

**dr hab. Szymon Chorąży, prof. UJ**

Kierownik Grupy Wielofunkcyjnych Materiałów Luminescencyjnych

Zakład Chemii Nieorganicznej

Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków

Tel. +48(12) 686 2607, e-mail: [simon.chorazy@uj.edu.pl](mailto:simon.chorazy@uj.edu.pl)



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Kraków, 09.12.2024r.

### **Recenzja**

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Dawida Janasika**

zatytułowanej:

**„Przełączniki molekularne jako środki kontrastowe <sup>19</sup>F MRI”**

Wydział Chemii

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska pana mgr inż. Dawida Janasika zatytułowana „Przełączniki molekularne jako środki kontrastowe <sup>19</sup>F MRI” została wykonana w Katedrze Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej pod kierunkiem pana dr hab. inż. Tomasza Krawczyka, prof. PŚ, uznanego badacza zajmującego się, m.in., syntezą i badaniem przełączników molekularnych oraz innych materiałów funkcjonalnych, w ostatnim czasie zwłaszcza w kierunku zastosowań w obrazowaniu rezonansem magnetycznym.

Rozprawa doktorska mgr inż. Dawida Janasika została napisana w formie komentarza do 4 opublikowanych artykułów naukowych w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (*Chemistry – A European Journal*, *Analytical Chemistry*, dwukrotnie *ACS Sensors*). We wszystkich tych pracach pan Dawid Janasik był pierwszym autorem i miał wiodący wkład w uzyskanie wyników naukowych będących ich postawą, jak również w przygotowanie samych prac (deklarowany wkład w każdą pracę na poziomie 60%). Rozprawa doktorska posiada typową dla tego typu opracowań konstrukcję, w której skład wchodzi streszczenia pracy (w języku polskim i angielskim), wstęp literaturowy, opis celu i zakresu pracy, krótkie omówienie wyników zawartych w opublikowanych pracach, podsumowanie i wnioski, bibliografia, prezentacja całego dorobku naukowego autora oraz kopie publikacji będących podstawą rozprawy wraz z materiałami dodatkowymi. Do wglądu recenzenta udostępnione zostały też oświadczenia autora rozprawy oraz współautorów wspomnianych 4 artykułów naukowych dotyczące ich wkładu w powstanie tych prac. Obecne są zatem wszystkie wymagane odpowiednimi przepisami ustawy elementy rozprawy doktorskiej.

Po tradycyjnych stronie tytułowej i spisie treści, rozprawa doktorska zawiera wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską. Podano w nim odpowiednie cytowania oraz zwyczajowe parametry (współczynnik *Impact Factor*, liczba punktów na liście MNiSW) wskazujące na wysoką jakość czasopism naukowych, w których zostały opublikowane prace będące podstawą rozprawy doktorskiej. Warto już w tym miejscu podkreślić, że wszystkie prace zostały opublikowane w uznanych czasopismach

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

[sekretar@chemia.uj.edu.pl](mailto:sekretar@chemia.uj.edu.pl)

[www.chemia.uj.edu.pl](http://www.chemia.uj.edu.pl)



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Wydział Chemii

o współczynnika IF powyżej 4 (3 prace w czasopismach z  $IF > 7$ ). Są to bardzo dobre czasopisma, za które odpowiadają renomowane wydawnictwa (Wiley, ACS), dzięki czemu nie ma większych obaw, co do jakości procesu recenzyjnego, przez który pomyślnie przeszły wszystkie prace będące podstawą rozprawy doktorskiej.

Kolejnymi częściami rozprawy doktorskiej jest wykaz zastosowanych w pracy skrótów oraz streszczenia pracy wraz ze słowami kluczowymi. Streszczenia zostały napisane rzetelnie, zawierają one najważniejsze osiągnięcia pracy, a w pierwszej części zawierają kilkudzaniowe wprowadzenie do tematyki prowadzonych badań. Dużo więcej na temat tła badawczego związanego z wynikami pracy doktorskiej można znaleźć w kolejnej części pracy, którą jest wstęp (literaturowy). Ze wstępu można dowiedzieć się, że tematyka pracy związana jest z rozwojem technik obrazowania rezonansem magnetycznym (MRI), a w szczególności wykorzystaniem techniki  $^{19}\text{F}$  MRI. Jest to niewątpliwie ważna tematyka badawcza z punktu widzenia aplikacyjnego, ponieważ odnosi się do ciągłej potrzeby udoskonalania technik obrazowania procesów fizjologicznych wewnątrz organizmu ludzkiego, co jest ważne z punktu widzenia diagnostyki i leczenia wielu chorób, w tym nowotworowych. Przekonujące i bardzo cenne jest pokazana we wstępie dyskusja zalet i wad techniki  $^{19}\text{F}$  MRI w porównaniu do tradycyjnie stosowanej techniki  $^1\text{H}$  MRI, jak również w kontekście innych metod obrazowania. Dzięki takiej konstrukcji wstępu, łatwo jest poznać motywacje kierujące badaniami prowadzonymi w pracy, zwłaszcza w kontekście poszukiwania nowych materiałów/związków, które można wykorzystać jako efektywne środki kontrastowe w technice  $^{19}\text{F}$  MRI. W kolejnych rozdziałach wstępu autor rozprawy krótko opisuje najczęściej otrzymywane i badane związki pod kątem zastosowania w metodzie  $^{19}\text{F}$  MRI, w tym małe cząsteczki, polimery, emulsje, kapsułki i inne. W kolejnej części wstępu opisany jest nowy trend badań dotyczący konstrukcji inteligentnych sond do  $^{19}\text{F}$  MRI, w szczególności sond wielofunkcyjnych, zdolnych do raportowania o różnych biomarkerach poprzez oddziaływanie ze środowiskiem chemicznym (np. kwasowość, redoks) czy biologicznym (np. enzymy). Opisane zostały przykłady sond  $^{19}\text{F}$  MRI wykrywających aktywność enzymatyczną, środowisko redukcyjne, zmiany pH i specyficzne jony. W ostatnim fragmencie wstępu autor naświetla krótko ideę przełączników molekularnych, wprowadzając jako przykład hydrazony, co jest nieprzypadkowym wyborem, ponieważ związki z udziałem ugrupowań hydrazonowych były tematem badań prezentowanych w rozprawie doktorskiej. Wstęp został napisany klarownie, pozwalając czytelnikowi na zrozumienie dziedziny badań, którą zajmował się autor rozprawy. Wstęp jednak nieco lakoniczny, wiele ze wspomnianych tematów/idei zostało przedstawionych skrótowo. W szczególności cenne dla czytelnika ogólnochemicznego byłoby zawarcie krótkiego opisu zjawisk fizycznych (i charakterystyki wykonywanych pomiarów) stosowanych w technice MRI. Szeroko stosowana i badana koncepcja przełączników molekularnych mogłaby być również opisana z użyciem choćby 1–2 reprezentatywnych przykładów, np. układów

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Wydział Chemii

molekularnych sterowanych światła czy cząsteczkami gościa. Wskazywałoby to na jeszcze szersze spojrzenie autora rozprawy na eksplorowaną tematykę badawczą. Byłoby również niezwykle interesujące, gdyby autor rozprawy w kilku słowach nakreślił stan badań dotyczących innych heteronuklearnych technik MRI, takich jak  $^{23}\text{Na}$  MRI,  $^{31}\text{P}$  MRI, czy też  $^{129}\text{Xe}$  MRI, zwłaszcza w porównaniu z dyskutowanymi technikami  $^{19}\text{F}$  i  $^1\text{H}$  MRI (np. czy można je, na obecny stan wiedzy, umiejscowić na rysunku 1 pod względem czułości i rozdzielczości?). Z punktu widzenia edytorskiego uciążliwym elementem wstępu był brak wskazania w tekście odniesienia do większości zastosowanych rysunków, przez co czytelnik musi wnioskować sam, w którym fragmencie powinien zwrócić uwagę na dany rysunek.

Kolejną częścią rozprawy doktorskiej jest rozdział poświęcony celowi i zakresowi pracy. W części tej autor klarownie prezentuje najważniejsze cele przyświecające wykonywanej pracy badawczej, które bezpośrednio znalazły odzwierciedlenie w artykułach naukowych zawartych w pracy. Generalnie, celem pracy doktorskiej było opracowanie i ocena przydatności hydrazonowych przełączników molekularnych zawierających grupy fluorooorganiczne do obrazowania pH metodą  $^{19}\text{F}$  MRI, przy czym w ramach pracy podjęto też próbę umiejscowienia prowadzonych badań w szerszym kontekście prężnie rozwijającej się dziedziny multimodalnych sond  $^{19}\text{F}$  MRI w połączeniu z innymi technikami, takimi jak obrazowanie fluorescencyjne czy  $^1\text{H}$  MRI. Takie podejście, zrealizowane poprzez zawarcie jednej pracy przeglądowej do zestawu artykułów będących podstawą rozprawy, jest logiczne i pokazuje dobre zaznajomienie się autora z najnowszymi trendami badań. Dzięki temu zaproponowane badania dobrze wpisują się obecny rozwój dziedziny i zostały dobrze przyjęte przez środowisko, na co wskazuje ich publikacja we wspomnianych uznanych czasopismach naukowych. W kolejny rozdziale rozprawy doktorskiej autor omawia najważniejsze uzyskane wyniki naukowe, przy czym skupia się na trzech opublikowanych artykułach naukowych zawierających oryginalne wyniki pracy eksperymentalnej i teoretycznej, nie odwołując się już na tym etapie do opublikowanej pracy przeglądowej będącej częścią samej rozprawy. Fragmenty tej pracy znalazły się we wstępie, co jest częściowo zrozumiałe. W mojej opinii brakuje jednak komentarza na temat tej pracy (publikacja nr 1 na liście prac stanowiących rozprawę doktorską) w rozdziale dotyczącym omówienia wyników, co budzi o tyle zdziwienie, że dokonanie przeglądu literaturowego pojawia się jako jeden z celów pracy. Nie jest to znaczące uchybienie, utrudnia jedynie zidentyfikowanie zawartej w tym artykule analizy literatury jako części ocenianego osiągnięcia naukowego. Moja lektura wspomnianej **publikacji nr 1** wskazuje, że jest ona starannym przeglądem najnowszych badań w dziedzinie obrazowania metodą  $^{19}\text{F}$  MRI, zwłaszcza w kontekście konstrukcji wielofunkcyjnych sond  $^{19}\text{F}$  MRI jednocześnie zapewniających dostęp do użycia innych technik (obrazowanie fluorescencyjne,  $^1\text{H}$  MRI czy obrazowanie fotoakustyczne) oraz pozwalających na wykrywanie różnych zmian, np. wykrywanie jonów  $\text{Ca}^{2+}$  czy aktywności enzymatycznej. Oryginalne wyniki

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Wydział Chemii

naukowe uzyskane w pozostałych trzech pracach są już opisane w sposób klarowny w omawianym rozdziale pracy.

W ramach swojej pracy badawczej w ramach **publikacji nr 2** pan mgr inż. Dawid Janasik zaprojektował, otrzymał i zbadał nowe hydrazonowe przełączniki molekularne sterowane zmianą środowiska z zasadowego na kwasowe, powodującą protonację grupy pirydynowej, a przez to zmianę konformacji badanej cząsteczki. Dzięki obecności grupy fluoroorganicznej tego przełącznika możliwe stało się śledzenie gradientu pH (zwłaszcza w zakresie 3–4) za pomocą przesunięć chemicznych sygnałów  $^{19}\text{F}$  i  $^1\text{H}$  NMR. Najbardziej obiecujący związek z otrzymanej serii przełączników (z grupą fluoroorganiczną w pozycji orto pierścienia fenyłowego) wykorzystano do obrazowania gradientu pH z wykorzystaniem zmiany przesunięcia chemicznego przy pomocy rezonansu magnetycznego  $^{19}\text{F}$ , co było możliwe dzięki współpracy z grupą badawczą z IFJ PAN w Krakowie. Jest to cenna praca, w której połączono pracę eksperymentalną ze wsparciem obliczeniowym, co pozwoliło na dokładne zrozumienie obserwowanego przełączania chemicznego za pomocą pH i jego wpływu na widma NMR, a finałem badań było przetestowanie uzyskanego najbardziej obiecującego związku w realnym obrazowaniu  $^{19}\text{F}$  MRI. Jedyłą moją wątpliwość budzą podane w pracy wnioski, a zwłaszcza stwierdzenie, że obserwowane zmiany przesunięcia chemicznego związane z indukowaną zmianą pH izomeryzacją otrzymanych cząsteczek są zaskakująco duże. To stwierdzenie kłóci się z kolejną pracą (publikacja nr 3) omówioną w dyskutowanym rozdziale rozprawy, w której stwierdza się stosunkowo małą różnicę przesunięć chemicznych dla izomerów otrzymanych uprzednio związków. Czy zatem wspomniane zmiany przesunięć chemicznych można uznać za małe czy duże? Jeżeli są zbyt małe, żeby można je wygodnie stosować do wiarygodnego badania gradientu pH, to czy można zaproponować możliwe kierunki optymalizacji (zwiększenia) tej różnicy poprzez modyfikację przełącznika molekularnego, czy też należy spodziewać się, że inne pochodne z rodziny hydrazonów będą wykazywały raczej podobne wartości zmian we wspomnianych przesunięciach chemicznych?

W ramach **publikacji nr 3** pan mgr inż. Dawid Janasik zaprojektował, otrzymał i zbadał serię przełączników molekularnych opartych na hydrazonach funkcjonalizowanych grupami cyklenowymi pozwalającymi na przyłączenie różnych jonów metali. Umożliwiło to zastosowanie tego typu przełączników molekularnych jako czujników zmian pH z wykorzystaniem nie zmian w przesunięciu chemicznym, a zmian czasów relaksacji  $T_1$  i  $T_2$  w wyniku modyfikowanych izomeryzacją części hydrazonowej odległości pomiędzy centrum paramagnetycznym (jon metalu) a atomami fluoru decydującymi o sygnale  $^{19}\text{F}$  NMR (tzn. modulowanie efektu paramagnetycznego wzmocnienia relaksacji). W ramach tej pracy wykonano rzetelne systematyczne badania szeregu przełączników molekularnych różniących się położeniem grup fluoroorganicznej w pierścieniu fenyłowym oraz różniących się jonami metali. Część badań zrealizowano poprzez przewidywania teoretyczne, część zweryfikowano

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl





eksperymentalnie. Najbardziej obiecujące zmiany czasów relaksacji (względne zmiany, najbardziej istotne z punktu widzenia obrazowania) podczas izomeryzacji związanej ze zmianą pH zaobserwowano dla kompleksu Gd(III), dla którego wykonano eksperymenty obrazowania gradientu pH z użyciem techniki  $^{19}\text{F}$  MRI, pokazując potencjał aplikacyjny otrzymanego przełącznika molekularnego. W pracy tej, podobnie jak poprzednio, efektywnie połączono podejście teoretyczne i eksperymentalne oraz testowanie realnego potencjału aplikacyjnego, co pozwoliło na przedstawienie ciekawej grupy zaawansowanych przełączników molekularnych łączących organiczne ugrupowanie fotoaktywne wyposażone w atomy fluoru z częścią koordynacyjną zawierającą jon metalu. Każdy z tych elementów wnosi kluczowe cechy niezbędne do działania badanego przełącznika jako czujnika zmian pH, co pokazuje racjonalność zastosowanej ścieżki projektowania związku o pożądanym właściwościach.

W **publikacji nr 4** pan mgr inż. Dawid Janasik otrzymał i zbadał szeroką rodzinę pochodnych zaprezentowanego wcześniej (w publikacji nr 2) przełącznika molekularnego opartego na hydrazonie. Dzięki modyfikacji strukturalnej opartej na różnych podstawnikach w pierścieniu fenylovym lub pirydynowym przełącznika, możliwe było dostosowanie zakresu pH, w którym następuje izomeryzacja. Jest to kluczowe zagadnienie z punktu widzenia aplikacyjnego, ponieważ obrazowanie np. zmian nowotworowych wymaga śledzenia zmian pH w zakresie 6,1–7,4, podczas gdy wyjściowy przełącznik wykazuje izomeryzację w zakresie pH 3–4. Dzięki odpowiednim modyfikacjom, możliwe było efektywne sterowanie zakresem pH izomeryzacji przełącznika od pH 1 do 6, co połączono z wiarygodną korelacją pomiędzy  $\text{pK}_a$  każdego przełącznika a stałą Hammetta podstawników. Zawarte w tej pracy wyniki naukowe są zatem warte docenienia zarówno ze względów naukowych, ponieważ zawierają starannie przebadaną serię związków o zrationalizowanej zmienności właściwości fizycznych, jak również ze względów aplikacyjnych, ponieważ prowadzą do zaproponowania struktury przełącznika, który będzie działał w pożądanym zakresie pH.

Dodatkową sekcją wydzieloną w rozdziale poświęconym omówieniu wyników badań jest dyskusja rozpuszczalności otrzymanych związków, co jest ważne w kontekście ich ewentualnego zastosowania jako środków kontrastowych. Ta krótka, ale cenna, sekcja porusza ważną kwestię praktyczną i podkreśla realne sposoby użycia otrzymanych przełączników w obrazowaniu MRI.

W kolejnej części rozprawy doktorskiej znaleźć można podsumowanie i wnioski płynące ze zrealizowanych badań. W dużej mierze jest to podsumowanie głównych osiągnięć naukowych opisanych dla poszczególnych publikacji powyżej. Z lektury tego podsumowania, jak i samych publikacji, z całą pewnością można stwierdzić, że otrzymane wyniki naukowe są znakomitym wkładem we współczesne badania dotyczące nowych związków do zastosowania w technice  $^{19}\text{F}$  MRI w kontekście zwłaszcza śledzenia zmian pH w organizmie ludzkim. W mojej opinii kluczowym



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Wydział Chemii

fragmentem rozdziału „Podsumowanie i wnioski” jest ostatni akapit, w którym autor wymienia propozycje kierunków dalszych badań, do których zalicza rozwój prac na sposobem dostarczania otrzymanych przełączników molekularnych w klinicznym obrazowaniu, sprawdzenie innych źródeł fluoru poprzez zamontowanie alternatywnych grup funkcyjnych w badanym typie cząsteczek oraz opracowanie strategii zwiększania udziału atomów fluoru przy zachowaniu możliwości rozpuszczania otrzymanych związków. Są to racjonalne propozycje dalszych badań, które mogą przyczynić się do rozwoju dziedziny. Co warto podkreślić, jak autor wskazuje, drugi z tych tematów jest obecnie realizowany w ramach projektu PRELUDIUM NCN, którego pan mgr inż. Dawid Janasik jest kierownikiem. Moją ciekawość w kontekście zaprezentowanych wniosków budzi sam fakt skupienia się na przełącznikach hydrazonowych. Czy istnieją i mogą być rozważane inne ugrupowania organiczne wykazujące analogiczne właściwości, np. izomeryzujące pod wpływem zmian pH? Jakie kierunki dalszej rozbudowy/funkcjonalizacji cząsteczek hydrazonowych, poza zaproponowanymi prostymi podstawnikami w obrębie grupy fenyłowej i pirydynowej, mogłyby być warte rozważenia w kontekście wzmacniania ich użyteczności w obrazowaniu  $^{19}\text{F}$  MRI lub generowaniu ich bardziej wielofunkcyjnego charakteru?

Po rozdziale „Podsumowanie i wnioski”, autor zawarł listę cytowanych prac, która obejmuje pokaźną liczbę 209 pozycji. Z kolei zaprezentowany jest dorobek naukowy pana mgr inż. Dawida Janasika. Poza 4 publikacjami wchodzącymi w skład pracy doktorskiej, jej autor jest współautorem 3 innych artykułów w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, co łącznie sumuje się do bardzo dobrego (na tym etapie kariery badawczej) dorobku publikacyjnego. Pan mgr inż. Dawid Janasik jest również autorem dwóch rozdziałów w monografii naukowej ujętej w ministerialnym wykazie wydawnictw, zaprezentował swoje wyniki w ramach 8 wystąpień konferencyjnych (z czego 2 poza granicami Polski), odbył również 3 krótkoterminowe staże naukowe (ok. 2–4 miesięczne). Wskazuje to na bardzo dobrą aktywność naukową młodego badacza będące autorem rozprawy. Po części związanej z dorobkiem naukowym, w pracy znaleźć można kopie 4 wybranych artykułów naukowych wraz z materiałami dodatkowymi, co jest ostatnim elementem przedłożonej mi do recenzji rozprawy.

Jak można wnioskować z powyższej dyskusji, rozprawa doktorska pana mgr inż. Dawida Janasika została napisana starannie i rzetelnie, zawiera wszystkie niezbędne elementy reprezentujące pracę badawczą wykonaną na wysokim poziomie. Nie mam również zarzutów (poza wspomnianym brakiem odniesienia do części rysunków w tekście wstępu) do strony graficznej i technicznej pracy. Co najważniejsze, z pracy można jednoznacznie wnioskować zarówno o wysokim poziomie wiedzy teoretycznej autora, jak i nabytej umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**Jednocześnie, w mojej opinii, przedłożona mi do oceny rozprawa doktorska jest oryginalnym rozwiązaniem przedstawionego problemu badawczego i spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z zapisami Ustawy**

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

**Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. z 2023 r., poz. 742 z późn. zm.).** W szczególności, zaprezentowana tematyka badawcza wpisuje się doskonale w obecne światowe trendy badań w dziedzinie chemii nowych materiałów, a zawarte w recenzji uwagi nie wpływają negatywnie na wysoki poziom merytoryczny przeprowadzonych przez autora pracy badań, ich prezentacji i płynących z nich wniosków. W związku z tym, wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Dawida Janasika do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie nauki chemiczne.

Jednocześnie ze względu na wysoki poziom zawartych w rozprawie wyników naukowych, reprezentowany między innymi przez opublikowanie związanych z nimi 4 artykułów w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym (średni IF = 7,4; 3 prace w czasopismach o IF > 7), oraz bardzo dobry dorobek naukowy autora pracy, **wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Dawida Janasika.** W ramach dodatkowego uzasadnienia tego wniosku, chciałbym podkreślić, że 3 z 4 zawartych w pracy doktorskiej artykułów naukowych zawiera znaczące osiągnięcia w dziedzinie badań nad nowymi przełącznikami molekularnymi do zastosowań jako inteligentne środki kontrastowe w metodzie  $^{13}\text{F}$  MRI o spodziewanej rosnącej roli w diagnostyce medycznej. Tego typu prace naukowe łączące badania podstawowe i testy realnych zastosowań w diagnostyce warte są docenienia i kontynuowania, a zaprezentowana rozprawa doktorska wyróżnia się na ich tle wysokim poziomem merytorycznym i oryginalnością w podejściu badawczym.

Wydział Chemii

ul. Gronostajowa 2  
30-387 Kraków  
tel. +48 12 686 26 00  
fax +48 12 686 27 50  
sekretar@chemia.uj.edu.pl  
www.chemia.uj.edu.pl