Krzyszycha R., Marzec A., 2018. Wpływ wybranych technik obróbki żywności stosowanych w technologii gastronomicznej na jej wartość odżywczą i bezpieczeństwo zdrowotne w kontekście epidemii niezakaźnych chorób przewlekłych. Probl. Hig. Epidemiol., 99, 4, 318-326.
- [4] Korzeniowska – Ginter R., Czarniecka-Skubina E., 2012. Wykorzystanie tłuszczów do przygotowania potraw smażonych w warunkach domowych. Bromat. Chem. Toksykol., 3, 1117-1122.
- [5] Korczak J., Kmiecik D., 2016. Technologia gastronomiczna. SGGW, 109-133.
- [6] Czarniecka – Skubina E., 2016. Technologia gastronomiczna. SGGW, 95-105.
- [7] Czarniecka – Skubina E., Technologia gastronomiczna. SGGW, 2016135-137.
- [8] Smolik E. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu.
- [9] Krelowska-Kulas M. Badanie jakości produktów spożywczych, PWE, Warszawa 1993.
- [10] <https://wsse.krakow.pl/page/wielopierścieniowe-węglowodory-aromatyczne-wwa-jako-szczegolna-grupa-zwiazkow-budowa-wlasciwosci-zagrozenia>
- [11] Dobarganes M.C., Formation of New Compounds During Frying - General Observations. Instituto de la Grasa (CSIC), Avda Padre Garcia Tejero 4, 41012 Seville, Spain. DOI: 10.21748/lipidlibrary.39209
- [12] Velasco, J., Marmesat, S. and Dobarganes, M.C. (ed. Sahin S., Sumnu G.) Chemistry of Frying. w: Deep Fat Frying of Foods, Taylor and Francis, USA, 2008, s. 33-56.
- [13] Firestone, D. (ed. Gupta M.K., Warner K., White P.J.) Regulatory requirements in the frying industry. w: Frying Technology and Practices. 2004, AOCS Press, USA.
- [14] Dobarganes, M.C., Márquez-Ruiz, G. and Pérez-Camino, M.C. Thermal stability and frying performance of genetically modified sunflower seed (*Helianthus annuus* L.) oils. J. Agric. Food Chem., 1993, 41, 678-681.
- [15] Frankel E.N. Lipid Oxidation. The Oily Press, Bridgwater, UK 2005.
- [16] Márquez-Ruiz, G. and Dobarganes, M.C. (ed. by A. Kamal-Eldin and J. Pokorny) Analysis of non-volatile lipid oxidation compounds by high-performance size-exclusion chromatography. w: Analysis of Lipid Oxidation. AOCS Press, USA, 2005. s. 40-69.
- [17] Dobarganes, M.C. and Márquez-Ruiz, G. (ed. by M.D. Erickson) Formation and analysis of oxidized monomeric, dimeric and higher oligomeric triglycerides. w: Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications., 2nd edition. AOCS Press, USA, 2006, s. 87-110.
- [18] Brzozowska A. (red.), Toksykologia żywności. Przewodnik do ćwiczeń, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2010.

# Potęga promieniowania, czyli czym jest spektroskopia?

Uważane są za jedne z najtrudniejszych technik badania związków chemicznych. Wielu studentom kierunków chemicznych spędzają w sesji sen z powiek, a uczniowie zazwyczaj niewiele o nich słyszeli. O czym mowa? O technikach spektroskopowych!

Anna-Maria Tryba

**W** tym artykule chciałabym przybliżyć metody badawcze wchodzące w skład spektroskopii, ze szczególnym uwzględnieniem spektroskopii IR oraz spektroskopii Ramana, uważanych za komplementarne metody badania związków chemicznych.

## Na początek, czym ogólnie jest spektroskopia?

Wg słownika PWN: Spektroskopia to „dział fizyki obejmujący zarówno badanie budowy i właściwości jąder atomowych, atomów, cząsteczek oraz złożonych z nich układów makroskopowych, jak i badanie ich wzajemnych oddziaływań — na podstawie rozkładu natężenia (tzw. widma) promieniowania elektromagnetycznego pochłanianego, wysyłanego lub rozpraszanego przez te obiekty i rejestrowanego w zależności od długości fali lub częstotliwości promieniowania”.

Spektroskopia obejmuje zatem wszystkie metody badawcze, w tym – techniki analityczne, które analizują oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią. Oddziaływania te powodują zmianę jej energii wewnętrznej zgodnie z zasadą zachowania energii.

## Historia spektroskopii

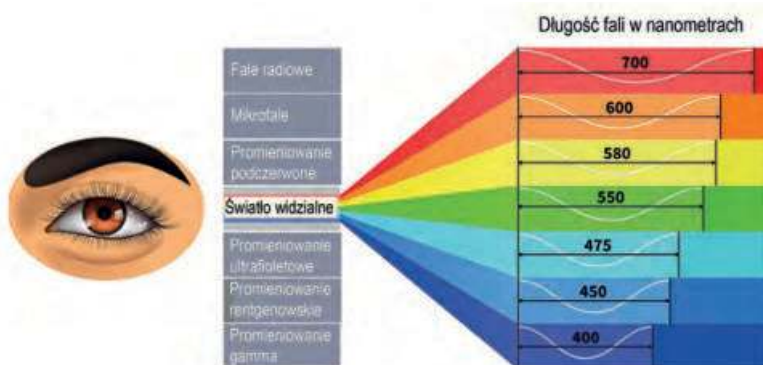
Rozszczepienia i badania widma światła słonecznego (kolorów tęczy na tle szerszego zakresu widma promieniowania elektromagnetycznego, Rys. 1) dokonał w roku 1802 brytyjski uczyony William Wollaston. Zastosował w tym celu szczelinę oraz pryzmat i w wyniku badania zauważył czarne prążki przecinające tęczę. W roku 1814 niemiecki astronom i fizyk Joseph von Fraunhofer dobudował do szczeliny i pryzmatu teleskop i skonstruował przyrząd, nazwany spektrometrem, a czarne prążki w widmie światła słonecznego nazywane są dziś liniami Fraunhofera. Budowa pierwszych spektroskopów wiązała się zatem ściśle z odkryciem linii widmowych emisyjnych i absorpcyjnych, dokonanych przez J. Fraunhofera, w okresie między 1813 a 1815 rokiem.

Spektroskopię jako metodę systematycznego badania materii opracowali kolejni niemieccy naukowcy – Robert

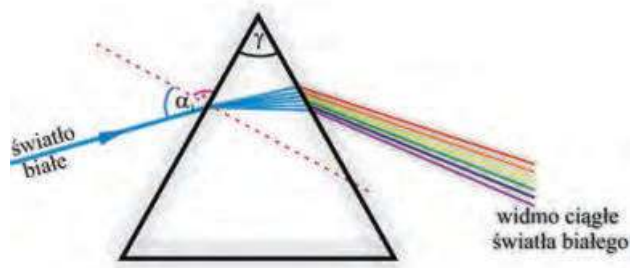
Wilhelm Bunsen (tak, to ten od palnika Bunsena) oraz Gustaw Rober Kirchhoff. Historia ich prac rozpoczyna się w roku 1851, kiedy to Bunsen poznał na Uniwersytecie Wrocławskim Kirchhoffa, który objął tam stanowisko profesora fizyki. Bunsen po roku przeniósł się do Heidelbergu, gdzie objął katedrę chemii, a gdy w 1854 pojawiło się miejsce w katedrze fizyki, zatrudniono tam Kirchhoffa. Przez kilka miesięcy obaj uczeni prowadzili wspólne badania widm substancji wzbudzanych w płomieniu palnika Bunsena. Badania te znakomicie wpisały się w ówczesny stan wiedzy, gdy pojawiały się głosy uczonych sugerujących wyczerpanie się możliwości dotychczas stosowanych chemicznych metod analitycznych.

Swoj pierwszy spektroskop Bunsen i Kirchhoff skonstruowali z elementów dostępnych w laboratorium, wykorzystując lunetki i pryzmat wykonane przez monachijskiego konstruktora Carla Augusta von Steinheila. Prawdopodobnie w skład pierwszego spektroskopu wchodziło też pudełko po cygarach Bunsena, który był ich wielkim miłośnikiem. Pudełko to służyło jako osłona pryzmatu cieczowego, do której przymocowano pod stałym kątem lunetki – kolimacyjną i obserwacyjną.

Nie wchodząc w tym miejscu w szczegóły działania tego przyrządu, można dodać, że światło padające przez odpowiednio spreparowaną szczelinę na pryzmat ulega podwójnemu załamaniu i rozłożeniu na liczne „frakcje” charakteryzujące się zróżnicowaną długością fali (Rys. 2).



Rys. 1. Zakres barw promieniowania widzialnego z obszarami niewidzialnych dla oka ludzkiego pozostałych rodzajów promieniowania elektromagnetycznego



Rys. 2. Rozszczepienie światła białego przez pryzmat.

które, bezpośrednio lub pośrednio, nie byłyby związane z zastosowaniem spektroskopii. Wystarczy wspomnieć stworzenie podstaw mechaniki kwantowej w pierwszych dwóch dekadach ubiegłego stulecia, w którym istotną rolę odegrała interpretacja serii widmowych wzbudzonego atomu wodoru (kwantowa teoria widm emisyjnych i absorpcyjnych N. Bohra z 1913 r.).

### Rodzaje technik spektroskopowych

Wykorzystując różne rodzaje promieniowania i różne szczegółowe sposoby jego oddziaływania z badaną próbką stworzono rozmaite techniki spektroskopowe, którymi obecnie posługują się naukowcy. Stwarzają one możliwość uzyskania różnorodnych informacji o badanej substancji – od jej składu atomowego, poprzez budowę chemiczną, aż po strukturę jej powierzchni (Rys. 5).

Metody spektroskopowe można podzielić także ze względu na sposób oddziaływania promieniowania z badanym ciałem – wyróżniamy wtedy metody inwazyjne i nieinwazyjne:

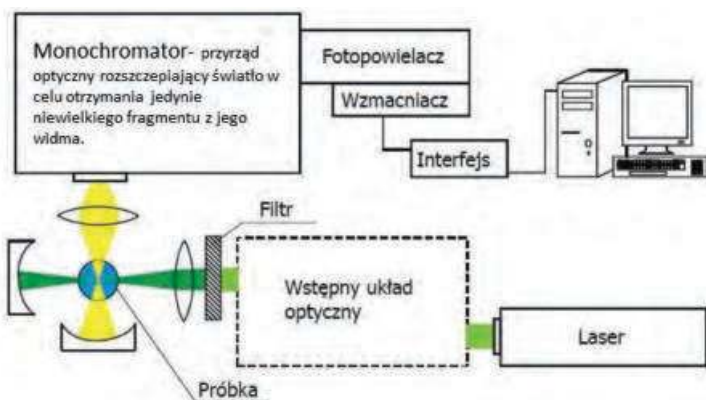
Spektroskopia inwazyjna polega na badaniu widm powstających na skutek niszczenia struktury analizowanej substancji przez przechodzące przez nią promieniowanie. Można w ten sposób badać zarówno widma promieniowania powodującego niszczenie po jego przejściu przez substancję, jak i widma produktów rozpadu, co jest istotą spektrometrii mas.

Do nieinwazyjnych technik spektroskopowych zaliczamy natomiast:

- spektroskopię absorpcyjną, która polega na analizie widma pozostającego po przejściu promieniowania przez warstwę badanej substancji.
- spektroskopię emisyjną, w której badane jest widmo emitowane przez badaną substancję po poddaniu jej działaniu określonego bodźca fizycznego (np. podgrzaniu) lub widmo emitowane spontanicznie.
- spektroskopię odbiciową, w której ramach badane są widma, powstałe w wyniku odbicia promieniowania od powierzchni analizowanej substancji.
- spektroskopię rozproszeniową, będącą odmianą spektroskopii odbiciowej, a polegającą na badaniu widma



Rys. 3. Ogólna zasada pomiaru spektroskopowego.

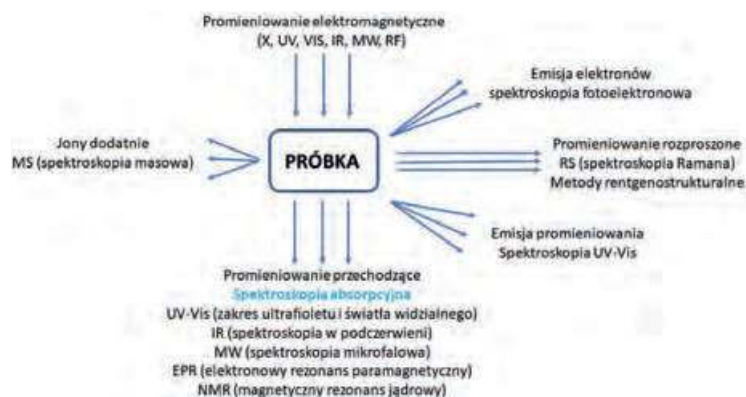


Rys. 4. Schemat typowego zestawu do pomiaru spektroskopowego metodą Ramana; źródło: ([http://mitr.p.lodz.pl/raman/brozek/pliki/zajecia/NANONAUKA\\_2014/SPEKTROSKOPIA%20RAMANA.pdf](http://mitr.p.lodz.pl/raman/brozek/pliki/zajecia/NANONAUKA_2014/SPEKTROSKOPIA%20RAMANA.pdf))

Po wyjściu z pryzmatu tak rozszczepione światło można badać przy pomocy odpowiednich urządzeń pomiarowych (Rys. 3, 4).

W wyniku wielu przeprowadzonych eksperymentów Bunsen i Kirchhoff pokazali, jak praktycznie użyteczne może być wykorzystanie widma liniowego do analizy rozmaitych związków chemicznych. Każdy z pierwiastków chemicznych ma bowiem, niczym odcisk palca, charakterystyczny dla siebie zestaw linii widmowych, co ma ogromne znaczenie poznawcze i praktyczne. Co więcej, dzięki spektroskopowi można było badać nie tylko światło otrzymywane z różnych źródeł w laboratorium, lecz także światło dochodzące do nas z dalekich obiektów kosmicznych, takich jak planety, Słońce czy inne gwiazdy, co było już przedmiotem badań Fraunhofera.

Znacznego przyspieszenia historia spektroskopii nabrała w XX wieku, ze względu na możliwości konstruowania coraz doskonalszych spektroskopów. Trudno dziś wymienić znaczące osiągnięcia fizyki, astronomii czy chemii,



Rys. 5. Różne rodzaje metod spektroskopowych.

powstałego w wyniku rozpraszania promieniowania przechodzącego przez gazowe lub cieczowe zawiesiny analizowanej substancji.

## Spektroskopia w podczerwieni i spektroskopia Ramana

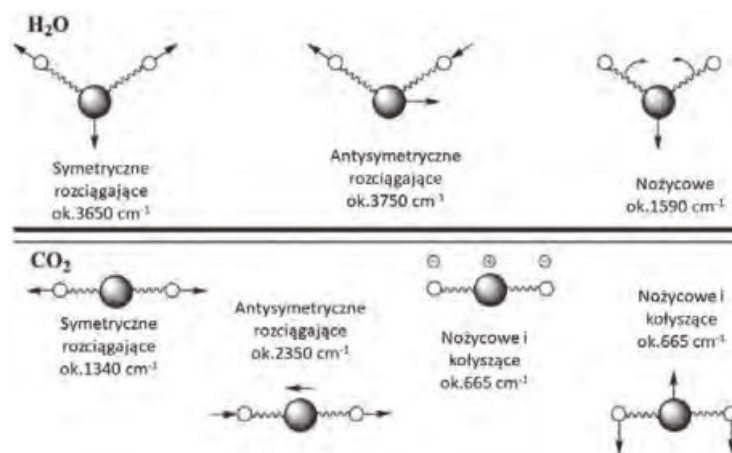
Jak widać z powyższej krótkiej charakterystyki, spektroskopia to potężna dziedzina badań fizykochemicznych. W dzisiejszym artykule szerzej zajmę się jednak tylko spektroskopią w podczerwieni (IR) oraz spektroskopią Ramana jako technikami komplementarnymi, ale zarazem wykazującymi spore różnice. Na czym te różnice polegają?

Zacznijmy od **spektroskopii IR**. Promieniowanie o długości fali 2–50  $\mu\text{m}$  nazywamy promieniowaniem podczerwonym. Absorpcja promieniowania z tego zakresu przez cząsteczki jest selektywna i stanowi przedmiot badań spektroskopii oscylacyjnej, czyli dostarczającej informacji o drganiach atomów w cząsteczkach.

Za odkrywcę promieniowania IR uważa się Sir Fredericka Williama Herschela, który w 1800 r. stwierdził, iż istnieje promieniowanie poza obszarem widzialnym. Sir William Herschel był muzykiem, a także królewskim astronomem angielskiego króla Jerzego III i wstąpił się między innymi odkryciem planety Uran. Promieniowanie podczerwone odkrył przypadkiem. Herschel szukał rozwiązań pozwalających na bezpieczną obserwację Słońca – materiałów optycznych skutecznie tłumiących ciepło słoneczne. Testując różne rodzaje szkła zauważył, że próbki o różnych kolorach, które tłumiły światło w podobnym stopniu, bardzo różniły się, jeśli chodzi o przepuszczanie ciepła. W związku z tym postanowił podejść do tej kwestii bardziej systematycznie i zbadać „ilość ciepła” zawartego w poszczególnych barwach promieniowania słonecznego. W tym celu użył szklanego pryzmatu do rozszczepienia promieniowania słonecznego oraz termometrów rtęciowych w celu pomiaru „ciepła” poszczególnych barw widma słonecznego.

Pierwszą jego obserwacją było to, że wraz z ze zmianą barwy widma od fioletu do czerwieni wskazania termometrów równomiernie wzrastały. Nie było to jednak całkiem nowe odkrycie, gdyż już w 1777 roku włoski badacz Marsilio Landriani uzyskał podobne wyniki. Jednak to Herschel jako pierwszy postanowił zlokalizować położenie w widmie światła, w którym te wskazania będą największe. Okazało się, że maksimum znajdowało się daleko poza „czerwoną” granicą światła widzialnego. Herschel nazwał ten obszar promieniowania „widmem termometrycznym”. Określenie podczerwień” pojawiło się w literaturze fachowej dopiero 75 lat później. Eksperyment Herschela był ważny nie tylko dlatego, że doprowadził do odkrycia promieniowania IR, ale również dlatego, że po raz pierwszy zauważono istnienie zakresu promieniowania elektromagnetycznego niewidzialnego dla ludzkiego oka.

Obecnie w klasycznych spektrometrach, widma IR otrzymuje się badając absorpcję promieniowania podczerwonego dla określonej, monochromatycznej (o jednej długości fali) wiązki promieniowania oraz mierzy się zmiany absorbancji



Rys. 6. Rodzaje drgań nieliniowych ( $\text{H}_2\text{O}$ ) i liniowych ( $\text{CO}_2$ ) cząsteczek trójatomowych.

w funkcji zmieniającej się długości fali tego promieniowania, modyfikowanej za pomocą elementu dyspersyjnego (pryzmatu lub siatki dyfrakcyjnej). Miarą stopnia absorpcji promieniowania może być intensywność wiązki po przejściu przez próbkę – transmitancja ( $T$ ) lub absorbancja ( $A$ ). Absorpcja promieniowania podczerwonego powoduje m.in. zmiany energii oscylacyjnej i może nastąpić wówczas, gdy częstość drgań promieniowania podczerwonego pokrywa się z częstością drgań własnych atomów bądź ich ugrupowań. Molekuły wirują wokół własnej osi i jednocześnie ich atomy oscylują wokół położen równowagi.

Absorpcja promieniowania podczerwonego powoduje zmiany zarówno energii rotacyjnej jak i oscylacyjnej cząsteczki. Podstawę analizy stanowi fakt, że cząsteczki lub ugrupowania koordynacyjne wykazują pewne drgania charakterystyczne (tzw. drgania normalne), które można przypisać do określonych wiązań lub grup funkcyjnych. Ze względu na charakterystyczne położenia pasm widmo IR umożliwia ustalenie, jakie grupy funkcyjne występują w analizowanym materiale. W podczerwieni aktywne są te drgania, dla których następują zmiany elektrycznego momentu dipolowego. Wobec tego w widmach IR intensywne są pasma pochodzące od drgań grup polarnych np. OH, NH,  $>\text{C}=\text{O}$ .

Rys. 6 przedstawia rodzaje drgań występujących w cząsteczkach: wody i dwutlenku węgla.

Odmianą spektroskopii w podczerwieni jest spektroskopia FTIR (*Fourier Transform Infrared*) polegająca na jednoczesnym oświetleniu próbki wiązką promieniowania z całego badanego zakresu IR. Po przejściu tej wiązki przez próbkę doprowadza się do interferencji z wiązką z tego samego źródła, która nie przeszła przez próbkę, a końcowe widmo otrzymuje się stosując transformację Fouriera zarejestrowanego widma interferencyjnego. Wymaga to oczywiście stosowania aparatury z oprogramowaniem, które wykonuje tę operację matematyczną. Interferogram powstaje zatem z interferencji dwóch wiązek, które dzięki zmieniającej się w czasie różnicy dróg optycznych docierają do detektora przesunięte w fazie. Tak uzyskana zależność natężenia promieniowania od różnicy dróg optycznych wiązek promieniowania zostaje przekształcona dzięki

analizie fourierowskiej wykonanej przez oprogramowanie komputera w widmo, czyli w wykres zależności absorbancji od długości fali.

**Spektroskopia Ramana** wykorzystuje natomiast zjawisko rozproszenia promieniowania elektromagnetycznego, związane ze zmianą energii rozpraszanych fotonów. Rozpraszanie światła to zjawisko oddziaływania światła z materią, w wyniku którego następuje zmiana kierunku jego rozchodzenia się. Pomijając tutaj efekty odbicia i załamania, rozróżnia się rozpraszanie światła:

- sprężyste (Rayleigha) – podczas rozpraszania nie następuje zmiana energii (częstotliwości) światła
- niesprężyste – podczas rozpraszania zmienia się energia (częstotliwość) światła i to zjawisko jest podstawą spektroskopii Ramana.

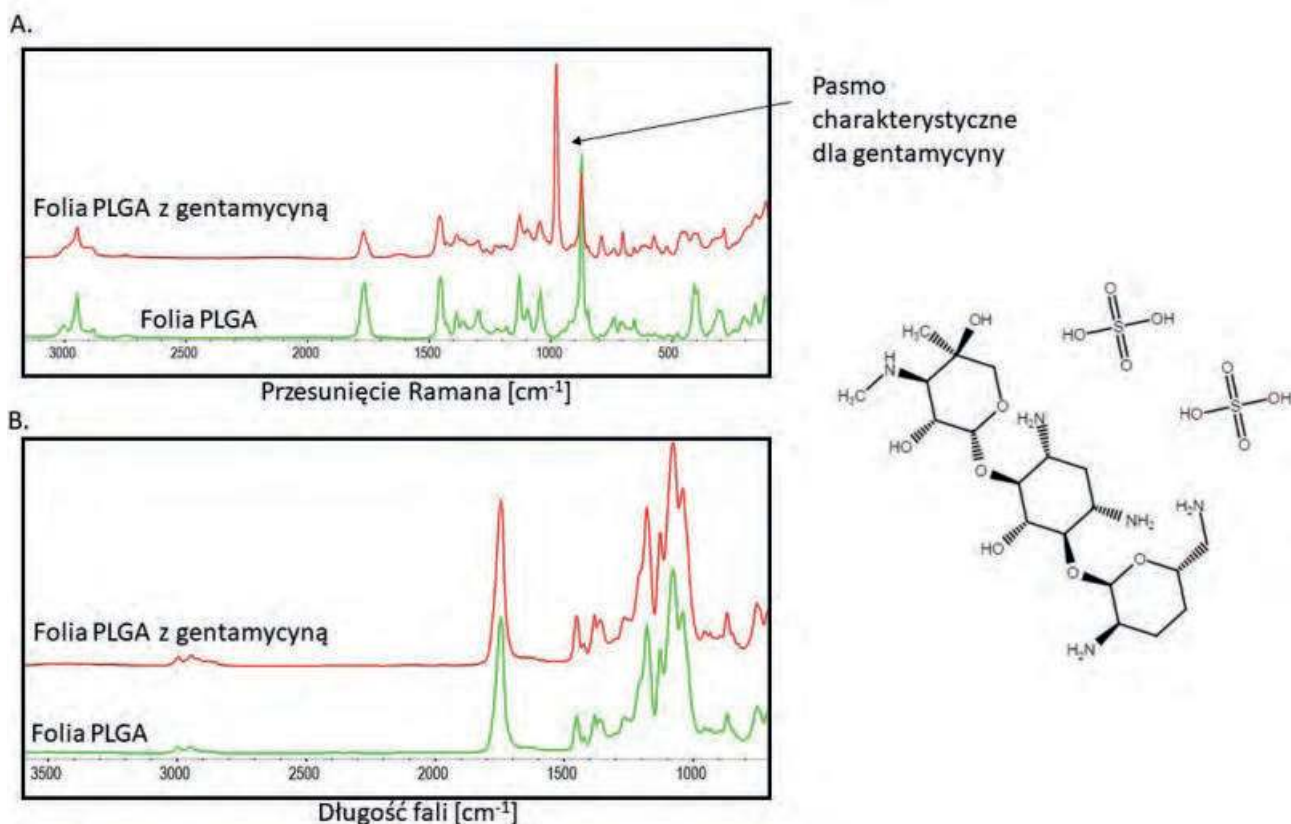
Każda substancja chemiczna na swój charakterystyczny sposób rozprasza promieniowanie świetlne. Efekt rozpraszania światła przez substancje został zaobserwowany po raz pierwszy w roku 1928 przez Sir C. V. Ramana, indyjskiego fizyka, który otrzymał Nagrodę Nobla w tej dziedzinie w 1930 roku.

Źródłem promieniowania w spektroskopii Ramana są lasery emitujące promieniowanie o długościach fal z zakresu od ultrafioletu, poprzez widzialny, aż do podczerwieni. Wspomniana zmiana energii rozpraszanych fotonów zawiera informację o oscylacyjnych poziomach energetycznych badanej substancji. W spektroskopii Ramana otrzymuje się widma zawierające pasma oscylacyj-

ne odpowiadające drganiom normalnym (czyli drganiom własnym) cząsteczek. Są one wykorzystywane w analizie chemicznej, podobnie jak widma oscylacyjne w podczerwieni. Jednakże o intensywności pasm ramanowskich decyduje zmiana polaryzowalności podczas drgania normalnego, a nie zmiana elektrycznego momentu dipolowego, jak dla pasm w podczerwieni. Tak więc dzięki temu, że w spektroskopii Ramana aktywne są te drgania, dla których następuje zmiana polaryzowalności wiązania, w widmach ramanowskich intensywne są pasma drgań niepolarnych, homojądrowych ugrupowań np. C=C, N-N, S-S.

Jednym z największych ograniczeń techniki Ramana jest fluorescencja. Zjawisko to jest naturalnym efektem towarzyszącym materiałom podczas naświetlania. Emitowane światło jest odbierane przez detektory jako zakłócenie sygnału Ramana. Wysoką fluorescencją wykazują zazwyczaj substancje o silnym jaskrawym zabarwieniu (zielone, niebieskie) oraz substancje pochodzenia biologicznego, takie jak białka czy skrobia. Zjawisko fluorescencji to efekt, którego nie da się wyeliminować, ale są sposoby pozwalające na zmniejszenie jego wpływu na wynik badania metodą Ramana. Zastosowanie laserów o długościach fal 785 lub 1064 nm pozwala na zmniejszenie tego efektu i analizowanie materiałów o nawet dość silnej fluorescencji.

Metoda spektroskopii Ramana może być użyta do badania związków w różnych stanach skupienia: w postaci ciał stałych, past, cieczy, a także gazów. W przeciwieństwie do metody spektroskopii w podczerwieni, który



Rys. 7. Zestawienie widm Ramana (A) i widm FTIR (B) dla folii polimerowej (linia zielona) i folii domieszkowanej antybiotykiem gentamycyną (linia czerwona).

to zakres promieniowania jest silnie absorbowany przez wodę i szkło, spektroskopię Ramana można zastosować do badań roztworów wodnych oraz stosować do pomiarów naczyń szklane. Ogromną jej zaletą jest także nieniszczący charakter analizy próbki. W praktyce spektroskopii Ramana służy do identyfikacji substancji chemicznych, w tym m.in. materiałów dowodowych, narkotyków, substancji wybuchowych, leków, minerałów, polimerów, substancji nieorganicznych. Proces przygotowania próbki jest w tej technice wyeliminowany bądź ograniczony do minimum.

Za praktyczny przykład komplementarności obu technik spektroskopowych mogą nam posłużyć widma zestawione na rysunku 7.

Na rysunku 7-A widzimy widma pochodzące ze spektroskopii Ramana dla folii polimerowej PLGA (polilaktyd glikolidowy) oraz dla tej folii, ale domieszkowanej małą ilością antybiotyku gentamycyny. Takie samo zestawienie widm mamy na rysunku B, ale dla spektroskopii FTIR. Jak łatwo można zauważyć dane widma w spektroskopii FTIR nie różnią się znacząco od siebie, a na pewno nie widać na nich pasma charakterystycznego dla antybiotyku. Za to na widmie ramanowskim pasmo to jest bardzo wyraźnie widoczne. W tym przypadku może to być spowodowane prawdopodobnie tym, że spektroskopii Ramana jest techniką czulszą, a ilość gentamycyny wynosiła 1% w stosunku do całości próbki.

## Podsumowanie

Z powyższego krótkiego omówienia wynika, że spektroskopie w podczerwieni i Ramana są metodami komplementarnymi. Ze względu na różne reguły wyboru mogą istnieć drgania aktywne w widmie IR, a nieaktywne w widmie Ramana i odwrotnie (reguła wykluczania). Sytuacja, kiedy drgania są aktywne w IR występuje dla cząsteczek mających środek symetrii. Najczęściej jednak można zarejestrować zarówno pasma ramanowskie, jak i pasma IR tych samych grup funkcyjnych. Różnią się one jednak, często znacznie, intensywnością. Położenia pasm w widmach zarejestrowanych tymi dwiema metodami spektroskopii oscylacyjnej są natomiast zasadniczo takie same. Zastosowanie zarówno spektroskopii w podczerwieni, jak i ramanowskiej, zależy w dużej mierze od czułości aparatury używanej do rejestracji widm.

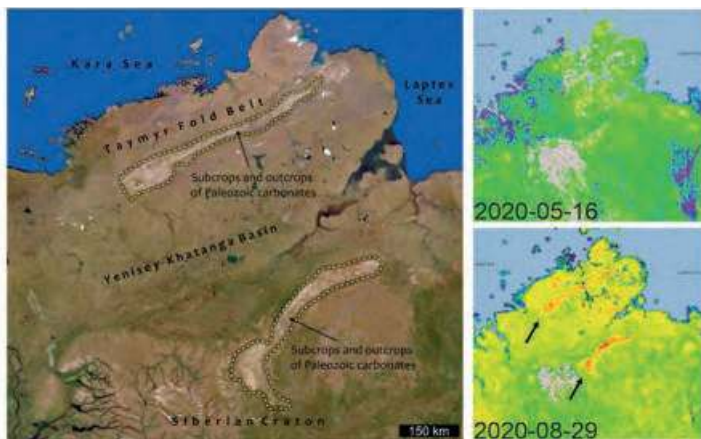
Mgr inż. Anna-Maria Tryba

Doktorantka Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH

## Bibliografia:

- [1] Spektroskopia Ramana: nowoczesna technika w diagnostyce medycznej i analizie biochemicznej- Paulina Nykiel, Medical University of Warsaw
- [2] <http://mitr.p.lodz.pl/raman/wiki-4.pdf>
- [3] Techniki stosowane do identyfikacji związków organicznych – Alicja Skrzypek, Joanna Matysiak
- [4] Porównanie technik spektroskopii FTIR stosowanych do identyfikacji materiału biologicznego- Monika Mularczyk-Oliwa, Mirosław Kwaśny, Maksymilian Włodarski, Miron Kaliszewski
- [5] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Spektroskopia>

## Niebezpieczny metan z Syberii i dna oceanów



### Metan zarówno z syberyjskiej zmarzliny, jak i dna oceanów może znacząco wpływać na ziemski klimat.

Po falach gorąca, w ubiegłym roku wapienie na Syberii najprawdopodobniej uwolniły do atmosfery znaczące ilości metanu. To cieplarniany gaz działający dużo silniej niż dwutlenek węgla.

Dotychczasowe prognozy wykazywały, że gazy cieplarniane pochodzące z topnienia wiecznej zmarzliny do 2100 roku przyczynią się „jedynie” o około 0,20°C do globalnego ocieplenia. To założenie będzie musiało być teraz zweryfikowane. Przesłanki ku temu dają badania przeprowadzone przez prof. Jarosława Majkę z AGH w Krakowie, prof. Nikolausa Froitzheima z Uniwersytetu w Bonn oraz dr. Dmitrija Zastrozhnova z Rosyjskiego Geologicznego Instytutu Badawczego z Sankt Petersburga.

Naukowcy ci ustalili, że po fali upałów w 2020 r. wzrosła koncentracja metanu atmosferycznego na Syberii. Geolodzy porównali przestrzenny i czasowy rozkład koncentracji metanu atmosferycznego w północnej Syberii z mapami geologicznymi. Jak dowodzą, koncentracje metanu atmosferycznego po zesłorocznej fali upałów wskazują, że zwiększona emisja gazów pochodziła z formacji wapiennych.

Wyniki badania opublikowano w czasopiśmie „Proceedings of the National Academy of Sciences” (PNAS). Wnioski z badań nasuwają kolejne pytania, m.in. dotyczącego tego, jakie skutki dla klimatu na świecie będzie miała fala upałów na Syberii z zeszłego roku.

**Podobne zjawisko uwalniania się gazów zaobserwowano w hydratách metanu leżących na dnie oceanów. Ich pokłady mogą być grube na setki metrów i ciągnąć się na dziesiątki kilometrów. Są one możliwą alternatywą dla konwencjonalnych źródeł węglowodorów, ale i potencjalnym zagrożeniem dla klimatu – twierdzi geolog z PAN, dr hab. Maciej Bojanowski.**

Hydraty metanu to związki, które składają się z wody w stanie stałym i gazowego metanu, niejako „uwięzionego w klatkach” wśród tej krystalicznej struktury. Tworzą one formy przypominające lód. Spotkać je można głównie na dnie oceanów (najczęściej wzdłuż krawędzi kontynentów), ponieważ ich powstawaniu sprzyja niska temperatura i wysokie ciśnienie.

„Gaz ten w hydratách jest jakby stłoczony, skompresowany. Po rozłożeniu się jeden metr sześcienny hydratu daje bowiem ponad 180 metrów sześciennych metanu. Dlatego też z jednej strony jest to łakomy kęs dla przemysłu jako potencjalne źródło energii, ale z drugiej – przy niekontrolowanym rozkładzie – może znacząco przyczynić się do efektu cieplarnianego” – tłumaczył Bojanowski.

PAP – Nauka w Polsce

# Jak walczyć z maturalnym stresem?

**Stres towarzyszy każdemu człowiekowi i jest zjawiskiem naturalnym. Sztuką jest umiejętność zapanowania nad nim, w czasie ważnego wydarzenia w życiu jakim bez wątpienia jest egzamin dojrzałości.**

Agnieszka Czub-Czech  
Kamil Czech

**N**admiar stresu może doprowadzić do przemęczenia, podenerwowania oraz wytrącenia z równowagi. Kiedy zrozumiesz pojawienie się sytuacji stresowej oraz jak działa ona w Twoim mózgu, nauczysz się ją ośwoić w jakimś stopniu, a to już pozwoli Ci na spokojniejsze, bardziej skoncentrowane i pozytywne funkcjonowanie.

## Jak funkcjonujesz w stresie?

Kiedy jesteś zestresowany, Twoje ciało jest napięte, czujesz napływające fale strachu rozprzyskujące się w okolicy klatki piersiowej oraz brzucha, jesteś wytrącony z równowagi, serce zaczyna mocniej bić a oddech staje się płytszy. Może myślisz, że jest z Tobą coś nie tak, dlaczego Tobie się to przytrafiło. Jest to naturalna reakcja, która – zaprogramowana w naszym mózgu od tysięcy lat – pomagała ludziom przetrwać w czasach, gdy zagrażał im głód oraz grasujące drapieżne zwierzęta.

## Geneza powstawania stresu w mózgu

Do struktur mózgowych odpowiadających za sytuacje stresową i funkcję jaką pełnią należą:

**CIAŁO MIGDAŁOWATE** – jest to ośrodek alarmowy mózgu w kształcie migdała (ok. 13 mm) zajmujący jego centrum, którego zadaniem jest zbieranie bezpośredniej informacji od narządów zmysłów na temat zagrożenia. Następnie informacje o przygotowaniu organizmu do od-

powiedniej reakcji są przekazywane do podwzgórza. Ciało i umysł zostają wprowadzone w stan najwyższej gotowości.

**PODWZGÓRZE** – koordynuje oraz inicjuje uwalnianie hormonów stresu w celu przygotowania organizmu do walki lub ucieczki – jest to **menadżer kierujący operacjami mózgu**.

**HIPOKAMP** – niewielka struktura w kształcie konika morskiego, która gromadzi i przywołuje świadome wspomnienia dotyczące aktualnej sytuacji i wcześniejszych stresorów, z którymi miałeś do czynienia. Pozwala uczyć się minionych doświadczeń i przewidywać, co może się wydarzyć. To **biograf twojego mózgu**.

**KORA PRZEDCZOŁOWA** – ten obszar mózgu działa jako sojusznik w radzeniu sobie ze stresem. Kojarzy ze sobą informacje pochodzące z ciała migdałowatego i hipokampu w celu stworzenia przemyślanej i umotywowanej reakcji na stres. Pozwala rozwiązywać skomplikowane problemy, panować nad impulsywnym zachowaniem oraz uspokoić intensywne emocje. Pomaga uczyć się do egzaminów lub przypominać o terminowości wykonania danego zadania. Kora przedczołowa jest **dyrektorem generalnym mózgu**, komunikuje się z ciałem migdałowatym i podwzgórzem, aby pomóc w regulowaniu Twojej reakcji emocjonalnej na stres.

## Jak zminimalizować stres?

Życie w ciągłym zdenerwowaniu i lęku pogłębia stres i pozbawia organizm możliwości odpoczynku, upośledza zdolność komórek mózgowych do przenoszenia i zużycia glukozy, która jest dla nich ważnym źródłem energii. Chcąc skutecznie poradzić sobie ze stresem należy

uspokoić alarm ciała migdałowatego. Konieczna jest umiejętna nauka wpływania na nie, aby nie potęgował Twojego stresu. Poniżej znajdziesz kilka wskazówek, które pomogą zminimalizować pojawiający się stres.

### POSTAWA OBSERWATORA

To uważność, czyli przyjrzenie się sytuacji, która spowodowała u Ciebie stres. Postaraj się stworzyć sobie przestrzeń, by móc spokojnie analizować swoje myśli, uczucia czy wrażenia cielesne, zamiast słuchać poleceń ciała migdałowatego, które nakazuje Ci uciekać, zastygnąć w bezruchu lub zareagować impulsywnie. Nie pozwalasz, aby sytuacja stresowa kierowała Tobą, tylko przyglądasz się uczuciom z punktu obserwatora, który patrzy na emocje, nie dając im się pochłoniąć ani ich nie odpychając. Uważny stan umysłu jest celową koncentracją uwagi na bieżącym doświadczeniu.

### SPOWALNIANIE I SKUPIENIE SIĘ NA CHWILI OBECNEJ

Należy przemyśleć rozwiązania, tolerować lęk i niepewność oraz przystosować się do nowych warunków. Możesz wówczas zauważyć i opisać swoje wrażenia zmysłowe – co w danym momencie widzisz, słyszysz, czujesz dotykiem lub węchem. Możesz skupić się na oddechu, aby zaobserwować co się dzieje wewnątrz Ciebie. Taka świadomość teraźniejszości pomaga Ci przestać rozmyślać w kółko nad przeszłością i martwić się przyszłością.

### ZASTĘPOWANIE STRACHU CIEKAWOŚCIĄ

Strach towarzyszący wewnętrznemu doświadczeniu zastępujesz wówczas zaciekawionym, łagodnym i życzliwym podejściem wolnym od osądzania, robienia sobie wyrzutów i niechęci. Gdy czujesz narastający lęk, spróbuj zadać sobie pytanie, co za myśl lub uczucie właśnie się rodzi? Jak to jest i jak to odczuwamy? Czy jest to coś pomocnego lub ważnego, na czym chce się skupić czy reakcja automatyczna?

### POGODA DUCHA

Wszystko jest nietrwałe, wszystko się zmienia, a wiele ważnych życiowych wydarzeń pozostaje przynajmniej częściowo poza naszą kontrolą. Dlatego musimy być silni i nie pozwalać, aby stres wytrącał nas z równowagi. Na pewne sytuacje nie mamy wpływu.

### UWAŻNOŚĆ ZMYŚLÓW

Doskonałą metodą są spacerowanie w łonie natury. Bliiski kontakt z naturą wpływa uspokajająco na ciało i umysł. Jeśli to niemożliwe, możesz usiąść na balkonie, wyglądać przez okno lub patrzeć na fotografie przyrody. Badania udowadniają, że spacerowanie wśród zieleni lub nawet patrzenie na obrazy z naturą mogą zwiększyć odporność organizmu i umysłu na stres.

### UWAŻNOŚĆ OBIEKTÓW

Jednym ze sposobów jest skupienie się na tym co nas otacza. Jeśli odczuwasz stres podczas egzaminu lub przygotowania do niego, postaraj się nazwać w myślach trzy obiekty znajdujące się w pomieszczeniu opisując ich kolor oraz

kształt. Jest to szybki sposób, aby odwrócić uwagę umysłu od trybu walki i ucieczki w tryb zauważania i opisywania.

### SEN

Niedobór snu może upośledzić zdolność kory przedczołowej do regulowania odpowiedzi stresowej i utrzymania w rytmach ciała migdałowatego. Samo spanie krócej niż sześć godzin na dobę może działać jako przewlekły stresor, który dokładasz do wszystkich innych problemów z jakimi musisz się mierzyć. Może brakować Ci snu dlatego, że do rana uczysz się do sprawdzianu lub egzaminu. Stres obniża stężenie cukru we krwi, a w ciągu dnia czujesz się zmęczony. Jeżeli pijesz kawę lub inne napoje kofeinowe Twój wzorec snu jeszcze się pogarsza. Sama bezsenność może stać się źródłem kolejnego stresu upośledzając zdolność mózgu do skupienia się i regulowania nastroju.

### AKTYWNOŚĆ FIZYCZNA

Pomaga chronić Twoje ciało i umysł przed szkodliwymi skutkami stresu. Regularne ćwiczenia aerobowe takie jak szybki marsz, bieganie czy pływanie ożywiają i pomagają się odprężyć. Mogą również poprawić nastrój. Ćwiczenia obniżają stężenie adrenaliny i kortyzolu we krwi, a za to zwiększają wydzielanie tzw. hormonów dobrego samopoczucia. Dzięki aktywności fizycznej w obliczu stresu możesz poczuć się silniejszy i bardziej pewny siebie. Zestresowani traktujemy aktywność fizyczną jako jeszcze jeden obowiązek, a przecież i tak mamy ich dość. Wszystkie emocjonalne i fizyczne bariery ułatwiają znalezienie wymówek, żeby nie ćwiczyć, a Ty z kolei wolisz pooglądać telewizję lub dać się pochłoniąć serwisom społecznościowym.

### ZDROWE ODŻYWIANIE

Stres może prowadzić do przejadania się lub silnego łaknienia produktów bogatych w dużą zawartość tłuszczu, skrobi oraz cukru. Aby temu zapobiec, jedz o stałych porach posiłki takie, które są bogate w produkty pełnoziarniste, kwasy omega-3, warzywa oraz owoce. Możesz również zadbać o zdrowe przekąski tj. suszone owoce, pestki słonecznika, dyni, picie dużej ilości wody.

Dowiedziałeś się jak stres działa na mózg oraz na czym polega reakcja stresowa oddziaływająca na ciało migdałowate i podwzgórze, a skoordynowana przez układ nerwowy. Wiesz już jak neuroprzekazniki np. adrenalina przygotowują nas do walki lub ucieczki przed zagrożeniem. Poznałeś skuteczne sposoby radzenia sobie ze stresem. Pamiętaj – nauczenie się zminimalizowania stresu jest jedną z najważniejszych umiejętności, jakich potrzebujemy, by żyć szczęśliwie i odnosić sukcesy w dzisiejszym błyskawicznie zmieniającym się świecie.

## A czy wiesz, jak zaplanować powtórki przed maturą?

### 1. UMIEJĘTNOŚĆ ZARZĄDZANIA CZASEM

- Przed przystąpieniem do powtórek warto zaopatrzyć się w planer. Nie musi to być kupiony celowo kalendarz powtórek, ale sporządzony przez Ciebie po to, aby racjonalnie określić, ile czasu zostało do egzaminu matural-

nego, jak podzielić materiał, kiedy i ile godzin poświęcić na dany przedmiot. Nie odkładaj nauki na później.

## 2. PAMIĘTAJ, NIE MA TO JAK DOBRY PLAN!;-)

- Uporządkuj swoje miejsce pracy. To bardzo ważne, aby nic Cię nie rozpraszało przed przystąpieniem do solidnej pracy, a na pewno nie Twój bałagan na biurku. Przygotuj w zasięgu wzroku książki, zeszyty, kserówki i inne pomoce naukowe, z których będziesz korzystać.

## 3. PAMIĘTAJ! TELEFON NIE JEST SPRZYMIERZENCEM

- Zaopatrz się w przybory, które pozwolą Ci na efektywne przyswajanie nauki np. kolorowe zakreślacze, karteczki, długopisy, tablicę korkową, gdzie będziesz zawieszać ważne zagadnienia i terminy, które należy bezwzględnie przyswoić.
- Możesz skorzystać z haseł, cytatów motywujących, które dają nam siłę do działania, np.

„Jest tylko jeden sposób nauki. Poprzez działanie” (Paulo Coelho)

„Nauka umacnia wrodzoną siłę” (Horacy)

„Wiedza jest drugim słońcem dla ludzi” (Platon)

„Co wiemy to tylko kropelka, tego czego nie wiemy to ocean” (Isaac Newton)

„Jedyny sposób, by poznać, gdzie są granice naszych możliwości, to przekroczyć je, dokonując tego, co niemożliwe” (Arthur C. Clarke)

„Ludzie z natury dobrzy pragną wiedzy” (Leonardo da Vinci)

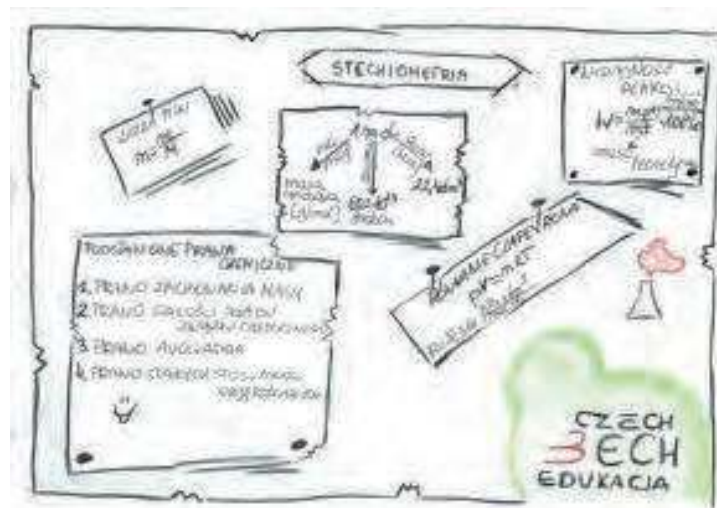
„Wiedza jest jedyną rzeczą, która wzbogaca, a której nikt nie może nikomu odebrać” (Ignacy Paderewski)

„Trzeba mieć wytrwałość i wiarę w siebie. Trzeba wierzyć, że człowiek jest do czegoś zdolny i osiągnąć to za wszelką cenę.” (Maria Skłodowska-Curie)

- Mierz swoje siły na zamiary. Dobrze zastanów się nad wyborem studiów, a wtedy swoją uwagę skup na wybranym przedmiocie maturalnym.

## 4. MOŻESZ WYBRAĆ SPOSÓB UTRWALENIA MATERIAŁU

- **MAPA MYŚLI** to wspaniały pomysł na zrobienie notatek, można w sposób kreatywny powtórzyć dany temat (notujemy dane zagadnienie za pomocą powiązanych ze sobą strzałkami lub liniami wynikających z siebie słów-kluczy). Ciekawym pomysłem jest również stworzenie własnej *sketchnotki*.
- **CZYTANIE NA GŁOS** – głośne czytanie dotlenia organizm, dzięki czemu jesteśmy bardziej skoncentrowani na przyswajaniu materiału oraz wpływa na szybsze zrozumienie tekstu.
- **FISZKI** to metoda na powtórkę słówek języka obcego i nie tylko (można tworzyć fiszki, a następnie przenosić je do aplikacji na tablet lub telefon).
- **ODTWARZANIE POWTÓRZONEGO MATERIAŁU NA GŁOS**. „Zabawa w szkołę” kto się przyzna, że tak robi?;-)



## • ROZWIĄZUJ ARKUSZE MATURALNE CKE.

Sprawdzoną metodą jest rozwiązywanie arkuszy z poprzednich lat. Wszystkie, wraz z odpowiedziami, dostępne są na stronie internetowej.

- **POWTARZAJ W GRUPIE**. Często wspólne powtarzanie materiału to forma odskoczni od rutyny i kontakt z rówieśnikami.

- **PAMIĘTAJ!!!** Kiedy opowiesz komuś, czego właśnie się nauczyłeś, zwiększysz swoją szansę na zapamiętanie treści na dłużej. Nie ma ludzi, którzy wiedzą wszystko!;-)

## Jak zapanować nad stresem w trakcie egzaminu maturalnego z chemii?

1. Zanim przystąpisz do rozwiązywania arkusza maturalnego z chemii, zapoznaj się z „Kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzaminie maturalnym z biologii, chemii i fizyki” przygotowaną przez CKE. Zapoznaj się z jej układem i treścią. Znajdziesz w niej układ okresowy pierwiastków, stałe dysocjacji wybranych kwasów i zasad w roztworach wodnych, szereg elektrochemiczny metali, tablicę rozpuszczalności, wybrane aminokwasy białkowe wraz z ich wzorami półstrukturalnymi, kodem i punktem izoelektrycznym, tablicę logarytmiczną. Należy również zwrócić uwagę, że w karcie tej podane są wzory i stałe fizykochemiczne, tj. przedrostki-przeliczniki, gęstość, liczba Avogadra, masy spoczynkowe cząstek elementarnych, jednostkę masy atomowej. Karta dostępna jest pod linkiem:

[http://www.komisja.pl/pobierz/matura/2015/matura2015\\_wzory\\_fizykochemiczne.pdf](http://www.komisja.pl/pobierz/matura/2015/matura2015_wzory_fizykochemiczne.pdf)

2. Zapoznaj się ze swoim kalkulatorem, który zabierzesz ze sobą na egzamin. Pamiętaj, musi być to kalkulator prosty. Dobrze mieć swój zaprzyjaźniony, zakupiony wcześniej i niejednokrotnie używany. Zwróć uwagę, czy podaje wyniki dokładne, czy zaokrąglone.
3. Przed wyjściem z domu zjedz pożywne i wartościowe śniadanie, które dostarczy Ci dużej porcji energii. Mimo wszystko to będzie wyczerpujące 180 min.

4. Gdy będziesz już siedział/a w szkole w wyznaczonym dla Ciebie miejscu, weź TRZY GŁĘBOKIE ODDECHY. Niektórzy z nas w sytuacji stresowej praktycznie przestają oddychać i nie wiedzą o tym, że w ten sposób ograniczają swoje zasoby tlenowe, a co za tym idzie intelektualne.
5. Po otrzymaniu arkusza maturalnego przeczytaj instrukcję zawartą na pierwszej stronie, co pomoże w pewien sposób odwrócić uwagę umysłu od czynnika stresującego.
6. Zanim udzielisz prawidłowej odpowiedzi, dokładnie przeczytaj treść, szczególnie tę z informacją dołączoną do zadania, podkreślając lub zaznaczając istotne informacje oraz te, które masz podać w odpowiedzi.
7. Jeżeli okaże się, że w trakcie czytania pierwszego zadania ogarnęła Cię przerażająca pustka i nie potrafisz rozwiązać zadania, NIE PANIKUJ – to normalne przy stresie, weź głęboki oddech, przeszukaj pamięć. Jest duża szansa, że to tylko chwilowe zamglenie umysłu. Jeżeli to nie pomoże, przejdź spokojnie do następnego zadania.
8. Możesz w pierwszej kolejności rozwiązywać zadania, na które znasz odpowiedź. Wprowadzi Cię to w większą pewność siebie i pozwoli odblokować umysł oraz złapać równowagę.
9. Jeżeli zadanie jest czasochłonne, zostaw je na koniec.
10. Zawsze udzielaj odpowiedzi konkretnych. Nie rozpisuj się. Chemia jest przedmiotem ścisłym i nie potrzebuje „lania wody”.
11. Do obliczeń korzystaj zawsze z wartości podanych w „Karcie” lub w treści zadania. Wartości podane błędnie przez Ciebie mogą dać nierzeczywiste wyniki. Pamiętaj, że są zadania w arkuszu, w których jest jasno napisane, do jakiej wartości po przecinku należy podać wynik.
12. W zadaniach obliczeniowych nie zapisuj tylko wartości niewiadomej  $x$ . Pamiętaj również o podaniu prawidłowej jednostki. (możesz mieć prawidłowy wynik, poprawną metodę na rozwiązanie zadania, ale nie napisać jednostki przy wyniku i stracisz punkt)
13. Błędne zapisy przekreślaj, a obok napisz poprawne rozwiązanie.
14. Wyrażenia, które chcesz skrócić lub zredukować nie przekreślaj, ale podkreślaj.
15. Na co ponadto zwrócić uwagę:
  - podawaj tylko systematyczne nazwy związków
  - po narysowaniu wzoru elementarnego sprawdź wartościowość pierwiastków oraz to, czy wszystkie wolne pary elektronowe znalazły swoje miejsce. Pamiętaj o regule oktetu.
  - 1 mol gazu doskonałego w warunkach normalnych zajmuje objętość  $22,4 \text{ dm}^3$
  - gęstość wody wynosi  $1 \text{ g/cm}^3$
  - masa molowa chloru wynosi  $35,5 \text{ g}$
  - fosfor ma symbol pierwiastka P ;-)
  - miedź i inne metale szlachetne nie reagują z kwasami beztlenowymi
  - alkohole nie reagują z wodorotlenkami



### Przypominamy o ogólnych zasadach oceniania przygotowanych przez CKE

Ogólne zasady oceniania zawierają przykłady poprawnych rozwiązań zadań otwartych. Rozwiązania te określają zakres merytoryczny odpowiedzi i nie muszą być ścisłym wzorcem oczekiwanych sformułowań (z wyjątkiem np. nazw, symboli pierwiastków, wzorów związków chemicznych). Wszystkie merytorycznie poprawne odpowiedzi, spełniające warunki zadania oceniane są pozytywnie – również te nieprzewidziane jako przykładowe odpowiedzi w schematach punktowania.

- Zdający otrzymuje punkty tylko za poprawne rozwiązanie, precyzyjnie odpowiadające poleceniom zawartym w zadaniach.
- Gdy do jednego polecenia zdający podaje kilka odpowiedzi (z których jedna jest poprawna, a inne – błędne), nie otrzymuje punktów za żadną z nich. Jeżeli zamieszczone w odpowiedzi informacje (również dodatkowe, które nie wynikają z treści polecenia) świadczą o zasadniczych brakach w rozumieniu omawianego zagadnienia i zaprzeczają udzielonej poprawnej odpowiedzi, to za odpowiedź taką zdający otrzymuje 0 punktów.
- W zadaniach wymagających sformułowania wypowiedzi słownej, takiej jak wyjaśnienie, uzasadnienie, opis zmian możliwych do zaobserwowania w czasie doświadczenia, oprócz poprawności merytorycznej oceniana jest także poprawność posługiwania się nomenklaturą chemiczną, umiejętne odwołanie się do materiału źródłowego, jeżeli taki został przedstawiony oraz logika i klarowność toku rozumowania. Sformułowanie odpowiedzi niejasnej lub częściowo niezrozumiałej powoduje utratę punktu.
- W zadaniach, w których należy dokonać wyboru – każdą formę jednoznacznego wskazania (np. numer doświadczenia, wzory lub nazwy reagentów) należy uznać za poprawne rozwiązanie tego zadania.
- Rozwiązanie zadania na podstawie błędnego merytorycznie założenia uznaje się w całości za niepoprawne.
- Rozwiązania zadań doświadczalnych (spostrzeżenia i wnioski) oceniane są wyłącznie wtedy, gdy projekt doświadczenia jest poprawny, czyli np. prawidłowo zostały dobrane odczynniki. Jeżeli polecenie brzmi: Zaprojektuj doświadczenie ..., to w odpowiedzi zdający

powinien wybrać właściwy odczynnik z zaproponowanej listy i wykonać kolejne polecenia. Za spostrzeżenia i wnioski będące konsekwencją niewłaściwie zaprojektowanego doświadczenia (np. błędnego wyboru odczynnika) zdający nie otrzymuje punktów.

- W rozwiązaniach zadań rachunkowych oceniane są: metoda (przedstawiony tok rozumowania wiążący dane z szukaną), wykonanie obliczeń i podanie wyniku z poprawną jednostką i odpowiednią dokładnością. Poprawność wykonania obliczeń i wynik są oceniane tylko wtedy, gdy została zastosowana poprawna metoda rozwiązania. Wynik liczbowy wielkości mianowanej podany bez jednostek lub z niepoprawnym ich zapisem jest błędny.
- Zastosowanie błędnych wartości liczbowych wielkości niewymienionych w informacji wprowadzającej, treści zadania, poleceniu lub tablicach i niebędących wynikiem obliczeń należy traktować jako błąd metody.
- Zastosowanie błędnych wartości liczbowych wielkości podanych w informacji wprowadzającej, treści zadania, poleceniu lub tablicach należy traktować jako błąd rachunkowy, o ile nie zmienia to istoty analizowanego problemu, w szczególności nie powoduje jego uproszczenia.
- Użycie w obliczeniach błędnej wartości masy molowej uznaje się za błąd rachunkowy, jeżeli jest ona jednoznacznie opisana w rozwiązaniu zadania.
- Jeżeli polecenie brzmi: Napisz równanie reakcji w formie ..., to w odpowiedzi zdający powinien napisać

równanie reakcji w podanej formie z uwzględnieniem bilansu masy i ładunku. Za zapis równania reakcji, w którym poprawnie dobrano współczynniki stechiometryczne, ale nie uwzględniono warunków zadania (np. środowiska reakcji), nie przyznaje się punktów.

**Notacja:**

- Za napisanie wzorów strukturalnych zamiast wzorów półstrukturalnych (grupowych) nie odejmuje się punktów.
- We wzorach elektronowych pary elektronowe mogą być przedstawione w formie kropkowej lub kreskowej.
- Jeżeli we wzorze kreskowym zaznaczona jest polaryzacja wiązań, to jej kierunek musi być poprawny.
- Zapis „↑”, „↓” w równaniach reakcji nie jest wymagany.
- W równaniach reakcji, w których ustala się stan równowagi, brak „⇌” nie powoduje utraty punktów.
- W równaniach reakcji, w których należy określić kierunek przemiany (np. reakcji redoks), zapis „⇌” zamiast „→” powoduje utratę punktów.

Agnieszka Czub-Czech

V LO im. Ks. Piotra Ściegiennego  
w Kielcach

Kamil Czech

III Liceum Ogólnokształcące im. C. K. Norwida  
w Kielcach

**Bibliografia:**

M. Greenberg, *Mózg odporny na stres*, Dom Wydawniczy REBIS 2020

## Czego nie wiemy o mózgu?

**O mózgu wiemy co najwyżej promil tego, co chcielibyśmy wiedzieć. Wiele problemów psychicznych, jakie obserwujemy w społeczeństwie, wiąże się z brakiem zrozumienia tego, jak działają nasze umysły – mówi Karolina Finc**, jedyna Polka, która przedstawiła wyniki swoich badań na spotkaniu z laureatami Nagród Nobla: *Lindau Nobel Laureate Meeting*, które odbyło się na początku lipca już po raz 70. W ramach sekcji *Next Generation Science* wyłoniono 21 młodych naukowców, którzy mieli szansę opowiedzieć o swoich badaniach. Poniżej fragment wywiadu, który ukazał się w „Nauce w Polsce”.

NwP: Jak wygląda praca ludzkiego mózgu? Co dzieje się w mózgu na co dzień u każdego z nas? Podczas nauki, pracy, odpoczynku, uprawiania sportu?

KF: Nasze mózgi nieustannie zmieniają się podczas każdej aktywności. O ile połączenia anatomiczne w mózgu są względnie stabilne i zmieniają się w niewielkim tempie i zakresie, o tyle aktywność neuronów w naszym mózgu nieustannie się zmienia. Myślę, że w tym kontekście śmiało można powołać się na greckiego filozofa Heraklita: w naszych mózgach „wszystko płynie” i nigdy nie jest takie samo. Niesamowicie jest to, że podczas tych nieustannych zmian nadal mamy poczucie ciągłości naszego życia.

NwP: Czy coraz więcej wiemy na ten temat?

KF: Dzięki coraz bardziej zaawansowanym technologiom obrazowania ludzkiego mózgu, a także zaawansowanym metodom analizy danych, udaje się zrozumieć coraz więcej.

NwP: A czego jeszcze o mózgu nie wiemy, a chcielibyśmy?

KF: W moim odczuciu o mózgu wiemy co najwyżej promil tego, co chcielibyśmy wiedzieć. Wciąż nie rozumiemy mechanizmów działania najprostszych układów nerwowych (np. układu nerwowego nicienia *C. Elegans*). Nie rozumiemy podstawowych mechanizmów uczenia się i tworzenia modeli otaczającego nas świata. Nie rozumiemy biologicznych mechanizmów generujących dynamiczne zmiany aktywności mózgu. Nie rozumiemy na czym polega rola snu i marzeń sennych, ani tego, jaką rolę w naszym życiu odgrywają procesy nieświadome. Nie wiemy także, jakie są źródła zaburzeń psychicznych. Można by tak wymieniać w nieskończoność. Oczywiście naukowcy nieustannie dostarczają wyników, które mogą nam to rozumienie przybliżyć, jednak do sformułowania solidnych teorii wciąż nam daleko.

NwP: Do czego może taka wiedza posłużyć?

KF: Moim zdaniem, każda nowa, rzetelna wiedza w tym temacie może przyczynić się do lepszego zrozumienia nas samych, a także lepszego zrozumienia otaczającej nas rzeczywistości. Może zostać także wykorzystana do projektowania nowoczesnych programów edukacyjnych, tak aby efektem kształcenia było budowanie otwartego, kreatywnego i świadomego społeczeństwa. Może przyczynić się do zmniejszenia kryzysu zdrowia psychicznego na świecie. Uważam, że wiele problemów psychicznych, jakie obserwujemy w społeczeństwie, wiąże się z brakiem zrozumienia tego, jak działają nasze umysły.

PAP – Nauka w Polsce, Anna Mikołajczyk-Kłębek



# Komitet Główny Olimpiady Chemicznej

## Sprawozdanie z 67. Krajowej Olimpiady Chemicznej

### w roku szkolnym 2020/2021.

**W** roku szkolnym 2020/2021 odbyła się 67. Olimpiada Chemiczna. Ze względu na trwającą pandemię Covid-19 przygotowania do niej od początku zajęć nie przebiegały w sposób taki jak w poprzednich latach, między innymi dlatego, że kontakt uczniów z nauczycielami niemal do końca tego roku szkolnego miał głównie zdalny charakter. W związku z tym Prezydium Komitetu Głównego Olimpiady Chemicznej podjęło w pierwszej kolejności decyzję o niedrukowaniu folderu informacyjnego 67. Olimpiady Chemicznej i opublikowaniu zadań wstępnych jedynie w Internecie (na stronie [www.olchem.edu.pl](http://www.olchem.edu.pl)), co nastąpiło 30 czerwca 2020 r. Jednocześnie została opublikowana w Internecie część informacyjna folderu dla nauczycieli. Drugą część tego folderu, zawierającą przykładowe rozwiązania zadań wstępnych, mogli otrzymać drogą elektroniczną, od Sekretarzy Komitetów Okręgowych, jedynie zainteresowani nauczyciele. Zatem zarówno uczniowie, jak i nauczyciele mogli rozpocząć merytoryczne przygotowania do 67. Olimpiady Chemicznej już w trakcie wakacji.

Wstępna rejestracja do zawodów 67. Olimpiady Chemicznej została przeprowadzona drogą elektroniczną w dniach 15.09. – 29.10. 2020 roku. Zarejestrowało się 1056 uczniów, z których ostatecznie zaakceptowano 830, na podstawie nadesłanych przez ich nauczycieli prac – rozwiązań zadań etapu wstępnego. Ze względu na sytuację pandemiczną, w tym roku prace te można było do Komitetów

Okręgowych przysyłać nie tylko tradycyjną pocztą, ale także drogą elektroniczną.

Dynamicznie zmieniająca się sytuacja pandemiczna utrudniła przeprowadzenie zawodów wszystkich etapów i zmusiła Komitet Główny do zmian ustalonego wcześniej harmonogramu, jak i formy samych zawodów. Zostały z nich usunięte problemy laboratoryjne, właściwe dla II i III etapu i zastąpione zadaniami teoretycznymi o profilu zbliżonym do tematyki zadań praktycznych. W dniu 03.11.2020 roku decyzją Prezydium odwołane zostały zawody I etapu 67. Olimpiady Chemicznej, które pierwotnie miały odbyć się 21 listopada.

Wśród uczniów, nauczycieli oraz sympatyków Olimpiady przeprowadzono następnie konsultacje na temat możliwości przeprowadzenia tych zawodów w innym terminie i trybie. Komitet Główny Olimpiady Chemicznej, podczas zebrania internetowego w dniu 5 grudnia 2020 r., podjął decyzję o przeprowadzeniu I etapu 18 grudnia 2020 roku w obowiązującym wówczas reżimie sanitarnym, ale nie – jak dotychczas – w miejscach wyznaczonych przez Komitety Okręgowe, lecz w macierzystych szkołach uczniów.

Realizacja zawodów okazała się możliwa dzięki wydatnej pomocy dyrektorów oraz grona pedagogicznego tych szkół. Wzięło w nich udział 790 zawodników z 268 szkół (Tabela 1) (dla porównania – w ubiegłym roku w I etapie 66. Olimpiady Chemicznej wzięło udział 857 uczniów). Zauważalne było zmniejszenie się liczby młodszych uczniów.

**Tabela 1.** Uczestnictwo w 67. Olimpiadzie Chemicznej w roku szkolnym 2020/2021

OKRĘGI	I Etap		II Etap		III Etap		Uzyskane tytuły		
	Uczniów	Szkół	Uczniów	Szkół	Uczniów	Szkół	Finalistów	Laureatów	Szkół L+F
1 Białystok	17	10	8	4	1	1	1	0	0
2 Gdańsk	57	24	18	8	11	3	8	3	3
3 Katowice	62	39	29	21	14	12	11	3	3
4 Kielce	23	8	8	4	2	2	1	1	1
5 Kraków	52	17	23	7	10	3	6	4	2
6 Lublin	32	14	13	8	5	3	3	2	2
7 Łódź	65	15	24	7	7	3	5	2	2
8 Poznań	50	26	20	12	7	6	5	2	2
9 Rzeszów	56	17	20	10	7	6	5	2	2
10 Szczecin	69	8	20	5	8	2	5	3	2
11 Toruń	86	14	28	8	5	2	3	2	1
12 Warszawa	162	29	77	17	21	6	15	6	4
13 Wrocław	59	15	14	7	5	4	4	1	1
<b>POLSKA</b>	<b>790</b>	<b>236</b>	<b>302</b>	<b>118</b>	<b>103</b>	<b>53</b>	<b>72</b>	<b>31</b>	<b>25</b>

Wyniki I etapu zostały opublikowane na stronie internetowej [www.olchem.edu.pl](http://www.olchem.edu.pl) w dniu 11 stycznia 2021 roku.

Ze względu na trudną sytuację pandemiczną etap II odbył się tylko jednego dnia, w przewidywanym terminie 30 stycznia 2021 r., w 13 miejscowościach, będących siedzibami Komitetów Okręgowych, lecz obejmował – jak wspomniano wyżej – wyłącznie zadania teoretyczne. Wśród 5 zadań, jakie uczniowie otrzymali do rozwiązania, jedno nawiązywało do zagadnień laboratoryjnych z zakresu chemii analitycznej (analizy składu mieszanin gazów). Na podstawie wyników tego etapu do III etapu (finału) Komitet Główny zakwalifikował 103 uczniów z 53 szkół. Ostateczna lista osób zakwalifikowanych do finału została umieszczona na stronie internetowej Olimpiady Chemicznej w dniu 8 marca 2021 roku.

W związku z wprowadzeniem przez organy państwowe w wielu rejonach Polski dodatkowych obostrzeń spowodowanych przez pandemię COVID-19, w dniu 23 marca 2021 r. Prezydium Komitetu Głównego Olimpiady Chemicznej odwołało przeprowadzenie III etapu zawodów w przewidywanym terminie 26 – 27 marca. Ostatecznie zawody, także ograniczone do części teoretycznej, obejmującej 5 zadań z jednym problemem nawiązującym do zagadnień praktyki laboratoryjnej (analiza składu stopu) udało się przeprowadzić 17 kwietnia 2021 r. Ze względu na istotne obostrzenia epidemiczne, zawody te nie odbyły się – jak zwykle – na warszawskich uczelniach, lecz ponownie w siedzibach Komitetów Okręgowych. Wyjątkiem był Okręg Katowicki, w którym ze względu na wewnętrzne regulacje tamtejszych uczelni wyższych, etap III (a także etap II) został przeprowadzony w salach dydaktycznych katowickiego Pałacu Młodzieży.

Należy podkreślić, że przeprowadzenie zawodów na wszystkich etapach było możliwe pod warunkiem rygorystycznego przestrzegania przepisów pandemicznych – w pomieszczeniach nie mogło przebywać więcej niż 5 osób, zawodnikom i osobom dyżurującym mierzono temperaturę, wszyscy byli zobowiązani do noszenia maseczek ochronnych, dezynfekowania rąk i powierzchni miejsc pracy. Uczniowie byli zobowiązani do spożywania w trakcie zawodów wyłącznie własnych napojów i kana-

pek, zamiast zapewnianego zwykle przez Olimpiadę wyżywienia. Ponadto w trakcie zawodów następowała przerwa na wietrzenie sal i dodatkową dezynfekcję. Z tego powodu uczniowie nie otrzymywali od razu treści wszystkich pięciu zadań, lecz początkowo tylko trzech, których rozwiązania musieli oddać przed przerwą, po której otrzymywali pozostałe dwa zadania do rozwiązania.

Oceny finałowych prac zawodników zostały ogłoszone na internetowej stronie Olimpiady w dniu 28 kwietnia 2021 r., z jednoczesnym podaniem do wiadomości kryteriów kwalifikacji do tytułu laureata i wyróżnionego, uchwalonych przez Komitet Główny Olimpiady w dniu 27 kwietnia 2021. Po rozpatrzeniu odwołań zawodników ostateczna lista 31 laureatów i 9 wyróżnionych została opublikowana na stronie [www.olchem.edu.pl](http://www.olchem.edu.pl) 12 maja 2021 r. (Tabela 2).

Na podstawie obowiązującego obecnie Regulaminu kwalifikacji do Międzynarodowej Olimpiady Chemicznej, podanego na stronie internetowej [www.olchem.edu.pl](http://www.olchem.edu.pl), 18 maja ustalone zostały nazwiska ośmiu (Tabela 3) najlepszych laureatów, którzy zostali zakwalifikowani do udziału w kursie przygotowawczym do 53. IChO, organizowanej przez Japonię i realizowanej zdalnie w dniach 25 lipca – 2 sierpnia b.r. Kurs przygotowawczy prowadzony był zdalnie w dniach 14-25 czerwca br. i zakończył się przeprowadzonym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego w dniu 26 czerwca egzaminem kwalifikacyjnym, który wyłonił następującą czteroosobową reprezentację Polski na IChO:

1. **Bruno Skoczeń** z 3. klasy XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie
2. **Michał Lipiec** z 1. klasy V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie
3. **Jakub Kwiatkowski** z 3. Klasy Uniwersyteckiego LO w Toruniu
4. **Adam Sukiennik** z 2. klasy Publicznego LO Politechniki Łódzkiej
5. **Katarzyna Przech** z 3. klasy I LO im. Zbigniewa Herberta w Częstochowie (zawodniczka rezerwowa)

**Tabela 2.** Lista laureatów i wyróżnionych 67. Krajowej Olimpiady Chemicznej

L.p.	Nazwisko	Imię	Kl	Szkoła	Miasto	Opiekunowie Laureatów
1	Krajnik	Jakub Mariusz	2	V LO im. Stefana Żeromskiego	Gdańsk	mgr Paweł Rudnicki-Velásquez
2	Siedlar	Jakub	2	II LO im. Bolesława Chrobrego	Sopot	mgr Paweł Rudnicki-Velásquez
3	Lipiec	Michał Piotr	1	V LO im. Augusta Witkowskiego	Kraków	dr Wojciech Przybylski, mgr Iwona Król, Tomasz Ślusarczyk
4	Skoczeń	Bruno Andrzej	3	XIV LO im. Stanisława Staszica	Warszawa	mgr inż. Agnieszka Kuś
5	Sukiennik	Adam Szymon	2	Publiczne LO Politechniki Łódzkiej	Łódź	dr inż. Elżbieta Szubiakiewicz, dr Krzysztof Klimaszewski
6	Kwiatkowski	Jakub Krzysztof	3	Uniwersyteckie LO	Toruń	mgr Małgorzata Augustynowicz-Kłyszewska, dr Andrzej Wolan
7	Malinowski	Jakub	3	I LO im. Edwarda Dembowskiego	Zielona Góra	mgr Agnieszka Murawska, dr Michał Zabiszak

**Tabela 2. cd.**

L.p.	Nazwisko	Imię	Kl	Szkoła	Miasto	Opiekunowie Laureatów
8	Buksak	Roman	2	II LO im. Mieszka I	Szczecin	mgr Teresa Kologrecka-Bajek; dr hab. inż. Krzysztof Lubkowski, prof. ZUT
9	Zadworny	Jan Robert	3	XIII LO	Szczecin	dr inż. Małgorzata Kępińska-Żerko
10	Maćczak	Dawid Michał	3	I LO im. Mikołaja Kopernika	Łódź	mgr inż. Maciej Sienkiewicz, dr inż. Justyna Staluszka
11	Przech	Katarzyna Zofia	3	I LO im. Zbigniewa Herberta	Częstochowa	mgr Marta Bednarczyk, dr Arkadiusz Owczarek
12	Futyma	Anna Maria	3	Uniwersyteckie LO	Toruń	mgr Małgorzata Augustynowicz- Kłyszewska, dr Andrzej Wolan
13	Jachowicz	Jan	2	I LO im. Jana Długosza	Nowy Sącz	dr. Anna Waksmundzka-Góra, mgr Zbigniew Kasprzak
14	Blumowski	Kacper Kamil	3	II LO im. Mieszka I	Szczecin	mgr Teresa Kologrecka-Bajek
15	Kalisz	Jakub	3	I LO im. Mikołaja Kopernika	Krosno	mgr Katarzyna Sitek-Guzik
16	Petryczkiewicz	Kamil Daniel	3	V LO im. Ks. Józefa Poniatowskiego	Warszawa	mgr Krzysztof Kuśmierczyk
17	Pająk	Kacper	3	III LO im. Adama Mickiewicza	Katowice	mgr Monika Galkiewicz
18	Suchecka	Natalia Anna	3	III LO im. Adama Mickiewicza	Wrocław	mgr Teresa Pikuta-Byrka, dr Piotr Połomka
19	Dziewiatowski	Mikołaj	3	VIII LO im. Adama Mickiewicza,	Poznań	mgr Marta Supłat
20	Buczak	Jakub	3	CXXII LO im. Ignacego Domeyki	Warszawa	mgr Bożena Krawczyńska, Filip Wantoch - Rekowski
21	Cembrowski	Krzysztof	2	XIV LO im. Stanisława Staszica	Warszawa	Hubert Bednarski, mgr. inż. Agnieszka Kuś
22	Tokarska	Julia	2	V LO im. Augusta Witkowskiego	Kraków	dr Wojciech Przybylski
23	Łaba	Piotr	2	I LO im. ONZ	Biłgoraj	dr Włodzimierz Kuśmierczuk, mgr Marta Ciosmak
24	Grzegorzówka	Łukasz	3	IX LO im. Klementyny Hoffmanowej	Warszawa	mgr Szymon Kucharski
25	Pielok	Mateusz Leszek	3	I LO im. prof. Zbigniewa Religi	Zabrze	mgr Justyna Wojciechowska, dr Arkadiusz Owczarek
26	Kawka	Aleksandra	2	I LO im. Stanisława Staszica	Lublin	mgr Piotr Jakubiec
27	Kusior	Jakub Tomasz	2	V LO im. Augusta Witkowskiego	Kraków	dr Wojciech Przybylski, dr Zbigniew Fryt
28	Siąkała	Kacper	3	Technikum nr IV	Jastrzębie- -Zdrój	mgr Jerzy Maduzia
29	Pazdro	Daniel Franciszek	2	II LO im. Mikołaja Kopernika	Mielec	lek. Patryk Wiśniewski, mgr Anna Lewandowska
30	Szpak	Maciej	2	IX LO im. Klementyny Hoffmanowej	Warszawa	mgr Anna Kończyk, Jakub Narodowicz
31	Rymarz	Jakub Maksymilian	3	III LO im. Marynarki Wojennej RP	Gdynia	mgr Justyna Raulin

**Wyróżnieni**

32	Stodółkiewicz	Szymon Krzysztof	3	VI LO im. Janusza Korczaka	Sosnowiec	mgr Małgorzata Korzak
33	Kochanowski	Krzysztof Jan	3	IX LO im. Klementyny Hoffmanowej	Warszawa	mgr Anna Kończyk
34	Jażdżewska	Adrianna Maria	2	V LO im. Stefana Żeromskiego	Gdańsk	dr inż. Tomasz Boinski
35	Madej	Mikołaj	2	V LO im. Augusta Witkowskiego	Kraków	dr Wojciech Przybylski, mgr Iwona Król
36	Bugła	Kacper Marcin	3	II LO im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego	Rybnik	mgr Małgorzata Kamińska, dr Arkadiusz Owczarek
37	Wojciechowski	Ksawery	3	III LO im. Cypriana Kamila Norwida, Konin	Konin	mgr Aniela Burda
38	Kaszuba	Sebastian Jakub	3	II LO im. płk. Leopolda Lisa-Kuli	Rzeszów	mgr Kozub Marzena
39	Owecki	Wojciech	3	II LO im. Generałowej Zamoyskiej i Heleny Modrzejewskiej, Poznań	Poznań	mgr Ewa Staninska; dr Damian Mikulski
40	Prokopski	Mikołaj Stanisław	3	I LO im. Juliusza Słowackiego	Przemyśl	dr Justyna Sekuła, mgr inż. Katarzyna Harasimowicz- -Gąska

Tabela 3. Zakwalifikowani do udziału w kursie przygotowawczym do IChO

L.p.	Nazwisko	Imię	Kl	Szkoła	Miasto	Opiekunowie Laureatów
1	Krajnik	Jakub Mariusz	2	V LO im. Stefana Żeromskiego	Gdańsk	mgr Paweł Rudnicki-Velásquez
3	Lipiec	Michał Piotr	1	V LO im. Augusta Witkowskiego	Kraków	dr Wojciech Przybylski, mgr Iwona Król, Tomasz Ślusarczyk
4	Skoczeń	Bruno Andrzej	3	XIV LO im. Stanisława Staszica	Warszawa	mgr inż. Agnieszka Kuś
5	Sukiennik	Adam Szymon	2	Publiczne LO Politechniki Łódzkiej	Łódź	dr inż. Elżbieta Szubiakiewicz, dr Krzysztof Klimaszewski
6	Kwiatkowski	Jakub Krzysztof	3	Uniwersyteckie LO	Toruń	mgr Małgorzata Augustynowicz-Kłyszewska, dr Andrzej Wolan
7	Malinowski	Jakub	3	I LO im. Edwarda Dembowskiego	Zielona Góra	mgr Agnieszka Murawska; dr Michał Zabiszak
8	Buksak	Roman	2	II LO im. Mieszka I	Szczecin	mgr Teresa Kołogrecka-Bajek, dr hab. inż. Krzysztof Lubkowski, prof. ZUT
11	Przech	Katarzyna Zofia	3	I LO im. Zbigniewa Herberta	Częstochowa	mgr Marta Bednarczyk dr Arkadiusz Owczarek

Zdalnie przeprowadzone podsumowanie i uroczyste zakończenie 67. Olimpiady Chemicznej miało miejsce 19 czerwca 2021 roku, z wykorzystaniem platformy ZOOM. Prowadził je przewodniczący Komitetu Głównego Olimpiady, prof. dr hab. Marek Orlik, z udziałem Prezydium KG: wiceprzewodniczącej, prof. dr hab. Aleksandry Misickiej-Kęsik, sekretarza naukowego – dr hab. Ewy Poboży i kierownika organizacyjnego – mgr Wandy Szlągowskiej. Łącznie uczestniczyło w tym spotkaniu 96 osób, w tym: laureaci i wyróżnieni, ich nauczyciele, rodzice, członkowie Komitet Głównego i Komitetów Okręgowych oraz zaproszeni znakomici goście, którzy wsparli Komitet Główny zarówno finansowo, jak i organizacyjnie. Swoją obecnością zaszczyli tę uroczystość reprezentanci następujących instytucji:

1. Ministerstwa Edukacji i Nauki – w osobie Pana Tomasa Kulasy, wicedyrektora Departamentu Programów i Podręczników Ministerstwa Edukacji i Nauki, który złożył osobiste gratulacje dla zawodników, dziękując im za podjęty przez nich trud rozwijania swoich pasji w trakcie pandemii oraz odczytał list gratulacyjny sekretarza stanu MEiN, pana Dariusza Piontkowskiego, adresowany do laureatów i ich nauczycieli;
2. Instytutów Polskiej Akademii Nauk – reprezentowanych przez: prof. dr hab. Jacka Młynarskiego i dr. hab. Rafała Loskę z Instytutu Chemii Organicznej PAN oraz prof. dr hab. inż. Roberta Nowakowskiego z Instytutu Chemii Fizycznej PAN, który reprezentował także Polskie Towarzystwo Chemiczne;
3. Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego – reprezentowanego przez dziekana, prof. dr hab. Andrzeja Kudelskiego, prof. dr hab. Pawła Kuleszę – wieloletniego dziekana, członka korespondenta PAN i wiceprzewodniczącego Komitetu Chemii PAN oraz prof. dr hab. Zbigniewa Stojka – wieloletniego prodziekana i członka Komitetu Chemii PAN.
4. Międzywydziałowych Interdyscyplinarnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych (MISMaP) Uniwersytetu Warszawskiego, reprezentowanych przez wicedyrektor – prof. dr hab. Marię Doligalską z Wydziału Biologii UW.
5. Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej, w osobie dziekana, prof. dr hab. inż. Władysława Wiczorka, członka Komitetu Chemii PAN.
6. Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, w osobach: dziekana, prof. dr hab. Wojciecha Macyka, srebrnego medalisty 24. Międzynarodowej Olimpiady Chemicznej (IChO) oraz dr Ewy Odrowąż – sekretarz krakowskiego Komitetu Okręgowego.
7. Wydziału Chemii Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu – w osobie reprezentującej dziekana – prof. UAM, dr hab. Romualdy Bregier – Jarzębowskiej, także przewodniczącej Komitetu Okręgowego Olimpiady Chemicznej w Poznaniu.
8. Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego, w osobie prof. UŁ dr hab. Anny Zawiszy, pełniącej funkcję prodziekana ds. studenckich i jakości kształcenia.
9. Wydziału Chemicznego Politechniki Rzeszowskiej – w osobie dr. inż. Janusza Pusza, sekretarza Komitetu Okręgowego w Rzeszowie.
10. Wydziału Chemii Uniwersytetu w Białymstoku – w osobie dr Anny Basy, sekretarz Komitetu Okręgowego Olimpiady Chemicznej w Białymstoku.
11. Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie, w osobie prof. dr hab. Barbary Ostrowskiej i dr Marioli Iwan, przewodniczącej i sekretarz Komitetu Okręgowego w Lublinie.
12. Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego w osobach: prof. UŚ, dr hab. Rafała Podeszwy, złotego medalisty 25 IChO oraz dr. Mateusza Penkali, sekretarza Komitetu Okręgowego Olimpiady w Katowicach.
13. Przedstawiciele Komitetów Głównych Olimpiad: Fizycznej – w osobie przewodniczącego KG, prof. dr hab.

Andrzeja Wysmolka; Matematycznej – w osobie przewodniczącego KG, prof. dr hab. Grzegorza Świątka, srebrnego medalisty 13. i złotego medalisty 14. IChO oraz Biologicznej – w osobie mgr Katarzyny Grudziąż.

W tym roku dyplomy, zaświadczenia i nagrody zostaną laureatom i wyróżnionym wysłane pocztą. Nagrody od Komitetu Głównego Olimpiady Chemicznej obejmują: iPfony dla zawodników, którzy zajęli miejsca 1-5, tablety za zajęcie miejsca 6-12, kamery sportowe za miejsca 13-16 i tablety graficzne WACOM 18-31. Zawodnicy wyróżnieni, a także ośmioro uczestników kursu przygotowawczego na IChO otrzymali kalkulatory naukowe Casio. Nagrody specjalne za wysokie lokaty i najlepsze rozwiązania zadań z poszczególnych działów chemii przeznaczycyli dziekani Wydziałów Chemii: UW, PW, UŁ i UJ. Specjalną nagrodę dla najmłodszego zawodnika, którym tym razem jest Michał Lipiec, tradycyjnie ufundował dziekan Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Zakończenie jednej Olimpiady to początek przygotowań do następnej, już 68. Olimpiady Chemicznej. Zada-

nia wstępne zostały udostępnione w lipcu w Internecie na stronie: <http://www.olchem.edu.pl>, która niebawem zyska nową strukturę i szatę graficzną.

**Kalendarium następnej, 68. Olimpiady Chemicznej przedstawia się następująco:**

- 22 października 2021 r. – zakończenie etapu wstępnego i rejestracji internetowej zawodników
- 29 października 2021 r. – ostateczny termin przesłania prac etapu wstępnego do Komitetów Okręgowych.
- 20 listopada 2021 r. (sobota): godz. 11<sup>00</sup> – 16<sup>00</sup>: zawody I etapu
- 28 stycznia 2022 r. (piątek) godz. 12<sup>00</sup> – 17<sup>00</sup> – zawody części teoretycznej II etapu
- 29 stycznia 2022 r. (sobota) godz. 9<sup>00</sup> – 14<sup>00</sup> – zawody części laboratoryjnej II etapu
- 25 marca 2022 r. (piątek) godz. 14<sup>00</sup> – 19<sup>00</sup> – zawody części laboratoryjnej III etapu
- 26 marca 2022 r. (sobota) godz. 8<sup>30</sup> – 13<sup>30</sup> – zawody części teoretycznej III etapu.

# Zapraszamy na naszą nową stronę!

**Czasopisma pedagogiczne**

Witamy na naszej nowej stronie!

Twe mocne strony!

**Chemia**  
Nożyce genetyczne

**FIZYKA**  
CIAŁA STAŁE

**Geografia**  
UTAH

**Historyczne**  
Nauczanie zdalne

W najnowszych wydaniach

- Nauki o Ziemi**
- Chemia**
- Współczesna historia**
- Nauki o Ziemi**



# Sprawozdanie z 53. Międzynarodowej Olimpiady Chemicznej

Marek Orlik  
Aleksandra Misicka-Kęsik

**53.** Międzynarodowa Olimpiada Chemiczna, zorganizowana przez Japonię, jako druga IChO w historii tych zawodów została przeprowadzona zdalnie (*Remote Access Exam*) w dniach 25 lipca – 2 sierpnia 2021 r pod hasłem „*Chemistry! It's Cool!*”. W ciągu niemal roku, jaki upłynął od poprzedniej zdalnej IChO trwały dyskusje nad możliwością powrotu do tradycyjnej wersji zawodów, ale ostatecznie w marcu br. japońscy organizatorzy, wobec utrzymującego się zagrożenia epidemicznego zdecydowali o pozostaniu przy wersji zdalnej. W porównaniu z 59 krajami, które wzięły udział w zeszłorocznych zawodach, w tym roku do zmagania przystąpiło 312 zawodników z 79 krajów: Arabii Saudyjskiej, Armenii, Australii, Austrii, Azerbejdżanu, Bangladeszu, Belgii, Białorusi, Brazylii, Bułgarii, Chin, Chorwacji, Cypru, Czarnogóry, Danii, Estonii, Filipin, Finlandii, Francji, Gruzji, Grecji, Holandii, Indii, Indonezji, Iranu, Irlandii, Islandii, Izraela, Japonii, Kanady, Kataru, Kazachstanu, Kirgistanu, Korei Płd., Kostaryki, Litwy, Luksemburga, Łotwy, Macedonii Północnej, Malezji, Meksyku, Mołdawii, Mongolii, Niemiec, Nigerii, Norwegii, Nowej Zelandii, Omanu, Pakistanu, Polski, Portugalii, Republiki Czeskiej, Rosji, RPA, Rumunii, Salwadoru, Serbii, Singapuru, Słowacji, Słowenii, Sri Lanki, Szwajcarii, Szwecji, Syrii, Tadżykistanu, Tajlandii, Tajwanu, Trynidadu i Tobago, Turcji, Turkmenistanu, Ukrainy, Urugwaju, USA, Uzbekistanu, Wenezueli, Węgier, Wielkiej Brytanii, Wietnamu i Zjednoczonych Emiratów Arabskich. Rolę obserwatorów, ubiegających się o udział w przyszłych IChO, pełnili przedstawiciele Afganistanu, Ekwadoru, Egiptu, Kuwejtu, Nepalu i Paragwaju.

Zgodnie z Regulaminem 67. Krajowej Olimpiady Chemicznej, opublikowanym na stronie internetowej [www.olchem.edu.pl](http://www.olchem.edu.pl) kwalifikacja naszej reprezentacji na IChO została przeprowadzona dwustopniowo. W pierwszym etapie, na podstawie podanego w Regulaminie algorytmu, uwzględniającego osiągnięcia w tegorocznych i ewentualnie poprzednich zawodach krajowych i międzynarodowych, wyłonionych zostało 8 uczestników kursu przygotowawczego do IChO, którzy wyrazili zgodę na kandydowanie do składu drużyny na IChO. Byli to: Jakub Krajnik, Michał Lipiec, Bruno Skoczeń, Adam Sukiennik, Jakub Kwiatkowski, Jakub Malinowski, Roman Buksak i Kata-

ryzna Przech (p. s. 27). Kurs ten został przeprowadzony zdalnie w okresie od 14 do 25 czerwca 2021 r. przez pracowników Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego i Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej na podstawie przesłanych wcześniej zadań przygotowawczych na IChO.

W drugim etapie kwalifikacji, w dniu 26 czerwca br., na terenie Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego odbył się egzamin kwalifikujący do udziału w zawodach międzynarodowych, polegający na rozwiązywaniu w ciągu pięciu godzin siedmiu zadań z różnych działów chemii, tematycznie nawiązujących do Olimpiady Krajowej na poziomie finału i zadań przygotowawczych do IChO. Na podstawie wyników uzyskanych w tym egzaminie do udziału w 53. IChO zostali zakwalifikowani:

1. Bruno Skoczeń, uczeń III klasy XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie, laureat 67. Olimpiady Chemicznej (4. lokata), finalista<sup>1</sup> 66. Olimpiady (28. lokata), nauczyciel: mgr inż. Agnieszka Kuś
2. Michał Lipiec, uczeń I klasy V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie, laureat 67. Olimpiady Chemicznej (3. lokata), finalista<sup>1</sup> 66. Olimpiady Chemicznej (3. lokata), brązowy medalista 52. IChO; nauczyciele: dr Wojciech Przybylski, mgr Iwona Król, Tomasz Ślusarczyk
3. Jakub Kwiatkowski, uczeń III klasy Uniwersyteckiego LO w Toruniu, laureat 67. Olimpiady (6. lokata), finalista<sup>1</sup> 66. Olimpiady Chemicznej (17. lokata); nauczyciele: mgr Małgorzata Augustynowicz-Kłyszewska, dr Andrzej Wolan
4. Adam Sukiennik, uczeń II klasy Publicznego LO Politechniki Łódzkiej w Łodzi, laureat 67. Olimpiady (5. lokata), finalista<sup>1</sup> 66. Olimpiady Chemicznej (2. lokata), laureat 65. Olimpiady Chemicznej (14. lokata), brązowy medalista 52. IChO; nauczyciele: dr inż. Elżbieta Szubiakiewicz, dr Krzysztof Klimaszewski

Rolę opiekunów polskiej reprezentacji pełnili: prof. dr hab. Marek Orlik, przewodniczący i prof. dr hab. Aleksandra Misicka-Kęsik, wiceprzewodnicząca Komitetu Głównego Olimpiady Chemicznej, a obserwatorem, uprawnionym do uczestniczenia w pracach Międzynarodowego Jury był dr hab. Piotr Kwiatkowski z Wydziału Chemii UW.

<sup>1</sup> Z powodu zagrożenia epidemicznego, na podstawie rozporządzenia MEN, w roku szkolnym 2019/2020 nie odbył się III etap Olimpiady Chemicznej

Od strony merytorycznej i organizacyjnej Olimpiada była realizowana przez zespół złożony z przedstawicieli japońskich ośrodków akademickich w Kioto, Osace, Tsukubie i Kindai. Imponująca liczba sponsorów obejmowała 143 pozycje, wśród których znalazły się tak znane korporacje jak Mitsubishi czy Nissan.

Tematyka wyłącznie teoretycznych zadań konkursowych była następująca:

Zadanie 1 (chemia fizyczna i teoretyczna)	Adsorpcja i absorpcja wodoru w metalu
Zadanie 2 (chemia fizyczna i teoretyczna)	Wymiana izotopowa i jej termodynamiczna charakterystyka
Zadanie 3 (chemia analityczna)	Prawo Lamberta-Beera
Zadanie 4 (chemia ogólna i nieorganiczna)	Reakcje redoks cynku
Zadanie 5 (chemia organiczna)	Organiczne związki krzemu
Zadanie 6 (chemia nieorganiczna)	Chemia związków metali przejściowych w fazie stałej
Zadanie 7 (chemia organiczna)	Niebenzenowe związki aromatyczne
Zadanie 8 (chemia organiczna)	Dynamiczne cząsteczki organiczne i ich chiralność
Zadanie 9 (chemia organiczna)	Synteza i struktura związków o charakterze kapsułkowym

Zadania powyższe należy ocenić jako merytorycznie zaawansowane, a ich rozwiązywanie było czasochłonne.

Podobnie jak w ubiegłym roku, zadania konkursowe zostały udostępnione do tłumaczenia na języki narodowe za pomocą opracowanego w Szwajcarii w 2016 roku oprogramowania do optymalizacji rozgrywania międzynarodowych olimpiad przedmiotowych Oly-Exams, zaadoptowanego do zawodów realizowanych w sposób całkowicie zdalny. Z punktu widzenia opiekunów i organizatorów 53. IChO trwała od 23 lipca do 2 sierpnia według następującego harmonogramu. 23 lipca za pomocą komunikatora ZOOM opiekunowie drużyn i osoby bezpośrednio nadzorujące zawody z poszczególnych krajów odbyli internetowe przeszkolenie w posługiwaniu się oprogramowaniem Oly-Exams.

25 lipca nastąpiło uroczyste, zdalne rozpoczęcie 53. IChO z użyciem oprogramowania do tworzenia wirtualnej rzeczywistości. 26 lipca, za pomocą oprogramowania Oly-Exams wyłącznie opiekunowie narodowi i obserwatorzy uzyskali dostęp do pierwotnych wersji zadań konkursowych, po czym za pomocą komunikatora ZOOM zostały

przeprowadzone kilkugodzinne dyskusje, zakończone zatwierdzeniem finalnych wersji zadań. 27 lipca miało miejsce tłumaczenie zadań na języki narodowe.

Dopiero w dniu właściwych zawodów – 28 lipca, linki do plików pdf z zadaniami uzyskały specjalnie wyznaczone wcześniej osoby (*invigilators*), które były odpowiedzialne za: pobranie odpowiednich plików i ich wydrukowanie, nadzorowanie 5-godzinnej pracy zawodników pod kontrolą kamer przekazujących obraz w czasie rzeczywistym do serwera w Japonii i w końcu za zeskanowanie prac oraz przesłanie plików pdf do Japonii za pomocą programu Oly-Exams. Pilne, bieżące informacje były przekazywane opiekunom delegacji i osobom nadzorującym za pomocą komunikatora Telegram.

Ze względu na czasowo zmniejszone zagrożenie pandemiczne w Polsce tym razem zawody zostały rozegrane w jednym miejscu – na terenie Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego pod nadzorem dr hab. Ewy Poboży, Sekretarza Naukowego KG Olimpiady Chemicznej.

29 lipca opiekunowie narodowi i obserwatorzy uzyskali zdalny dostęp do skanów prac swoich zawodników i następnego dnia mogli porównać swoje oceny z proponowanymi przez organizatorów. Ostateczne zatwierdzenie wyników, po ewentualnej bezpośredniej dyskusji za pomocą komunikatora ZOOM w dniu 31 lipca, odbywało się za pośrednictwem oprogramowania Oly-Exams. Zgodnie z przyjętymi na 50. IChO regulacjami, podziału medali dokonywało automatycznie odpowiednie oprogramowanie, przygotowane tak, aby ok. 10% najlepszych zawodników otrzymywało medale złote, ok. 20% - srebrne i ok. 30% – brązowe, z wyborem granicy między tymi grupami odpowiadającej największej lokalnej różnicy punktów w pobliżu podanych wyżej zakresów.

Oficjalne internetowe ogłoszenie wyników 53. IChO nastąpiło zdalnie 2 sierpnia. Przyznano 33 złote medale, 67 srebrnych i 94 brązowe. Kolejnych 24 zawodników otrzymało wyróżnienia (*honorable mentions*). Wszystkim zawodnikom, za pośrednictwem opiekunów, zostaną przesłane certyfikaty uczestnictwa i zdobytych medali.

Bezapelacyjnym zwycięzcami 53. IChO okazali się zawodnicy chińscy: Shu Yang, Zhagyi Huang, Xinyu Cai i Bangsen Zhao, którzy zajęli cztery pierwsze miejsca. Nasi zawodnicy osiągnęli następujące wyniki:

1. Michał Lipiec – srebrny medal (39. miejsce)
2. Bruno Skoczeń – srebrny medal (64. miejsce)
3. Jakub Kwiatkowski – srebrny medal (99. miejsce)
4. Adam Sukiennik – brązowy medal (154. miejsce)

Oceniając wyniki naszych zawodników należy zwrócić uwagę, że najlepszy z nich był bardzo blisko zdobycia złotego medalu, zajmując 6. miejsce na liście srebrnych medalistów.



Fot. 1. Polska reprezentacja na 53. IChO. Od lewej: Michał Lipiec (srebrny medal), Bruno Skoczeń (srebrny medal), Jakub Kwiatkowski (srebrny medal), Adam Sukiennik (brązowy medal).

W nieoficjalnej klasyfikacji medalowej zwycięzcami 53. IChO zostały, jak wspomniano wyżej, Chiny, a także Rosja, których reprezentanci zdobyli po 4 złote medale. Następne miejsca zajmują, ex aequo: Wietnam, Tajwan oraz – co ciekawe – Rumunia, z trzema złotymi i jednym srebrnym medalem. Dwa złote i dwa srebrne medale zdobyli zawodnicy z Indii, Iranu, Singapuru, Turcji i USA. Dwa złote medale i jeden srebrny zdobyli reprezentanci Wielkiej Brytanii, wyprzedzając Koreę Płd., legitymującą się tym razem jednym złotym i trzema srebrnymi medalami. Po jednym złotym medalu, jednym srebrnym i po dwa brązowe medale zdobyli zawodnicy z Czech i Izraela. Jeden złoty medal i trzy brązowe zdobył Uzbekistan. Polska reprezentacja lokuje się na kolejnej pozycji, razem z Japonią, Kazachstanem, Arabią Saudyjską i Tajlandią, wyprzedzając m. in. Niemcy czy Węgry – zdobywców 2 srebrnych i 2 brązowych medali.

Z zestawienia tego wynika, że tradycyjna dominacja zawodników azjatyckiego pochodzenia, choć nadal widoczna, nie jest w tym roku tak mocno jak zwykle zaznaczona. Z drugiej strony, nie ulega wątpliwości, że polska reprezentacja powinna móc poprawić swoją pozycję w przyszłych zawodach. Dyskusje na ten temat towarzyszą każdej kolejnej IChO, ale przynajmniej w tym roku główna przyczyna umiarkowanych, choć skądinąd przyzwoitych wyników jasno wynika z analizy rozwiązań zadań przedstawionych przez naszych zawodników – jest nią ograniczenie kompetencji części z nich do tematyki szeroko rozumianej chemii organicznej. O ile kilkanaście lat temu specjalizacja w niektórych działach chemii mogła jeszcze zapewnić wysokie medalowe miejsce, o tyle obecnie konkurencja jest tak silna, że tylko zawodnicy swobodnie poruszający się w różnych działach chemii są w stanie zająć wysoką lokatę.

Wniosek ten należy skierować przede wszystkim do nauczycieli naszych olimpijczyków, ponieważ żaden, do tego zaledwie dwutygodniowy kurs przygotowawczy przed zawodami nie może wyrobić w zawodnikach biegłości w rozwiązywaniu problemów wymagających wprawy w operowaniu równaniami i ich przekształcaniami, właściwymi dla

chemii pojmowanej jako nauka ścisła. Oczywiście nakłada to także obowiązek utrzymywania i rozwijania odpowiedniej tematyki zadań z szeroko pojętej chemii nieorganicznej przez Komitet Redakcyjny zadań konkursowych, pracujący pod nadzorem Komitetu Głównego Olimpiady Chemicznej.

Podsumowując przebieg zdalnie zrealizowanej 53. Olimpiady Chemicznej należy stwierdzić, iż została ona bardzo starannie przygotowana od strony zarówno merytorycznej, jak i organizacyjnej, co w korespondencji adresowanej do organizatorów podkreślali opiekunowie wielu drużyn. W stosunku do poprzedniej zdalnej IChO, organizatorzy zadbałi także o atrakcje dla zawodników w postaci wirtualnych wycieczek po ciekawych miejscach Japonii oraz prezentacji zadań laboratoryjnych, które z oczywistych względów nie mogły być realizowane, ale zostały przygotowane przez organizatorów. Utrzymane zostało także wydawanie tradycyjnej gazetki „Catalyzer” – w formie internetowej.

Więcej informacji o 53. IChO można znaleźć na stronie internetowej:

<https://www.icho2021.org/>

Można sądzić, że nawet po zakończeniu pandemii przyszłe zawody IChO będą odbywały się w pewnym stopniu z wykorzystaniem oprogramowania Oly-Exams, które znacznie usprawnia niektóre etapy także bezpośredniej pracy, takie jak tłumaczenie zadań i uzgadnianie wyników. Organizacji kolejnej, 54. IChO podjęły się Chiny, proponując Tianjin jako miejsce jej przeprowadzenia. W aktualnej nieprzewidywalnej sytuacji epidemicznej prowadzone są równoległe prace nad przygotowaniem zarówno tradycyjnej, jak i zdalnej wersji zawodów.

Prof. dr hab. Marek Orlik  
Prof. dr hab. Aleksandra Misicka-Kęsik  
Komitet Główny Olimpiady Chemicznej  
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

# Arkusze diagnostyczny z chemii po szkole podstawowej

Agnieszka Czub-Czech  
Kamil Czech

**N**auczyciel jest obowiązany **indywidualizować pracę** z uczniem na zajęciach edukacyjnych odpowiednio do potrzeb rozwojowych i edukacyjnych oraz możliwości psychofizycznych ucznia. Diagnoza przedmiotowa po szkole podstawowej dla uczniów profilu biologiczno-chemicznego umożliwia badanie poziomu osiągnięć oraz obserwację postępów uczniów w opanowaniu wiadomości i umiejętności określonych w obowiązującej podstawie programowej. Uzyskane wyniki pozwalają w przemyślny i skuteczny sposób dobrać dla każdego ucznia materiały służące rozwijaniu lub kształtowaniu umiejętności w celu zaspokajania indywidualnych potrzeb edukacyjnych.

### Zadanie 1 (1 pkt)

Uzupełnij tabelę wpisując literę P, jeżeli zdanie jest prawdziwe lub literę F, jeżeli zdanie jest fałszywe.

Lp.	Zdanie	P/F
1.	Mieszaninę alkoholu etylowego i wody można rozdzielić za pomocą sączenia.	
2.	Mieszaninę soli kuchennej od sproszkowanej kredy można rozdzielić za pomocą destylacji.	
3.	Mieszaninę alkoholu etylowego i wody zaliczamy do mieszaniny jednorodnej.	

### Zadanie 2 (1 pkt)

W podanej tabelce pierwsza kolumna zawiera nazwę substancji, a druga jej właściwości. Przyporządkuj jedną właściwość do każdej substancji:

1. Azot	A. piasek
2. Siarka	B. barwa żółta
3. Tlenek krzemu	C. bezbarwny, bezwonny gaz
4. Amoniak	D. gaz szlachetny
5. Argon	E. duszący, drażniący gaz

1 ..... 2 ..... 3 ..... 4 ..... 5 .....

### Zadanie 3 (1 pkt)

Podane niżej pierwiastki przyporządkuj do metali i niemetalii:

Na, Fe, S, O, N, Ar, Li, Cr

Metale	Niemetale

### Zadanie 4 (2 pkt)

Oblicz masę benzyny o gęstości  $0,7 \text{ g/cm}^3$ , która wypełnia objętość zbiornika równą  $300 \text{ cm}^3$ .

Obliczenia:

### Zadanie 5 (1 pkt)

Które pierwiastki występują w cząsteczkach dwuatomowych?

- tlen, azot, chlor
- tlen, węgiel, argon
- tlen, wodór, sód
- tlen, wodór, hel

### Zadanie 6 (2 pkt)

Uzupełnij poniższą tabelę wpisując w puste miejsca odpowiednią liczbę atomową, liczbę elektronów, protonów, neutronów, numer okresu oraz numer grupy dla danego pierwiastka chemicznego:

Symbol pierwiastka chemicznego	Liczba atomowa	Liczba elektronów	Liczba protonów	Liczba neutronów	Numer okresu	Numer grupy
S						
Li						

### Zadanie 7 (2 pkt)

Na podstawie wartości elektrojemności pierwiastków określ rodzaj wiązania występującego w podanych cząsteczkach:



(Elektrojemności pierwiastków: N = 3,0; O = 3,5; Cl = 3,0; K = 0,9; H = 2,1)

Wzór cząsteczki	Rodzaj wiązania chemicznego
$\text{N}_2\text{O}$	
$\text{H}_2\text{O}$	
$\text{Cl}_2$	
$\text{K}_2\text{O}$	

Zadanie 8 (1 pkt)

Uzupełnij tabelę wpisując literę P, jeżeli zdanie jest prawdziwe, lub literę F jeżeli zdanie jest fałszywe.

Lp.	Zadanie	P/F
1.	Reakcja spalania jest reakcją endotermiczną.	
2.	Katalizator przyspiesza zajście reakcji chemicznej.	
3.	Reakcja syntezy jest reakcją łączenia.	

Zadanie 9 (1 pkt)

Oblicz masę cząsteczkową glukozy (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

Obliczenia:

Zadanie 10 (2 pkt)

Oblicz masę substancji, którą należy dodać do 140 g wody, aby otrzymać roztwór 30 %.

Obliczenia:

Zadanie 11 (2 pkt)

Oblicz rozpuszczalność (w g/100 g wody) danej substancji, jeżeli wiadomo, że w jej nasyconym roztworze w danej temperaturze znajduje się 20 g substancji i 40 g wody.

Obliczenia:

Zadanie 12 (3 pkt)

Podaj nazwy następujących związków chemicznych:

Wzór związku chemicznego	Nazwa związku chemicznego	Wzór związku chemicznego	Nazwa związku chemicznego
HNO <sub>2</sub>		K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
H <sub>2</sub> S <sub>(g)</sub>		Cu(OH) <sub>2</sub>	
SO <sub>2</sub>		NH <sub>4</sub> Cl	
Ca(OH) <sub>2</sub>		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	

Zadanie 13 (3 pkt)

Dokończ równania reakcji i dobierz odpowiednie współczynniki:

- Na<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>O → .....
- NH<sub>4</sub>Cl + NaOH → .....
- SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → .....
- SO<sub>3</sub> + K<sub>2</sub>O → .....
- Ca(OH)<sub>2</sub> + HCl → .....
- Na<sub>2</sub>O + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → .....

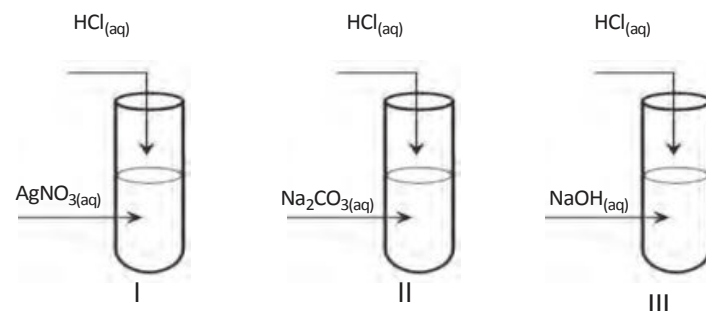
Zadanie 14 (2 pkt)

Ułóż równania reakcji dysocjacji dla następujących związków chemicznych:

- CH<sub>3</sub>COOH  $\xrightarrow{H_2O}$  .....
- KOH  $\xrightarrow{H_2O}$  .....
- NaNO<sub>3</sub>  $\xrightarrow{H_2O}$  .....

Zadanie 15 (3 pkt)

Przeprowadzono trzy doświadczenia, których przebieg zilustrowano na poniższych schematach:



Podaj numer próbówki, w której wydzieli się gaz: .....

Podaj numer próbówki, w której wytrącił się osad: .....

Podaj numer próbówki, w której nie zaobserwowano powyższych zmian: .....

Napisz w formie jonowej skróconej równania reakcji przebiegających w próbówce oznaczonej numerem III:

.....

Zadanie 16 (2 pkt)

Uzupełnij tabelę wpisując barwy odpowiednich wskaźników kwasowo-zasadowych wynikające z odczynów wodnych roztworów dla podanych substancji chemicznych.

Wzór związku	Fenoloftaleina	Oranż metylowy	Papierek uniwersalny
CO <sub>2</sub>			
KOH			
HCl			
CO			

Zadanie 17 (2 pkt)

Do wzorów ogólnych przyporządkuj nazwy podanych poniżej związków organicznych:  
metan, butyn, propen, etylen, acetylen

Wzór ogólny związku	Nazwy związków chemicznych
$C_nH_{2n+2}$	
$C_nH_{2n}$	
$C_nH_{2n-2}$	

### Zadanie 18 (2 pkt)

Ułóż równanie reakcji całkowitego spalania etanu oraz polimeryzacji etenu:

- a. spalanie etanu .....  
 b. polimeryzacja etenu.....

### Zadanie 19 (3 pkt)

Do podanych szeregów homologicznych przyporządkuj podane nazwy związków organicznych:

butanian etylu, propanol, glicerol,  
 kwas metanowy, glicyna, glukoza, celobioza,  
 kwas oleinowy

Nazwa szeregu homologicznego	Nazwa związku organicznego
Alkohol monohydroksylowy	
Alkohol polihydroksylowy	
Ester	
Kwas karboksylowy	
Wyższy kwas karboksylowy	
Aminokwas	
Cukier prosty	
Cukier złożony	

### Zadanie 20 (3 pkt)

Uzupełnij tabelę wpisując literę P, jeżeli zdanie jest prawdziwe lub literę F, jeżeli zdanie jest fałszywe.

Lp.	Zdanie	P/F
1.	Ester otrzymujemy w reakcji kwasu karboksylowego z alkoholem pod wpływem kwasu siarkowego(VI).	
2.	Sacharoza jest cukrem prostym.	
3.	Cząsteczka tłuszczu jest estrem zbudowanym z glicerolu i wyższego kwasu tłuszczowego.	
4.	Za pomocą reakcji biuretowej można wykryć cukry proste.	
5.	Kwasy karboksylowe reagują z tlenkami metali, metalami, wodorotlenkami.	
6.	Mrówczan sodu to przykład mydła.	

### Zadanie 21 (1 pkt)

W celu odróżnienia chemicznej budowy tłuszczu stałego od ciekłego podkreśl odczynnik podany poniżej, który umożliwi tę identyfikację.

$CuSO_{4(aq)}$ ,  $Br_{2(aq)}$ ,  $Cu(OH)_2$ ,  $NaHCO_{3(aq)}$ ,  $FeCl_{3(aq)}$

Agnieszka Czub-Czech

V LO im. Ks. Piotra Ściegiennego  
w Kielcach

Kamil Czech

III Liceum Ogólnokształcące im. C. K. Norwida  
w Kielcach

## PRZEWIDYWANY MODEL ODPOWIEDZI

Numer zadania	Odpowiedź	Wymagania ogólne i szczegółowe	Zasady przyznawania punktów	Punktacja
1	1.F, 2.F, 3.P	I.5	1 pkt – poprawne wskazanie trzech odpowiedzi. 0 pkt – odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-1
2	1.C, 2.B, 3.A, 4.E, 5.D	I.1	1 pkt – poprawny wybór i przyporządkowanie liter do odpowiednich numerów. 0 pkt – odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-1
3	Metale: Na, Fe, Li, Cr Niemetale: S, O, N, Ar	I.9	1 pkt – poprawny wybór i przyporządkowanie symboli pierwiastków. 0 pkt – odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-1
4	$m_r = 210$ g	I.10	2 pkt – poprawne obliczenie i podanie wyniku z poprawną jednostką. 1 pkt – zastosowanie poprawnej metody, ale: – popełnienie błędów rachunkowych prowadzących do błędnego wyniku liczbowego. – podanie wyniku liczbowego w innej jednostce niż gramy lub brak jednostki. 0 pkt – odpowiedź niespełniająca powyższych kryteriów albo brak rozwiązania.	0-2
5	tlen, azot, chlor	II.10	1 pkt – poprawny wybór. 0 pkt – brak poprawnej odpowiedzi.	0-1

Numer zadania	Odpowiedź	Wymagania ogólne i szczegółowe	Zasady przyznawania punktów	Punktacja
6	Kolejno: 16, 16, 16, 16, 3, 16  3, 3, 3, 4, 2, 1	II.1, II.2, II.3	2 pkt – poprawne uzupełnienie tabeli. 1 pkt – połowa uzupełnionej tabeli. 0 pkt – odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-2
7	Kolejno: wiązanie kowalencyjne spolaryzowane, wiązanie kowalencyjne spolaryzowane, wiązanie kowalencyjne niespolaryzowane, wiązanie jonowe	II.9	2 pkt – poprawne uzupełnienie tabeli. 1 pkt – poprawne wskazanie trzech, dwóch odpowiedzi. 0 pkt – poprawne wskazanie jednej odpowiedzi, odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-2
8	1.F, 2.P, 3.P	III.4, III.5	1 pkt – poprawne wskazanie trzech odpowiedzi. 0 pkt – odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-1
9	$M_{cz} = 180 \text{ u}$	III.6	1 pkt – poprawne obliczenie i podanie wyniku z poprawną jednostką. 0 pkt – popełnienie błędów rachunkowych prowadzących do błędnego wyniku lub podanie wyniku z niepoprawną jednostką.	0-1
10	$m_s = 60 \text{ g}$	V.7	2 pkt – zastosowanie poprawnej metody, poprawne wykonanie obliczeń wraz z poprawną jednostką. 1 pkt – zastosowanie poprawnej metody, ale: – popełnienie błędów rachunkowych prowadzących do błędnego wyniku liczbowego lub podanie wyniku liczbowego w innej jednostce niż gramy. 0 pkt – zastosowanie błędnej metody obliczenia albo brak rozwiązania.	0-2
11	$R = 50 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$	V.7	2 pkt – zastosowanie poprawnej metody, poprawne wykonanie obliczeń oraz podanie wartości liczbowej wyniku (w gramach w 100 g wody). 1 pkt – zastosowanie poprawnej metody, ale: – popełnienie błędów rachunkowych prowadzących do błędnego wyniku liczbowego lub podanie wyniku liczbowego w innej jednostce niż gramy. 0 pkt – zastosowanie błędnej metody obliczenia albo brak rozwiązania.	0-2
12	HNO <sub>2</sub> – kwas azotowy(III) K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> – węglan potasu H <sub>2</sub> S – siarkowódz Cu(OH) <sub>2</sub> – wodorotlenek miedzi(II) SO <sub>2</sub> – tlenek siarki(IV) NH <sub>4</sub> Cl – chlorek amonu Ca(OH) <sub>2</sub> – wodorotlenek wapnia Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – siarczan(VI) sodu	VI.1, VII.2	3 pkt – poprawne napisanie wszystkich nazw związków chemicznych. 2 pkt – poprawne napisanie od 7-6 nazw związków chemicznych. 1 pkt – poprawne napisanie od 5-4 nazw związków chemicznych. 0 pkt – poprawne napisanie od 3-0 nazw związków chemicznych.	0-3
13	a) Na <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O → 2NaOH b) NH <sub>4</sub> Cl + NaOH → NH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O + NaCl c) SO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O → H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> d) SO <sub>3</sub> + K <sub>2</sub> O → K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O e) Ca(OH) <sub>2</sub> + 2HCl → CaCl <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O f) 3Na <sub>2</sub> O + 2H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> → 2Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + 3H <sub>2</sub> O	VI.2, VII.3	3 pkt – poprawne napisanie wszystkich równań chemicznych w formie cząsteczkowej. 2 pkt – poprawne napisanie od 5-4 równań chemicznych w formie cząsteczkowej 1 pkt – poprawne napisanie od 4-3 równań chemicznych w formie cząsteczkowej. 0 pkt – poprawne napisanie od 2-0 równań chemicznych w formie cząsteczkowej.	0-3
14	a) CH <sub>3</sub> COOH → CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> + H <sup>+</sup> b) KOH → K <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> c) NaNO <sub>3</sub> → Na <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	VI.4, VII.4	2 pkt – poprawne napisanie wszystkich równań dysocjacji elektrolitycznej związków chemicznych. 1 pkt – poprawne napisanie 2 równań dysocjacji elektrolitycznej związków chemicznych. 0 pkt – poprawne napisanie od 1-0 równań dysocjacji elektrolitycznej związków chemicznych.	0-2

Numer zadania	Odpowiedź	Wymagania ogólne i szczegółowe	Zasady przyznawania punktów	Punktacja
15	II, I, III $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$	VII.1, VII.5	3 pkt – poprawne wskazanie numerów probówek oraz napisanie w formie jonowej skróconej równania reakcji przebiegających w probówce oznaczonej numerem III. 2 pkt – poprawne wskazanie numerów probówek, ale niepoprawne w formie jonowej skróconej równania reakcji przebiegających w probówce oznaczonej numerem III lub poprawne wskazanie 2 numerów probówek oraz napisanie w formie jonowej skróconej równania reakcji przebiegających w probówce oznaczonej numerem III. 1 pkt – poprawne wskazanie 2 probówki i niepoprawne napisanie w formie jonowej skróconej równania reakcji przebiegających w probówce oznaczonej numerem III lub poprawne wskazanie 1 numeru probówek oraz napisanie w formie jonowej skróconej równania reakcji przebiegających w probówce oznaczonej numerem III. 0 pkt – odpowiedź niepełna lub niepoprawna albo brak odpowiedzi.	0-3
16	Kolejno: bezbarna, czerwony, czerwony malinowa, żółty/pomarańczowy, niebieski bezbarna, czerwony, czerwony bezbarna, pomarańczowy, żółty	VI.5	2 pkt – poprawne określenie wszystkich barw wskaźników kwasowo-zasadowych dla danych związków chemicznych. 1 pkt – poprawne określenie od 3-2 barw wskaźników kwasowo-zasadowych dla danych związków chemicznych. 0 pkt – poprawne określenie od 1-0 barw wskaźników kwasowo-zasadowych dla danych związków chemicznych.	0-2
17	$C_nH_{2n+2}$ metan $C_nH_{2n}$ propen, etylen $C_nH_{2n-2}$ butyn, acetylen	VIII.2, VIII.5	2 pkt – przyporządkowanie wszystkich węglowodorów do odpowiedniego wzoru ogólnego. 1 pkt – przyporządkowanie 2 węglowodorów do odpowiedniego wzoru ogólnego. 0 pkt – przyporządkowanie 1-0 węglowodorów do odpowiedniego wzoru ogólnego.	0-2
18	a) $2C_2H_6 + 14O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ b) $n CH_2=CH_2 \rightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$	VIII.4, VIII.7	2 pkt – poprawne napisanie 2 równań chemicznych w formie cząsteczkowej. 1 pkt – poprawne napisanie 1 równania chemicznego w formie cząsteczkowej. 0 pkt – błędne napisanie równań reakcji (błędne wzory reagentów, błędne współczynniki stechiometryczne, niewłaściwa forma zapisu) albo brak odpowiedzi.	0-2
19	Kolejno: propanol glicerol butanian etylu kwas metanowy kwas oleinowy glicyna glukoza celobioza	IX.1, IX.3, IX.4, IX.5, X.1, X.8	3 pkt – poprawne napisanie wszystkich nazw związków organicznych. 2 pkt – poprawne napisanie od 7-6 nazw związków organicznych. 1 pkt – poprawne napisanie od 5-4 nazw związków organicznych. 0 pkt- poprawne napisanie od 3-0 nazw związków organicznych.	0-3
20	Kolejno: P, F, P, F, P, F	VIII.8, IX.5, IX.6, X.2, X.6, X.9	3 pkt – poprawne wskazanie wszystkich odpowiedzi. 2 pkt – poprawne wskazanie od 5-4 odpowiedzi. 1 pkt – poprawne wskazanie 3 odpowiedzi. 0 pkt – poprawne wskazanie od 2-0 odpowiedzi.	0-3
21	$Br_{2(aq)}$	X.3	1 pkt – poprawny wybór odczynnika 0 pkt – brak poprawnej odpowiedzi.	0-1

**W następnym wydaniu polecamy m.in.:**

- Hydrożele i ich zastosowanie
- Zadania z 53. Międzynarodowej Olimpiady Chemicznej



# Rozdzielanie chromatograficzne w praktyce szkolnej

Natalia Litwicka, Justyna Piechocka

Wykorzystaniu technik chromatograficznych obecnie słyzy się bardzo często, z uwagi na ich szerokie zastosowanie, także w analizach wykonywanych na potrzeby wielu branż przemysłowych. W specjalistycznych laboratoriach techniki te wykorzystuje się do oznaczania substancji we wszelakiego rodzaju matrycach (próbkach). Stąd też tak istotnym staje się zapoznanie uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych z chociażby teoretycznymi podstawami szeroko rozpo- wszechnionej w życiu codziennym chromatografii.

Artykuł, który został przygotowany z myślą o uczniach szkół ponadpodstawowych, pozwoli Czytelnikom poszerzyć wiedzę z zakresu metod rozdzielania składników mieszanin jednorodnych, wykorzystujących procesy charakterystyczne dla rozdzielania chromatograficznego. Kluczem do zrozumienia istoty wspomnianych procesów jest nie tylko znajomość teoretycznych podstaw, ale również umiejętność wykorzystania zdobytej wiedzy w praktyce. Stąd autorzy mają nadzieję, że pomocne okażą się schematy stanowiące integralną część opracowania, przytoczone przykłady, proste zadania oraz zaprojektowane doświadczenie, którego realizacja jest możliwa nawet w skromnie wyposażonej szkolnej pracowni chemicznej.

## Zarys historyczny i podstawy teoretyczne w pigułce

Chromatografia to jedna z technik analitycznych, która umożliwia rozdzielanie składników mieszanin jednorodnych oraz pośrednio określenie zawartości każdego związku składającego się na ową mieszaninę. Początki chromatografii sięgają końca XIX wieku, a za jej twórcę uznaje się rosyjskiego biologa, Michaiła Cwieta. Podstawą jego badań było rozdzielanie składników obecnych w ekstrakcie z liści babki lancetowatej.

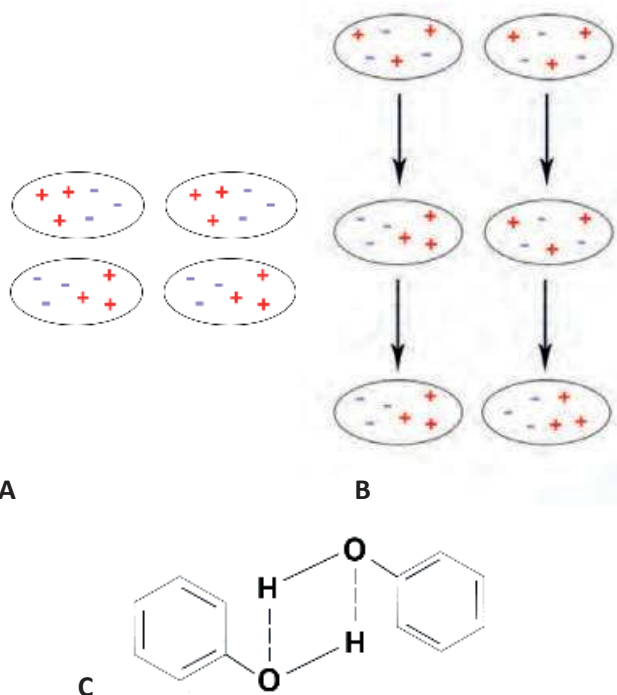
Początkowo prace laboratoryjne naukowca ograniczały się do doboru odpowiedniego rozpuszczalnika do ekstrakcji, czemu towarzyszyło wykazanie właściwości fizykochemicznych poszczególnych składników wyciągu roślinnego. Następnie Michaił Cwiet wykorzystał autorską metodę do rozdzielania składników mieszaniny (ekstraktu), którą określił mianem „chromatografia”.

Nazwa terminu pochodzi od łacińskich słów *chrōma* – barwa i *gráphō* – pisać. Jej słuszność potwierdzają wyniki badań twórcy techniki, które przedstawiają nośnik z widocznymi plamkami o różnych barwach i położeniu. Dla

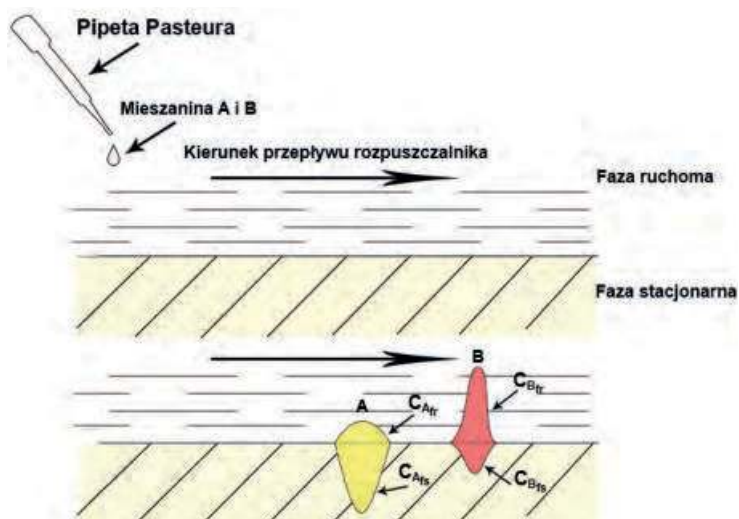
zainteresowanych, więcej informacji dotyczących rysu historycznego i doświadczenia M. Cwieta można odnaleźć w artykule „Świat barw, czyli kilka słów o chromatografii”, opublikowanym w poprzednim numerze czasopisma *Chemia w Szkole* [1].

Istotą rozdzielania chromatograficznego jest podział składników mieszaniny pomiędzy dwie niemieszające się fazy: fazę stacjonarną i fazę ruchomą (eluent), przy czym efektywność tego procesu uzależniona jest od wzajemnych oddziaływań pomiędzy tymi fazami, jak również poszczególnych składników próbki z fazą stacjonarną i fazą ruchomą. Zasadniczo zalicza się do nich:

- oddziaływania typu dipol – dipol (oddziaływanie między dwiema cząsteczkami polarnymi, o trwałym momencie dipolowym, w których ładunek jest rozłożony nierównomiernie);



**Rysunek 1.** Poglądowy schemat obrazujący istotę oddziaływań międzycząsteczkowych [3]; **A** – oddziaływanie typu dipol – dipol: w cząsteczkach polarnych ładunek rozkłada się nierównomiernie, jeden z biegunów naładowany jest dodatnio, a drugi ujemnie; **B** – oddziaływanie typu dipol – dipol indukowany i dipol indukowany – dipol chwilowy: w cząsteczkach niepolarnych ładunek jest rozmieszczony równomiernie, ale z uwagi na ciągły ruch elektronów walencyjnych (ładunek ujemny) może ulegać zmianom i generować chwilowy moment dipolowy (nierównomierne rozłożenie ładunków na obu końcach biegunów), a następnie indukować w drugiej, również niepolarniej cząsteczce moment dipolowy; **C** – wiązania wodorowe między atomem wodoru a innym silnie elektroujemnym atomem pierwiastka (na schemacie zaznaczone przerywaną linią).



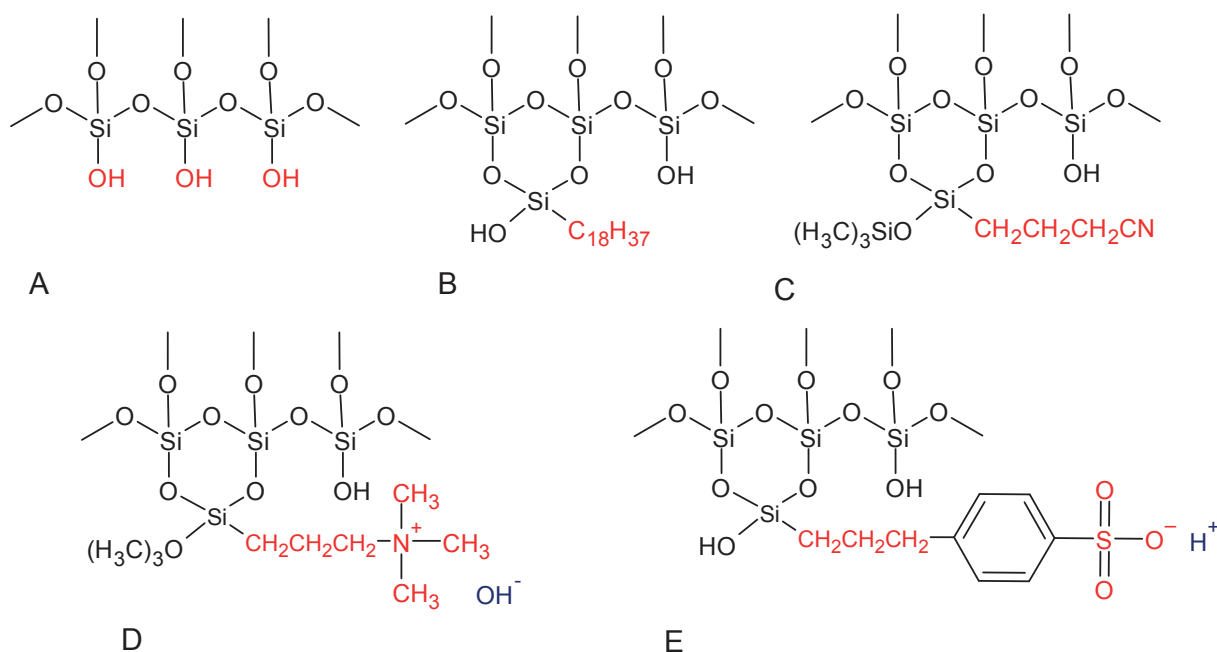
**Rysunek 2.** Schemat ilustrujący istotę rozdzielania chromatograficznego mieszaniny dwóch składników A i B. Od góry: wprowadzenie próbki do układu chromatograficznego (mieszaniny składników A i B), rozdzielanie i podział analitów między fazę stacjonarną i fazę ruchomą [4]. Symbol  $C_{A/Bfr}$  oznacza stężenie substancji A bądź B obecne w fazie ruchomej, natomiast  $C_{A/Bfs}$  odnosi się do stężenia analitów w fazie stacjonarnej. Strzałka na schemacie wskazuje kierunek elucji.

- oddziaływania dipol – dipol indukowany (oddziaływania między polarną cząsteczką a cząsteczką, w której indukowany jest trwały moment dipolowy);
- oddziaływania dyspersyjne Londona, inaczej zwane siłami van der Waalsa (oddziaływania cząsteczek niepolarnych, o nietrwałym, zerowym momencie dipolowym);
- wiązania wodorowe (oddziaływania typu dipol – dipol między atomem wodoru, a innym silnie elektroujemnym atomem np. tlenu, siarki czy azotu) (**Rys. 1**) [2, 3].

Ogólnie powinowactwo cząsteczek substancji rozdzielanych do danej fazy zależy od ich indywidualnych właściwości fizykochemicznych, w szczególności zaś polarności. W celu lepszego zrozumienia opisywanego zjawiska, mechanizm rozdzielania mieszaniny składającej się z dwóch składników A i B (różniących się polarnością) zobrazowano schematycznie na rysunku 2.

W omawianym przypadku substancja A wykazuje większe powinowactwo do adsorbentu, co pośrednio świadczy o tym, że charakteryzują ją podobne właściwości fizykochemiczne (polarność) co fazę stacjonarną. W przypadku substancji B sytuacja jest odwrotna – cząsteczki substancji B wykazują większe powinowactwo do rozpuszczalnika (fazy ruchomej), stąd ich retencja jest mniejsza w porównaniu z retencją cząsteczek substancji A. W efekcie możliwe jest rozdzielenie substancji A i B stanowiących składniki analizowanej mieszaniny jednorodnej [4].

Jak wcześniej wspomniano, jednym z kluczowych elementów układu chromatograficznego jest faza stacjonarna. Nośnik może mieć postać między innymi ciasno upakowanych ziaren krzemionki, tlenku glinu, węgla wapnia, bądź bibuły filtracyjnej. Niemniej jednak najczęściej sięga się po żel krzemionkowy, który jest substancją amorficzną (o nieregularnym ułożeniu cząstek w przestrzeni), porowatą i wykazującą zarazem właściwości polarne. W jego strukturze najistotniejsze fragmenty stanowią wolne grupy hydroksylowe (-OH) pełniące rolę tak zwanych centrów aktywnych (**Rys. 3**), w których ma miejsce właściwy proces rozdzielania chromatograficznego substancji obecnych w analizowanej mieszaninie.



**Rysunek 3.** Fragment struktury żelu krzemionkowego z zaznaczonymi: na czerwono – centrami aktywnymi, na niebiesko – przeciwnymi; **A** – niemodyfikowany żel krzemionkowy o właściwościach polarnych, **B** – żel krzemionkowy nasycony długimi łańcuchami węglowodorowymi o niepolarnym charakterze, **C** – żel krzemionkowy modyfikowany grupami cyjanopropylowymi o porównywalnym powinowactwie do substancji polarnych i niepolarnych, **D** – żel krzemionkowy związany z anionitem (np. *N, N, N*-trimetylo, *N*-propyloamina), **E** – żel krzemionkowy związany z kationitem (np. kwas 4 – propylsulfonowy).

1. A



B



C



2. A



B



Rysunek 4. 1. Przegląd współcześnie stosowanych kolumn chromatograficznych; A – kolumna kapilarna, B – kolumny pakowane, C – płytka metalowa pokryta cienką (0,1 - 0,25 mm) warstwą adsorbentu; 2. Ilustracja przedstawiająca kolumnę z rysunku A, wypełnioną adsorbentem (żel krzemionkowy), powszechnie wykorzystywaną w chromatografii preparatywnej, B – żel krzemionkowy.

Ogólnie wraz ze wzrostem liczby ugrupowań (-OH) na powierzchni nośnika, zwiększa się aktywność adsorbentu w przypadku analiz prowadzonych w **normalnym układzie faz (NP – Normal Phase)** [4]. W układzie NP wykorzystuje się fazy stacjonarne wykazujące silnie polarny charakter oraz rozpuszczalnik(i) (fazę ruchomą) charakteryzujące się mniejszą polarnością w stosunku do fazy stacjonarnej, co umożliwi efektywną separację cząstek substancji hydrofilowych.

Modyfikacja struktury krzemionki poprzez nasycanie jej powierzchni różnorodnymi grupami funkcyjnymi prowadzi do otrzymania tzw. faz związanych, co wpływa na właściwości złoza. I tak na przykład, w wyniku przyłączenia do powierzchni krzemionki długich hydrofobowych łańcuchów węglowodorowych, zmieniają się właściwości adsorbentu, który w efekcie wykazuje większe powinowactwo do substancji niepolarnych niż polarnych.

Tego rodzaju fazy stacjonarne wykorzystuje się w przypadku analiz prowadzonych w **odwróconym układzie faz**

(**RP – Reversed Phase**), stosując polarne rozpuszczalniki jako eluenty. Na rynku dostępne są także złoza chromatograficzne, np. żel krzemionkowy modyfikowany grupami cyjanowymi (-CN) lub aminowymi (-NH<sub>2</sub>), które doskonale sprawdzają się zarówno w układzie NP jak i RP [4, 5].

Nie są to oczywiście jedyne możliwości. W przypadku analiz nakierowanych na oznaczenie kationów i anionów nieorganicznych można stosować jako fazy stacjonarne tzw. wymiennicze jonowe, czyli żel krzemionkowy związany odpowiednio z kationem bądź anionem (**Rys. 3**) [5].

Właściwy proces rozdzielania chromatograficznego zachodzi w kolumnach bądź na płytkach chromatograficznych, które wypełnione/pokryte są złożem (fazą stacjonarną) o odpowiednich do określonego zadania analitycznego właściwościach fizykochemicznych (**Rys. 4**).

W tabeli 1 zestawiono krótki opis, wykorzystywanych na potrzeby różnych rodzajów technik chromatograficznych, kolumn oraz płytek chromatograficznych (patrz *Jedna technika w wielu wymiarach*).

Kolejnym kluczowym elementem układu chromatograficznego, bez którego rozdzielanie składników mieszanin jednorodnych z wykorzystaniem technik chromatograficznych byłoby niemożliwe, jest faza ruchoma (eluent). Zależnie od rodzaju chromatografii (cieczowa, gazowa, fluidalna) eluent może stanowić gaz, ciecz bądź gaz w stanie nadkrytycznym (*supercritical fluid*, p. opis tego stanu na s. 41). Skupmy się jednak na technikach separacji w fazie ciekłej. W tym przypadku fazę ruchomą stanowi rozpuszczalnik organiczny/nieorganiczny lub ich mieszanina.

Zgodnie z tym, co powiedziano wyżej, właściwości fizykochemiczne, w szczególności polarność fazy ruchomej jest jednym z głównych czynników, który decydująco wpływa na efektywność rozdzielania składników mieszanin jednorodnych. W doborze odpowiedniego do danego zadania analitycznego eluentu pomocne są szeregi eluotropowe, które stanowią niejako zestaw uporządkowanych rozpuszczalników według wzrastających zdolności do eluowania substancji rozdzielanych. Substancje te wymywane/wypierane przez cząstki eluentu z fazy stacjonarnej, „opuszczają” układ chromatograficzny w postaci mieszaniny zwanej eluatem. Zatem siłę (moc) elucyjną rozpuszczalnika można scharakteryzować jako miarę zdolności oddziaływać cząsteczek tegoż rozpuszczalnika z fazą stacjonarną.

Przyjmuje się, że im moc elucyjna rozpuszczalnika jest większa, czyli oddziaływanie obu faz ze sobą jest silniejsze, tym cząsteczki eluentu łatwiej wypierają składniki rozdzielanej mieszaniny ze złoza powodując ich elucję. W układzie NP moc elucyjna rozpuszczalników rośnie w szeregu n-heksan < benzen < eter dietylowy < aceton < acetonitryl < metanol < woda < kwas octowy, co związane jest ze wzrostem polarności cząsteczek eluentu.

W układzie RP wzrost mocy elucyjnej rozpuszczalników stanowiących składniki fazy ruchomej obserwuje się w kierunku przeciwnym [6]. W celu lepszego zrozumienia opisywanego zjawiska rozważmy przypadek, w którym rozdzielaniu chromatograficznemu poddano mieszaninę dwóch składników (A. 2-propylofenol i B. fenol) z wykorzystaniem

**Tabela 1.** Zestawienie faz stacjonarnych, stosowanych na potrzeby poszczególnych rodzajów technik chromatograficznych.

Rodzaj chromatografii	Faza stacjonarna
Chromatografia preparatywna (kolumnowa)	Na dnie kolumny szklanej o długości, np. 100 cm i średnicy wewnętrznej, np. 20 mm umieszczona jest wata kwarcowa, a ciasno upakowane ziarna (o średnicy, np. 100 μm) adsorbentu wypełniają kolumnę w całej jej objętości ( <b>Rys. 4D</b> ).
Chromatografia cieczowa	Kolumna, czyli rurka wykonana ze stali nierdzewnej, zamknięta z dwóch końców filtrami, o średnicy wewnętrznej, np. 4,5 mm i długości, np. 20 cm wypełniona adsorbentem o rozmiarze cząsteczek, np. 5 μm w całej jej objętości ( <b>Rys. 4B</b> ).
Chromatografia gazowa	Cienka kapilara o standardowych wymiarach (średnicy: 0,2 - 0,6 mm, długości, np. 30 m), w której ścianki wewnętrzne pokryte są cienką warstwą tak zwanego filmu cieczy ( <b>Rys. 4A</b> ).
Cienkowarstwowa chromatografia cieczowa	Metaliczna płytką pokryta cienką warstwą adsorbentu o grubości 0,1 - 0,25mm ( <b>Rys. 4C</b> ).

polarnego złoża (niemodyfikowany żel krzemionkowy) i dwóch rodzajów eluentów (1 – acetonitryl, 2 – metanol) (**Rys. 5**).

Należy przede wszystkim zauważyć, że cząsteczki substancji A i B charakteryzują się odmienną polarnością, co umożliwia ich rozdzielanie. A mianowicie 2-propylofenol jest mniej polarny niż drugi składnik mieszaniny – fenol, co wynika z obecności w jego strukturze dodatkowego podstawnika – hydrofobowego łańcucha węglowego (-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), w pozycji *orto* pierścienia aromatycznego (**Rys. 5.2**). W efekcie 2-propylofenol słabiej oddziałuje z silnie polarnym nośnikiem niż fenol i zostaje wymyty ze złoża kolumny (fazy stacjonarnej) przez eluent jako pierwszy.

Rozważając natomiast wpływ rodzaju rozpuszczalnika na retencję substancji A i B należy uwzględnić moc elucyj-

ną rozpatrywanych eluentów. Zgodnie z wcześniej podanymi informacjami, w układzie NP metanol wykazuje większą moc elucyjną niż acetonitryl, przez co należy rozumieć, że cząsteczki metanolu będą łatwiej wypierały składniki rozdzielanej mieszaniny ze złoża kolumny (polarnej fazy stacjonarnej) powodując ich szybszą elucję w porównaniu z przypadkiem, gdyby to acetonitryl został zastosowany jako faza ruchoma (**Rys. 5.1**).

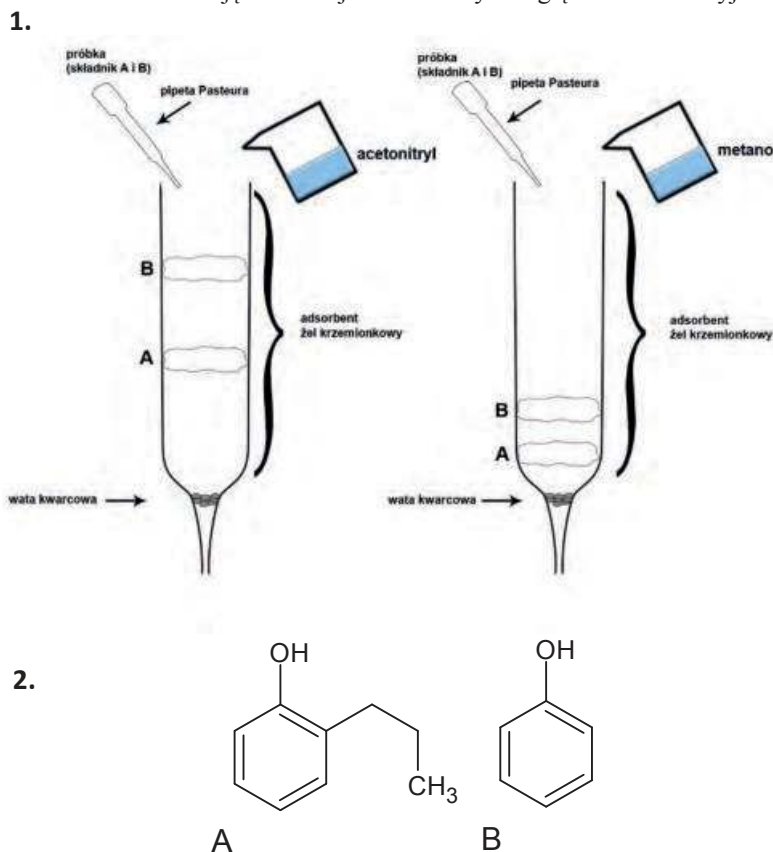
Moc elucyjna (polarność) eluentu może być stała (tzw. elucja izokratyczna) bądź ulegać zmianom (tzw. elucja gradientowa) w trakcie przebiegającego procesu rozdzielania chromatograficznego. W drugim z omawianych przypadków z reguły dąży się do zwiększenia mocy elucyjnej fazy ruchomej, w celu zmniejszenia retencji substancji oznaczanej (analitu), co możliwe jest dzięki zastosowaniu układu co najmniej dwóch, różniących się polarnością rozpuszczalników jako składników eluentu.

Wróćmy w tym miejscu do omawianego uprzednio przypadku rozdzielania dwóch składników mieszaniny (A: 2-propylofenol i B: fenol) na polarnym złożu (np. niemodyfikowany żel krzemionkowy), w którym tym razem jako fazę ruchomą zastosowano równoobjętościową mieszaninę wody i acetonitrylu. Zatem w celu zwiększenia jej mocy elucyjnej należałoby zwiększyć udział składnika wodnego w mieszaninie eluującej (elucja izokratyczna) bądź zastosować gradient zawartości wody zwiększając stopniowo jej udział procentowy w fazie ruchomej w trakcie procesu rozdzielania chromatograficznego.

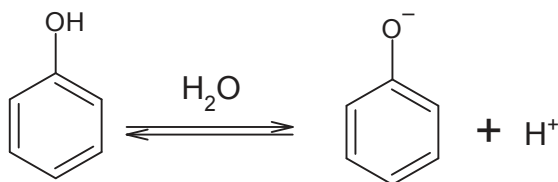
Jak wcześniej wspomniano, w układzie NP woda wykazuje większą moc elucyjną niż acetonitryl, przez co należy rozumieć, że cząsteczki wody będą łatwiej wypierały składniki rozdzielanej mieszaniny ze złoża kolumny (polarnej fazy stacjonarnej) powodując ich szybszą elucję. Proces ten będzie zachodził tym efektywniej im zawartość wody w fazie ruchomej będzie większa.

Obok polarności fazy ruchomej (związanej także z zawartością poszczególnych składników mieszaniny eluującej) wpływ parametrów, takich jak pH eluentu i jego moc jonowa na efektywność rozdzielania składników mieszanin jednorodnych jest dobrze znany [10]. Szczególnie istotnym jest dobór odpowiedniego pH stosowanej fazy ruchomej, którego wybór uzależniony jest od właściwości kwasowo – zasadowych oznaczanej substancji.

Rozważmy przypadek, w którym rozdzielaniu chromatograficznemu poddano mieszaninę składającą się między innymi z fenolu, z wykorzystaniem niepolarnego złoża



**Rysunek 5. 1.** Porównanie wpływu rodzaju rozpuszczalnika (polarności cząsteczek eluentu) na efektywność rozdzielania i retencję składników mieszaniny (A – 2-propylofenolu oraz B – fenolu) na polarnej fazie stacjonarnej (żel krzemionkowy) z wykorzystaniem jako fazy ruchomej acetonitrylu bądź metanolu; **2.** Poglądowe struktury chemiczne związków A – 2-propylofenol, B – fenol.



Rysunek 6. Schemat dysocjacji elektrolitycznej fenolu.

(modyfikowany żel krzemionkowy grupami C18) i fazy ruchomej o odczynie kwaśnym. Fenol wykazuje słabe właściwości kwasowe i ulega dysocjacji elektrolitycznej (Rys. 6). Zgodnie z regułą przekory, wraz ze wzrostem stężenia jonów hydroniowych ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) (obniżeniem pH) w fazie ruchomej równowaga reakcji przesuną się w kierunku substratów, czyli następuje cofnięcie dysocjacji elektrolitycznej cząsteczek fenolu.

Cząsteczki związku, które obdarzone są ładunkiem dodatnim bądź ujemnym są bardziej polarne, niż te same nieobdarzone ładunkiem cząstki. Stąd można wnioskować, że w układzie RP, przy zastosowaniu fazy ruchomej o odczynie kwaśnym, cząsteczki fenolu będą silniej oddziaływały z wypełnieniem kolumny chromatograficznej (wykazywały większą retencję) w porównaniu z sytuacją, w której zastosowano by fazę ruchomą o odczynie zasadowym.

### Jedna technika w wielu wymiarach.

Techniki chromatograficzne można klasyfikować uwzględniając rodzaj stosowanej fazy ruchomej, sposób przeprowadzenia rozdzielania i mechanizm podziału sub-

stancji między dwoma nośnikami (fazą stacjonarną i ruchomą). Generalnie w technikach chromatograficznych wykorzystuje się dwa zjawiska odpowiedzialne za rozdzielanie składników analizowanych mieszanin, które stosunkowo trudno jest rozgraniczyć.

Pierwsze z nich polega na osadzeniu się cząstek na powierzchni materiału (chromatografia adsorpcyjna), drugie zaś opiera się na podziale analitu między obie fazy (chromatografia podziałowa). Ze względu na rodzaj/typ stosowanej fazy ruchomej, technikę tę można sklasyfikować jako chromatografię gazową (GC – *Gas Chromatography*), w której wykorzystuje się gaz jako nośnik (eluent), chromatografię cieczową (LC – *Liquid Chromatography*), w której fazę ruchomą stanowią wszelakiego rodzaju rozpuszczalniki organiczne/nieorganiczne i ich mieszaniny, bądź chromatografię fluidalną (SFC – *Supercritical Fluid Chromatography*), w której wykorzystuje się gazy w stanie nadkrytycznym.

Stan nadkrytyczny charakteryzuje się tym, że substancja znajduje się w temperaturze i pod ciśnieniem przekraczającym te parametry w stanie krytycznym, w którym nie istnieją żadne granice między cieczą a gazem. Z praktycznego punktu widzenia oznacza to, przykładowo, że obniżanie temperatury (powyżej punktu krytycznego) nie pozwoli na zmianę stanu skupienia (np. skroplenie gazu). Ostatniej klasyfikacji można dokonać uwzględniając wymiar przestrzenny przeprowadzanego rozdzielania chromatograficznego i obejmuje ona chromatografię cieczową planarną i kolumnową.

## W szkolnym laboratorium. Czas na eksperyment z wykorzystaniem chromatografii kolumnowej. Wskazówki i praktyczne porady.

Celem ćwiczenia jest przybliżenie Czytelnikom zagadnień związanych z możliwościami wykorzystania chromatografii, na przykładzie rozdzielania barwnych składników obecnych w ekstrakcie z marchwi. Proces chromatograficzny prowadzi się w kolumnie wypełnionej żelem krzemionkowym stanowiącym fazę stacjonarną. Fazę ruchomą stanowi natomiast mieszanina eteru naftowego z etanolem [11]. Zatem proces rozdzielania chromatograficznego barwników zachodzi w układzie NP.

### Wymagane środki ostrożności:

- W trakcie wykonywania ćwiczenia uczeń powinien nosić odzież ochronną (okulary ochronne, rękawiczki, fartuch laboratoryjny) oraz bezwzględnie przestrzegać zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, oraz regulaminu pracowni.
- Oparów cieczy nie należy wdychać, a roztworów pipetować ustami.
- Na każdym etapie wykonywania ćwiczenia należy postępować zgodnie ze wskazówkami nauczyciela.
- Wszelkie czynności należy wykonywać w dobrze wentylowanym pomieszczeniu. Zaleca się pracę przy włączonym wyciągu laboratoryjnym.

#### • Identyfikacja zagrożeń:

- **Aceton** – wysoce łatwopalna ciecz i pary. Działa drażniąco na oczy. Może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy. Powtarzające się narażenie może powodować wysuszenie lub pęknięcie skóry.



- **Eter naftowy** – wysoce łatwopalna ciecz i pary. Połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe może grozić śmiercią. Działa drażniąco na skórę. Może powodować uczucie senności i zawroty głowy. Działa toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.



- **Heksan** – wysoce łatwopalna ciecz i pary. Połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe może grozić

śmiercią. Może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy. Może powodować uszkodzenie narządów (układ nerwowy). Działa drażniąco na skórę i toksycznie na organizmy wodne.



- **Dichlorometan** – działa drażniąco na skórę i oczy. Może powodować podrażnienie dróg oddechowych i uszkodzenie narządów poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie drogą pokarmową. Może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy.



### Przygotowanie badanej próbki

Celem eksperymentu jest rozdzielanie barwnych substancji stanowiących składniki ekstraktu z marchwi. W celu otrzymania mieszaniny (ekstraktu) podlegającej procesowi rozdzielania chromatograficznego, próbkę marchwi należy poddać odpowiedniej procedurze jej przygotowania. Do wykonania tej części doświadczenia potrzebne będą następujące materiały i odczynniki (**Rys. 7**):

- Mała marchewka (masa około 40 g);
- Tarka jarzynowa;
- Zlewka o pojemności 50 ml (lub inne mniejsze naczynie), 2 sztuki;
- Probówki typu Falcon<sup>1</sup> o pojemności 50 i 15 ml, odpowiednio 2 i 1 sztuka;
- Bibuła filtracyjna (opcjonalnie filtr do kawy);
- Łopatka (opcjonalnie łyżeczka);
- Lejek;
- Cylinder miarowy o pojemności 25 ml;
- Rozpuszczalniki organiczne: heksan (około 20 ml), aceton (około 20 ml), dichlorometan (około 10 ml);
- Woda destylowana (opcjonalnie woda kranowa);
- Pipeta automatyczna o pojemności 1 ml (opcjonalnie pipeta Pasteura);
- Naczynie z gorącą wodą (opcjonalnie płaszcz grzejny).

Etapy procedury przygotowania ekstraktu z marchwi zobrazowano na rysunku 8. W tym celu należy:

1. Zetrzeć marchew na tarce jarzynowej o drobnych oczkach.
2. Przygotować w zlewce 20 ml równo objętościowej mieszaniny rozpuszczalników, tj. heksanu i acetonu.
3. Przenieść ilościowo startą marchew do próbki typu Falcon o pojemności 50 ml przy pomocy łopatki, a następnie wlać do naczynia 20 ml sporządzonej ówczśnie mieszaniny rozpuszczalników (heksan : aceton, 1:1 (v/v)).

<sup>1</sup> Probówka typu Falcon to zamykana zakrętką probówka z tworzywa sztucznego o stożkowatym dnie, zwykle używana w wirówkach laboratoryjnych. Można ją zastąpić podobnym, zamykanym pojemnikiem z tworzywa sztucznego odpornego na działanie stosowanych odczynników (przypr. Redakcji)



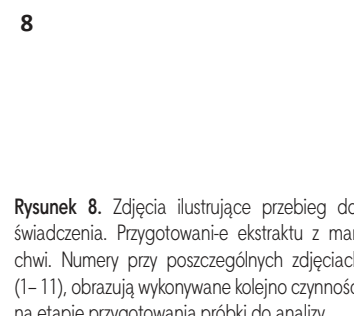
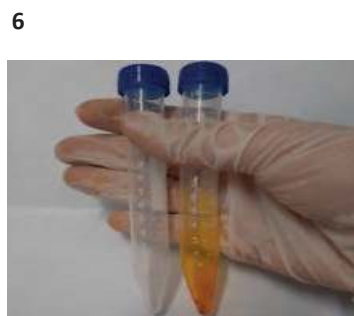
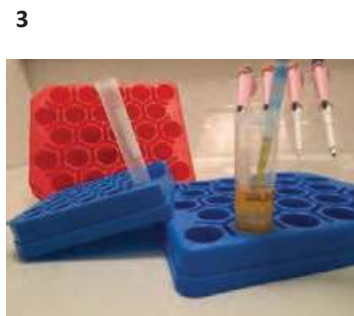
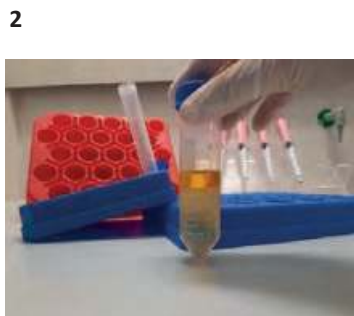
Rysunek 7. Ilustracja przykładowego zestawu potrzebnego do przygotowania ekstraktu z marchwi.

4. Zawartość próbki typu Falcon, po zamknięciu korkiem, intensywnie wytrząsać (manualnie) przez około 2-3 minuty.
5. Przygotować zestaw do sączenia. W tym celu czystą probówkę typu Falcon o pojemności 50 ml umieścić w statywie i włożyć do niej lejek, w taki sposób, aby jego szyjka dotykała ścianki probówki. Następnie na lejek nałożyć wycięty i uformowany sączonek z bibuły filtracyjnej (lub filtru do kawy). Sączonek należy delikatnie skropić wodą destylowaną, do momentu aż będzie przylegał on do ścianek lejka.
6. Przenieść porcjami zawartość probówki typu Falcon (próbka marchwi po ekstrakcji) na bibułę filtracyjną w celu uzyskania klarownego roztworu tzw. przesączu. Czynność tę wykonywać do momentu oddzielenia cząstek stałych od rozpuszczalników stanowiących mieszaninę ekstrahującą (składniki przesączu). Probówkę z przesączem pozostawić na stole laboratoryjnym do momentu rozdzielania się dwóch warstw.
7. Pobrać pipetą automatyczną (opcjonalnie pipetą Pasteura) górną, heksanową warstwę przesączu i przenieść ilościowo do próbki typu Falcon o pojemności 15 ml, a następnie odparować do sucha. W tym celu otwartą probówkę umieścić w zlewce z gorącą wodą i poczekać, aż rozpuszczalnik odparuje całkowicie. Alternatywą może być wykorzystanie płaszcza grzejnego. Odstawić probówkę i odczekać do momentu aż jej temperatura będzie bliska temperaturze otoczenia.
8. Do próbki typu Falcon o pojemności 15 ml dodać 2 ml dichlorometanu i intensywnie wymieszać. Tak przygotowaną próbkę nanieść na kolumnę chromatograficzną.

### Rozdzielanie chromatograficzne barwników zawartych w ekstrakcie z marchwi

Wszystkie potrzebne do wykonania zaprojektowanego doświadczenia odczynniki i materiały (**Rys. 9**) są komercyjnie dostępne:

- Kolumna chromatograficzna (szklana rurka);
- Żel krzemionkowy (około 50 g);
- Statyw z łąką;
- Wata;
- Zlewka o pojemności 250 ml, 2 sztuki;
- Zlewka o pojemności 100 ml; 1 sztuka;



Rysunek 8. Zdjęcia ilustrujące przebieg doświadczenia. Przygotowanie ekstraktu z marchwi. Numery przy poszczególnych zdjęciach (1– 11), obrazują wykonywane kolejno czynności na etapie przygotowania próbki do analizy.

- Pipeta Pasteura (opcjonalnie pipeta automatyczna o pojemności 1 ml);
- Cylinder miarowy o pojemności 100 ml;
- Szkiełko zegarowe;
- Bagietka szklana;
- Rozpuszczalniki: eter naftowy (około 300 ml) i dichlometan (około 30 ml).

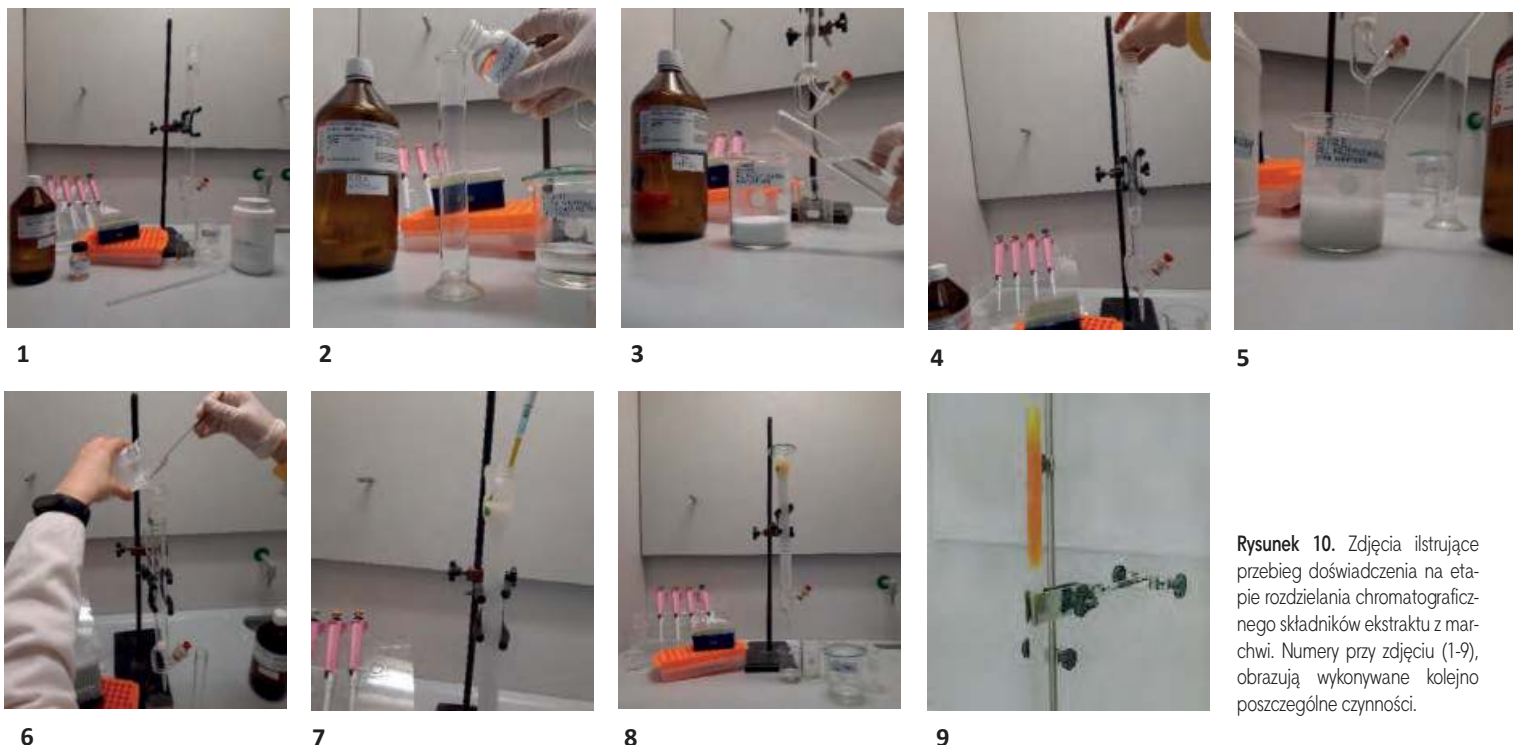
## Wykonanie

1. Do zlewki o pojemności 250 ml wsypać około 50 g żelu krzemionkowego, a następnie dodać około 70 ml heksanu. Wszystkie składniki wymieszać przy użyciu bagietki szklanej, aż do uzyskania jednolitej, gęstej masy.



Rysunek 9. Ilustracja przykładowego zestawu potrzebnego do przeprowadzenia etapu rozdzielania składników mieszaniny ekstraktu z marchwi przy zastosowaniu chromatografii kolumnowej.

2. Przygotować statyw z łąpą i umieścić w nim pionowo kolumnę. Zakręcić kranik, pod którym należy postawić zlewkę (odbieralnik).
3. Przygotować fazę ruchomą (eluent). W tym celu, w naczyniu o pojemności co najmniej 150 ml, zmieszać w stosunku objętościowym 9 : 1 eter naftowy i dichlometan, tak aby otrzymać około 100 ml mieszaniny rozpuszczalników. Poszczególne objętości każdego z rozpuszczalników odmierzyć wykorzystując do tego celu cylinder miarowy.
4. Na dno kolumny włożyć watę i skropić ją przygotowaną mieszaniną rozpuszczalników (eluentem). W celu usunięcia pęcherzyków powietrza warto nacisnąć kilkukrotnie bagietką na watę.
5. Do szklanej rurki (kolumny) przenieść jednolitą, gęstą masę (żel krzemionkowy w heksanie). W trakcie wykonywania tej czynności należy zwrócić szczególną uwagę, aby „nie zapowietrzyć” złoża. W tym celu w trakcie nakładania żelu zaleca się opukiwanie rurki.
6. Po upakowaniu kolumny (wypełnieniu jej fazą stacjonarną – żel krzemionkowy), natychmiast nanieść eluent na kolumnę, aby nie dopuścić do przesuszenia złoża w jakimkolwiek momencie rozdzielania chromatograficznego.
7. Pobrać, używając pipety około 2 ml przygotowanego ekstraktu z marchwi i nanieść na szczyt kolumny, a następnie wdrożyć bardzo powoli około 1 ml eluentu, aby przy dodawaniu większej porcji rozpuszczalnika nie wzburzył naniesionej próbki. Odkręcić kranik



**Rysunek 10.** Zdjęcia ilustrujące przebieg doświadczenia na etapie rozdzielania chromatograficznego składników ekstraktu z marchwi. Numery przy zdjęciu (1-9), obrazują wykonywane kolejno poszczególne czynności.

wymuszając tym samym przepływ eluentu. Prowadzić proces rozdzielania chromatograficznego do momentu zaobserwowania dwóch pasm na złożu, tj. pasma żółtego i pomarańczowego, pamiętając przy tym o regularnym uzupełnianiu zbiornika z eluentem.

## Obserwacje

W wyniku przeprowadzonego doświadczenia, w trakcie rozwijania kolumny chromatograficznej, nastąpiło rozdzielanie barwnych substancji stanowiących składniki próbki ekstraktu z marchwi. W tym przypadku można zaobserwować dwa intensywne kolory: pomarańczowy i żółty, które tworzą pasma (**Rys. 10**). Ponadto można zauważyć, że w zastosowanych warunkach chromatograficznych jako pierwsza eluuje substancja o barwie pomarańczowej, natomiast dłużej ze złożem oddziałuje żółtobarwny związek.

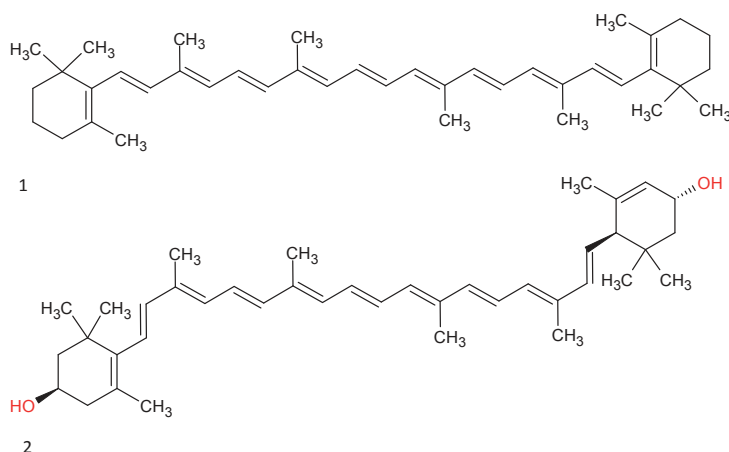
## Wnioski

Poszczególne barwniki stanowiące składniki mieszaniny (próbki) uległy rozdzielaniu na polarnej fazie stacjonarnej, którą była niezmodyfikowana krzemionka. Związki te różni budowa cząsteczek i ich polarność oraz właściwości fizykochemiczne złożonej z nich substancji. Powoduje to różnice w rozpuszczalności (powinowactwie) oznaczanych substancji do fazy ruchomej i stacjonarnej. Te, które wykazują większe powinowactwo do fazy stacjonarnej (bardziej polarne), przemieszczają się wolniej w nośniku.

Na zamieszczonym rysunku pasmo odpowiadające tym substancjom leży najbliżej miejsca naniesienia próbki na kolumnę chromatograficzną. Różnice w budowie, a przede wszystkim właściwościach fizykochemicznych (polarności) składników analizowanej mieszaniny umożliwiły ich efektywne rozdzielanie. W omawianym przypadku

substancja o barwie pomarańczowej ulega wymyciu jako pierwsza – wykazuje zatem większe powinowactwo do fazy ruchomej aniżeli fazy stacjonarnej, zaś żółtobarwny składnik próbki wykazuje większe powinowactwo do silnie polarnej krzemionki niż niepolarnego eluentu. Na tej podstawie można stwierdzić, że cząsteczki barwnika żółtego są bardziej polarne niż barwnika pomarańczowego.

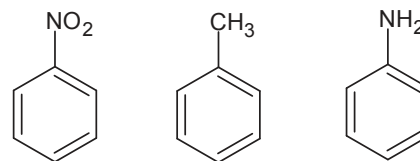
Ponadto, na podstawie badań literaturowych można wywnioskować, że barwnymi składnikami ekstraktu z marchwi są karoteny (barwa pomarańczowa) oraz ksantofile (barwa żółta). Zasadnicza różnica w budowie wspomnianych związków związana jest z obecnością silnie polarnych grup hydroksylowych (-OH) (**Rys. 11**) w cząsteczce ksantofilu, które nie występują w cząsteczkach karotenów, co pociąga za sobą różnice w polarności obiektów badań.



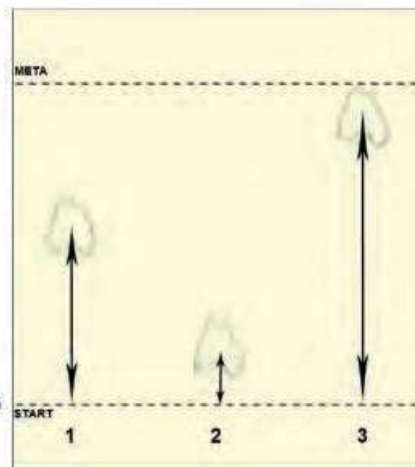
**Rysunek 11.** Wzory strukturalne cząsteczek barwnych związków obecnych w ekstrakcie z marchwi; 1 –  $\beta$ -karoten (związek o barwie pomarańczowej), 2 – ksantofil (związek o barwie żółtej). Na schemacie czerwonym kolorem zaznaczono różnice w budowie obu cząsteczek, kluczowe w kontekście możliwości ich rozdzielania na podstawie różnic w ich polarności.

## Sprawdź sam siebie. Czas na zadania!

1. W laboratorium szkolnym uczeń pomieszał etykiety zawierające nazwę danej substancji z fiolką, w których znajdowały się substancje (**Rys. 12.1**) (nitrobenzen, toluen, anilina). W celu ich identyfikacji zastosował technikę chromatografii planarnej. Chromatogramy (**Rys. 12.2**) identyfikowanych substancji rozwinięto stosując płytkę chromatograficzną pokrytą żelom krzemionkowym i eluent (aceton). Na podstawie zdobytej wiedzy o chromatografii i znajomości podstawowych właściwości fizykochemicznych cząsteczek, **przyporządkuj** struktury związków do odpowiadającego im opisu oraz **zidentyfikuj**, której substancji odpowiada dana plamka na chromatogramie.



1 A B C



2

Rysunek 12.1 – Struktury chemiczne identyfikowanych związków; 2 – Rozwinięty chromatogram dla każdej z trzech analizowanych substancji.

## Opisy

- I. Bezbarwna, oleista ciecz brunatniejąca na powietrzu o właściwościach lekko zasadowych.
- II. Jest to pochodna benzenu, którą można otrzymać w wyniku reakcji acylowania Friedela-Craftsa.
- III. Substancja o charakterystycznym zapachu gorzkich migdałów. Jest to pochodna benzenu, otrzymana w wyniku poddania go działaniu mieszaniny kwasu azotowego(V) i kwasu siarkowego(VI) (mieszanina nitrująca).

Struktura związku	A	B	C
Opis			
Numer plamki			

2. Oceń, czy poniższe informacje są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, lub F – jeśli jest fałszywa.

1.	Na proces rozdzielania chromatograficznego składników mieszanin jednorodnych wpływają <b>tylko</b> oddziaływania pomiędzy fazą ruchomą i stacjonarną, a cząsteczkami substancji rozdzielanych.	P	F
2.	W chromatografii w odwróconym układzie faz (RP), <b>większą moc elucyjną</b> fazy ruchomej uzyskuje się przy użyciu acetonitrylu, niż metanolu jako eluentu.	P	F
3.	<b>Obniżenie pH</b> (zakwaszenie) fazy ruchomej podczas <b>oznaczania kwasu octowego</b> powoduje <b>skrócenie</b> analizy chromatograficznej prowadzonej w układzie NP.	P	F

## Sprawdź, czy dobrze myślisz

1.

Substancja	A – nitrobenzen	B – toluen	C – anilina
Opis	3	2	1
Numer plamki	1	3	2

2.

1	F	Dodatkowo oddziaływania zachodzą pomiędzy fazą stacjonarną i ruchomą.
2	P	Acetonitryl jest mniej polarny niż metanol, dlatego silniej oddziałuje ze złożem o właściwościach niepolarnych.
3	F	W środowisku o niższym pH występuje niezdysocjowana forma kwasu octowego o słabszych właściwościach hydrofilowych, która wykazuje mniejsze powinowactwo do polarnego żelu krzemionkowego.

Natalia Litwicka

Dr Justyna Piechocka\*

Katedra Chemii Środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki

\*justyna.piechocka@chemia.uni.lodz.pl

## Bibliografia

- [1] N. Litwicka, J. Piechocka, Świat barw, czyli kilka słów o chromatografii, „Chemia w szkole” 2/2021, str. 44-49
- [2] Atkins P., Jones L., *Chemia ogólna. Cząstki, materia, reakcje*, Warszawa 2018.
- [3] <https://www.maturalnychemik.pl/oddziaływania-miedzy cząsteczkowe/> odwiedzona dnia 02.03.2021
- [4] Z. Witkiewicz, J. Kałużna-Czaplińska, *Podstawy chromatografii i technik elektromigracyjnych*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2005, 219-244; 343-345.
- [5] M. Kamiński, *Chromatografia cieczowa*, Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Gdańsk 2004, str. 14-50, 83-104.
- [6] M.I. Malik, Critical parameters of liquid chromatography at critical conditions in context of poloxamers: Pore diameter, mobile phase composition, temperature and gradients, *Journal of Chromatography A*, 2020, 1609, 440-460
- [7] S. Lower, *Graphical Treatment of Acid-Base System*, Simon Fraser University, Kanada 2020, [https://batch.libretexts.org/print?url=https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Supplemental\\_Modules\\_\(Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\)/Acids\\_and\\_Bases/Acid/Graphical\\_Treatment\\_of\\_Acid-Base\\_Systems.pdf](https://batch.libretexts.org/print?url=https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Acids_and_Bases/Acid/Graphical_Treatment_of_Acid-Base_Systems.pdf) odwiedzona dnia 06.03.2021
- [8] M.M. Cooper, H. Kouyoumdjian, S.M. Underwood, Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions, *Journal of Chemical Education*, 2016, 93, 1703-1712
- [9] I. Orlińska, *Chromatografia w szkolnym laboratorium*, „Chemia w szkole”, 5/2011, str. 20-28
- [10] M. Glinka, P. Nowak, M. Kamiński, Wpływ rodzaju kwaśnego dodatku do eluentu oraz właściwości fazy stacjonarnej na rozdzielanie średnio i nisko hydrofobowych kwaśnych organicznych związków chemicznych w odwróconych układach faz kolumnowej elucyjnej wysokosprawnej chromatografii cieczowej – RP HPLC, 2017, 9, 106-130
- [11] <https://xdoc.mx/preview/5-wyodrebnianie-i-wlaciwosci-beta-karotenu-601f7632d3186> strona odwiedzona dnia 07.04.2021

# Genialny roztwór w labiryncie

## Napięcie powierzchniowe i efekt Marangoniego

Marek Ples

Labiryntem nazywamy zwykle strukturę, klasycznie np. w postaci budowli, odznaczającą się zawilum układem dużej liczby pomieszczeń i łączących je korytarzy. Rolę labiryntu mogą pełnić też zmniejszone modele tego rodzaju budowli. Budowle tego rodzaju były znane i wznoszone już w czasach starożytnych – między innymi w starożytnej Mezopotamii i Egipcie, gdzie znalazły zastosowanie jako zabezpieczenie i utrudnienie dostępu do bogato zdobionych, a często także wypełnionych kosztownościami grobowców. W sztuce greckiej i rzymskiej wyobrażenia labiryntu – często symboliczne i mocno stylizowane – występowały powszechnie w malarstwie wazowym, na mozaikach i monetach.

Jednym z najbardziej znanych labiryntów jest ten, który miał zostać zbudowany przez Dedala – znanego nam z mitów greckich architekta i wynalazcy. Według przekazu budowla ta wznosiła się w Knossos na Krecie i służyła uwięzieniu Minotaura, czyli potwora zazwyczaj przedstawianego jako olbrzyma z głową byka.

Motyw labiryntu został też zaadoptowany jako motyw zdobniczy o skomplikowanym, najczęściej spiralnym lub meandrowym kształcie. W gotyckich katedrach takie labirynty były często układane na ich posadzkach. Labirynt z XII wieku można zobaczyć w katedrze w Chartres w północnej Francji. Nie były one jednak jedynie ozdobą i miały pewne znaczenie praktyczne: przebycie skomplikowanej drogi wyznaczonej na podłodze świątyni zastępowało w funkcji podjęcie pielgrzymki.

Labirynty, tak jak i dawniej, tworzy się także dziś jako atrakcje lub formę rozrywki, np. w parkach i ogrodach poprzez odpowiednie nasadzenie i uformowanie różnorodnych roślin jako żywopłotów.

Skomplikowana struktura labiryntu znalazła pewne znaczenie jako forma łamigłówki, ale także jako test zdolności rozwiązywania szczególnych problemów. Dlatego też większości z nas nie jest obce wyobrażenie doświadczeń biologicznych polegających na umieszczeniu w labiryncie niewielkich zwierząt: myszy, szczurów, świnek morskich i innych. Eksperymenty tego rodzaju były rzeczywiście prowadzone w przeszłości, co znajduje czasem kontynuację w badaniach współczesnych. Sam opisałem pewne nieskomplikowane doświadczenia z zakresu neurobiologii i behawioryzmu możliwe do przeprowadzenia w warunkach szkolnej pracowni – ich obiektem był prosionek szorstki *Porcellio scaber* [1].

Rozwiązanie problemu pokonania labiryntu jak najkrótszą drogą nie jest wcale trywialne i badań nad nim podjęło się wielu naukowców z różnych dziedzin, między innymi cyber-

netyki. Pierwszym praktycznym rozwiązaniem tego zadania był automat zbudowany w 1953 roku przez amerykańskiego pioniera cybernetyki Claude'a Elwooda Shannona i zwany przez innych myszą Shannona, a przez samego wynalazcę *Tezeuszem*. Urządzenie składało się z trzech zasadniczych części: labiryntu z poruszającą się w nim makietą myszy, układu elektromagnetycznego kierującego ruchami myszy oraz układu pamięciowego opartego na przekaźnikach elektromechanicznych. *Tezeusz* demonstrował pewne podpatrzone w naturze mechanizmy działania pamięci, a także pokazywał w praktyce możliwość zbudowania urządzenia posiadającego zdolność do uczenia się metodą prób i błędów.

Dziś problemy labiryntowe i pokrewne nie straciły wcale na aktualności (wystarczy sobie wyobrazić, jak zawiła sieć powiązań łączy elementy dzisiejszej globalnej sieci internetowej) i są rozwiązywane zazwyczaj przez odpowiednie programy komputerowe.

Zanim przejdziemy do dalszej części artykułu chciałbym jednak przywołać cytaty z „Dzienników Gwiazdowych” Stanisława Lema, gdzie w czasie Podróży Dwudziestej Pierwszej bohater w osobie Ijona Tichego trafia na Dychtonię. Mieszkańcy tej planety poczynili tak wielkie postępy w dziedzinie rozwoju sztucznych form myślenia, że byli zdolni produkować „świadomości i psychiki w płynach; syntetyzowano mądra i myślące roztwory, które można było butelkować, rozlewać, zlewać, a za każdym razem powstawała osobowość, nieraz bardziej uduchowiona i mądrzejsza niż wszyscy Dychtonczycy razem wzięci” [2].

Śmiała myśl pisarza tak daleko wybiegła w przyszłość, że nawet trudno nam sobie wyobrazić sposób realizacji idei takiego myślącego roztworu. **Z całą odpowiedzialnością mogę jednak stwierdzić, że po lekturze niniejszego artykułu będziesz mógł, mój Szanowny Czytelniku, wytworzyć roztwór (czy raczej pewien układ reakcyjny), wykazujący w odpowiednich warunkach zdolność do znalezienia w labiryncie drogi od startu do mety. Co więcej, będzie to zawsze droga najkrótsza!**

Może więc nie będzie to tak genialny płyn jak ten opisany przez Lema, ale efekty doświadczenia mogą być dowodem, że sztuczny system przetwarzający informację (a więc w jakimś przynajmniej ograniczonym sensie inteligentny) niekoniecznie musi przyjmować formę urządzenia elektronicznego lub programu komputerowego, ale np. układu fizyko-chemicznego, tak jak w opisanym przypadku.

### Doświadczenie

Aby wykonać doświadczenie, musimy zgromadzić substancje z poniższej listy:

- wodorotlenek potasu KOH (możliwy do zastąpienia wodorotlenkiem sodu NaOH),



Fot. 1 – kwas oleinowy

- kwas oleinowy  $C_{17}H_{33}COOH$ ,
- kwas chlorowodorowy  $HCl_{(aq)}$ ,
- barwnik, np. błękit bromotymolowy  $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$  lub czerwień metylowa  $C_{15}H_{15}N_3O_2$ .
- agar-agar (niekonieczny, ale przydatny)

Kwas oleinowy jest organicznym związkiem chemicznym z grupy jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, który może być traktowany jako cis-izomer kwasu elaidynowego. W warunkach normalnych ma postać bezbarwnej cieczy, żółknącej, a następnie ciemniejącej na powietrzu (Fot. 1).

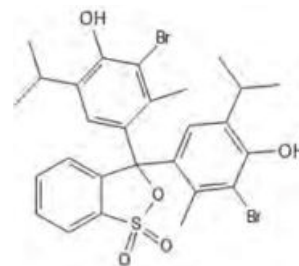
Substancja ta występuje naturalnie w tłuszczach i jest głównym składnikiem oliwy z oliwek i tranu [3]. Dzięki posiadaniu w swojej strukturze wiązania podwójnego kwas oleinowy może poprzez katalityczne uwodornienie zostać przeprowadzony w kwas stearynowy, co nosi nazwę utwardzania tłuszczu. Jest używany do produkcji smarów i środków piorących.

Kwas oleinowy nie jest silną trucizną, ale w przypadku pozostałych substancji konieczna jest ostrożność. Zarówno wodorotlenek sodu i kwas chlorowodorowy, jak i ich roztwory są żrące – mogą powodować dotkliwe i trudno gojące się oparzenia. Jeśli chodzi o błękit bromotymolowy (Rys. 1) i czerwień metylową (Rys. 2), to podejrzewa się je o właściwości rakotwórcze. Jak zawsze podczas pracy w laboratorium musimy zatem zachować ostrożność i stosować odpowiednie środki ochrony osobistej.

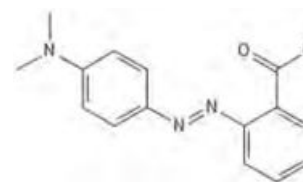
W celu przeprowadzenia doświadczenia musimy zbudować też odpowiedni labirynt. Korytarze, czy raczej kanały powinny być stosunkowo wąskie, o szerokości około 1-2 mm. Można oczywiście wykonać taki labirynt różnymi metodami, np. poprzez frezowanie lub po prostu wydrapanie odpowiednich ścieżek w jakimś tworzywie sztucznym, ale wyjątkowo przydatną w tym celu techniką jest druk przestrzenny.

Zastosowałem jedną z drukarek 3D wykorzystujących metodę FDM (ang. *fused deposition modelling*), czyli osadzania stopionego materiału. Tego rodzaju urządzenia do użytku domowego i amatorskiego są jak najbardziej dostępne, zarówno jeśli chodzi o kupno gotowych urządzeń, jak i ich samodzielną budowę. Dodatkowo, korzystając z przyznawanych funduszy, wiele szkół i pracowni uczelnianych zaopatrzyło się w drukarki tego typu. W metodzie FDM nanoszony materiał przeciskany jest przez dyszę ogrzaną do temperatury jego topnienia. Plastikowe tworzywo jest następnie układane warstwa po warstwie, dzięki czemu powstaje przestrzenny obiekt.

W swoich doświadczeniach wykorzystałem specyficzne tworzywo, jakim jest polilaktyd PLA, będący z chemicznego punktu widzenia poli(kwasem mlekowym) o strukturze



Rys. 1 – Wzór strukturalny błękitu bromotymolowego

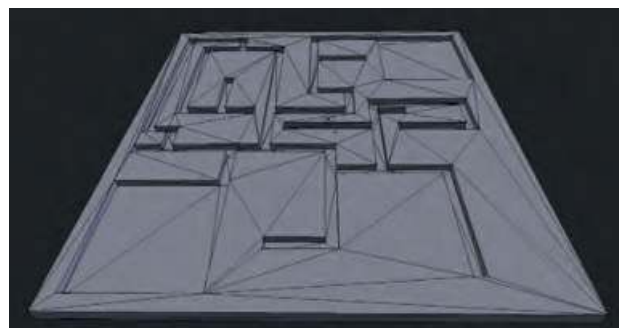


Rys. 2 – Wzór strukturalny czerwieni metylowej

meru  $[-CH(CH_3)C(O)O-]$ . Tworzywo to jest pełni biodegradowalne, a wytwarza się je z odnawialnych surowców w rodzaju np. mączki kukurydzianej. Wykorzystanie polilaktidu obejmuje także cele biomedyczne.

Rozkład PLA przyspiesza ekspozycja na światło UV, wilgoć i inne czynniki. Dlatego wykonane z niego sprzęty należy przechowywać w odpowiednich warunkach, jeśli mają służyć nam przez dłuższy czas. Oczywiście ten sam projekt można wykonać z innych, niebiodegradowalnych materiałów. Wymaga to jednak zmiany warunków druku 3D.

Labirynt zaprojektowałem w programie FreeCAD (wer. 0.19.2), a następnie wyeksportowałem do formatu \*.stl, który jest akceptowany przez większość aplikacji obsługujących drukarki przestrzenne. Fot. 2 obrazuje projekt labiryntu, ukazany w edytorze grafiki trójwymiarowej Blender (wer. 2.93.1). Obie aplikacje są przykładami wolnego i otwartego oprogramowania, więc nic nie stoi na przeszkodzie, aby każdy mógł stworzyć swój własny projekt. Do pierwszych doświadczeń dla chętnych udostępniam plik



Fot. 2 – Projekt labiryntu



Fot. 3 – Gotowy labirynt



Fot. 4 – Krążek zestalonego żelu



Fot. 5 – Krążek zestalonego żelu



Fot. 6 – Roztwór

z labiryntem opisanym w artykule (do pobrania pod adresem: <https://weirdscience.eu/stl/labirynt.stl>).

Parametry wydruku ustawiono na standardowe dla tworzywa PLA – wybrano biały polilaktyd, dla większej przejrzystości. Zastosowano dyszę 0,4 mm przy grubości warstwy 0,2 mm. Większa dokładność nie jest tutaj konieczna. Wydruk należy wyskalować odpowiednio do swoich potrzeb – w moim przypadku długość jego boku wyniosła 55 mm. Sam proces druku zajął kilkadziesiąt minut, po czym uzyskano gotowy model labiryntu odpowiedni do wykorzystania w doświadczeniu (Fot. 3).

Jak widać, labirynt nie jest skomplikowany, ale zobaczymy jak z nim sobie poradzi nasze dzieło.

Przydatną w doświadczeniu rzeczą jest przygotowanie żelu przez rozmieszanie niewielkiej ilości (2% wagowo) agar-agaru we wrzącej wodzie destylowanej. Uzyskany żel łatwo krzepnie w temperaturze pokojowej po wylaniu np. do szalek Petriego, skąd łatwo następnie wydostać żelowe krążki (Fot. 4).

Krążki trzeba później pociąć na niewielkie fragmenty (mieszczące się na polu mety labiryntu), po czym powinny zostać przeniesione do roztworu kwasu chlorowodorowego o stężeniu około 3,7%, gdzie muszą pozostać kilka godzin (Fot. 5).

W razie braku agaru nie ma się co załamywać – podobną rolę spełni np. niewielki fragment gąbki lub tkaniny nasączony kwasem o podanym stężeniu.

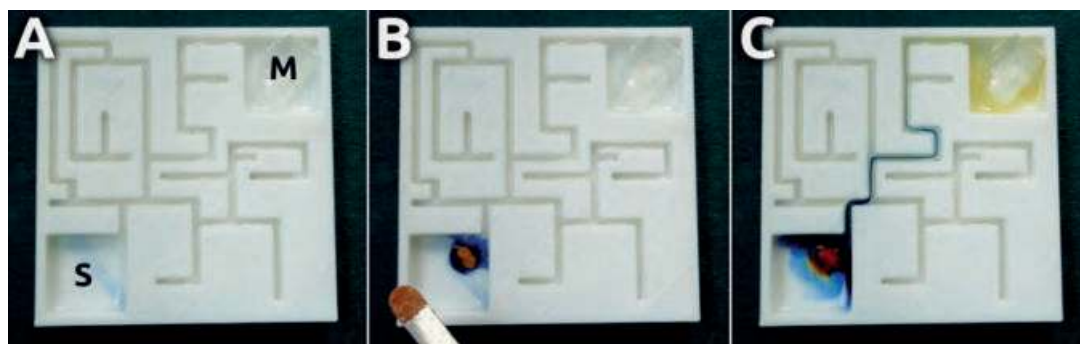
Przystępując do doświadczenia musimy przygotować też roztwór roboczy, poprzez rozpuszczenie w 100 cm<sup>3</sup> destylowanej wody najpierw 0,28 g wodorotlenku potasu, a następnie około 0,2 cm<sup>3</sup> kwasu oleinowego, co może wymagać dosyć energicznego mieszania. Roztwór ma postać przejrzystej, bezbarwnej i łatwo pieniającej się cieczy (Fot. 6).

Model labiryntu należy ustawić jak najdokładniej poziomo i następnie wypełnić wszystkie korytarze do połowy wysokości przygotowanym przed chwilą roztworem (Fot. 7A).

Po wypełnieniu labiryntu roztworem w komorze stanowiącej wyjście z labiryntu albo jego metę (oznaczonej jako M) należy umieścić bloczek agaru nasączony kwasem chlorowodorowym, po czym szybko do komory startowej S przenieść szpatułką niewielką ilość stałego barwnika – w tym przypadku błękitu bromotymolowego (Fot. 7B). Trzeba to zrobić w taki sposób, aby barwnik rozpląwał się po powierzchni cieczy, na granicy faz.

Już po chwili można zauważyć, że zamiast rozprzestrzeniać się bezładnie, barwna smuga płynie najkrótszą drogą do mety (Fot. 7C). Możemy też zauważyć, że smuga zmienia swą barwę, od początkowo niebieskiej, przez zielonkawą, aż do żółtej w pobliżu końca swojej drogi.

Błękit bromotymolowy możemy zastąpić także innymi barwnikami, np. czerwienią metylową (Fot. 8). W jej przypadku przejścia barwne (między kolorami żółtopomarańczowym a czerwonym) są jednak nieco mniej dostrzegalne.



Fot. 7 – Doświadczenie i jego efekt; A – labirynt wypełniony roztworem, B – moment dodania barwnika, C – przepływ barwnika; oznaczenia: S – start, M – meta



Fot. 8 – Czerwień metylowa wskazuje drogę

Proces można prześledzić dokładniej na sekwencji obrazów – wykorzystano tym razem nieco inny, ale podobny model labiryntu i ponownie błękit bromotymolowy (Fot. 9).

### Wyjaśnienie

Mechanizm obserwowanego efektu i „zdolności” układu do rozwiązania zadania

znalezienia najkrótszej drogi w labiryncie należy się doszukiwać w zjawiskach związanych z napięciem powierzchniowym [4].

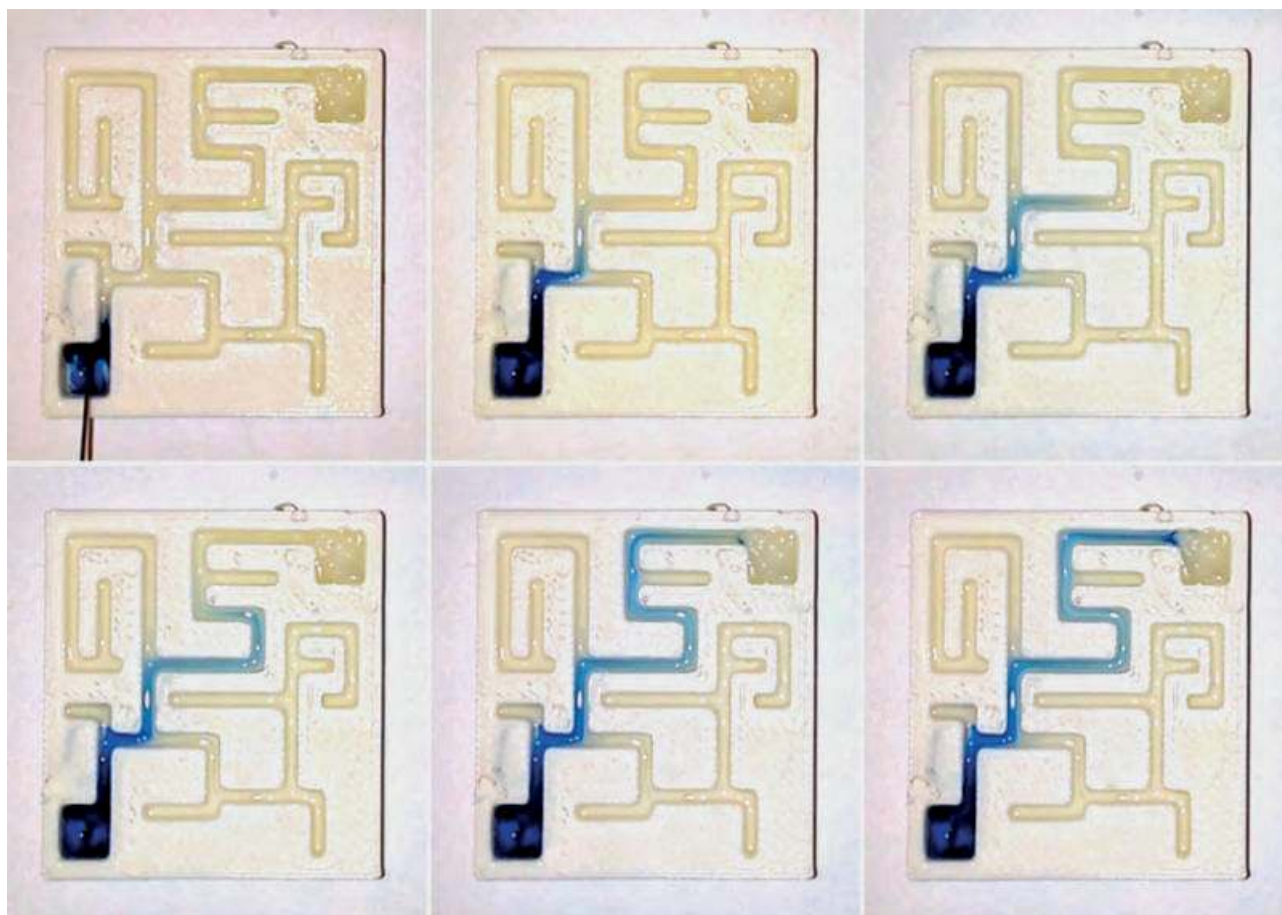
Napięciem powierzchniowym nazywamy zjawisko fizyczne występujące na granicy faz, a więc na styku powierzchni cieczy z ciałem stałym, gazem lub inną cieczą. W jego efekcie powierzchnia ta zachowuje się jak elastyczna błonka pokrywająca ciecz. W ujęciu ilościowym jest to energia przypadająca na jednostkę powierzchni, co jest równoważne pracy potrzebnej do powiększenia powierzchni o tę jednostkę.

Istnienie napięcia powierzchniowego tłumaczy się występowaniem sił przyciągania pomiędzy cząstkami cieczy.

Wysokie napięcie powierzchniowe na granicy faz oznacza, że siły kohezji w obrębie faz są większe niż siły adhezji na granicy tych faz.

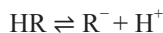
Wartość napięcia powierzchniowego zależy od wielu czynników. Jednym z nich jest obecność pewnych związków chemicznych, nazywanych substancjami powierzchniowo czynnymi. Cząsteczki tych substancji gromadzą się na granicy faz ułatwiając ich kontakt. Są one zbudowane z dwóch części, z których każda odpowiada za łatwe mieszanie się z odrębną fazą. Cząsteczka substancji powierzchniowo czynnej zmniejszającej napięcie międzyfazowe na granicy wody i powietrza musi zawierać fragment hydrofilowy, wykazujący powinowactwo z wodą (dzięki swojej polarności), oraz fragment hydrofobowy, o zdecydowanie niższym powinowactwie do wody, a więc zwykle o niepolarnym charakterze.

Z napięciem powierzchniowym, czy raczej z jego różnicami, jest związanych wiele zjawisk fizycznych – jednym z nich jest efekt Marangoniego. Polega on na przepływie cieczy w kierunku od niższego napięcia powierzchniowego do wyższego, co możemy zaobserwować nanosząc kroplę mydła na powierzchnię cieczy posypanej np. talkiem lub pieprzem – gwałtowny „odskok” drobin unoszących się na powierzchni cieczy jest spowodowany właśnie znacznym lokalnym zmniejszeniem napięcia powierzchniowego przez środek powierzchniowo czynny [5].



Fot. 9 – Droga barwnika przez labirynt; kolejne fotografie wykonano w interwałach jednosekundowych

W naszym przypadku, podczas roztwarzania kwasu oleinowego (opisanego dalej symbolicznie jako HR, R oznacza resztę kwasu oleinowego) w zasadowym roztworze spowodowaliśmy jego deprotonację w myśl równania:



Reakcja jest odwracalna, a jej równowaga zależy od odczynu środowiska – w zasadowym przeważa reakcja deprotonacji, zaś w kwasowym protonacji.

Powstałe w ten sposób jony oleinianowe  $R^-$ , mając zarówno polarną „głowę” obdarzoną zlokalizowanym ładunkiem ujemnym (fragment hydrofilowy), jak i długi niepolarny „ogon”, czyli łańcuch węglowodorowy (fragment hydrofobowy) stanowią doskonały środek powierzchniowo czynny. Grupują się one na granicy faz roztwór-powietrze zmniejszając tym samym wartość napięcia powierzchniowego. Można to stwierdzić choćby po skłonności do pienienia się roztworu (*vide* Fot. 6).

Wypełniając labirynt tak przygotowanym roztworem zapewniamy jednorodną wartość napięcia powierzchniowego na całej powierzchni kanałów.

Wprowadzając w określonym miejscu startowym S labiryntu błądząc agar nasączony kwasem zmieniamy jednak równowagę kwasowo-zasadową układu, przy czym w obrębie kanałów powstaje charakterystyczny gradient pH rosnącego od miejsc bardziej odległych mecie w jej kierunku. Krótko mówiąc: im bliżej mety M, tym roztwór wypełniający kanały jest bardziej kwaśny.

Zauważmy, że skoro przeważający kierunek przytoczonej wcześniej reakcji zależy od środowiska, to skoro w obrębie labiryntu powstał gradient pH, to także równowaga owej reakcji będzie odwzorowywała wskazaną zależność. Dzięki temu w rejonach labiryntu bliższych miejscu startowemu S koncentracja formy zdeprotonowanej kwasu oleinowego będzie najwyższa. Zbliżając się natomiast do mety M moglibyśmy zanotować jej spadek na rzecz wzrostu koncentracji formy sprotonowanej.

Biorąc pod uwagę działanie powierzchniowo czynne formy zdeprotonowanej łatwo już wysnuć wniosek, że także rozkład wartości napięcia powierzchniowego w labiryncie stanie się niejednakowy: będzie ono rosło w kierunku od startu do mety. Na skutek efektu Marangoniego powstanie więc powierzchniowy przepływ cieczy unoszący cząstki barwnika znaczące najkrótszą drogę łączącą punkt dodania barwnika i miejsce umieszczenia zakwaszonego bloczku. Zauważmy, że przepływ we wskazanym kierunku odbywa się jedynie na powierzchni – w głębi cieczy (przy dnie kanału) płynie ona przeciwnie. Właśnie dlatego dla powodzenia doświadczenia konieczna jest odpowiednia aplikacja barwnika.

Zmiany barwy smugi wskazującej drogę w labiryncie – jako że użyliśmy wskaźników pH – odwzorowują gradient odczynu środowiska.

Warto zauważyć, że z racji opisanego mechanizmu w przypadku, jeśli w labiryncie istnieją dwie możliwe drogi, to barwna smuga jako pierwszą pokona tę krótszą.

Wszystkie fotografie i rysunki zostały wykonane przez autora.

Mgr Marek Ples

Katedra Biomechatroniki,  
Wydział Inżynierii Biomedycznej  
Politechnika Śląska  
marek.ples@o2.pl  
www.weirdscience.eu

## Literatura:

- [1] Ples M., *W labiryncie – decyzje równonoga*, Biologia w Szkole, 4 (2019), Forum Media Polska Sp. z o.o., str. 56-62
- [2] Lem S., *Dzienniki Gwiazdowe*, Czytelnik, Warszawa, 1976, str. 235
- [3] Hassa R., Mrzigod J., *Podręczny słownik chemiczny*, Videograf II, Katowice, 2004, str. 213
- [4] Suzuno K., Ueyama D., Branić M., Tóth R., Braun A., Lagzi I., *Maze Solving Using Fatty Acid Chemistry*, Langmuir, 2014, 30(31), str. 9251-9255
- [5] -Thomson J., *On certain curious Motions observable at the Surfaces of Wine and other Alcoholic Liquors*. Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Londyn, 1855, str. 330-333

## I. PRENUMERATĘ NA ROK 2021 MOŻNA ZAMÓWIĆ BEZPOŚREDNIO U WYDAWCY

- **Przez internet:** zakładka *Prenumerata* na stronie [www.aspress.com.pl](http://www.aspress.com.pl) i wypełniając formularz zamówienia na podstronie prenumeraty
- **e-mail:** [szewczyk24@gmail.com](mailto:szewczyk24@gmail.com) ■ **telefonicznie:** 606 201 244 ■ **listownie:** Agencja AS Józef Szewczyk, ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa

### Cena prenumeraty w 2021 roku

Tytuł	Liczba wydań (I i II półrocze)	Cena egzemplarzowa	Cena prenumeraty rocznej	Cena prenumeraty w II półroczu
<b>Dwumiesięczniki</b>				
Chemia w Szkole	6 (3+3)	30,00	180,00	90,00
Geografia w Szkole	6 (3+3)	30,00	180,00	90,00
Fizyka w Szkole z Astronomią	6 (3+3)	30,00	180,00	90,00
Wiadomości Historyczne z WOS	6 (3+3)	30,00	180,00	90,00

## II. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ FIRMY KOLPORTERSKIE:

1. **RUCH** – zamówienia na prenumeratę w wersji papierowej i na e-wydania można składać bezpośrednio na stronie [www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl). Ewentualne pytania prosimy kierować na adres e-mail: [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl) lub kontaktując się z Centrum Obsługi Klienta „RUCH” pod numerami: 22 693 70 00 lub 801 800 803 – czynne w dni robocze w godzinach 7.00–17.00. Koszt połączenia wg taryfy operatora.
  2. **GARMOND PRESS** – tel. 22 836 69 21 [prenumerata.warszawa@garmondpress.pl](mailto:prenumerata.warszawa@garmondpress.pl).
  3. **KOLPORTER S.A.** – prenumeratę instytucjonalną można zamawiać w oddziałach firmy. Informacje: [www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl).
  4. **POCZTA POLSKA** – zamówienia we wszystkich urzędach pocztowych lub u listonoszy, drogą elektroniczną: [www.poczta-polska.pl](http://www.poczta-polska.pl). Infolinia w godz. 8.00–22.00: 801 333 444 (dla telefonów stacjonarnych) i 801 333 444 (dla telefonów komórkowych i z zagranicy).
- III. **NUMERY ARCHIWALNE DRUKOWANE** dostępne są w ograniczonym zakresie. Przed złożeniem zamówienia prosimy o kontakt pod adresem: [szewczyk24@gmail.com](mailto:szewczyk24@gmail.com).

**Zamów prenumeratę przez Internet**  
[www.aspress.com.pl/prenumerata/](http://www.aspress.com.pl/prenumerata/)

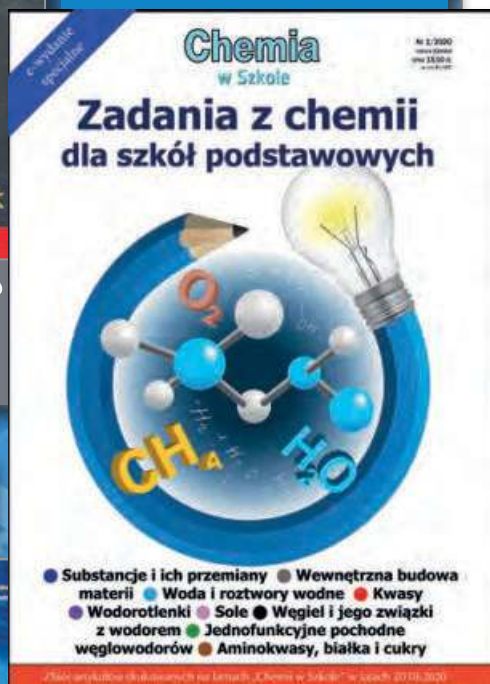
# WYDANIA SPECJALNE

w wersji elektronicznej – pliki PDF



Co nam pomaga?  
Co nam szkodzi?

42 propozycje



Ceny  
od 10 zł  
w tym  
8% VAT



Szkolne  
eksperymenty

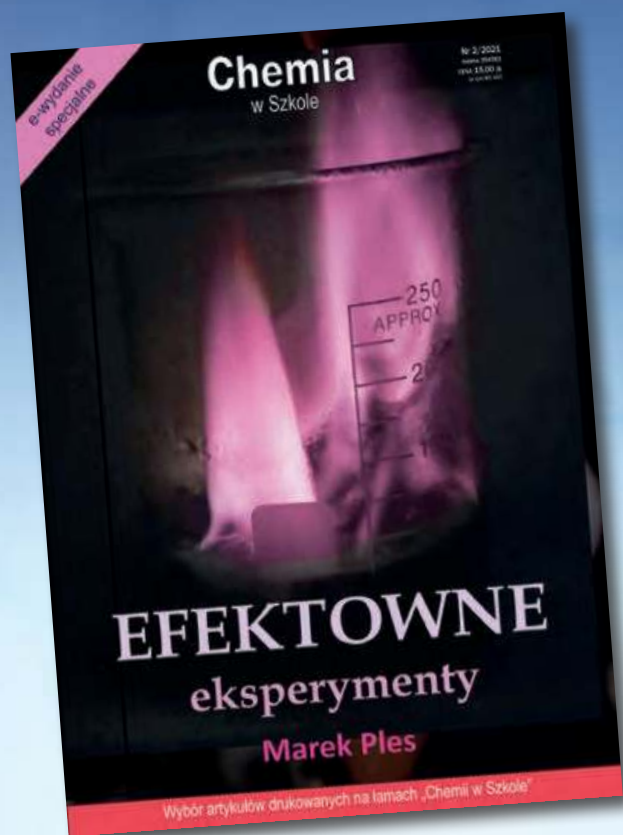
283 zadania



Szczegóły i formularz zamówienia na: [www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/](http://www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/)

# WYDANIE SPECJALNE „Chemii w Szkole” 2/2021

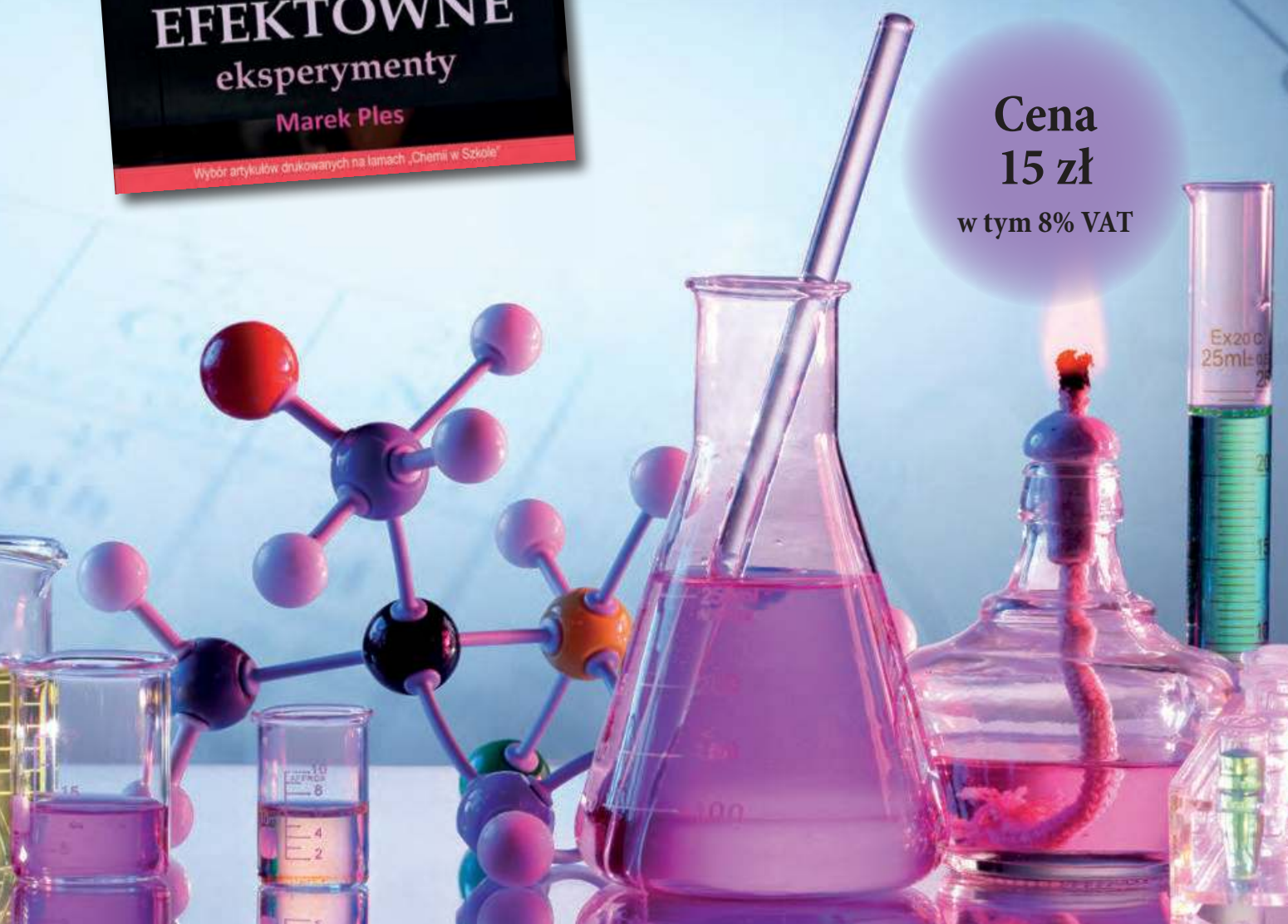
WERSJA ELEKTRONICZNA – plik PDF



- Dlaczego świecą cukierki i kamienie?
- Czy z chaosu będzie porządek?
- Jak uwięzić światło?
- Chemiczne eksperymenty *in vitro*?
- Jak wywołać błędne ognie?
- Kiedy w probówce wywołamy burzę?
- Jak przeprowadzić śledztwo, a jak wychodować węża?

Cena  
15 zł

w tym 8% VAT



Szczegóły i formularz zamówienia na [www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/](http://www.aspress.com.pl/wydania-specjalne/)