

Dr hab. Bożena Łosiewicz, prof. UŚ
Instytut Chemii
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. 75 Pułku Piechoty 1A
41-500 Chorzów
e-mail: bozena.losiewicz@us.edu.pl

Katowice, dn. 13 stycznia 2022 r.

RECENZJA

**pracy doktorskiej Pani mgr Anety JANUSZEWSKIEJ-KUBSIK
pt. „Elektroredukcja dwutlenku węgla na metalicznych wielowarstwowych
katalizatorach modelowych opartych o pallad”**

wykonanej pod kierunkiem naukowym Pana dr hab. Rafała Jurczakowskiego, prof. UW
w Pracowni Elektroanalizy Chemicznej
Zakładu Chemii Nieorganicznej i Analitycznej
Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

Podstawą wydania opinii o pracy doktorskiej Pani mgr Anety Januszewskiej-KubsiK jest pismo Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Pana Profesora dr hab. Michała Ksawerego Cyrańskiego z dnia 10 listopada 2021 r.

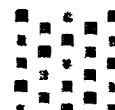
Przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr Anety Januszewskiej-KubsiK stanowiąca podstawę w postępowaniu o uzyskanie stopnia doktora w dyscyplinie nauki chemiczne dotyczy aktualnego zarówno w aspekcie badań podstawowych jak i aplikacyjnych problemu poszukiwania nowych typów katalizatorów w celu zwiększenia wydajności procesu redukcji dwutlenku węgla. Recenzowana praca doktorska jest pogłębieniem badań Grupy Pana Profesora Rafała Jurczakowskiego w obszarze elektrochemii nowych materiałów. Jak podaje Autorka, tematyka pracy została zainicjowana przez Pana Profesora Pawła Kuleszę. Tytuł pracy jest poprawnie sformułowany w odniesieniu do celu pracy oraz uzyskanych wyników badań, a ponadto wpisuje się w trendy bardzo prężnie rozwijającej się zielonej chemii, w której kataliza heterogeniczna odgrywa istotną rolę w wielu procesach przemysłowych oraz w rozwoju



technologii mających na celu ograniczenie emisji CO₂ do atmosfery. Zgodnie z dziewiątą zasadą zielonej chemii przedstawioną przez Environmental Protection Agency w USA preferowanie reakcji katalitycznych z wykorzystaniem jak najbardziej selektywnych katalizatorów umożliwia osiągnięcie celów zielonej chemii, do których zalicza się projektowanie i przeprowadzanie procesów chemicznych w taki sposób, aby ograniczyć użycie i powstawanie szkodliwych substancji [Sanderson, K. Chemistry: It's not easy being green. *Nature* 469, 18–20 (2011). <https://doi.org/10.1038/469018a>].

Tematyka podjętych badań posiada kluczowe znaczenie dla transformacji energetycznej, która zgodnie ze strategią Europejskiego Zielonego Ładu jako najważniejszy cel zakłada osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. Oznacza to, że za niespełna 30 lat gospodarka musi zrównoważyć emisje gazów cieplarnianych i ich pochłanianie. Przejście na działalność zeroemisyjną wymaga kompleksowego podejścia i długoterminowej strategii, w której dekarbonizacja, redukcja śladu węglowego oraz rozwój w oparciu o nowe technologie to zadania, z którymi musi się mierzyć obecnie sektor gospodarki. Redukcja CO₂ jako jednego z dominujących gazów cieplarnianych może odbywać się między innymi na drodze elektrodukcji, której mechanizm jest wieloetapowy. Wysoka bariera aktywacyjna i liczne produkty redukcji CO₂ sprawiają, że zwiększenie efektywności procesu elektrodukcji CO₂ poprzez wytworzenie aktywnych i selektywnych katalizatorów stanowi duże wyzwanie badawcze.

Autorka postawiła sobie za cel zbadanie możliwości kontroli właściwości katalizatorów bazujących na metalicznym palladzie, który wykazuje bardzo silne powinowactwo do tlenu węgla oraz atomowego wodoru, poprzez utworzenie nanostrukturalnych układów dwuwymiarowych z obcymi metalami wykazującymi istotnie różną siłę adsorpcji tlenu węgla i wodoru. Zastosowane zostały metale z grupy miedziowców takie, jak miedź, srebro i złoto. Wybór metalicznej miedzi Autorka uzasadniła bardzo dużą aktywnością w procesach elektrodukcji CO₂. Natomiast zastosowanie srebra i złota podyktowane było znacząco różnymi właściwościami względem adsorpcji tlenu węgla, co pozwoliło na sterowanie tymi właściwościami poprzez wytworzenie warstwowych układów bimetalicznych. Przesłanką do tak postawionego celu było przyjęcie hipotezy, że wzrost aktywności może być osiągnięty w wyniku modyfikacji powierzchni aktywnej poprzez zastosowanie warstwowych układów metalicznych złożonych z atomowej grubości warstw różnych metali, które pozwolą uzyskać odpowiednie powinowactwo katalizatora do kluczowego produktu przejściowego oraz wodoru pełniącego rolę czynnika redukującego w procesie redukcji dwutlenku węgla. W pierwszym etapie pracy Autorka założyła przeprowadzenie badań na modelowych układach wielowarstwowych osadzonych na dobrze zdefiniowanym i odtwarzalnym podłożu monokrystalicznego złota Au(111) z określeniem wpływu podłoża, grubości warstw palladu oraz obecności i natury chemicznej heteroatomów w postaci nanostruktur 2D na powinowactwo wytworzonych katalizatorów do tlenu węgla i atomowego wodoru, które są kluczowymi procesami w elektrodukcji CO₂. Jako cel badań w





drugim etapie pracy Autorka założyła wytworzenie warstwowych katalizatorów PdMe na podłożach polikrystalicznych, w których Me stanowiła Cu, Ag i Au oraz określenie ich właściwości w reakcji elektrodukcji CO₂, a także opracowanie metody identyfikacji produktów elektrodukcji dwutlenku węgla w roztworach wodnych na wytworzonych katalizatorach.

Układ recenzowanej pracy doktorskiej jest typowy. Rozpoczyna ją Spis treści, po którym następuje Wstęp, Część literaturowa, Część eksperymentalna, Podsumowanie i wnioski, Streszczenie pracy w języku polskim i angielskim, a kończy ją Bibliografia.

W Części literaturowej liczącej 63 strony Autorka zamieściła umiejętne wprowadzenie do tematyki badawczej opisując aktualny stan wiedzy z zakresu elektrodukcji CO₂ z uwzględnieniem wpływu rozpuszczalnika oraz elektrolitu podstawowego oraz mechanizmów reakcji i produktów pośrednich elektrodukcji CO₂. Wnikliwie scharakteryzowała wybrane katalizatory metaliczne elektrodukcji CO₂ i wielowarstwowe układy metaliczne. Przedstawiła charakterystykę elektrochemiczną elektrody złotej oraz opis zjawiska podpotencjałowego osadzania metali, podpotencjałowej adsorpcji wodoru i elektrotleniania zaadsorbowanego tlenu węgla. Na podkreślenie zasługuje szeroki opis wybranych technik pomiarowych. Zagadnienia omówione w Części literaturowej, ich wybór i kolejność tworzą zwartą, logiczną całość dobrze podbudowaną przeprowadzone w pracy badania oraz interpretację i dyskusję uzyskanych wyników. Autorka udowodniła tutaj swobodę poruszania się w fachowej literaturze przedmiotu. W dalszej części pracy przedstawiona została teza i cel pracy, z których jasno wynika, jakim problemom badawczym praca jest poświęcona i jakie zadania będą w niej realizowane. Wydaje się jednak, że Cel pracy zamieszczony w Części eksperymentalnej powinien stanowić odrębny rozdział w Spisie treści ze względu na fakt, że został sformułowany w oparciu o treści zawarte w Części literaturowej.

Część eksperymentalna pracy liczy 127 stron. W części metodycznej zawarte są szczegółowe opisy sprzętu pomiarowego, odczynników, przygotowania szkła laboratoryjnego, roztworów, elektrod i warunków pomiarowych zastosowanych w badaniach elektrotleniania tlenu węgla oraz wybranych metod pomiarowych. Na wysokie uznanie zasługuje różnorodność stosowanych przez Autorkę chemicznych, elektrochemicznych i fizycznych metod badań, zarówno do otrzymywania jak i charakterystyki fizyko-chemicznej wytworzonych katalizatorów oraz charakterystyki ich właściwości elektrochemicznych, a także analizy produktów procesu elektrodukcji CO₂. W pracy zastosowano technikę woltamperometrii cyklicznej, chronoamperometrii, elektrotleniania monowarstwy zaadsorbowanego tlenu węgla (tzw. *CO-Stripping*), różnicową elektrochemiczną spektrometrię mas, chromatografię gazową, wysokosprawną chromatografię cieczową na kolumnie jonowymiennej, skaningową mikroskopię elektronową z dodatkowym działem jonowym, metodę spektroskopii fotoelektronów wzbudzonych promieniowaniem rentgenowskim oraz rozwijaną od niedawna spektroskopię wysokich ciśnień (ang. *Near Ambient Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy/UV Photoelectron*



Spectroscopy, NAP-XPS/UPS), która stanowi unikatowe narzędzie badawcze do śledzenia zmian właściwości elektronowych podczas procesów adsorpcji/absorpcji.

Zarówno zamieszczona w pracy charakterystyka stosowanych metod badawczych jak również ich wykorzystanie w badaniach oraz interpretacja uzyskanych wyników świadczy o tym, że Autorka w wysokim stopniu opanowała możliwości badawcze tych metod i jest przygotowana metodycznie do ich właściwego wykorzystania w badaniach naukowych.

Wyniki pracy zamieszczone w rozdziale 3 obejmują charakterystykę elektroredukcji CO₂ na modelowych katalizatorach warstwowych ML-Pd/Au(111), Cu/ML-Pd/Au(111), NSA Au/ML-Pd/Au(111) i 1 ML-Ag/Pd oraz na wielowarstwowych układach polikrystalicznych. Na podstawie wielu serii pomiarowych, ogromnie pracochłonnych i wymagających ultraczystych warunków, opracowane zostały nowatorskie sposoby wytwarzania wymienionych układów. Przeprowadzona została charakterystyka elektrochemiczna wytworzonych katalizatorów oraz elektroredukcja CO₂ na badanych układach w roztworze wodorowęglanu potasu, w środowisku kwasowym i obojętnym. Opracowana została również metodologia badań analizy produktów. Rozdział 4 poświęcony podsumowaniu wyników i wniosków świadczy o tym, że Autorka zrealizowała cel i zadania pracy oraz posiada umiejętność syntetycznego opisu problemu badawczego.

Autorka wykazała, że istnieje korelacja pomiędzy właściwościami katalitycznymi i strukturą elektronową powierzchni wytworzonych katalizatorów warstwowych opartych o pallad, co stwarza możliwość sterowania ich właściwościami i świadczy o oryginalności recenzowanej pracy.

Praca jest bardzo obszerna pod względem redakcyjnym. Została napisana na 223 stronach i zawiera bogaty materiał faktograficzny w postaci 102 rysunków i 6 tabel dokumentujących oryginalne wyniki badań. Szata graficzna pracy jest niezwykle staranna. Przy tak bogatym materiale doświadczalnym wskazane by było zamieszczenie dodatkowego Spisu rysunków i tabel jako odrębnego rozdziału, którego Autorka nie zamieściła w pracy. W Bibliografii wykazanych zostało 218 cytowanych pozycji literaturowych, w tym 6 pozycji autorstwa lub współautorstwa Pani mgr Anety Januszewskiej-Kubśik. Na podkreślenie zasługuje fakt, że cytowana literatura jest aktualna, o czym świadczą 72 pozycje literaturowe nie przekraczające ostatnich 10 lat. Autorka cytuje 205 artykułów naukowych w języku angielskim, 2 książki w języku polskim, 7 książek w języku angielskim z zakresu chemii fizycznej i elektrochemii, 2 pozycje stanowiące materiały konferencyjne oraz 2 dysertacje.

Do najważniejszych osiągnięć pracy niewątpliwie należy zaliczyć:

- Zastosowanie podpotencjałowego osadzania bizmutu (Bi-UPD) do elektrochemicznej charakterystyki powierzchni monokrystalicznego podłoża Au(111) i monowarstw palladu (ML-Pd) na podłożu Au(111) osadzonych za pomocą metody podpotencjałowego osadzania;



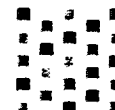
- Wyznaczenie potencjału otrzymanych elektrod względem odwracalnej elektrody wodorowej w zależności od pH roztworu wodorowęglanu potasu, zależnego od ciśnienia cząstkowego CO₂ nad roztworem;
- Opracowanie metod otrzymywania modelowych układów wielowarstwowych typu 1 ML-Cu/ML-Pd/Au(111), 1 ML-Au/ML-Pd/Au(111) i 1 ML-Ag/5 ML-Pd/Au(111) z zastosowaniem podpotencjałowego osadzania palladu (Pd-UPD), miedzi (Cu-UPD), srebra (Ag-UPD), chemicznego podstawienia Au na miejsce osadzonej monowarstwy Cu, spontanicznego osadzania Au z roztworu Au(III) oraz elektrochemicznego osadzania Au na ML-Pd/A(111);
- Przeprowadzenie charakterystyki elektrochemicznej otrzymanych układów i ich aktywności w procesie katalitycznej elektroredukcji CO₂ w roztworze wodorowęglanu potasu oraz opracowanie programu potencjałowego do pomiarów ilościowych powstającego produktu;
- Wykazanie możliwości kontroli siły oddziaływania powierzchni metalicznych wielowarstwowych katalizatorów modelowych opartych o pallad z wodorem oraz tlenkiem węgla poprzez dobór dwuwymiarowych nanostrukturalnych układów warstwowych o kontrolowanej grubości;
- Zaprojektowanie i wytworzenie warstwowych katalizatorów na podłożach polikrystalicznych oraz określenie ich właściwości w reakcji elektroredukcji CO₂, a zwłaszcza otrzymanie katalizatora o kontrolowanej ilości warstw Pd osadzonych na metalicznej miedzi metodą elektrochemicznego osadzania palladu z kompleksów amoniakalnych Pd(II) w roztworze buforu amonowego;
- Wykazanie, że zastosowanie różnych konfiguracji układów warstwowych palladu i srebra drastycznie zmienia właściwości katalityczne w elektroredukcji dwutlenku węgla;
- Wykazanie adsorpcji wodoru i CO₂ na powierzchni katalizatora Pd/Cu za pomocą metody spektroskopii wysokich ciśnień i określenie roli zaadsorbowanego wodoru w procesie tworzenia nasyconych węglowodorów na powierzchni elektrody;
- Opracowanie szeregu metod oraz układów pomiarowych przeznaczonych do makroelektrolizy oraz do badań za pomocą metody różnicowej elektrochemicznej spektrometrii mas;
- Skonstruowanie układu pomiarowego umożliwiającego pobieranie produktów gazowych elektroredukcji CO₂ znad elektrody pracującej;
- Zastosowanie metody voltamperometrii cyklicznej na próbnikowych elektrodach Pt i Pd do identyfikacji i szacowania ilości powstających elektroaktywnych produktów;
- Opanowanie przez Autorkę szerokiego warsztatu badawczego zaliczanego do obszaru nauk chemicznych, fizycznych i inżynierii materiałowej.

W tekście zauważyłam również pewne usterki, które głównie wynikają z obszernej redakcji pracy lub niezbyt wnikliwej korekty. W recenzji pragnę zwrócić uwagę na najbardziej istotne:

- 51 strona jest pusta;
- Brak numeracji stron 3, 64, 201;



- W Części literaturowej na str 19: Zdanie „...pallad katalizuje redukcję dwutlenku węgla, aczkolwiek słabiej ją adsorbuje.” jest niejasne i wymaga przeredagowania.
- W Części literaturowej na str 62: Zdanie „2.9.4 Chromatografia gazowej w badaniach elektroredukcji CO₂” wymaga korekty.
- W Części literaturowej nie znalazłam informacji o stosowanych innych metodach redukcji CO₂ i uzasadnienia wyboru metody elektroredukcji dwutlenku węgla;
- W Części eksperymentalnej na str 65: Fragment zdania „...wytworzyłam warstwowe katalizatory PdMe, gdzie Me = Cu, Ag, Au zawierające pallad na podkładach polikrystalicznych...” wymaga przeredagowania. Zapis PdMe już informuje, że katalizatory zawierają pallad;
- W Części eksperymentalnej na str 65 w punkcie 3.2: Autorka zamieściła opis tylko wybranych metod badawczych. Wskazane by było zamieszczenie opisu warunków pomiarowych wszystkich zastosowanych metod badawczych;
- W Części eksperymentalnej na str 131: W zdaniu „...przez płuczkę wypełnioną ultraczystą wodą dejonizowaną.” niejasne jest, jaka była klasa czystości wody stosowanej w pomiarach. Czy Autorka kontrolowała rezystywność wody? Czy stosowana była woda ultraczysta czy woda dejonizowana?
- W Części eksperymentalnej na str 102: Zdanie „...mniejsza ilość tlenu węgla mogła to być przede wszystkim wynikiem...” wymaga korekty;
- W Części eksperymentalnej na str 139: Autorka napisała, że „Na Rys. 71A i B przedstawiłam MS-CV dla sygnału m/z = 28 (CO) (krzywa zaznaczona czarną linią), m/z = 2 (H₂) (krzywa zaznaczona czarną linią)....”. Tymczasem MS-CV dla sygnału m/z = 2 (H₂) krzywa na Rys. 71A i B jest zaznaczona pomarańczową linią;
- W Części eksperymentalnej na str 161: Zdanie „...przy potencjale redukcji CO₂ wynoszącego -2 V...” wymaga korekty;
- W Części eksperymentalnej opisy na Rys. 97, 98B, 99 i 102 są nieczytelne i odbiegają od konwencji pozostałych rysunków w pracy;
- W Części eksperymentalnej nie został wyjaśniony angielski skrót HPIC;
- W Części eksperymentalnej w Punkcie 3.3.4 dotyczącym pomiarów CO-Stripping na elektrodach ML-Pd/Au(111) zabrakło dyskusji o formach zaadsorbowanego CO i mechanizmie elektrochemicznego utleniania zaadsorbowanego tlenu węgla w roztworze wodorowęglanu potasu;
- W Podsumowaniu i wnioskach na str 197 Autorka ponownie wprowadziła skrót i nazwę angielską metody różnicowej elektrochemicznej spektrometrii mas (DEMS, ang. *Differential Electrochemistry Mass Spectrometry*);
- W Podsumowaniu i wnioskach str 200 Autorka ponownie wprowadziła skrót i nazwę angielską techniki spektroskopii wysokich ciśnień (ang. *Near Ambient Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy / Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy*, NAP-XPS/UPS);





- W Podsumowaniu i wnioskach na str 201: Zdanie „*Badania wskazują, że na właściwości katalityczne układów metalicznych szczególną rolę odgrywa środek ciężkości pasma d...*” wymaga korekty;
- W Podsumowaniu i wnioskach na str 201 Autorka ponownie wprowadziła skrót i nazwę angielską stopów podpowierzchniowych (ang. *Near Surface Alloy*) i stopów powierzchniowych (ang. *Surface Alloy*);
- W Podsumowaniu i wnioskach na str 202: Zdanie „*Wykorzystane przeze mnie narzędzia kontroli właściwości katalitycznych stanowią mogą być wykorzystywane również w innych procesach katalizy...*” wymaga przeredagowania;
- W Bibliografii na str pozycja 102. Januszewska, A., *Wpływ właściwości mezoskopowych na procesy elektrosorpcji wodoru w układach Pt-H i Pt-Pd-H*, in Wydział Chemii. 2011, Uniwersytet Warszawski, p. 92 wymaga korekty i uzupełnienia brakujących informacji. Domyślałam się, że była to dysertacja.

Dobór metod badawczych, sposób przedstawienia wyników, krytyczna analiza uzyskanych oryginalnych wyników i umiejętność ich interpretacji na tle literatury przedmiotu oraz jasność i poprawność wniosków świadczą o sprawności badawczej Autorki, Jej wiedzy i umiejętności korzystania ze złożonych narzędzi badawczych. Przyjęty sposób postępowania i realizacji badań wskazuje na dużą wiedzę teoretyczną i praktyczną Autorki w zakresie katalizy heterogenicznej, a w szczególności elektrokatalizy. Wykonana przez Autorkę praca doktorska przyczyniła się do podniesienia Jej kwalifikacji jako pracownika naukowego i budowania wysokiej jakości dorobku naukowego. Cytowane własne prace Autorki z dyscypliny nauk chemicznych były przedmiotem 5 artykułów w czasopismach naukowych z listy Journal Citation Reports o wysokim współczynniku wpływu i posiadają łącznie 67 cytowań w bazie WoS na dzień sporządzenia recenzji: *Chemistry - A European Journal* IF₂₀₁₃ = 6,032, *Journal of Physical Chemistry C* IF₂₀₁₅ = 4,509, *Langmuir* IF₂₀₁₄ = 4,457, *Journal of the Electrochemical Society* IF₂₀₁₇ = 3,662 oraz *Electrochimica Acta* IF₂₀₂₁ = 6,901. Sugeruję szybkie opublikowanie pozostałych oryginalnych i niejednokrotnie pionierskich wyników z zastosowaniem narzędzi statystycznych do analizy danych. Moje uwagi krytyczne zawarte w recenzji powinny być tylko wskazówką dla Autorki w przyszłej pracy naukowej, że należy więcej czasu poświęcać na korektę zamieszczonego tekstu.

W podsumowaniu mojej opinii uważam, że przedstawiona do recenzji praca bez wątpienia spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, które są określone w art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21 czerwca 2016 t. poz. 882) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Warszawskiego o dopuszczenie Pani mgr Anety Januszewskiej-Kubisk do publicznej dyskusji nad rozprawą.

Bożena Łoniewska



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH

Dr hab. Bożena Łosiewicz, prof. UŚ
Instytut Chemii
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. 75 Pułku Piechoty 1A
41-500 Chorzów
e-mail: bozena.losiewicz@us.edu.pl

Katowice, dn. 13 stycznia 2022 r.

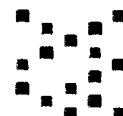
WNIOSEK O WYRÓŻNIENIE

pracy doktorskiej Pani mgr Anety JANUSZEWSKIEJ-KUBSIK
pt. *„Elektroredukcja dwutlenku węgla na metalicznych wielowarstwowych
katalizatorach modelowych opartych o pallad”*

wykonanej pod kierunkiem naukowym Pana dr hab. Rafała Jurczakowskiego, prof. UW
w Pracowni Elektroanalizy Chemicznej
Zakładu Chemii Nieorganicznej i Analitycznej
Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

Elektrochemiczna konwersja dwutlenku węgla do użytecznych produktów to potencjalna technologia, która może przezwyciężyć poważne problemy środowiskowe. Elektroredukcja CO₂ do węglowodorów i innych związków organicznych jest złożonym procesem, w którym ważnym produktem pośrednim jest zwykle zaadsorbowany tlenek węgla. Powinowactwo powierzchni katalizatora do tlenku węgla w dużym stopniu determinuje proces elektroredukcji: silnie związany CO hamuje dalszą redukcję, podczas gdy słabo związany CO łatwo ulega desorbacji i staje się produktem końcowym. W tym świetle najważniejszym osiągnięciem w przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej Pani mgr Anety Januszewskiej-Kubsiak jest w mojej opinii przeprowadzenie badań adsorpcji i utleniania monowarstwy tlenku węgla na elektrodach ML-Pd/Au(111) w roztworze wodorowęglanu potasu w szerokim zakresie potencjałów obejmującym obszar warstwy podwójnej, obszar podpotencjałowego osadzania wodoru (H-UPD) i nadpotencjałowego osadzania wodoru (H-OPD), co umożliwiło zbadanie adsorpcji tlenku węgla w zakresie potencjałów elektroredukcji dwutlenku węgla. Przeprowadzone pionierskie badania o charakterze podstawowym dostarczyły cennych informacji niezbędnych dla

Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice
tel.: 32 349 76 04, e-mail: dziekanat.wnst@us.edu.pl





UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH

zrozumienia zjawisk odpowiadających za aktywność i selektywność katalizatora oraz naturę jego centrów aktywnych. Uzyskana wiedza prowadzi do możliwości kontrolowanego i efektywnego projektowania nowych układów katalitycznych procesu elektroredukcji CO₂ o ściśle zaprojektowanych parametrach (ang. *tailored materials*), dlatego wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Warszawskiego o wyróżnienie pracy doktorskiej Pani mgr Anety Januszewskiej-Kubsik.

Bożena Losiewicz