

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

wykonanej w Zakładzie Dydaktyki Chemii UJ
oraz w Zakładzie Fizyki Chemicznej
pod kierunkiem Prof. dr hab. Anny Migdał-Mikuli

Rozprawa doktorska „Badanie polimorfizmu chloranu(VII) heksadimetylosulfotlenku magnezu oraz inne eksperymenty opracowane pod kątem ich wykorzystania w nauczaniu chemii na różnych poziomach edukacyjnych” została przedstawiona do oceny jako opracowanie kompletne, zawierające wszystkie elementy pracy naukowej składającej się z odpowiednio uporządkowanych treści teoretycznych, badawczych, dyskusji wyników, podsumowań, wykazu literatury oraz załączników.

Praca jest spójnym tematycznie zbiorem opracowań, które posłużyły do opublikowania lub przyjęcia do publikacji artykułów w czasopismach naukowych o istotnym dla Uczelni znaczeniu (m.in. w kontekście przepisów dotyczących finansowania nauki).

Zasadniczym elementem wiążącym poszczególne części pracy są praktyczne wdrożenia uzyskanych wyników badań oraz opracowań do procesu edukacji studentów i uczniów na różnych poziomach edukacyjnych oraz ich nauczycieli.

Autorka podzieliła pracę na cztery główne tematy badawcze, a pod każdym z nich definiuje szczegółowe cele i problemy badawcze, a następnie przedstawia przebieg badań, ich rezultaty oraz wnioski.

W dziale pt.: „Badanie polimorfizmu chloranu(VII) heksadimetylosulfotlenku magnezu $[Mg(DMSO)_6](ClO_4)_2$ i wykorzystanie wyników badań w zajęciach dydaktycznych ze spektroskopii ciała stałego” autorka relacjonuje przebieg syntez związków potrzebnych do badań w postaci sprotonowanej i zdeuterowanej podając kolejne kroki syntezy i opisując przeprowadzane czynności laboratoryjne. Następnie opisuje analizę chemiczną uzyskanych preparatów pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Uzyskane preparaty zostają przeznaczone do użycia w badaniu przejść fazowych metodą skaningowej kalorymetrii różnicowej (w skrócie DSC). Istotą tego badania jest obserwacja zmian temperaturowych analizowanych substancji pod wpływem dostarczanego do nich lub odprowadzanego z nich

ciepła. Do zrozumienia zastosowanej metody DSC przyczynia się zamieszczony w pracy opis aparatury (wraz z rysunkiem) oraz wyjaśnienie jej działania.

Wyniki przeprowadzonych badań doprowadziły do wykrycia w badanych substancjach czterech przejść fazowych i zostały opracowane w postaci matematycznej oraz graficznej. Autorka wyznaczyła parametry termodynamiczne wykrytych przejść fazowych – wartości temperatur poszczególnych przemian oraz odpowiadające im zmiany entalpii i entropii. Następnie wykonała dodatkowe badania obu substancji (formy sprotonowanej i zdeuterowanej) metodą spektroskopii w podczerwieni w różnych temperaturach. Otrzymała w ten sposób bardzo interesujący obraz zmian kształtu widm absorpcyjnych wraz ze zmianami temperatury.

Znając już z poprzedniego eksperymentu temperatury przejść fazowych badanych substancji Doktorantka zidentyfikowała te zmiany na widmach w podczerwieni i określiła ich charakter jako zmiany struktury krystalicznej związku kompleksowego, w tym reorientację ligandów DMSO, uruchomienie podczas ogrzewania lub zablokowanie podczas ochładzania ruchów rotacyjnych anionów chloranowych(VII).

Jest to dobry przykład synergicznego opracowania różnych badań nad tą samą substancją dla uzyskania nowych informacji naukowych, który może być wsparciem w dydaktyce przedmiotów ścisłych. Naturalnym odruchem każdego nauczyciela akademickiego jest chęć wdrażania takich ciekawych przykładów do praktyki pedagogicznej.

Stąd kolejny podrozdział recenzowanej pracy doktorskiej, który dotyczy synergicznego opracowania wyżej opisanych wyników badań dla celów dydaktycznych. Mamy tu do czynienia z przejściem od badań własnych w zakresie chemii i fizyki ciała stałego do wykorzystania wyników tych badań jako narzędzia do nauczania trudnych zagadnień chemicznych, takich jak spektroskopia w podczerwieni.

Badanie efektywności nauczania zagadnień z zakresu spektroskopii w podczerwieni przeprowadzono w ramach kursu o nazwie „Spektroskopia ciała stałego”, a w pracy opisano przebieg tego badania. W celu uzyskania odpowiedzi na zadany problem badawczy zastosowano model analizy danych tekstowych. W efekcie uzyskano szereg wniosków świadczących o dobrym zrozumieniu przez studentów przedstawionych zagadnień, większej motywacji do przeprowadzania pomiarów i dużej skuteczności w interpretacji ich wyników.

Drugi dział i temat badawczy, to „Opracowanie i pilotażowe wdrożenie ćwiczenia dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych z zakresu polimorfizmu tlenku glinu”.

W ramach tej części pracy przygotowano zajęcia laboratoryjne dla kilku grup uczniów liceum. Ponieważ zadaniem uczniów było samodzielne wykonanie doświadczeń w celu otrzymania tlenku glinu różnymi metodami, każda z procedur musiała być precyzyjna i niezawodnie kierować uczniów do sukcesu. Uczniowie z zachowaniem zasad bezpieczeństwa przeprowadzili preparatykę tlenku glinu trzema metodami.

Pierwszy sposób to ogrzewanie wodorotlenku glinu w tyglu nad palnikiem Bunsena i taka regulacja położenia tygla, aby reakcja zachodziła efektywnie. Drugi sposób to rozkład wodorotlenku glinu pod wpływem stałej temperatury 250°C (użyto suszarki laboratoryjnej jako urządzenia elektrycznego z termoregulatorem), a trzeci to metoda dość innowacyjna – rozkład wodorotlenku glinu w kuchence mikrofalowej. Dwoma pierwszymi metodami otrzymano tlenek glinu w odmianie α , natomiast metodą trzecią odmianę γ . W przypadku formy α -Al₂O₃ uczniowie z łatwością udowodniali właściwości amfoteryczne tlenku glinu, natomiast zagadką była dla nich oporność odmiany γ -Al₂O₃ na działanie zasad. Jednakże dzięki opisanej w pracy procedurze udało się naprowadzić uczniów na drogę wyjaśnienia tej sytuacji poprzez przeprowadzenie przemiany fazowej z γ -Al₂O₃ do α -Al₂O₃ i ponownemu przebadaniu.

Zaproponowana tu forma eksperymentu uczniowskiego pozwala na samodzielne odkrywanie wiedzy chemicznej, a analiza niespodziewanych wyników doświadczenia, zgodnie z jednym z praw uczenia się – prawem efektu - przyczyniła się do podniesienia skuteczności przyswojenia wiedzy. Przyrosty wiedzy zostały wyznaczone poprzez analizę zadań testowych przed i po przeprowadzeniu zajęć. Opracowanie i pilotażowe wdrożenie ćwiczenia dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych z zakresu polimorfizmu tlenku glinu okazało się więc udane – realne do wykonania w warunkach szkolnych i przynoszące wymierne przyrosty wiedzy, a także podnoszące motywację uczniów do poznawania chemii.

Trzeci temat opisany w recenzowanej pracy to: **„Opracowanie i pilotażowe wdrożenie ćwiczenia dla uczniów szkół gimnazjalnych z zakresu elementów Zielonej Chemii w oparciu o technologię otrzymywania lakierów powłokowych”**

Część tego tytułu wymaga zdefiniowania czym jest Zielona Chemia i doktorantka czyni to w treściach wprowadzających do rozdziału. Odwołuje się tutaj do światowych osiągnięć w dziedzinie ochrony zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego oraz Zasad Zielonej Chemii sformułowanych przez Paula Anastas’a oraz Johna Warner’a, wskazując odpowiednie teksty źródłowe. Dla zorientowania czytelnika pracy Doktorantka przytacza korelujące z tematem lakierów zasady, a między innymi: zapobieganie powstawaniu odpadów zamiast ich późniejszego unieszkodliwiania, minimalizacja użycia i produkcji substancji niebezpiecznych podczas syntez, ograniczanie użycia rozpuszczalników i innych substancji pomocniczych oraz zminimalizowanie ich szkodliwości.

Autorka poszukuje w tej części pracy optymalnych rozwiązań w zakresie metodologii nauczania opartego na samodzielnym dociekaniu wiedzy przez uczniów (IBSE – Inquiry Based Science Education). Aby tego dokonać przygotowuje narzędzia do pracy metodą IBSE, to jest instrukcje dla uczniów do samodzielnej pracy, karty pracy, testy diagnozujące wiedzę przed ćwiczeniami i po ich wykonaniu (w skrócie tzw. pre-testy i post-testy), sprzęt i odczynniki, organizację pracowni i wreszcie pozyskuje grupę 48 uczniów chętnych do uczestniczenia w ćwiczeniach i badaniach ich efektywności.

W pracy znajdujemy opis przeprowadzonych czynności laboratoryjnych z grupami uczniów, którzy korzystając z przygotowanych instrukcji wykonali kryjące lakiery powłokowe rozpuszczalnikowe oraz światłoutwardzalne (utwardzane za pomocą promieniowania UV), zastosowali te lakiery na powierzchniach różnych materiałów, przebadali ich cechy użytkowe i dokonali samodzielnej oceny ich właściwości.

Porównania właściwości lakierów rozpuszczalnikowych i lakierów UV uczniowie dokonali również w kontekście pytania czy produkty wymagające do produkcji szkodliwych substancji są technologicznie lepsze? Okazało się, że ocena uczniów na temat uległa znaczącej zmianie po przeprowadzeniu eksperymentów i wypadła o bardziej korzystnie dla produktów ekologicznych. Ważne przy tym, że wnioski na ten temat uczniowie wysunęli na podstawie swoich eksperymentów, czyli wyłącznie z własnego przekonania (a nie dlatego, że proekologicznym być po prostu wypada).

Wnioski i ocenę tego pilotażowego wdrożenia ćwiczeń uczniowskich autorka opiera o solidną analizę wyników testów badających przyrosty wiedzy, a także ciekawe zestawienia informacji uzyskanych od uczniów i zebranych w tabelach. Wdrożenie nowego rodzaju ćwiczeń zostało przez Doktorantkę przeprowadzone poprawnie i odpowiednio przebadane pod kątem efektywności nauczania. Ćwiczenie to z pewnością powiększy wachlarz narzędzi dydaktycznych dostępnych w edukacji chemicznej.

Ostatni dział pracy poświęcony jest hydrolizie i zatytułowany: **„Alternatywne ujęcie zapisu procesu hydrolizy wybranych związków nieorganicznych wśród uczniów szkół ponadgimnazjalnych”**.

Autorka podnosi w nim kwestię zapisu hydrolizy, jaki stosuje się w szkołach jako niedoskonałego i utrudniającego odróżnianie przez uczniów procesów dysocjacji elektrolitycznej oraz hydrolizy. Mając na uwadze wymienione wątpliwości postanowiła przebadać jak uczniowie szkół średnich interpretują reakcje hydrolizy na przykładach soli nieorganicznych, jakie popełniają najczęściej błędy i dlaczego.

Podstawą analizy tego problemu badawczego były wyniki finału III etapu konkursu chemicznego w Polsce południowej (konkurs ten jest organizowany od 30 lat przez Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego). Analizie poddano 235 prac konkursowych, w których przeanalizowano pytania i odpowiedzi dotyczące hydrolizy.

Autorka zestawiała wszystkie odpowiedzi statystycznie i sprawnie zdiagnozowała problemy uczniów w następujących obszarach:

- uczniowie nie dysponują wystarczającym doświadczeniem laboratoryjnym, aby przewidzieć produkty hydrolizy, które wytrącają się w postaci osadów lub opuszczają środowisko reakcyjne w postaci gazowej,

- najtrudniejszymi przypadkami hydrolizy są dla uczniów: hydroliza soli słabej zasady i słabego kwasu oraz hydroliza soli pochodzących od zasad i kwasów nieznacznie różniących się mocą.

Na tej podstawie Autorka proponuje bardziej doskonale zapisy dla szczególnych przypadków hydrolizy, gdzie stężenie soli jest tak małe, że nie wytrącają się żadne osady, a jednak odczyn roztworu jest różny od 7. Zapisy te uwzględniają obecność w roztworach hydratowanych hydroksokationów, jak np. akwahydrokso kation magnezu $[Mg(H_2O)_5OH]^+$ wraz z równolegle tworzącymi się jonami H_3O^+ . Wprowadzenie takich zapisów dla roztworów rozcieńczonych pozwoli pogodzić ze sobą fakty stwierdzone doświadczalnie – jak zmiana odczynu roztworu mimo braku innych symptomów hydrolizy.

Jako dopełnienie tej części pracy Doktorantka opracowała kilka interesujących doświadczeń pozwalających zidentyfikować zjawisko hydrolizy różnymi metodami, albo udowodnić, że w wyniku hydrolizy tej samej substancji mogą powstawać różne produkty.

Jednocześnie zobowiązana jestem nadmienić, że Autorka pracy nie ustrzegła się błędów językowych, stylistycznych, gramatycznych oraz edytorskich. Wątpliwości budzi też liczebność niektórych grup badawczych, co utrudniło zastosowanie rzetelnej i typowej dla badań dydaktycznych metodologii porównawczej. Podobne badania należałoby więc kontynuować w celu uwiarygodnienia przedstawionych w pracy doktorskiej wyników.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Kingi Orwat, przygotowana pod opieką prof. dr hab. Anny Migdał-Mikuli stanowi oryginalne rozwiązanie problemów naukowych, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydatki w dziedzinie chemii i dydaktyki przedmiotowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Pracę oceniam pozytywnie.

Mając na względzie powyższe oraz sformułowane wcześniej oceny merytoryczno-metodologicznej i formalnej poprawności rozprawy mgr Kingi Orwat uznaję opiniowane opracowanie za spełniające wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim i wnioskuję do Rady Wydziału Chemii UJ o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

prof. dr hab. Hanna Gulińska
Wydział Chemii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Wydział Chemii

