



**UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE
WYDZIAŁ CHEMII**

dr Beata Nowicka

Solwatomagnetyczne sieci koordynacyjne z mostkami cyjankowymi

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w związku z ubieganiem się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Kraków 2017

Spis treści

| | |
|--|----|
| 1. Dane kontaktowe | 3 |
| 2. Wykształcenie | 3 |
| 3. Zatrudnienie w jednostkach naukowych | 3 |
| 4. Monotematyczny cykl publikacji stanowiący podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego | 4 |
| 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego | 4 |
| 4.2. Lista publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe | 4 |
| 4.3. Podsumowanie cyklu publikacji | 6 |
| 4.4. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników | 7 |
| 4.4.1. Wprowadzenie | 7 |
| 4.4.2. Charakterystyka bloków budulcowych | 9 |
| 4.4.3. Mikroporowate sieci o unikalnej elastyczności szkieletu | 11 |
| 4.4.4. Kontrolowane sorpcją przeniesienie ładunku | 16 |
| 4.4.5. Sieci oparte na innych jonach metali w kompleksach z cyclamem | 17 |
| 4.4.6. Podsumowanie najważniejszych osiągnięć | 20 |
| 4.4.7. Perspektywy rozwoju badań | 21 |
| 4.4.8. Cytowana literatura | 22 |
| 5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze | 24 |
| 5.1. Omówienie pozostałej tematyki badawczej | 24 |
| 5.2. Lista publikacji naukowych spoza cyklu wymienionego w punkcie 4.2 | 27 |
| 5.3. Podsumowanie dorobku naukowego, dane bibliometryczne | 31 |
| 5.4. Udział w realizacji projektów badawczych | 32 |
| 5.5. Nagrody i wyróżnienia | 32 |
| 5.6. Wykłady na zaproszenie | 33 |
| 5.7. Udział w konferencjach naukowych | 33 |
| 6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski | 38 |
| 6.1. Działalność popularyzatorska | 38 |
| 6.2. Prowadzone zajęcia dydaktyczne | 39 |
| 6.3. Opieka nad pracami licencjackimi | 39 |
| 6.4. Opieka nad pracami magisterskimi | 40 |
| 6.5. Opieka nad pracą doktorską | 40 |
| 6.6. Opracowanie ćwiczeń i materiałów dydaktycznych, koordynacja kursów | 40 |
| 6.7. Pozostałe osiągnięcia dydaktyczne | 41 |
| 7. Współpraca międzynarodowa i działalność organizacyjna | 42 |
| 7.1. Staże naukowe w ośrodkach zagranicznych | 42 |
| 7.2. Współpraca międzynarodowa | 42 |
| 7.3. Udział w sieciach badawczych | 42 |
| 7.4. Udział w organizacji konferencji i warsztatów | 43 |
| 7.5. Pozostała działalność organizacyjna | 43 |
| 7.6. Recenzowanie publikacji w czasopiśmie naukowych | 43 |

1. Dane kontaktowe

Beata Nowicka

Zespół Nieorganicznych Materiałów Molekularnych, Zakład Chemii Nieorganicznej

Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

ul. Ingardena 3, 30-060 Kraków

e-mail: beata.nowicka@uj.edu.pl

tel.: 12 663 2051

2. Wykształcenie

1993: magister chemii, praca magisterska pt. „Oddziaływania cyjanowych kompleksów molibdenu i wolframu z pochodnymi pirydyny”, Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, promotor: prof. dr hab. Alina Samotus

1998: doktor nauk chemicznych, praca doktorska pt. „Cyjanowe kompleksy molibdenu (IV) i wolframu (IV) oraz ich oddziaływania ze związkami organicznymi” - doktorat z wyróżnieniem, Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, promotor: prof. dr hab. Alina Samotus

3. Zatrudnienie w jednostkach naukowych

| | |
|-------------------|--|
| 10.1993 - 03.1998 | doktorant, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński |
| 04.1998 - 09.2008 | asystent, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński (07.2001 - 09.2005 urlop macierzyński i wychowawczy) |
| 10.2008 - obecnie | adiunkt, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński |

4. Monotematyczny cykl publikacji stanowiący podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

4.1. Tytuł osiągnięcia

Solwatomagnetyczne sieci koordynacyjne z mostkami cyjankowymi

4.2. Lista publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

- H1. **B. Nowicka***, M. Rams, K. Stadnicka, B. Sieklucka “Reversible guest induced magnetic and structural single-crystal-to-single-crystal transformation in microporous coordination network $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{W}(\text{CN})_8]_2\}_n$ ” *Inorg. Chem.* **2007**, *46*, 8123-8125.
Impact Factor: 4.123 Lista MNiSW: 40 Liczba cytowań: 55
Udział własny 70%: koncepcja badań, zaprojektowanie i synteza związku, zaplanowanie i wykonanie badań dehydratacji, dyskusja korelacji magnetyczno-strukturalnych, opracowanie całości publikacji.
- H2. **B. Nowicka***, M. Bałanda, B. Gaweł, G. Cwiak, A. Budziak, W. Łasocha, B. Sieklucka “Microporous $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{W}(\text{CN})_8]_2\}_n$ affording reversible structural and magnetic conversions” *Dalton Trans.* **2011**, *40*, 3067-3073.
Impact Factor: 3.838 Lista MNiSW: 40 Liczba cytowań: 18
Udział własny 60%: koncepcja badań, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezę próbek, zaplanowanie i udział w wykonaniu badań sorpcyjnych, dyskusja zmian strukturalnych, opracowanie większej części i redakcja całości publikacji.
- H3. **B. Nowicka***, T. Korzeniak, O. Stefańczyk, D. Pinkowicz, S. Chorąży, R. Podgajny, B. Sieklucka* “The impact of ligands upon topology and functionality of octacyanidometallate-based assemblies” *Coord. Chem. Rev.* **2012**, *256*, 1946-1971.
Impact Factor: 11.016 Lista MNiSW: 50 Liczba cytowań: 72
Udział własny 35%: dyskusja koncepcji pracy, opracowanie rozdziałów Introduction, Macrocyclic Ligands i Conclusions wraz z wykonaniem przeglądu literatury, redakcja i sprawdzenie spójności całości pracy.

- H4. **B. Nowicka***, M. Reczyński, W. Nitek, B. Sieklucka, "Cyclams with varied degree of protonation in the assemblies with cyano complexes of Mo and W" *Polyhedron* **2012**, *47*, 73-78.
Impact Factor: 1.813 Lista MNiSW: 30 Liczba cytowań: 0
Udział własny 70%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy i badania spektroskopowe, analiza i dyskusja wyników, opracowanie całości publikacji.
- H5. **B. Nowicka***, M. Bałanda, M. Reczyński, A. M. Majcher, M. Kozieł, W. Nitek, W. Łasocha, B. Sieklucka "A water sensitive ferromagnetic [Ni(cyclam)]₂[Nb(CN)₈] network" *Dalton Trans.* **2013**, *42*, 2616-2621.
Impact Factor: 4.097 Lista MNiSW: 40 Liczba cytowań: 6
Udział własny 50%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy i badania sorpcyjne, dyskusja wyników strukturalnych i magnetycznych, opracowanie większej części i redakcja całości publikacji.
- H6. **B. Nowicka***, M. Reczyński, M. Rams, W. Nitek, M. Kozieł, B. Sieklucka "Larger pores and higher Tc: {[Ni(cyclam)]₃[W(CN)₈]₂·solv}_n - a new member of the largest family of pseudo-polymorphic isomers among octacyanometallate-based assemblies" *CrystEngComm* **2015**, *17*, 3526-3532.
Impact Factor: 3.849 Lista MNiSW: 35 Liczba cytowań: 5
Udział własny 60%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy i badania sorpcyjne, dyskusja wyników strukturalnych i magnetycznych, opracowanie większej części i redakcja całości publikacji.
- H7. **B. Nowicka***, M. Reczyński, M. Rams, W. Nitek, J. Żukrowski, C. Kapusta, B. Sieklucka "Hydration-switchable charge transfer in the first bimetallic assembly based on the [Ni(cyclam)]³⁺ - magnetic CN-bridged chain {(H₃O)[Ni^{III}(cyclam)] [Fe^{II}(CN)₆]·5H₂O}_n" *Chem. Commun.* **2015**, *51*, 11485-11488.
Impact Factor: 6.567 Lista MNiSW: 40 Liczba cytowań: 6
Udział własny 50%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy i badania sorpcyjne, analiza i dyskusja wyników strukturalnych i magnetycznych, opracowanie całości publikacji.
- H8. **B. Nowicka***, M. Reczyński, M. Bałanda, M. Fitta, B. Gaweł, B. Sieklucka "The rule rather than the exception: structural flexibility of [Ni(cyclam)]²⁺-based cyano-bridged magnetic networks" *Cryst. Growth Des.* **2016**, *16*, 4736-4743.
Impact Factor: 4.425 Lista MNiSW: 35 Liczba cytowań: 1
Udział własny 60%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy i badania sorpcyjne, wykonanie pomiaru i rozwiązanie struktury monokrystalicznej, dyskusja wyników strukturalnych i magnetycznych, opracowanie całości publikacji.

- H9. **B. Nowicka***, M. Heczko, M. Reczyński, M. Rams, B. Gawęł, W. Nitek, B. Sieklucka
“Exploration of a new building block for the construction of cyano-bridged solvatomagnetic assemblies: [Ni(cyclam)]³⁺” *CrystEngComm*. **2016**, 18, 7011-7020.
Impact Factor: 3.849 Lista MNiSW: 35 Liczba cytowań: 0
Udział własny 50%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy, badania dehydratacji i pomiary strukturalne, dyskusja wyników strukturalnych i magnetycznych, opracowanie większej części i redakcja całości publikacji.
- H10. **B. Nowicka***, M. Heczko, M. Rams, M. Reczyński, B. Gawęł, W. Nitek, B. Sieklucka
“Solvatomagnetic studies of the cyano-bridged bimetallic chains based on [Mn(cyclam)]³⁺ and hexacyanometallates” *Eur. J. Inorg. Chem.* **2017**, 99-106.
Impact Factor: 2.686 Lista MNiSW: 30 Liczba cytowań: 0
Udział własny 50%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezy, badania dehydratacji i pomiary strukturalne, dyskusja wyników strukturalnych i magnetycznych, opracowanie większej części i redakcja całości publikacji.

*autor korespondent

Impact Factor podawany jest dla roku publikacji lub najbliższego roku dla którego był dostępny

Liczba punktów MNiSW - lista A 2016.

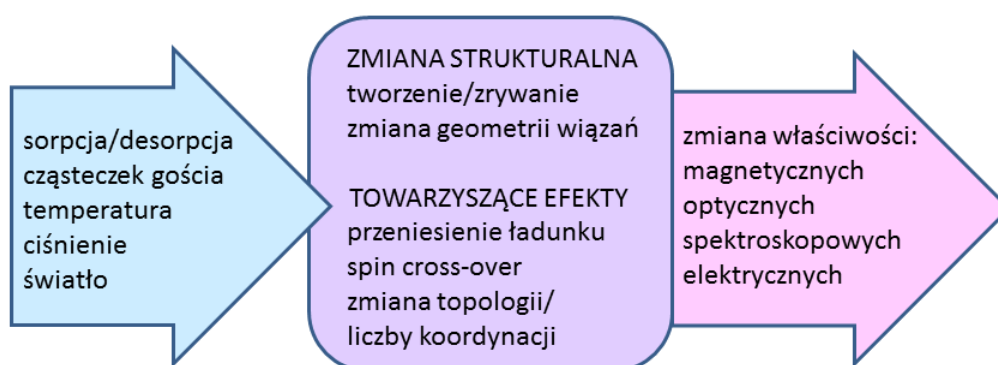
4.3. Podsumowanie cyklu publikacji

| | |
|---|--------|
| Sumaryczny Impact Factor: | 46.263 |
| Średni Impact Factor: | 4.626 |
| Suma punktów MNiSW: | 375 |
| Średnia liczba punktów MNiSW: | 37.5 |
| Liczba cytowań (wg. bazy Web of Science Core Collection): | 163 |

4.4. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników

4.4.1. Wprowadzenie

Molekularne materiały magnetyczne stanowią stosunkowo nową grupę związków badaną od około 30 lat.¹ W przeciwieństwie do klasycznych magnetyków, jakimi są stopy i tlenki metali, zbudowane są one modułowo z nieorganicznych i organicznych cząsteczek lub jonów. Pozwala to na łączenie na poziomie molekularnym różnorodnych właściwości oraz racjonalne projektowanie i modyfikowanie związków poprzez wymianę bloków budulcowych. Znaczną grupę magnetyków molekularnych stanowią sieci koordynacyjne, w których oddziaływania magnetyczne między jonami metali następują przez ligandy mostkujące. Jedną z ciekawych właściwości możliwą do uzyskania w magnetykach molekularnych jest wrażliwość na bodźce zewnętrzne takie jak zmiany temperatury czy obecność innych substancji w środowisku. Działanie takich czynników powoduje zmiany strukturalne, którym mogą towarzyszyć dodatkowe efekty, takie jak zmiana stanu spinowego (spin cross-over - SCO) lub przeniesienie ładunku (charge transfer CT), powodujące zmianę struktury elektronowej. Mierzalnym efektem działania bodźców zewnętrznych na sieć jest zmiana jej właściwości (rys. 1). Przykładem układów wrażliwych na czynniki zewnętrzne są związki solwatomagnetyczne, w których pod wpływem usunięcia, wprowadzenia lub wymiany cząsteczek rozpuszczalnika w sieci krystalicznej następuje zmiana właściwości magnetycznych. Związki takie są potencjalnymi czujnikami lub przełącznikami molekularnymi. Ponadto badania efektu solwatomagnetycznego pozwalają na lepsze zrozumienie zależności między strukturą a oddziaływaniami magnetycznymi.



Rys. 1. Reakcja sieci na czynniki zewnętrzne.

Punktem wyjścia prezentowanej poniżej tematyki badawczej był krótki projekt jaki zrealizowałam pod koniec studiów doktoranckich i tuż po doktoracie w ramach wyjazdu stypendialnego na Uniwersytecie Erlangen-Nürnberg. Polegał on na zsyntetyzowaniu i scharakteryzowaniu szeregu sieci koordynacyjnych opartych na kationowym bloku budulcowym $[\text{Ni}(\text{cyclam})]^{2+}$ (cyclam = 1,4,7,11-tetraazacyklotetradekan) oraz policyjanometalanach o różnej liczbie koordynacji. Otrzymałam cztery takie sieci o trzech różnych stechiometriach: $[\text{Ni}(\text{cyclam})]_2[\text{M}(\text{CN})_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (M = Mo, W), $[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $[\text{Ni}(\text{cyclam})][\text{Pt}(\text{CN})_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Dla związku opartego o paramagnetyczne jony $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ określiłam charakterystykę magnetyczną we współpracy z Instytutem Badań Fizycznych i Chemicznych (RIKEN) w Japonii. Efektem tych badań była publikacja P8 (patrz rozdział 5.2) Niewątpliwie słabym punktem tej pracy była niemożność ustalenia struktury sieci z powodu braku kryształów o jakości umożliwiającej analizę rentgenograficzną na monokryształach. Zaobserwowałam i opisałam natomiast ciekawe zjawisko odwracalnego odwadniania w stosunkowo łagodnych warunkach, charakteryzujące wszystkie cztery związki. W tym samym czasie wiele zespołów badawczych zajmowało się podobną tematyką i równolegle z moją publikacją ukazała się praca prezentująca właściwości magnetyczne i strukturę badanej przeze mnie sieci Ni_3Fe_2 .² Wraz z pojawieniem się innych doniesień o pokrewnych sieciach z mostkami CN^{3,4} temat wydawał się wyczerpany i został zarzucony przez grupę badawczą prof. Kisha z Uniwersytetu Erlangen-Nürnberg.

W roku 2005 po kilkuletniej przerwie w pracy (przebywałam na urlopie wychowawczym) dołączyłam do Zespołu Nieorganicznych Materiałów Molekularnych i rozpoczęłam badania dotyczące magnetyków molekularnych w ramach projektu „Wielordzeniowe materiały molekularne z mostkami cyjanowymi”. Równolegle z badaniami nad klastrami koordynacyjnymi, które stanowiły moje zasadnicze zadanie w realizowanym projekcie (tematyka opisana w rozdziale 5.1) postanowiłam zbadać bardziej szczegółowo zjawisko odwodnienia w sieciach opartych na jonie $[\text{Ni}(\text{cyclam})]^{2+}$ i wyjaśnić jego znaczenie dla właściwości magnetycznych. Pod koniec XX wieku pojawiły się pierwsze doniesienia o materiałach zmieniających właściwości magnetyczne pod wpływem odwracalnego odwadniania, które określono jako gąbki magnetyczne. Związki dla których ukuto to pojęcie stanowiły specyficzny rodzaj sieci koordynacyjnych, w których występowały słabo skoordynowane cząsteczki wody. Skutkiem ich usunięcia w procesie dehydratacji były drastyczne zmiany strukturalne polegające na tworzeniu nowych wiązań i połączeń mostkowych lub zmianie liczby koordynacji.⁵ Wpływ wody krystalizacyjnej (czy szerzej cząsteczek rozpuszczalnika krystalizacyjnego) na właściwości magnetyczne nie był jasny.

Pojawiały się pojedyncze doniesienia o specyficznych związkach zmieniających strukturę i zachowanie magnetyczne w wyniku desolvatacji,⁶ wielu badaczy zakładało jednak, że odejście wody krystalizacyjnej nie ma istotnego wpływu na właściwości magnetyczne, czego najlepszym dowodem jest wspomniana wcześniej publikacja dotycząca sieci Ni_3W_2 ,² gdzie przedstawiono struktury dwóch różnych hydratów, ale dane magnetyczne tylko dla jednego układu, w domyśle będącego mieszaniną obu form. Czasem publikowano również dane strukturalne otrzymane dla kryształów zabezpieczonych przed utratą wody na ich podstawie interpretując zachowanie magnetyczne określone dla związków wysuszonych na powietrzu i dodatkowo poddanych w komorze magnetometru działaniu zmniejszonego ciśnienia.³ Zasadniczym celem podjętej przeze mnie tematyki badawczej było określenie wpływu obecności rozpuszczalnika krystalizacyjnego na właściwości magnetyczne sieci koordynacyjnych z mostkami CN^- .

Cykl publikacji, który przedstawiam jako osiągnięcie habilitacyjne obejmuje dziewięć prac oryginalnych będących wynikiem badań nad efektem solwatomagnetycznym w sieciach opartych o liniowy kationowy blok budulcowy $[\text{M}(\text{cyclam})]^{n+}$ ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Mn}$) i policyjanometalany oraz jedną pracę przeglądową związaną z tą tematyką.

4.4.2. Charakterystyka bloków budulcowych

Blokami budulcowymi wykorzystanymi przeze mnie do konstrukcji układów solwatomagnetycznych są policyjanometalany oraz kationowe kompleksy metali 3d z makrocyclicznym ligandem blokującym 1,4,7,11-tetraazacyklotetradekaniem (cyclam).

W magnetycznych sieciach koordynacyjnych oddziaływania magnetyczne między jonami metali następują przez ligandy mostkujące. Są one z reguły słabsze niż oddziaływania w magnetykach klasycznych, które zachodzą w wyniku bezpośredniego nakładania orbitali magnetycznych lub poprzez jednoatomowy jon O^{2-} . Z tego powodu magnetyki molekularne zwykle charakteryzują się niskimi temperaturami uporządkowania. Ligand cyjankowy ze względu na mały rozmiar i obecność nisko położonych orbitali antywiązących π jest jednym z najlepszych ligandów pośredniczących w nadwymianie magnetycznej. Znane są układy oparte na mostkach CN^- o temperaturach uporządkowania powyżej temperatury pokojowej.⁷ Równocześnie ligand cyjankowy pozwala na kształtowanie sieci koordynacyjnych o różnej wymiarowości i topologii zawierających w strukturze fragmenty organiczne, co umożliwia wprowadzanie dodatkowych funkcjonalności. Mostki CN^- mogą ulegać znacznemu

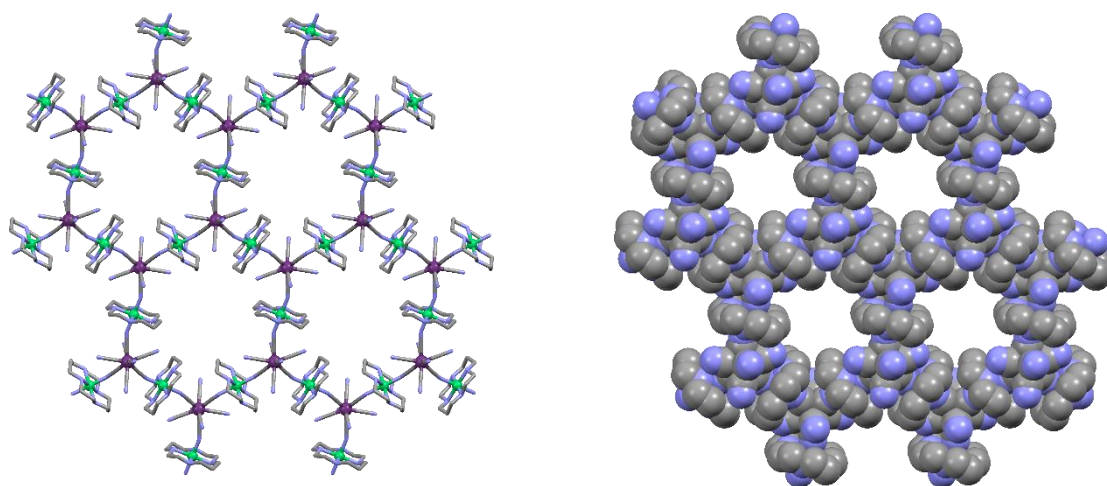
odkształceniu (kąt wiązania M-N-C w znanych układach przyjmuje wartości od 130° do 180°),⁸ co umożliwia adaptację kształtu sieci do zmiennych ilości rozpuszczalnika krystalizacyjnego. Dla oktacyjanometalanów efekt ten jest dodatkowo wspomagany przez możliwość zmiany geometrii bryły koordynacyjnej.⁹ Ponadto sieci z mostkami cyjankowymi są trwałe. Jako układy polimerowe są one praktycznie nierozpuszczalne, najczęściej odporne na działanie temperatur do 100°C lub wyższych oraz umiarkowanie stężonych kwasów (10M HCl). Mimo wysokiej toksyczności samego jonu CN^- , trwałe kompleksy cyjankowe charakteryzują się znacznie niższą toksycznością, np. heksacyjanożelazian(II) jest na tyle nisko toksyczny, że w postaci różnych soli stanowi dodatek do żywności dopuszczony do użycia w Unii Europejskiej (E535, E536, E538).

Makrocykliczny ligand cyclam posiada cztery atomy donorowe azotu oddzielone alifatycznymi jednostkami dwu- i trój- węglowymi i tworzy relatywnie trwałe kompleksy z wieloma metalami przejściowymi. W większości znanych związków zajmuje on cztery pozycje ekwatorialne w strukturze oktaedrycznej, pozostawiając dwie pozycje aksjalne z ligandami jednowiązącymi, najczęściej cząsteczkami rozpuszczalnika lub przeciwjonami.¹⁰ W ten sposób kompleksy z cyclamem stanowią kationowe liniowe bloki budulcowe. W połączeniu z policyjanometalanami pozwala to na uzyskanie sieci o długich odcinkach pomiędzy węzłami i co za tym idzie potencjalnie porowatych. Równocześnie dzięki obecności centrów paramagnetycznych pomiędzy węzłami zachowany zostaje kontakt magnetyczny. Cyclam jest jednym z najmniejszych ligandów zapewniających blokowanie pozycji ekwatorialnych, a fragmenty alifatyczne powodują jedynie słabe oddziaływania międzycząsteczkowe. Dzięki temu ligand ten nie utrudnia odkształceń sieci będących wynikiem desolvatacji.

Istotny wpływ ligandów blokujących na strukturę i właściwości związków bimetalicznych z mostkami cyjankowymi był przedmiotem publikacji przeglądowej H3. Praca ta zawiera wyczerpujący przegląd scharakteryzowanych do roku 2012 magnetyków molekularnych opartych na oktacyjanometalanach wraz ze szczegółową analizą roli ligandów oraz nieskoordynowanych cząsteczek gości w kształtowaniu topologii oraz funkcjonalności sieci. Mimo że praca omawia jedynie układy zbudowane na jonach $[\text{M}(\text{CN})_8]^{n-}$, wnioski dotyczące wykorzystania określonych typów ligandów w kationowych blokach budulcowych w celu uzyskania pożądanых cech polimeru koordynacyjnego są uniwersalne i odnoszą się w równym stopniu do sieci opartych na innych policyjanometalanach.

4.4.3. Mikroporowate sieci o unikalnej elastyczności szkieletu

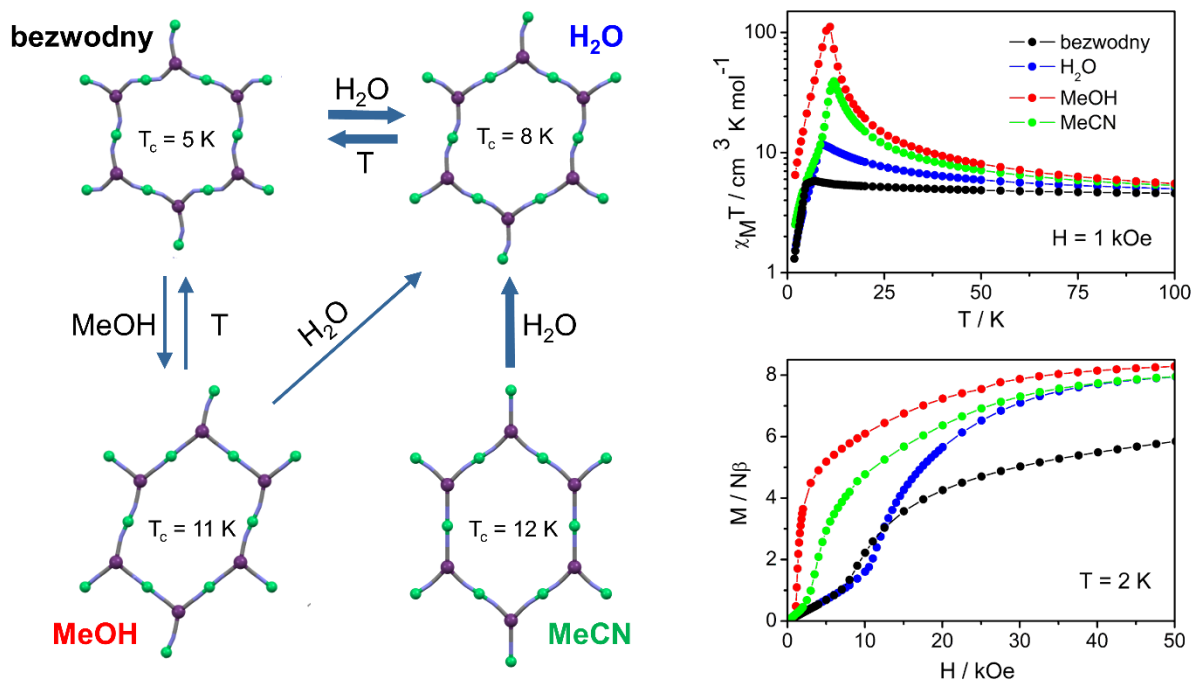
Pierwszym scharakteryzowanym przeze mnie układem solwatomagnetycznym była dwuwymiarowa mikroporowata sieć o topologii plastra miodu (rys. 2) oparta na kationach $[\text{Ni}(\text{cyclam})]^{2+}$ i anionach $[\text{W}(\text{CN})_8]^{3-}$. W strukturze tego związku obecne są kanały przecinające warstwy sieci wypełnione nieuporządkowaną wodą krystalizacyjną. Wodę tę można usunąć w warunkach podwyższonej temperatury (60-80°C) w całkowicie odwracalnym procesie zachodzącym z zachowaniem monokrystaliczności. Ten rzadko obserwowany efekt pozwolił na określenie struktury formy uwodnionej i bezwodnej w pomiarach dyfrakcji rentgenowskiej na monokryształach.



Rys. 2. Struktura sieci $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{W}(\text{CN})_8]_2 \cdot 16\text{H}_2\text{O}\}_n$ (po lewej) z uwidocznionymi mikroporowatymi kanałami przecinającymi warstwy (po prawej); kolory: W-fioletowy, Ni-zielony, C-szary; N-niebieski; atomy wodoru i cząsteczki wody krystalizacyjnej pominięto.

Obie formy wykazują różnice strukturalne polegające na odkształceniu szkieletu sieci. Najistotniejszą z nich jest wywołane akomodacją cząsteczek wody rozciągnięcie sześciocząłowego oczka sieci (rys. 3). Związane jest to przede wszystkim ze wzrostem wartości kątów wiązań M-N-C, które można określić jako rozprostowanie mostka CN^- . W wyniku dalszych badań udało mi się uzyskać dwie inne formy pseudopolimorficzne sieci Ni_3W_2 : formę modyfikowaną metanolem, oraz formę zawierającą w strukturze mieszane rozpuszczalniki z przewagą acetonitrylu, możliwą do otrzymania bezpośrednio w syntezie. Wprowadzenie większych cząsteczek gości spowodowało dalsze rozciąganie i zmianę symetrii oczek sieci a także wypłaszczenie i większe rozseparowanie warstw spowodowane penetracją przestrzeni międzywarstwowych przez cząsteczki organicznych rozpuszczalników.

Pomiędzy poszczególnymi formami pseudopolimorficznymi możliwe są różne ścieżki konwersji, przedstawione schematycznie na rysunku 3, gdzie szerokimi strzałkami oznaczone są przemiany z zachowaniem monokryształowości.



Rys. 3. Zmiany strukturalne i magnetyczne w sieci {[Ni(cyclam)]₃[W(CN)₈]₂}_n; w strukturze pokazano jedynie ligandy mostkujące; szerokie strzałki oznaczają przejścia z zachowaniem monokryształowości.

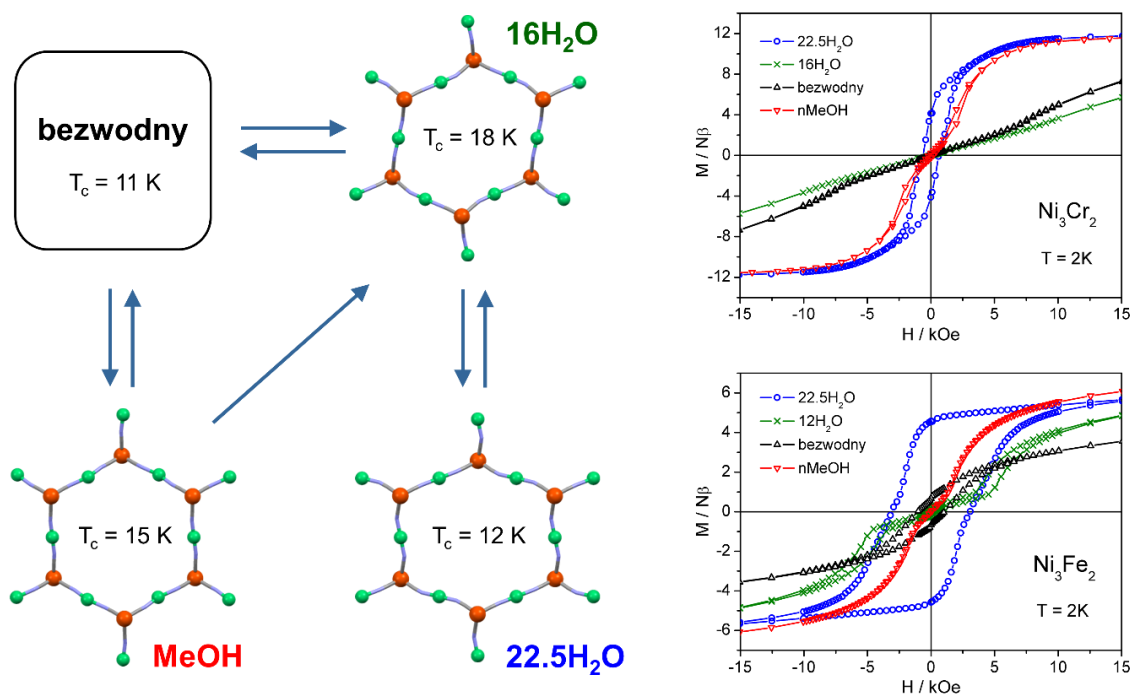
Mimo, że zmiany strukturalne spowodowane solwatacją dotyczą jedynie geometrii wiązań i słabych oddziaływań międzycząsteczkowych, powodują one istotne różnice we właściwościach magnetycznych. Wszystkie cztery formy pseudopolimorficzne wykazują charakter metamagnetyczny wynikający z obecności silnych oddziaływań o przeważającym charakterze ferromagnetycznym przez mostki cyjankowe w ramach warstw oraz słabszych oddziaływań antyferromagnetycznych pomiędzy warstwami. Zachowanie to widoczne jest we wzroście iloczynu podatności magnetycznej i temperatury przy obniżaniu temperatury, spowodowanym oddziaływaniami ferromagnetycznymi w warstwach i następującym po nim spadku χT odzwierciedlającym uporządkowanie antyferromagnetyczne (rys. 3, górny wykres). W zależności magnetyzacji od pola (rys. 3, dolny wykres) dla metamagnetyków pojawia się charakterystyczny punkt przegięcia będący wynikiem następującego pod wpływem pola magnetycznego przejścia fazowego od fazy antyferromagnetycznej (charakteryzującej się powolnym liniowym wzrostem magnetyzacji ze wzrostem pola) do fazy ferromagnetycznej

(charakteryzującej się szybkim wzrostem $M(H)$ do wartości nasycenia). Mimo podobnego charakteru oddziaływań, właściwości magnetyczne poszczególnych solwatów znacznie się różnią, co widać w przebiegu krzywych $\chi T(T)$ i $M(H)$ oraz wartościach temperatury uporządkowania magnetycznego T_c i pola krytycznego dla przejścia metamagnetycznego. Najbardziej widoczna jest znacznie niższa wartość magnetyzacji dla formy bezwodnej, wynikająca z antyferromagnetycznego oddziaływania jednego z jonów Ni^{II} w ramach warstwy. Zmiana siły i charakteru oddziaływania przez mostek cyjankowy związana jest ze zmianą kąta M-N-C. W formie bezwodnej jeden z mostków jest silnie zgięty (150°), co skutkuje antyferromagnetycznym oddziaływaniem jednego z trzech jonów Ni^{II} z sąsiednimi centrami W^V . W formach solwatowanych mostek ulega rozprostowaniu co skutkuje zmianą charakteru sprzężenia magnetycznego. W formach zawierających cząsteczki rozpuszczalników organicznych, gdzie kąty M-N-C przyjmują największe wartości oddziaływania ferromagnetyczne w ramach warstw są najsilniejsze co skutkuje szybszym wzrostem wartości iloczynu χT ze spadkiem temperatury. Równocześnie większe odległości i związane z tym słabsze oddziaływania międzywarstwowe powodują obniżenie wartości pola krytycznego dla przejścia matamagnetycznego w stosunku do wartości obserwowanych dla formy uwodnionej i bezwodnej.

$\{[Ni(\text{cyclam})]_3[W(\text{CN})_8]_2\}_n$ jest jedyną siecią koordynacyjną z mostkami CN^- dla której udało się w pełni scharakteryzować strukturalnie i magnetycznie tak dużą liczbę form pseudopolimorficznych. Wyniki badań nad efektem solwatomagnetycznym w tym związku były podstawą trzech publikacji (H1, H2 i H6). Pierwsza praca (H1) opisująca zmiany strukturalne i magnetyczne w wyniku odwracalnego odwadniania została w roku 2009 przytoczona wraz z rysunkiem przedstawiającym strukturę i zależność podatności magnetycznej od temperatury w podręczniku "Coordination Polymers: Design, Analysis and Application",¹¹ gdzie sieć Ni_3W_2 podano jako przykład magnetycznego polimeru koordynacyjnego wrażliwego na bodźce zewnętrzne.

Odkrycie niespotykanej wcześniej elastyczności szkieletu koordynacyjnego dla sieci Ni_3W_2 skłoniło mnie do zbadania pod kątem potencjalnych właściwości solwatomagnetycznych analogicznych układów opartych na heksacyjanometalanach. Były to dwa związki o wzorze $\{[Ni(\text{cyclam})]_3[M(\text{CN})_6]_2 \cdot nH_2O\}_n$ ($M = Fe, Cr$), których synteza została wcześniej opublikowana,^{2,3} w tym sieć Ni_3Fe_2 , dla której nie udało mi się ustalić struktury w toku poprzednich badań (publikacja P8). Oba związki otrzymałam w postaci izostrukuralnych hydratów zawierających 22,5 cząsteczki wody, nie obserwując przy tym tworzenia mieszaniny hydratów dla sieci Ni_3Fe_2 raportowanej przez innych autorów.²

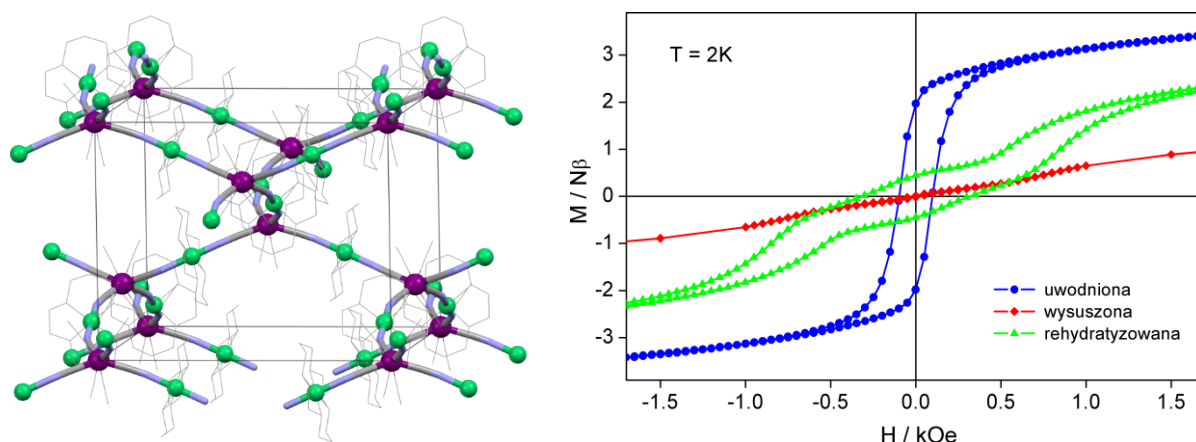
Struktura sieci jest analogiczna do układu Ni_3W_2 z kanałami wypełnionymi wodą krystalizacyjną przecinającymi warstwy o topologii plastra miodu. Dla obu sieci możliwe okazało się w pełni odwracalne częściowe, a następnie całkowite odwodnienie, jak również uzyskanie formy modyfikowanej metanolem. Podobnie jak w przypadku sieci opartej na oktacyjanowolframianie(V) otrzymałam cztery formy pseudopolimorficzne. Świadczy to o porównywalnej elastyczności szkieletu, mimo sztywności oktaedrycznej bryły koordynacyjnej heksacyjanometalanów. Dla sieci Ni_3Fe_2 i Ni_3Cr_2 istnieją analogiczne formy i identyczne ścieżki konwersji między nimi. Wyjątek stanowi trwała na powietrzu forma częściowo uwodniona, która zawiera 12 cząsteczek wody krystalizacyjnej w przypadku związku Ni_3Fe_2 oraz 16 w przypadku Ni_3Cr_2 . Na rysunku 4 przedstawione zostały zmiany w kształcie szkieletu sieci Ni_3Cr_2 . Struktury form częściowo uwodnionych oraz formy modyfikowanej metanolem zostały ustalone na podstawie badań dyfrakcji proszkowej. Ustalenie struktury nie było możliwe dla formy bezwodnej ze względu na słabą jakość dyfraktogramu. Zmianie ilości i rodzaju rozpuszczalnika towarzyszy modyfikacja właściwości magnetycznych, co dla obu sieci zilustrowane zostało na rysunku 4 zmianami w kształcie i rozmiarze histerezy magnetycznej oraz wartości temperatury uporządkowania T_c . Szczegółowa analiza zmian magnetycznych oraz ich korelacji ze strukturą przedstawiona została w pracy H8.



Rys. 4. Zmiany magnetyczne w sieciach $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{M}(\text{CN})_6]_2\}_n$ ($\text{M} = \text{Cr}, \text{Fe}$) oraz zmiany strukturalne w sieci Ni_3Cr_2 ; w strukturze pokazano jedynie ligandy mostkujące; kolory: Cr-pomarańczowy, Ni-zielony.

Otrzymanie rodziny sieci koordynacyjnych i scharakteryzowanie szeregu odmian pseudopolimorficznych dla każdej z nich pozwoliło na określenie w jaki sposób zmiany strukturalne, w szczególności dotyczące zgięcia mostka CN^- , odległości międzycząsteczkowych i obecności wiązań wodorowych wpływają na sprzężenia magnetyczne. Szczegółowa analiza korelacji magneto-strukturalnych w dużej mierze stanowi o wartości omówionych powyżej prac.

Badania nad solwatomagnetyzmem sieci 2-wymiarowych nasunęły pytanie, w jakim stopniu elastyczność szkieletu wynika ze specyficznej mikroporowatej struktury typu plastra miodu i czy na bazie podobnych bloków budulcowych można uzyskać solwatomagnetyczne układy o innej wymiarowości i topologii. Poprzez wymianę anionowego bloku budulcowego na oktacyjanoniobian(IV) zmieniłam stechiometrię sieci i uzyskałam związek o wzorze $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_2[\text{Nb}(\text{CN})_8] \cdot m\text{H}_2\text{O}\}_n$. Choć jego struktury nie udało się określić, na podstawie stechiometrii i właściwości magnetycznych, pokazujących dalekozasięgowe uporządkowanie ferromagnetyczne, postulowałam budowę analogiczną do trójwymiarowej sieci opartej na diamagnetycznych jonach $[\text{W}^{\text{IV}}(\text{CN})_8]^{4-}$ o topologii diamentu (rys. 5). Sieć tę charakteryzuje mikroporowata budowa o kanałach nieco węższych niż w sieciach 2D, biegnących natomiast w różnych kierunkach i tworzących w ten sposób trójwymiarową sieć porów dostępnych dla cząsteczek wody. W pełni uwodniona forma Ni_2Nb ulega nieodwracalnemu odwodnieniu do formy stabilnej na powietrzu, która w procesie rehydratacji ulega jedynie częściowemu nawodnieniu, bez możliwości powrotu do formy wyjściowej. Zmiany stopnia uwodnienia powodują istotne zmiany właściwości magnetycznych, między innymi zmianę kształtu histerezy magnetycznej (rys. 5). Wprowadzenie do sieci cząsteczek gości innych niż woda



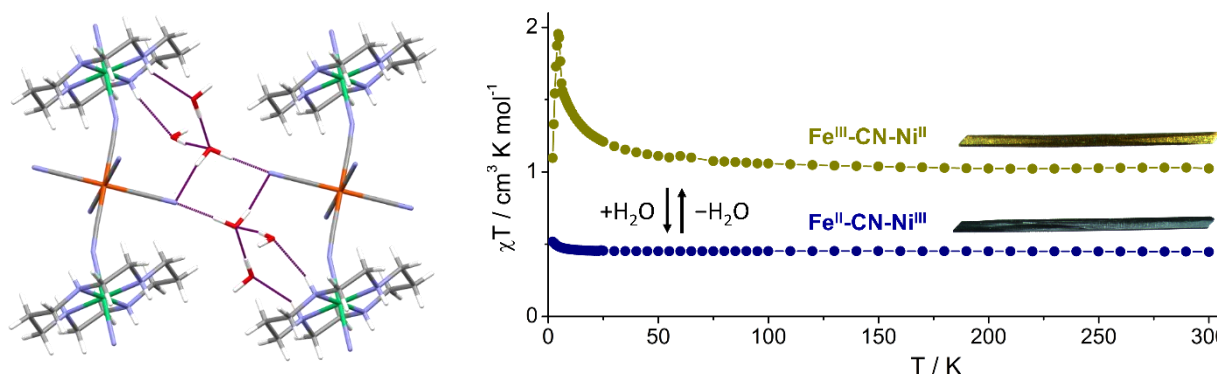
Rys. 5. Struktura sieci 3D $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_2[\text{W}(\text{CN})_8] \cdot m\text{H}_2\text{O}\}_n$ oraz histereza magnetyczna zależna od stopnia uwodnienia dla analogicznej sieci $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_2[\text{Nb}(\text{CN})_8] \cdot m\text{H}_2\text{O}\}_n$.

okazało się niemożliwe z powodu małej średnicy porów. Badania dotyczące sieci Ni₂Nb i Ni₂W zostały przedstawione w publikacji H5. Ich wyniki pokazują, że efekty solwatomagnetyczne występują również w sieciach 3D, chociaż nie są tak spektakularne jak w przypadku sieci 2D.

4.4.4. Kontrolowane sorpcją przeniesienie ładunku

Zmiana wymiarowości w kierunku sieci 1D doprowadziła do uzyskania nowych funkcjonalności powiązanych z efektem solwatomagnetycznym. Przeprowadzenie reakcji pomiędzy jonami [Ni^{II}(cyclam)]²⁺ i [Fe^{III}(CN)₆]³⁻ w środowisku kwaśnym spowodowało wbudowanie do struktury jonów H⁺ i uzyskanie związku o stechiometrii 1:1 i topologii łańcucha. Potencjały redukcji dla par [Ni(cyclam)]^{3+/2+} oraz [Fe(CN)₆]^{3-/4-} silnie zależą od odczynu roztworu i zmieniają się w przeciwnych kierunkach. W stanie stałym obecność jonu H⁺ doprowadziła do zmiany kolejności tych potencjałów i powstania trwałego związku zawierającego jony Ni^{III} i Fe^{II}. Ta nietypowa i nieoczekiwana zmiana stopni utlenienia została potwierdzona szeregiem komplementarnych technik (magnetometrią, spektroskopią Mössbauera, IR i UV-vis, oraz analizą długości wiązań M-C i M-N) jak również alternatywną drogą syntezy wychodzącą z substratów na stopniach utlenienia występujących w otrzymanym związku, czyli jonów [Ni(cyclam)]³⁺ i [Fe(CN)₆]⁴⁻. Otrzymany łańcuchowy układ {(H₃O)[Ni^{III}(cyclam)][Fe^{II}(CN)₆]·5H₂O}_n charakteryzuje się nieporowatą strukturą ze zlokalizowaną i związaną wiązaniami wodorowymi wodą krystalizacyjną (rys. 6). Możliwe jest jednak odwracalne usunięcie 2 cząsteczek wody przez wysuszenie w temperaturze 60°C. Procesowi temu towarzyszy przeniesienie ładunku z utworzeniem jonów Ni^{II} i Fe^{III}. W efekcie zmiany struktury elektronowej obu centrów metalicznych następuje nie tylko zmiana niskotemperaturowej charakterystyki magnetycznej, jak miało to miejsce w przypadku sieci o wyższej wymiarowości, ale również zmiana podatności magnetycznej w temperaturze pokojowej oraz zmiana barwy związku (rys. 6).

Proces kontrolowanego sorpcją przeniesienia ładunku jest bardzo rzadki. Dla sieci z mostkami CN⁻ obserwowany był wcześniej jedynie w kilku układach.¹² Jest on niezwykle ciekawy z punktu widzenia potencjalnych zastosowań w konstrukcji czujników i przełączników molekularnych. Odkrycie efektu przeniesienia ładunku w nietypowej parze redoks Ni^{II/III} – Fe^{II/III}, która jest przedmiotem pracy H7, otwiera nowe możliwości konstruowania układów przełącznikowych.



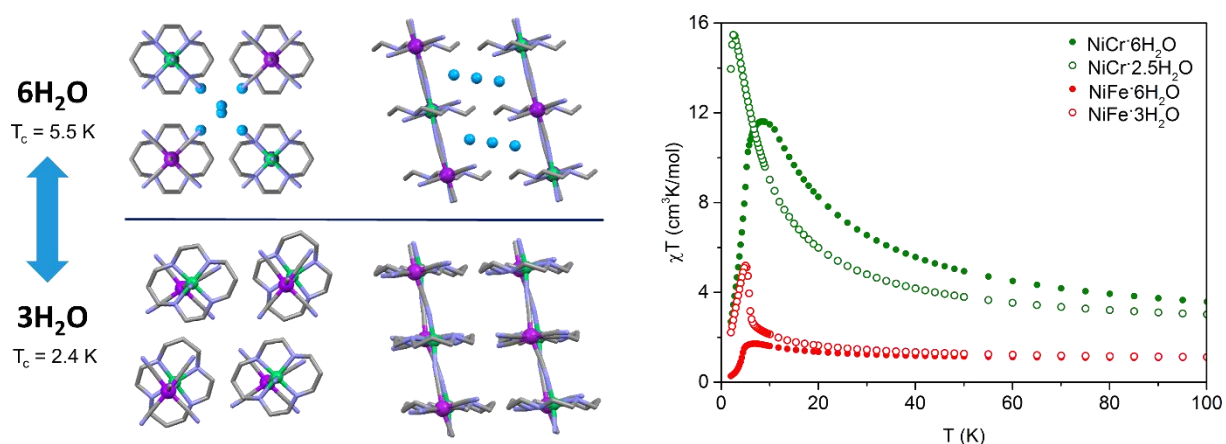
Rys. 6. Struktura $\{(H_3O)[Ni^{III}(cyclam)][Fe^{II}(CN)_6] \cdot 5H_2O\}_n$ z uwidocznionymi wiązaniami wodorowymi oraz fotografie kryształów i wykres zależności podatności magnetycznej od temperatury dla formy uwodnionej i odwodnionej ilustrujące zmianę barwy i właściwości magnetycznych w wyniku przeniesienia ładunku.

4.4.5. Sieci oparte na innych jonach metali w kompleksach z cyclamem

Kolejnym podjętym przeze mnie krokiem w badaniach nad sieciami solwatomagnetycznymi było sprawdzenie przydatności innych poza Ni^{2+} jonów metali jako kationowych bloków budulcowych. Pierwsze próby konstruowania sieci z mostkami CN^- opartymi na kationie Fe^{3+} w formie kompleksu z cyclamem zakończyły się niepowodzeniem i doprowadziły do uzyskania serii jonowych związków zawierających dwu lub czterokrotnie sprotonowany cyclam jako kation oraz aniony $[Mo(CN)_8]^{4-}$, $[W(CN)_8]^{3-}$ lub $[W(bpy)(CN)_6]^{2-}$ ($bpy = 2,2'$ bipirydył). Charakterystyka strukturalna tych soli, w szczególności analiza różnic konformacyjnych pierścienia cyclamu, została przedstawiona w pracy H4.

Przypadkowe otrzymanie łańcucha z jonami $[Ni(cyclam)]^{3+}$, opisanego w rozdziale 4.4.4, skłoniło mnie do skonstruowania kolejnych układów z niklem na nietypowym trzecim stopniu utlenienia. Ponieważ w łańcuchu z efektem przeniesienia ładunku $Ni(III)$ sąsiaduje z diamagnetycznymi jonami $[Fe(CN)_6]^{4-}$, niemożliwe było zaobserwowanie sprzężeń magnetycznych przez mostek CN^- . W związku z tym użyłam jonu $[Ni(cyclam)]^{3+}$ w kombinacji z paramagnetycznymi heksacyjanometalanami $Fe(III)$ i $Cr(III)$. Zgodnie z oczekiwaniami uzyskałam w ten sposób dwa izostrukuralne związki o budowie łańcuchowej o wzorze $\{[Ni^{III}(cyclam)][M^{III}(CN)_6] \cdot 6H_2O\}$, które wykazują odwracalne częściowe odwodnienie powodujące zmiany strukturalne i magnetyczne (rys. 7). Zbadanie sprzężeń

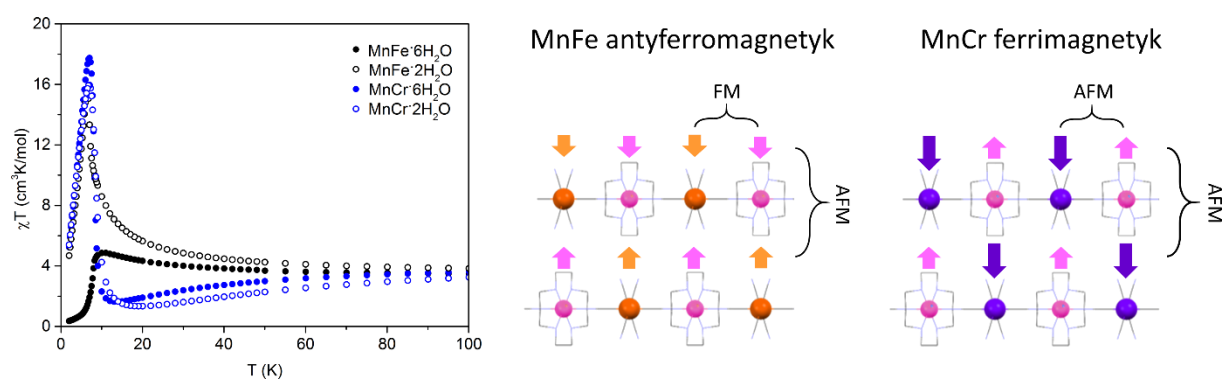
magnetycznych było o tyle istotne, że jon Ni(III) nigdy nie był wykorzystywany w konstrukcji układów z mostkami cyjankowymi. Co więcej, nie są znane żadne układy tego typu, które zawierałyby oktaedryczny kationowy blok budulcowy o konfiguracji d^7 w stanie niskospinowym (jony Co^{2+} jako kationy w sieciach z mostkami CN^- występują w stanie wysokospinowym, a jony o konfiguracji $4d^7$ lub $5d^7$ tworzą kompleksy płaskokwadratowe). Badania magnetyczne pokazały, że oba układy charakteryzują ferromagnetyczne oddziaływania między jonami Ni(III) a Fe(III) lub Cr(III) przez mostki CN^- oraz antyferromagnetyczne oddziaływania między łańcuchami. Wyznaczone wewnątrz łańcuchowe stałe sprzężenia J dla układów NiCr są porównywalne lub nieco wyższe niż wartości obserwowane dla układów $\text{Cu}^{\text{II}}\text{-Fe}^{\text{III}}$ i $\text{Cu}^{\text{II}}\text{-Cr}^{\text{III}}$, w których kation $\text{Cu}(\text{II})$, podobnie jak Ni(III), posiada jeden orbital magnetyczny (d_z^2 lub $d_{x^2-y^2}$ w zależności od kierunku deformacji Jahn-Tellera). Podobnie jak w układach opartych na jonach Ni(II) odwodnienie powoduje osłabienie oddziaływań magnetycznych w łańcuchu NiCr, co związane jest ze zgięciem mostka CN^- . Co ciekawe, w łańcuchu NiFe następuje wzrost sprzężeń po odwodnieniu, co wynikać może ze skrócenia wiązań Ni-N i zaburzenia efektu Jahn-Tellera. Charakterystyka układów Ni(III)-Fe i Ni-Cr przedstawiona została w pracy H9.



Rys. 7. Zmiany strukturalne i magnetyczne następujące pod wpływem odwracalnego odwadniania w łańcuchach $\{[\text{Ni}^{\text{III}}(\text{cyclam})][\text{M}^{\text{III}}(\text{CN})_6]\}_n$ ($\text{M} = \text{Cr}, \text{Fe}$); wartości temperatury uporządkowania antyferromagnetycznego T_c dotyczą układu NiCr.

Następnym testowanym przeze mnie kationowym blokiem budulcowym był kompleks Mn(III) w cyklamie. Związki o wzorze $[\text{Mn}(\text{cyclam})][\text{M}(\text{CN})_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} = \text{Cr}, \text{Fe}$) były wcześniej raportowane,¹³ nie ustalono jednak ich struktury z badań dyfrakcji rentgenowskiej na monokryształach i nie badano procesów odwadniania. W reakcji $[\text{Mn}(\text{cyclam})]^{3+}$ z heksacyjanometalanami(III) otrzymałam układy łańcuchowe MnFe i MnCr w formie

krystalicznych heksahydratów izostrukuralnych z opisanymi wcześniej związkami opartymi na kationie Ni(III). Wymiana centrum metalicznego na jon Mn(III) o znacznie większym spinie ($s = 2$) niż spin jonów Ni(III) ($s = 1/2$) skutkuje wyższymi temperaturami uporządkowania magnetycznego. Ponadto w łańcuchu MnCr, w przeciwieństwie do pozostałych układów, oddziaływania poprzez mostek CN^- mają charakter antyferromagnetyczny. Wraz antyferromagnetycznymi oddziaływaniami pomiędzy łańcuchami, które sprzęgają sąsiadujące ze sobą przeciwjony, skutkuje to powstaniem podsieci Mn i Cr o przeciwnie zorientowanych nierównocennych spinach i wynikającym z tego uporządkowaniem ferrimagnetycznym (rys. 8). Dla obu sieci MnFe i MnCr możliwe jest odwodnienie do stabilnych dihydratów, któremu towarzyszą wyraźnie zmiany struktury i właściwości magnetycznych. Proces rehydratacji nie jest jednak całkowicie odwracalny i prowadzi do uzyskania mieszaniny dwóch form strukturalnych. Mimo niecałkowitej odwracalności procesu odwadniania, uzyskane wyniki pokazują, że w badanym typie sieci koordynacyjnych możliwe jest regulowanie sprzężeń magnetycznych przez wymianę kationowego bloku budulcowego przy jednoczesnym zachowaniu właściwości solwatomagnetycznych. Badania układów MnCr i MnFe są przedmiotem publikacji H10.



Rys. 8. Temperaturowa zależność podatności magnetycznej w stałym polu 1000 Oe dla układów $\{[\text{Mn}^{\text{III}}(\text{cyclam})][\text{M}^{\text{III}}(\text{CN})_6]\}_n$ ($M = \text{Cr}, \text{Fe}$) o różnym stopniu uwodnienia oraz schemat pokazujący charakter sprzężeń przez mostki CN^- oraz sprzężeń między łańcuchami i wynikający z nich rodzaj dalekozasięgowego uporządkowania magnetycznego.

4.4.6. Podsumowanie najważniejszych osiągnięć

1. Znalezienie bloków budulcowych pozwalających na skuteczne projektowanie i konstruowanie sieci koordynacyjnych o różnej wymiarowości i topologii charakteryzujących się elastycznością szkieletu i wynikającymi z niej efektami solwatomagnetycznymi.
2. Otrzymanie i scharakteryzowanie pod względem struktury i właściwości magnetycznych szeregu sieci koordynacyjnych w postaci wielu odmian pseudopolimorficznych.
3. Wykazanie istnienia silnych zależności między sprzężeniami magnetycznymi a geometrią wiązań, odległościami międzycząsteczkowymi oraz obecnością wiązań wodorowych w uzyskanych sieciach.
4. Użycie po raz pierwszy kationu niklu na nietypowym III stopniu utlenienia w konstrukcji sieci z mostkami cyjankowymi i zaobserwowanie wymiany magnetycznej przez mostek CN^- dla jonu o konfiguracji d^7 w stanie niskospinowym.
5. Otrzymanie magnetycznego materiału molekularnego wykazującego bardzo rzadkie zjawisko sterowanego sorpcją odwracalnego przeniesienia ładunku o ciekawym potencjale aplikacyjnym.

4.4.7. Perspektywy rozwoju badań

Uzyskana w wyniku omówionych powyżej prac wiedza o układach solwatomagnetycznych z mostkami cyjankowymi otwiera szereg możliwości dalszego rozwoju badań. Jednym z kierunków badań jaki zamierzam podjąć jest poszukiwanie kolejnych możliwości modyfikowania sieci w kierunku uzyskania pożądaných właściwości i dodatkowych funkcjonalności. Kierunek ten obejmowałby przede wszystkim dalszą eksplorację efektu przeniesienia ładunku sterowanego sorpcją. Wyniki wstępnych eksperymentów pokazują, że możliwa jest modyfikacja układu $\text{Ni}^{\text{III}}\text{-Fe}^{\text{II}}$ prowadząca do uzyskania materiału przełączalnego wieloma czynnikami (odwodnieniem, światłem oraz zmianą temperatury przy zachowaniu stopnia uwodnienia) o realnym potencjale aplikacyjnym. Planuję również skonstruowanie innych układów z przeniesieniem ładunku w oparciu o jon $\text{Ni}(\text{III})$. Ponadto zamierzam podjąć dalsze eksperymenty w zakresie kontroli topologii i modyfikowania właściwości sieci poprzez użycie nowych kationowych bloków budulcowych oraz wprowadzanie na etapie syntezy cząsteczek i jonów gości innych niż badane dotąd rozpuszczalniki.

Drugą ścieżką badawczą, stanowiącą istotny krok w kierunku potencjalnych praktycznych zastosowań efektu solwatomagnetycznego, jest otrzymywanie badanych sieci w postaci cienkich warstw. Realizację tej tematyki badawczej rozpoczęłam w tym roku w ramach grantu NCN Opus10 „Solwatomagnetyczne cienkie warstwy polimerów koordynacyjnych”. Sieci koordynacyjne jako układy o budowie modułowej składające się z połączonych wiązaniami koordynacyjnymi kationów i anionów nadają się do zastosowania prostej i taniej metody osadzania „warstwa-po-warstwie” (layer-by-layer deposition - LbL).¹⁴ Spośród sieci z mostkami cyjankowymi jedynie czysto nieorganiczne układy typu analogów błękitu pruskiego, które charakteryzują się wysoką symetrią sieci krystalicznej i niestechiometrycznym składem, były poddane szerszym badaniom tworzenia cienkich warstw.¹⁵ Stąd też podstawowym celem będzie optymalizacja warunków osadzania związków na powierzchni i sprawdzenie czy w otrzymanych układach w formie cienkich warstw zachowane zostaną właściwości solwatomagnetyczne charakterystyczne dla sieci w postaci krystalicznej.

4.4.8. Cytowana literatura

1. Oliver Kahn, *Molecular magnetism*, VCH-Verlag, Weinheim, New York **1993**.
2. E. Colacio, J. M. Dominguez-Vera, M. Ghazi, R. Kivekäs, F. Lloret, J. M. Morena and H. Stoeckli-Evans, *Chem. Commun.* **1999**, 987-988.
3. S. Ferlay, T. Mallah, J. Vaissermann, F. Bartolome, P. Veillet, M. Verdaguer, *Chem. Commun.* **1996**, 2481-2482.
4. E. Colacio, J. M. Dominguez-Vera, M. Ghazi, J. M. Moreno, R. Kivekas and M. Klinga, *Chem. Commun.* **1998**, 1071-1072.
5. J. Larionova, S. A. Chavan, J. V. Yakhmi, A. G. Frøystein, J. Sletten, C. Sourisseau, O. Kahn, *Inorg. Chem.* **1997**, *36*, 6374-6381; O. Kahn, J. Larionova, J. V. Yakhmi, *Chem. Eur. J.* **1999**, *5*, 3443-3449.
6. D. MasPOCH, D. Ruiz-Molina, K. Wurst, N. Domingo, M. Cavallini, F. Biscarini, J. Tejada, C. Rovira, J. Veciana, *Nature Mat.* **2003**, *2*, 190-195.
7. M. Verdaguer, A. Bleuzen, V. Marvaud, J. Vaissermann, M. Seuleiman, C. Desplanches, A. Sculler, C. Train, R. Garde, G. Gelly, C. Lomenech, I. Rosenman, P. Veillet, C. Cartier, F. Villain, *Coord. Chem. Rev.* **1999**, *190–192*, 1023-1047.
8. F. Tuyèras, A. Sculler, C. Duhayon, M. Hernandez-Molina, F. Fabrizi de Biani, M. Verdaguer, T. Mallah, W. Wernsdorfer, V. Marvaud, *Inorg. Chim. Acta*, **2008**, *361*, 3505-3518; V. Marvaud, C. Decroix, A. Sculler, C. Guyard-Duhayon, J. Vaissermann, F. Gonnet and M. Verdaguer, *Chem. Eur. J.*, **2003**, *8*, 1677-1691.
9. B. Sieklucka, R. Podgajny, P. Przychodzeń, T. Korzeniak, *Coord. Chem. Rev.* **2005**, *249*, 2203-2221.
10. B. Bosnich, R. Mason, P. J. Pauling, G. B. Robertson, M. L. Tobe, *Chem. Commun.* **1965**, 97-99; V. J. Thom, C. C. Fox, J. C. A. Boeyens, R. D. Hancock, *J. Am. Chem. Soc.* **1984**, *106*, 5947-5955.
11. S. R. Batten, S. M. Neville, D. R. Turner *Coordination Polymers: Design, Analysis and Application*, RSC Publishing, Cambridge, United Kingdom, **2009**, 277.
12. N. Ozaki, H. Tokoro, Y. Miyamoto, S. Ohkoshi, *New J. Chem.* **2014**, *38*, 1950-1954; E. S. Koumoussi, I.-R. Jeon, Q. Gao, P. Dechambenoit, D. N. Woodruff, P. Merzeau, L. Buisson, X. Jia, D. Li, F. Volatron, C. Mathonière, R. Clérac, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 15461-15464; Z. Z. Gu, Y. Einaga, O. Sato, A. Fujishima and K. Hashimoto, *J. Solid State Chem.* **2001**, *159*, 336-342; N. Hoshino, F. Iijima, G. N.

- Newton, N. Yoshida, T. Shiga, H. Nojiri, A. Nakao, R. Kumai, Y. Murakami and H. Oshio, *Nat. Chem.* **2012**, *4*, 921-926.
13. R. Sen, A. Bhattacharya, D. Mal, A. Bhattacharjee, P. Gütlich, A. K. Mukherjee, M. Solzi, C. Pernechele, S. Koner, *Polyhedron* **2010**, *29*, 2762-2768; S. Iijima, Z. Honda, S. Koner, F. Mizutani, *J. Magn. Magn. Mat.* **2001**, *223*, 16-20; A. Bhattacharjee, Y. Miyazaki, Y. Nakazawa, S. Koner, S. Iijima, M. Sorai, *Physica B* **2001**, *305*, 56-64.
14. D. R. Talham, M. W. Meisel *Chem. Soc. Rev.* **2011**, *40*, 3356-3363.
15. J. T. Culp, J.-H. Park, F. Frye, Y.-D. Huh, W. Meisel, D. R. Talham, *Coord. Chem. Rev.* **2005**, *249*, 2642-2648.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

5.1. Omówienie pozostałej tematyki badawczej

W trakcie studiów doktoranckich i bezpośrednio po ich zakończeniu zajmowałam się dwoma tematami badawczymi związanymi z chemią cyjanowych kompleksów molibdenu(IV) i wolframu(IV). Pierwszym z nich było tworzenie par jonowych z zewnątrzsferowym przeniesieniem ładunku przez aniony $[M(CN)_8]^{4-}$ ($M = Mo, W$) z kationami polipirydynowymi. Skonstruowałam kilka układów o charakterze soli zarówno z czwartorzędowymi jak i protonowanymi bipyrydydami. Ich badania obejmowały określenie struktury oraz charakterystykę procesu optycznego i termicznego przeniesienia elektronu, a w niektórych przypadkach również wyznaczenie stałych asocjacji par jonowych w roztworze. Efektem tych badań były publikacje P2, P3 i P7. Do tematyki par jonowych typu charge-transfer wróciłam również niedawno, badając efekt oddziaływań π na stopień separacji ładunku w stanie stałym w układzie z kationem bipyrimidynowym (praca P19).

Drugim nurtem badań realizowanych przeze mnie w ramach pracy doktorskiej były jednordzeniowe kompleksy Mo(IV) i W(IV) z mieszanymi ligandami, które charakteryzowałam pod kątem właściwości solwato- i piezochromowych.¹⁶ Otrzymałam szereg kompleksów o wzorze ogólnym $[M(CN)_3O(LL)]^-$, gdzie dwuwiązącymi ligandami LL były aromatyczne układy diiminowe lub związki typu zasad Schiffa. Dzięki obecności organicznego liganda z pierścieniem aromatycznym kompleksy tego typu charakteryzuje występowanie pasm przeniesienia ładunku od metalu do liganda (metal-to-ligand-charge-transfer, MLCT) w zakresie widzialnym widma elektronowego. Energia przejścia MLCT często silnie zależy od drugiej sfery koordynacji, stąd położenie pasm zmienia się w zależności od rozpuszczalnika (efekt solwatochromowy) i ciśnienia (efekt piezochromowy). Zastosowanie różnej wielkości hydrofobowych podstawników w ligandach pozwoliło na uzyskanie lepszej rozpuszczalności związków w rozpuszczalnikach o niskiej polarności i rozszerzenie zakresu badań efektu solwatochromowego. Wyniki badań były podstawą prac P1, P4, P5 i P6.

W trakcie pobytów stypendialnych pod koniec studiów doktoranckich na Uniwersytecie Erlangen-Nürnberg (Niemcy) oraz tuż po doktoracie w Instytucie Badań Fizycznych i Chemicznych RIKEN (Japonia) realizowałam tematykę badawczą dotyczącą konstrukcji i właściwości magnetycznych układów bimetalicznych opartych na makrocyclicznych kompleksach niklu. Poza badaniami nad sieciami zawierającymi policyjanometalany wspomnianymi w rozdziale 4.4.1, zajmowałam się także układami z

ditiolanem maleonitrylu (mnt) jako ligandem mostkującym. Wyniki tych badań zawarte są w pracach P8 i P9.

Tematyka badawcza jaką podjęłam po doktoracie dotyczy magnetyków molekularnych. Poza badaniami efektów solwatomagnetycznych zajmowałam się również charakterystyką bimetalicznych wielocentrowych klastrów koordynacyjnych z mostkami cyjankowymi. Jedną z ciekawszych właściwości jaką mogą wykazywać układy dyskretne jest zachowanie typu jednocząsteczkowego magnesu (single-molecule magnet - SMM).¹⁷ Warunkami wystąpienia powolnej relaksacji magnetyzacji w klastrach bimetalicznych jest duża anizotropia magnetyczna, wysoki spin oraz dobra separacja między klastrami. Poszukując tego typu układów otrzymałam serię piętnastocentrowych klastrów opartych na jonach $[\text{W}(\text{CN})_8]^{4-}$ i Ni^{2+} z ligandami diiminowymi o bardzo charakterystycznej i unikalnej dla oktacyjanometalanów topologii przestrzennie centrowanego i sześciokrotnie nakrytego oktaedru. Dzięki otrzymaniu całej serii klastrów o analogicznej budowie udało mi się zaobserwować i sklasyfikować zjawisko izomerii geometrycznej związane z różnym rozmieszczeniem ligandów na powierzchni klastra, co opisane zostało w pracy P12. Mimo wysokiego spinu stanu podstawowego i dobrej separacji klastry Ni_9W_6 nie wykazywały charakterystyki SMM. Udało się natomiast zaobserwować znaczący efekt magnetokaloryczny (praca P17), który jest istotny z punktu widzenia potencjalnego zastosowania materiałów jako niskotemperaturowych chłodziw magnetycznych.¹⁸ Klastry bimetaliczne dzięki obecności organicznych ligandów blokujących pozwalają na wprowadzanie dodatkowych funkcjonalności takich jak aktywność optyczna, której połączenie z właściwościami magnetycznymi prowadzi do ciekawych efektów krzyżowych.¹⁹ Przez wprowadzenie ligandów chiralnych udało mi się otrzymać chiralne klastry Ni_9W_6 (praca P16), natomiast w pięciocentrowych klastrach Ni_3W_2 , w których jony $\text{Ni}(\text{II})$ są centrami chiralności, zaobserwowałam rzadkie zjawisko oddzielnej krystalizacji form Λ i Δ (krystalizacja mieszaniny racemicznej w postaci konglomeratu) (praca P18). Kontrola topologii w układach 0-wymiarowych z mostkami CN^- poprzez zastosowanie ligandów blokujących została również przedstawiona w publikacjach P13 i P15. Ponadto analiza korelacji magneto-strukturalnych w magnetykach molekularnych opartych na oktacyjanometalanach była przedmiotem szeregu prac przeglądowych (P10, P11, P14).

Literatura

16. R. bin Ali, P. Banerjee, J. Burgess, A. E. Smith, *Transition Met. Chem.* **1988**, *13*, 107-112.
17. A. K. Bara, C. Pichona, J.-P. Sutter, *Coord. Chem. Rev.* **2016**, *308*, 346-380.
18. A. M. Tishin, Y. I. Spichkin, *The Magnetocaloric Effect and its Applications*, Institute of Physics Publishing, Bristol, 2003.
19. C. Train, M. Gruselle, M. Verdaguer, *Chem. Soc. Rev.* **2011**, *40*, 3297-3312.

5.2. Lista publikacji naukowych spoza cyklu wymienionego w pkt 4.2

Publikacje w czasopismach z listy JCR

przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

- P1. **B. Burda** (obecnie Nowicka), J. Burgess*, S. A. Parsons, A. Samotus*, J. Szklarzewicz "Oxo-tricyano complexes of molybdenum(IV) and tungsten(IV) with bidentate Schiff bases" *Transition Met. Chem.* **1995**, 20, 291.
Impact Factor: 0.684 Lista MNiSW: 20
Udział własny 50%: opracowanie metod syntezy związków, wykonanie i interpretacja badań efektu solwatochromowego, opracowanie większej części publikacji.
- P2. **B. Nowicka**, A. Samotus*, J. Szklarzewicz, J. Burgess, J. Fawcett, D. R. Russell "Syntheses and X-ray crystal structure of $(dq)_2[M(CN)_8] \cdot 5H_2O$ (M =Mo, W; dq = diquat)" *Polyhedron* **1998**, 17, 3167.
Impact Factor: 1.335 Lista MNiSW: 30
Udział własny 50%: opracowanie metod syntezy związków, wykonanie i interpretacja pomiarów spektroskopii UV-vis, interpretacja wyników TG i IR, opracowanie większej części publikacji.
- P3. **B. Nowicka**, A. Samotus* "Ion-pairing and charge-transfer interactions between octacyanomolybdates(IV) and -tungstates(IV) and diquaternary bipyridines" *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1998**, 1021.
Impact Factor: 2.507 Lista MNiSW: 40
Udział własny 80%: zaplanowanie i przeprowadzenie badań, wykonanie obliczeń, interpretacja i dyskusja wyników, opracowanie całości publikacji.
- P4. **B. Nowicka**, J. Burgess, S. A. Parsons, A. Samotus*, J. Szklarzewicz "Solvent effects on the piezochromism of molybdenum(IV) and tungsten(IV) anions $[M(CN)_3O(diimine)]^{4-}$ "; *Transition Met. Chem.* **1998**, 23, 317.
Impact Factor: 0.623 Lista MNiSW: 20
Udział własny 40%: przygotowanie związków, przeprowadzenie pomiarów efektu solwatochromowego i piezochromowego, opracowanie wyników i części publikacji.
- P5. J. Burgess*, S. Maguire, A. McGranaghan, S. A. Parsons, **B. Nowicka**, A. Samotus* "Solvent effects on the piezochromism of transition metal complexes"; *Transition Met. Chem.* **1998**, 23, 615.
Impact Factor: 0.623 Lista MNiSW: 20
Udział własny 10%: przygotowanie próbek i wykonanie pomiarów dla części związków.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

- P6. **B. Nowicka**, A. Samous*, J. Szklarzewicz, F. W. Heinemann, H. Kisch “Oxocyno complexes of molybdenum(IV) and tungsten(IV) with Schiff base ligands derived from salicylaldehyde and aliphatic amines. Crystal structure of $[\text{PPh}_4]_2[\text{Mo}(\text{CN})_3\text{O}(\text{ensal})]\cdot 5.5\text{H}_2\text{O}$ (Hensal = N-salicylidenediamine)” *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1998**, 4009.
Impact Factor: 2.507 Lista MNiSW: 40
Udział własny 50%: opracowanie metod syntezy związków, wykonanie i interpretacja badań efektu solwatochromowego, dyskusja wyników pozostałych badań, opracowanie większej części publikacji.
- P7. J. Szklarzewicz, A. Samotus, **B. Nowicka**, J. Burgess*, J. Fawcett, D. R. Russell “Structure and properties of the ion pair charge-transfer complex of octacyanotungstate(IV) with the 2,2'-bipyridinium dication” *Transition Met. Chem.* **1999**, 24, 177.
Impact Factor: 0.825 Lista MNiSW: 20
Udział własny 10%: udział w przygotowaniu próbek do badań i wykonaniu pomiarów.
- P8. **B. Nowicka**, M. Hagiwara, Y. Wakatsuki*, H. Kisch* “Syntheses and magnetic properties of 1,4,8,11-tetrazacyclotetradecanenickel(II) tetra-, hexa- and octacyanometalates” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1999**, 72, 441.
Impact Factor: 1.522 Lista MNiSW: 25
Udział własny 60%: opracowanie metod syntezy związków, wykonanie i interpretacja pomiarów UV-Vis, pomiarów podatności magnetycznej w temperaturze pokojowej oraz badań dehydratacji, opracowanie większej części publikacji.
- P9. **B. Nowicka**, G. Schmauch, T. Chihara, F. W. Heinemann, M. Hagiwara, Y. Wakatsuki*, H. Kisch* “Ion pairs between maleonitriledithiolato complex dianions of cobalt and nickel and macrocyclic ligand complex dication of nickel(II) - control of intrapair interaction through ligand modification” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2002**, 75, 2169-2175.
Impact Factor: 1.213 Lista MNiSW: 25
Udział własny 40%: opracowanie metod syntezy związków, dyskusja różnic strukturalnych, opracowanie większej części publikacji.
- P10. B. Sieklucka*, R. Podgajny*, D. Pinkowicz, **B. Nowicka**, T. Korzeniak, M. Bałanda, T. Wasiutyński, R. Pełka, M. Makarewicz, M. Czapla, M. Rams, B. Gawel, W. Łasocho, “Towards high Tc octacyanometalate-based networks” *CrystEngComm*, **2009**, 11, 2032-2039.
Impact Factor: 4.183 Lista MNiSW: 35
Udział własny 10%: opracowanie rozdziału: $\text{Ni}^{\text{II}}\text{-}[\text{W}^{\text{V}}(\text{CN})_8]^{3-}$ porous networks.
- P11. B. Sieklucka*, R. Podgajny, T. Korzeniak, **B. Nowicka**, D. Pinkowicz, M. Kozieł “A Decade of Octacyanides in Polynuclear Molecular Materials” *Eur. J. Inorg. Chem.* **2011**, 305-326.
Impact Factor: 3.049 Lista MNiSW: 30

- Udział własny 20%: wykonanie przeglądu literatury i opracowanie rozdziału 2.1.1 (0D Assemblies) oraz części rozdziału 3.3 (Guest-Responsive Molecular Magnets), udział w redakcji całości publikacji.
- P12. **B. Nowicka***, K. Stadnicka, W. Nitek, M. Rams, B. Sieklucka, “Geometrical isomerism in pentadecanuclear high-spin Ni^{II}W^{VI} clusters with symmetrical bidentate ligands detected” *CrystEngComm* **2012**, *14*, 6559-6564.
Impact Factor: 3.879 Lista MNiSW: 35
Udział własny 70%: koncepcja i plan badań, opracowanie syntezy związków, analiza struktury, opracowanie systemu klasyfikacji izomerów, opracowanie całości publikacji.
- P13. T. Korzeniak*, **B. Nowicka**, K. Stadnicka, W. Nitek, A. M. Majcher, B. Sieklucka, “Construction of CN⁻-bridged molecular squares employing penta-, hexa- and octa-coordinated metal ions” *Polyhedron* **2013**, *52*, 442-447.
Impact Factor: 2.047 Lista MNiSW: 30
Udział własny 30%: zaprojektowanie i opracowanie syntezy oraz analiza struktury i właściwości magnetycznych dla jednego z trzech przedstawionych związków; opracowanie części publikacji.
- P14. D. Pinkowicz, R. Podgajny, **B. Nowicka**, S. Chorazy, M. Reczyński, B. Sieklucka* “Magnetic clusters based on octacyanidometallates” *Inorg. Chem. Front.* **2015**, *2*, 10-27.
Impact Factor: 4.532 Lista MNiSW: 40
Udział własny 20%: wykonanie przeglądu literatury, opracowanie rozdziałów: 2 (Topology), 3.1 (Squares and square-motif based clusters) oraz 3.2 (Trigonal bipyramidal clusters), udział w redakcji całości publikacji.
- P15. **B. Nowicka***, C. Näther, A. Halemba, M. Reczyński, B. Sieklucka, “New topology of CN-bridged clusters: dodecanuclear face-sharing defective cubes based on octacyanometallates(IV) and nickel(II) with diimine ligands” *Dalton Trans.* **2015**, *44*, 12780-12787.
Impact Factor: 4.177 Lista MNiSW: 40
Udział własny 70%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studentów wykonujących pracę syntetyczną oraz pomiary spektroskopowe i magnetyczne, analiza i dyskusja wyników, opracowanie całości publikacji.
- P16. S. Chorazy, M. Reczyński, R. Podgajny*, W. Nogaś, S. Buda, M. Rams, W. Nitek, **B. Nowicka**, J. Mlynarski, S. Ohkoshi, B. Sieklucka, “Implementation of Chirality into High-Spin Ferromagnetic Co^{II}₉W^{VI}₆ and Ni^{II}₉W^{VI}₆ Cyanido-Bridged Clusters” *Cryst. Growth Des.* **2015**, *15*, 3573-3581.
Impact Factor: 4.425 Lista MNiSW: 35
Udział własny 5%: nadzór nad pracą eksperymentalną studenta, udział w redakcji publikacji.

- P17. M. Gajewski, R. Pełka*, M. Fitta, Y. Miyazaki, Y. Nakazawa, M. Bałanda, M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka, “Magnetocaloric effect of high-spin cluster with Ni₉W₆ core” *J. Magn. Magn. Mat.* **2016**, *414*, 25-31.
Impact Factor: 2.357 Lista MNiSW: 30
Udział własny 5%: udział w przygotowaniu próbek do badań i redakcji publikacji.
- P18. **B. Nowicka***, M. Reczyński, M. Rams, T. Wasiutyński, W. Nitek, B. Sieklucka, “Ligand dependent topology and spontaneous resolution in high-spin cyano-bridged Ni₃W₂ clusters” *Dalton Trans.*, **2016**, *45*, 12423-12431.
Impact Factor: 4.177 Lista MNiSW: 40
Udział własny 50%: koncepcja badań, zaplanowanie eksperymentów, nadzór nad pracą studenta wykonującego syntezę oraz badania spektroskopowe, analiza struktury, opracowanie większej części oraz redakcja całości publikacji.
- P19. **B. Nowicka***, W. Nitek, P. Pietrzyk, B. Sieklucka, “Structure dependent charge transfer in bipyrimidinium - octacyanotungstate ion pairs” *Polyhedron*, **2016**, *119*, 1-6.
Impact Factor: 2.108 Lista MNiSW: 30
Udział własny 80%: koncepcja badań, zaprojektowanie i synteza związków, wykonanie i interpretacja pomiarów IR, UV-vis oraz badań dehydratacji, interpretacja analizy TG, dyskusja korelacji efektu przeniesienia ładunku ze strukturą, opracowanie całości publikacji.
- P20. M. Reczyński, S. Chorąży, **B. Nowicka**, B. Sieklucka, S. Ohkoshi*, “Dehydration of octacyanido-bridged Ni^{II}-W^{IV} framework towards negative thermal expansion and magneto-colorimetric switching” *Inorg. Chem.* **2017**, *56*, 179-185.
Impact Factor: 4.820 Lista MNiSW: 40
Udział własny 10%: konsultacja wyników badań strukturalnych, udział w zredagowaniu publikacji.

Rozdziały w pracach monograficznych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora:

- P21. A. Samotus*, **B. Burda** (obecnie Nowicka), J. Burgess, B. Sieklucka, J. Szklarzewicz “New substitution and redox reactions of oxocyano- and octacyano- complexes of molybdenum and tungsten” in “*Current Trends in Coordination Chemistry*” G. Ondrejovič and A Sirota (editors) Slovak Technical University Press, Bratislava **1995**, 221-226.
Udział własny 10%: wykonanie syntezy i badań części związków.
- P22. J. Szklarzewicz*, A. Samotus, **B. Burda** (obecnie Nowicka), J. Sosin “Complexes of molybdenum(IV) with Schiff base ligands derived from salicylaldehyde and various amines” in “*Progress in Coordination and Organometallic Chemistry*” G. Ondrejovič and A Sirota (editors) Slovak Technical University Press, Bratislava **1997**, *3*, 55-60.
Udział własny 20%: wykonanie syntezy i badań części związków.

Publikacja w czasopiśmie spoza listy JCR po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

P23. M. Heczko*, B. Nowicka "Flexible magnetic coordination networks sensitive to guest molecules" *Journal of Education & Technical Sciences* **2015**, 2, 19-21.

Udział własny 40%: udział w opracowaniu publikacji przeglądowej.

*autor korespondent

Impact Factor podawany jest dla roku publikacji lub najbliższego roku dla którego był dostępny

Liczba punktów MNiSW - lista A 2016.

5.3. Podsumowanie dorobku naukowego:

| | |
|--|--------|
| Liczba publikacji: | 33 |
| W tym publikacje w czasopismach z listy JCR: | 30 |
| Sumaryczny IF (dla publikacji z listy JCR): | 97.856 |
| Średni IF: | 3.262 |
| Suma punktów MNiSW: | 1000 |
| Średnia liczba punktów MNiSW: | 33.3 |

Cytowania (wg. bazy Web of Science Core Collection)

| | |
|---------------------------------|-----|
| Całkowita liczba cytowań: | 439 |
| Liczba cytowań bez autocytowań: | 370 |
| Indeks Hirscha (h): | 11 |

5.4. Udział w realizacji projektów badawczych

1. *Kompleksy cyjanowe i oksocyjanowe molibdenu i wolframu oraz ich pochodne z ligandami organicznymi*, grant badawczy KBN 3 T09A 055 09, 1995-1998 - wykonawca
2. *Oddziaływanie typu kation - anion w układach: jon $[M(CN)_8]^{4-}$ ($M = Mo, W$) - kation organiczny*, grant promotorski KBN 3 T09A 055 13, 1997-1998 - główny wykonawca
3. *Wielordzeniowe materiały molekularne z mostkami cyjanowymi*, grant badawczy KBN 3 T09A 151 26, 2004-2007 - wykonawca
4. *Molecular Approach to Nanomagnets and Multifunctional Materials* MAGMANet, międzynarodowa sieć doskonałości 6-go programu ramowego UE NMP3-CT-2005-515767, 2005-2009 - wykonawca
5. *Podejście molekularne do nanomagnesów i materiałów wielofunkcyjnych*, środki finansowe MNiSzW na uczestnictwo w programie międzynarodowym SPUB3081, 2006-2009 - wykonawca
6. *Badania uporządkowania magnetycznego w niskowymiarowych magnetykach molekularnych*, grant badawczy MNiSzW 0087/B/H03/2008/34, 2008-2011 - wykonawca
7. *Funkcjonalne materiały molekularne z mostkami cyjanowymi*, grant badawczy MNiSzW 1535/B/H03/2009/36, 2009-2012 - wykonawca
8. *Projektowanie i funkcjonalizacja hybrydowych polimerów koordynacyjnych*, projekt NCN Opus 2011/01/B/ST5/00716, 2011-2014 - wykonawca
9. *Poszukiwanie mulifunkcjonalnych magnesów molekularnych*, projekt NCN Opus 8 2014/15/B/ST5/04465, 2015-2018 - wykonawca
10. *Solvato-magnetyczne cienkie warstwy polimerów koordynacyjnych*, projekt NCN Opus 10 2015/19/B/ST5/00922, 2016-2019 - kierownik projektu

5.5. Nagrody i wyróżnienia

1. I Nagroda imienia prof. Janiny Janikowej w konkursie Polskiego Towarzystwa Chemicznego na najlepszą pracę magisterską w roku akademickim 1992/93.
2. Nagroda Indywidualna Ministra Edukacji Narodowej za najlepszą pracę doktorską w roku 1998.
3. Nagroda zespołowa Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego za osiągnięcia naukowe w latach 2009, 2012, 2013 i 2014.
4. Publikacja wyróżniona okładką: *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2011** (3), 305-326.

5.6. Wykłady na zaproszenie

1. **B. Nowicka** “Sovatochromic and piezochromic effect in cyano complexes of molybdenum(IV) and tungsten(IV) with organic ligands” - wykład na zaproszenie w Kumamoto University, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Kumamoto, Japonia, listopad 1999.
2. **B. Nowicka**, M. Reczyński, B. Sieklucka “Dynamic functional CN-bridged coordination networks”, 3rd Collaborative Conference on Crystal Growth 3CG, Cancun, Meksyk, czerwiec 2013.
3. **B. Nowicka**, M. Reczyński, M. Bałanda, M. Fitta, B. Sieklucka “Nickel(II) - octacyanometallates(IV/V) based clusters: in search for chiral magnets and magnetic coolers”, XIX Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska, grudzień 2014.
4. **B. Nowicka**, M. Reczyński, B. Sieklucka “Structural flexibility of CN-bridged magnetic networks based on planar cyclam complexes”, International Conference on Multiscale Phenomena in Molecular Matter MULTIS 2015, Kraków, Polska, lipiec 2015.
5. **B. Nowicka**, M. Reczyński, B. Sieklucka “Molecular magnetic materials with flexible coordination frameworks”, Energy-Materials-Nanotechnology EMN Croatia Meeting, Dubrovnik, Chorwacja, maj 2016.
6. **B. Nowicka**, M. Reczyński, B. Sieklucka “Octacyanometallate-based discrete assemblies - variety of structures and functionalities”, New Magnetic Functionalities on Molecular Based Magnets (post-ICMM meeting), Tokyo, Japonia, wrzesień 2016.

5.7. Udział w konferencjach naukowych

* podkreślenie oznacza autora prezentującego

Prezentacje ustne na konferencjach międzynarodowych (6):

1. **B. Nowicka**, M. Reczyński, M. Rams, W. Nitek, J. Żukrowski, C. Kapusta, B. Sieklucka; “First example of nickel(III) cyclam complex in bimetallic assemblies - dehydration induced reversible charge transfer in CN-bridged chains”, NanoFunMat, Pułtusk, Polska 2014, komunikat.

oraz 5 wykładów wymienionych w punkcie 5.6 (2-6).

Prezentacje posterowe na konferencjach międzynarodowych (14):

1. **B. Burda** (obecnie Nowicka), A. Samotus, J. Szklarzewicz, J. Burgess, S.A. Parsons; "Solvatochromism and piezochromism of $[\text{MO}(\text{CN})_3(\text{diimine})]^-$ complexes", VI Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska 1993.
2. **B. Burda**, A. Samotus, J. Szklarzewicz; "Ion-pairing and charge-transfer interactions between octacyano -molybdates(IV) and -tungstates(IV) and N,N'-alkylated bipyridines", VII Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska 1994.
3. **B. Burda**, A. Samotus, J. Szklarzewicz, J. Burgess, J. Fawcett, D. R. Russell; "Outer sphere electron transfer in $\{\text{Q}^{2+}, [\text{M}(\text{CN})_8]^{4-}\}$ type systems", International Symposium of Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds, Kraków, Polska 1995.
4. **B. Burda**, A. Samotus, J. Szklarzewicz, J. Burgess, J. Fawcett, D. R. Russell; "Structure and properties of ion pair charge-transfer complexes derived from octacyanometalates(IV) and polypyridinium dications", VIII Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska 1995.
5. **B. Nowicka**, A. Samous, J. Szklarzewicz, F. W. Heinemann, H. Kisch; "Synthesis and structure of molybdenum(IV) complexes with Schiff bases derived from salicylaldehyde", X Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska 1997.
6. **B. Nowicka**, M. Tokunaga, T. Chihara, Y. Wakatsuki; "Isolation and X-ray crystal structure of active species in hydroamination of terminal alkynes catalysed by triruthenium dodecacarbonyl", 2nd Asia-Pacific Congress on Catalysis, Sydney, Australia 2000.
7. **B. Nowicka**, M. Szymaczek, B. Sieklucka, M.Rams; "Magnetic properties of coordination networks formed by nickel(II) diimine complexes with octacyanometalates", 10th International Conference on Molecule-based Magnets, Victoria, Kanada 2006.
8. **B. Nowicka**, K. Stadnicka, M.Rams, B. Sieklucka; "Pentanuclear cluster of trigonal bipyramid structure from octacyanotungstate(V) and nickel(II)", European Conference on Molecular Magnetism, Tomar, Portugalia 2006.
9. **B. Nowicka**, K. Stadnicka, M. Rams, B. Sieklucka; "Two-dimensional honeycomb-like structure from nickel(II) cyclam and octacyanotungstate(V)" European Materials Research Society Spring Meeting, Strasbourg, Francja 2007.
10. **B. Nowicka**, M. Bałanda, G. Ćwiak, B. Gaweł, W. Łasocha, B. Sieklucka; "Modification of magnetic properties of microporous $\{[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{W}(\text{CN})_8]_2\}_n$ by

methanol”, 3rd International Conference on Molecular Materials MOLMAT 2008, Tuluza, Francja 2008.

11. **B. Nowicka**, W. Nitek, B. Sieklucka; “Engineering of nickel(II) – cyanomolybdates(IV) and -tungstates(IV) assemblies”, 11th International Conference on Molecule-based Magnets, Florencja, Włochy 2008.
12. **B. Nowicka**, M. Rams, W. Nitek, K. Stadnicka, B. Sieklucka; “Aromatic diimine ligands on the surface of pentadecanuclear cluster Ni₉W₆”, XVII Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska 2010.
13. **B. Nowicka**, T. Korzeniak, O. Stefańczyk, S. Chorąży, R. Podgajny, B. Sieklucka, “What are the best ligands for the construction of octacyanidometallate-based functional magnetic materials?”, 5th International Conference on Molecular Materials MOLMAT 2012, Barcelona, Hiszpania 2012.
14. **B. Nowicka**, M. Reczyński, B. Sieklucka “Honeycomb-Like CN-Bridged Networks Revisited: Guest-Modified Structure and Magnetism”, 15th International Conference on Molecule-Based Magnets, Sendai, Japonia 2016.

Prezentacje ustne na konferencjach krajowych (3)

1. **B. Burda** (obecnie Nowicka), A. Samotus, J. Szklarzewicz, J. Burgess, J. Fawcett; „Kompleksy molibdenu(IV) i wolframu(IV) z zasadami Schiffa”, Jubileuszowy Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Warszawa 1994.
2. **B. Nowicka**, G. Schmauch, T. Chihara, F. W. Heinemann, M. Hagiwara, Y. Wakatsuki, H. Kisch; “Influence of ligand modification on ion-pair interaction in bis(maleonitriledithiolato)metalates of nickel(II) macrocyclic complexes”, XLV Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Kraków 2002.
3. **B. Nowicka**, M. Reczyński, M. Bałanda, M. Fitta, P. Soboń, B. Sieklucka „Porowate magnetyczne polimery koordynacyjne z mostkami cyjankowymi”, II Ogólnopolskie Forum Chemii Nieorganicznej, Wrocław 2014.

Współautorstwo prezentacji na konferencjach międzynarodowych (19)

1. G. Ćwiak, **B. Nowicka**, M. Makarewicz, M. Bałanda, A. Budziak, B. Gawel, W. Łasocha, B. Sieklucka; “Magnetic and structural study of the modified nanoporous molecular network {[Ni(cyclam)]₃[W(CN)₈]₂}_n” (poster), 11th International Conference on Molecule-based Magnets, Florencja, Włochy 2008.

2. M. Reczyński, **B. Nowicka**, A. Majcher, W. Nitek, M. Kozieł, B. Sieklucka; “3D diamond-like soft ferromagnet $[\text{Ni}(\text{cyclam})]_2[\text{Nb}(\text{CN})_8]$ ” (poster), 5th International Conference on Molecular Materials MOLMAT 2012, Barcelona, Hiszpania 2012.
3. M. Reczyński, **B. Nowicka**, W. Nitek, M. Rams, B. Sieklucka; “New form of 2D magnetic dynamic network $[\text{Ni}(\text{cyclam})]_3[\text{W}(\text{CN})_8]_2$ ” (poster), XVIII Winter School on Coordination Chemistry, Karpacz, Polska 2012.
4. M. Reczyński, **B. Nowicka**, M. Rams, W. Nitek, B. Sieklucka; “Dynamic charge-transfer magnetic chain $(\text{H}_3\text{O})[\text{Ni}(\text{cyclam})][\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ” (poster), European Conference on Molecular Magnetism, Karlsruhe, Niemcy 2013.
5. M. Reczyński, **B. Nowicka**, M. Rams, M. Kozieł, W. Nitek, B. Sieklucka; “ $[\text{Ni}(\text{cyclam})]^{2+}$ - an excellent building block in the construction of dynamic molecular materials” (poster), International Conference on Coordination Chemistry, ICCS Singapur 2014.
6. W. Szmyt, T. Strączek, A. Czajka, K. Gąska, D. Zajęc, J. Żukrowski, Cz. Kapusta, M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “XANES study of the $(\text{H}_3\text{O})[\text{Ni}(\text{cyclam})][\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dehydration process” (poster), 12th International School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science ISSRNS 2014, Warszawa, Polska 2014.
7. M. Heczko, M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “New coordination polymers based on $[\text{Ni}(\text{cyclam})]^{2+}$ and octacyanonitobate(IV)” (poster), International Conference on Multiscale Phenomena in Molecular Matter MULTIS 2015, Kraków, Polska 2015.
8. M. Reczyński, **B. Nowicka**, M. Rams, C. Näther, B. Sieklucka; “Charge-transfer magnetic $(\text{H}_3\text{O})[\text{Ni}^{\text{III}}(\text{cyclam})][\text{M}^{\text{II}}(\text{CN})_6]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} = \text{Ru}, \text{Os}$) chains based on extraordinary redox couples” (poster), International Conference on Multiscale Phenomena in Molecular Matter MULTIS 2015, Kraków, Polska 2015.
9. M. Gajewski, R. Pełka, M. Fitta, M. Bałanda, **B. Nowicka**, M. Reczyński, B. Sieklucka; “Magnetocaloric effect in a matrix of high-spin clusters” (poster), International Conference on Multiscale Phenomena in Molecular Matter MULTIS 2015, Kraków, Polska 2015.
10. M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “Dynamic molecular magnets based on Ni-cyclam complexes” (komunikat ustny), 8th European School on Molecular Nanoscience (ESMolNa2015), Paryż, Francja, 2015

11. M. Reczyński, M. Heczko, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “Incorporation of alkaline metal cations into a Ni-Nb based structurally flexible molecular magnet” (poster), 5th European Conference on Molecular Magnetism ECMM Saragossa, Hiszpania, 2015
12. M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “Towards new charge-transfer magnets: the Ni(III)-M(II) molecular chains (M = Fe, Ru, Os)” (komunikat ustny), International Conference on Functional Molecular Materials FUNMAT 2015, Kraków, Polska 2015.
13. K. Bednarek, **B. Nowicka**, M. Reczyński, J. Kalinowska-Tłuścik, B. Sieklucka; “Structure and magnetic properties of chiral trinuclear molecules based on [W(CN)₈]⁴⁻ and Ni²⁺ ions with 1,2-diaminocyclohexane” (poster), International Conference on Functional Molecular Materials FUNMAT 2015, Kraków, Polska 2015
14. M. Foryś, **B. Nowicka**, M. Reczyński, W. Nitek, B. Sieklucka; “Construction of new functional complexes with nickel(II) in hepta-coordinated environment” (poster), International Conference on Functional Molecular Materials FUNMAT 2015, Kraków, Polska 2015
15. M. Heczko, M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “[Ni^{III}(cyclam)]³⁺ and [Mn^{III}(cyclam)]³⁺ in the construction of linear coordination polymers” (poster), International Conference on Functional Molecular Materials FUNMAT 2015, Kraków, 2015.
16. T. Strączek, W. Szmyt, A. Czajka, D. Zając, J. Zukrowski, C. Kapusta, M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “XANES study of the (H₃O)[Ni(cyclam)][Fe(CN)₆]·5H₂O dehydration process” (poster), International Conference on Functional Molecular Materials FUNMAT 2015, Kraków, Polska 2015
17. M. Reczyński, S. Chorazy, **B. Nowicka**, S. Ohkoshi, B. Sieklucka; “Dehydration-Induced Switching in Ni^{II}-W^{IV} Framework: Changes in Structure, Optical, Magnetic and Thermal Expansion Properties” (poster), 15th International Conference on Molecule-Based Magnets, Sendai, Japonia 2016.
18. B. Sieklucka; D. Pinkowicz, **B. Nowicka**, M. Reczyński; “Molecular magnetic sponges based on octacyanidometallates” (wykład) New Magnetic Functionalities on Molecular Based Magnets, ICMM 2016 Satellite Meeting, Tokyo, Japonia 2016.
19. M. Heczko, M. Reczyński, **B. Nowicka**, B. Sieklucka; “Magnetic and structural study of CN-bridged Ni-Nb networks - control of dimensionality and topology” (komunikat ustny), 9th European School on Molecular Nanoscience, EsMolNa, Tordesillas, Hiszpania 2016.

Współautorstwo prezentacji na konferencjach krajowych (3)

1. M. Heczko, **B. Nowicka**, M. Reczyński, M. Rams, W. Nitek, B. Sieklucka; „Efekt solwatomagnetyczny w łańcuchowych polimerach koordynacyjnych” (poster), III Ogólnopolskie Forum Chemii Nieorganicznej, Kraków 2016.
2. K. Bednarek, **B. Nowicka**, R. Podgajny, B. Czarnecki; „Układy molekularne oparte na wielordzeniowych klastrach z mostkami cyjankowymi” (poster), III Ogólnopolskie Forum Chemii Nieorganicznej, Kraków 2016.
3. M. Reczyński, S. Chorąży, **B. Nowicka**, S. Ohkoshi, B. Sieklucka; „Indukowane odwodnieniem przełączenie właściwości magnetycznych, optycznych i kierunku ekspansji termicznej w sieci koordynacyjnej Ni(II)-W(IV)” (poster), III Ogólnopolskie Forum Chemii Nieorganicznej, Kraków 2016.

6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski

6.1. Działalność popularyzatorska

1. B. Sieklucka, B. Nowicka „Molekularne magnetyki - wielozadaniowe materiały przyszłości” *Projektor Jagielloński 2*; “Molecular Magnets - the multifunctional materials of the future” *Science Projector* (2014) - artykuł popularnonaukowy w dwóch wersjach językowych.
2. B. Nowicka „Fishing for magnetic sponges” *Atomium Culture* (2013) - artykuł popularnonaukowy.
3. „Magiczne-magnetyczne cząsteczki” “Magic-magnetic molecules” - 3-częściowy cykl posterów edukacyjnych opracowany w dwóch wersjach językowych przez Zespół Nieorganicznych Materiałów Molekularnych w roku 2007 w ramach realizacji projektu MAGMANet (sieć doskonałości - 6 program ramowy UE); opublikowany na stronie projektu (wersja angielska) oraz przekazany do szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych w województwie małopolskim w nakładzie 150 egzemplarzy (wersja polska).
4. Udział w przygotowaniu pokazów chemicznych Wydziału Chemii UJ w ramach Festiwalu Nauki 2008 w Krakowie.

6.2. Prowadzone zajęcia dydaktyczne

Kierunek Chemia

1. Podstawy Chemii - laboratorium (I stopień, I rok)
2. Chemia Analityczna - laboratorium (I stopień, I rok)
3. Chemia Nieorganiczna - laboratorium (jednolite magisterskie, II rok)
4. Chemia Nieorganiczna i Strukturalna - laboratorium otwarte (I stopień, III rok)
5. Analiza Jakościowa - konwersatorium (jednolite magisterskie, I rok)
6. Chemia Nieorganiczna I - konwersatorium (I stopień, II rok)
7. Chemia Nieorganiczna II - konwersatorium (I stopień, II rok)
8. Chemia Nieorganiczna II - wykład (I stopień, II rok)

kursy w języku angielskim (zainicjowane, koordynowane i prowadzone przeze mnie):

9. Inorganic Chemistry I - discussion class (I stopień, II rok)
10. Inorganic Chemistry II - discussion class (I stopień, II rok)

Kierunek Chemia Medyczna

11. Podstawy Chemii - laboratorium (I stopień, I rok)

Kierunek Biologia

12. Chemia Ogólna i Nieorganiczna, kurs mały - ćwiczenia (jednolite magisterskie, I rok)
13. Chemia Ogólna i Nieorganiczna - ćwiczenia (I stopień, I rok)

Zajęcia dla V Liceum Ogólnokształcącego w Krakowie

14. Podstawy Chemii - laboratorium

6.3. Opieka nad pracami licencjackimi

1. Mateusz Reczyński (2012) - *Konstrukcja układów bimetalicznych w oparciu o polycyanometalany i kompleksy niklu(II)* - promotor
2. Marcin Foryś (2014) - *Construction of molecular magnetic materials based on polycyanometallates and nickel complexes* - promotor
3. Agnieszka Słupek (2015) - *$[Ni^{III}(\text{cyklam})]^{3+}$ jako blok budulcowy w konstrukcji materiałów magnetycznych* - promotor
4. Paulina Soboń (2015) - *Transformacje strukturalne i magnetyczne w dwuwymiarowych sieciach koordynacyjnych $[Ni(\text{cyklam})]_3[M(\text{CN})_6]_2$ ($M=Fe, Cr$)* - promotor
5. Klaudia Bednarek (2015) - *Chiral molecular magnetic materials* - promotor

6. Michał Heczko (2016) - *Kompleksy metali 3d z cyclamem jako bloki budulcowe w konstrukcji elastycznych strukturalnie magnetycznych materiałów molekularnych z mostkami cyjankowymi* - promotor

6.4. Opieka nad pracami magisterskimi

1. mgr Michał Szymaczek (2007) - *Związki koordynacyjne Ni(II) w konstrukcji molekularnych materiałów magnetycznych* - opiekun
2. mgr Grzegorz Ćwiak (2008 - student fizyki AGH) - *Własności magnetyczne i strukturalne nanoporowatego materiału molekularnego $[Ni(cyclam)]_3[W(CN)_8]_2$* - opiekun części chemicznej pracy
3. mgr Łukasz Siwek (2010 - student fizyki AGH) - *Badania magnetyczne i strukturalne nowych materiałów molekularnych* - opiekun części chemicznej pracy
4. mgr Mateusz Reczyński (2014) - *Makrocycliczne kompleksy niklu(II) jako bloki budulcowe w konstrukcji dynamicznych układów molekularnych* - promotor
5. mgr Marcin Foryś (2016) *Kompleksy niklu o nietypowej geometrii jako bloki budulcowe w konstrukcji magnetycznych materiałów molekularnych* - promotor
6. Alexandra Halemba MSc (2015) - *Cyanometallate - based magnetic bimetallic assemblies* - studentka Uniwersytetu w Regensburgu wykonująca pracę magisterską w całości na Wydziale Chemii UJ - współpromotor

6.5. Opieka nad pracą doktorską

mgr Mateusz Reczyński (od 2016) - *Functional molecule-based materials based on nickel complexes and polycyanometallates* - promotor pomocniczy

6.6. Opracowanie ćwiczeń i materiałów dydaktycznych

1. Opracowanie dwóch nowych ćwiczeń dla kursu Podstawy Chemii - laboratorium na kierunku Chemia Medyczna wraz z przygotowaniem instrukcji wykonania i kart pracy: „Wykrywanie witaminy C metodą chromatografii cienkowarstwowej w soku z cytryny” i „Właściwości redukujące witaminy C” (2015).
2. Opracowanie 20 nowych zestawów zadań złożonych z analizy jakościowej kationów wraz z praktycznymi wskazówkami wykonania ćwiczenia dla kursu Podstawy Chemii - laboratorium na kierunku Chemia (2012).

3. Opracowanie ćwiczenia z zakresu syntezy funkcjonalnych sieci koordynacyjnych wraz z instrukcją w języku angielskim w ramach rozszerzenia programu ćwiczeń dla studentów ITS na kursie Podstawy Chemii - laboratorium na kierunku Chemia (2009).
4. Zaktualizowanie materiałów do ćwiczenia „Związki kompleksowe” w ramach kursu Podstawy Chemii - laboratorium (2014).

6.7. Pozostałe osiągnięcia dydaktyczne

1. Opieka naukowa nad beneficjentem Diamentowego Grantu 2013 mgr Mateuszem Reczyńskim - funkcja promotora pracy licencjackiej (2012) i magisterskiej (2014) oraz promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim (od 2016).
2. Promotorstwo pracy licencjackiej pana Michała Heczko zakwalifikowanej do finału VI edycji konkursu Złoty Medal Chemii 2016.
3. Prezentacje wyników badań prowadzonych pod moją opieką naukową na konferencjach studenckich :
 - M. Foryś “Construction of molecular magnetic materials based on polycyanometallates and nickel complexes”, Horyzonty Nauki - Forum Prac Dyplomowych, Kraków 2014, komunikat w języku angielskim.
 - K. Bednarek „Chiral molecular magnetic materials”, Horyzonty Nauki - Forum Prac Dyplomowych, Kraków 2015, komunikat w języku angielskim.
 - M. Heczko „Nowy polimer koordynacyjny oparty na jonach $[\text{Ni}(\text{cyclam})]^{2+}$ i $[\text{Nb}(\text{CN})_8]^{4-}$ ”, Horyzonty Nauki - Forum Prac Dyplomowych, Kraków 2015, komunikat.
 - P. Soboń „Transformacje strukturalne i magnetyczne w dwuwymiarowych sieciach koordynacyjnych $[\text{Ni}(\text{cyklam})]_3[\text{M}(\text{CN})_6]_2$ (M=Fe,Cr)”, Horyzonty Nauki, Kraków 2015, komunikat.
 - A. Słupek „ $[\text{Ni}(\text{cyklam})]^{3+}$ jako blok budulcowy w konstrukcji materiałów magnetycznych”, Horyzonty Nauki - Forum Prac Dyplomowych, Kraków 2015, poster.
 - M. Heczko „Potencjalnie przewodzące magnetyki molekularne”, XLII Ogólnopolska Szkoła Chemii, Lubenia 2015, poster.
 - M. Heczko „Magnetyki molekularne oparte na elastycznej, dwuwymiarowej sieci koordynacyjnej Ni-Nb i kationach metali alkalicznych”, Kryształki Molekularne, Kraków 2015, poster.

7. Współpraca międzynarodowa i działalność organizacyjna

7.1. Staże naukowe w ośrodkach zagranicznych

1. Leicester University, Department of Chemistry, Wielka Brytania, opiekun naukowy prof. John Burgess; stypendium programu Erasmus, 1-miesięczny staż naukowy, luty 1993.
2. Friedrich-Alexander-University, Erlangen-Nürnberg, Institut für Anorganische Chemie, Niemcy, opiekun naukowy prof. Horst Kisch; stypendium Deutsche Forschungsgemeinschaft, 8-miesięczny staż naukowy, listopad 1996 - kwiecień 1997 oraz luty - marzec 1998.
3. Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Wako, Organometallic Chemistry Laboratory (kierownik prof. Yasuo Wakatsuki), Japonia; stypendium Japan Science and Technology Agency (JST), 18-miesięczny staż podoktorski, październik 1998 - marzec 2000.
4. Tokyo University, Department of Chemistry, Ohkoshi Laboratory (kierownik prof. Shin-Ichi Ohkoshi), Japonia; 1-tygodniowa wizyta badawcza, wrzesień 2016.

7.2. Współpraca międzynarodowa

1. prof. Christian Näther, Christian-Albrechts University, Institut für Anorganische Chemie, Kiel, Niemcy.
2. prof. Shin-Ichi Ohkoshi, Tokyo University, Department of Chemistry, Japonia.
3. prof. Hiroko Tokoro, University of Tsukuba, Laboratory of Advanced Functional Materials, Japonia.
4. dr Bartłomiej Gaweł, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Department of Chemical Engineering, Ugelstad Laboratory, Trondheim, Norwegia.

7.3. Udział w sieciach badawczych

European Institute of Molecular Magnetism EIMM - sieć naukowa powstała w ramach projektu MAGNANet (6 program ramowy EU), skupiająca 15 instytucji naukowych z 8 krajów Europy mająca na celu promocję i konsolidację badań oraz kształcenia w dziedzinie molekularnego magnetyzmu.

7.4. Udział w organizacji konferencji i warsztatów

1. *International Conference on Functional Molecular Materials FUNMAT 2015*, Kraków listopad 2015 - członek komitetu organizacyjnego.
2. *III Ogólnopolskie Forum Chemii Nieorganicznej*, Kraków grudzień 2016 - członek komitetu organizacyjnego.
3. *New Functionalities in Molecular Materials* - warsztaty w ramach akcji KNOW FOKUS *Functional Molecular Materials*, Kraków listopad 2013 - członek komitetu organizacyjnego warsztatów.
4. *Practical aspects as well as errors, pitfalls and problems in single crystal structure analysis* - warsztaty dla doktorantów i studentów (wykładowca: prof. Christian Naether, Kiel University), Kraków listopad 2015 - organizator warsztatów.

7.5. Pozostała działalność organizacyjna

1. Funkcja opiekuna I roku kierunku Chemia od 2014 roku.
2. Udział w organizacji pracowni badań magnetometrycznych.
3. Przygotowanie programu i koordynacja zajęć laboratoryjnych dla uczniów w ramach porozumienia z III Liceum Ogólnokształcącym w Tarnowie w roku akademickim 2016/17.

7.6. Recenzowanie publikacji w czasopismach naukowych

29 recenzowanych artykułów w czasopismach z listy JCR:

| | |
|------------------------------|----|
| <i>Coord. Chem. Rev.</i> | 1 |
| <i>J. Am. Chem. Soc.</i> | 1 |
| <i>Dalton Trans.</i> | 5 |
| <i>CrystEngComm</i> | 10 |
| <i>New J. Chem.</i> | 1 |
| <i>Polyhedron</i> | 6 |
| <i>J. Coord. Chem.</i> | 1 |
| <i>Inorg. Chem. Commun.</i> | 2 |
| <i>Z. Anorg. Allg. Chem.</i> | 2 |

B. Waicla