

Alkohol etylowy  
– „zły duch”

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

# Chemia

w Szkole

Nr 6  
listopad/grudzień 2015

319 (LXI) indeks 354562

CENA 25,00 ZŁ  
(w tym 5% VAT)

Fluorescencja  
– eksperymenty

Węglowodany  
w kosmetologii

+ Zadania laboratoryjne  
z 47. Międzynarodowej  
Olimpiady Chemicznej

# Minerały

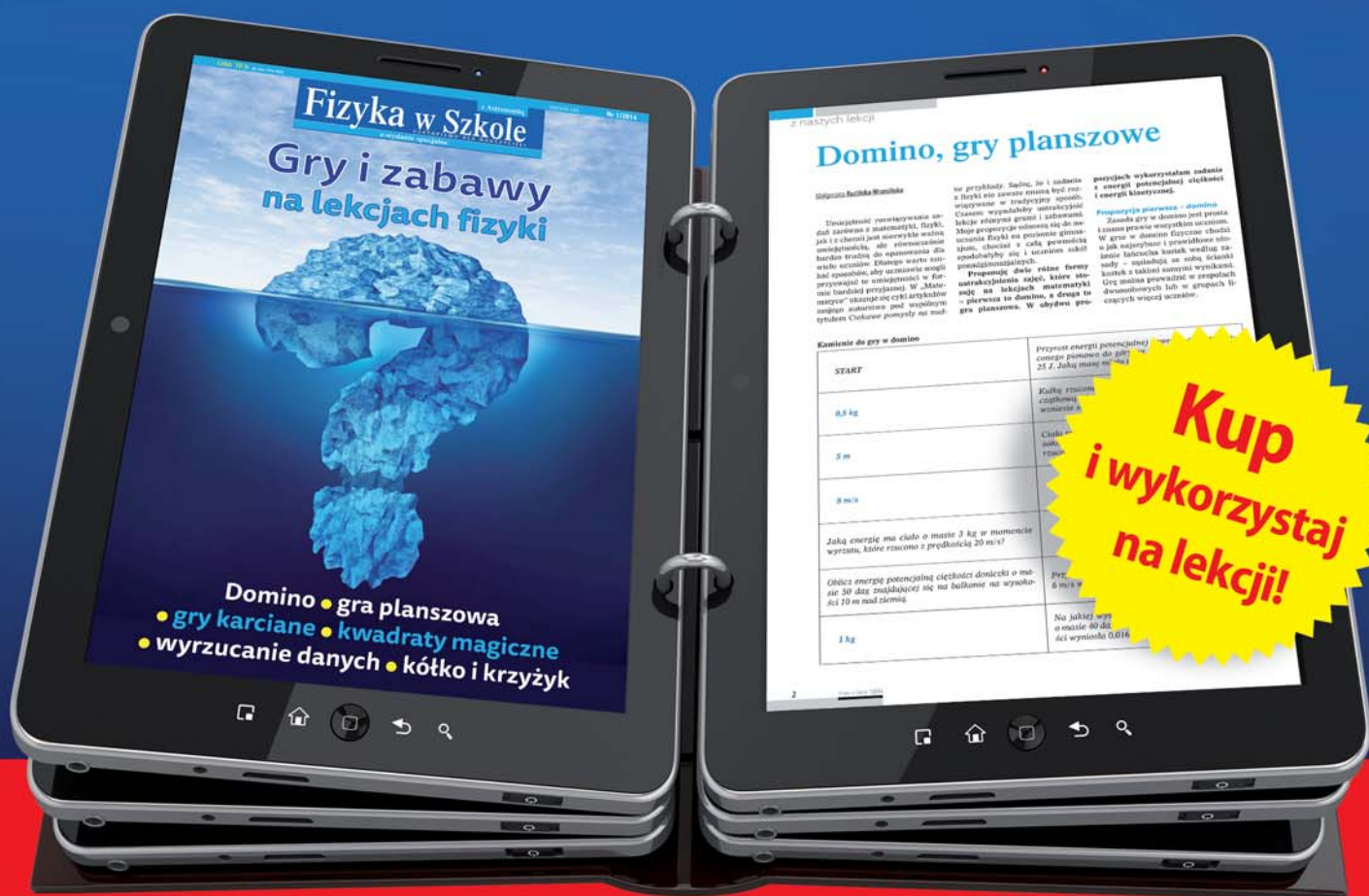
– niby zwykłe skały...



Jak zainteresować uczniów fizyką?  
Jak zachęcić do nauki trudnych tematów?  
Jak skutecznie uczyć przez zabawę?

Pomoże ci w tym wydanie specjalne Fizyki w Szkole

# Gry i zabawy na lekcjach fizyki



Dla nauczycieli gimnazjum i szkół ponadgimnazjalnych

Do kupienia tylko w wersji elektronicznej

[www.aspress.com.pl](http://www.aspress.com.pl)





## Szanowni Państwo

**O**to kolejny interdyscyplinarny numer naszego czasopisma. W krainę fotochemii zapraszają Państwa p. mgr I. Orlińska i p. mgr M. Ples, proponując artykuły na temat niezwykle efektownego zjawiska fluorescencji. Myślę, że po lekturze tych artykułów zapagną Państwo następnych opracowań o fluorescencji, czyli – powtarzając za p. Markiem Plesem, który z kolei zacytował J. W. Goethego – proszą Państwo o.. „więcej światła”.

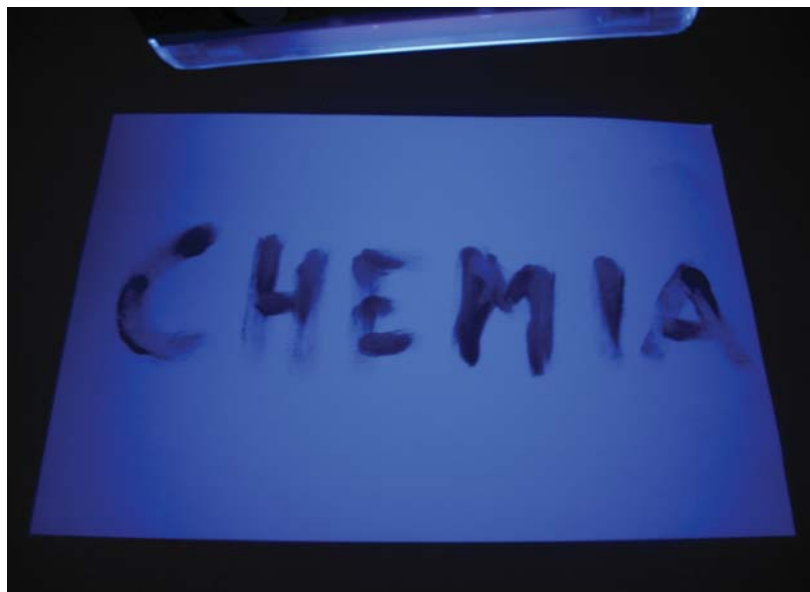
Z kolei do fascynującej krainy minerałów i skał zaprasza Państwa p. dr J. Kurek, która zilustrowała swoje opracowanie licznymi pięknymi fotografiami – owocami podróży Autorki po różnych uroczych zakątkach świata oraz opowieściami o roli, odgrywanej przez kamienie szlachetne zarówno współcześnie, jak i w dawnych, nawet starożytnych czasach.

Pan mgr inż. L. Ruchomski pokazuje w drugiej części swojego opracowania, jak bardzo wyrafinowana jest problematyka odważania substancji i odmierzania objętości roztworów oraz związane z tym obliczenia. Aczkolwiek tematyka ta może pozornie wydawać się odległa od realiów szkół średnich, z treścią tego artykułu powinni zapoznać się, z odpowiednim wyprzedzeniem, uczestnicy III etapu Krajowej Olimpiady, gdyż z reguły trzeba wykazać się wtedy umiejętnością pipetowania, miareczkowania itp.

Nieczęsto spotykana na naszych łamach tematyka węglowodanów zyskała tym razem, w ujęciu p. mgr A. Kołaczek, atrakcyjne uzasadnienie w postaci ich zastosowań w kosmetologii, co powinno szczególnie zainteresować nasze Czytelniczki (choć, kto wie, czy tylko...?). Za to niewątpliwie z ogromnym zainteresowaniem „szerokich mas” spotka się kolejna propozycja zespołu skupionego wokół p. prof. P. Saneckiego – tym razem jest to bezlitosna rozprawa z alkoholem etylowym. Odrobina wyobraźni w trakcie lektury tego tekstu powinna wystarczyć, aby po niej sięgnąć po szklankę... najwyżej herbaty.

W numerze tym zamykamy zarazem sprawozdanie z ostatniej Olimpiady Międzynarodowej w Baku, publikując zadania laboratoryjne.

Życząc Państwu miłych Świąt Bożego Narodzenia i wszelkiej pomyślności w Nowym Roku, wyrażam zarazem nadzieję na nasze dalsze miłe spotkania na tych łamach, zapraszając Państwa zarówno do lektury naszego czasopisma, jak i do nadsyłania ciekawych opracowań.



### 13 Fluorescencja wokół nas • Iwona Orlińska

## Nauka i technika

### 4 Ciekawostki

• Marek Orlik

### Metodyka

### i praktyka szkolna

### 6 Niby zwykły kamień

– o skałach i minerałach

• Joanna Kurek

### 16 Więcej światła!

o fluorescencji rywanolu

• Marek Ples

### 32 Wagi i szkło miarowe.

Prezentacja wyników,

część 2

• Leszek Ruchomski

### 40 Alkohol etylowy

• Łukasz A. Głowczyński,

Przemysław T. Sanecki,

Piotr M. Skitał

### 47 Węglowodany

w kosmetologii

• Aneta Kołaczek



## Konkursy i olimpiady chemiczne

### 18 47. Międzynarodowa Olimpiada Chemiczna.

Zadania laboratoryjne • Marek Orlik, Aleksandra Misicka-Kęsik

**Redakcja** Marek Orlik (redaktor naczelny – chemiared@gmail.com) **Adres redakcji** ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa **Wydawnictwo** Agencja AS Józef Szewczyk, ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa, e-mail: szewczyk24@gmail.com, faks 22 641 02 01, www.aspress.com.pl, NIP: 951-134-91-51 **Wydawca** Józef Szewczyk, tel. 606-201-244, szewczyk24@gmail.com **Prenumerata** Prenumerata www.aspress.com.pl/prenumerata-2015/, e-mail: szewczyk24@gmail.com, faks 22 641 02 01 **Reklama** Jędrzej Chodakowski jchodakowski1953@gmail.com **Skład i tanięcie** Vega design **Druk i oprawa** Pabianickie Zakłady Graficzne SA, 95-200 Pabianice, ul. P. Skargi 40/42

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

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI  
**Chemia**  
 w Szkole

Nakład 3000 egz.

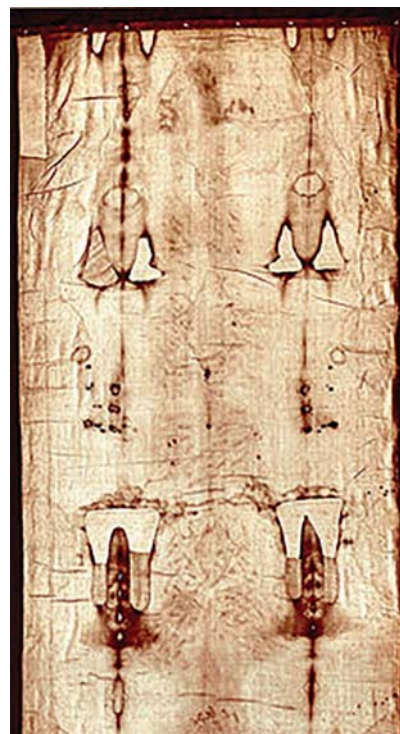
CENA 25,00 zł  
(w tym 5% VAT)

Zdjęcie na okładce: Fotolia

NUMER 6 LISTOPAD/GRUDZIEŃ 2015 319 (LXI) indeks 354562 ISSN 0411-8634

## Tajemnica Całunu Turyńskiego – nowe badania

Na łamach naszego czasopisma niejednokrotnie pisaliśmy o badaniach słynnego Całunu Turyńskiego, usiłujących przede wszystkim odpowiedzieć na pytanie o czas jego wytworzenia, a także o mechanizm powstania widniejącego na nim wizerunku ukrzyżowanej osoby, w świetle naszej współczesnej wiedzy. Jak wiadomo, poza poglądem, iż jest to autentyczna relikwia, okrywająca Jezusa Chrystusa po męczeńskiej śmierci, istnieją przesłanki o średniowiecznym pochodzeniu tego płótna. Ostatnio naukowcy z Uniwersytetu w Padwie poddali całun badaniom DNA uzyskanego z zawartego w nim pyłu, znajdując w nim ludzki i roślinny materiał genetyczny [1, 2]. Okazało się, że roślinny materiał genetyczny pochodził z roślin z... całego świata, w tym – ze świerka europejskiego, koniczyny śródziemnomorskiej, robinii akacyjowej z Ameryki Północnej, a nawet z rzadkich azjatyckich odmian gruszek i śliwek. Podobnie ludzki materiał genetyczny został pozostawiony przez ludzi z całego świata, ale w tym przypadku odnotowano jedną istotną różnicę: ze względu na to, że DNA ulega w czasie rozkładu, najkrótsze jego fragmenty oznaczają odcinki najstarsze. Kluczowe dla obecnych wniosków okazało się to, że takich krótkich fragmentów jest w Całunie najwięcej i że pochodzą one z... Indii. Koncepcja sugerująca, że Całun został wytworzony w Indiach, jest nowością. Oczywiście wyniki tych badań, w sytuacji gdy Całunu dotykała niezliczona liczba ludzi w ciągu wielu wieków, nie mogą jednoznacznie rozstrzygnąć kwestii autentyczności Całunu, tym bardziej, że miejsce jego wytworzenia nie musiało być tożsame z miejscem, w którym później w tajemniczy sposób powstał wizerunek. Fascynująca tajemnica Całunu pozostaje zatem wciąż nierozwiązana.



[1] <http://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/ciekawostki,49/calun-turyński-ujawnia-nowe-tajemnice,183585,1,0.html>  
 [2] [http://www.researchgate.net/publication/265849038\\_Uncovering\\_the\\_sources\\_of\\_DNA\\_of\\_the\\_Turin\\_Shroud](http://www.researchgate.net/publication/265849038_Uncovering_the_sources_of_DNA_of_the_Turin_Shroud)

## Cukier (czy także słodzik) krzepi?

o mleku przybliżyliśmy także coraz lepiej obecnie rozumianą rolę cukru (sacharozy) w pracy naszego mózgu. Och, chyba wszyscy znamy znakomite, nośne hasło reklamowe „Cukier krzepi”, ukute w 1931 roku przez Melchiora Wańkowicza, pracującego wtedy jako doradca reklamowy Związku Cukrowników... [1]. Maksyma ta była później, także w czasach nam już współczesnych, krytykowana jako puste hasło reklamowe, a cukier odsądzano od czci i wiary, wskazując, zresztą nie bez powodu, że przesadne jego spożywanie prowadzi co najmniej do otyłości, a w najgorszym przypadku nawet do cukrzycy.

Sacharozą jest jednak niezbędna dla prawidłowej pracy mózgu, a najnowsze badania amerykańskie [2-4] ujawniają bardzo wyrafinowane procesy, jakie w nim zachodzą pod wpływem jedzenia słodkich pokarmów. W hipokampie, obszarze mózgu odpowiedzialnym m.in. za przenoszenie informacji z pamięci krótkotrwałej do pamięci długotrwałej, pod wpływem słodkiego pokarmu następuje aktywacja neuronów, które tworzą nowe połączenia, podobnie jak w trakcie procesu uczenia się. Efekt ten zaobserwowano u szczurów po podaniu im zarówno sacharozy, jak i sacharyny, a więc to smak substancji był kluczowy. Innymi słowy, słodkie pokarmy wywołują powstanie pewnej neuronowej „mapy posiłku”, stanowiącej sposób gromadzenia o nim wspomnienia, które także wpływa na czas decyzji o przystąpieniu do kolejnego posiłku.

Szczególną cechą słodkich pokarmów jest to, że doświadczalne szczury nie tylko w krótszym czasie zaczynały je ponownie spożywać, ale i jadły ich coraz więcej... Czy nie kojarzy nam się to ze znanym zjawiskiem, że osoby o słusznej tuszy (coraz) chętniej niż szczupłe zjadają się słodczykami? Obserwacje powyższe wpisują się w długo-

letnie badania mózgu, sugerujące, iż różne mechanizmy regulują rozpoczęcie posiłku i jego kończenie, oznaczające osiągnięcie uczucia sytości. Do zrozumienia tych procesów droga jest jednak jeszcze bardzo daleka...

- [1] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Melchior\\_Wa%C5%84kowicz](https://pl.wikipedia.org/wiki/Melchior_Wa%C5%84kowicz)  
 [2] <http://tvnmeteoactive.tvn24.pl/dieta,3016/slodkie-pokarmy-stymuluj%C5%82a-mozg-do-tworzenia-wspomnienia,185566,0.html>  
 [3] Marise B. Parent, N. Darling, Y. O. Henderson, Remembering to eat: hippocampal regulation of meal onset, American Journal of Physiology, 306 (2014) R701-R713; DOI:10.1152/ajpregu.00496.2013  
 [4] Y. O. Henderson, G. P. Smith, M. B. Parent, Hippocampal neurons inhibit meal onset. *Hippocampus* 23 (2013) 100–107



## W co wierzyć, jak żyć?

Wbrew temu nieco pompastycznemu tytułowemu pytaniu nie chodzi tym razem o fundamentalne kwestie światopoglądowe, ale o... mleko. Jedno z moich najwcześniejszych wspomnień z ówczesnej (powracającej teraz?) ośmioletniej szkoły podstawowej, do której uczęszczałem w malowniczych (na swój szczególnie sposób) latach 60-tych ubiegłego już wieku, dotyczy... ceremonii picia mleka. Naszym, uczniów obowiązkiem było przynoszenie do szkoły kubeczków, ponieważ w pewnym momencie w klasie pojawiało się dość duże naczynie z gorącym, parującym mlekiem, nalewanym do tych kubeczków wywołującą respekt chochłą. Nauczyciele pilnowali, abyśmy to mleko wypili do dna, oczywiście dla naszego dobra, bo przecież mleko to białko, wapń, fosfor, a więc wzmocnienie kości...

I oto w kilkadziesiąt lat później znajduję w Internecie informację: „wypijanie co najmniej trzech szklanek mleka dziennie zwiększa ryzyko zgonu u kobiet i mężczyzn oraz złamań u kobiet”, wynikającą z badań szwedzkich naukowców opublikowanych na łamach „British Medical Journal” [1, 2]. Po początkowym przerażeniu zdałem sobie sprawę, że przecież w szkole wypijałem dziennie najwyżej tylko jedną szklankę, czyli kubek, a poza szkołą za mlekiem nie przepadałem, więc może nie wszystko jeszcze stracone. Inny pozytywny wniosek wynikający z badań szwedzkich był taki, że produkty ze sfermentowanego mleka działają, dla odmiany, korzystnie. Opi-

nię na temat tych rewelacji wyrazili m. in. naukowcy ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW) w Warszawie [1], wskazując, że korelacja między wypijaniem co najmniej trzech szklanek mleka dziennie a podwyższonym ryzykiem zgonu nie jest jeszcze oczywista, w tym sensie, że miała ona charakter doszukiwania się zależności między wybranymi czynnikami i sytuacjami. Nieco trywializując, może to oznaczać tworzenie „naukowych” zależności na podstawie opartych na (podobno całkiem realnych) obserwacjach, że przyłot bocianów całkiem nieźle koreluje z liczbą urodzeń matych *homo sapiens sapiens*.

Ciekawe i ważne jest jednak to, że można wskazać przyczynę, dla której zbyt obfite spożywanie produktów mlecznych może rzeczywiście stwarzać pewne ryzyko. Po pierwsze, mleko zawiera stosunkowo duże ilości nasyconych kwasów tłuszczowych, sprzyjających chorobom układu sercowo-naczyniowego i w tym sensie może działać równie szkodliwie jak spożywane w dużych ilościach mięso. Po drugie, mleko jest głównym źródłem D-galaktozy w diecie, który to związek powstaje na drodze katalizowanego przez enzym laktazę rozkładu cukru mlekowego (laktozy).

Z doświadczeń na zwierzętach wynika natomiast, że dodawanie do pokarmu lub wstrzykiwanie im bezpośrednio do krwi D-galaktozy powoduje przewlekły stan zapalny i ogólnie uruchamia procesy analogiczne do naturalnego starzenia się (poprzez wywołanie stanu tzw. stresu oksyda-



cyjnego). Biedne (jak zwykle) zwierzątka w rezultacie zapadały na choroby układu krążenia, nowotworowe, traciły masę mięśniową i kostną. Ta ostatnia obserwacja, gdyby potwierdziła się nie tylko dla czystej D-galaktozy, tak jak w powyższych eksperymentach, ale i dla mleka, oznaczałaby istotnie, że jego znaczne spożycie mogłoby przyspieszać osteoporozę.

Jasne staje się także, dlaczego jogurty, kefir, sery i inne produkty pochodzące ze sfermentowanego mleka takiego niekorzystnego działania nie wykazują. Po pierwsze, w procesie fermentacji laktoza ulega w znacznym stopniu rozkładowi, nie stając się przez to istotnym źródłem D-galaktozy w diecie opartej na jogurtach itp., a po drugie – obecne w takich produktach bakterie probiotyczne wykazują działanie antyoksydacyjne i przeciwzapalne. Wniosek? Rekomendacja, potwierdzana także przez SGGW, jest następująca: wszystkie aktualne zalecenia żywieniowe podają, aby dziennie spożywać równowartość tylko *dwóch* szklanek mleka, w dowolnej postaci, także jako równoważną ilość w postaci jogurtu czy sera.

[1] <http://wiadomosci.onet.pl/nauka/badanie-nadmiar-mleka-moze-szkodzic/zgkfs>

[2] <http://www.bmj.com/content/349/bmj.g6015>

## Nobel z chemii za badania nad mechanizmem naprawiania DNA

Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii zdobyli w tym roku Szwed Tomas Lindahl, Amerykanin Paul Modrich i Turek Aziz Sanchar za badanie procesu odzwierciedlenia przez komórki uszkodzonych łańcuchów DNA. Jak uzasadnił swoją decyzję Komitet Noblowski, naukowcy „wyjaśnili na poziomie molekularnym, w jaki sposób komórki naprawiają uszkodzone DNA i chronią informację genetyczną”. Przyczynili się też do zrozumienia mechanizmów rozwoju nowotworów, które są efektem zaburzeń procesów naprawy. Badania nad mechanizmami naprawczymi nie tylko dostarczyły fundamentalnej wiedzy na temat funkcjonowania komórek i wyjaśniły podłoże rzadkich chorób genetycznych, ale mogą też posłużyć do udoskonalenia terapii przeciwnowotworowych. Obecnie wykorzystywane radioterapia i chemioterapia unieczynnają mechanizmy naprawy DNA w szybko dzielących się komórkach nowotworu,



Photo: Cancer Research UK

Tomas Lindahl



Photo: K. Wolf/AP Images for HHMI

Paul Modrich



Photo: M. Englund, UNC-School of Medicine

Aziz Sanchar

co prowadzi do ich zniszczenia. (Artykuł o nagrodzie Nobla zamieścimy w następnym numerze).

[1] <http://www.tvn24.pl/wiadomosci-ze-swiatea,2/nobel-2015-nobel-z-chemii-za-badania-nad-dna,583639.html>

[2] Foto: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2015/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2015/)



# Niby zwykły kamień – o skałach i minerałach

JOANNA KUREK

**N**ajczęściej w ogóle nie zwracamy na nie uwagi, choć w różny sposób towarzyszą nam w codziennym życiu. Minerały to występujące w przyrodzie nieorganiczne ciała stałe posiadające określony skład chemiczny i uporządkowany układ atomów. Natomiast naturalne połączenie jednego lub kilku minerałów to skały. Skały są naturalnymi twórcami będącymi efektem procesów geologicznych zachodzących w stałych cyklach. Kolejno następuje przemieszczanie pierwiastków chemicznych, minerałów i skał w Ziemi (metamorfizm i wypiętrzanie się gór) i na jej powierzchni (np. wietrzenie, odkładanie się osadów, erozja). Poniższe zdjęcie prezentuje

pofałdowane ukształtowanie skał powstałe na skutek procesu wypiętrzania (Fot.1).

Metamorfizacja jest procesem, w trakcie którego pod wpływem ciśnienia i temperatury dochodzi do przekształcenia się minerałów. Marmur (czysty kalcyt) lub kwarcyt (czysty kwarc) to skały zbudowane z jednego minerału. Jednak zdecydowana większość skał składa się z kilku rodzajów minerałów. Kształt i wielkość ziaren poszczególnych minerałów w skałe wynika z tego, w jaki sposób dana skała powstała. Przykładem skały zbudowanej z kilku minerałów jest bazalt, w którym wyróżnić można przede wszystkim minerały, takie jak: oliwin, piroksen i plagioklaz. Natomiast w granicie, również skałe składającej się z kilku minerałów, wyróżnić można kwarc (przezroczysty i błyszczący), skałen – inaczej szpat polny (różowe

i białe ziarna) oraz mika (czarne ziarna). Najbardziej powszechne typy skał powstały ze stopionej magmy. Rozróżnić można między innymi minerały skałotwórcze i osadowe. Wiele minerałów w naturalny sposób tworzy bryły o regularnych kształtach – kryształy, np. kwarc.

## Podział minerałów

W ogólnym ujęciu minerały dzieli się na: **rodzime** i **skałotwórcze**. Minerały **rodzime** to inaczej występujące w ziemi złoża pierwiastków w niezwiązanej formie, takich jak: złoto, platyna, srebro, siarka, żelazo, miedź i nikiel. Natomiast minerały **skałotwórcze** to naturalne twory o wielopierwiastkowym składzie i wyróżnić wśród nich należy: skały magmowe i skały osadowe. Pochodzenie tych skał jest różne i zostanie omówione w dalszej części. Przy-



Fot. 1. Różnorodne ukształtowanie skał będące następstwem procesów geologicznych: ściany wąwozu na Krecie, wybrzeże na Majorce, góry stołowe (wąskie przejście i Kurza Stopka)



Fot. 2. Skała wylewna z wulkanu na Teneryfie, zastygła lava i wulkan Pico del Teide

kładami tych skał są dobrze znane: kwarc, dolomity, kalcyt, minerały ilaste, miki czy skalenie.

### Minerały wulkaniczne – skały z erupcji wulkanicznych

#### Skały magmowe

Skały te powstają w wyniku zastygania roztopionej magmy wydobywającej się z wnętrza Ziemi i można rozróżnić dwa ich rodzaje: **głębinowe** i **wylewne**, formujące się po tym, jak magma wydostanie się z wulkanu jako lava i zostanie oziębiona na jej powierzchni. Skały wulkaniczne głębinowe zbudowane są z: granitu (skalenie, kwarc, biotyt lub muskowit), sjenitu (skalenie, biotyt), gabro (plagioklasy wapniowe, pirokseny, oliwin) i diorytu (plagioklasy, amfibole). Skały wulkaniczne wylewne to przede wszystkim bazalt (plagioklasy wapniowe, pirokseny, andezyt (plagioklasy, amfibole, pirokseny) i ryolit (kwarc, skałen potasowy i biotyt). *Biotyt* to minerał o złożonej budowie  $(Mg, Fe, Mn)_3[O, H, F]_2AlSi_3O_{10}$ . Ponadto występują też smołowce, obsydiany, słupy bazaltowe, porfiry skaleniowe, perydony i serpentynity.

#### Skały wulkaniczne

Skały wulkaniczne podzielić można na dwie grupy: skały piroklastyczne oraz lawy kwaśne i zasadowe. Skały piroklastyczne powstają z plastycznych jeszcze bomb lawy wyrzucanych przez wulkan w powietrze i zastygających w locie. Lawy kwaśne są bardzo gęste, co powoduje, że płyną wolno tworząc strome wulkany. Natomiast lawy zasadowe poruszają się szybko tworząc spłaszczone

wulkany, mogą też wydobywać się z pęknięć w dnie morskim i pokrywać znaczne obszary (Fot 2).

#### Skały osadowe

Do tego rodzaju skał zaliczane są te, które powstały w wyniku działania czynników zewnętrznych, takich jak wiatr, lodowiec czy woda poprzez nagromadzenie się określonego materiału. Przykładem jest chociażby wapień (*kalcyt*  $CaCO_3$ ) pochodzenia chemicznego, jak i organicznego oraz kreda  $CaCO_3$  (ze szkieletów otwornic i innych organizmów). Węgiel kamienny też powstał ze złożonej struktury organicznej. Wymienić należy również fosforyty – głównie ortofosforan(V) wapnia (apatyty), *syderyt*  $FeCO_3$ , sól kamienną (do 99%NaCl), *gips*  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  oraz okruczowe żwiry, zlepieńce, piaski, piaskowce, gliny, margiele, lessy, mułowce.

#### Skały na brzegu morza

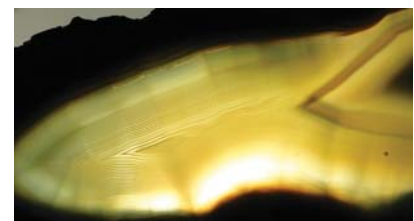
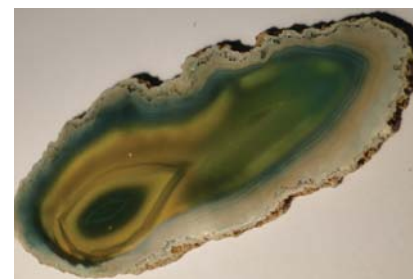
Część nadmorskich wybrzeży to klify, z których odpadają duże kamienie, a morze stopniowo je obmywa i w tym procesie powstają mniejsze kamienie: otoczaki, żwir, piasek i muł. Nadmorskie otoczaki to kwarcytowe kawałki skał wytworzone przez proces wietrzenia pod wpływem fal morskich (Fot.3).



Fot. 3. Otoczaki, żwir, piasek i muł obmywane morskimi falami.

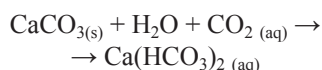
### Jaskinie krasowe: o stalagmitach, stalaktytach i stalagnatach

Jaskinie to prawdziwe cuda przyrody ze swymi stalagmitami, stalaktytami i stalagnatami. Proces zachodzący w jaskiniach określa się jako krasowienie. Opady deszczu przesiąkając przez ziemię rozpuszczają kalcyt w wapieniu, najszybciej tam gdzie miały już miejsce pęknięcia. W późniejszym etapie pojawiają się wyźłobienia, którymi woda spływa w głąb tworząc strumienie, a nawet podziemne rzeki. Część w ten sposób rozpuszczonego kalcytu osadza się ponownie w jaskiniach tworząc stalagmity i stalaktyty. Stalaktyty, zaliczane także do skał, powstają poprzez wyparowanie wody w trakcie ściekania strąconych substancji z przesiąkających wód, np., te o niebieskawej barwie to chalkantyt (siarczan(VI) miedzi(II)) powstają w kopalniach z wód bogatych w miedź (Fot. 4).

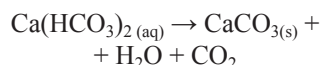


Fot 4. Naszlif stalaktytu, widoczne są niebieskie nacieki sezonowe w postaci „słojów”

Stalaktyty tworzą się przez przesiąkającą podziemną wodę w stropie jaskini, która spływając po stalaktycie w czasie odparowywania tworzy na jego powierzchni cienką warstwę. Stalaktyt „rośnie” od stropu w dół i z każdym rokiem coraz bardziej się wydłuża. Proces ten jest jednak bardzo powolny i roczne przyrosty długości nie przekraczają kilku milimetrów. Gdy woda podziemna dopływa jedynie sezonowo, w przekroju (naszlifie) stalaktytu tworzą się „słoje” (Fot. 4.) jak w przyroście drzewa, a fragmenty białe są najczystszy kalcjtem. Stalagmity „wyrastają” z dna jaskini przez podziemną wodę nasyconą kalcjtem ściekającą ze stropu lub stalaktytu znajdującego się powyżej. Zawierająca dwutlenek węgla woda rozpuszcza, dość trudno rozpuszczalny w czystej wodzie, węglan wapnia ze skał wapiennych, przekształcany przy tym w łatwiej rozpuszczalny wodorowęglan wapnia  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ :



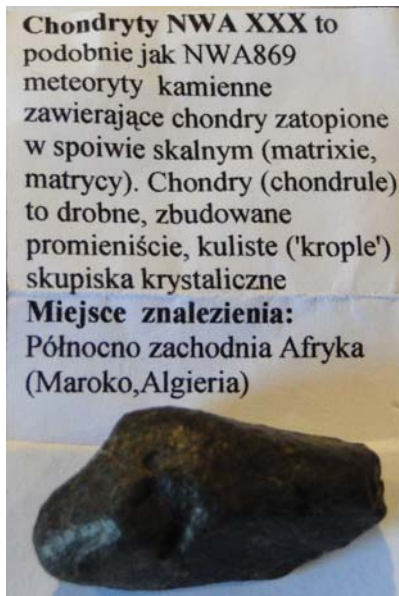
W momencie, kiedy następuje wzrost temperatury czy obniżenie ciśnienia, dochodzi do obniżenia rozpuszczalności  $\text{CO}_2$  i zachodzi proces odwrotny:



Tak strącony węglan wapnia tworzy stalaktyty, a spadające dalej krople tworzą stalagmity. Po wielu setkach lat może dojść do połączenia stalaktytu ze stalagmitem i powstaje stalagnat.

### Minerały – skały z kosmosu

W każdym roku z kosmosu na Ziemię spada duża ilość meteorytów. Znaczna ich część trafia do mórz i na pustkowia. Te, które zostały zebrane czy znalezione w ziemi mają różnorodny skład pierwiastkowy, np. związki węgla i wodę albo mieszankę minerałów. Rozróżnić można meteoryty metalowe bądź metalowo-kamienne. Znaczna ilość meteorytów jest fragmentami planetoid, które



Fot. 5. Chondryt – meteoryt kamienny

się rozpadły. Fot 5. przedstawia meteoryt kamienny (chondryt).

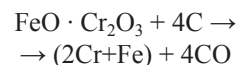
### Metale szlachetne

Metale szlachetne: platyna, srebro i złoto, to cenne minerały – metale występujące w stanie wolnym. Złoto i srebro, znane i wydobywane były od wielu wieków, cenione, gdyż z tych kruszców wyrabiano monety, biżuterię oraz sztaby (stosowane jako środki płatnicze). Platyna jest stosunkowo nowym odkryciem, gdyż znaleziono ją początkowo w Kolumbii dopiero w połowie XVIII w., a jako biżuteria pojawiła się dopiero w XX w. Srebro wcześniej było wydobywane w postaci rodzimej (np. „srebrne druty” w Norwegii), natomiast obecnie jest ubocznym produktem wydobycia w kopalniach miedzi i ołowiu z cynkiem. Poza jubilerstwem srebro znajduje zastosowanie w przemyśle fotochemicznym. Większość minerałów platynonośnych występuje w złożach niklu w postaci bardzo małych ziarenek. Ważną rudą platyny jest *sperylit*. W niektórych krajach, np. Rosji bito z niej monety trzyrublowe. Złoto jest cennym metalem w jubilerstwie, a poza tym w ekonomii, gdyż paradoksalnie wydobywane spod ziemi w znacznej ilości w pewnym sensie do niej wraca – w postaci sztabek umieszczanych w podziemnych skarbcach banków. Złoto wy-

stępuje w postaci żył, np. w kwarcu. W XIX w. odkrycie dużych złóż tego kruszcu w Australii i Kalifornii wywołało istną „gorączkę złota”. „Złoto głupców” jest określeniem przypisywanym dwóm minerałom: *pirytowi* i *chalkopirytowi*, które odznaczają się także złotą barwą, ale pod względem mechanicznym oba są od złota bardziej kruche.

Do pozyskiwania niektórych metali w stanie wolnym wykorzystywane są odpowiednie rudy, których przykłady zestawiono poniżej. Główną rudą manganu jest *piroluzyt*  $\text{MnO}_2$ . W przypadku lantanowców są to odpowiednie sole: ceru – *monacyt*  $\text{CePO}_4$  i *ceryt*  $\text{Ce}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , ceru i lantanu – *bastnezyt*  $(\text{Ce}, \text{La})\text{CO}_3 \cdot \text{F}$ , itru – *ksenotym*  $\text{YPO}_4$ .

$\text{FeCr}_2\text{O}_4$  chromit daje możliwość to otrzymania stopu chromu z żelazem (ferrochromu) poprzez redukcję węglem



Cynę pozyskuje się z *kasyterytu*  $\text{SnO}_2$ , a ołów z *galeny*  $\text{PbS}$ , natomiast glin z *kriolitu*  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  i *boksytu*  $\text{AlO}(\text{OH})$ .

### Metody identyfikacji minerałów i ich właściwości

Chcąc zbadać minerał należy zwrócić uwagę na kilka jego istotnych cech, takich jak struktura, właściwości mechaniczne (twardość, łupliwość), właściwości optyczne czy inne, takie jak magnetyzm, gęstość, aktywność promieniotwórczą oraz wykonać proste próby chemiczne.

### Struktura

W poszczególnych minerałach atomy (jony) konkretnych pierwiastków je budujących, są przestrzennie ustawione w ściśle określony sposób. Makroskopowo objawia się to w ten sposób, że obserwujemy kryształy o konkretnym kształcie. Wyróżniono siedem podstawowych grup kryształów: trójskośne, heksagonalne, regularne, trygonalne, tetragonalne, rombówce, jednoskośne oraz zbliżniaczone (kontaktowe i penetracyjne).



## Właściwości mechaniczne

### Skala twardości Mosha

W celu rozpoznawania minerałów i ich rozróżnienia stosuje się określające je cechy, takie jak: twardość, spójność, łupliwość, przełam, przezroczystość, połysk, współczynnik załamania światła, barwa, pleochroizm, barwa rysy, barwa nalotu i luminescencja. Pod wieloma względami praktycznymi istotnym parametrem opisującym poszczególne minerały jest ich twardość. Cecha ta oznaczana jest według skali Mosha, w której jako najtwardszy został zaliczony diament, natomiast najbardziej miękki to wosk. Austriacki mineralog Friedrich Mosh w 1812 r. wymyślił tę skalę twardości, która polega na tym, że minerałem z tej skali można zarysować tylko te o niższym numerze, np. apatytem kalcyt.

Tabela 1. Stopnie twardości minerałów wyrażenie w skali Mosha

Numer w skali Mosha	Rodzaj minerału
10	diament
9	korund (szafir, rubin) oraz specjalne rodzaje stali
8	topaz
7	kwarc
6	ortoklaz
5	apatyt, zwykła stal
4	fluoryt
3	kalcyt, mosiądz
2	gips
1	talk
0,2	wosk

### Łupliwość

Jest cechą polegającą na tendencji do pęknięcia wzdłuż ściśle zdefiniowanych, ustalonych płaszczyzn, co spowodowane jest rozmieszczeniem atomów w kryształach. Minerałami o doskonałej łupliwości są: *antymonit* (ruda antymonu), *galena* (ruda ołowiu), *kalcyt* czy *baryt*.

### Właściwości optyczne

Gdy przez minerał przepuszcza się wiązkę światła, zachodzą w nim specyficzne efekty optyczne będące skutkiem oddziaływania światła

i poszczególnych atomów z tzw. sieci krystalicznej. Do innych właściwości optycznych należy: połysk, załamywanie światła (z określonym współczynnikiem załamania), dwójłomność optyczna (różne załamywania światła o różnej polaryzacji), barwa, pleochroizm inaczej wielobarwność czy polichroizm (barwa zależna od kierunku polaryzacji światła padającego na określoną ścianę kryształu, np. minerał kordieryt może być, zależnie od kierunku padania światła, niebieski, fioletowy bądź żółty), barwa rysy (wygląd sproszkowanego minerału), właściwości luminescencyjne.

### Proste próby chemiczne

W celu wstępnej identyfikacji minerału wykonuje się próby chemiczne, takie jak: topliwość, sprawdza się barwę płomienia, dokonuje redukcji na węglu w płomieniu dmuchawki, wykonuje reakcje z kwasami, barwienie się w roztworze, obserwuje się barwy perełek (stapianie boraksu lub ortofosforanu(V) amonowo-sodowego z badanym minerałem) oraz prażenie w rurce otwartej (np. pojawienie się gazu, dymu, zapachu, np. czosnku – świadczy o obecności arsenu, a zaobserwowanie szarych kuleczek cieczy – o obecności rtęci).

### Inne właściwości Magnetyzm

Tę cechę wykazują jedynie dwa pospolite minerały: *magnetyt* i *pirotyn* (oba są związkami żelaza), a w dawnych czasach służyły w kopalniach jako igły w kompasach.

### Gęstość

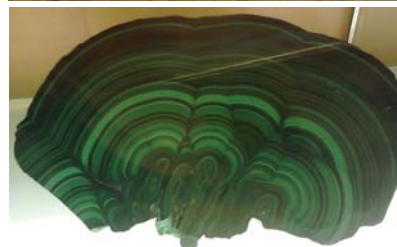
Cecha ta jest zależna od składu chemicznego danego minerału i jego struktury krystalicznej.

### Promieniotwórczość

Aktywność promieniotwórczą wykazują minerały uranu i toru, co jest związane z obecnością w danym mineralu odpowiednich naturalnych izotopów promieniotwórczych.

## O chemii w kamieniach

Oczywiście te wszystkie piękne skały i kamienie zbudowane są z pierwiastków. Poniżej przedstawiono kilka minerałów (Fot 6.) oraz ich skład chemiczny. *Kwarc* to nic innego jak – wydawać by się mogło – zwykły piasek (krzemionka SiO<sub>2</sub>), jednak jest go wiele rodzajów, np. kwarc różowy i inne, które także mogą zachwycać swoją formą. Choć nie zawsze się o tym pamięta, znaczna



Fot. 6. Różnobarwne minerały: piryt, kalcyt, malachit, kwarc różowy, galena



Fot 7. Wykryształowana na brzegu sól morska to głównie NaCl i KCl

część szklanych przedmiotów, z których codziennie korzystamy (szyby, butelki, szklanki, wazy, dzbanki) zawiera prawie 100% krzemionki. *Piryt*  $\text{FeS}_2$  też może występować w różnych kształtach, wśród nich wyróżnia się sześcienny, odznaczający się przy tym złotą barwą.

*Kalcyt*  $\text{CaCO}_3$  to powszechny składnik skałotwórczy. Kryształy tego minerału przybierają bardzo różne kształty, np. tworzą wypełnienie żyłek w skałach osadowych i metamorficznych. *Malachit* jest minerałem z gromady węglanów  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$  i swoją barwę zawdzięcza miedzi, z niego też się ją głównie pozyskuje. W dawnych czasach wyrabiano naczynia z tego minerału, gdyż miedź w nim się znajdująca wykazuje właściwości bakteriobójcze. *Galena*  $\text{PbS}$  jest dość powszechnym minerałem i głównym źródłem ołowiu, a także produkuje się z niej gładką stosowaną do produkcji bieli ołowianej oraz minii. Sól, którą najczęściej stosujemy w kuchni, to *halit* (czysty chlorek sodu  $\text{NaCl}$ ), natomiast w soli morskiej występuje też *sylwin* (chlorek potasu  $\text{KCl}$ ). Woda morska jest głównym źródłem pozyskiwania metali lekkich.

### Dawne zastosowania kamieni i minerałów

Kiedyś skały, kamienie i minerały miały nieco odmienne od obecnego znaczenie. Wykorzystywane były do otrzymywania różnorodnych narzędzi i naczyń, farb mineralnych, w budownictwie czy podobnie jak współcześnie, jako ozdoby.

Do wyrobu prehistorycznych narzędzi najczęściej stosowano obsydian i krzemień, gdyż oba minerały odznaczają się dobrą łupliwością.

Narzędzia: ciosaki z rękojeściami, narzędzia z krzemienia, pięściaki (tłuki pięściowe służące do przecinania drewna, roślin, zdejmowania skóry zwierząt, rozbijania kości), sierpy, siekiery kamienne, sztylety krzemienne, grociki strzał, topór-młot z granitu, maczugi wojenne, osełki, żarna obrotowe, kamyki do wrzecion, moździerz.

Do znanych i cenionych ówczesznie kamieni ozdobnych należały, między innymi: turkusy, jadeity, lazuryty (lapis), nefryty i agaty. Turkus, lazuryt, jadeit, nefryt i agat najczęściej składają się z drobnych kryształków, a po obróbce są cenionymi za ich efektowne barwy kamieniami w pierścionkach, zawieszkach i kolczykach. Turkus ceniony był już w starożytności, kiedy to wykonywano z niego nawet ozdoby. Barwę swą zawdzięcza zawartości miedzi i żelaza, przy czym im więcej zawiera on żelaza, tym jest bardziej zielonkawy i zarazem mniej cenny. Podobnie lazuryt w starożytności był kamieniem, z którego robiono paciorki, rzeźbiono amulety i ozdoby, a także stanowił elementy mozaik. Jednym z dobrze znanych starożytnych osiągnięć jubilerskich jest maska Tutanchamona, w której złoceniach znalazły się znane i cenione ówczesznie minerały: lazuryt, obsydian, karneol i kwarc wraz z dodatkami róż-

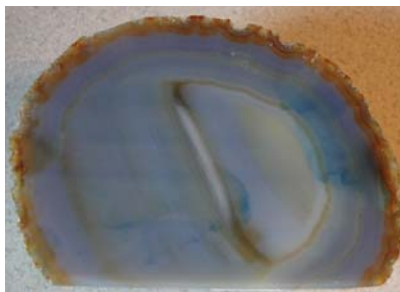
nokolorowego szkła. Jadeit i nefryt do połowy XIX w. określano jednym słowem *jad* (jade), ich nazwa wywodzi się od słów hiszpańskich „piedra de hijada” „kamień od boku”, gdyż wierzono, że te kamienie leczą bóle w boku. Jadeit w zależności od domieszek ma barwę pomarańczową, brązową, a bardzo rzadko lila, natomiast najbardziej ceniony jest tzw. jadeit cesarski o przeświecającej szmaragdowozielonej barwie. Oba kamienie stosowane były do wyrobu rękojeści sztyletów, czar, a także biżuterii. Agaty koncentryczne (Fot. 8., agat z Brazylii) powstawały w pustych kawernach w skałach wulkanicznych (głównie Brazylii i Urugwaj), a bardzo oryginalne rysunki agatowe powstawały w ten sposób, że z gorących przesyconych krzemionką przesiąkających roztworów wodnych wytrącała się substancja agatowa wypełniająca pustki w porowatych skałach (Fot. 9., barwny rysunek agatowy).

### Farby mineralne

Tego rodzaju farby były znane już w czasach prehistorycznych i otrzymywane w bardzo prosty sposób. Wystarczyło zmielić skały w jaskrawych kolorach na proszek, następnie dodać do niego tłuszczu zwierzęcego i w ten sposób powstawała gotowa



Fot 8. Agat koncentryczny z Brazylii (wnętrze i zewnętrzna strona)



Fot 9. Barwny rysunek agatowy (wnętrze i zewnętrzna strona)



do zastosowania farba. Co ważne, farby te okazały się dostatecznie trwałe, aby przetrwać przez wieki w postaci różnorodnych zachowanych malowideł. W miarę rozwoju postępu i możliwości zdobywania minerałów z różnych zakątków świata paleta farb mineralnych była wzbogacana o coraz to inne barwy. Znano między innymi następujące minerały, które służyły zarówno do malowania ścian jaskini, ciała ludzi czy też i ich domów, a w późniejszym czasie na płótnie: brązowy ił (brązowy) – farba ochrowa, zielony ił (zielony) – farba umbrowa, kreda (biały) – biała farba kredowa, sproszkowany węgiel drzewny (czarny), malachit (zieleń malachitowa), aury pigment „falszywe złoto” (złoty) – farba żółcień królewska, azuryt (błękitny), cynober (czerwony), lazuryt (niebieski – ultramaryna) farba ultramarynowa, hematyt (brązowy/ ciemnoczerwony) czerwona farba i realgar (pomarańczowy) – farba oranż arsenowy.

## Budownictwo

Większość dawnych pałaców i świątyń budowano z bardzo wytrzymałego kamienia, co spowodowało, że przetrwały one do współczesności, np. starożytne budowle greckie (Fot 10.). Dobry kamień budowlany powinien być łatwy w obróbce, a zarazem niezbyt kruchy czy łatwo poddający się wietrzeniu.

Ówczesnie stosowano między innymi: wapień numulitowy (Egipt), który powstał 40 milionów lat temu ze skorupki dużych otwornic – numulitów), kamień portlandzki (Anglia), wapień ooidowy, granit, piaskowce, łupki dachówkowe. Do znanej wszystkim budowli, która przetrwa-



Fot 10. Fragment kamiennej starożytnej budowli (Kreta).

ła do obecnych czasów, należy Mur Chiński zbudowany wyłącznie z różnych naturalnych kamieni, w zależności od terenów, przez które był przeprowadzony (granitów, miejscowych skał czy cegieł ceramicznych). Obecnie naturalne kamienie są raczej elementem dekoracyjnym, np. marmury, a budynki budowane są z surowców wytworzonych przez człowieka i niestety chyba nie będą aż tak trwałe, aby przetrwać całe wieki.

## Kamienie szlachetne

Za kamienie szlachetne uznaje się te o wyjątkowej urodzie i bardzo rzadkie. Do powszechnie znanych zaliczamy diamenty, rubiny, szmaragdy, szafiry

(bezbardwe, niebieskie, żółte, różowe, fioletowe, przejrzyste). Do mniej znanych, lecz równie pięknych w barwie i wyglądzie należą, między innymi: spinele (niebieskie, różowe, fioletowe), cyrkony (różowe, zielone, cynobrowe, żółte i niebieskie), topazy (wielobarwne, niebieskie, żółte), chryzolity będące szlachetną odmianą oliwinu (jasnozielone), granaty (czerwone, czerwono-purpurowe), turmaliny (żółtawozielony, zielony, niebieski, różowy, brązowy, fioletowoszary) i ametysty (bezbardwe, żółte, fioletowe). Popularne kamienie szlachetne wraz z ich wzorami chemicznymi, zabarwieniem i potencjalnymi domieszkami na nie wpływającymi oraz wartością w skali Mosha zestawiono w poniższej Tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie popularnych kamieni szlachetnych

Nazwa kamienia	Wzór chemiczny (domieszki) i barwa	Twardość wg skali Mosha
diament	C (czysty) – bezbarwny, przejrzysty rzadko czarne, niebieskie i zielone	10
korund	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (czysty) – bezbarwny czasem żółty	9
szafir	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ti) – niebieski	9
rubin	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Cr) – czerwony	9
beryl	Al <sub>2</sub> Be <sub>3</sub> [Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ] (czysty) – bezbarwny	7,5 – 8
akwamaryn	Al <sub>2</sub> Be <sub>3</sub> [Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ] – niebieskawy	7,5 – 8
szmaragd	Al <sub>2</sub> Be <sub>3</sub> [Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ] (Cr) – zielony	7,5 – 8
heliodor	Al <sub>2</sub> Be <sub>3</sub> [Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ] – żółty	7,5 – 8
topaz	Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ](F,OH) <sub>2</sub> (czysty) – bezbarwny lub żółty	8
cyrkon	ZrSiO <sub>4</sub> (czysty) – bezbarwny lub żółty (Fe)	7,5
kryształ górski	SiO <sub>2</sub> (czysty) – bezbarwny	7
cytryn	SiO <sub>2</sub> (Fe) – żółty	7
ametyst	SiO <sub>2</sub> (Fe) – fioletowy	7
kryształ mleczny	SiO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) – nieprzezroczysty	7
kwarc różowy	SiO <sub>2</sub> (Mn) – różowy	7
awenturyń	SiO <sub>2</sub> (migotliwe blaszki miki) – różne barwy	7
kwarc dymny	SiO <sub>2</sub> (substancje organiczne) – brunatno-czarny	7
morion	SiO <sub>2</sub> (substancje organiczne) – czarny	7
jaspis	SiO <sub>2</sub> (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) – różne barwy	6
karneol	SiO <sub>2</sub> (Fe) – czerwono-brunatny	6
chryzopraz	SiO <sub>2</sub> (Ni) – zielony	6
krwawnik	SiO <sub>2</sub> – zielony w czerwone kropki	6
tygrysie oko	SiO <sub>2</sub> (włókna, amfibole) – żółto-brunatny	6
agat	SiO <sub>2</sub> – wielobarwne wstęgi	6
onyks	SiO <sub>2</sub> – kontrastowa odmiana agatu	6
opal	SiO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O do 20%) – różne barwy, opalescencja	6 – 5
jadeit	NaAl[Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ] – białawy, zielonkawy (Fe, Cr)	6,5
turkus	CuAl <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> · 4H <sub>2</sub> O – niebieski, niebieskozielony	6 – 5
koral	CaCO <sub>3</sub> (ok.90%) + substancje organiczne,	4 – 3
perła	biały, czarny, czerwony CaCO <sub>3</sub> (ok.90%) + substancje organiczne, biały lub inny	4 – 3
bursztyn	79%C+11%H+10%O – żółty, czerwony, brunatny	2,5 – 2

Foto Fotolia



## Literatura:

- [1] R.F. Symes i inni, Skąły i minerały, Arkady, Warszawa 1991
- [2] Mizerski W., Tablice chemiczne, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2003
- [3] A. Bielański, Podstawy chemii nieorganicznej. cz. 2. i cz. 3. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, A. Bielański Podstawy chemii nieorganicznej. Wydawnictwo Naukowe PWN, wyd. 6, Warszawa 2013.
- [4] L. Pajdowski Chemia ogólna, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997

## Obróbka minerałów – kamienie szlachetne

Rzadkie, trudno ścieralne i atrakcyjne minerały to często bardzo cenne w jubilerstwie kamienie. Aby, z najczęściej nieciekawego wizualnie kamienia szlachetnego, wydobyć jego piękno, do zastosowania w jubilerstwie, należy go poddać szlifowaniu

i polerowaniu, przy czym trzeba pamiętać o ewentualnych skazach. Oba te działania sprawiają, że kamień zyskuje połysk i niepowtarzalny wygląd.

## Minerały na terenie Polski

Do minerałów spotykanych na terenie Polski należą, między innymi: baryt, chryzopraz, agat,

gips, sfaleryt, chalkozyn, markasyt, malachit, labradoryt, celestyn na siarce czy kwarc. Minerałom z obszaru naszego kraju została poświęcona seria znaczków i kopert wydana przez Poczta Polska w 2013 roku (Fot 11).

dr Joanna Kurek

Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza



Fot 11. Znaczki i koperty z minerałami

### Zadanie 1.

Oblicz zawartość procentową (masową) manganu i innych pierwiastków w malachicie  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ .

### Zadanie 2.

Wiedząc, że minerały stanowią źródło pozyskiwania niektórych metali, oblicz, w którym z podanych minerałów znajduje się (masowo) najwięcej miedzi, jeśli każdego z nich dysponujemy bryłką o masie 10 g?

- a) minerały siarczkowe : chalkopiryt  $\text{CuFeS}_2$ ,  
chalkozyn  $\text{Cu}_2\text{S}$ , bornit  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ;
- b) minerały węglanowe : azuryt  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ,  
malachit  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ .

### Zadanie 3.

Jakich odczynników (nieorganicznych soli, zasad i kwasów, por. tabela rozpuszczalności) należałoby użyć, aby wykazać obecność magnezu w próbce minerałów o poniżej podanych wzorach chemicznych? Proponowaną reakcję/reakcje zapisz w formie cząsteczkowej i jonowej.

- a) kainit  $\text{KMgCl}(\text{SO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O} = \text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,
- b) karnalit  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

# Fluorescencja wokół nas

Iwona Orlińska

W artykułach opublikowanych w „Chemii w Szkole” [1, 2] pan Marek Ples przedstawił opisy doświadczeń wykorzystujących zjawisko fluorescencji. Choć to zagadnienie nie występuje wprost w zapisach podstawy programowej nauczania chemii, podczas realizacji innych tematów warto o nim wspomnieć. Do przeprowadzenia doświadczeń nie są potrzebne trudno dostępne odczynniki (w naszym otoczeniu obecnych jest wiele fluoryzujących substancji) ani aparatura, a większość eksperymentów uczniowie mogą wykonać samodzielnie w domu. Nic zatem nie stoi na przeszkodzie, aby fluorescencja uatrakcyjniła szkolny kurs chemii.

## Teoria zjawiska w skrócie

Uczniowie powinni znać podstawy teoretyczne zjawiska, którego efekty zaobserwują. Nie wdając się w szczegóły przejść elektronowych pomiędzy poziomami energetycznymi, proponuję następujące wyjaśnienie. Ciała pochłaniają promieniowanie elektromagnetyczne, a następnie zwracają pobraną energię. Zwykle odbywa się to na sposób ciepła (przykładem jest wzrost temperatury ciał o ciemnej barwie wystawionych na działanie promieni słonecznych). W niektórych przypadkach dochodzi jednak do emisji pochłoniętej energii również w postaci promieniowania. Kwanty światła widzialnego i nadfioletu mają energie wystarczające do wzbudzenia elektronów na wyższe poziomy energetyczne.

Przy powrotnym przejściu na poziom podstawowy wysyłane jest promieniowanie elektromagnetyczne. Zazwyczaj część pochłoniętej energii ulega rozproszeniu w postaci ciepła (wzbudzony elektron przechodzi najpierw bezpromiennie na stabilniejszy poziom), a dopiero reszta zwracana jest jako kwant światła. Emitowane fotony mają więc mniejszą energię niż pochłaniane, czyli większą długość fali (mówimy, że widmo promieniowania jest przesunięte w stronę czerwieni). W przypadku użycia niewidzialnego promieniowania nadfioletowego (UV) obserwujemy świecenie w zakresie widzialnym, czyli fluoryzowanie badanej substancji. Omówione zjawisko fluorescencji wykorzystano do konstrukcji świetlóвки, w której świeci luminofor pokrywający wnętrze szklanej rurki pobudzony nadfioletowym promieniowaniem emitowanym przez wzbudzone wyładowaniami elektrycznymi atomy par rtęci.

Nazwa zjawiska pochodzi od minerału fluorytu (fluorek wapnia  $\text{CaF}_2$ ), w którym zaobserwowano je w połowie XIX wieku. Podobny mechanizm ma fosforescencja, różniąca się jednak czasem świecenia. O ile ciała przestają fluoryzować

praktycznie natychmiast po zaprzestaniu naświetlania, to fosforyzowanie może trwać nawet wiele godzin po ustaniu wzbudzenia. Nazwa tego zjawiska pochodzi od świecenia białego fosforu na powietrzu. Jest ono jednak spowodowane reakcją chemiczną (utlenianiem fosforu), a fosforescencja to zjawisko czysto fizyczne.

## Opisy eksperymentów

W doświadczeniach zostaną wykorzystane substancje dostępne w domu. Niezbędnym wyposażeniem jest tester do banknotów jako źródło promieniowania nadfioletowego. Do prób wystarczy najtańszy kieszonkowy model (jego cena to kilkanaście złotych). Emituje on promieniowanie z fioletowego krańca widma światła widzialnego (co obserwujemy jako bladofioletową barwę rurki włączonego testera) oraz bliskiego nadfioletu. Zwróćmy uwagę uczniom, aby nie kierowali testera w stronę oczu oraz aby używali okularów przeciwsłonecznych z filtrem UV (jeśli nimi dysponują). Obserwacji należy dokonać w zaciemnionym pomieszczeniu i najlepiej pod kątem  $90^\circ$  do kierunku promieniowania padającego (w ten sposób ograniczymy jego wpływ na obserwowaną barwę próbki). Po takim instruktażu uczniowie mogą wykonać polecane eksperymenty w domu. Poprawność działania testera można sprawdzić, obserwując w jego świetle zabezpieczenia banknotów o różnych nominałach oraz dokumentów (dowód osobisty, prawo jazdy, paszport).



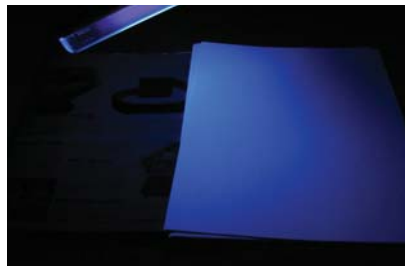
Włączony tester do banknotów.

## Doświadczenie 1.

### Obserwacja fluorescencji papieru.

**Sprzęt i odczynniki:** tester, kartka papieru do drukarki (kserokopiarki), zwykły papier gazetowy.

**Przebieg doświadczenia:** oświetlamy testerem kartkę papieru do drukarki oraz gazetę.



Doświadczenie 1. Widok gazety i kartki papieru do drukarki po oświetleniu nadfioletem.

**Obserwacje:** kartka papieru do drukarki jarzy się intensywnie białym światłem, papier gazetowy pozostaje ciemny.

**Wnioski:** do większości rodzajów papieru dodawane są wybielacze optyczne (heliofory). Są to substancje pochłaniające promieniowanie nadfioletowe ze światła słonecznego, a następnie fluoryzujące na niebiesko. Taki właśnie kolor fluorescencji jest potrzebny, aby papier był biały. Nawet papier wybielany chlorem (wybielacz chemiczny, który rozkłada substancje zabarwiające masę papierową) wygląda na żółtawy. Efekt ten jest spowodowany częściowym pochłanianiem promieniowania z niebieskiej części widma światła widzialnego. Odbierana barwa papieru jest dopełniająca, czyli żółta. Niebieska fluorescencja helioforów „uzupełnia” odbite od kartki światło o brakuje długości fal, co sprawia, że papier jest lśniąco biały i atrakcyjny wizualnie. Do zwykłego papieru gazetowego nie dodaje się helioforów (musi on być tani) i dlatego nie obserwuje się jego świecenia pod wpływem promieni UV.

**Uwagi:** heliofory są dodawane praktycznie do każdego rodzaju białego papieru. Podobny efekt, jak w przypadku papieru do drukarki, zaobserwujemy oświetlając testerem kartki z zeszytu czy papierowe ręczniki.

## Doświadczenie 2.

### Obserwacja wpływu proszku do prania na fluorescencję tkaniny.



Doświadczenie 2. Widok gazy niepranej (z lewej) i pranej w proszku z wybielaczami optycznymi po oświetleniu nadfioletem.

**Sprzęt i odczynniki:** tester, gaza opatrunkowa, proszek do prania z wybielaczem optycznym.

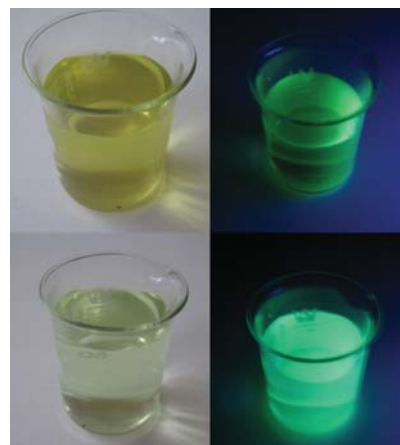
**Przebieg doświadczenia:** gazę dzielimy na dwa kawałki i jeden z nich zanurzamy w roztworze proszku do prania zawierającym dodatek wybielacza optycznego. Upraną gazę dokładnie płuczemy i suszymy. Po wyschnięciu oświetlamy oba kawałki tkaniny testerem.

**Obserwacje:** uprany fragment gazy pod wpływem promieniowania nadfioletowego jarzy się intensywnie białą barwą. Gaza, która nie została poddana działaniu proszku pozostaje w tych warunkach ciemna.

**Wnioski:** w skład większości proszków do prania wchodzi wybielacze optyczne (jedynie przeznaczone do prania bielizny dla niemowląt i antyalergiczne ich nie zawierają). W wyniku osadzania się na włóknach nierozpuszczalnych soli wapnia i magnezu z wody, tkaniny z biegiem czasu żółkną. Heliofory trwale wiążą się z tkaniną (nie ulegają wypłukaniu), a ich niebieska fluorescencja pozwala uzupełnić widmo światła odbitego (mechanizm jest identyczny, jak w przypadku białego papieru). [3, 4].

**Uwagi:** do prób należy koniecznie użyć tkaniny jeszcze niepranej i niepoddanej fabrycznie działaniu wybielaczy optycznych. Sam proszek pod wpływem promieni UV również jarzy się intensywnie białym światłem z niebieskim odcieniem. Proszek do prania może posłużyć również jako atrament sympatyczny. Na papierze lub tkaninie niepoddanej działaniu wybielaczy wykonujemy napis roztworem proszku. Litery są niewidzialne w zwykłym oświetleniu, ale ujawniają się pod wpływem nadfioletu.

Doświadczenie 2 może być wykonane podczas realizacji działu „Chemia środków czystości” (program nauczania chemii w zakresie podstawowym



Doświadczenie 3. Roztwór riwanolu w świetle dziennym (po lewej) i po oświetleniu nadfioletem (z prawej). Roztwór na górnych fotografiach ma większe stężenie niż na dolnych zdjęciach.

na IV etapie edukacyjnym [5]) jako ilustracja działania wybielaczy optycznych zawartych w proszkach do prania.

## Doświadczenie 3.

### Obserwacja wpływu rozcieńczenia na fluorescencję barwnika.

**Sprzęt i odczynniki:** tester, riwanol (środek dezynfekcyjny dostępny bez recepty w postaci 0,1% roztworu lub tabletek).

**Przebieg doświadczenia:** roztwór riwanolu o stężeniu 0,1% (gotowy preparat lub przygotowany z tabletek według dołączonego przepisu) wlewamy do naczynia i oświetlamy przy pomocy testera. Łyżkę roztworu z naczynia rozcieńczamy kilkunastokrotnie (wlewając ją do innego naczynia z wodą) i ponownie oświetlamy promieniami UV. Jeszcze raz rozcieńczamy otrzymany ostatnio roztwór i obserwujemy jego fluorescencję pod wpływem nadfioletu.

**Obserwacje:** roztwór o stężeniu 0,1% praktycznie nie fluoryzuje, jedynie powierzchniowa warstwa słabo świeci w kolorze zielonkawym. Okazuje się, że w tak dużym (!) stężeniu fluorescencja jest skutecznie wygaszana z powodu łączenia się cząsteczek barwnika, co ułatwia bezpromieniste rozpraszanie energii padającego światła. W miarę rozcieńczania fluorescencja roztworu rośnie tak bardzo, że nawet praktycznie bezbarwna w świetle widzialnym ciecz intensywnie świeci pod wpływem promieni UV.

**Wnioski:** riwanol (mleczan 6,9-diamino-2-etoksyakrydyny) należy do barwników wykazujących wyraźną fluorescencję. Doświadczenia z riwanolem i innymi barwnikami (np. fluoresceiną) opisane są w pozycji [6].



Doświadczenie 4. Widok roztworu chlorofilu w świetle dziennym (z lewej) i nadfiolecie (z prawej).

**Uwagi:** eksperymenty z riwanolem należy wykonać na tacy, ze względu na istniejące ryzyko pobrudzenia przedmiotów trudno usuwalnym barwnikiem. Ponieważ preparat pozostawia na skórze żółte plamy, schodzące dopiero wraz ze zluszczającym się naskórkiem, próby przeprowadzamy w ochronnych rękawiczkach.

#### Doświadczenie 4.

##### Obserwacja fluorescencji chlorofilu.

**Sprzęt i odczynniki:** tester, zielone części roślin, aceton, piasek, moździerz.

**Przebieg doświadczenia:** zielone części roślin (bogate w chlorofil są młode liście pokrzyw) rozcieramy w moździerz z piaskiem (co przyspieszy zniszczenie komórek i uwolnienie ich zawartości) oraz acetonem. Powstały wyciąg filtrujemy i oświetlamy nadfioletem. [6, 7]

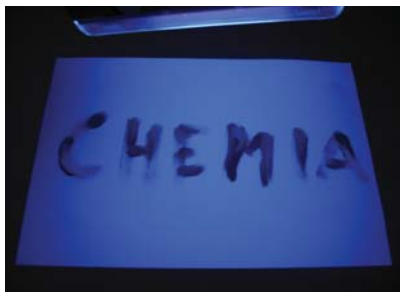
**Obserwacje:** roztwór chlorofilu, oliwkowozielony w świetle dziennym, jarzy się wiśniową barwą pod wpływem promieni UV.

**Wnioski:** chlorofil również należy do barwników fluoryzujących po wzbudzeniu promieniowaniem z zakresu nadfioletu. Pomiar fluorescencji chlorofilu służy do oceny stanu roślinności.

**Uwagi:** w „domowej” wersji doświadczenia uczniowie mogą rozetrzeć liście z piaskiem w małym słoiku, a zamiast czystego acetonu (rozpuszczalnik dostępny w sklepach z farbami i lakierami) użyć zmywacza do lakieru do paznokci (należy sprawdzić, czy związek wchodzi w skład kosmetyku). Wyciąg chlorofilu można przefiltrować używając kuchennego lejka i papierowego ręcznika. Do obowiązku nauczyciela polecającego próbę uczniom należy przypomnienie zasad BHP: operacje z łatwopalnym acetonem wykonujemy z dala od otwartego ognia i unikamy wdychania oparów rozpuszczalnika.

#### Doświadczenie 5.

##### Obserwacja działania kremu ochronnego z filtrem UV.



Doświadczenie 5. Widok po oświetleniu nadfioletem kartki papieru do drukarki, na której napisano litery kremem z filtrem UV.

**Sprzęt i odczynniki:** tester, kartka papieru do drukarki, krem ochronny z filtrem UV.

**Przebieg doświadczenia:** na palec nabieramy niewielką ilość kremu ochronnego i piszemy na kartce papieru dowolny tekst. Po wyschnięciu kremu oświetlamy kartkę testerem.

**Obserwacje:** na tle fluoryzującej powierzchni kartki (por. doświadczenie 1) wyraźnie widoczne są ciemne litery.

**Wnioski:** w składzie kremu ochronnego znajdują się substancje pochłaniające i rozpraszające promieniowanie nadfioletowe. Podany na opakowaniu współczynnik SPF (ang. *Sun Protection Factor*) określa, ile razy promieniowanie, które przeszło przez warstwę kremu, jest osłabione w porównaniu z padającym. Dla przykładu: SPF równy 50 oznacza, że do skóry dociera tylko 2% pierwotnego natężenia promieni UV.

**Uwagi:** eksperyment można wykorzystać jako ilustrację działania kremu ochronnego z filtrem UV podczas realizacji działu „Chemia środków czystości” (program nauczania chemii w zakresie podstawowym na IV etapie edukacyjnym [5]). Krem ochronny to atrament sympatyczny „na odwrót”, ponieważ w promieniach UV ujawnia się nie on sam, lecz tło, które nie zawiera utajonego tekstu (efekt jest jednak podobny).

#### Doświadczenie 6.

##### Fluorescencja chininy w toniku.

**Sprzęt i odczynniki:** tester, napój typu „tonic”, roztwór kwasu siarkowego(VI) lub spożywczy ocet.

**Przebieg doświadczenia:** oświetlamy próbkę toniku przy pomocy testera.

**Obserwacje:** obserwujemy niebieskawą fluorescencję roztworu zawierającego chininę (związek nadaje tonikowi charakterystyczną goryczkę).

**Wnioski:** jeśli oczekiwany efekt się nie pojawia, trzeba odgazować napój (wystarczy ogrzać do wrzenia) i dodać

Doświadczenie 6. Chinina w toniku fluoryzuje pod wpływem promieniowania nadfioletowego.



nico roztworu kwasu siarkowego(VI) lub – gdy eksperyment przeprowadzany jest przez uczniów w domu – zwykłego spożywcze- go octu. Do zakwaszenia nie używamy kwasu solnego, ponieważ chlorki wygaszają fluorescencję. Zwykle jednak dodanie kwasu nie jest konieczne (w skład napoju wchodzi kwas cytrynowy). [8]

To oczywiście nie jedyne fluoryzujące substancje obecne w naszym domu. Niektóre rodzaje zakreślaczy również zawierają barwniki świecące pod wpływem promieni UV. Produkowane są także fluoryzujące lakiery do paznokci. Wiele smarów i paliw ciekłych już w świetle dziennym fluoryzuje niebieskofioletowym światłem. Efekt jest spowodowany obecnością w nich węglowodorów aromatycznych o skondensowanych pierścieniach. Zresztą zachęcam do samodzielnych poszukiwań. Na przykład, gdy zapadnie zmrok i zgasimy wszystkie światła, ciekawa będzie przechadzka po własnym mieszkaniu z włączonym testerem. Z pewnością zaskoczy nas liczba fluoryzujących przedmiotów. Dzięki nadfioletowi zobaczymy swoje otoczenie w naprawdę innym świetle.

mgr Iwona Orlińska

I Liceum Ogólnokształcące im. KEN w Końskich

#### Literatura:

- [1] M. Ples, *Ab Ovo – fluorescencja roztworu porfiryń wyizolowanych ze skorupy jaja kurzego*, Chemia w Szkole 6/2014, str. 19-21.
- [2] M. Ples, *Na tropie – fluorescencyjne wykrywanie śladów krwi*, Chemia w Szkole 1/2015, str. 25-26.
- [3] T. Pluciński, *Doświadczenia chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 1997, s. 31-32.
- [4] A. Sękowska, S. Sękowski, *Z laboratorium w szeroki świat*, Nasza Księgarnia, Warszawa 1986, s. 91-97.
- [5] Załącznik nr 4 do Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (Dz.U. z 2009 r. nr 4; poz. 17), s. 151.
- [6] T. Pluciński, *op.cit.*, s. 28-30.
- [7] [http://weirdscience.eu/Fluorescencja\\_chlorofilu.html](http://weirdscience.eu/Fluorescencja_chlorofilu.html)
- [8] T. Pluciński, *op.cit.*, s. 32-33.

# Więcej światła!

## o fluorescencji rywanolu

Marek Ples

Tytuł niniejszego artykułu zapożyczyłem od Johanna Wolfganga von Goethego, znakomitego niemieckiego poety przełomu XVIII i XIX wieku [1]. Poza twórczością literacką z zamiłowaniem zajmował się on także naukami przyrodniczymi. Słowa te były niestety jego ostatnimi. Ja jednak chciałbym właśnie od nich zacząć.

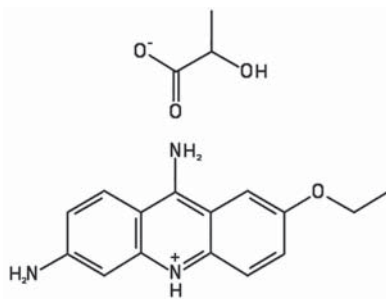
Zjawiska związane z emisją światła należą do jednych z najbardziej fascynujących, przynajmniej ze względu na efekt wizualny. Luminescencja, czyli inaczej jarzenie lub zimne świecenie należy do takich właśnie fenomenów. Polega ona na emisji fal elektromagnetycznych z zakresu światła widzialnego (także podczerwieni i ultrafioletu) wywołanej w inny sposób niż przez rozgrzanie ciał do wysokiej temperatury. Istnieje wiele rodzajów luminescencji, w zależności od czynnika ją wywołującego. Tym razem chciałbym wspomnieć o fluorescencji, w której czynnikiem wzbudzającym jest światło o odpowiedniej długości fali. Co ważne, zjawisko uznaje się za fluorescencję, gdy emisja zanika bardzo szybko (w ciągu  $10^{-8}$  s) po ustaniu promieniowania wzbudzającego [2].

Fluorescencję wykazuje wiele substancji. Niektóre z nich są pochodzenia naturalnego, z przykładami w postaci choćby chininy  $C_{20}H_{24}N_2O_2$  i protoporfiryny IX  $C_{34}H_{34}N_4O_4$  [3]. Inne natomiast zostały wytworzone sztucznie, np. fluoresceina  $C_{20}H_{12}O_5$  i eozyna Y  $C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$ . Nie wszystkie z nich nadają się do wykorzystania w działalności edukacyjnej lub popularyzacyjnej, np. z racji

wysokiej ceny, niedostępności czy toksyczności. Dlatego w niniejszym artykule chciałbym zaproponować Szanownemu Czytelnikowi wykorzystanie bardzo wydajnego, a przy tym nietoksycznego, taniego i łatwego do zdobycia fluoroforu, jakim jest rywanol.

### Doświadczenie

Rywanolem jest zwyczajowo nazywany mleczan 6,9-diamino-2-etoksyakrydyny o wzorze sumarycznym  $C_{18}H_{21}N_3O_4$  (Rys.1). Związek ten należy do grupy barwników akrydynowych.



Rys.1 – Wzór strukturalny rywanolu  $C_{18}H_{21}N_3O_4$

Z punktu widzenia eksperymentatora rywanol jest bardzo obiecującą substancją, ponieważ wykorzystuje się go w leczeniu jako środek odkażający i z tego powodu jest łatwo dostępny w aptekach. W temperaturze pokojowej ma on postać

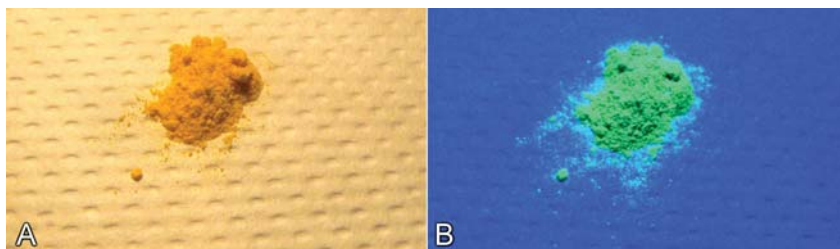
drobnych pomarańczowo-żółtych kryształków (Fot.1A), a formą handlową są najczęściej tabletki lub gotowy roztwór o stężeniu 0,1% [4].

Wystarczy jednak oświetlić próbkę rywanolu światłem ultrafioletowym, by przekonać się, że związek ten nawet w stanie stałym posiada silne właściwości fluorescencyjne. Barwa emitowanego światła jest jasnozielona (Fot.1B).

Fluorescencję wykazują też wodne roztwory rywanolu. Zadajmy sobie pytanie, od czego właściwie powinna zależeć intensywność fluorescencji takiego roztworu przy stałej intensywności czynnika wzbudzającego? Może od stężenia?

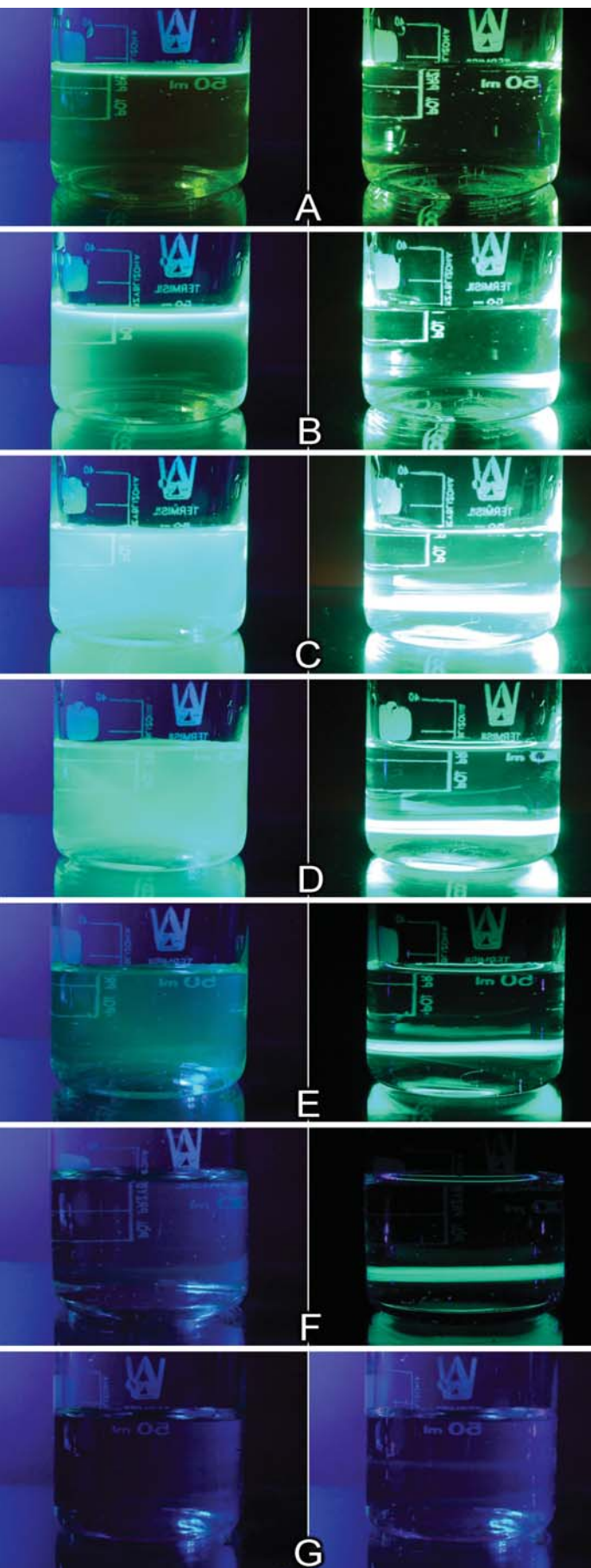
Nie poprzestaśmy jednak na rozważaniach teoretycznych, tym bardziej, że nie jest trudno przeprowadzić odpowiednie doświadczenie.

Należy przygotować roztwory o odpowiednich rozcieńczeniach. Jako wyjściowe przyjmijmy stężenie 0,1%, ponieważ takie właśnie posiada handlowy roztwór rywanolu używany do odkażania skóry. Następnie przygotujemy serie dziesięciokrotnych rozcieńczeń. Ile? To zależy od Czytelnika. Ja proponuję rozwinięcie serii rozcieńczeń przynajmniej do jednej milionowej części procenta. W charakterze próbki kontrolnej najlepiej zastosować wodę destylowaną.



Fot.1 – Rywanol; A – przy zwykłym oświetleniu, B – przy oświetleniu światłem ultrafioletowym, wyraźnie widoczna fluorescencja





Fot. 3 – Trzy zlewki, jedna z nich zawiera rozcieńczony roztwór rywanolu, pozostałe wodę destylowaną

Jako źródła światła ultrafioletowego najkorzystniej jest użyć lampy kwarcowej z filtrem Wooda, ale sprawdzają się też „czarne” świetlówki kompaktowe UV. Bardzo dobre wyniki można uzyskać także z niebieskim wskaźnikiem laserowym. Warto jednak zaznaczyć, że długość fali światła wysyłanego przez takie wskaźniki wynosi zwykle 405 nm, jest więc to w rzeczywistości światło fioletowe, dosyć bliskie ultrafioletowi.

Wyniki doświadczenia przedstawia Fot. 2. Co ciekawe, dla stężenia 0,1% fluorescencję o barwie jasnozielonej, tj. takiej samej, jak w przypadku stałego rywanolu, można zaobserwować jedynie w przypowierzchniowej warstwie cieczy, zaś wiązka laserowa nie wnika w głąb roztworu (Fot. 2A). Dla dziesięciokrotnego rozcieńczenia można zauważyć rozszerzenie się warstwy świecącej cieczy; zaczyna być także widoczna fluorescencja na drodze wiązki laserowej (Fot. 2B). Dla stężenia równego 0,001% roztwór fluoryzuje już bardzo intensywnie w całej objętości (Fot. 2C). W miarę dalszego rozcieńczania intensywność

emisji światła maleje, lecz jest wyraźnie zauważalna (Fot. 2D-E).

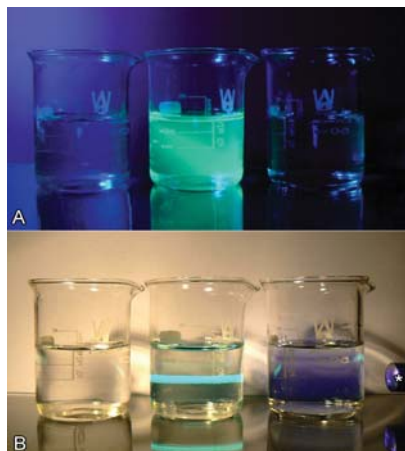
Dla stężenia 0,000001% fluorescencja jest zdecydowanie słabsza, ale w dalszym ciągu widoczna, szczególnie w przypadku oświetlenia laserem (Fot. 2F). Dla stwierdzenia fluorescencji tak rozcieńzonego roztworu przy oświetleniu lampą może być konieczne porównanie z próbą kontrolną nie wykazującą efektu (Fot. 2G).

Sytuacja z Fot. 2F odpowiada rozpuszczeniu jednej stumiligramowej tabletki rywanolu w 10 tonach wody. Uzmysławia to, jak wydajnym fluoroforem jest ta substancja.

Opisane właściwości rywanolu umożliwiają przeprowadzanie efektywnych doświadczeń. Przy normalnym świetle rozcieńczony roztwór rywanolu jest bezbarwny, więc nie odróżnia się od czystej wody destylowanej. W takich warunkach nie można więc stwierdzić, która ze zlewek przedstawionych na Fot. 3 zawiera omawianą substancję.

Proponuję zaaranżowanie sytuacji, w której wybrany uczeń na oczach całej grupy zmienia kolejność naczyń, ale tak by nauczyciel nie wiedział, w której znajduje

Fot. 2 – Zależność intensywności fluorescencji roztworu rywanolu od jego stężenia w roztworze wodnym; A – 0,1%, B – 0,01%, C – 0,001%, D – 0,0001%, E – 0,000001%, F – 0,0000001%, G – woda destylowana; lewa kolumna: oświetlenie lampą UV, prawa kolumna: oświetlenie laserem o długości fali  $\lambda=405$  nm (parametry ekspozycji wszystkich zdjęć: ISO:100, 0,5s)



Fot. 4 – Fluorescencja rywanolu; A – przy oświetleniu lampą UV, B – przy oświetleniu laserem; asteriskiem oznaczono laser



Fot. 5 – Wewnętrzne odbicie promienia lasera w roztworze rywanolu

się rywanol. Następnie prowadzący przy użyciu źródła światła UV może bardzo łatwo rozpoznać naczynie zawierające tę substancję (Fot.4A). Szczególnie korzystne wydaje się zastosowanie wspomnianego uprzednio wskaźnika laserowego, ponieważ nie wymaga to zaciemnienia pomieszczenia (Fot.4B).

Właściwości luminescencyjne rywanolu mogą znaleźć zastosowanie nie tylko w nauczaniu chemii, ale także pokrewnych dziedzin. Obserwacje odbicia promienia laserowego w obrębie roztworu (Fot.5) przywodzą na myśl możliwość wykorzystania tej substancji także w nauczaniu fizyki, a konkretniej w bardzo efektownej wizualizacji praw optyki.

Odpowiednie doświadczenie nie jest wymagające technicznie – wystarczy oświetlić wskaźnikiem laserowym

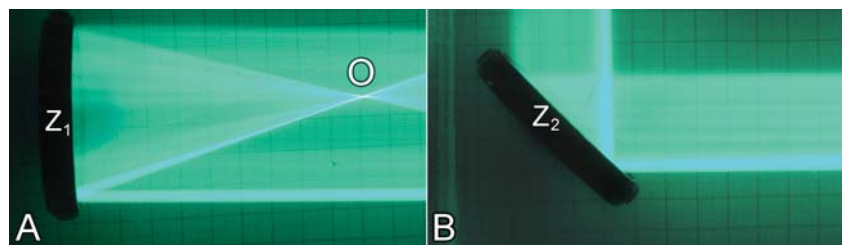
zwierciadła lub soczewki różnego typu zanurzone w roztworze rywanolu.

Uzyskane w ten sposób obrazy przedstawia Fot. 6. Myślę, że trudno o bardziej dobitne wyjaśnienie biegu promieni odbitych od zwierciadła wklęsłego, zbiegających się w charakterystycznym dla każdego zwierciadła punkcie, czyli ognisku (Fot. 6A). Odbicie od zwierciadła płaskiego przypomina natomiast o zasadzie głoszącej, że kąt padania jest równy kątowi odbicia (Fot. 6B).

### Wyjaśnienie

Cząstka barwnika fluorescencyjnego (rywanolu) w normalnych warunkach występuje w stanie podstawowym o niskiej energii. Można ją wzbudzić do stanu o wyższej energii, np. za pomocą światła o określonej długości fali. Pamiętajmy także, że długość fali elektromagnetycznej jest związana z niesioną przez nią energią w ten sposób, że dłuższym falom odpowiadają niższe wartości energii.

Stan wzbudzony jest oczywiście nietrwały – cząstka powraca w bardzo krótkim czasie do stanu podstawowego. Uwolniona przy tym energia zostaje przekazana do środowiska w postaci fali elektromagnetycznej z zakresu światła widzialnego. Z racji strat energetycznych związanych m.in. z drganiami cieplnymi cząstek, wypromieniowane światło ma większą długość fali niż pochłonięte. Zjawisko to obserwujemy w opisanych doświadczeniach; światło wzbudzające pochodzi z niebieskiego krańca widma, zaś barwa fluorescencji jest zielona, czyli rzeczywiście przesunięta w kierunku fal o większej długości (ku czerwieni). Nazywamy to przesunięciem Stokesa [5].



Fot. 6 – Wizualizacja biegu promieni światła w prostych układach optycznych z wykorzystaniem roztworu rywanolu; A – odbicie od zwierciadła wklęsłego, B – odbicie od zwierciadła płaskiego; Z<sub>1</sub> – zwierciadło wklęsłe, Z<sub>2</sub> – zwierciadło płaskie, O – ognisko zwierciadła Z<sub>1</sub>

Ciekawe jest też wyjaśnienie faktu słabej fluorescencji stosunkowo stężonych roztworów rywanolu (Fot. 2A i Fot. 2B). Okazuje się, że dla takich wartości stężeń dochodzi do powstania dimerów cząsteczek barwnika. Energia wzbudzenia może być w takiej sytuacji efektywnie przekształcana w energię ciepłą. Dodatkowym czynnikiem może też być powtórne pochłanianie światła wyemitowanego na drodze fluorescencji. Cała energia światła wzbudzającego zostaje więc bardzo szybko rozproszona i dlatego fluorescencję obserwujemy jedynie w przypowierzchniowej warstwie cieczy [6].

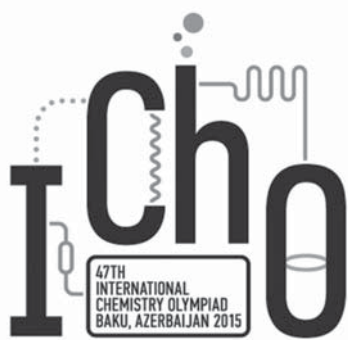
Jak widzimy, nawet tak łatwo dostępna i tania substancja, jaką jest rywanol, może nam pomóc w zrozumieniu praw rządzących na tak podstawowym, molekularnym poziomie materii. Rywanol nie jest przy tym toksyczny, a już na pewno nie są niebezpieczne silnie rozcieńczone roztwory tego związku. Pozwala mi to stwierdzić, że wykorzystanie tej substancji w celach edukacyjnych jest jak najbardziej godne polecenia.

mgr Marek Ples

marek.ples@o2.pl, www.weirdscience.eu

### Literatura:

- [1] Ursel M., „Więcej światła”. *O ostatnich słowach wielkich romantyków polskich*, w: Kolbuszewski J. (red.), *Problemy współczesnej tanatologii*, t. VI, Wrocław, 2002, str. 301–307
- [2] Kittel C., *Wstęp do fizyki ciała stałego*, Polskie Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1976
- [3] Ples M., *Ab Ovo – fluorescencja roztworu porfiry izolowanych ze skorupy jaja kurzego*, *Chemia w Szkole*, 6 (2014), Agencja AS Józef Szewczyk, str. 19–21
- [4] Altmeyer P., Bacharach-Buhles M., *Springer Enzyklopädie Dermatologie, Allergologie, Umweltmedizin*, Springer, Berlin, 2002, str. 1775
- [5] Albani J.R., *Structure and Dynamics of Macromolecules: Absorption and Fluorescence Studies*, Elsevier, 2004, str. 58
- [6] Pluciński T., *Doświadczenia Chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa, 1997, str. 30



# „Life is a huge lab – Życie to ogromne laboratorium”

47. Międzynarodowa Olimpiada Chemiczna w Baku  
(Azerbejdżan) 20-29.07.2015 r.

Marek Orlik, Aleksandra Misicka-Kęsik

## Zadania laboratoryjne

### Spis odczynników

Nazwa	Postać	Stężenie	Ilość	Umieszczony w:	Oznaczony jako
<b>Zadanie 1</b>					
3-Metylotiofen	Roztwór w CCl <sub>4</sub>	4g/8 cm <sup>3</sup>	4 g	Plastikowa buteleczka, 30 cm <sup>3</sup>	3-methylthiophene in CCl <sub>4</sub>
1-Bromo-2,5-pyrrolidynodion (NBS)	Subst. stała	-	7,3g	Plastikowa buteleczka 30 cm <sup>3</sup>	NBS 7,3 g
Tetrachlorek węgla	Ciecz	-	24 cm <sup>3</sup>	Plastikowa buteleczka, 125 cm <sup>3</sup>	CCl <sub>4</sub>
Nieznany katalizator	w CCl <sub>4</sub>			Plastikowa buteleczka, 4 cm <sup>3</sup>	Catalyst
Węglan potasu	Subst. stała	-	0,02 g	Plastikowa buteleczka, 4 cm <sup>3</sup>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
<b>Zadanie 2</b>					
Roztwór testowy zawierający VO <sup>2+</sup> i Cr <sup>3+</sup>	Wodny roztwór	Do oznaczenia	100 cm <sup>3</sup>	Butla plastikowa, 100 cm <sup>3</sup>	Test solution
Kwas siarkowy	Wodny roztwór	1 mol dm <sup>-3</sup>	~ 500 cm <sup>3</sup>	Butla szklana, 1000 cm <sup>3</sup>	1 mol dm <sup>-3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Nadmanganian potasu	Wodny roztwór	0,03 mol dm <sup>-3</sup>	15 cm <sup>3</sup>	Butla plastikowa, 30 cm <sup>3</sup>	0,03 mol dm <sup>-3</sup> KMnO <sub>4</sub>
Kwas szczawiowy	Wodny roztwór	0,03 mol dm <sup>-3</sup>	30 cm <sup>3</sup>	Butla plastikowa, 50 cm <sup>3</sup>	0,03 mol dm <sup>-3</sup> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Kwas fenyloantranilowy	Wodny roztwór	0,1 %	5 cm <sup>3</sup>	Buteleczka z wkraplaczem, 6 cm <sup>3</sup>	Indicator
Siarczan amonu i żelaza(II)	Wodny roztwór	Odczytaj na etykiecie	100 cm <sup>3</sup>	Butla szklana, 100 cm <sup>3</sup>	Mohr's salt
Azotan srebra	Wodny roztwór	0,3 %	5 cm <sup>3</sup>	Buteleczka z wkraplaczem, 8 cm <sup>3</sup>	0,3 % AgNO <sub>3</sub>
Nadsiarczan amonu	Wodny roztwór	10 %	70 cm <sup>3</sup>	Butla plastikowa, 100 cm <sup>3</sup>	10 % (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>

<b>Zadanie 3</b>					
Lek zawierający Diclofenac	Wodny roztwór	Do oznaczenia	5 cm <sup>3</sup>	Plastikowa buteleczka, 30 cm <sup>3</sup>	Control
Nadmanganian potasu	Wodny roztwór	6 · 10 <sup>-3</sup> mol dm <sup>-3</sup>	~ 30 cm <sup>3</sup>	Butelka z odczynnikami, 100 cm <sup>3</sup>	KMnO <sub>4</sub> 6 × 10 <sup>-3</sup> mol dm <sup>-3</sup>
Kwas siarkowy (w tej samej butelce, jak do zadania 1)	Wodny roztwór	1 mol dm <sup>-3</sup>	~ 500 cm <sup>3</sup>	Butelka z odczynnikami, szklany korek, 1 dm <sup>3</sup>	1 mol dm <sup>-3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sól sodowa diklofenaku	Wodny roztwór	~ 600 mg/l	~ 20 cm <sup>3</sup>	Butelka z odczynnikami, 100 cm <sup>3</sup>	DCF 600 mg/dm <sup>3</sup>

**Zestawienie sprzętu laboratoryjnego i aparatury**

Element	Ilość	Lokalizacja
<i>Na stołach do wspólnego użytku</i>		
Refraktometr Refracto 30GS	1-2 / 1 lab	Pod wyciągiem
Chusteczki do czyszczenia refraktometru		Pod wyciągiem
Tryskawka „Cleaning solvent” do refraktometru		Pod wyciągiem
Folia aluminiowa do owijania	1-2 rolki / 1 lab	Na stole asystenta
Wagi	1-3/ 1 lab	Na oddzielnych stołach
Rękawiczki (S, M, L)		Na stole asystenta
Duża butla opisana „H <sub>2</sub> O dist.”		W pobliżu zlewu
Chusteczki ogólnego przeznaczenia	1 paczka / 1 rząd	W pobliżu zlewu
Element	Ilość	Zgodnie z etykietami na rys. 1, 2, 7
<i>Na każdym stanowisku, do użycia w więcej niż jednym zadaniu</i>		
Mieszadło magnetyczne z ogrzewaniem	1	
Butla na zlewki odczynników, oznaczona „Waste”	1	
Bawełniane rękawice	1 para	
Tryskawka, 500 cm <sup>3</sup> , oznaczona „H <sub>2</sub> O distilled”	1	
Pompka do pipety, 10 cm <sup>3</sup> , zielona	1	
Pompka do pipety, 2 cm <sup>3</sup> , niebieska	1	
Cylinder miarowy, 25,0 cm <sup>3</sup> wyłącznie do H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	
Okulary ochronne	1	
Chusteczki ogólnego przeznaczenia	1 paczka	
<b>Zadanie 1</b>		
Statyw laboratoryjny	2	1
Kolba okrągłodenna trójszyjna	1	2
Chłodnica zwrotna podłączona do źródła wody	1	3
Korek szklany szlifowy	6 (jeden oznaczony etykietą z Twoim numerem zawodnika)	4
Wkraplacz 50 cm <sup>3</sup>	1	5
Owalne mieszadełko magnetyczne (duże)	1	6
Kolba okrągłodenna w kształcie gruszki, do destylacji, 50 cm <sup>3</sup>	1	7
Nasadka Claisena	1	8
Termometr osadzony w rurce ze szlifem	1	9
Lejek ze spiekem szklanym	1	10
Uszczelniaacz gumowy do sączenia próżniowego	1	11
Chłodnica Liebiga (skierowana do dołu)	1	12
„Krówka” do zmiany odbieralników podczas destylacji	1	13
Kolba – odbieralnik, 10 cm <sup>3</sup>	4 (jeden oznaczony etykietą z Twoim numerem zawodnika)	14

Element	Ilość	Zgodnie z etykietami na rys. 1, 2, 7
Kolba – odbieralnik, 50 cm <sup>3</sup>	1	15
Podnośnik z nakładkami styropianowymi	1	16
Owalne mieszadełko magnetyczne (małe)	1	17
Plastikowa zlewka, 50 cm <sup>3</sup> , oznaczona “For the receiver with the product”	1	
Tuleje teflonowe do zabezpieczenia połączeń szlifowych	12	
Duży lejek 65 mm, z krótką nóżką	1	
Klipsy łączące	5	18
Szara łała laboratoryjna	1	19
Czerwona łała laboratoryjna	1	20
Marker do pisania na każdej powierzchni	1	
Szklana zlewka, 25 cm <sup>3</sup>	1	
Pojemnik plastikowy oznaczony “Used glassware”	1	
Pojemnik plastikowy oznaczony “Ice bath”	1	
Manometr cyfrowy	1	
Kłębki waty bawełnianej	3	
Metalowa łopatka laboratoryjna	1	
Pręt szklany	1	
Linijka	1	
Ołówek	1	
<b>Zadanie 2</b>		
Statyw laboratoryjny	1	
Łała do biurety	1	
Plastikowa zlewka, 100 cm <sup>3</sup> , oznaczona “Waste”	1	
Szklana zlewka, 150 cm <sup>3</sup>	1	
Kolba miarowa z korkiem, 100 cm <sup>3</sup>	1	
Mały lejek, 45 mm	1	
Średniego rozmiaru lejek, 55 mm	1	
Szkiełko zegarkowe	1	
Biureta, 25,00 cm <sup>3</sup> , zamontowana na statywie	1	
Pipeta miarowa, 10,00 cm <sup>3</sup>	1	
Pipeta z podziałką, 5,00 cm <sup>3</sup>	1	
Kolba Erlenmeyera, 150 cm <sup>3</sup>	2	
Cylinder miarowy, 100,0 cm <sup>3</sup>	1	
Pipeta Pasteura	2	
Kartka białego papieru	1	
<b>Zadanie 3</b>		
Fotometr, 525 nm	1	1
Termostat z zasilaczem/adapterem	1	2
Naczynko spektrofotometryczne o długości drogi optycznej 3,5 cm	2	3
Mieszadło magnetyczne	1	4
Mieszadełko magnetyczne (średniej wielkości)	1	
Netbook z zasilaczem i myszą	1	
Kolba miarowa z korkiem, 100 cm <sup>3</sup>	1	
Pipeta miarowa, 2 cm <sup>3</sup>	2	
Pendrive 8 GB oznaczony Twoim numerem zawodnika.	1	
Czarny magnes	1	

**Zadanie laboratoryjne 1.**

**Wybór katalizatora do reakcji selektywnego bromowania.**

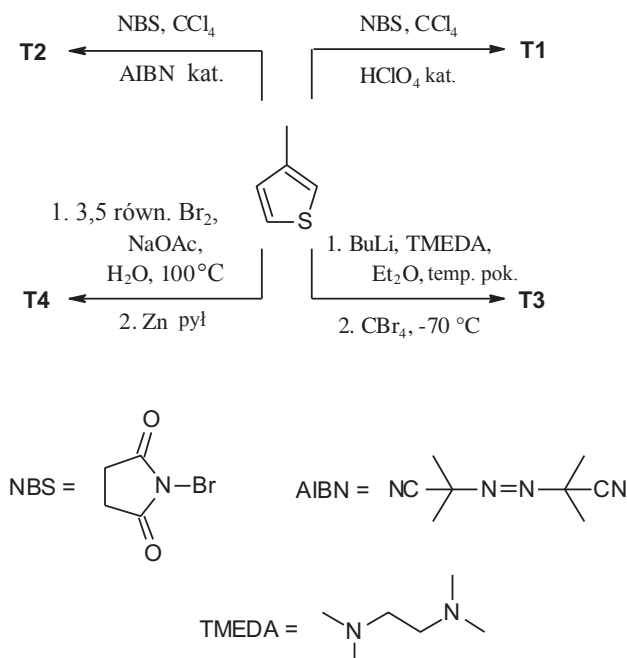
Selektywność reakcji chemicznych jest jednym z najważniejszych wyzwań współczesnych badań naukowych. W wielu przypadkach warunki reakcji i zastosowane katalizatory są kluczowe dla osiągnięcia wysokiej

selektywności reakcji organicznych. W tym zadaniu będziesz badał jeden z przykładów takiej sytuacji. 3-Metylotiofen może być teoretycznie przekształcony w cztery monobromopochodne **T1-T4**, które zostały niedawno zsyntezowane i szczegółowo scharakteryzowane. Struktury **T1-T4** i wartości ich współczynników załamania światła są podane w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Struktury i wartości współczynników załamania światła monobromowanych tiofenów.

Oznaczenie	A	B	T3	T4
Struktura				
$n_D^{20}$	1,5961	1,5706	1,5786	1,5795

Selektywna synteza każdej z pochodnych **T1-T4** może być przeprowadzona z użyciem 3-metylotiofenu jako wyjściowego materiału. Pochodne **T1** i **T2** mogą być otrzymane przez bezpośrednie bromowanie z użyciem różnych katalizatorów, podczas gdy **T3** i **T4** są produktami syntezy wieloetapowej prowadzonej w jednym naczyniu („one pot”) (patrz Schemat 1).



**Schemat 1.** Selektowna synteza monobromowanych tiofenów.

**Q1.** Przypisz struktury związków oznaczone w Schemacie 1 jako **T1**, **T2** do struktur podanych w Tabeli 1. Wpisz w poniższe kwadraty litery A lub B.

T1

T2

W tym zadaniu:

- zsyntezujesz monobromopochodną tiofenu używając jednego z katalizatorów z listy podanej poniżej;
- zmierzysz współczynnik załamania światła otrzymanego produktu ( $n_D$ )
- porównasz otrzymane wyniki z danymi literaturowymi i zdecydujesz, jaka jest struktura produktu i jaki katalizator miałeś do dyspozycji.

Lista możliwych katalizatorów:

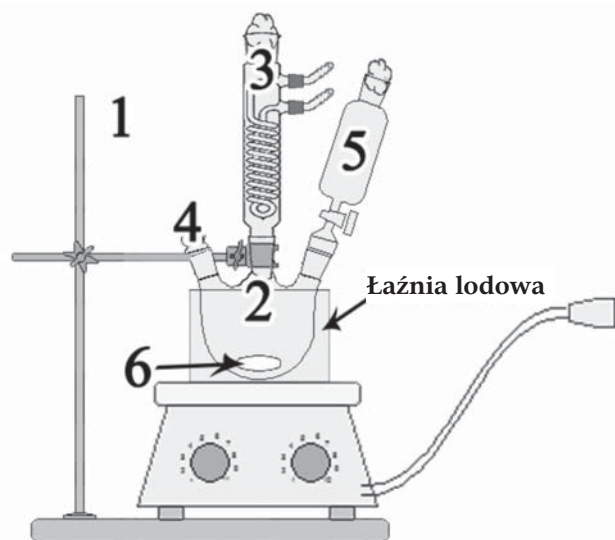
- $\text{HClO}_4$  w  $\text{CCl}_4$
- AIBN w  $\text{CCl}_4$

**PROCEDURA**

**Uwagi!**

- Schematy używanych w tym zadaniu aparatów są pokazane na Rys. 1 i 2.
- Na każdy szlif zawsze załóż teflonową tuleję. Każdy element szklany natychmiast po wykorzystaniu umieść w odpowiednim pojemniku. Pojemnik zawsze szczelnie zamykaj.
- Podczas pracy z gorącymi elementami aparatury możesz użyć bawełnianych rękawiczek!

**Etap 1.** Przytwierdź kolbę trój szyjną, umieszczoną na podgrzewanym, magnetycznym mieszadle magnetycznym, do statywu laboratoryjnego (Rys.1). Przyłącz wkraplacz i chłodnicę zwrotną do odpowiednich miejsc (szyj kolby), a przez otwarty wlot włóż do kolby duży element mieszający. Poproś asystenta o włączenie dopływu wody do chłodnicy wody. (**Nie rób tego samodzielnie!**). Przenieś ilościowo do kolby NBS, używając do tego celu metalowej łopatkki i dużego plastikowego lejka. Przelej  $\sim 15 \text{ cm}^3 \text{ CCl}_4$  do  $25 \text{ cm}^3$  szklanej zlewki. Przelej  $\sim 2/3$  objętości rozpuszczalnika ze zlewki do kolby. Wstrząśnij roztwór katalizatora



Rys. 1. Zestaw potrzebny do przeprowadzenia etapów 1-4 syntezy. Numery na rysunku odpowiadają elementom aparatury ze stron 4-5.

„Catalyst solution” i dodaj go ilościowo do kolby, przez ten sam plastikowy lejek. Dodaj do kolby resztę rozpuszczalnika ze zlewki. Zatkaj otwartą szyję korkiem. Umieść kolbę w łaźni lodowej wypełnionej wodą i lodem do  $\sim 2/3$  jej objętości. Zaczynj mieszać mieszaninę.

**Etap 2.** Przenieś ilościowo, przy użyciu dużego plastikowego lejka, roztwór 3-metylotiofenu do wkraplacza. **Kran wkraplacza powinien być zamknięty.** Włóż kawałek bawełnianej waty w otwarty wylot wkraplacza i chłodnicy. Podczas energicznego mieszania dodawaj kroplami, w ciągu  $\sim 3$  min, roztwór 3-metylotiofenu. Następnie zastąp wkraplacz szklanym korkiem. Użyj teflonowej tulei. Usuń łaźnię lodową. Wytrzyj do sucha powierzchnię mieszadła i kolby przy pomocy papierowej chusteczki.

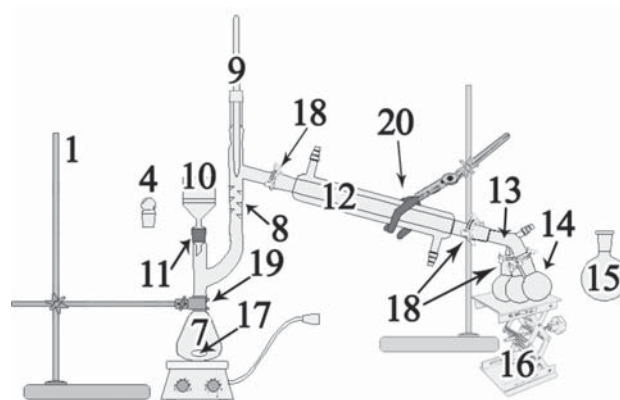
**Etap 3.** Owiń kolbę folią aluminiową. Włącz grzanie (pozycja 3). Podgrzej mieszaninę do wrzenia i utrzymuj w stanie wrzenia przez 10 min. W tym czasie, kiedy mieszanina wrze, przygotuj łaźnię lodową ( $\sim 2/3$  objętości).

**Etap 4.** Wyłącz grzanie i ostrożnie (**gorący!**) odsuń mieszadło magnetyczne na bok. Zanurz kolbę zaopatrzoną w chłodnicę i korki w łaźni lodowej na około 3-5 min. Od czasu do czasu lekko mieszaj zawartość kolby, aby szybciej ją ochłodzić. Następnie usuń chłodnicę zwrótną i dodaj przez duży lejek włożony do otwartej szyi kolby 0,02 g  $K_2CO_3$ . Zamknij szyję szklanym korkiem i potrząśnij kolbą kilka razy. Zamknij kran doprowadzający wodę, odkręć od chłodnicy mocowania węży. Pozwól wyciec resztkom wody pozostałej w chłodnicy i natychmiast umieść chłodnicę w pojemniku na używane szkło. Usuń łapę utrzymującą kolbę w łaźni lodowej.

**Etap 5.** Zważ 10 cm<sup>3</sup> kolbę (odbieralnik) wraz ze szklanym korkiem, oba te elementy są oznaczone twoim kodem zawodnika. Zapisz tę wartość w arkuszu

odpowiedzi. Umieść małe mieszadełko magnetyczne w 50 cm<sup>3</sup> gruszkowej kolbie destylacyjnej. Przykręć łączniki zastosowane do mocowania węży doprowadzających wodę do chłodnicy Liebiga i przymocuj chłodnicę do statywu przy pomocy czerwonego łącznika. Włącz samodzielnie dopływ wody i upewnij się, że woda nigdzie nie wycieka.

**Etap 6.** Złóż aparaturę do destylacji tak jak pokazano na Rys. 2, zaopatrując wszystkie szlify w teflonowe tuleje i klipsy. Na początku przyłącz dwie 10 cm<sup>3</sup> i jedną 50 cm<sup>3</sup> kolby (odbieralniki) do trójkanałowego przedłużacza destylacyjnego (tzw. krowki). Następnie przyłącz wąż próżniowy do krowki i złóż dalej całą aparaturę, umieszczając ją na odpowiedniej wysokości nad mieszadłem magnetycznym. Wykorzystaj regulowany podnośnik laboratoryjny.



Rys. 2. Zestaw potrzebny do przeprowadzenia etapów 5-10 syntezy. Numery na rysunku odpowiadają elementom aparatury ze stron 20-21.

**Etap 7.** Odsuń na bok mieszadło magnetyczne z ogrzewaniem. Włóż szklany lejek ze spiekem do nasadki destylacyjnej Claisena, wykorzystując do uszczelnienia gumowy łącznik. Odkręć wodę w pompce wodnej i włącz cyfrowy manometr. Usuń kolbę trójszyjną z łaźni wodnej i wysusz ją chusteczką papierową. Ostrożnie przenieś mieszaninę reakcyjną z kolby trójszyjnej na lejek ze spiekem. (**Uwaga! Jeżeli zrobisz to za szybko, mieszanina może zostać częściowo zassana do zakrzywionej części nasadki.**) Kiedy skończysz, wyłącz pompkę i zastąp lejek ze spiekem szklanym korkiem, używając teflonowej tulei.

**Etap 8.** Ściśle owiń kolbę i nasadkę destylacyjną, aż do miejsca przyłączenia termometru, folią aluminiową. Podstaw ponownie mieszadło magnetyczne i włącz mieszanie i grzanie (pozycja 6). **Nie włączaj pompki wodnej!** Zbieraj destylujący rozpuszczalnik do 50 cm<sup>3</sup> odbieralnika. Kiedy destylacja rozpuszczalnika będzie zakończona, wyłącz grzanie i mieszanie, i ostrożnie (**gorące!**) odsuń na bok mieszadło magnetyczne. Zastąp odbieralnik zawierający wydestylowany rozpuszczalnik nowym 10 cm<sup>3</sup> odbieralnikiem.

Zamknij 50 cm<sup>3</sup> kolbę szklanym korkiem i oddaj ją asystentowi.

**Etap 9.** Usuń folię i umieść kolbę gruszkową w łaźni lodowej na 2-3 min, aby doprowadzić zawartość do temperatury poniżej temperatury otoczenia. Usuń łaźnię lodową i wysusz kolbę papierową chusteczką. Podstaw pod kolbę ponownie mieszadło magnetyczne (**Uwaga! Mieszadło może być ciągle jeszcze gorące!**). Włącz mieszanie. Owiń szczelnie kolbę folią aluminiową. Włącz pompkę wodną. Kiedy zmniejszone ciśnienie się ustabilizuje (śledź wskazania na cyfrowym manometrze), włącz grzanie (pozycja 6). Zaobserwuj początek destylacji docelowego produktu, zbierz pierwsze 3-5 kropli do dołączonego odbieralnika nie oznaczonego Twoim kodem zawodnika. Następnie przekręć „krówkę”, tak aby zbierać właściwy produkt do kolby oznaczonej Twoim kodem. Zapisz temperaturę wrzenia i ciśnienie odczytane z cyfrowego manometru w arkuszu odpowiedzi.

**Etap 10.** Kiedy zbierzesz frakcję docelowego produktu, wyłącz grzanie, usuń folię i ostrożnie (**gorą-**

**ce!**) odsuń na bok podgrzewane mieszadło magnetyczne. Ochłódź aparaturę do temperatury otoczenia stosując łaźnię lodową. **Poproś Twojego asystenta o odłączenie linii próżniowej.** Odłącz odbieralnik z docelowym produktem i **natychmiast** zamknij go szklanym korkiem oznaczonym Twoim kodem zawodnika. Nie próbuj wyciągać teflonowej tulei jeśli zostanie na odbieralniku. Umieść kolbę w 50 cm<sup>3</sup> plastikowej zlewce oznaczonej „For the receiver with the product”. Natychmiast przyłącz nowy odbieralnik na miejscu odłączonego odbieralnika i przymocuj go klipsem. **Pozostaw aparaturę w obecnej wersji.**

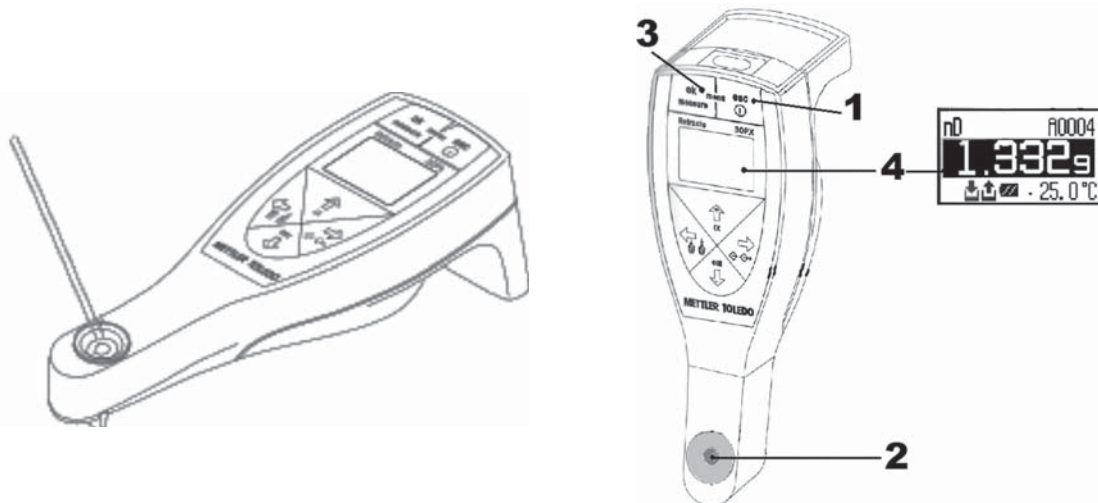
**Etap 11.** Zmierz współczynnik załamania światła (**przed ważeniem**) według instrukcji poniżej. Zano-tuj temperaturę pokazywaną przez refraktometr.

Zważ odbieralnik zawierający docelowy produkt wraz z oznaczonym kodem zawodnika korkiem. Oblicz masę i wydajność (załóż, że masa teflonowej tulei wynosi 149 mg). Masa molowa 3-metylotiofenu i produktu wynosi, odpowiednio, 98 i 177 g mol<sup>-1</sup>.

**Q2.** Zapisz wszystkie wyniki w poniższej Tabeli.

#	Parametry/Charakterystyka	Wartość	Jednostki
1	Masa odbieralnika z korkiem, oba elementy są oznaczone kodem zawodnika		g
2	Masa produktu		g
3	Wydajność produktu		%
4	Współczynnik załamania światła produktu		-
5	Temperatura zanotowana z refraktometru		°C
6	Temperatura wrzenia		°C
7	Ciśnienie w temp. wrzenia		mm Hg

### REFRACTO 30GS – INSTRUKCJA OBSŁUGI



Rys. 3. Korzystanie z Refracto 30GS

1. Aby włączyć Refracto 30GS, naciśnij i przytrzymaj przycisk „ESC” (1), aż pojawi się obraz na wyświetlaczu. Przyrząd jest gotowy do użycia. Przyrząd wyłącza się automatycznie, jeśli nie jest używany przez 10 min.
2. Wyczyść celę i szklany pręt chusteczką papierową zwilżoną rozpuszczalnikiem z tryskawki oznaczonej „cleaning solvent”. Osusz oba elementy kolejną suchą papierową chusteczką.



- Upewnij się, że próbka osiągnęła temperaturę otoczenia i jest homogenna.
- Wpuść 2-3 krople próbki do celi pomiarowej (2) za pomocą szklanego pręta.
- Rozpocznij pomiar naciskając i przytrzymując przycisk (3), aż usłyszysz dźwięk (beep).
- Odczytaj wartość współczynnika załamania światła i temperatury z cyfrowego wyświetlacza (4) i zapisz je w arkuszu odpowiedzi.
- Oczyść celę i szklany pręt.

**Q3.** Porównując otrzymane dane z danymi literaturowymi, narysuj strukturę produktu i otrzymanego katalizatora.

Otrzymany produkt	użyty katalizator

**Q4.** Narysuj struktury reaktywnych produktów pośrednich, opartych na strukturze 3-metylotiofenu, które prowadzą do selektywnych produktów w przypadkach T1 i T2.

T1	T2

**Q5.** Podaj produkt (T1 lub T2) powstający w wyniku bezpośredniego bromowania 3-metylotiofenu NBS w podanych warunkach/używanym katalizatorze.

ZnBr <sub>2</sub>	
Nadtlenek dibenzoilu	
LiBr w AcOH	
Światło w zakresie widzialnym lub w zakresie UV	

**Q6.** W syntetycznych ścieżkach prowadzących do powstania T3 and T4, przedstawionych na Schemacie 1, narysuj struktury związków tworzonych w pierwszych etapach każdej ścieżki syntetycznej.

T3	T4

## Zadanie laboratoryjne 2.

### Analiza roztworu powstałego po rozтворzeniu stopu chromowo-wanadowego

Antyferromagnetyki stanowią obiecującą klasę materiałów, które mogą posłużyć do konstrukcji układów pamięci o ultrawysokiej gęstości zapisu danych; doskonałym tego przykładem jest najmniejszy na świecie bit pamięci magnetycznej, oparty na zaledwie 12 atomach. Stopy wanadowo-chromowe wykazują właściwości antyferromagnetyczne w temperaturach poniżej zera. Jest oczywiste, że skład stopów używanych w różnych nowoczesnych rozwiązaniach technologicznych musi być dokładnie kontrolowany.

Rozwiązując poniższe zadanie, poddasz analizie wodny roztwór, odpowiadający swoim składem produktom roztwarzania próbki stopu wanadowo-chromowego. Zadanie składa się z dwóch części:

- Pierwsza z nich polega na utlenianiu wanadylu ( $\text{VO}^{2+}$ ) do wanadanu ( $\text{VO}_3^-$ ) w roztworze testowym za pomocą nadmanganianu potasu, a następnie na oznaczaniu **wanadu** (pamiętaj, że chrom(III) w tych warunkach nie ulega utlenieniu).
- Druga część polega na utlenianiu roztworu testowego za pomocą nadsiarczanu amonu, a następnie na miareczkowym oznaczaniu **całkowitej zawartości wanadu i chromu** za pomocą soli Mohra (siarczanu żelaza(II) i amonu).

### Procedura

#### Ważne uwagi!

- Zawartość wanadu i chromu powinna być obliczona i podana w mg na 100 cm<sup>3</sup> roztworu testowego.
- Rozpocznij rozwiązywanie tego zadania od części A, ponieważ potrzebny będzie pewien czas na utlenianie roztworu wzorcowego, który zostanie podany analizie w części C.
- Pipeta miarowa o objętości 10,00 cm<sup>3</sup> ma dwie linie podziałki. Należy odpipetować objętość między tymi dwiema liniami.

#### Część A. Przygotowanie roztworu do oznaczania całkowitej zawartości wanadu i chromu.

- Przenieś próbkę 10,00 cm<sup>3</sup> roztworu testowego do zlewki o poj. 150 cm<sup>3</sup> i – za pomocą cylindra miarowego o obj. 25 cm<sup>3</sup> - dodaj 20 cm<sup>3</sup> 1 mol dm<sup>-3</sup> roztworu kwasu siarkowego.
- Dodaj 6-8 kropli 0,3% roztworu azotanu srebra (katalizatora) i ogrzewaj mieszaninę na płytce grzejnej do temp. 70–80°C (położenie 3) do czasu, aż zauważysz kondensujące się na ściance zlewki krople wody.
- Za pomocą cylindra miarowego o obj. 100 cm<sup>3</sup> dodaj 20 cm<sup>3</sup> 10% roztworu nadsiarczanu amonu do ogrzewanej mieszaniny.
- Kontynuuj ogrzewanie i zwróć uwagę na pojawienie się **żółtej** barwy, świadczącej o powstawaniu dichromianu.

**Ważna uwaga:** W trakcie ogrzewania mieszaniny możesz przeprowadzić oznaczanie wanadu (Część B, 1-6).

- Po pojawieniu się żółtej barwy kontynuuj ogrzewanie przez 10-15 min (położenie 3), aby doprowadzić do rozkładu nadmiaru nadsiarczanu amonu (rozkład ten jest zakończony, kiedy nie widać już małych pęcherzyków powstających w roztworze).
- Ochłódź roztwór do **temperatury otoczenia**.
- Ilościowo** przenieś roztwór ze zlewki o poj. 150 cm<sup>3</sup> do **kolby miarowej o poj. 100 cm<sup>3</sup>**, rozcieńcz do kreski wodą destylowaną, zatkać kolbę korkiem i starannie wymieszaj jej zawartość.

#### Część B. Miareczkowe oznaczanie wanadu

- Przenieś próbkę 5,00 cm<sup>3</sup> roztworu testowego do kolbki Erlenmeyera za pomocą pipety z podziałką.

**Uwaga!** Pipeta o obj. 5,00 cm<sup>3</sup> z podziałką opróżnia się sama do żądanej objętości.

- Ostrożnie dodaj kroplami roztwór 0,03 mol dm<sup>-3</sup> nadmanganianu potasu, wstrząsając zawartość kolbki po dodaniu każdej kropli, aż pojawi się słabioróżowe zabarwienie. Upewnij się, że ta słabioróżowa barwa jest trwała. Usuń nadmiar nadman-

gianianu potasu przez dodanie, kroplami, 0,03 mol dm<sup>-3</sup> roztworu kwasu szczawowego. Po dodaniu każdej kropli potrząsaj kolbką, aż słabioróżowe zabarwienie zmieni się na **bladoniebieskie**. Odstaw roztwór na ok. 1 min, aby upewnić się, że kolor różowy znikł całkowicie.

- Za pomocą cylindra z podziałką o poj. 25 cm<sup>3</sup> przenieś 10 cm<sup>3</sup> 1 mol dm<sup>-3</sup> roztworu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> do kolbki Erlenmeyera.
- Dodaj 2-3 (**nie więcej!**) kropli wskaźnika do kolbki Erlenmeyera i energicznie wytrząśnij jej zawartość. Odstaw kolbkę na 2-3 minuty i obserwuj pojawienie się **purpurowej** barwy roztworu.
- Napełnij biuretę roztworem soli Mohra. Dla wyprowadzenia nadmiaru roztworu soli Mohra z biurety użyj 100 cm<sup>3</sup> plastikowej zlewki z napisem „Waste”. Zapisz początkowy odczyt zawartości biurety.
- Miareczkuj roztwór w kolbce Erlenmeyera roztworem soli Mohra aż do zmiany barwy na **czysto jasnozieloną**, poprzez brązowawo-szarą.
- Zapisz końcowy odczyt biurety. W miarę potrzeby powtórz miareczkowanie.

**Q1.** Wypełnij Tabelę 2.

Tabela 2. Oznaczanie wanadu

Miareczkowanie Nr	1	2	3			
Początkowy odczyt biurety, cm <sup>3</sup>						
Końcowy odczyt biurety, cm <sup>3</sup>						
Zużyta objętość, cm <sup>3</sup>						
Ostatecznie przyjęta objętość, V <sub>1</sub> _____ cm <sup>3</sup>						

#### Część C. Miareczkowe oznaczanie całkowitej zawartości wanadu i chromu w roztworze testowym.

- Przemyj pipetę miarową o poj. 10,00 cm<sup>3</sup> wodą destylowaną i przepłucz ją roztworem przygotowanym w kolbie miarowej o poj. 100 cm<sup>3</sup> (otrzymanym w części A).
- Odpipetuj próbkę 10,00 cm<sup>3</sup> roztworu do kolbki Erlenmeyera i za pomocą cylindra miarowego o poj. 25 cm<sup>3</sup> dodaj 10 cm<sup>3</sup> 1 mol dm<sup>-3</sup> roztworu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Dodaj 3-4 krople wskaźnika. Energicznie wstrząśnij

kolbką i odstaw ją na 3-4 minuty. Zaobserwuj pojawienie się **czzerwonej** barwy.

- Napełnij biuretę roztworem soli Mohra. Użyj plastikowej zlewki o poj. 100 cm<sup>3</sup>, oznaczonej „Waste” do wyprowadzenia nadmiaru soli Mohra z biurety. Zapisz początkowy odczyt biurety.
- Miareczkuj roztwór w kolbce roztworem soli Mohra do zmiany barwy na **jasnożółto-zieloną**.
- Zapisz końcowy odczyt biurety. W miarę potrzeby powtórz miareczkowanie.
- Q2.** Wypełnij Tabelę 3.

Tabela 3. Oznaczanie całkowitej zawartości wanadu i chromu

Miareczkowanie Nr	1	2	3			
Początkowy odczyt biurety, cm <sup>3</sup>						
Końcowy odczyt biurety, cm <sup>3</sup>						
Zużyta objętość, cm <sup>3</sup>						
Ostatecznie przyjęta objętość, V <sub>2</sub> _____ cm <sup>3</sup>						

**Część D. Pytania i analiza danych**

**Q3.** Napisz uzgodnione równania reakcji chemicznych, zachodzących w trakcie:

a) utleniania roztworu testowego **nadmanganianem potasu**

b) miareczkowania wanadanu roztworem soli Mohra

a)	
b)	= $\text{VOSO}_4$

**Q4.** Napisz uzgodnione równania reakcji chemicznych, zachodzących w trakcie:

a) utleniania roztworu testowego **nadsiarczanem amonu**

b) miareczkowania utlenionego roztworu testowego solą Mohra

**Q5.** Oblicz stężenia a) V(IV) i b) Cr(III) w roztworze testowym. Oblicz zawartość metali w **mg na 100 cm<sup>3</sup> roztworu testowego**.

**Q6.** Powyższy sposób postępowania nie może być zastosowany do oznaczania wanadu i chromu w stali, jeśli została ona roztworzona za pomocą stężonego roztworu HCl. Podaj równania dwóch reakcji wyjaśniające przyczyny tej sytuacji.

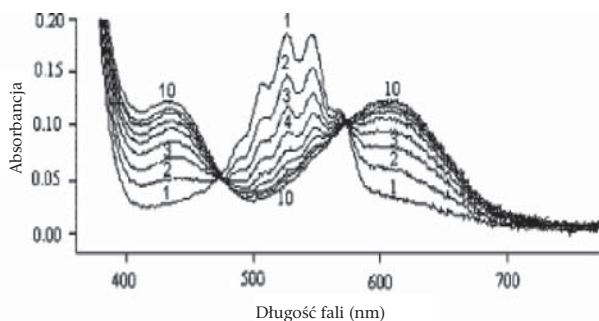
**Zadanie laboratoryjne 3.**

**Kinetyczne oznaczanie diklofenaku (DCF)**

W ciągu ostatniej dekady intensywnie rozwijane są metody kinetyczne oznaczania leków, z detekcją spektrofotometryczną, ze względu na wiele korzystnych cech takiego sposobu postępowania, w tym – prostotę, ekonomiczną opłacalność, dostępność w większości laboratoriów zajmujących się kontrolą jakości i poprawioną selektywność. Rozwiązując niniejsze zadanie:

- Wykonasz kinetyczne oznaczenie diklofenaku (DCF) w preparacie farmaceutycznym poprzez śledzenie postępu reakcji utleniania tego leku.
- Wyznaczysz rząd reakcji względem DCF

**Q1.** Zmiany widmowe zachodzące w trakcie utleniania DCF za pomocą  $\text{KMnO}_4$  pokazane są na rys. 4 (cyfry 1-10 odzwierciedlają postęp reakcji). Wypełnij tabelę poniżej, podając, które długości fali mogą być stosowane do fotometrycznego, kinetycznego ozna-



Rys. 4. Utlenianie DCF za pomocą  $\text{KMnO}_4$

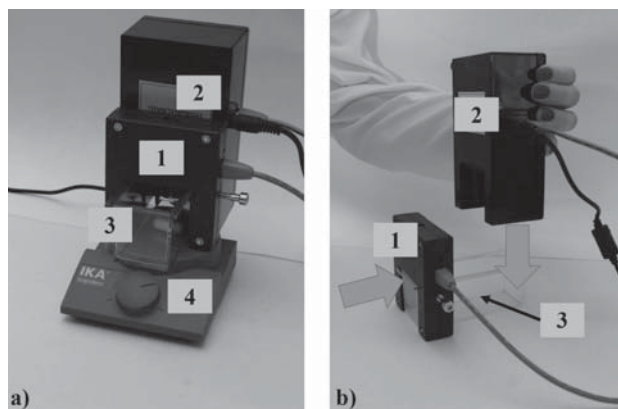
czania DCF. W każdym przypadku wskaż kierunek zmian absorbancji (wzrost oznacz przez  $\uparrow$ , a obniżanie się – przez  $\downarrow$ ).

#	Długość fali, nm	Tak lub Nie i kierunek zmiany
1	420	
2	480	
3	520	
4	580	
5	610	

**Sposób postępowania**

**Część A. Zestawienie sprzętu laboratoryjnego**

Zestaw aparaturę zgodnie z rysunkiem 5. Połącz fotometr (1) o ustalonej długości fali 525 nm i termostat (2) z netbookiem za pomocą gniazd USB. Za pomocą kabla oznaczonego „Thermo” podłącz termostat do zasilacza sieciowego na Twoim stanowisku pracy. Połóż kuwetę optyczną (3) na mieszadle magnetycznym (4), przesuń kuwetę przez fotometr wkładając ją z boku (niemożliwe jest wprowadzenie z góry do dołu) i umieść termostat na kuwecie, przesuwając go z góry na dół (Rys. 5b).





Rys. 5. Zestaw laboratoryjny


**Wskazówki!**

- **Podłącz zasilanie netbooka przed jego włączeniem.**
- **Podłącz wszystkie elementy aparatury (fotometr i termostat) przed włączeniem netbooka. Włącz zasilanie myszy.**
- **Jeśli po uruchomieniu oprogramowania pojawia się tylko jedno okno (określane w dalszej części jako Pattern), zamiast dwóch, wyjdź z programu i uruchom go ponownie.**
- **W trakcie pomiaru nie odłączaj ŻADNEGO urządzenia od gniazda USB. Jeśli jednak do tego dojdzie, zobaczysz ostrzeżenie na ekranie. Wyjdź wtedy z programu i uruchom go ponownie.**
- **Jeśli Twój netbook przejdzie w stan uśpienia, kliknij przycisk „Setup” w oknie „Measurements” na planie wykresu absorbancji, kiedy wznawiasz eksperyment.**
- **Jeśli zaobserwujesz chaotyczne zmiany temperatury na ekranie, zatrzymaj i ponownie uruchom pomiar.**




**Część B. Sporządzanie wykresu krzywej kalibracyjnej.**

Wszystkie pomiary konieczne do sporządzenia krzywej kalibracyjnej prowadzone są w temp. 30°C, dla ustalonych początkowych stężeń  $\text{KMnO}_4$  i  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Stężenie DCF zmieniane jest poprzez stosowanie 4 różnych próbek (o objętościach 0,2, 0,4, 0,6, i 0,8  $\text{cm}^3$ ) podstawowego roztworu DCF.

- 1) Za pomocą cylindra miarowego przenieś 5  $\text{cm}^3$  1 mol  $\text{dm}^{-3}$  roztworu  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , a za pomocą pipety o poj. 2  $\text{cm}^3$  – 0,2  $\text{cm}^3$  podstawowego roztworu DCF – do kolbki miarowej o poj. 100  $\text{cm}^3$ , rozcieńcz wodą destylowaną do kreski, zamknij kolbkę korkiem i starannie wymieszaj jej zawartość.
- 2) Przenieś zawartość kolbki do kuwety, umieść w niej mieszadło magnetyczne o średnim rozmiarze i włącz mieszadło magnetyczne. Ustaw szybkość mieszania na wartości pokazanej na rys. 5a, aby zapewnić intensywne mieszanie.
- 3) Uruchom oprogramowanie «Chemistry-Practicum» na netbooku. Program automatycznie wykryje zewnętrzne urządzenia (sensory). Wyświetlą się dwa schematy wykresów (absorbancji/ekstynkcji/gęstości optycznej,  $D$ , vs.  $t$  (s); oraz temperatury  $T$  (°C) vs.  $t$  (s)).
- 4) W paskach Menu ustaw następujące parametry odpowiednich wykresów (rys. 6):
  - Na planie wykresu absorbancji kliknij ikonę  obok przycisku  («Fixes X-axis maximum on screen»). Cały wykres zostanie wtedy dopasowany do ekranu.

- Kliknij przycisk  («Sets the Y range») na planie wykresu absorbancji i ustaw zakres absorbancji (oś rzędnych) jako od -0.1 do 1.1.
- Wprowadź „2” (zamiast „1”) w okienku przedziału pomiarowego na planie wykresu absorbancji.
- Wybierz opcję «Precisely» w okienku «Precisely/Roughly» na planie wykresu temperatury, następnie kliknij przycisk «T = X» i ustaw żadaną temperaturę 30°C w wyskakującym okienku.
- Skalibruj fotometr, klikając przycisk «Setup» w okienku „Measurements” na planie wykresu absorbancji.

**Ważna uwaga! Ustawianie parametrów (step 4) potrzebne jest tylko przed pierwszym pomiarem.**

- 5) Kliknij przycisk  («Start measure for chosen sensors»), aby włączyć termostat i obserwuj lampę, która ogrzewa roztwór w kuwecie. Monitoruj aktualną temperaturę podawaną w linii powyżej wykresu. Poczekaj, aż lampa w termostacie się wyłączy, co oznacza, iż temperatura osiągnęła ustawioną wartość. Zatrzymaj pomiar, klikając przycisk  (jest aktywny i przybiera barwę czerwono-pomarańczową, gdy pomiar jest włączony).
- 6) Kliknij dowolne miejsce na planie wykresu absorbancji, aby go aktywować. Za pomocą pipety o obj. 2  $\text{cm}^3$  pobierz 2  $\text{cm}^3$  roztworu  $\text{KMnO}_4$ . Naciśnij przycisk  («Start measure for chosen sensors») na pasku Menu okienka „Measurements” i szybko wyprowadź (przez naciśnięcie tłoka pipety) roztwór nadmanganianu z pipety do kuwety.

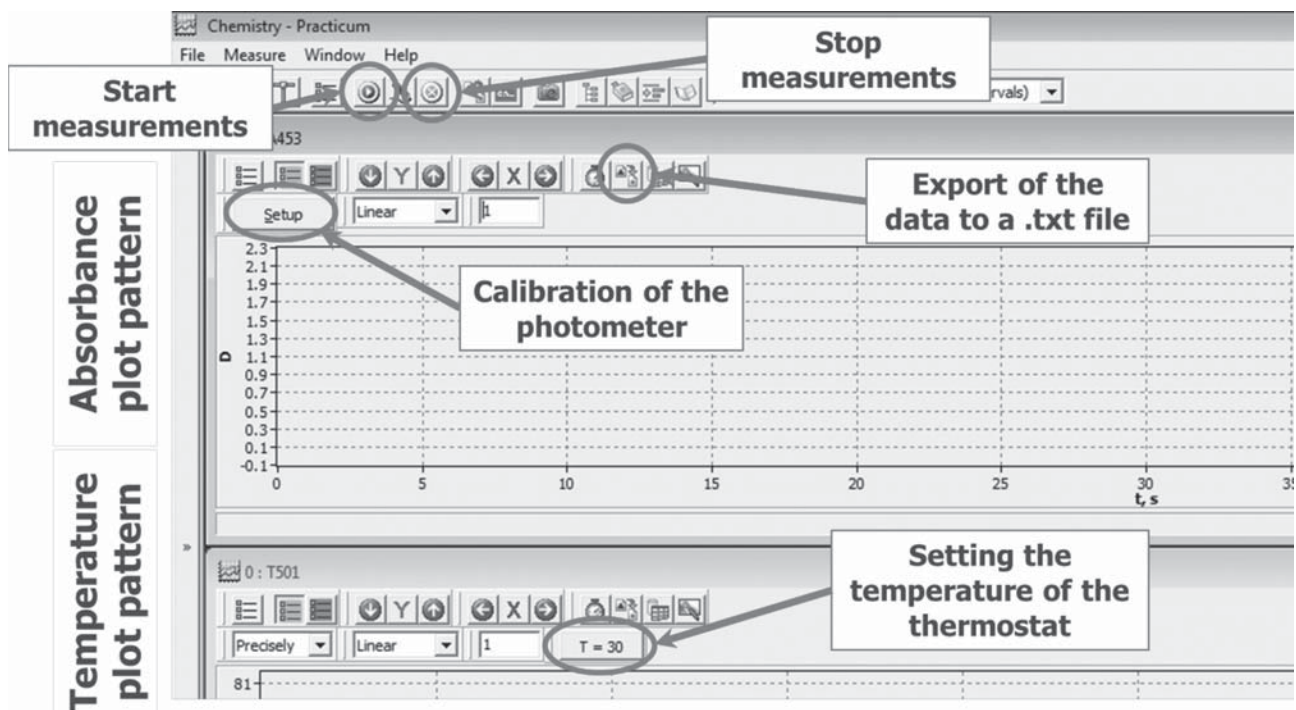





Fig. 6. Ekran programu „Chemistry-Practicum”

**Ważna uwaga!** Upewnij się, że temperatura w kuwecie wynosi  $30^{\circ}\text{C}$  przed dodaniem roztworu  $\text{KMnO}_4$ !

- 7) Obserwuj na ekranie przebieg krzywej kinetycznej. Kontynuuj pomiar przez 50 s po dodaniu roztworu  $\text{KMnO}_4$ , a następnie zatrzymaj pomiar klikając na przycisk  «Stop measurements».
- 8) Zapisz dane klikając przycisk  («Export all the data collected in an external file») na pasku Menu planu wykresu absorbancji, wybierz **Desktop** i wprowadź nazwę pliku „DCF2” (zmień nazwę na „DCF4” lub „DCF6” lub „DCF8” w kolejnych eksperymentach).

#### Ważne uwagi!

- Używaj nazw wyłącznie w podanym formacie!
  - Przed rozpoczęciem nowego eksperymentu zawsze zapisuj dane na pulpicie „Desktop”, w przeciwnym razie aktualny zestaw danych zostanie utracony po kliknięciu przycisku .
  - Upewnij się, że plan wykresu absorbancji („absorbance plot pattern”) jest aktywny w trakcie eksportu danych, w przeciwnym wypadku dokonasz eksportu niewłaściwych wyników. W przypadku, gdy nie wybierzesz żadnego planu wykresu, zauważysz ostrzeżenie.
- 9) Opróżnij kuwetę do butli z etykietą „Waste” i starannie umyj kuwetę wodą destylowaną. Użyj czarnego magnezu po zewnętrznej stronie kuwety, aby zapobiec wypadnięciu z niej mieszadełka do butli „Waste” w trakcie mycia. Starannie wytrzyj zewnętrzne powierzchnie kuwety chusteczką higieniczną. Również za pomocą chusteczki wytrzyj lampę termostatu.
  - 10) Powtórz etapy 1), 2) 5)-9) dla innych objętości podstawowego roztworu DCF.

#### Część C.

##### 1. Badanie leku zawierającego DCF („Control”)

- 1) Umyj kolbę miarową i przygotuj mieszaninę według opisu powyżej, używając próbki leku „Control” o obj.  $0,4\text{ cm}^3$ , zamiast podstawowego roztworu DCF.
- 2) Powtórz etapy postępowania 1), 2), 5)-9) opisane w części B. Przy zapisywaniu danych nazwij plik: „DCFmed”.
- 3) W miarę potrzeby powtórz pomiar dla preparatu „Control”.

##### 2. Analiza danych eksperymentalnych

- 1) Za pomocą programu Excel otwórz plik Excela na swoim pendrivie. Jeden po drugim otwórz zapisane przez Ciebie pliki danych w programie Notepad przez dwukrotne ich kliknięcie na pulpicie (Desktop). Na pasku Menu wybierz „Choose Edit/Select All”, następnie kliknij prawym przyciskiem myszy i skopiuj wybrane dane do arkusza Excela z odpowiednią nazwą (objętość dodanego DCF lub „DCFmed”), wybierając Edit/Paste na pasku Menu.

Zobaczysz dane eksperymentalne w arkuszu Excela (czas, s, w kolumnie A i absorbancję w kolumnie B).

- 2) Zignoruj wartości przed osiągnięciem maksimum. Wybierz kolumny A i B, a następnie sporządź wykres danych. Użyj ikony „Insert Scatter” pokazanej na rys. 7.



Rysunek 7. Położenie ikony „Insert Scatter”

- 3) Wybierz początkowy liniowy przebieg pozostałej krzywej (15 do 20 punktów danych), zastosuj liniową aproksymację przez dodanie liniowej regresji (*linear trend line*) i przenieś parametry do obszaru wykresu. Upewnij się, że wartość  $r^2$  przekracza 0,98. Jeśli to potrzebne, zmniejsz liczbę punktów danych eksperymentalnych do wykresu przez usunięcie danych później rejestrowanych. Nadal zawsze poszukuj możliwie szerokiego zakresu danych eksperymentalnych, zapewniających docelową wartość  $r^2$ . Wyznacz wartość początkowej szybkości zmiany absorbancji,  $v_0$ .

**Uwaga!** Otrzymasz zero punktów za tę część zadania, jeśli pokazany na wykresie zestaw danych obejmuje mniej niż 12 wartości.

- 4) W analogiczny sposób przeanalizuj dane eksperymentalne otrzymane dla innych stężeń DCF i dla roztworu leku „Control” (plik „DCFmed”).
- 5) Oblicz stężenia DCF w mieszaninach reakcyjnych (w  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ). Zapisz stężenia DCF i początkowe szybkości w odpowiednich komórkach „Results” arkusza Excela.
- 6) Wykonaj wykres krzywej kalibracyjnej w arkuszu „Results” i użyj go do oznaczenia stężenia DCF w analizowanej mieszaninie przygotowanej z leku („Control”). W odpowiednich komórkach „Results” arkusza Excela umieść współczynniki liniowej aproksymacji wykresu kalibracyjnego. Oblicz stężenie DCF w leku.
- 7) Zapisz przyjętą ostatecznie wartość w komórce F10 arkusza „Results”.
- 8) W arkuszu „Results” Excela, wyznacz graficznie rząd reakcji względem DCF i zapisz jego dokładną otrzymaną wartość w komórce I3.
- 9) Po zakończeniu pracy zapisz swój plik i zaprosz asystenta, aby pokazać mu, że masz dane eksperymentalne zapisane w pliku Excela. Złóż swój podpis i uzyskaj także podpis asystenta.

**Ważna uwaga!** Tylko dane zapisane na pendrivie będą traktowane jako wyniki rozwiązywania zadania.

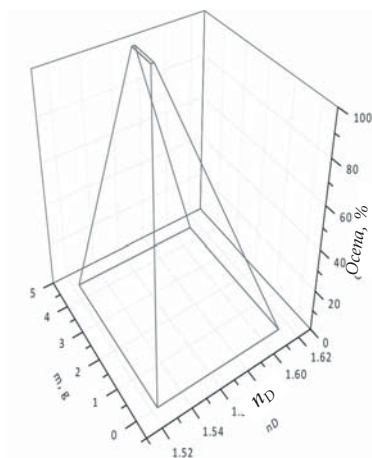
Rozwiązania  
zadań laboratoryjnych

Zadanie laboratoryjne 1

Q1.

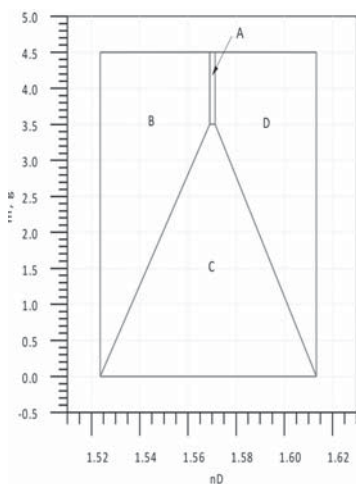
B T1 A T2

Q2. Wyniki syntezy oceniane były na podstawie zmierzonych przez organizatorów dwóch wartości: masy produktu ( $m$ , g) i jego współczynnika załamania światła ( $n_D$ ) (rys. 1).



Rys. 1. Trójwymiarowy diagram oceniania wyników syntezy

Rzut tego diagramu na płaszczyznę  $m$ - $n_D$ , ze wskazaniem odpowiednich obszarów (A-D) pokazany jest na rys. 2. Wynik z obszaru A oznaczał przyznanie 100% punktów, z obszaru B:  $2202,643 \cdot n_D - 3355,95\%$  punktów, z obszaru C –  $28,57143 \cdot m\%$  i z obszaru D:  $-2380,95 \cdot n_D + 3841,1905\%$  punktów.



Rys. 2. Rzut diagramu z rys. 1 na płaszczyznę masa –  $n_D$ .

Maksymalną ocenę za zmierzony współczynnik załamania przyznawano, jeśli wynik zawodnika różnił się od wyznaczonego przez organizatorów o mniej niż 0,4%. W przypadku wyniku ważenia produktu różnica ta nie mogła być większa niż 0,02 %.

Q3.

Otrzymany produkt	Otrzymany katalizator
	HClO <sub>4</sub>

Q4.

T1	T2

Q5.

ZnBr <sub>2</sub>	T1
Nadtlenek dibenzoilu	T2
LiBr w AcOH	T1
Światło widzialne lub UV	T2

Q6.

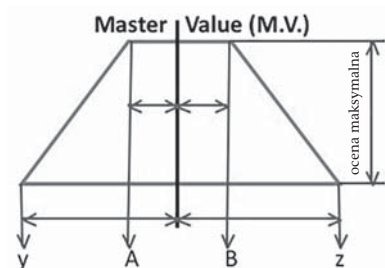
T3	T4

Zadanie laboratoryjne 2

A-C. Maksymalną liczbę punktów przyznawano za wyniki miareczkowań mieszczące się w przyjętym przez organizatorów zakresie tolerancji, oznaczającym uzyskanie wartości prawidłowej (wzorcowej) (ang. *Master Value* na wykresie), oznaczonej w poniższych zależnościach skrótem M.V. Wyniki odbiegające od tego zakresu oceniano na podstawie następującego diagramu opisanego ilościowo za pomocą ogólnych zależności:

Jeśli  $A < \text{wynik} < B$ : ocena = ocena maksymalna

Dla wyniku  $< y$  lub wyniku  $> z$ : ocena = 0



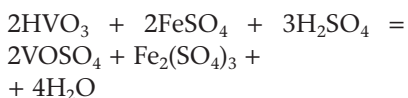
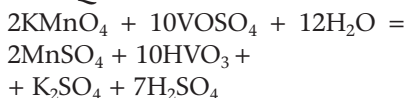
Jeśli  $y < \text{wynik} < A$ , ocena = ocena maksymalna  $\times \frac{\text{wynik} - y}{A - y}$

Jeśli  $B < \text{wynik} < z$ , ocena = ocena maksymalna  $\times \frac{z - \text{wynik}}{z - B}$

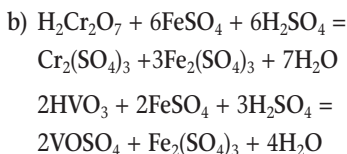
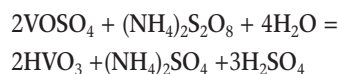
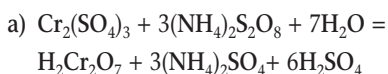
Dla części B i C zadania odpowiednie parametry powyższych zależności zestawione są w poniższej Tabeli.

Parametr	Część B	Część C
A	M.V.-2,5%	M.V.-3,5%
B	M.V.+2,5%	M.V.+3,5%
y	M.V.-7,5%	M.V.-10%
z	M.V.+7,5%	M.V.+10%

D. Q3



Q4.



Q5.

Wanad:

$$C(\text{VO}^{2+}) = \frac{V_1(\text{Fe}^{2+}) \cdot C(\text{Fe}^{2+}) \cdot 1000}{1000 \cdot V_{a1}}, \text{ mol dm}^{-3}$$

$$m(V) = 0,1 \cdot C(\text{VO}^{2+}) \cdot M(V) \cdot 1000, \text{ mg}$$

Chrom:

$$n(\text{Fe}^{2+} \text{ na } \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{V_2(\text{Fe}^{2+}) \cdot C(\text{Fe}^{2+})}{1000} \cdot 2 \cdot$$

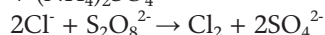
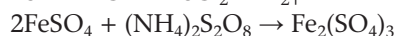
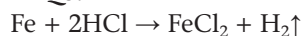
$$\frac{V_1(\text{Fe}^{2+}) \cdot C(\text{Fe}^{2+})}{1000} \cdot \frac{10}{100} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{1}{2} n(\text{Fe}_2 + \text{na } \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}), \text{ mol dm}^{-3}$$

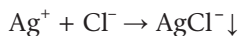
$$C(\text{Cr}^{3+}) = 2 \cdot \frac{n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot 100}{10} \cdot \frac{1000}{100}, \text{ mol dm}^{-3}$$

$$m(\text{Cr}) = 0,1 \cdot C(\text{Cr}^{3+}) \cdot M(\text{Cr}) \cdot 1000, \text{ mg}$$

Q6.



(zmniejszenie ilości nadsiarczamu amonu w wyniku reakcji z nadmiarem żelaza(II) ze stali)



(reakcja między katalizatorem i jonami chlorkowymi)

### Zadanie laboratoryjne 3.

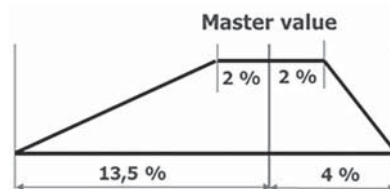
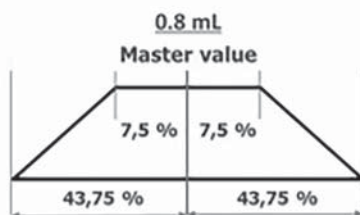
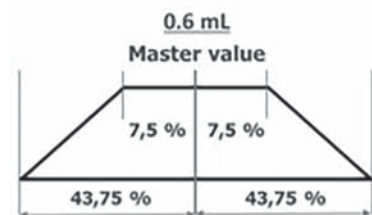
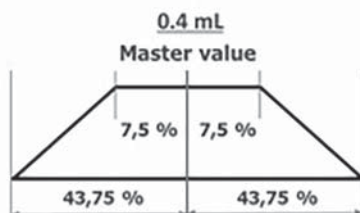
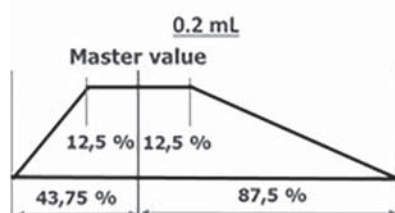
Q1.

#	Długość fali, nm	Tak lub Nie i kierunek zmian
1	420	Tak↑
2	480	Nie
3	520	Tak↓
4	580	Nie
5	610	Tak↑

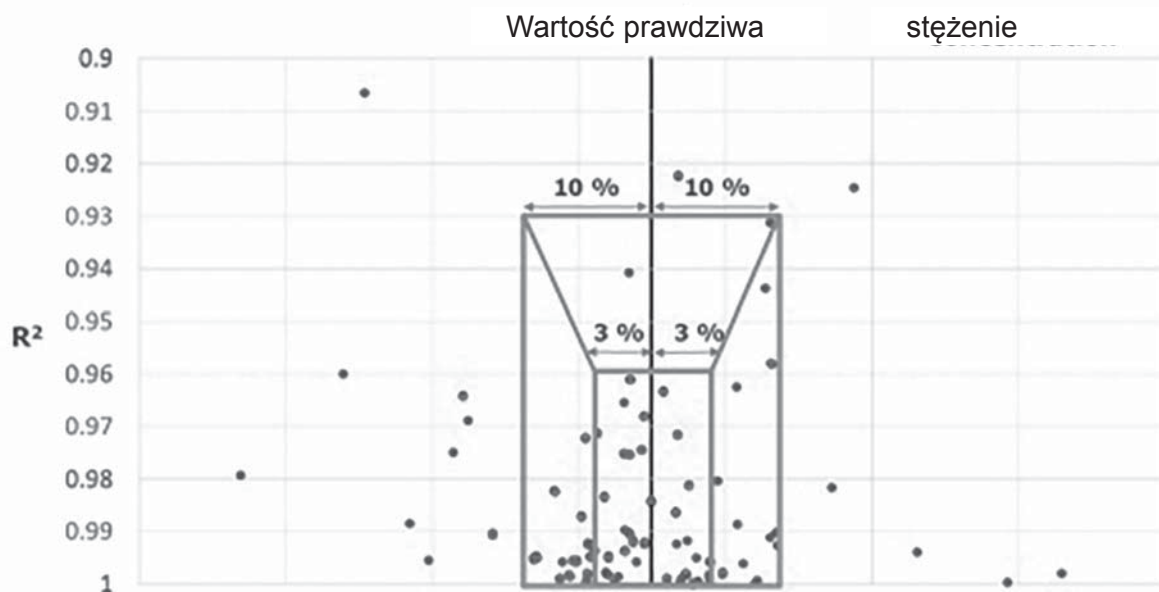
B. Wyniki zawodników oceniano na podstawie kryteriów zilustrowanych odpowiednimi diagramami, na których **Master**

**value** oznacza wynik prawidłowy, z zaznaczeniem zakresu wyników odpowiadającego maksymalnej liczbie punktów.

C. Sposób oceniania, wynikający z otrzymanego przed zawodami – przez różne kontrolne grupy eksperymentatorów – rozkładu wyników, pokazuje diagram na dole strony, na którym wartość  $R^2$  oznacza współczynnik determinacji (kwadrat współczynnika korelacji) dla przewidywanej liniowej zależności. Oceniane wartości stężenia w roztworze kontrolnym i współczynnik determinacji były niezależnie wyznaczane przez organizatorów. Wzorcowa wartość stężenia (*Master value*) wynosiła w tym przypadku 890,1 mg/dm<sup>3</sup>.



Wyznaczony rząd reakcji (równy 1) oceniano na podstawie poniższego diagramu:



## Prezentacja wyników, część 2

## Wagi i szkło miarowe

Leszek Ruchomski

**W**agi wraz ze szkłem miarowym stanowią podstawowe wyposażenie każdego laboratorium i wykorzystywane są w pracy chemików, nie tylko analityków. Znajdują zastosowanie podczas sporządzania roztworów mianowanych z odważki, rozcieńczenia roztworów oraz miareczkowania.

## Wagi laboratoryjne

Podstawowym zastosowaniem wag w laboratorium jest pomiar masy ciał stałych oraz cieczy. Z postępowaniem techniki zaczęto produkować wagi elektroniczne, które umożliwiają szybsze i dokładniejsze ważenie niż niegdyś wagi szalkowe. Budowa stosowanych dawniej wag szalkowych i ich obsługa stanowi dzisiaj jedynie ciekawostkę i jest podawana w starszych podręcznikach do chemii analitycznej. Podstawowy podział wag rozróżnia wagi techniczne (nazywane w ostatnim czasie precyzyjnymi) oraz wagi analityczne. Dokładny podział wag klasyfikuje je ze względu na dokładność dokonanego pomiaru:

1. wagi techniczne, dokładność  $\pm 0,01$  g,
2. wagi analityczne, dokładność  $\pm 0,1$  mg, czyli  $0,0001$  g,
3. wagi półmikroanalityczne, dokładność  $\pm 0,01$  mg, czyli  $0,00001$  g,
4. wagi mikroanalityczne, dokładność  $\pm 1$   $\mu$ g, czyli  $0,000001$  g,
5. wagi ultramikroanalityczne, dokładność  $\pm 0,1$   $\mu$ g, czyli  $0,0000001$  g.

Wagi techniczne służące do odważania większych mas, zwykle powyżej  $200$  g, mogą mieć różną dokładność. Najczęściej spotykaną jest, podana powyżej,  $\pm 0,01$  g, ale dostępne są

również wagi z dokładnością  $\pm 0,1$  g lub  $\pm 1$  mg. Powyższa klasyfikacja wag laboratoryjnych ma charakter informacyjny, ponieważ o dokładności, z jaką dokonano pomiaru informuje sposób zapisu masy (por. *Przykład 1*).

**Przykład 1.** Jak zapisać masę  $5$  g odważoną na różnych wagach?

- a) Jeśli pomiaru  $5$  g dokonano na wadze technicznej z dokładnością podaną w punkcie 1, to wynik należy zapisać w postaci „ $5,00$  g”.
- b) Jeśli pomiaru  $5$  g dokonano na wadze analitycznej, to wynik należy zapisać w postaci „ $5,0000$  g”.
- c) Jeśli pomiaru  $5$  g dokonano na wadze półmikroanalitycznej, to wynik należy zapisać w postaci „ $5,00000$  g”.

We wszystkich powyższych punktach odważono  $5$  g (słownie: pięć gramów), ale wyniki różnią się dokładnością, czyli liczbą cyfr znaczących. Zgodnie z ogólną zasadą: **ostatnia cyfra zapisu pomiaru jest niepewna, jeśli nie zaznaczono inaczej!** Z tego powodu nie ma potrzeby pamiętania wszystkich rodzajów wag i dokładności pomiarów, na jakie pozwalają, ponieważ tę informację można wywnioskować z zapisu masy.

**Przykład 2.** Odważono  $50,00$  g oraz  $0,50$  g dichromianu(VI) potasu czystego do analizy. Jaki jest błąd bezwzględny i względny każdego z pomiarów?

Ważenie przeprowadzono na wadze technicznej, o czym informuje sposób zapisu masy, czyli  $50,00$  g, a dokładność pomiaru wynosi  $\pm 0,01$  g. W pierwszym przypadku masa odważonego dichromianu(VI) potasu znajduje się w przedziale od  $49,99$  g do  $50,01$  g i stanowi średnią arytmetyczną obu wartości skrajnych. Błąd bezwzględny jest różnicą pomiędzy wartością rzeczywistą i wartością

zmierzoną, przy czym wartość rzeczywista nie jest znana i należy posłużyć się wartością średnią.

$$B = \bar{x} - Z$$

$B$  – błąd bezwzględny

$\bar{x}$  – wartość średnia

$Z$  – wartość zmierzona

$$B_1 = 50,00 \text{ g} - 49,99 \text{ g}$$

$$B_1 = 0,01 \text{ g}$$

$$B_2 = 50,00 - 50,01 \text{ g}$$

$$B_2 = -0,01 \text{ g}$$

Wartość „ $50,00$  g” jest wielkością zmierzoną z dokładnością  $\pm 0,01$  g i dla powyższych obliczeń stanowi średnią dwóch wartości skrajnych. Wprowadzenie obliczenia błędu bezwzględnego na podstawie wartości średniej wymaga odwołania się do wartości bezwzględnej, ale dalsze obliczenia bez jej wprowadzenia pozwalają na zilustrowanie istotnych wniosków. Skoro błąd bezwzględny ma odchylenie dodatnie  $B_1 = +0,01$  g oraz ujemne  $B_2 = -0,01$  g, to można go zapisać w formie „ $50,00 \pm 0,01$  g”. Wynika stąd istotny wniosek: **błąd bezwzględny jest określony poprzez dokładność pomiaru!**

Błąd względny stanowi iloraz błędu bezwzględnego i wartości rzeczywistej ( $F$ ) lub średniej arytmetycznej ( $\bar{x}$ ) i wyrażany jest najczęściej w procentach:

$$W = \frac{|\bar{x} - Z|}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

W powyższym wzorze zastosowano średnią arytmetyczną, ponieważ odchylenie dodatnie lub ujemne błędu nie wnosi tak istotnych informacji, jak to miało miejsce w przypadku błędu bezwzględnego.

$$W_1 = \frac{0,01 \text{ g}}{50,00 \text{ g}} \cdot 100\%$$

$$W_1 = 0,02\%$$



W drugim przypadku masa dichromianu(VI) potasu, wynosząca 0,50 g znajduje się w przedziale od 0,49 g do 0,51 g i również jest średnią arytmetyczną wartości skrajnych. Błąd bezwzględny jest dokładność ważenia, co wykazano powyżej.

$$B_3 = 0,01 \text{ g}$$

Błąd względny dla tego pomiaru:

$$W_2 = \frac{0,01 \text{ g}}{0,50 \text{ g}} \cdot 100\%$$

$$W_2 = 2\%$$

Błąd względny stał się stukrotnie większy, ponieważ odważona masa zmalała stukrotnie. W drugim przypadku pomiar masy wprowadza bardzo duży błąd względny do dalszych obliczeń, mimo że błąd bezwzględny pozostał taki sam. W celu odważenia 0,50 g dichromianu(VI) potasu należy zastosować dokładniejszą wagę, np. wagę analityczną.

**Przykład 3.** Poprawny sposób rozumienia zapisu.

W różnego rodzaju instrukcjach i przepisach chemicznych znajdują się sformułowania „odważyć 1 g z dokładnością 0,1 mg”. Zapis ten, w większości przypadków, rozumiany powinien być jako „odważenie masy w okolicach 1 g, ale z dokładnością do 0,1 mg”. Wobec tego masy 0,9845 g lub 1,1025 g spełniają ten wymóg. Osoba, która przygotowała ów przepis z pewnością nie miała na myśli, aby chemik siedział przy wadze i odważył dokładnie „1,0000 mg”, ponieważ jest to bardzo uciążliwa czynność, nawet z zastosowaniem wagi elektronicznej. Wynika to z przeznaczenia odważki. Jeśli odważka ma posłużyć do reakcji, to zawsze można obliczyć masy lub liczby moli innych reagentów do przeprowadzenia danej reakcji. Jeśli ma posłużyć do sporządzenia roztworu wzorcowego lub kalibracyjnego, to wystarczy obliczyć stężenie na podstawie masy substancji odważonej. Oczywiście, jeśli ma to być lekarstwo bezpośrednio podane choremu, to należy je odważyć możliwie najdokładniej.

Mimo że wagi szalkowe wraz z odważnikami nie są już stosowa-

Tab. 1. Maksymalny błąd dopuszczalny pomiaru objętości za pomocą kolb miarowych z wąską szyjką [1] z podaniem liczby cyfr znaczących

Klasa A			Klasa B		
Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Liczba cyfr znaczących	Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Liczba cyfr znaczących
1,000	± 0,025	cztery	1,00	± 0,05	trzy
10,000	± 0,025	pięć	10,00	± 0,05	cztery
25,00	± 0,04	cztery	25,00	± 0,08	cztery
50,00	± 0,06	cztery	50,00	± 0,12	cztery
100,0	± 0,1	cztery	100,0	± 0,2	cztery
200,00	± 0,15	pięć	200,0	± 0,3	cztery
250,00	± 0,15	pięć	250,0	± 0,3	cztery
500,00	± 0,25	pięć	500,0	± 0,5	cztery
1000,0	± 0,4	pięć	1000,0	± 0,8	pięć

Tab. 2. Maksymalny błąd dopuszczalny pomiaru objętości za pomocą kolb miarowych z szeroką szyjką [1] z podaniem liczby cyfr znaczących

Klasa A			Klasa B		
Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Liczba cyfr znaczących	Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Liczba cyfr znaczących
10,00	± 0,04	cztery	10,00	± 0,08	cztery
25,00	± 0,06	cztery	25,00	± 0,12	cztery
50,0	± 0,1	trzy	50,0	± 0,2	trzy
1000,0	± 0,6	pięć	1000,0	± 1,2	pięć

ne, to nadal zastosowanie znajdują odważniki. Służą one do sprawdzenia poprawności wskazań wag analitycznych. W laboratoriach komercyjnych każdego dnia przed pierwszym użyciem wagi elektronicznej należy sprawdzić, czy masa wskazana przez wagę jest zgodna z masą odważnika. W tym celu na wadze ważone są odważniki o różnej masie, np. 100 g, 1 g oraz 0,1 g.

Bardzo ważne jest rozróżnianie dwóch pojęć: „masa” oraz „waga”, które w mowie potocznej funkcjonują jako synonimy. „Masa” stanowi wielkość fizyczną, natomiast „waga” – przyrząd do pomiaru masy. Z tego względu powiemy o „masie tygła”, a nie o „wadze tygła”. Staje się również zrozumiałe, że poprawne jest sformułowanie „wysuszyć/ wyprażyć do stałej masy”, a nie „wysuszyć/ wyprażyć do stałej wagi”.

### Kolby miarowe

Stężenie molowe, zgodnie z definicją, określa liczbę moli związku rozpuszczonego w objętości 1 dm<sup>3</sup> powstałego roztworu. Z tego powodu roztwory molowe są wykonywane w kolbach miarowych, nazywanych również pomiarowymi. Umożliwiają one dokładne określenie objętości. Pojawia się pytanie: Jak *dokładne* są

kolby miarowe? Czy chodzi o to, że umożliwiają pomiar objętości w sposób bezbłędny? Każdy przecież pomiar długości, masy, czy objętości jest obarczony błędem pomiaru... Jak przedstawić objętość roztworu sporządzonego w kolbie? Pojemność kolby podczas obliczeń zapisywana jest najczęściej w formie: „100 cm<sup>3</sup>”, jest to tzw. zapis *szkolny*. Zapis ten informuje, że dokładność tego pomiaru wynosi ± 1 cm<sup>3</sup>, ponieważ nie zaznaczono inaczej. Wynika to z przyzwyczajenia, które są niepoprawne i należy je piętnować.

Przede wszystkim należy podkreślić, że dokładność szkła miarowego zależy od jego klasy. Wyróżnia się dwie klasy szkła miarowego; szkło klasy A, które jest wykorzystywane w dokładniejszych pracach laboratoryjnych oraz szkło klasy B – mniej dokładne (por. *Przykład 6*). Szkło miarowe klasy B jest najczęściej stosowane w pracowniach dydaktycznych, przede wszystkim ze względu na niższą cenę. Ponadto, rozróżniane są kolby z wąską i szeroką szyjką. Dokładność pomiaru objętości cieczy za pomocą szkła miarowego określają różne normy, np. Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ang. *International Organization for Standardization*), w skrócie ISO. Tab. 1 po-

daje maksymalny dopuszczalny błąd pomiaru cieczy dokonany kolbami klasy A oraz B z wąską szyjką, a *Tab. 2* podaje maksymalny dopuszczalny błąd dla kolb z szeroką szyjką.

Teraz można odpowiedzieć na pytanie: jaka jest dokładność pomiaru objętości roztworu za pomocą kolb? Kolba miarowa z wąską szyjką klasy A umożliwi dokonanie pomiaru  $100,0 \text{ cm}^3$  z dokładnością  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ , oznacza to, że objętość cieczy znajduje się w granicach od  $99,9 \text{ cm}^3$  do  $100,1 \text{ cm}^3$ . Pojemność tej kolby wynosi „100,0  $\text{cm}^3$ ” (cztery cyfry znaczące), a nie jak w zapisie *szkolnym* „100  $\text{cm}^3$ ” (trzy cyfry znaczące). Przyzwyczajenie w zapisywaniu pojemności kolb miarowych powoduje zmniejszenie liczby cyfr znaczących. Powyżej cytowana Norma [1] w wersji oryginalnej podaje błąd do trzech cyfr po przecinku dla każdej kolby. Dla wspomnianej kolby dokładność jest prezentowana jako „100  $\pm 0,100 \text{ cm}^3$ ”, co należałoby interpretować jako „100,000  $\pm 0,100 \text{ cm}^3$ ”, ale wydaje się to pewnym przerysowaniem dokonany przez autorów. Dopuszczalny błąd wynoszący „ $\pm 0,100 \text{ cm}^3$ ” zawiera aż trzy cyfry znaczące, a najwyżej dwie cyfry są podawane jako błąd pomiaru lub oznaczenia. Producenci wykonujący szkło miarowe zgodnie z Normami ISO podają takie informacje, jak te zaprezentowane w *Tab. 1* oraz *Tab. 2*, *Tab. 5*, *Tab. 7*.

Szkło miarowe może być kalibrowane *na wlew* lub *wylew*. Kolby miarowe są kalibrowane *na wlew*, co jest zaznaczane poprzez napis na szkle „In”. Oznacza to, że ciecz wewnątrz kolby wynosi dokładnie tyle, ile wynosi pojemność nominalna kolby. Przykładowy napis znajdujący się na kolbie miarowej (w celu lepszej przejrzystości poszczególne informacje oddzielono przecinkami): „B, 1000  $\pm 0,8 \text{ ml}$ , In, 20°C”. Oznacza, że kolba miarowa klasy B, kalibrowana *na wlew*, ma pojemność  $1000,0 \text{ cm}^3$  z maksymalnym błędem  $\pm 0,8 \text{ cm}^3$ , jeśli temperatura szkła oraz cieczy wynosi 20°C (temperatura kalibracji). Napis na szkle miarowym z wykorzystaniem niezalecanych jedno-

stek „ml” stał się tak powszechny, że żaden producent nie stosuje zapisu w jednostkach układu SI, czyli „ $\text{cm}^3$ ”.

**Przykład 4.** Odważono na wadze analitycznej 2,3377 g chlorku sodu czystego do analizy, przeniesiono ilościowo do kolby miarowej klasy A o pojemności  $100,0 \text{ cm}^3$ . Obliczyć stężenie molowe otrzymanego roztworu, przyjmując masę molową  $M_{\text{NaCl}} = 58,443 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

W pierwszej części opracowania zaznaczona została informacja, że masy molowe mogą być traktowane jako liczby dokładne w podstawowych obliczeniach chemicznych i wobec tego nie wpływają na liczbę cyfr znaczących uzyskanego wyniku. W tej części masy molowe, zgodnie z prawdą, będą traktowane jako liczby przybliżone, czyli wpływające na liczbę cyfr znaczących wyniku, z uwagi na fakt, że nie są to obliczenia podstawowe, a praktyczne zadania, które wykonują pracownicy laboratorium badawczego oraz komercyjnego.

Obliczenie liczby moli

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{2,3377 \text{ g}}{58,443 \text{ g/mol}}$$

$$n = 0,03999966 \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$c = \frac{0,03999966 \text{ mol}}{0,1000 \text{ dm}^3}$$

$$c = 0,3999966 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

Liczba moli określona jest poprzez pięć cyfr znaczących, ponieważ dzielna i dzielnik zawiera pięć cyfr znaczących. Stężenie określone jest poprzez cztery cyfry znaczące, poprzez pojemność kolby miarowej. Zamiana jednostek nie wpływa na liczbę cyfr znaczących, z tego względu  $100,0 \text{ cm}^3$  (cztery cyfry znaczące) po zamianie jednostek nadal zawiera cztery cyfry znaczące  $0,1000 \text{ dm}^3$ . Poprawny wynik obliczenia, zgodnie z zasadami zaokrąglania

liczb, należy przedstawić w postaci:  $0,4000 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

*Szkolny* (i niepoprawny) zapis pojemności kolby miarowej w postaci „100  $\text{cm}^3$ ” powoduje zmniejszenie dokładności obliczanego stężenia uzyskanego roztworu.

$$c = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$c = \frac{2,3377 \text{ g}}{58,443 \text{ g/mol} \cdot 0,100 \text{ dm}^3}$$

$$c = 0,3999966 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

Wynik końcowy zawiera tylko trzy cyfry znaczące, ponieważ liczbą najmniej dokładną jest pojemność kolby i ma postać  $0,400 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

**Przykład 5.** Obliczyć stężenie molowe roztworu, jeśli z odważki 1,6494 g bromianu(V) potasu czystego do analizy o masie molowej  $M_{\text{KBrO}_3} = 97,908 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  sporządzono roztwór w kolbie pojemności:

- 250,00  $\text{cm}^3$ , kolba klasy A
- 250,0  $\text{cm}^3$ , kolba klasy B
- 250  $\text{cm}^3$ , zapis *szkolny*

Ad a. Pojemność kolby wynosi 250,00  $\text{cm}^3$ , czyli  $0,25000 \text{ dm}^3$ .

$$c_1 = \frac{1,6494 \text{ g}}{97,908 \text{ g/mol} \cdot 0,25000 \text{ dm}^3}$$

$$c_1 = 0,06738571 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \approx 0,067386 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

Masa odważki, pojemność kolby miarowej oraz masa molowa bromianu(V) potasu określone są poprzez pięć cyfr znaczących. Z tego powodu poprawnie zaprezentowany wynik ma postać  $0,067386 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Ad b. Pojemność kolby wynosi 250,0  $\text{cm}^3$ , czyli  $0,2500 \text{ dm}^3$ .

$$c_2 = \frac{1,6494 \text{ g}}{97,908 \text{ g/mol} \cdot 0,2500 \text{ dm}^3}$$

$$c_2 = 0,06738571 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \approx 0,06739 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

Pojemność kolby staje się liczbą najmniej dokładną w wykonanym działaniu, zawiera cztery cyfry zna-

czące. Z tego powodu poprawnie zaprezentowany wynik ma postać  $0,06739 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Ad c. *Szkolny* zapis pojemności kolby:  $250 \text{ cm}^3$ , czyli  $0,250 \text{ dm}^3$ .

$$c_3 = \frac{1,6494 \text{ g}}{97,908 \text{ g/mol} \cdot 0,250 \text{ dm}^3}$$

$$c_3 = 0,06738571 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \approx 0,0674 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

Pojemność kolby wyrażona w sposób *szkolny* zawiera trzy cyfry znaczące i ogranicza wynik do trzech cyfr znaczących  $0,0674 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Przykład ten w prosty sposób ilustruje, jak dokładność stosowanego szkła i poprawność zapisu objętości wpływa na postać wyniku końcowego. Uzyskane wyniki są niemal identyczne, ale są zapisane z inną liczbą cyfr znaczących. Oczywiście, we wszystkich wynikach stężeń, niezależnie od dokładności zapisu pojemności kolby miarowej, ostatnia cyfra jest niepewna.

**Przykład 6.** Określić błąd bezwzględny pomiaru cieczy za pomocą kolb klasy A oraz B z wąską i szeroką szyjką o pojemności  $1 \text{ dm}^3$ .

Pojemność kolby miarowej klasy A z wąską szyjką wynosi  $1000,0 \pm 0,4 \text{ cm}^3$ . Oznacza to, że ciecz w kolbie znajduje się w granicach od  $999,6 \text{ cm}^3$  do  $1000,4 \text{ cm}^3$ . Błąd bezwzględny obliczony tak, jak w przypadku wag (por. *Przykład 2*):

$$B_1 = 1000,0 \text{ cm}^3 - 999,6 \text{ cm}^3$$

$$B_1 = 0,4 \text{ cm}^3$$

$$B_2 = 1000,0 \text{ cm}^3 - 1000,4 \text{ cm}^3$$

$$B_2 = -0,4 \text{ cm}^3$$

Błąd pomiaru jest określony dokładnością zastosowanej kolby miarowej, czyli wynosi  $\pm 0,4 \text{ cm}^3$ .

Błąd względny dla kolby  $1000,0 \pm 0,4 \text{ cm}^3$

$$W_1 = \frac{0,4 \text{ cm}^3}{1000,0 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_1 = 0,04\%$$

Pojemność kolby miarowej klasy B z wąską szyjką wynosi  $1000,0 \pm 0,8 \text{ cm}^3$ , czyli błąd bezwzględny jest równy  $0,8 \text{ cm}^3$ , a błąd względny:

$$W_2 = \frac{0,8 \text{ cm}^3}{1000,0 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_2 = 0,08\%$$

Tab. 3. Błąd bezwzględny i względny kolb miarowych o pojemności  $1 \text{ dm}^3$

	Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd bezwzględny [cm <sup>3</sup> ]	Błąd względny [%]
Kolba z wąską szyjką klasy A	$1000,0 \pm 0,4$	0,4	0,04
Kolba z wąską szyjką klasy B	$1000,0 \pm 0,8$	0,8	0,08
Kolba z szeroką szyjką klasy A	$1000,0 \pm 0,6$	0,6	0,06
Kolba z szeroką szyjką klasy B	$1000,0 \pm 1,2$	1,2	0,12

Obliczony błąd bezwzględny i względny kolb miarowych o pojemności  $1 \text{ dm}^3$  z wąską i szeroką szyjką zestawiono w *Tab. 3*.

Ten przykład wskazuje na różnicę występującą pomiędzy kolbami klasy A i B o tej samej pojemności. Kolby i inne szkło miarowe klasy A jest dwukrotnie dokładniejsze niż szkło klasy B. Ponadto, wynika stąd, że kolby z szeroką szyjką są mniej dokładne od kolb z wąską szyjką mimo tej samej klasy i pojemności nominalnej. Szkło z szeroką szyjką jest mniej dokładne, co może zobrazować... Wyobraźmy sobie, że sporządzany jest roztwór w kolbie z szeroką szyjką. Kolba ta ma większą średnicę szyjki i podczas uzupełniania wodą do kreski jedna kropla powoduje mniejsze zmiany w położeniu menisku niż ma to miejsce w kolbach z wąską szyjką, ze względu na mniejszą średnicę szyjki. Mówiąc inaczej: mniejsza objętość cieczy w kolbie z wąską szyjką w większym stopniu zmienia położenie menisku niż ma to miejsce w kolbie z szeroką szyjką. Niemniej jednak, kolby z szeroką szyjką umożliwiają pobieranie pipetą roztworu wprost z kolby, co niejednokrotnie jest niemożliwe w przypadku kolb z wąską szyjką. Z tego powodu roztwór należy najpierw przelać do zlewki i dopiero pobrać określoną objętość za pomocą pipety, co wiąże się z dodatkową pracą.

Roztwór mianowany to roztwór o ściśle określonym stężeniu. Określenie miana możliwe jest na podstawie znajomości masy odważki substancji podstawowej i pojemności kolby lub z uzyskanych wyników miareczkowania wobec odpowiednio dobranego wskaźnika (por. *Zadanie 1 i 2*). Pojawia się pytanie: jakiej jednostki należy użyć dla określenia składu roztworu mianowanego? Obecnie najczęściej stosowanym sposobem wyrażania stężeń roztwo-

rów w laboratorium jest stężenie molowe, ale miano, zgodnie z definicją, określa masę związku chemicznego w gramach znajdującą się w  $1 \text{ cm}^3$  (co niejednokrotnie jest zaznaczane jako „ml”). Istnieje jeszcze jeden sposób określania stężenia, który również jest nazywany mianem. Podaje, ile gramów oznaczanej substancji przypada na  $1 \text{ cm}^3$  przygotowanego roztworu (por. *Przykład 7*).

**Przykład 7.** Sposób wyrażania stężenia – miano roztworu.

W celu oznaczania jonów chlorokowych sporządzono roztwór azotan(V) srebra(I) z odważki, ale zgodnie z praktyką laboratoryjną postanowiono go zmianować, aby mieć pewność co do jego stężenia, ponieważ związek ten mógł zawierać zanieczyszczenia. Otrzymano stężenie  $0,10293 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Jakie jest miano roztworu?

$$M_{\text{AgNO}_3} = 169,8731 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1},$$

$$M_{\text{Ag}^+} = 107,8682 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1},$$

$$M_{\text{Cl}^-} = 35,4530 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

a) Miano roztworu wyrażone w gramach substancji rozpuszczonej w  $1 \text{ cm}^3$ .

Miano roztworu można zapisać wzorem:

$$T_x = \frac{m_x}{V} \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right], \text{ gdzie}$$

$T_x$  – miano roztworu związku x

$m_x$  – masa związku x

$V$  – objętość roztworu

Wobec tego należy przeliczyć stężenie molowe:

$$T_{\text{AgNO}_3} = 0,10293 \left[ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right].$$

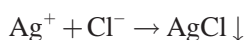
$$\cdot \frac{1}{1000} \left[ \frac{1}{\text{cm}^3} \right] \cdot 169,8731 \left[ \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$$

$$T_{\text{AgNO}_3} = 0,01748504 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Poprawnie zapisany wynik ma postać:  $0,017486 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

Miano roztworu wyrażone w gramach oznaczanej substancji na  $1 \text{ cm}^3$  roztworu

W tym przypadku należy rozpuścić od zapisania równania zachodzącej reakcji podczas miareczkowania z zastosowaniem roztworu azotanu(V) srebra(I). W treści zadania znajduje się informacja, że roztwór ma służyć do oznaczania jonów chlorkowych, wobec czego reakcja, w formie jonowej skróconej, przebiega wg równania:



Jony srebra(I) wytrącają z roztworu rozpuszczone jony chlorkowe niezależnie od towarzyszącego kationu, np. NaCl, KCl i inne. Ze stochiometrii związku wynika, że 1 mol  $\text{AgNO}_3$  zawiera 1 mol jonów  $\text{Ag}^+$ , dlatego obliczenia na podstawie powyższej reakcji należy przeprowadzić na podstawie masy molowej azotanu(V) srebra(I). Z obliczeń w podpunkcie a, wynika, że  $1 \text{ cm}^3$  roztworu zawiera  $0,017486 \text{ g AgNO}_3$ .

169,8731 g  $\text{AgNO}_3$  reaguje z 35,4530 g  $\text{Cl}^-$   
 $0,017486 \text{ g AgNO}_3$  reaguje z  $x \text{ g Cl}^-$

$x = 0,003649378 \text{ g Cl}^-/\text{cm}^3$  roztworu  $\text{AgNO}_3$

Poprawnie zapisany wynik ma postać:  $0,0036494 \text{ g Cl}^-/\text{cm}^3$  roztworu  $\text{AgNO}_3$ . Ten rodzaj miana informuje wprost, że  $1 \text{ cm}^3$  przygotowanego roztworu azotanu(V) srebra(I) wytrąca  $0,0036494$  gramów jonów chlorkowych w postaci osadu  $\text{AgCl}$ . Niejednokrotnie tak wyrażone miano jest oznaczane za pomocą litery  $T$ . Jeśli kwas solny ma służyć tylko i wyłącznie do oznaczania (miareczkowania) roztworu wodorotlenku sodu, to jednostką miana będzie, np. „ $0,012 \text{ g NaOH}/\text{cm}^3$  roztworu  $\text{HCl}$ ”. Zastosowanie tego roztworu do oznaczania wodorotlenku potasu wymaga przeliczenia miana roztworu  $\text{HCl}$ .

### Pipety

Pipety służące do odmierzania dokładnych objętości cieczy mogą być jednomiarowe lub wielomiarowe. Tab.

Tab. 4. Maksymalny błąd dopuszczalny pomiaru objętości za pomocą pipet jednomiarowych [2] z podaniem liczby cyfr znaczących

Klasa A			Klasa B		
Pojemność nominalna [ $\text{cm}^3$ ]	Błąd pomiaru [ $\text{cm}^3$ ]	Liczba cyfr znaczących	Pojemność nominalna [ $\text{cm}^3$ ]	Błąd pomiaru [ $\text{cm}^3$ ]	Liczba cyfr znaczących
2,00	$\pm 0,01$	trzy	2,00	$\pm 0,02$	trzy
5,000	$\pm 0,015$	cztery	5,00	$\pm 0,03$	trzy
10,00	$\pm 0,02$	cztery	10,00	$\pm 0,04$	cztery
20,00	$\pm 0,03$	cztery	20,00	$\pm 0,06$	cztery
25,00	$\pm 0,03$	cztery	25,00	$\pm 0,06$	cztery

Tab. 5. Maksymalny błąd dopuszczalny pomiaru objętości za pomocą pipet wielomiarowych [3] z podaniem liczby cyfr znaczących

Klasa A				Klasa B			
Pojemność nominalna [ $\text{cm}^3$ ]	Błąd pomiaru [ $\text{cm}^3$ ]	Podziałka [ $\text{cm}^3$ ]	Liczba cyfr znaczących	Pojemność nominalna [ $\text{cm}^3$ ]	Błąd pomiaru [ $\text{cm}^3$ ]	Podziałka [ $\text{cm}^3$ ]	Liczba cyfr znaczących
0,100	$\pm 0,006$	0,01	trzy	0,10	$\pm 0,01$	0,01	dwie
1,000	$\pm 0,007$	0,01	cztery	1,00	$\pm 0,01$	0,01	trzy
2,00	$\pm 0,01$	0,02	trzy	2,00	$\pm 0,02$	0,02	trzy
2,00	$\pm 0,01$	0,1	trzy	2,00	$\pm 0,02$	0,1	trzy
5,00	$\pm 0,03$	0,05	trzy	5,00	$\pm 0,05$	0,05	trzy
5,00	$\pm 0,03$	0,1	trzy	5,00	$\pm 0,05$	0,1	trzy
10,00	$\pm 0,05$	0,1	cztery	10,0	$\pm 0,1$	0,1	trzy
20,0	$\pm 0,1$	0,1	trzy	20,0	$\pm 0,2$	0,1	trzy
25,0	$\pm 0,1$	0,2	trzy	25,0	$\pm 0,2$	0,2	trzy

4 przedstawia maksymalny błąd dopuszczalny dla pipet jednomiarowych klasy A oraz B, natomiast Tab. 5 dla pipet wielomiarowych. W przeciwieństwie do kolb, pipety są kalibrowane *na wylew*, co jest oznaczane za pomocą etykiety „Ex”. W tym przypadku ciecz, która wydostaje się na zewnątrz naczynia miarowego ma dokładnie określoną objętość, a niewielka ilość cieczy pozostaje w końcówce pipety. Przykładowy napis widniejący na pipecie jednomiarowej: „A, Ex + 20 s,  $50 \pm 0,05 \text{ ml}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ”. Oznacza, że pipeta miarowa klasy A, kalibrowana jest *na wylew*, a ciecz, która wypłynęła ma objętość  $50,00 \text{ cm}^3$  z maksymalnym błędem  $\pm 0,05 \text{ cm}^3$ , jeśli odczekane zostanie 20 sekund od wydostania się ostatniej kropli, z jednoczesnym zachowaniem temperatury  $20^\circ\text{C}$  dla pipety i roztworu.

**Przykład 8.** Z roztworu chlorku potasu o stężeniu  $0,12579 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  pobrano  $50 \text{ cm}^3$  za pomocą:

- pipety jednomiarowej klasy A,  $50,00 \text{ cm}^3$
- pipety jednomiarowej klasy B,  $50,00 \text{ cm}^3$

Obliczyć pobraną liczbę moli i masę pobranej soli w roztworze,  $M_{\text{KCl}} = 74,551 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Ad. a. Pipeta jednomiarowa klasy A umożliwi pobranie roztworu z dokładnością  $50,00 \pm 0,05 \text{ cm}^3$ , czyli zawiera cztery cyfry znaczące.

$$c \cdot V = n$$

$$0,12579 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,05000 \text{ dm}^3 = 0,0062895 \text{ mol}$$

Jeśli liczba moli ma stanowić wynik końcowy, to należy go podać z czterema cyframi znaczącymi, czyli  $0,006288$  mola chlorku potasu. Jeśli masa ma być wynikiem finalnym, to należy do obliczeń wykorzystać niezaokrągloną liczbę moli, zgodnie z regułą: **zaokrąglania wykonywane są po ostatnim etapie obliczeń.**

$$n \cdot M = m$$

$$0,0062895 \text{ mol} \cdot 74,551 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,46888851 \text{ g}$$

Masa jest określona poprzez cztery cyfry znaczące, co wynika z obliczonej liczby moli, czyli zawiera  $0,4689$  grama chlorku potasu.

Ad. b. Pipeta jednomiarowa klasy B umożliwi pobranie roztworu z do-

Tab. 6. Błąd bezwzględny i względny dla pipet o pojemności 1 cm<sup>3</sup> oraz 10 cm<sup>3</sup>

	Dokładność pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Błąd bezwzględny [cm <sup>3</sup> ]	Błąd względny [%]
Pipeta jednomiarowa klasy A	1,000 ± 0,008	0,008	0,8
Pipeta jednomiarowa klasy B	1,000 ± 0,015	0,015	1,5
Pipeta wielomiarowa klasy A	10,00 ± 0,02	0,02	0,2
Pipeta wielomiarowa klasy B	10,00 ± 0,04	0,04	0,4

Tab. 7. Maksymalny błąd dopuszczalny pomiaru objętości za pomocą biuret [4] z podaniem liczby cyfr znaczących

Klasa A				Klasa B			
Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Podziałka [cm <sup>3</sup> ]	Liczba cyfr znaczących	Pojemność nominalna [cm <sup>3</sup> ]	Błąd pomiaru [cm <sup>3</sup> ]	Podziałka [cm <sup>3</sup> ]	Liczba cyfr znaczących
1,000	± 0,006	0,01	cztery	1,00	± 0,01	0,01	trzy
5,00	± 0,01	0,01	trzy	5,00	± 0,02	0,01	trzy
5,00	± 0,01	0,02	trzy	5,00	± 0,02	0,02	trzy
10,00	± 0,02	0,02	cztery	10,00	± 0,05	0,02	cztery
10,00	± 0,03	0,05	cztery	10,00	± 0,05	0,05	cztery
25,00	± 0,03	0,05	cztery	25,00	± 0,05	0,05	cztery
25,00	± 0,05	0,1	cztery	25,0	± 0,1	0,1	trzy
50,00	± 0,05	0,1	cztery	50,0	± 0,1	0,1	trzy
100,0	± 0,1	0,2	cztery	100,0	± 0,2	0,2	trzy

kładnością 50,0 ± 0,1 cm<sup>3</sup>, czyli zawiera trzy cyfry znaczące.

0,12579 mol·dm<sup>-3</sup> · 0,0500 dm<sup>3</sup> = 0,0062895 mol

0,0062895 mol · 74,551 g·mol<sup>-1</sup> = 0,46888851 g

Jeśli liczba moli ma stanowić wynik ostateczny, to powinna zostać przedstawiona z trzema cyframi znaczącymi w formie 0,00629 mola chlorku potasu, a jeśli jest wykorzystana w dalszych obliczeniach, należy ją zapisać bez zaokrągleń i ostateczny wynik przedstawić z odpowiednią liczbą cyfr znaczących, w postaci 0,469 g. Wynik zawiera również trzy cyfry znaczące, co jest konsekwencją dokładności użytej pipety.

**Przykład 9.** Określić błąd bezwzględny i względny pomiaru objętości cieczy za pomocą pipet jednomiarowych klasy A oraz B do odmierzenia 1 cm<sup>3</sup> i 10 cm<sup>3</sup>.

a) Pipeta jednomiarowa klasy A umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 1,000 ± 0,008 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>1</sub> = 0,008 cm<sup>3</sup>. Błąd względny dla tej pipety:

$$W_1 = \frac{0,008 \text{ cm}^3}{1,000 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_1 = 0,8\%$$

b) Pipeta jednomiarowa klasy B umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 1,000 ± 0,015 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>2</sub> = 0,015 cm<sup>3</sup>. Błąd względny:

$$W_2 = \frac{0,015 \text{ cm}^3}{1,000 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_2 = 1,5\%$$

c) Pipeta jednomiarowa klasy A umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 10,00 ± 0,02 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>3</sub> = 0,02 cm<sup>3</sup>. Błąd względny:

$$W_3 = \frac{0,02 \text{ cm}^3}{10,00 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_3 = 0,2\%$$

d) Pipeta jednomiarowa klasy B umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 10,0 ± 0,04 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>4</sub> = 0,04 cm<sup>3</sup>. Błąd względny wynosi:

$$W_4 = \frac{0,04 \text{ cm}^3}{10,00 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_4 = 0,4\%$$

Jak wynika z Tab. 6, błąd względny pomiaru objętości cieczy maleje, gdy wzrasta pojemność nominalna pipety. Pipety o mniejszej pojemności, mimo że mają mniejszy błąd bezwzględny, wykazują większy błąd względny.

### Biurety

Biurety stanowią kolejny rodzaj szkła miarowego. Służą do odmierzenia dokładnych objętości roztworów i znajdują zastosowanie podczas miareczkowania. Miareczkowanie polega na odmierzeniu roztworu z biurety małymi objętościami, „porcjami”, czyli *miareczkami*. Dokładność biuret klasy A oraz B zestawiono w Tab. 7. Przykładowy napis widniejący na biurecie przedstawia: „B, Ex + 30 s, 50 ± 0,1 ml, 20°C”. Oznacza, że biureta klasy B kalibrowana jest *na wylew*, a ciecz w niej zawarta po opróżnieniu ma objętość 50,0 cm<sup>3</sup> z maksymalnym błędem ± 0,1 cm<sup>3</sup>, jeśli odczekane zostanie 30 sekund po ostatniej kropki, z jednoczesnym zachowaniem temperatury 20°C dla biurety i roztworu. Dostępne są pipety jednomiarowe, wielomiarowe oraz biurety, które umożliwiają odmierzenie cieczy w szybszy sposób i oznaczone są etykietą „AS”. Napis ten informuje, że ciecz jest odmierzana z dokładnością dla szkła klasy A, ale czas oczekiwania po ostatniej kropki jest krótszy i najczęściej wynosi 5 sekund.

**Przykład 10.** Odmierzanie roztworu za pomocą pipet wielomiarowych i biuret.

Podziałka na pipecie klasy A o pojemności 10,00 ± 0,05 cm<sup>3</sup> wynosi 0,1 cm<sup>3</sup>, ale należy wiedzieć, że każda objętość odmierzona za pomocą tej pipety ma dokładność ± 0,05 cm<sup>3</sup>. Oznacza to, że objętość 9,1 cm<sup>3</sup>, czyli 9 cm<sup>3</sup> i jedna działka pipety wymaga zapisania w postaci: „9,10 ± 0,05 cm<sup>3</sup>”. Podobnie jest z biuretami.

**Przykład 11.** Określić błąd bezwzględny i względny pomiaru objętości cieczy za pomocą biuret klasy A oraz B do odmierzenia 5 cm<sup>3</sup> i 50 cm<sup>3</sup>.

a) Biureta klasy A umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 5,00 ± 0,01 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>1</sub> = 0,01 cm<sup>3</sup>. Błąd względny wynosi:

$$W_1 = \frac{0,01 \text{ cm}^3}{5,00 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_1 = 0,2\%$$

b) Biureta klasy B umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 5,00 ± 0,02 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>2</sub> = 0,02 cm<sup>3</sup>. Błąd względny wynosi:

$$W_2 = \frac{0,02 \text{ cm}^3}{5,00 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_2 = 0,4\%$$

c) Biureta klasy A umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 50,00 ± 0,05 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>3</sub> = 0,05 cm<sup>3</sup>. Błąd względny wynosi:

$$W_3 = \frac{0,05 \text{ cm}^3}{50,00 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_3 = 0,1\%$$

d) Biureta klasy B umożliwia odmierzenie cieczy z dokładnością 50,0 ± 0,1 cm<sup>3</sup>, co oznacza, że błąd bezwzględny wynosi B<sub>4</sub> = 0,1 cm<sup>3</sup>. Błąd względny wynosi:

$$W_4 = \frac{0,1 \text{ cm}^3}{50,0 \text{ cm}^3} \cdot 100\%$$

$$W_4 = 0,2\%$$

Podobnie jak w przypadku pipet (por. *Przykład 9*) błąd pomiaru objętości cieczy za pomocą biuret maleje wraz ze wzrostem objętości odmierzonej cieczy.

#### Zadania obliczeniowe

Po skompletowaniu szkła miarowego do miareczkowania – można miareczkować. Poniżej znajdują się złożone zadania z omówieniem.

**Zadanie 1.** Pipetą o pojemności 20,00 cm<sup>3</sup> pobrano roztwór wodorotlenku sodu o nieznanym stężeniu i miareczkowano roztworem kwasu solnego o stężeniu 0,098740 mol·dm<sup>-3</sup>

wobec oranżu metylowego jako wskaźnika. W ćwiczeniu zużyto 36,00 cm<sup>3</sup> roztworu kwasu. Jakie jest stężenie roztworu wodorotlenku sodu?

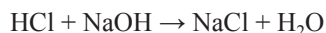
$M_{\text{NaOH}} = 39,9971 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M_{\text{HCl}} = 36,461 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M_{\text{NaCl}} = 58,443 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

1. Obliczenie kwasu solnego zużytego na zmiareczkowanie wodorotlenku sodu

$$0,098740 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,03600 \text{ dm}^3 = 0,00355464 \text{ mol HCl}$$

Stężenie kwasu solnego określone jest pięcioma cyframi znaczącymi, a objętość zużytego kwasu – czterema, stąd obliczona liczba moli jest określona czterema cyframi znaczącymi.

2. Reakcja przebiegająca podczas miareczkowania



1 mol HCl reaguje z 1 molem NaOH, czyli w próbce znajdowało się 0,00355464 mola NaOH

W tym przypadku obliczona liczba moli wodorotlenku sodu jest limitowana czterema cyframi znaczącymi, ponieważ współczynniki stechiometryczne w równaniu reakcji są liczbami dokładnymi.

3. Obliczona liczba moli znajdowała się w 20,00 cm<sup>3</sup>, czyli

$$c = \frac{0,00355464 \text{ mol}}{0,02000 \text{ dm}^3}$$

$$c = 0,177732 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Obliczona liczba moli zawiera cztery cyfry znaczące, jak również objętość roztworu, którą pobrano do analizy.

4. Prezentacja wyniku końcowego

Wynik ostateczny należy podać z dokładnością do czterech cyfr znaczących, czyli **0,1777 mol·dm<sup>-3</sup>**.

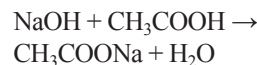
**Zadanie 2.** Z kolby o pojemności 100,0 cm<sup>3</sup> pobrano 25,00 cm<sup>3</sup> roztworu kwasu octowego. Zmiareczkowano roztworem wodorotlenku sodu o stężeniu 0,10251 mol·dm<sup>-3</sup> zużywając 39,50 cm<sup>3</sup> wobec fenoloftaleiny, jako wskaźnika. Obliczyć całkowitą zawartość kwasu octowego w kolbie miarowej.  $M_{\text{NaOH}} = 39,9971 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 60,0520 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

1. Obliczenie wodorotlenku sodu zużytego na zmiareczkowanie kwasu octowego

$$0,10251 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,03950 \text{ dm}^3 = 0,004049145 \text{ mol NaOH}$$

Stężenie wodorotlenku sodu określone jest poprzez pięć cyfr znaczących, a objętość zużytego roztworu – czterema cyframi znaczącymi. Obliczona liczba moli zawiera cztery cyfry znaczące.

2. Reakcja przebiegająca podczas miareczkowania



1 mol wodorotlenku sodu reaguje z 1 molem kwasu octowego, wobec tego liczba moli reagującego kwasu octowego podczas miareczkowania wynosi 0,004049145 mol CH<sub>3</sub>COOH. Liczba moli kwasu jest określona czterema cyframi znaczącymi.

3. Obliczenie masy kwasu octowego w próbce zmiareczkowanej

$$0,004049145 \text{ mol} \cdot 60,0520 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,243159256 \text{ g}$$

Liczba moli kwasu zawiera cztery cyfry znaczące, a masa molowa – sześć, więc wynik podany może być do czwartej cyfry znaczącej.

4. Obliczenie współmierności (W) kolby i pipety

Z kolby o pojemności 100,0 cm<sup>3</sup> pobrano 25,00 cm<sup>3</sup> roztworu, wobec tego współmierność wynosi:

$$W = \frac{100,0 \text{ cm}^3}{25,00 \text{ cm}^3}$$

$$W = 4,000$$

Współmierność zawiera cztery cyfry znaczące, co wynika z dokładności zastosowanego szkła miarowego.

5. Obliczenie całkowitej masy kwasu octowego

Masa kwasu jest 4,000 razy większa niż obliczona w punkcie 3.

$$0,243159256 \text{ g} \cdot 4,000 = 0,972637024 \text{ g}$$

Obliczona kwasu pobrana pipetą miarową oraz współmierność zawierają cztery cyfry znaczące.

6. Prezentacja wyniku końcowego

Wynik końcowy zawiera cztery cyfry znaczące, co należy zapisać w postaci: **0,9726 g**.

W treści *Zadania 1* i *2* oraz obliczeniach nie uwzględniono błędu pomiaru roztworów, czyli dokładności stosowanego szkła miarowego, ponieważ informacja taka jest konieczna w przypadku obliczeń dokładności całej metody analitycznej. Złożoność obliczeń dokładności stosowanej procedury analitycznej (w tym przypadku mia-

reczkowania) wymaga uwzględnienia cyfr niepewnych we wszystkich liczbach. Pojemność szkła miarowego jest zazwyczaj podana w taki sposób, że ostatnia cyfra jest niepewna, ale może być większa od jedności. W obu powyższych zadaniach nie jest możliwe określenie błędu przeprowadzonego oznaczenia (bez dodatkowych obliczeń statystycznych), choć ostatnia zatrzymana cyfra wyniku końcowego jest niepewna, ale może być większa od jedności.

**Podsumowanie**

Dokładność szkła miarowego określona jest poprzez błąd bezwzględny, czyli maksymalny dopuszczalny błąd. W zadaniach obliczeniowych w gimnazjum oraz szkole średniej objętość odmierzana szkłem miarowym, szczególnie pojemność kolb miarowych, zapisywana jest bez dostatecznej dokładności, czyli z mniejszą liczbą cyfr znaczących. Z tego powodu obliczenia zawierają mniejszą liczbę cyfr znaczących w wyniku końcowym.

Należy mieć na uwadze, że dokładności zaprezentowanego powyżej szkła miarowego są cytowane z Norm ISO. W tabelach i przykładach podano tylko te pojemności nominalne, które są najczęściej stosowane

i nie wyczerpują wszystkich wariantów. Producent wykonujący szkło miarowe zgodnie z powyższymi Normami musi przestrzegać dopuszczalnego błędu. Nie oznacza to, że szkło o innej dokładności nie jest możliwe do zakupienia. Oprócz Norm ISO istnieją inne, do których producent może się odwołać, np. Farmakopea Amerykańska (ang. *United States Pharmacopeia*) – USP. W praktyce laboratoryjnej nikt nie uczy się na pamięć dokładności szkła miarowego. Osoby pracujące w laboratorium, sporządzając roztwór mianowany lub wykonujący miareczkowanie, mogą odczytać dokładność szkła miarowego, z którego korzystają, ponieważ taka informacja jest nadrukowana na zewnętrznej ściance szkła. Jeśli na zakupionej kolbie miarowej znajduje się napis „100 ± 0,10 ml” to wynika z niego, że kolba ma pojemność „100,00 ± 0,10 cm<sup>3</sup>” i tę informację można wykorzystać do dalszych obliczeń.

W przeciwieństwie do pomiaru masy, gdzie ostatnia cyfra jest niepewna, a błąd pomiaru wynosi jedność na ostatniej zatrzymanej cyfrze (por. *Przykład 1*), w przypadku szkła miarowego ostatnia cyfra jest niejednokrotnie większa od jedności, ale

nadal pozostaje ostatnią zatrzymaną cyfrą, która jest niepewna.

Bardzo ważne jest odpowiednie posługiwanie się szkłem miarowym, aby odmierzyć dokładnie zadaną objętość cieczy:

- 1) przede wszystkim szkło musi być czyste i wysuszone. Jest to warunek konieczny wszystkich czynności laboratoryjnych.
- 2) szkło musi mieć temperaturę, w jakiej było kalibrowane. Najczęściej stosowaną temperaturą kalibracji szkła jest 20°C.
- 3) roztwór odmierzany szkłem miarowym musi mieć temperaturę, w jakiej kalibrowano naczynie miarowe, czyli 20°C.
- 4) Podczas używania szkła miarowego nie należy go przetrzymywać w dłoniach dłużej niż to jest konieczne ze względu na wzrost temperatury przyrządu, czyli rozkalibrowanie.

mgr inż. Leszek Ruchomski  
leszekruchomski@gmail.com

**Literatura:**

- [1] *Laboratory glassware – One-mark volumetric flasks, ISO 1042:1998*
- [2] *Laboratory glassware – Single-volume pipettes, ISO 648:2008*
- [3] *Laboratory glassware – Graduated pipettes, ISO 835:2007*
- [4] *Laboratory glassware – Burettes, ISO 385:2005*

**I. PRENUMERATĘ NA 2016 ROK MOŻNA ZAMÓWIĆ BEZPOŚREDNIO U WYDAWCY**

- **Przez internet:** zakładka *Prenumerata 2016* na stronie [www.aspress.com.pl](http://www.aspress.com.pl) i wypełniając formularz zamówienia na podstronie prenumeraty
- **e-mailem:** [szewczyk24@gmail.com](mailto:szewczyk24@gmail.com) ■ **faksem:** 22 641 02 01 ■ **listownie:** Agencja AS Józef Szewczyk, ul. Warchałowskiego 2/58, 02-776 Warszawa

**Cena prenumeraty w 2016 roku**

Tytuł	Liczba wydań (I i II półrocze)	Cena egzemplarzowa	Cena prenumeraty rocznej	Cena prenumeraty w I półroczu
<b>Dwumiesięczniki</b>				
<b>Chemia w Szkole</b>	6 (3+3)	25,00	150,00	75,00
<b>Biologia w gimnazjum i liceum</b>	6 (3+3)	25,00	150,00	75,00
<b>Geografia w Szkole</b>	6 (3+3)	25,00	150,00	75,00
<b>Fizyka w Szkole z Astronomią</b>	6 (3+3)	27,50	165,00	82,50
<b>Wiadomości Historyczne z WOS</b>	6 (3+3)	27,50	165,00	82,50
<b>Kwartalnik</b>				
<b>Język Niemiecki</b>	4 (2+2)	25,00	100,00	50,00

**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** z lat 2013 i 2014 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](http://www.aspress.com.pl) [www.kiosk24.pl](http://www.kiosk24.pl)**

# Alkohol etylowy

Metabolizm, zmiany w układzie nerwowym i mózgu, zmiany hormonalne oraz uszkodzenia układu rozrodczego

Łukasz A. Głowczyński, Przemysław T. Sanecki, Piotr M. Skitał

Słowo alkohol pochodzi od arabskiego *al ghul* co oznacza „zły duch” [1]. Po łacinie *spiritus vini* znaczy duch wina. Po wpuszczeniu tego „ducha” do organizmu dzieje się tam wiele bardzo szkodliwych procesów, co do których warto mieć świadomość przed wprowadzeniem alkoholu do organizmu.

Napojem alkoholowym w rozumieniu aktualnej ustawy [2] jest produkt przeznaczony do spożycia zawierający alkohol etylowy pochodzenia rolniczego w stężeniu przekraczającym 0,5% objętościowych alkoholu.

Alkoholizm to problem psychiczny i społeczny. Jego rozwiązanie powinno być rozpoczęte od skorygowania fatalnej obyczajowości i leczenia psychiki. Skuteczną metodą leczenia, w odniesieniu do alkoholików, jest metoda AA wynaleziona w USA. My zajmiemy się tu stroną biochemiczną, tzn. metabolizmem alkoholu w organizmie i jego krótko-

i długofalowym wpływem na organizm. Nasz przekaz adresowany jest do młodzieży, która może być wciągnięta w picie alkoholu podstępem, reklamą i propagandą, a nawet przekazem podprogowym, ale przede wszystkim negatywnym przykładem i wpływem rówieśników i niewiele starszych kolegów. Jak wykazemy, nawet tzw. „kulturalne picie” niesie w sobie bardzo poważne ograniczenie zdrowia, zdolności abstrakcyjnego i twórczego myślenia, jakości życia, możliwości prokreacyjnych, możliwości awansu i kariery, założenia rodziny itp. Aby odwieść młodzież od alkoholu należy stworzyć konkretny, mocny i sugestywny przekaz działania tej neurotoksyny nr 1 (wg WHO), oparty na najistotniejszych faktach i pokazać, że istnieją prawdziwe i trwałe sposoby poprawy samopoczucia, takie jak sport, propagowanie sprawności fizycznej i psychofizycznej, właściwej diety i postaw moralnych, trening umysłu, zdobywanie użytecznej wiedzy. Ważnym sprzymierzeńcem jest tu powszechna motoryzacja i pęd młodzieży do uzyskania prawa jazdy. Dezaprobata dla picia przez kierowców, a nawet ich abstynencja może być rozciągnięta na ogół społeczeństwa.

Ojczyzna to wielki zbiorowy obowiązek.

Cyprian K. Norwid

Takie będą Rzeczypospolite, jakie ich młodzieży chowanie.

Jan Zamoyski

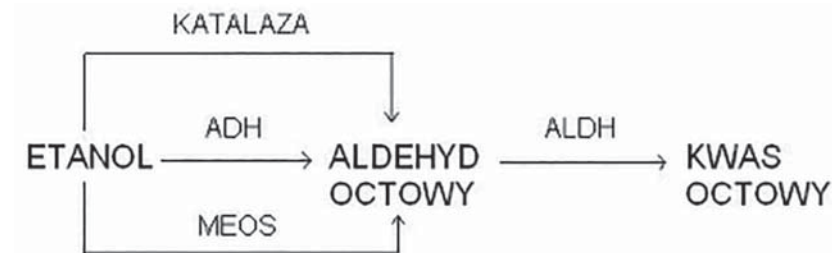
## DYSKUSJA

### Metabolizm alkoholu

Alkohol etylowy po wprowadzeniu do ustroju wchłania się przede wszystkim w przewodzie pokarmowym i wraz z krwią dostaje się do wątroby, która jest głównym miejscem jego metabolizmu. Ograniczoną zdolność jego utleniania mają jednak prawie wszystkie tkanki [3].

Istnieją cztery drogi biochemicznych przemian etanolu [1]:

1. utlenianie do aldehydu octowego przez enzym dehydrogenazę alkoholową (ADH), a następnie aldehydu do kwasu octowego poprzez enzym dehydrogenazę aldehydową (ALDH);



2. szlak MEOS, w którym w procesie utleniania zaangażowany jest mikrosomalny cytochrom P-450; występuje on zwłaszcza przy długotrwałym przyjmowaniu alkoholu;

3. szlak katalazy, który utlenia alkohol za pomocą  $H_2O_2$  na drodze addycji tych dwóch składników; w wyniku tej addycji powstaje aldehyd octowy.

4. szlaki nieoksydacyjne, np. sprzężone z kwasami siarkowym, glukuronowym lub wolnymi kwasami tłuszczowymi poprzez ich estryfikację [3].

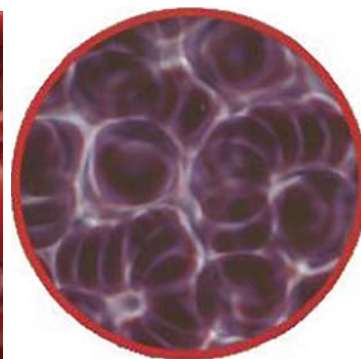
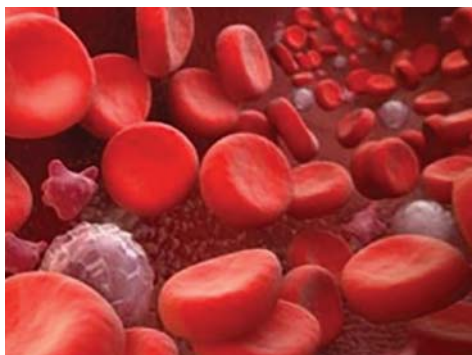
Pierwsze dwie drogi są najistotniejsze pod względem szybkości i wydajności reakcji, a ich pierwszym metabolitem jest silnie toksyczny aldehyd octowy, drugim także toksyczny kwas octowy. Tempo metabo-



lizmu etanolu zależy od sposobu jego przyjmowania, tj. chronicznego lub sporadycznego oraz jego dawki [3], a także, co bardzo istotne, od indywidualnego poziomu enzymów ADH i ALDH w organizmie (narody południa, np. Francuzi mają generalnie wysoki poziom tych enzymów w porównaniu z narodami północy). Powstający podczas przemian etanolu silnie toksyczny aldehyd octowy ulega przemianie do kwasu octowego, a ten ostatni włącza się do przemian w dalszych cyklach metabolicznych i ponownie bardzo obciąża wątrobę [3]. Gdy kwas octowy tworzy się w nadmiarze, to blokuje inne, fizjologiczne jego źródła w przemianach cyklu Krebsa. Tworzący się kwas octowy jest ostatecznie metabolizowany do CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O [3].

**Zmiany w układzie krążenia i obrazie krwi u alkoholików. Aglomeracja erytrocytów (czerwonych ciałek) pod wpływem alkoholu**

Alkohol dostaje się do krwi i krwioobiegami trafia do mózgu, gdzie zaczyna się proces intensywnej destrukcji kory mózgowej. W 1961 roku trzech amerykańscy uczeni [4], stosując bardzo czuły mikroskop, poprzez źrenicę zaglądali do małych naczyń krwionośnych siatkówki, i pierwszy raz w historii nauki udało się zobaczyć jak wewnątrz płynie krew. Zobaczyli ścianki naczyń krwionośnych i przepływające w nich czerwone i białe ciała krwi. U jednego z badanych we krwi pływały skrzepy – po 5, 10, 40, 400 do tysiąca czerwonych ciałek krwi, erytrocytów. Nazwali je bardzo wymownie: „winne grona”. Po wyjaśnieniu okazało się, że ten pacjent poprzedniego wieczora pił alkohol. Wobec tego przeprowadzili eksperyment: trzeźwemu pacjentowi podali kufel piwa. Okazało się, że po 15 minutach we krwi jeszcze niedawno trzeźwego człowieka popłynęły alkoholowe zlepkie erytrocytów. Dlaczego tak się stało? Alkohol trafiając do krwi zdejmując z erytrocytów słaby ładunek ujemny i czerwone krwinki zaczynają się zlepiać zamiast odpychać. W ludzkim organizmie jest wiele drobnych



Rys.1. Normalny i patologiczny obraz krwi z widoczną aglomeracją erytrocytów [6,7].

naczyń krwionośnych, które się rozwidlają. Gdy do miejsca rozwidlenia podpyływa alkoholowo zlepiona grudka erytrocytów, następuje zatkanie. Naczynie, np. w mózgu pęcznieje i obumiera [4].

Należy dodać, że mikroskopowy obraz krwi jest ważnym testem stanu organizmu, a zlepione krwinki czerwone świadczą o złym stanie organizmu. Badanie jest proste i polega na obserwacji żywej kropli krwi pobranej z palca [5].

Rys. 1 pokazuje obraz – z mikroskopu elektronowego – normalnego i patologicznego obrazu krwi człowieka. Widać krwinki czerwone (okrągłe dyski), kilka białych krwinek (duże białawe kosmate kółka), w tym limfocyty, monocyty, granulocyty i wiele małych płytek w kształcie dysku. Krwinki czerwone zawierają hemoglobinę, ważne białko, które zawiera żelazo i umożliwia komórkom przenoszenie tlenu do różnych części ciała. Wszystkie komórki krwi powstają w szpiku kostnym. Limfocyty zwalczają choroby poprzez produkcję przeciwciał, a tym samym niszczą obce ciała. Płytki krwi są małymi

komórkami, powstają w szpiku kostnym i są niezbędne do krzepnięcia krwi [6].

Średnia objętość krwinek czerwonych (MCV) – to wynik standardowego badania wykonywanego w ramach morfologii krwi. Wartość MCV może wzrastać z czasem u osób poważnie nadużywających alkoholu, lecz również w innych stanach klinicznych.

Organizm dąży przede wszystkim do utrzymania właściwego składu krwi: np. pH, poziomu cukru, mocznika, ale także alkoholu. Normalny, fizjologiczny poziom alkoholu we krwi jest bardzo niski i wynosi najczęściej 0,01–0,05 ‰, bardzo rzadko więcej (Tabela 1). Pojawienie się alkoholu we krwi to alarm dla organizmu i uruchomienie, omówionego wyżej, mechanizmu jego enzymatycznego usuwania z udziałem enzymów ADH i ALDH.

**Układ krążenia**

Picie alkoholu powoduje schorzenia układu sercowo – naczyniowego, takie jak nadciśnienie, kardiomi-

**Tabela 1.**

<b>Poziom alkoholu we krwi</b>	
Fizjologiczny poziom alkoholu we krwi	BAC (Basic Alcohol Concentration, vol.) 0,01–0,29‰ (Wiki Eng); Najczęściej wynosi 0,05‰*
Poziom śmiertelny	7g/kg masy ciała, czyli ok. 5‰
Dla kierowców w wydychanym powietrzu w Polsce	Poniżej 0,1 mg alkoholu/dm <sup>3</sup> wydychanego powietrza – jest to równoważne 0,2‰ we krwi.
Dla kierowców w Polsce	Poniżej 0,2‰**
Dla kierowców we Francji	0,5‰**
Dla kierowców w USA	0,8‰**

\*[http://orzeczenia.ms.gov.pl/content/\\$N/152505000002006\\_IV\\_Ka\\_000052\\_2013\\_Uz\\_2013-12-03\\_001](http://orzeczenia.ms.gov.pl/content/$N/152505000002006_IV_Ka_000052_2013_Uz_2013-12-03_001)

\*\*[http://www.senat.gov.pl/gfx/senat/pl/senatopracowania/59/plik/ot-628\\_.pdf](http://www.senat.gov.pl/gfx/senat/pl/senatopracowania/59/plik/ot-628_.pdf)



Rys. 2. Limit zawartości alkoholu we krwi u kierowców w krajach Europy (w %) Źródło: <http://kulturawina.pl/category/legislacja/>

patie, arytmie i udary mózgowie [8]. Badania wykazują jednocześnie, że wraz z zaprzestaniem picia nadciśnienie tętnicze może być częściowo odwracalne [8].

U osób długotrwale pijących rozwija się, spowodowana osłabieniem kurczliwości mięśnia sercowego, kardiomiopatia alkoholowa (zmiany zwyrodnieniowe włókien mięśnia sercowego, stłuszczenie i powiększenie serca, znaczne osłabienie siły skurczów mięśnia sercowego), prowadząca do zaburzeń w pracy serca oraz do niewydolności krążenia [8].

Zarówno ostre zatrucie alkoholem, jak i jego przewlekłe spożywanie mogą powodować niemiarowość lub zaburzenia rytmu pracy serca. Alkohol zaburza automatyzm węzła zatokowo – przedsionkowego i może wydłużać przewodzenie impulsów, a także prowokować częstoskurcze [8].

Nie znajduje obecnie potwierdzenia, popularny od ubiegłego stulecia pogląd, że alkohol poprawia krążenie w naczyniach wieńcowych i tym samym łagodzi bóle wieńcowe (objawy duszniczy bolesnej). Subiektywna poprawa po spożyciu alkoholu nie jest wynikiem rozszerzenia naczyń wieńcowych, a skutkiem uspokajającego i znieczulającego działania alkoholu. Mięsień sercowy pozostaje nadal niedotleniony, a ryzyko choroby wieńcowej i umieralność na tę chorobę zwiększa się w przypadku intensywnego picia [8].

Zaburzenia hematologiczne u osób uzależnionych od alkoholu spotykane są często jako zmiany morfologiczne w szpiku kostnym, które uniemożliwiają prawidłowe funkcjonowanie układu krwiotwórczego [8].

### Wpływ alkoholu na mózg i układ nerwowy.

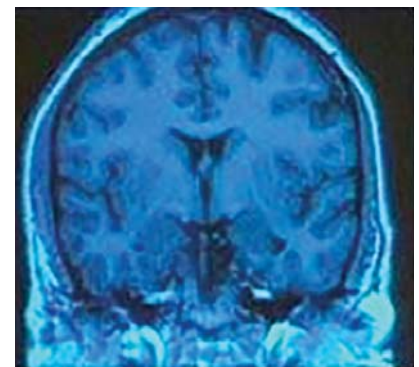
Mózg ludzki zbudowany jest z ok. 15 miliardów komórek nerwowych – neuronów. Każdy neuron jest zasilany krwią przez swoje własne naczynie kapilarne. Jest ono tak cienkie, że aby zasilić dany neuron, erythrocyty mogą przepływać tylko w rzędzie, jeden za drugim. Gdy do podstawy naczynia włosowatego dopływa grudka alkoholowo sklejonych erythrocytów, to następuje jego zamknięcie. Po upływie 7-9 minut komórki mózgowe zostają niedotlenione i zaczynają masowo ginąć. Po każdym tak zwanym „umiarkowanym wypiciu” w głowie człowieka pojawia się kolejne cmentarzysko obumarłych komórek neuronowych [4], które są następnego dnia wydalane z moczem. **Śmierć komórek mózgowych wskutek niedotlenienia jest zatem spowodowana brakiem możliwości przeciskania się aglomeratów czerwonych krwinek przez kapilarne naczynia mózgowie.**

Po spożyciu alkoholu normalna praca kory mózgowej ulega zachwianiu, przy czym proces ten u różnych

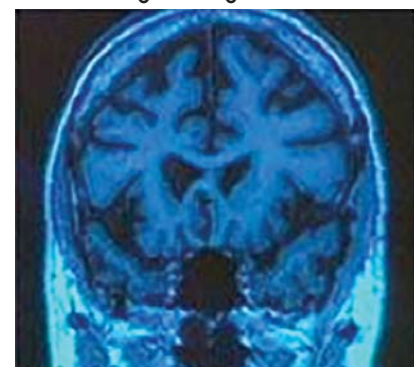
ludzi przebiega inaczej. U jednych w pierwszej kolejności uszkodzany jest system przedsionkowy – zaczyna tracić równowagę, u innych – centrum etyczne i wtedy człowiek pod wpływem alkoholu staje się szalony, ponieważ jego komórki mózgowie kontrolujące zachowanie są zabijane przez alkohol. U innej grupy ludzi uszkodzana jest pamięć [4].

Podczas sekcji zwłok osób pijących alkohol (nawet umiarkowanie) widać wyraźnie, że mózg ma mniejszą objętość, a cała powierzchnia kory mózgowej pokryta jest mikrobłiznami, mikrowrzodami i innymi zaburzeniami budowy [4].

Tkanki organizmu człowieka charakteryzują się różną aktywnością dehydrogenazy alkoholowej (ADH). Porządkując je od aktywności najwyższej do najniższej otrzymujemy następującą kolejność: wątroba, jelita, serce, śledziona, mózg, mięśnie szkieletowe. Dane dotyczące umiejscowienia i aktywności różnych klas ADH w mózgu są częściowo sprzeczne, jednakże sumaryczna ilość enzymu odpowiedzialnego za przetwarzanie etanolu jest w mózgu bardzo mała [10].

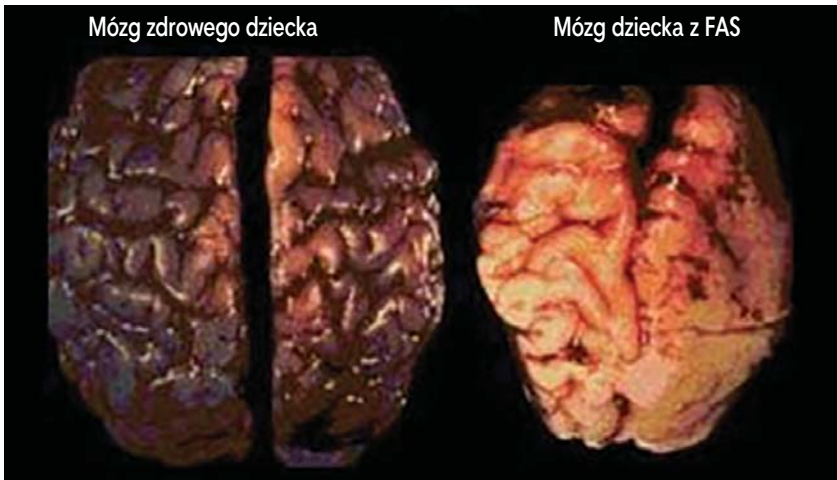


Mózg zdrowego 43-latk



Mózg 43-letniego alkoholika

Rys. 3. Mózg zdrowego człowieka i alkoholika [9].



Rys.4. Zmiany w mózgu dziecka spowodowane alkoholem [9].

### Płodowy Zespół Alkoholowy (FAS)

Alkohol powoduje więcej szkód w rozwijającym się płodzie niż inne substancje, łącznie z marihuaną i kokainą. Alkohol już w drugim tygodniu życia płodowego może przedostać się przez łożysko do organizmu dziecka. Choć alkohol może mieć negatywny wpływ na wszystkie narządy, to najbardziej powszechnym skutkiem picia w czasie ciąży jest stałe uszkodzenie mózgu, które prowadzi do wielu zmian dotyczących funkcjonowania fizycznego, behawioralnego oraz związanych z procesem uczenia się. Najpoważniejszy jest zespół symptomów nazywany alkoholowym zespołem płodowym (ang. *Fatal Alcohol Syndrom – FAS*). Dziecko rodzi się z mniejszą ilością neuronów. Jest też zwykle niedorozwinięte fizycznie i ma charakterystyczne rysy twarzy [9]. Można tego jednak całkowicie uniknąć – wystarczy nie pić w ciąży alkoholu.

U osób z FAS ciało modzelowate jest zniszczone i nie funkcjonuje prawidłowo. Brakuje wielu połączeń pomiędzy dwoma półkulami mózgu, w wyniku czego informacje przepływają powoli i nieskutecznie. Etanol jest tak groźny dla dziecięcego mózgu, bo wykorzystuje oba rodzaje sygnałów śmierci: jednocześnie hamuje receptory NMDA i stymuluje receptory dla GABA [9].

Najgorszy efekt uszkodzenia jądrowej komórki rozrodczej ma miej-

sce, gdy poczęte zostają bliźniaki, co zdarza się mniej więcej raz na 100 000 urodzeń. Bliźnięta syjamskie to, według Żdanowa, alkoholowe uszkodzenie zarodka bliźniąt [4].

Wynikiem chorób naczyń mózgowych są m.in. udary. Powstają one na skutek upośledzonego przepływu krwi przez te naczynia lub wydostania się krwi poza naczynie.

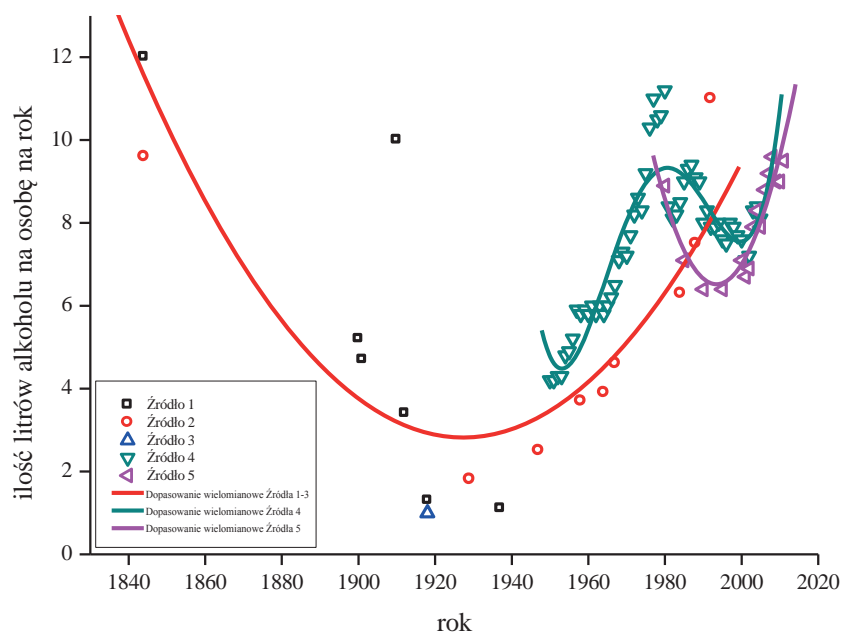
Zwiększone ryzyko udaru i krwotoku wiąże się z hamowaniem przez alkohol trombogennej aktywności płytek krwi, zwiększoną tendencją do skurczu naczyń oraz wspomnianym wcześniej wzrostem ciśnienia krwi [8].

### Normy WHO i konsumpcja alkoholu w Polsce.

WHO [11] przyjęła następującą skalę spożycia alkoholu [litr 100% alkoholu /osobę/rok]:

- a) do 3 litrów – niski poziom
- b) 4 do 5 litrów – średni poziom
- c) powyżej 8 litrów – degradacja narodu

Obecnie szacuje się, że konsumpcja w Polsce kształtuje się na poziomie 10-11 litrów czystego etanolu na jednego mieszkańca. [12]. Podobne dane (9,67 l czystego alkoholu na głowę mieszkańca) zostały zamieszczone w artykule *Zalały nas trunki* [13]. Wiek inicjacji i wiek pierwszego upicia przedstawia się w tym zestawieniu następująco:



Rys. 5. Obraz spożycia alkoholu na ziemiach polskich i w Polsce w latach 1844-2011, sporządzony na podstawie pięciu zbiorów danych.

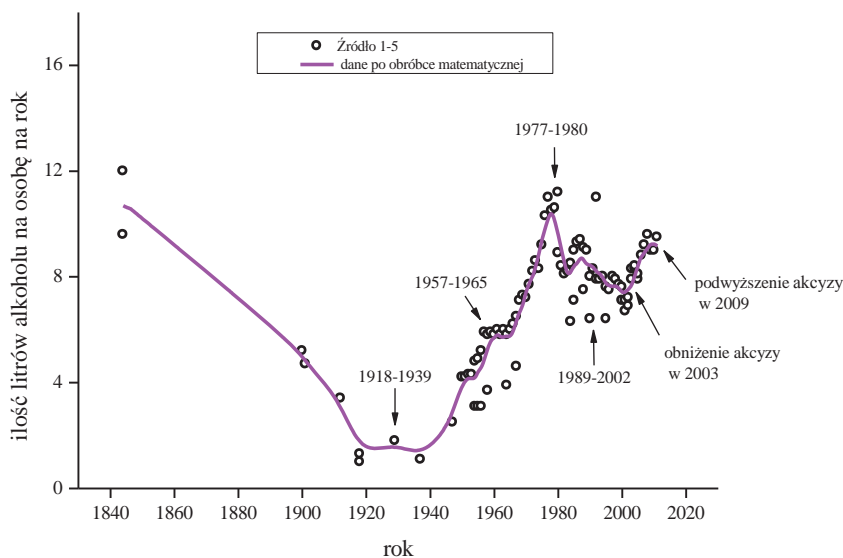
Źródło 1. W. Kołodziej *Z perspektywy historycznej*, Świat Problemów Nr 6, 2004.

Źródło 2. M. Wnuk, B. Purandare, J.T. Marcinkowski *Struktura spożycia alkoholu w Polsce w ujęciu historycznym*, Probl. Hig. Epid. 2013, 94(3): 446-450.

Źródło 3. S. Zagórski *Polska bezalkoholowa. Jak wprowadzono prohibicję w II RP*, artykuł dostępny na stronie: <http://facet.interia.pl/obyczajnie/historia/news-polska-bezalkoholowa-jak-wprowadzono-prohibicje-w-ii-tp.nld,1037029>.

Źródło 4. A. Bielińska-Kwapisz, Z. Mielecka-Kubień *Alcohol Consumption and Its Adverse Effects in Poland in Years 1950-2005* Hindawi Publishing Corporation Economics Research International, Volume 2011, Article ID 870714, 13 pages, doi:10.1155/2011/870714.

Źródło 5. Ł. Szewczyk *Polak pije mniej i mądrzej niż przeciętny Europejczyk (raport)* 23.06.2013, artykuł dostępny na stronie: <http://media2.pl/badania/1-03765-Polak-pije-mniej-i-madrzej-niz-przecietny-Europejczyk-raport.html>.



**Rys. 6.** Ujednolicony obraz spożycia alkoholu na ziemiach polskich i w Polsce w latach 1844-2011, sporządzony łącznie na podstawie pięciu zbiorów danych. Odrzucony został jeden punkt ze źródła 1 dla roku 1910. Dane są po obróbce matematycznej polegającej na interpolacji i wygładzaniu.

ponad 60% chłopców i blisko 50% dziewcząt rozpoczyna picie od piwa już w wieku 13 lat lub wcześniej [12]. Oznacza to degradację intelektualną i fizyczną oraz depopulację i zagrożenie bytu narodowego, co obserwujemy w praktyce.

Teraz przedstawimy analizę danych odnośnie do spożycia alkoholu w Polsce metodą *Data mining*, czyli metodą poszukiwania nowych treści w dostępnych zbiorach danych.

Rys.5 przedstawia obraz spożycia alkoholu na ziemiach polskich i w Polsce w latach 1844-2011, sporządzony na podstawie pięciu zbiorów danych. Wykres ten, sporządzony zgodnie z zasadami analizy regresji, jest na tyle interesujący, że zasługuje na uważną analizę, przedstawioną na Rys. 6.

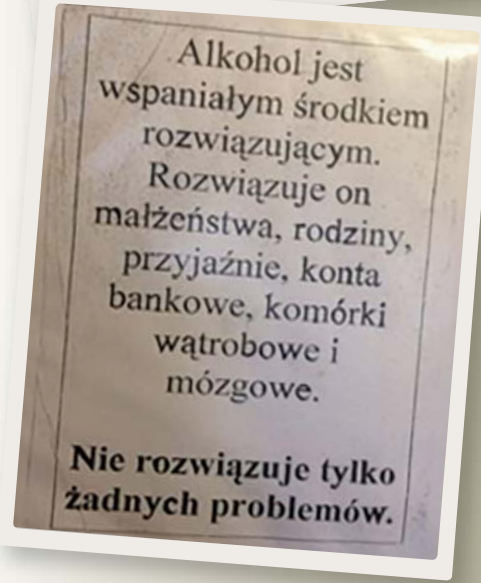
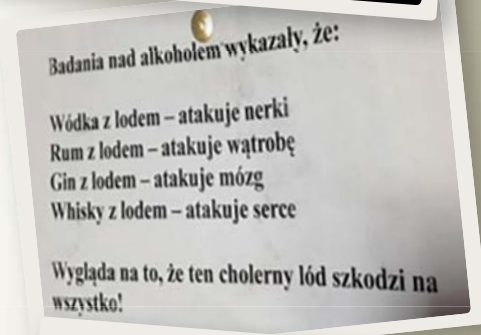
Jak widać z Rys. 5 i 6, minimum spożycia alkoholu przypada na okres Polski Niepodległej 1918-1939.

W ciągu lat 1844-2011 najbardziej charakterystyczne i nie do podważenia jest wskazane wyżej rekordowe minimum spożycia w okresie trwania i budowy Polski niepodległej 1918-1939 [13]. Potwierdzają to także dane z artykułu M. Wnuka [13]: 1,8 litra czystego alkoholu w przeliczeniu na 1 mieszkańca w roku 1929, czyli w porównaniu z obecnym spożyciem

to prawie abstynencja. Podobne, chociaż mniej wyraziste, są niewielkie minima lub plateau, tj. obszary, które można odnieść do okresów optymizmu społecznego po październiku roku 1956: widoczne jest niewielkie plateau 1957-1965 (tzw. Gomółkowska stabilizacja). Ponowny wzrost spożycia nastąpił w okresie kryzysów w latach 1966 -1977-1980. Lata 1989- 2000 cechuje niewielki spadek, który można powiązać z poczuciem odzyskania niepodległości, a następujący dalej znowu wzrost spożycia wynika zapewne z narastającego w społeczeństwie rozczarowania rzeczywistością. W konkluzji można stwierdzić, że spożycie alkoholu w Polsce jest barometrem stanu poczucia niezależności narodowej, optymizmu/pesymizmu społeczeństwa, nastrojów społecznych. Ponadto zauważalny jest wpływ podatków (akcyzy) w latach 2003 -2009.

### Mechanizm degeneracji wątroby

W zależności od czasu, ilości spożywanego alkoholu oraz uwarunkowań genetycznych, obserwowane zmiany w wątrobie mają postać stłuszczenia, zapalenia lub marskości i są określane jako alkoholowe cho-



źródło: Demotywatory

roby wątroby. Alkohol jest najczęstszą przyczyną chorób wątroby w krajach rozwiniętych. Wypicie ponad 80 g etanolu dziennie (odpowiadające 2 litrom piwa, 1 litrowi wina lub 5–6 drinkom) znacząco zwiększa ryzyko choroby wątroby.

Warto zaznaczyć, iż kobiety są bardziej wrażliwe na uszkodzenie wątroby przez alkohol niż mężczyźni – szkodliwa dawka jest u nich kilkakrotnie mniejsza, a postęp choroby szybszy niż u mężczyzn. Szczyt zachorowalności u mężczyzn przypada na wiek 40–55 lat, u kobiet natomiast – 10 lat wcześniej [15].

### Hormonalne działanie alkoholu: feminizacja mężczyzn, degeneracja kobiet

Wchłanianie i przemiana alkoholu u mężczyzn i kobiet przebiegają inaczej. Kobiety są bardziej podatne na wystąpienie alkoholowego uszkodzenia wątroby, mięśnia sercowego i mózgu. Różnice między kobietami i mężczyznami w pomiarach BAC (fizjologiczny poziom alkoholu we krwi) przypisuje się mniejszej ilości wody w organizmie kobiecym, a także niższej u kobiet aktywności ADH w żołądku. To powoduje, że do krwi przedostaje się więcej nieprzetworzonego alkoholu. Połączenie wymienionych czynników sprawia, że kobiety są bardziej niż mężczyźni podatne na uszkodzenia wątroby, serca itp. spowodowane pić alkoholu [16].

Zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet procesy metabolizmu alkoholu zaburzają równowagę hormonów związanych z reprodukcją. U mężczyzn metabolizm alkoholu prowadzi do uszkodzenia jąder, osłabiając proces syntezy testosteronu i produkcję spermy. Toksyczne działanie etanolu powoduje uszkodzenie jąder, impotencję, utratę libido, zaś u kobiet prowadzi do zaburzeń miesiączkowania i owulacji [16].

Przedłużający się niedobór testosteronu może przyczynić się do feminizacji mężczyzn, na przykład powiększenia sutków. Ponadto alkohol wpływa na strukturę spermy i ruchli-

wość plemników, hamując przemianę witaminy A, która ma podstawowe znaczenie dla dojrzewania spermy.

U kobiet metabolizm alkoholu może powodować zwiększenie produkcji formy estrogenu, zwanej estradiolem, przyczyniając się jednocześnie do spowolnienia jego metabolizmu, co ostatecznie powoduje podniesienie poziomu tego hormonu w organizmie [16]. Powoduje to wzrost ryzyka raka piersi, który ma podłoże hormonalne. Z kolei działając na mózg, przysadkę, a także bezpośrednio na jajniki alkohol może zaburzać produkcję hormonów odpowiedzialnych za rozwój i funkcjonowanie systemu reprodukcyjnego kobiety [12]. Wyodrębniono także dalsze typy zaburzeń: zakłócenia procesu dojrzewania, zaburzenia miesiączkowania, bezpłodność oraz zaburzenia przebiegu ciąży, jak poronienia, urodzenia z niedowagą, alkoholowy zespół płodowy [12], co uściślamy poniżej.

### Alkohol i płodność

O ile komórki skóry nieustannie się regenerują, to komórki jajowe nie. Kobieta rodzi się z określoną liczbą komórek jajowych, szacowaną na ok. 300 000. W przeciągu całego dojrzałego życia zapas ten nie jest uzupełniany, lecz systematycznie maleje [17]. Nie da się przewidzieć, którą komórkę jajową wybierze spermatozoid – zdrową, czy też uszkodzoną przez alkohol. Alkohol zatem zmienia urodzenie dziecka w pewnym sensie w szczególną ruletkę.

Im częstsze i większe spożycie alkoholu, tym większe szanse uszkodzenia systemu rodowego kobiety. Im wcześniej dziewczyna spróbuje alkoholu, tym większe jest tego ryzyko. Jest to aksjomat, z którym nikt nie jest w stanie się spierać. Aleksander Bałaszow, dr nauk medycznych, apeluje do młodych kobiet: „Pijąc dziś nie zdziwicie się, jeżeli pojawi się u was niezdrowe potomstwo” [17].

Komórki jajowe są najdłużej żyjącymi komórkami organizmu. Osłona jajników ochrania je przed wpływem praktycznie wszystkich

## Jak trafić do młodzieży

1. Na początek dać do powąchania aldehyd octowy (o ostrym wstrętnym zapachu, silnie toksyczny), to działa to bardzo sugestywnie.
2. Przedstawić skutki:
  - gorsza jakość plemników przez trzy miesiące od dnia spożycia i komórek jajowych na zawsze. Trywializując: pij, a będziesz głupszy/a i będziesz miał/a mniej zdolne lub nawet kalekie dzieci.
  - pogorszenie cech męskich (spadek poziomu testosteronu), a w perspektywie – impotencja; pogorszenie cech kobiecych i znaczny spadek atrakcyjności kobiet, zagrożenie rakiem piersi.
3. Propagować trzeźwość jako **przeciwstawienie** się pijącym dorosłym. Uzmysłować, że **dobrowolna** abstynencja świadczy o wysokim morale i kulturze osobistej. Ten kto pije (i/lub pali) sam sobie szkodzi.
4. Propagować kulturę i precyzję jazdy samochodem, co wyklucza spożywanie alkoholu.
5. Przedstawić młodzieży swój pogląd, że piwo to ohydna cuchnąca chemiczna ciecz produkowana z przemysłowego ekstraktu i alkoholu wytworzonego w gorzelniach.
6. Uzmysłować młodzieży, że jej poziom intelektualny i psychofizyczny zależy od tego, czy pije alkohol czy nie. Alkohol powoduje apatię, brak chęci przyjęcia zmiany, wąskie myślenie, niechęć do jakiegokolwiek wysiłku.
7. Uzmysłować, że spożywanie alkoholu, nawet piwa, powoduje znaczny spadek przyrostu naturalnego.
8. Pokazać, że okresy upadku Polski były zawsze związane ze wzmożonym spożyciem alkoholu, a okresy odbudowy niepodległości z niewielkim jego spożyciem, co ilustrują bardzo dobitnie Rys. 5 i Rys. 6.
9. Trzy filmy edukacyjne [4,11,17], w tym film-wykład W. G. Żdanowa [4, ], powinny być obowiązkowe dla uczniów. Z naszej praktyki wiemy, że są one chętnie oglądane, interesujące i przekonujące dla młodzieży szkolnej i studentów.

zagrożeń z wyjątkiem alkoholu. Przenika on do wnętrza jajnika i poraża część komórek, z których mogą być poczęte dzieci [11].

Może wystąpić sytuacja, że za kilka lat zapłodniona zostanie dokładnie ta komórka, którą uszkodził noworoczny toast. Ten kieliszek może spowodować poczęcie dziecka z poważnymi odchyleniami umysłowymi i fizycznymi. Prawdopodobieństwo urodzenia dziecka z wadami w przypadku kobiety niepijącej wynosi 1%, u kobiety pijącej „okazjonalnie” – 7%, a u pijącej regularnie – aż 70% [17].

Alkohol niszczy nie tylko komórki jajowe, ale także plemniki, przy czym

u mężczyzn proces ten jest odwracalny – po 3 miesiącach abstynencji jakoś plemniki wraca do normy. W Rosji, według danych Ministerstwa Zdrowia, co roku rodzi się 100 000 dzieci z anomaliami rozwoju. Niemal 14-20% z nich umiera w pierwszym tygodniu. Około 25% z nich rodzi się z wadami serca, 30-50% poddawanych jest operacji kardiologicznej w pierwszym okresie życia. Około 200 000 ciężko choruje się poronieniem. Prawdopodobieństwo urodzenia chorego dziecka jest wprost proporcjonalne do tego, ile kobieta wypija od momentu poczęcia [11].

Nie jest prawdą, że alkohol likwiduje stres. WHO oraz uczeni jedno-

znacznie zaliczają alkohol do grupy depresantów, tak więc to mit, że alkohol usuwa stres. Alkohol, tak jak i inne depresanty, barbiturany i anestetyki, opiaty, blokuje system nerwowy i właśnie dlatego przeważająca liczba samobójstw owocujących zejściem śmiertelnym dokonywana jest w stanie upojenia alkoholowego [11].

mgr inż. Łukasz A. Głowczyński

Zespół Szkół nr 8, Rzeszów

dr hab. inż. Przemysław T. Sanecki,

prof. Politechniki Rzeszowskiej,

dr inż. Piotr M. Skitał

Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemiczny

### Literatura:

- [1] E. Chrostek „Biochemia szampańskiej zabawy” Uniwersytet Jagielloński, Zakład Biofizyki Obliczeniowej i Bioinformatyki, Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii, art. dostępny na stronie: <http://bioinfo.mol.uj.edu.pl/articles/Chrostek07>
- [2] Ustawa z dnia 26 października 1982 r. O wychowaniu w trzeźwości i przeciwdziałaniu alkoholizmowi Dz.U. 1982 Nr 35 poz. 230, z późniejszymi zmianami.
- [3] K. Kumański, A. Kamińska „Różne drogi metaboliczne alkoholu etylowego w tkankach” *KOSMOS – problemy nauk biologicznych*, Nr 1 (294), t.61, str. 29–35, 2012
- [4] Film „Alkoholowy terror przeciw Rosji” – wykład W. G. Żdanowa. Doskonały, ze wszelkich miar godny polecenia. Zrobiony fachowo, także od strony medycyny i fizjologii, socjologii i psychologii społecznej. Wątpliwiej wartości wątki polityczne należy odrzucić. Jego walorem jest charyzma wykładowcy. Przekaz sugestywny, z zrobionym wyraźnym poczuciem misji. Odwołujemy się tu do rosyjskich filmów, ponieważ nie ma polskich odpowiedników, wystarczy jednak na miejsce słowa Rosja wstawić Polska i wszystko się zgadza. Film-wykład prof. Żdanowa jest dostępny na stronie: <https://www.youtube.com/watch?v=d-CARkS0zKY> Są polskie napisy pochodzące z You Tube lub „wtopione”.
- [5] G. Weigel „Badanie żywej kropli krwi w ciemnym polu widzenia wg Enderleina. Praktyczny przewodnik.” ENSO Electronics, Warszawa 2012
- [6] Zdjęcie pochodzi ze strony internetowej Centrum Medycyny Naturalnej „MEDAM” <http://www.centrum-medam.pl/list/badaniekroplikrw.html>
- [7] Zdjęcie pochodzi ze strony internetowej firmy REVITUM: <http://revitum.pl/mikroskop/>
- [8] B. T. Woronowicz „Jak alkohol wpływa na organizm?” artykuł dostępny na stronie: <http://alkoholizm.akcjasos.pl/7.php>
- [9] M. Krawentek *Zgubne skutki picia wódki* Zakład Biofizyki Obliczeniowej i Bioinformatyki, Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, artykuł dostępny na stronie: <http://morawica.com.pl/alkohol/wplywnaorganizm.html>
- [10] W. Jelski, B. Grochowska-Skiba, M. Szmítkowski „Dehydrogenaza alkoholowa i metabolizm alkoholu etylowego w mózgu” *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2007; 61: 226-230.
- [11] Film pt.: „Wódka-technologie rozpijania ludzi”. <https://ussw.wordpress.com/alkoholowy-terror/> Kolejny rosyjski film, godny polecenia, wobec braku polskich odpowiedników. Uwagi podobne jak przy odnośniku [4] czyli wykładzie prof. W.G. Żdanowa.
- [12] J. Moskalewicz „Problemy zdrowia prokreacyjnego związane z konsumpcją alkoholu”, *Alkoholizm i Narkomania* 2007, Tom 20: nr 1, 55-63.
- [13] M. Wnuk „Struktura spożycia alkoholu w Polsce w ujęciu historycznym”, *Problemy Higieny i Epidemiologii* 2013, 94(3) 446-450.
- [14] W. Ferfecki „Rośnie spożycie alkoholu w Polsce”, *Rzeczpospolita*, 23.10.2014, link do artykułu: <http://www.rp.pl/artykul/1151239.html>
- [15] T. Mach, A. Cieśla „Alkoholowe choroby wątroby”, *Portal Medycyna Praktyczna*, artykuł dostępny na stronie: <http://gastrologia.mp.pl/choroby/watroba/50966,alkoholowe-choroby-watroby>
- [16] „Alcohol alert” National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism No. 35; PH 371 January 1997, art. dostępny na stronie: <http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/aa35.htm> (tłum. Magdalena Ślósarska: Alkohol i Nauka Nr 4, 1999. Link: <http://www.psychologia.edu.pl/czytelnia/51-alkohol-i-nauka/255-metabolizm-alkoholu.html>)
- [17] Film pt.: „Alkohol – informacja dla przyszłej matki i ojca”: [https://www.youtube.com/watch?v=m4G2yBxv\\_HI](https://www.youtube.com/watch?v=m4G2yBxv_HI) Kolejny, mocny i przekonujący rosyjski film edukacyjny. Doskonały przekaz, sugestywne osobowości. Godny polecenia, wobec braku polskich odpowiedników.

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

## (NIE)BEZPIECZNY PRZEŁOM W BIOTECHNOLOGII

Nowoczesne metody sekwencjonowania DNA to prawdziwy przełom w historii biotechnologii molekularnej i inżynierii genetycznej. Jednak każde rewolucje w nauce przynoszą spory i rozważania o charakterze etycznym.

Szkolny eksperyment ilościowy  
– pomiary kolorymetryczne

Moda na młody i atrakcyjny wygląd osiąga w ostatnich latach swe apogeum.

# Węglowodany w kosmetologii

Aneta Kołaczek

**W**ęglowodany stanowią obszerną i różnorodną grupę związków organicznych, mających charakter wielowodorotlenowych aldehydów i ketonów oraz ich pochodnych. Z punktu widzenia biologii stanowią podstawowy materiał energetyczny komórki, materiał zapasowy, są składnikami budulcowymi, nadającymi kształt i właściwości mechaniczne komórkom roślinnym i zwierzęcym. Węglowodany są również czynnikami rozpoznawania komórkowego, przykładem są antygeny grup krwi. Rośliny potrafią syntetyzować cukry proste w procesie fotosyntezy, wykorzystując dwutlenek węgla i wodę, natomiast pozostałe organizmy czerpią węglowodany z pożywienia [1]. Znalazły zastosowanie w przemyśle spożywczym, cukiernictwie, przemyśle włókienniczym, opakowaniowym, do produkcji biodegradowalnych opakowań i folii, w farmacji, i medycynie. Przemysł kosmetyczny wykorzystuje sacharydy jako surowce, zarówno aktywne, przyczyniające się do poprawy stanu skóry, jak i funkcjonalne, warunkujące odpowiednią lepkość, stabilność, konsystencję produktów.

## Klasyfikacja i właściwości chemiczne

Monosacharydy, czyli cukry proste dzieli się na dwie grupy: aldozy, czyli wielowodorotlenowe aldehydy oraz ketozy – wielowodorotlenowe ketony. Aldozy o 3, 4, 5 lub 6 atomach węgla w cząsteczce to: trioza, tetroza, pentoza, heksoza. Nazwy podstawowe dla ketoz o 4, 5, 6 lub 7 atomach to: tetuloza, pentuloza, heksuloza, heptuloza. Monosacharydy jako związki optycznie czynne sklasyfikować można w dwa szeregi D i L, które biorą początek od odpowiednich enancjomerów aldehydu glicerynowego. Cukry złożone zbudowane są z dwóch (disacharydy) lub więcej jednostek cukrów prostych połączonych ze sobą wiązaniami glikozydowymi (oligosacharydy i polisacharydy). Poza wspomnianymi związkami istnieje bardzo liczna grupa związków będących pochodnymi węglowodanów. Należą do nich **deoksycukry** – węglowodany, w cząsteczkach których brakuje jednego atomu tlenu, ponieważ jedna grupa –OH jest zastąpiona atomem wodoru –H. Z kolei w cząsteczkach **aminocukrów** jedna z grup –OH jest zastąpiona grupą –NH<sub>2</sub>.

Przed rozpatrzeniem możliwości zastosowań cukrów w przemyśle kosmetycznym warto usystematyzować

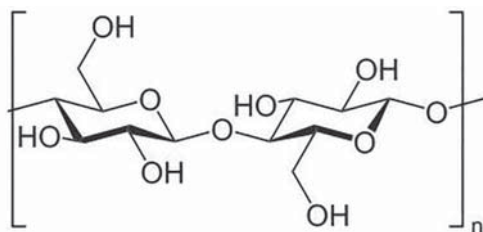


kilka charakterystycznych dla nich pojęć. **Projekcja Fischera** to metoda opisu, która umożliwia przedstawienie stereochemii węglowodanów. W projekcji Fischera węgiel tetraedryczny przedstawiony jest za pomocą dwóch skrzyżowanych linii, z których pozioma odpowiada wiązaniom wychodzącym przed płaszczyznę, a linia pionowa wskazuje wiązania wchodzące za płaszczyznę. D-cukry, skręcające płaszczyznę polaryzacji światła w prawo, w projekcji Fischera mają w cząsteczkach grupę hydroksylową położoną przy centrum stereogenicznym najbardziej oddalonym od grupy karbonylowej, skierowaną w prawo, a w przypadku L-cukrów jest odwrotnie – w lewo. Cukry D i L są enancjomerami i różnią się konfiguracją na wszystkich centrach stereogenicznych. W cząsteczkach cukrowców występują zarówno grupy karbonylowe, jak i hydroksylowe, możliwa jest więc wewnątrzcząsteczkowa addycja nukleofilowa i utworzenie cyklicznego hemiacetalu – mówi się wówczas o formie furanozowej i piranozowej. **Projekcja Hawortha** powstaje w wyniku obrócenia wzoru Fischera w prawo o 90°, przy czym grupy –OH, znajdujące się poniżej szkieletu węglowego umiejscowione zostają poniżej powierzchni pierścienia we wzorze Hawortha, a grupy –OH, które znajdowały się nad szkieletem węglowym we wzorze Fischera, zajmą we wzorze Hawortha pozycje nad płaszczyzną pierścienia. Jeżeli grupa –OH przy anomerycznym atomie C znajduje się pod płaszczyzną pierścienia, mówimy o anomerze α, a jeżeli nad płaszczyzną – o anomerze β. Cyklizacji monosacharydów towarzyszy powstanie nowego centrum

stereogenicznego na atomie węgla, który był wcześniej atomem karbonylowym, określanego jako centrum anomeryczne. Cukry redukujące to te, które będą redukowały odczynnik Fehlinga, Benedicta i Tollensa i należą do nich wszystkie monosacharydy, a także większość disacharydów, przy czym sacharoza stanowi wyjątek jako dwucukier nieredukujący.

## Węglowodany jako składniki funkcjonalne kosmetyków

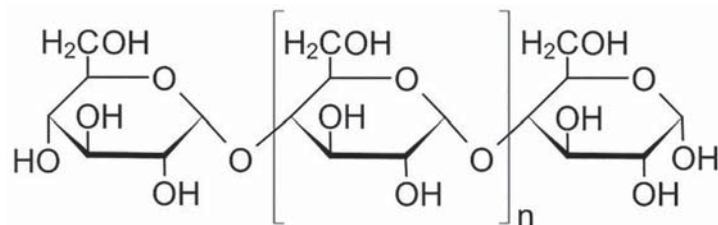
**Celuloza** (Rys. 1.) zbudowana jest z jednostek D-glukozy połączonych za pomocą wiązania 1,4- $\beta$ -glikozydowego i stanowi materiał budulcowy u roślin. W przemyśle kosmetycznym stosuje się celulozę mikrokryształiczną (wg. Międzynarodowego Nazewnictwa Składników Kosmetycznych INCI: *Microcrystalline Cellulose*) oraz jej pochodne: metylową, etylową, karboksymetylową [2]. Celuloza mikrokryształiczna wykorzystywana jest jako zagęstnik w emulsjach, kosmetykach myjących, pastach do zębów, a zdyspergowana w wodzie tworzy przestrzenną trójwymiarową strukturę, która nadaje kosmetykom wrażenie gładkości, zapewnia efekt matujący, nie pozostawiając przy tym odczucia lepkości. Octan celulozy, tradycyjnie wykorzystywany do produkcji sztucznego jedwabiu, sprawdza się jako materiał peelingujący w peelingach do twarzy i ciała, polecany jest także jako „zielona” alternatywa dla polietylenu.



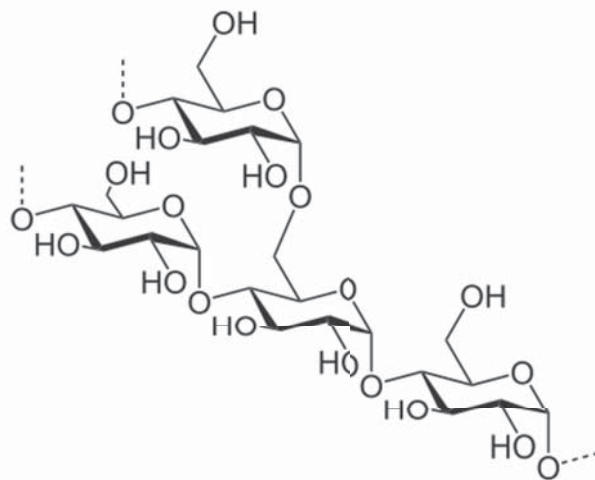
Ryc. 1. Fragment łańcucha celulozy (źródło: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Cellulose\\_Sessel.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Cellulose_Sessel.svg))

**Skrobia** zbudowana jest z frakcji nierozpuszczalnej w zimnej wodzie (ale rozpuszczalnej w wodzie gorącej) – amylozy (Rys. 2) i frakcji rozpuszczalnej w zimnej wodzie po zdyspergowaniu – amylopektyny (Rys. 3). W skład amylozy wchodzi 250-300 cząsteczek glukopiranozy, amylopektyna natomiast składa się z 9000 do 10000 cząsteczek glukopiranozy [3]. Skrobię izoluje się z ziemniaków, ryżu czy kukurydzy poprzez mechaniczne wyplukanie z miazgi, dekantacje i osuszenie [3]. Ze względu na właściwości kryjące, adhezyjne, zdolność pochłaniania wilgoci znalazła zastosowanie w produkcji pudrów i zasypek dla dzieci, cieni do powiek, róży, podkładów oraz popularnych ostatnio suchych szamponów, gdzie jej zadanie polega na wchłanianiu nadmiaru sebum ze skóry głowy.

Surfaktanty lub inaczej – związki powierzchniowo czynne, zbudowane są z dwóch elementów strukturalnych: części hydrofobowej oraz hydrofilowej. Część hydrofobowa, niepolarna wykazuje powinowactwo do olejów



Ryc. 2. Struktura amylozy (źródło: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Amylose.svg>)



Ryc. 3. Struktura amylopektyny (źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Skrobia#/media/File:Amylopektin\\_Sessel.svg](https://pl.wikipedia.org/wiki/Skrobia#/media/File:Amylopektin_Sessel.svg))

jest to najczęściej alifatyczny łańcuch węglowodorowy zawierający od 8 do 18 atomów węgla. Część hydrofilowa jest rozpuszczalna w wodzie i najczęściej jest nią reszta kwasowa  $-\text{COOH}$ , grupa siarczanowa  $-\text{O}-\text{SO}_3\text{H}$ , lub fosforanowa  $-\text{O}-\text{PO}(\text{OH})_2$  [4]. Surfaktanty można podzielić dwojako – ze względu na funkcję, jaką pełnią w kosmetykach i produktach chemii gospodarczej (jako emulgatory, solubilizatory, detergenty, środki zwilżające, środki pianotwórcze) oraz ze względu na zdolność polarnej części związku do dysocjacji w roztworach wodnych [4]. Uwzględniając drugie kryterium wyróżnia się związki jonowe i niejonowe, przy czym związki jonowe dzielą się dalej na kationowe (gdy aktywność powierzchniową wykazuje kation), anionowe (gdy częścią aktywną jest anion) i amfoteryczne [4]. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na produkty przyjazne środowisku i biodegradowalne, przemysł kosmetyczny poszukuje coraz to nowszych surowców, które spełniałyby zasady zielonej chemii. Do takich związków należą **surfaktanty cukrowe**, spośród których najczęściej stosowane są alkilopoliglukozydy. W przypadku surfaktantów cukrowych polarną częścią cząsteczki jest fragment cukrowy, będący cukrem prostym, dwucukrem lub wielocukrem, natomiast część niepolarną stanowi łańcuch alkilowy. Oba fragmenty połączone są wiązaniami aminowymi, estrowymi, eterowymi lub amidowymi [4]. Alkilopoliglukozydy, do których zaliczają się m.in. *Lauryl Glucoside*, *Coco Glucoside* i *Decyl Glucoside* są biodegradowalne i nisko toksyczne, łagodne



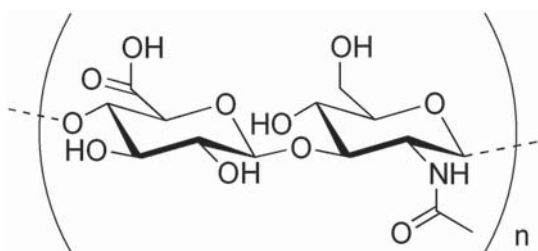
dla skóry i włosów, dobrze się pienią i mogą być łączone w recepturze kosmetyku z innymi detergentami [5].

## Węglowodany jako składniki aktywne

**Glukoza**, zwana także cukrem gronowym, otrzymywana jest w wyniku hydrolizy skrobi. Wchodzi w skład naturalnego czynnika nawilżającego skóry (*Natural Moisturising Factor*, NMF), mającego kluczowe znaczenie dla prawidłowego jej nawilżenia. Związek ten znalazł zastosowanie w kosmetykach do włosów, ponieważ zapobiega ich przesuszaniu i rozdławianiu końcówek.

**Glikozaminoglikany** to heteropolisacharydy zbudowane z powtarzających się jednostek dwucukrowych, składających się z reszt N-acetylowanej heksozoaminy oraz reszt kwasu heksuronowego [6]. Wyróżnia się siedem typów glikozaminoglikanów: siarczan chondroityny-4 i siarczan chondroityny-6, siarczan dermatanu, siarczan keratanu, siarczan heparanu, heparynę i najbardziej popularny w kosmologii – kwas hialuronowy [7].

**Kwas hialuronowy** (Rys. 4) zbudowany z cząsteczek kwasu glukuronowego i acetylowanej amino glukozy, połączonych naprzemiennie wiązaniami:  $\beta$ -1,4 i  $\beta$ -1,3-glikozydowym. W organizmie człowieka 56% całkowitej zawartości kwasu hialuronowego przypada na skórę, a poza tym jest on składnikiem płynu łzowego, płynu maziowego stawów oraz chrząstki szklistej [8]. Od dobrych kilku lat, w postaci soli sodowej (hialuronianu sodu) stanowi on nieodzowny składnik kremów, w których odpowiada za prawidłowe nawilżenie naskórka. Dawniej kwas hialuronowy otrzymywany był z grzebieni kogucich, obecnie wytwarza się go głównie biotechnologicznie.



Rys. 4. Struktura kwasu hialuronowego (źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kwas\\_hialuronowy#/media/File:Hyaluronan.png](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kwas_hialuronowy#/media/File:Hyaluronan.png))

**Dihydroksyacetone** to trójwęglowy cukier redukujący, zaliczany do grupy ketotrioz, mający postać białego proszku i wykazujący słodki smak [9]. Dla potrzeb przemysłu kosmetycznego i farmaceutycznego otrzymywany jest biotechnologicznie na drodze utleniania glicerolu z zastosowaniem odpowiednich szczepów bakterii, w wyniku kondensacji glicerolu z węglanem wapnia, bądź też katalizy utleniania glicerolu [9]. Wykorzystywany jest w kremach i balsamach brązujących skórę i stanowi sposób na opaleniznę bez konieczności wychodzenia na słońce. Sekret działania DHA na skórę jest oparty na reakcji Maillarda. Reakcja pomiędzy wolną grupą aminową amino-

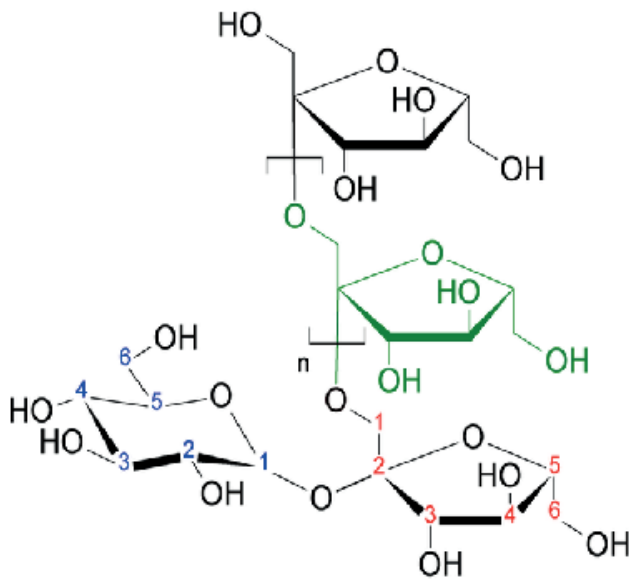


Rys. 5. Owies *Avena sativa* jest jednym ze źródeł  $\beta$ -glukanu (źródło: <http://czuwaj.eu/wp-content/uploads/2013/04/%C5%82an-owska.jpeg>)

kwasu a grupą karbonylową cukru redukującego prowadzi do zasady Schiffa, z której w następnym etapie otrzymuje się produkty Heynsa, a te ulegają dalszym przekształceniom, w wyniku których powstają melanoidyny, odpowiedzialne za brązowy odcień skóry [9]. Warto w tym miejscu wspomnieć, że zasady Schiffa, czyli produkty kondensacji związków karbonylowych i amin pierwszorzędowych wykazują różnorodną aktywność biologiczną: działanie antybakteryjne, przeciwgrzybicze, antywirusowe, przeciwmalaryczne, a niektóre pochodne badano także pod kątem właściwości antynowotworowych [10]. Mankamentem stosowania DHA jest charakterystyczny zapach, jaki pozostaje na skórze, a także – jak podają niektóre źródła, przekształcanie, pod wpływem słońca, DHA obecnego w skórze w bardzo reaktywne wolne rodniki. Dla rozwiązania tych problemów do produktów kosmetycznych dodaje się antyoksydanty, a sam DHA zamyka się w liposomach [9].

Polisacharyd występujący w źdźbłach zbóż, owsa, pszenicy, jęczmienia, w grzybach i drożdżach to  $\beta$ -glukan, zbudowany z reszt D-glukopiranozowych, połączonych za pomocą dwóch wiązań  $\beta$ -(1,3-) i  $\beta$ -(1,4-) lub  $\beta$ -(1,3-) i  $\beta$ -(1,6-) i stanowiący rozpuszczalną frakcję błonnika pokarmowego [11]. Związek ten jest ceniony przez dietetyków i lekarzy ze względu na zdolność obniżania poziomu cholesterolu, wspomaganie leczenia wrzodów i stanów zapalnych błony śluzowej żołądka, a także otyłości [12]. Jest także składnikiem preparatów farmaceutycznych pobudzających system odpornościowy. W kosmetyce stosuje się go ze względu na efekt łagodzenia podrażnień skóry, zaczerwienień, działanie nawilżające i wygładzające. Ponadto  $\beta$ -glukan nabłyszczcza, wzmacnia i zmniejsza łamliwość włosów [13].

**Inulina** (Ryc. 6.) zaliczana jest do fruktanów i tworzy nierozgałęziony łańcuch cząsteczek  $\beta$ -D-fruktozy połączonych wiązaniem  $\beta$ -2,1-glikozydowym. Jedną terminalną cząsteczką glukozy przyłączona jest wiązaniem  $\beta$ -1,2-glikozydowym [14]. W skład łańcucha wchodzi



Ryc. 6. Struktura inuliny (źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Inulina#/media/File:Inulin\\_strukturformel.png](https://pl.wikipedia.org/wiki/Inulina#/media/File:Inulin_strukturformel.png))

od 2 do 50 cząsteczek. Pozyskuje się ją z materiału roślinnego poprzez ekstrakcję wodną, wspomaganą mikrofalami lub ultradźwiękami [14]. U roślin jest materiałem zapasowym, a także chroni roślinę przed przesuszeniem i przechłodzeniem. Wykazuje działanie hipoglikemiczne, prebiotyczne, obniża poziom cholesterolu. Znalazła zastosowanie w przemyśle spożywczym jako środek żelujący i stabilizujący, stosuje się ją też jako substytut cukrów i tłuszczu, np. przy produkcji lodów i deserów. Przemysł kosmetyczny wykorzystuje inulinę do stabilizacji emulsji oraz jako składnik pudrów i zasypek. Inulina, podobnie jak inne fruktany, może być stosowana w szamponach do włosów jako przyjazny środowisku, biogedradawalny środek powierzchniowo czynny [15]. Wykorzystuje się ją w kremach do cery wrażliwej, kremach odżywczych i nawilżających, kosmetykach przeciwtrądzikowych i łagodzących podrażnienia.

Często spotykana w składzie kremów nawilżających do twarzy **trehaloza** jest dwucukrem złożonym z dwóch cząsteczek połączonych wiązaniem  $\alpha$ -1,1-glikozydowym. Trehaloza zapewnia integralność błon biologicznych, hamuje degradację nienasyconych kwasów tłuszczowych, akumulacja trehalozy to mechanizm obronny bakterii, grzybów i bezkręgowców przed szkodliwym wpływem środowiska zewnętrznego [16].

## Niekorzystna glikacja

Moda na młody i atrakcyjny wygląd osiąga w ostatnich latach swe apogeum, a dermatolodzy, biotechnolodzy i kosmetykolodzy badają coraz to nowsze rozwiązania prowadzące do zachowania młodego i zdrowego wyglądu skóry. Mówi się ostatnio dużo na temat glikacji, prowadzącej do nasilenia oznak starzenia. Glikacja jest procesem polegającym na nieenzymatycznym przyłączaniu się glukozy do pierwszorzędowej wolnej grupy aminowej terminalne-

go aminokwasu w białku [17]. Reakcja między glukozą a ważnym białkiem skóry – kolagenem prowadzi do powstawania wiązań krzyżowych między włóknami kolagenu, przyczyniających się do zeszczywnienia białka [17, 10]. Kolagen staje się mniej rozciągliwy, a przez to skóra traci swą jędrność i elastyczność [10]. Początkowy etap glikacji to odwracalna reakcja pomiędzy grupą karbonylową cukru a pierwszorzędową grupą aminową białka, w wyniku reakcji powstaje zasada Schiffa (aldimina) i następuje eliminacja cząsteczki wody [18]. Reakcję tę można odwrócić poprzez obniżenie stężenia glukozy [17]. W ciągu następnych kilku tygodni, w następstwie wewnątrzcząsteczkowego przegrupowania, z zasady Schiffa powstaje produkt reakcji Amadoriego – ketoamina [18]. Sacharoza, którą spożywamy codziennie, w organizmie przekształcana jest do glukozy i fruktozy, które obie mogą uczestniczyć w reakcjach glikacji, przy czym fruktoza wchodzi w reakcje szybciej niż glukoza. Warto zatem pamiętać, że dieta bogata w cukry prowadzi nie tylko do otyłości i cukrzycy, ale też wpływa niekorzystnie na zdrowie i urodę skóry.

Podsumowując, węglowodany znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle kosmetycznym jako surowce funkcjonalne, warunkujące lepkość, stabilność i właściwości aplikacyjne kosmetyków.

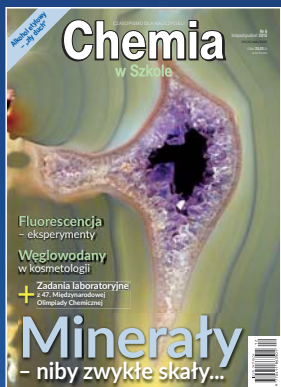
mgr Aneta Kołaczek

Technolog kosmetyków

Jean Vidal Polska

## Literatura:

- [1] Balcerzyk A.: *Biologia. Repetytorium dla maturzystów i kandydatów na wyższe uczelnie*, WSiP, Warszawa 2005
- [2] Sikora M.: *Modyfikator reologii – istotnego parametru wyrobów kosmetycznych* <http://chemical.pl/artykuly/chemical-review/6723/modyfikator-reologii-8211-istotnego-parametru-wyrobow-kosmetycznych.html>
- [3] Molski M.: *Chemia piękna*, Poznań 2013
- [4] Michocka K.: *Otrzymywanie i właściwości użytkowe nowych surfaktantów z ugrupowaniem cukrowym*, Praca doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, 2012
- [5] Sikora M.: *Związki powierzchniowo czynne w kosmetykach bezpieczeństwo i funkcjonalność* <http://chemical.pl/artykuly/chemical-review/6371/zwiazki-powierzchniowo-czynne-w-kosmetykach-8211-bezpieczenstwo-i-funkcjonalnosc.html>
- [6] Sufletta A., Mazur-Zielińska H.: *Glikozaminoglikany, budowa, właściwości biochemiczne i znaczenie kliniczne*, *Ann.Acad.Med.Siles.* 2010, 64, 5-6, 64-68
- [7] Praca zbiorowa pod red. G. Schroeder: *Nanotechnologia, kosmetyki, chemia supramolekularna*, Cursivia 2014 [http://www.supra.amu.edu.pl/files/monographs/nanotechnologia\\_kosmetyki\\_chemia\\_supramolekularna.pdf](http://www.supra.amu.edu.pl/files/monographs/nanotechnologia_kosmetyki_chemia_supramolekularna.pdf)
- [8] Przyłipiak A.: *Podstawy medycyny estetycznej*, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Białystok 2014
- [9] Ratz-Lyko A., *Dihydroksyaceton jako alternatywa dla tradycyjnego opalania aethetica*. [http://clients/25/files/files/AE\\_04\\_44-48.pdf](http://clients/25/files/files/AE_04_44-48.pdf)
- [10] Astié S.: *Składniki hamujące starzenie się włókien skóry* cz.3, *Cabines*, nr 71, 2015
- [11] Krupińska P., Zegan M.:  $\beta$ -glukan wybrane korzyści zdrowotne ze szczególnym uwzględnieniem jego wpływu na gospodarkę lipidową, *BROMAT. CHEM. TOKSYKOL.* – XLVI, 2013, 2, str. 162 – 170
- [12] Gibiński M.:  $\beta$ -glukany owsa jako składnik żywności funkcjonalnej, *ZYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 2 (57), 15 – 29
- [13] [http://www.avenacare.com/Documents/Avenacare%20Brochure\\_Tate%20Lyle\\_Nov13\\_LowRes.pdf](http://www.avenacare.com/Documents/Avenacare%20Brochure_Tate%20Lyle_Nov13_LowRes.pdf)
- [14] Inulina, źródła, metabolizm i znaczenie użytkowe: [http://www.researchgate.net/publication/264039705\\_Inulina\\_jako\\_produkty\\_spozywczy\\_paszowy\\_farmaceutyczny\\_kosmetyczny\\_i\\_energetyczny](http://www.researchgate.net/publication/264039705_Inulina_jako_produkty_spozywczy_paszowy_farmaceutyczny_kosmetyczny_i_energetyczny)
- [15] Chyc M., Ogonowski J.: *Słonecznik bulwiasty źródłem cennych surowców dla przemysłu, szczególnie spożywczego, kosmetycznego i farmaceutycznego*, *Wiadomości Chemiczne*, 2014, 68, 7-8
- [16] Wolska-Mitaszko B., Molestak E.: *Metabolizm trehalozy u roślin*, *Postępy Biologii Komórki*, Tom 32, 2005, nr 2 (181-194)
- [17] Jabłońska-Trypuc A., Czerpak R.: *Rola nieenzymatycznej glikozylacji białek w procesach starzenia organizmu i patogenezie chorób wieku podeszłego*, *Postępy Biologii Komórki*, tom 34, 2007, nr 4, (683-693)
- [18] Warwas M., Piwowar A., Kopiec G.: *Zaawansowane produkty glikacji (AGE) w organizmie – powstawanie, losy, interakcja z receptorami i jej następstwa*, *Farm Pol*, 2010, 66(8): 585-590



# Droga na szczyt! Prenumerata 2016

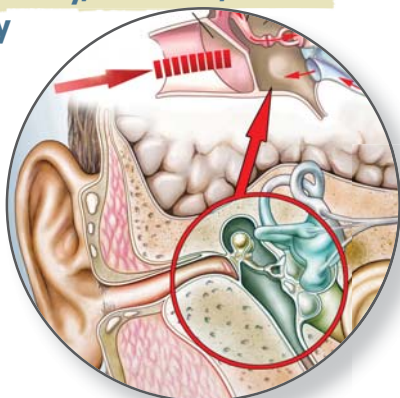
[www.aspress.com.pl/prenumerata-2016/](http://www.aspress.com.pl/prenumerata-2016/)



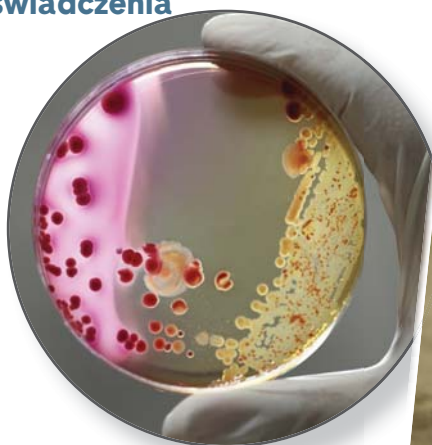
**Nowy tytuł**  
od stycznia 2016

# Nowy tytuł w prenumeracie 2016

Schematy, zadania,  
testy



Eksperymenty, ćwiczenia,  
doświadczenia



Różnorodność biologiczna,  
organizmy, ewolucja



Człowiek, środowisko



**Zamów już teraz!**  
[www.aspress.com.pl/prenumerata-biologia/](http://www.aspress.com.pl/prenumerata-biologia/)  
Tel. 606 201 244



Genetyka, biotechnologia



Ekologia, zdrowie

