

## Łukasz Sporny i Dominika Panek

Pracownia Dydaktyki Chemii  
Centrum Chemii w Małej Skali  
Wydział Chemii  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
ul. J. Gagarina 7, 87-100 Toruń  
tel. 781 958 478  
email: e-chemia@umk.pl

# NIETYPOWY SPOSÓB EKSPERYMENTOWANIA W SZKOLNEJ PRACOWNI CHEMICZNEJ

## NON-STANDARD WAY TO CARRY OUT EXPERIMENTS IN SCHOOL LABORATORY

**Abstrakt:** Chemia w małej skali (SSC) to technika eksperymentowania stosująca niestandardowy sprzęt laboratoryjny oraz wykorzystująca niewielkie ilości odczynników laboratoryjnych. Technika ta oferuje wiele korzyści dla nauczycieli i uczniów - jest ona bezpieczniejsza, korzystniejsza ekonomicznie i redukuje ilości odpadów poreakcyjnych. Technika SSC jest szeroko stosowana na świecie na różnych poziomach kształcenia. Niestety w Polsce nie stała się tak popularna. Artykuł przybliży technikę SSC opracowaną i wdrażaną przed Pracownią Dydaktyki Chemii Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

**Słowa kluczowe:** chemia w małej skali, dydaktyka chemii, szkolne eksperymenty

**Abstract:** Small-Scale Chemistry (SSC) is an experimental technique using non-traditional equipment and working with small quantities of chemicals. It offers many benefits for teachers and pupils. First of all is safer, more economic and considerably reduces amount of waste. It is widely used for teaching chemistry at different levels in many countries. Unfortunately it is not present and popular in Polish school chemistry education. The paper relates about complex approach to SSC technique made in Chemistry Department at Nicolaus Copernicus University in Torun as well as about its application at school level.

**Keywords:** small-scale chemistry, didactic of chemistry, experiments in school

Najnowsze światowe trendy multimediiów i sprzętu użytkowego zmierzają do miniaturyzacji. Dawniej o jakości pracy komputera świadczyły jego rozmiary. Im większe urządzenie, tym gwarantowało ono stabilniejszą pracę. Tak samo w chemii, dawne analizy „kubłowe”, wykorzystujące olbrzymie ilości substancji w różnych stanach skupienia, zostają sukcesywnie wypierane przez mikroanalizy znacznie zmniejszające koszt zużycia odczynników oraz przyspieszające pożądane efekty. Postaramy się zachęcić czytelników do zmiany sposobu myślenia i w dość rewolucyjny sposób przedstawimy nasze najnowsze wyniki badań.

Dydaktyka chemii to często niedoceniany dział nauki. Często uważa się, że jest on zbędny. Konsekwencją takiego myślenia jest likwidowanie Zakładów Metodyki Nauczania Chemii i rezygnowanie z kształcenia nauczycieli wyposażonych w rzetelną wiedzę przedmiotową. Zmieniające się programy nauczania nie idą w parze z doskonaleniem nauczycieli. Często nowoczesne multimedialne pomoce przedmiotowe są lepiej obsługiwane przez uczniów czy studentów niż przez samych szkolnych

dydaktyków. Fakt ten zmusza pracowników akademickich do ponownego zaistnienia oraz do stworzenia całego intuicyjnego, spójnego systemu doświadczeń obejmujących całościowo program nauczania chemii na określonym etapie. Jedno z rozwiązań przygotował zespół badawczy dra Aleksandra Kazubskiego, kierownika Pracowni Dydaktyki Chemii Wydziału Chemii UMK w Toruniu. Dr Kazubski wraz ze studentami Dominiką Panek i Łukaszem Spornym stworzyli pierwszy w Polsce zestaw laboratoryjny do wykonywania doświadczeń w tzw. „małej skali”. Technika Small-Scale Chemistry (SSC), o której mowa, to pełen zestaw szeroko dostępnego sprzętu laboratoryjnego oraz zestaw doświadczeń możliwych do odtworzenia nawet w bardzo ograniczonych warunkach [1]. Zamyśl wprowadzenia techniki pracy z bardzo małymi ilościami substancji w różnych stanach skupienia zrodził się w Stanach Zjednoczonych około 30 lat temu. Amerykańskie zestawy z powodzeniem są stosowane na całym świecie, wypierając wszelkie inne metody analizy ilościowej i jakościowej.

W nauczaniu chemii na pierwszym miejscu musimy postawić eksperyment, czyli odwołać się do empirycznego

poznania towarzyszących nam zjawisk. Niestety mimo polepszenia jakości ćwiczeń laboratoryjnych i unowocześnień metod analitycznych, nie ma dobrej korelacji z wymianą sprzętu. Przecież nie tylko w szkołach, ale również na wydziałach chemicznych uczelni wyższych pracuje się często na przestarzałym sprzęcie laboratoryjnym. Do celów dydaktycznych często wykorzystywane są urządzenia z przełomu lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Już teraz w żadnym liczącym się zakładzie pracy takie metody analizy nie są wykorzystywane. Jedynym uzasadnieniem zastosowania dawnych rozwiązań jest przekazanie idei pracy, czyli nakreślenie ogólnego porządku i podanie reguł. W tym artykule chcemy przedstawić sugestie wymiany standardowego sprzętu laboratoryjnego oraz do większego odniesienia się do tzw. „domowej chemii”, czyli analizy doświadczeń chemicznych zachodzących dookoła nas.

Technika SSC zmienia sposób patrzenia na chemię. Całkowicie zastępuje tradycyjny, dawno niezmienny sprzęt laboratoryjny na zupełnie nowe, czasami bardzo nietypowe elementy wyposażenia. Postanowiliśmy wykorzystać przedmioty dnia codziennego, aby uczynić zestaw tańszym i możliwym do skompletowania przez każdego zainteresowanego. W naszej technice stosujemy między innymi słomki od napojów chemicznych jako rurki do odprowadzania gazów oraz fragment chłodnicy do destylacji zwykłej, strzykawkę doskonale nadającą się do pobierania przybliżonych objętości substancji ciekłych, łyżeczki do lodów, patyczki do szaszłyków, wkłady do ołówków jako elektrody do elektrolizy, baterijki, opakowania po śmietance, pojemniczki po kliszy fotograficznej, wężyki od kroplówki, płytki do analiz mikrotestowych, małe buteleczki, sznurowadła, plastikowe szalki Petriego i wiele innych [2, 3]. Elementy, na które warto zwrócić uwagę, są wykonane z fragmentów pipety Pasteura. Zastosowanie tych pipet w technice SSC jest ogromne. Spełniają one tradycyjną rolę w największym stopniu. Jednakże pipety o bardzo wąskim zakończeniu odwrótnie wstawione na statyw są doskonałymi pojemnikami dla substancji ciekłych. Przy użyciu nożyczek można wykonać z nich wiele przydatnych przedłużaczy, końcówek lub komór. Część główna pipety może służyć jako komora do elektrolizy lub badania przewodności elektrycznej. Pipety mogą pełnić rolę izolatorów i można je zastosować jako osłony np. elektrod. Wyciągnięcie ich nad płomieniem palnika pozwala na dokładniejsze dozowanie małych objętości (jednej lub dwóch kropli cieczy). Odpowiednio uformowane pełnią funkcję przedłużaczy bądź nasadek np. dla słomek. Po włożeniu pipety w przecięty korek typu „septa” możemy stworzyć zestaw doświadczalny pozwalający przeprowadzić destylację z chłodnicą zwrotną. O samym zastosowaniu owych przyrządów można by napisać osobną publikację.

Aby nakreślić dydaktykom przedmiotowym, jakie przyrządy najlepiej nadają się do skompletowania zestawu laboratoryjnego techniki SSC, Pracownia Dydaktyki Chemii UMK postanowiła stworzyć cztery zestawy laboratoryjne. Zestaw 1 doskonale nadaje się do analizy doświadczalnej działu „podstawy chemii oraz chemia ogólna”, czyli treści

materiałowych objętych standardami klasy 1 liceum (niezależnie od profilu kształcenia). Rysunek 1 prezentuje jego poszczególne elementy składowe. W jego skład wchodzi: pipety Pasteura (niekiedy specjalnie ukształtowane nad płomieniem palnika), strzykawki jednorazowe, słomki, klamerki do bielizny, lampki spirytusowe (wykonane z małej szklanej buteleczki, korka typu „septa” i sznurowadła), łyżeczki do lodów, podgrzewacze czy krokodylki do łączenia przewodów. Dzięki tak zebranemu sprzętowi możemy badać właściwości substancji chemicznych, analizować stany skupienia materii, pracować z substancjami w trzech stanach skupienia (gazowym, ciekłym i stałym) czy przeprowadzać reakcje chemiczne np. mające na celu otrzymywanie i identyfikację podstawowych gazów (tleny, wodoru, tlenku węgla(IV) i innych).



Rys. 1. Typowe wyposażenie do chemii w małej skali

Fig. 1. Typical small-scale chemistry equipment



Rys. 2. Drugi zestaw laboratoryjny

Fig. 2. Second laboratory kit

Kolejny zestaw powstał jako udoskonalenie i uzupełnienie pierwszego. Postanowiliśmy dokonać pewnych zmian, wynikających z ewaluacji przeprowadzonej na warsztatach z nauczycielami chemii z różnych poziomów kształcenia. Zestaw 2 wzbogacony został w pojemniki służące do przechowywania substancji stałych (opakowania po kliszy do aparatu fotograficznego), małych szalek Petriego oraz - co najważniejsze - bardzo tanich małych

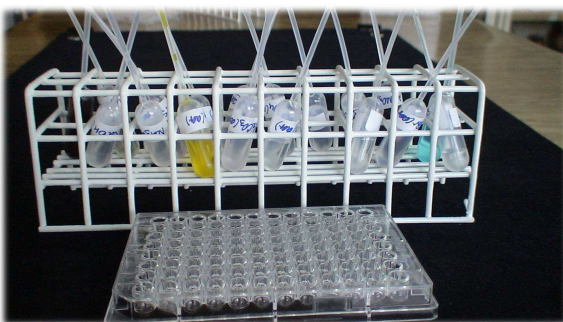
zakraplaczy, które stosunkowo niedawno pojawiły się w wielu ofertach handlowych firm pomagających w wyposażeniu laboratoriów chemicznych. Zestaw ten, prezentowany na rysunku 2, pozwala w bardzo wygodny sposób łączyć elementy z tradycyjnego sprzętu pozostałego w pracowni.

Zestaw 3 to próba stworzenia jednolitego statywu i małego „stołu laboratoryjnego”. Statyw został wykonany przez warsztaty Wydziału Chemii UMK ze spienionego polietylenu. Znajdują się w nim specjalne otwory na pojemniki i zakraplacze. Ważną rolę w całym zestawie stanowi statyw na małe probówki. Jego dodatkową zaletą jest jego rozmiar. Do średniej wielkości torby podróźnej możemy zapakować dziesięć takich zestawów (rys. 3).



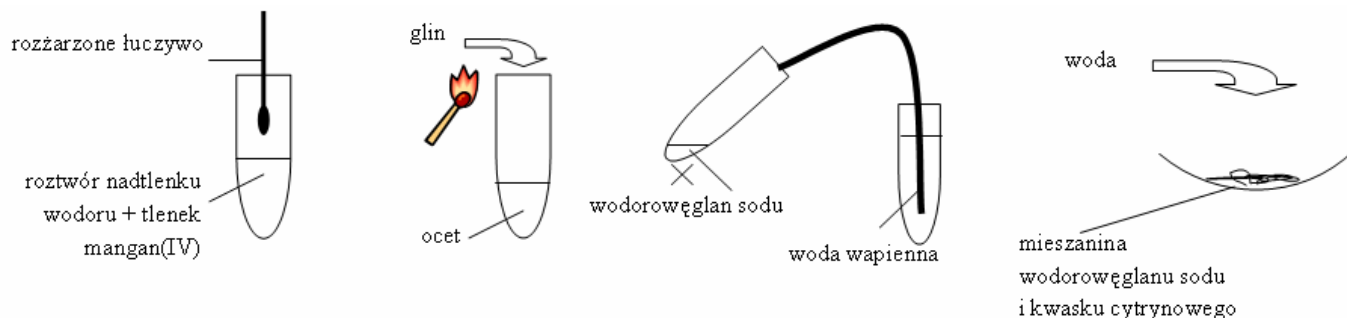
Rys. 3. Trzeci zestaw laboratoryjny

Fig. 3. Third laboratory kit



Rys. 4. Czwarty zestaw laboratoryjny

Fig. 4. Fourth laboratory kit



Rys. 5. Schemat doświadczeń chemicznych

Fig. 5. Scheme of chemical experiments

Zestaw ostatni (nad którym zakończyliśmy już badania) w całości składa się z pipet Pasteura. Doskonale nadaje się on do analiz barwnych reakcji. W połączeniu z płytką mikrotestową już z niewielkich ilości substancji dodawanych do tzw. komór reakcyjnych możemy poczynić takie same obserwacje jak w standardowych objętościach. Zestaw pokazano na rysunku 4.

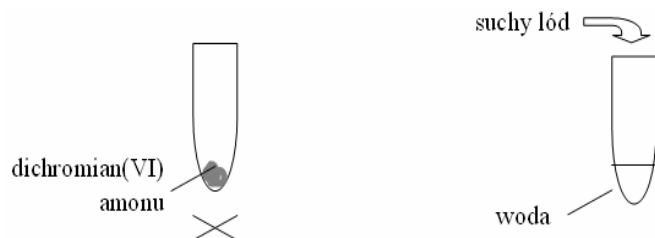
Zastanówmy się zatem, jakie zalety niesie z sobą technika Small-Scale Chemistry. Do głównych można między innymi zaliczyć:

- zwiększenie bezpieczeństwa eksperymentu,
- znaczne zmniejszenie ilości odpadów poreakcyjnych,
- ogólne zmniejszenie kosztów reagentów i wyposażenia,
- możliwość indywidualnego wykonywania doświadczeń, co zwiększa motywację uczniów,
- krótki czas realizacji doświadczeń, co pozwala na bardziej wnikliwe przedyskutowanie obserwacji, wniosków i teorii związanej z eksperymentami,
- możliwość wykonywania eksperymentów, których w większej standardowej skali z różnych powodów nie wykonuje się w szkole,
- łatwe i szybkie przygotowanie doświadczeń,
- możliwość wykonywania doświadczeń chemicznych nawet w bardzo słabo wyposażonej szkole.

Dla przykładu prezentujemy fragment kart pracy, które zostały wręczone każdemu uczniowi podczas jednych z wielu zajęć warsztatowych prezentujących technikę SSC. Takie zajęcia odbyły się podczas VIII Toruńskiego Festiwalu Nauki i Sztuki. Wszyscy chętni pracowali w parach, mając przed sobą niezbędne instrumentaria. W czasie półtorej godziny uczestnicy samodzielnie wykonali dziewięć doświadczeń. Spotkanie zostało podzielone na kilka działów. Pierwszy z nich sugerował, że w wyniku każdego z czterech doświadczeń będzie wydzielany się gaz. Trzeba było go otrzymać, zidentyfikować i określić jego właściwości. Zadania prezentowały schematy doświadczeń:

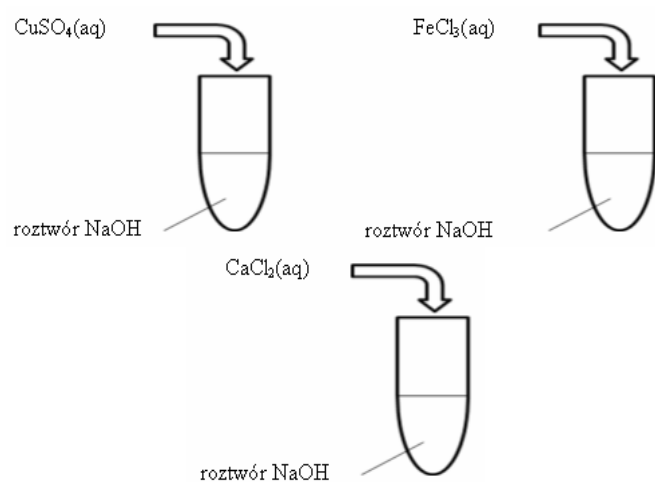
Do każdego z doświadczeń uczestnicy wykorzystali jedynie elementy Zestawu 1, czyli probówki, luczywka, szalki Petriego bądź podgrzewacze. W trakcie badań uzmysłowili sobie, że na wiele substancji chemicznych można natknąć się w życiu codziennym. Były to między innymi: woda utleniona, wodorowęglan sodu, ocet, folia aluminiowa, kwasek cytrynowy czy tzw. wapno.

W innym zadaniu, które pozwala rozróżnić przykłady zjawisk fizycznych i przemian chemicznych, uczniowie musieli wykonać dwa doświadczenia i zastanowić się nad zachodzącym procesem. Do każdej przemiany trzeba było podać stosowne obserwacje i zapisać wniosek.



Rys. 6. Schemat doświadczeń: reakcji chemicznej i przemiany fizycznej

Fig. 6. Scheme of experiments: chemical reaction and physical change



Rys. 7. Schemat wytrącania osadów

Fig. 7. Scheme of sludge precipitation

Wykonanie przynajmniej dwóch eksperymentów pozwala na powtórzenie i utrwalenie podstawowych pojęć, takich jak: rozkład termiczny soli czy zjawisko sublimacji.

W ostatnim doświadczeniu uczestnicy mieli za zadanie przeprowadzać barwne reakcje, w wyniku których otrzymywali związki chemiczne stanowiące substancje słabo rozpuszczalne w roztworach wodnych. Sposób pracy był dowolny. Można było korzystać z płytek mikrotestowych lub małych probówek. Rysunki 5-7 oddają ideę doświadczenia.

Zastosowanie takiego doboru doświadczeń pokazuje, że wiele działów chemii pozwala na wybór doświadczeń w małej skali. Ponadto podkreślamy, że podczas 1,5-godzinnych zajęć udało się omówić zasady BHP, wykonać eksperymenty w skali pokazowej oraz przeprowadzić dziewięć doświadczeń. Forma pokazowa nie wykorzystywała dużej skali. Przy użyciu kamery internetowej i rzutnika multimedialnego powiększono skalę mikro.

Prezentując niewątpliwe walory „małej skali”, zachęcamy wszystkich do otwarcia się na wszelkie pozytywne nowości. Nie zapomnijmy, że każdy sposób eksperymentowania zasługuje na uwagę. Jeżeli sposób ten kształtuje nową rzeczywistość i przybliży użytkownikowi chemiczne zagadnienia, tym bardziej powinniśmy się w nim zagłębić.

## Literatura

- [1] Kazubski A.: *Chemia w małej skali w praktyce szkolnej*. Chemia w Szkole, 2008, **272**(1), 11-17.
- [2] Kazubski A., Panek D. i Sporny Ł.: *Warsztaty z chemii w małej skali (SSC)*. Biuletyn PSNPP, Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych, 2007, **23**(3), 29-33.
- [3] Kazubski A., Panek D. i Sporny Ł.: *Możliwości zastosowania techniki chemii w małej skali (SSC) w nauczaniu szkolnym*. Current Trends in Chemical Curricula. Proc. Int. Conference Prague, 24-26 September 2008, 111-114.