



UNIwersytet Jagielloński
w Krakowie

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

„Badanie polimorfizmu chloranu(VII) heksadimetylosulfotlenku magnezu
oraz inne eksperymenty opracowane pod kątem ich wykorzystania w nauczaniu chemii
na różnych poziomach edukacyjnych”

mgr Kinga Orwat

Praca doktorska miała charakter dwutorowy. Z jednej strony skupiono się na badaniach teoretycznych mających na celu sprawdzenie i budowanie teorii wybranych zagadnień chemicznych oraz jej udoskonalanie. Z drugiej strony podjęto różnorodne badania praktyczne mające na celu rozwiązanie wybranych, aktualnych problemów z dydaktyki chemii na różnych poziomach edukacji. Praca doktorska jest podzielona na cztery główne działy, a każdy dział porusza inne zagadnienie z dziedziny chemii:

- Badanie polimorfizmu związku $[\text{Mg}(\text{DMSO})_6](\text{ClO}_4)_2$ i wykorzystanie wyników badań w zajęciach dydaktycznych ze spektroskopii ciała stałego.
- Opracowanie i pilotażowe wdrożenie ćwiczenia dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych z zakresu polimorfizmu tlenku glinu.
- Opracowanie i pilotażowe wdrożenie ćwiczenia dla uczniów szkół gimnazjalnych z zakresu elementów zielonej chemii w oparciu o technologię otrzymywania lakierów powłokowych.
- Alternatywne ujęcie zapisu procesu hydrolizy wybranych związków nieorganicznych wśród uczniów szkół ponadgimnazjalnych.

W związku ze złożonością budowy rozprawy doktorskiej, w każdym dziale zdefiniowany jest odrębny problem badawczy, a podjęte w pracy badania pozwoliły na jego weryfikację.

Pierwsza część rozprawy skupia się wokół własnych badań eksperymentalnych i teoretycznych nad polimorfizmem związku $[\text{Mg}(\text{DMSO})_6](\text{ClO}_4)_2$ oraz jego formy zdeuterowanej. Badanie własne nad polimorfizmem związku kompleksowego umożliwiły identyfikację czterech przejść fazowych w zakresie temperatur 93-480 K, w tym:

- topnienie $\text{K02} \rightarrow \text{L0}$ w temperaturze $T_m \approx 461 \text{ K}$, $\Delta S = 16,8 \pm 2,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,
- pomiędzy fazami nisko i wysokotemperaturowymi przejścia:
 $\text{K01} \leftrightarrow \text{K02}$ w temperaturze $T_{c1} \approx 407 \text{ K}$, $\Delta S = 2,6 \pm 0,5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,
 $\text{KI} \leftrightarrow \text{K01}$ w temperaturze $T_{c2} \approx 319 \text{ K}$, $\Delta S = 53,1 \pm 8,7 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,
 $\text{KII} \leftrightarrow \text{K0}'$ w temperaturze $T_{c2} \approx 279 \text{ K}$, $\Delta S = 1,5 \pm 0,2 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Dodatkowo podjęte badania spektroskopowe i ich wyniki pozwalają powiązać przejścia fazowe ze zmianami dynamiki molekularnej poszczególnych grup molekularnych w omawianym związku. Uzyskane wyniki mogą służyć jako materiał dydaktyczny, ilustrujący temperaturową zależność kształtu pasma spektralnego w podczerwieni, co potwierdzono

poprzez pilotażowe wdrożenie ww. materiałów podczas kursu „Spektroskopia ciała stałego” dla studentów I. roku studiów magisterskich na kierunku „Chemia”.

Zagadnienie polimorfizmu związków chemicznych stanowi również podwalinę kolejnego działu. Podjęte w ramach pracy badania pozwoliły na opracowanie procedury laboratoryjnej umożliwiającej otrzymanie w szkolnej pracowni chemicznej różnych odmian polimorficznych tlenku glinu, różniących się właściwościami kwasowo-zasadowymi. Wyniki tej pracy mogą być szczególnie przydatne dla nauczycieli chemii, którzy stosując ww. procedury mogą samodzielnie otrzymać pożądane preparaty tlenku glinu wykazujące oczekiwane właściwości kwasowo-zasadowe. Opracowane procedury mogą znaleźć również zastosowanie jako ćwiczenie laboratoryjne wykonywane przez uczniów. Ćwiczenie to może stanowić samodzielną całość lub element obszernego eksperymentu dotyczącego badania właściwości chemicznych tlenków trzeciego okresu. Przeprowadzone badanie pilotażowe potwierdziło skuteczność opracowanych procedur laboratoryjnych i możliwość ich zastosowania w formie ćwiczenia laboratoryjnego wykonywanego samodzielnie przez uczniów.

Celem kolejnej części pracy było opracowanie ćwiczenia laboratoryjnego pozwalającego na wprowadzenie wybranych zagadnień związanych z tematyką zielonej chemii podczas zajęć szkolnych. Jako temat przewodni wybrano otrzymywanie oraz właściwości lakierów klasycznych oraz światłoutwardzalnych. Ćwiczenie obejmowało adaptacją aktualnie stosowanych procesów technologicznych (procesy stosowane przez firmę PPG Polifarb Cieszyn) do warunków i możliwości typowych szkolnych pracowni chemicznych. Podczas realizacji ćwiczenia uczniowie zapoznają się z procesem produkcji, aplikacji, utwardzania oraz badania właściwości powierzchni lakierów. Pomimo znacznego uproszczenia odwzorowywanych procesów technologicznych, wykonanie ćwiczenia pozwala uczniom sformułować oczekiwane wnioski na temat wpływu analizowanych technologii na środowisko i połączyć je z celami i niektórymi z założeń zielonej chemii. Ponadto przeprowadzona analiza statystyczna wyników testu wiedzy przeprowadzonego wśród uczniów przed i po realizacji ćwiczenia wskazuje, że ćwiczenie to pozytywnie wpływa na ich poziom wiedzy zarówno z zakresu chemii lakierów, jak i zielonej chemii. Dodatkowo podjęto próbę oceny wiedzy nauczycieli na temat zielonej chemii. Wyniki pozwalają stwierdzić, że wiedza nauczycieli bazuje na wiedzy potocznej i nie jest znacząco wyższa niż wiedza uczniów na poziomie liceum i gimnazjum. Fakt ten wskazuje, że konieczne jest nie tylko opracowywanie nowych zagadnień pozwalających na wprowadzenie tematyki zielonej chemii podczas lekcji chemii, ale również szkolenie nauczycieli z tego zakresu.

W ostatnim dziale poświęconym hydrolizie udało się zidentyfikować najczęstsze błędne koncepcje (*ang.* misconceptions) dotyczące opisu procesu hydrolizy soli nieorganicznych przez uczniów. Badanie to przeprowadzono na grupie 235 uczniów biorących udział w Wojewódzkim Konkursie Wiedzy Chemicznej organizowanym przez Zakład Dydaktyki Chemii UJ. Forma przeprowadzanego badania pozwoliła m.in. na analizę stosowanych przez uczniów zapisów równań reakcji hydrolizy. Na podstawie tej analizy można wnioskować, że poprawne określenie odczynu wodnych roztworów soli nieorganicznych zazwyczaj nie przysparza uczniom problemów, wyjątkiem jest przypadek soli pochodzących od słabej zasady i słabego kwasu, dla których odczyn powinien być opisywany jako zbliżony do obojętnego, a często jest określany przez uczniów jako obojętny. Innym aspektem, ujawnionym podczas prowadzonego badania jest fakt, iż dla hydrolizy kationu berylu oraz kationów metali grup 3 – 13 (z wyłączeniem Ag) w przeważającej większości uczniowie zapisują reakcję hydrolizy prowadzącą do powstania nierozpuszczalnego w wodzie wodorotlenku, pomijając reakcję hydrolizy prowadzącą do powstania akwahydrokso kompleksu. Analogiczna sytuacja nakreśla się w przypadku hydrolizy anionów reszt kwasowych pochodzących od słabych kwasów. Uczniowie zapisują równanie reakcji hydrolizy prowadzącej do odtworzenia cząsteczki kwasu lub w przypadku anionu nietrwałego kwasu do odpowiedniego gazu. Wyniki badania potwierdzają, iż temat związany z opisem reakcji przebiegających w roztworach wodnych, tak jak omawiany proces hydrolizy, jest dla uczniów niezwykle trudny i może spotkać się z wieloma błędnymi interpretacjami. Zdiagnozowane problemy mogą wynikać z niewystarczającej praktyki laboratoryjnej uczniów. Celowym wydaje się zatem bardziej analityczne podejście do zagadnienia. Z tego powodu opracowano propozycję interwencji – procedury laboratoryjne – pozwalające uczniom samodzielnie zbadać przebieg wybranych procesów hydrolizy w zależności m.in. od stężenia reagentów.

Podczas pracy nad rozprawą doktorską udało się wypracować materiały, które posłużyły opracowaniu publikacji o zasięgu międzynarodowym. Tematy publikacji są ściśle związane z badaniami podjętymi w pracy. Wyróżnić można:

1. E. Szostak, A. Migdał-Mikuli, i **K. Orwat**, „Vibrational spectroscopy studies of solid-solid phase transitions in $[\text{Mg}(\text{OS}(\text{CH}_3)_2)_6](\text{ClO}_4)_2$ and in its deuterated analogue”, *Vib. Spectrosc.*, t. 89, s. 123-130, 2017.
DOI: 10.1016/j.vibspec.2017.02.001

2. **K. Orwat**, P. Bernard, i A. Migdał-Mikuli, „Obtaining and investigating amphoteric properties of aluminum oxide in a hands-on laboratory experiment for high school students”, *J. Chem. Educ.*, t. 93, nr 5, s. 906-909, 2016.
DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00314
3. **K. Orwat**, P. Bernard, Sz. Wróblewski i J. D. Mendez, „Traditional vs. UV-cured coatings - an inquiry-based experiment for introducing green chemistry”, *The Maced. J. Chem. Chem. Eng.*, 2018 - artykuł przyjęty do publikacji.
DOI: 10.20450/mjce.2018.1512
4. **K. Orwat**, P. Bernard, A. Migdał-Mikuli, i A. Migdał-Mikuli, „Alternative conceptions of common salt hydrolysis among upper-secondary-school students”, *J. Balt. Sci. Educ.*, t. 16, nr 1, s. 64-76, 2017. ISSN: 1648-3898