

# Chemia w małej skali w praktyce szkolnej

Efektywne nauczanie chemii w szkole na podstawie szkolnego eksperymentu chemicznego jest rzeczą konieczną i głęboko uzasadnioną dydaktycznie [1, 2]. Praktyka wykazuje, że nie powinno się nauczać chemii bez stosowania doświadczeń chemicznych i eksponowania praktycznej strony tego przedmiotu.

■ ALEKSANDER KAZUBSKI

Przeprowadzanie doświadczeń na lekcjach chemii nieodłącznie wiąże się z realnymi zagrożeniami oraz z problemem utylizacji mieszanin poreakcyjnych. Coraz częściej są to elementy, które skłaniają wielu nauczycieli do rezygnacji z eksperymentów na lekcjach przyrody i chemii. Podwyższenie bezpieczeństwa na lekcjach i zmniejszenie ilości odpadów poreakcyjnych jest realne, jeśli zredukujemy skalę doświadczeń. Jedną z możliwych do zastosowania w tym przypadku technik jest wykonywanie doświadczeń chemicznych w małej skali. Ogólnie rzecz ujmując, technika ta dotyczy przeprowadzania eksperymentów chemicznych z wykorzystaniem małych ilości substancji stałych (kilkadziesiąt do kilkuset mg) oraz niewielkich objętości cieczy (do ok. 1 cm<sup>3</sup>).

Redukcja skali wymaga zmodyfikowania sposobu wykonywania doświadczeń i zastosowania odpowiedniego, często nietradycyjnego wyposażenia oraz specjalnych instrukcji wykonywania eksperymentu. Czasami przy przeprowadzaniu bardziej zaawansowanych doświadczeń bazuje się na technikach wypracowanych w mikrobiologii.

Idea prowadzenia doświadczeń chemicznych i nauczania na podstawie doświadczeń chemicznych wykonywanych w małej skali (*Small-Scale Chemistry* – SSC

lub *Microscale Chemistry Experimentation* – MCE) pojawiła się około 30 lat temu [3]. Do dzisiaj ta technika doczekała się różnych rozwiązań i zastosowań. Stosowano ją między innymi do nauczania chemii w dziesiątkach rozwijających się krajów (program „UNESCO/IUPAC – CTC Global Program in Microchemistry”). Z powodzeniem wykorzystuje się ją do nauczania chemii na różnych poziomach, w tym również uniwersyteckim, przede wszystkim w USA [3]. O dużym znaczeniu tej techniki w nauczaniu może świadczyć fakt pojawienia się w czasopiśmie *Journal of Chemical Education* w dziale „In the laboratory” podrozdziału „The microscale laboratory”.

Do niewątpliwych zalet stosowania tej techniki w nauczaniu chemii należą:

- zwiększenie bezpieczeństwa eksperymentu,
- znaczne zmniejszenie ilości odpadów poreakcyjnych,
- możliwość wykonywania doświadczeń chemicznych nawet w bardzo słabo wyposażonej szkole,
- indywidualizacja wykonywania doświadczeń i podwyższanie motywacji uczniów,
- skrócenie czasu realizacji doświadczeń, co pozwala na bardziej wnikliwe przedyskutowanie obserwacji, wniosków i teorii związanej z eksperymentami,

- możliwość wykonania większej liczby eksperymentów podczas realizacji jednostki metodycznej,
- wykonywanie eksperymentów niemożliwych do przeprowadzenia na lekcji metodami tradycyjnymi w standardowej szkolnej skali,
- łatwe i szybkie przygotowanie doświadczeń,
- korzyści ekonomiczne – ogólna obniżka kosztów reagentów i wyposażenia.

Gotowe zestawy laboratoryjne do tej techniki (*Small-Scale Chemistry Kits, Microchem Kits*) są osiągalne w różnych krajach. Przykładowe elementy zestawu firmy SOMERSET (Południowa Afryka) przedstawia fotografie od 1–3.

W prezentowanym zestawie reakcje chemiczne w roztworach, wiążące się z obserwowalnym wytrąceniem czy rozpuszczeniem osadów lub zmianą zabarwienia, wykonuje się w mniejszych otworach specjalnie przygotowanej płytki z tworzywa. Małe porcje odczynników dodaje się stosując plastikowe pipetki. Większe otwory w płytce służą między innymi do przeprowadzania reakcji chemicznych, w wyniku których wydzielą się np. gaz, odprowadzany z wykorzystaniem plastikowego koreczka połączonego z polietylenową rurką. Ogrzewanie wykonuje się stosując mikropalnik spirytusowy (Fot. 2), a do wykonania doświadczeń z elektrochemii służą odpowiednie elektrody (Fot. 2), z których jedna jest przedstawiona na zdjęciu.

Technika SSC praktycznie nie jest stosowana w nauczaniu chemii w Polsce. W przypadku szkół wiąże się to najprawdopodobniej ze słabym jej rozpropagowaniem i brakiem odpowiednich funduszy na zakupienie gotowych zestawów dla uczniów. Kolejną trudną do przezwyciężenia zaporą jest całkowicie błędne przekonanie wielu nauczycieli, że szkolne doświadczenia chemiczne należy wykonywać z udziałem takiego samego wyposażenia jak w laboratorium chemicznym i tych samych technik. Zapomina się przy tym, że chemia w wydaniu szkolnym jest przede

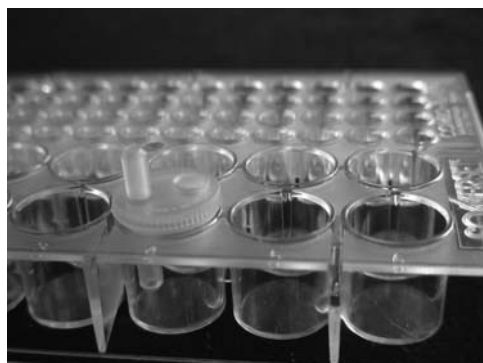
wszystkim nauką o materii i jej przemianach i w tym zakresie podstawowym obowiązkem uczącego jest zapoznavanie doświadczalnie uczniów z różnorodnymi podstawowymi reakcjami chemicznymi.



Fot. 1.



Fot. 2.



Fot. 3.

Pracownia Dydaktyki Chemii Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu zainteresowała się techniką chemii w małej skali (technika SSC), widząc jej niewątpliwe zalety i możliwości wykorzystania w nauczaniu chemii w Polsce na różnych poziomach. Zaczęła ją wprowadzać jako jeden z elementów przygotowywania studentów do przyszłej pracy w zawodzie nauczycielskim i doskonalenia nauczycieli na kursach i studiach podyplomowych. Opracowano i przetestowano **spójny system wyposażenia i szkła** umożliwiający wykonanie wielu doświadczeń z chemii w małej skali na różnych poziomach kształcenia.

Do najistotniejszych cech opracowanego systemu należą między innymi:

- nawiązanie do klasycznych rozwiązań, do których przyzwyczajeni są nauczyciele i uczniowie, np. poprzez przeprowadzanie większości reakcji chemicznych w naczyniach szklanych;
- eksperymenty w większości przypadków wykonują uczniowie samodzielnie lub w parach;
- uproszczenie wielu eksperymentów chemicznych, szczególnie szkolnych;
- wykorzystanie w znacznej skali drobnych przedmiotów użytku codziennego;
- możliwość skompletowania potrzebnego szkła i wyposażenia na polskim rynku i w polskich firmach, małym nakładem sił i środków.

Do grupy przedmiotów codziennego użytku wykorzystywanych w opracowanym systemie należą między innymi: *słomki do napojów, podgrzewacze, wężyki do kroplówek, małe strzykawki, buteleczki po penicylinie, patyczki do szaszłyków, wykałaczki, grafitowe wkłady do ołówek automatycznych, gumki recepturki, klamerki do bielizny, małe łyżeczki plastikowe, plastikowe mieszadła do napojów, kapsle metalowe od butelek, kuchenna folia aluminiowa, wata, sączi do kawy, plastikowe pojemniki po śmietance, sznurowadła, baterijki i ich elementy, pojedyncze kartki białego i czarnego papieru, świecące diody, przewody.*

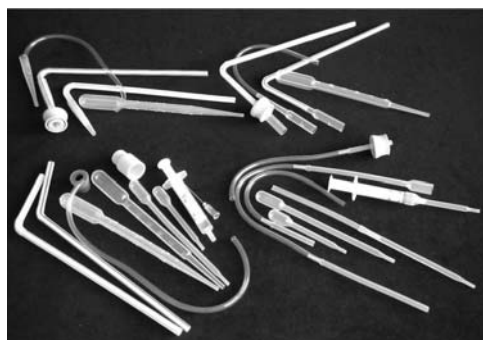
Do elementów możliwych do kupienia i skompletowania należą, między innymi: probówki szklane o dł. 8 cm i śr. 14 mm, płytki mikrotestowe, szalki Petriego o śr. 6 cm, pipety Pasteura z PE, korki gumowe



Fot. 4.



Fot. 5.



Fot. 6.

o średnicy 14 mm, małe statywy do probówek, łapki drewniane do probówek, kropłomierze LPDE o poj. 10 cm<sup>3</sup>, pudełeczka z PP na próby o poj. 25 cm<sup>3</sup>, małe pęsety, łopatki dentystyczne. Niektóre z przedmiotów codziennego użytku i elementy wyposażenia wchodzące w skład opracowanego systemu zostały przedstawione na fotografiach 4–6.

Wybrane podstawowe szkolne operacje laboratoryjne, możliwe do wykonania dzięki zastosowaniu przedstawionych wyżej elementów, można pogrupować następująco:

- Eksperymenty chemiczne wykonywane w probówkach, na szalkach Petriego lub na płytkach mikrottestowych, w zależności od rodzaju doświadczenia.
- Obserwacje, szczególnie w przypadku płytek mikrottestowych, poczynione na tle białej lub czarnej odpowiednio przyciętej kartki papieru.
- Ogrzewanie z zastosowaniem mikropalnika spirytusowego, wykonanego z butelczki po penicylinie, korka z otworem, rurki szklanej, sznurowadła i denaturatu lub z zastosowaniem podgrzewacza.
- Dozowanie rozcieńczonych roztworów za pomocą pipet polietylenowych Pasteura, kropłomierzy, małych strzykawk lub słomek do napojów.
- Dozowanie z zastosowaniem łopatki dentystycznej lub małej łyżeczki plastikowej; porcjowane odczynniki stałe przechowuje się w pudełeczkach z polipropylenu na próby.

Mieszanie roztworów wykonuje się poruszając probówką, a do mieszania substancji stałych oraz ciekłych i stałych stosuje się wykałaczki, patyczki od szaszłyków lub plastikowe mieszadła do napojów.

Nasadki na probówki służące do odprowadzania gazów i par konstruuje się z korków z otworem, do których wprowadza się odpowiednio przycięte elementy polietylenowych pipet Pasteura, połączone następnie z wężykami do kropłówek lub słomkami od napojów (Fot. 6).

Odpowiednio przycięte pipety Pasteura łączone ze sobą, ze strzykawkami czy słomkami od napojów i wężykami od kropłówek

stanowią elementy, za pomocą których można konstruować różnego rodzaju zestawy laboratoryjne (Fot. 6).

Wykorzystując wymienione wyżej elementy Pracownia Dydaktyki Chemii zaproponowała podstawowy szkolny zestaw uczniowski do chemii w małej skali, który testuje na zajęciach dydaktycznych (Fot. 7).



Fot. 7.

Jedynym nowym elementem w stosunku do wymienionych wyżej jest statyw do probówek wykonany z białego spienionego PCV przez warsztaty Wydziału Chemii UMK i odczynniki. Możliwy jest on do zastąpienia przez jakikolwiek inny statyw na probówkę.

Zadanie, które stawia sobie Pracownia Dydaktyki Chemii Wydziału Chemii UMK, to upowszechnienie techniki SSC wśród nauczycieli chemii na różnych poziomach kształcenia. Pierwsze próby zostały podjęte 8 września ubiegłego roku, kiedy to po raz pierwszy odbyły się warsztaty chemii w małej skali dla nauczycieli w ramach XIV Zjazdu Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych.

Poniżej przedstawiono kilka doświadczeń możliwych do wykonania techniką SSC. Opis doświadczeń nie jest pełny, gdyż nie zawiera wszystkich obserwacji korespondujących z celami doświadczeń, wniosków oraz zasad BHP. Opis doświadczeń został wzbogacony fotografiami używanych zestawów i efektów niektórych doświadczeń.

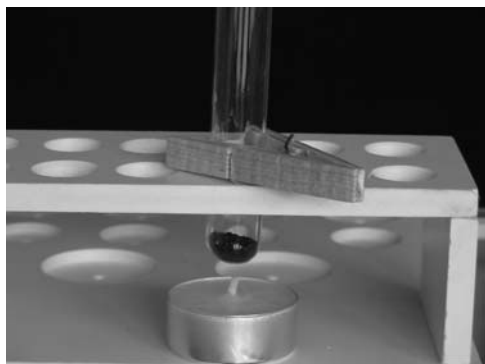
## Doświadczenie 1.

**Możliwe cele doświadczenia:** zapoznanie ze szkolną metodą otrzymywania tlenu; zapoznanie z właściwościami tlenu; wprowadzenie analizy jako typu reakcji; wprowadzenie pojęcia reakcji utleniania redukcji; zapoznanie z właściwościami manganianu(VII) potasu.

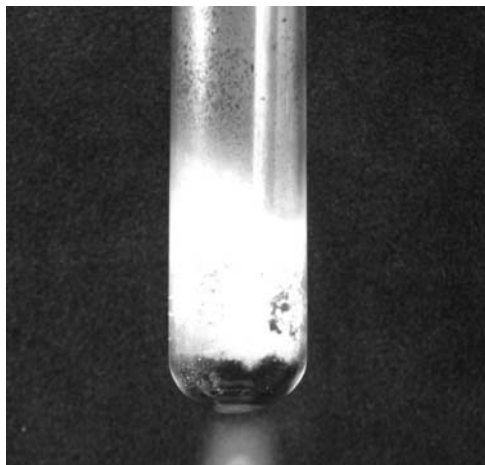
**Tytuł:** Ogrzewanie manganianu(VII) potasu.

**Sprzęt i odczynniki:** manganian(VII) potasu, probówka, patyczek od szaszłyków, podgrzewacz, klamerka lub drewniana łąпка do probówek, statyw na probówkę.

**Wykonanie** (Fot. 8): Do probówki nasypujemy niewielką ilość (dwie łąpatki dentystryczne, zawartość małej łąyczeczki plastikowej) manganianu(VII) potasu. Probówkę



Fot. 8.



Fot. 9.

umieszczamy w łąpce drewnianej lub na statywie, przytrzymujemy klamerką i ogrzewamy w płomieniu podgrzewacza. Po usłyszeniu lekkich trzasków wprowadzamy do probówki tłący się patyczek. Obserwujemy probówkę.

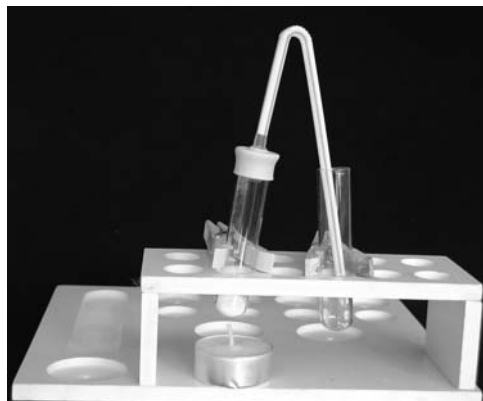
**Obserwacje** (Fot. 9): Tłący się tłączywo zapaliło się.

## Doświadczenie 2.

**Możliwe cele doświadczenia:** zapoznanie z działaniem proszku do pieczenia; wprowadzenie pojęcia reakcji rozkładu (analizy); zapoznanie z właściwościami wodorowęglanów; zapoznanie z wykrywaniem dwutlenku węgla; zapoznanie ze szkolną metodą otrzymywania czystego ditlenku węgla.

**Sprzęt i odczynniki:** wodorowęglan sodu (soda oczyszczona), dwie probówki, nasadka wykonana z korka z otworem, fragmentu pipety PE Pasteura i słomki do napojów, podgrzewacz, klamerka lub drewniana łąпка do probówek, statyw.

**Wykonanie** (Fot. 10): Do probówki nasypujemy niewielką ilość (zawartość małej łąyczeczki plastikowej) wodorowęglanu sodu (sody oczyszczonej). Probówkę zatykamy nasadką wykonaną z korka i fragmentu pipety Pasteura, połączoną ze słomką do napojów. W osobnej probówce umieszczamy wodę wapienną. Podgrzewamy probówkę z sodą oczyszczoną, zanurzając koniec słomki w wodzie wapiennej. Obserwujemy zawartość obu probówek.



Fot. 10.

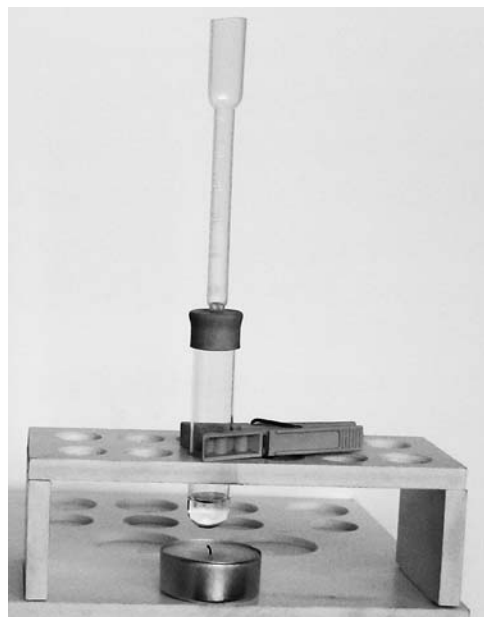
**Obserwacje** (Fot. 11): Na ściankach ogrzewanej probówki pojawiły się kropelki cieczy. Wydzielał się gaz bezbarwny, bezwonny, który powodował zmętnienie wody wapiennej.



Fot. 11.

### Doświadczenie 3.

**Możliwe cele doświadczenia:** zapoznanie z reakcją estryfikacji; wykazanie roli kwasu siarkowego(VI) w procesie estryfikacji; zapoznanie z właściwościami estrów.



Fot. 12.

**Sprzęt i odczynniki:** kwas benzenokarbonylowy (kw. benzoesowy), etanol (95,5%), stężony kwas siarkowy(VI), woda, probówka, nasadka z chłodniczką zwrotną wykonana z korka z otworem i obciętej PE pipety Pasteura, szalka Petriego, podgrzewacz, kłamerka lub łapka drewniana.

**Wykonanie** (Fot. 12): Do probówki nasypujemy niewielką ilość kwasu benzoesowego, dodajemy pipetą Pasteura ok. 1 cm<sup>3</sup> etanolu, ostrożnie wkraplamy 2 krople stężonego kwasu siarkowego(VI) i zatykamy probówkę nasadką z powietrzną polietylenową chłodniczką zwrotną. Ogrzewamy podgrzewaczem utrzymując zawartość probówki w stanie lekkiego wrzenia przez okres około 5 min. Po ochłodzeniu wylewamy ostrożnie zawartość probówki na szalkę Petriego, wypełnioną do około połowy wodą. Obserwujemy zawartość szalki i ostrożnie wąchamy.

**Obserwacje:** Po wylaniu na szalkę w wodzie pojawił się biały osad, a na powierzchni – kropelki cieczy o miłym zapachu.

### Doświadczenie 4.

**Możliwe cele doświadczenia:** wprowadzenie do elektrochemii; zapoznanie z pojęciem ogniwa galwanicznego; poznanie budowy ogniwa Volty; zapoznanie z procesami chemicznymi zachodzącymi przy elektrodach w ogniwie Volty; zapoznanie



Fot. 13.

z równaniami reakcji połówkowych; przewidywanie SEM ogniwa galwanicznego.

**Sprzęt i odczynniki:** rozcieńczony (stężenie ok.  $2 \text{ mol/dm}^3$ ) roztwór kwasu siarkowego(VI), elektrody: cynkowa i miedziana (Fot. 13) wykonane z blaszek cynkowej i miedzianej oraz z fragmentów PE pipet Pasteura, szalka Petriego, PE pipeta Pasteura, para kabelków zaopatrzonych w łączą krokodylkowe, elektryczny miernik uniwersalny.

**Wykonanie** (Fot. 14): Elektrody umieszczamy w szalce Petriego i łączymy kabelkami z miernikiem uniwersalnym. Wkraplamy roztwór kwasu siarkowego(VI) na szalkę i obserwujemy wskazania miernika oraz powierzchnie elektrod. Odłączamy miernik i powtórnie obserwujemy powierzchnie elektrod.

**Obserwacje** (Fot. 15): Po wkropleniu roztworu kwasu miernik wykazał obecność niewielkiego napięcia. Na powierzchni elektrody miedzianej pojawiły się bąbelki gazu. Po odłączeniu miernika bąbelki gazu zaczęły pojawiać się na powierzchni elektrody cynkowej.



Fot. 14.



Fot. 15.

## LITERATURA

- [1]. A. Burewicz, H. Gulińska: *Dydaktyka chemii*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Adama Mickiewicza, Poznań 2002.
- [2]. H. Gulińska: *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych*, tom nr 19 (3/2006), s. 25, Polskie Stowarzyszenie Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, Toruń 2006.
- [3]. Wikipedia. Encyklopedia internetowa.

dr **ALEKSANDER KAZUBSKI**

Pracownia Dydaktyki Chemii, Wydział Chemii,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika.