Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera
Polskiej Akademii Nauk
ul. Niezapominajek 8
30-239 Kraków, Polska
(nazwa i dane adresowe podmiotu habilitującego,
wybranego do przeprowadzenia postępowania)

za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa, Polska
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Maria Magdalena Morga
(imię i nazwisko wnioskodawcy)
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera
Polskiej Akademii Nauk
ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków, Polska
(miejsce pracy/jednostka naukowa)

Wniosek

z dnia 28 września 2023

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie **nauk ścisłych i przyrodniczych** w dyscyplinie **nauki chemiczne.**

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:

Określenie mechanizmów adsorpcji i właściwości monowarstw polipeptydów na powierzchni substratów stałych

Wnioskuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu ~~**tajnym**~~**/jawnym***

Zostałem poinformowany, że:
Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).
Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl , tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

PODPIS ZAUFANY
MARIA
MORGA
28.09.2023 17:52:47 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Maria Morga

……..
(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy (Załącznik 1)
2. Kopia dokumentu potwierdzająca posiadanie stopnia doktora (Załącznik 2)
3. Autoreferat (Załącznik 3)
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny (Załącznik 4).
5. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (Załącznik 5)
6. Oświadczenia współautorów określające ich udział w publikacjach (Załącznik 6)

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko.

Maria Magdalena Morga

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Magister inżynier, 2005
w zakresie specjalności: Chemia nieorganiczna
na kierunku: Technologia chemiczna
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków
Tytuł pracy magisterskiej: „Możliwości pozyskiwania magnezu w postaci fosforanów z odpadu poflotacyjnego pochodzącego z przeróbki rud cynkowo ołowiowych z Z.G. „Trzebionka" S.A."
Promotor: Dr inż. Sylwester Żelazny

Doktor nauk chemicznych w dyscyplinie chemia, 2014
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polska Akademia Nauk (IKiFP PAN), Kraków
Tytuł pracy doktorskiej: „Określenie mechanizmów immobilizacji nanocząstek na powierzchniach heterogenicznych przy użyciu mikroskopii sił atomowych oraz technik elektrokinetycznych"
Promotor: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

[04.2008 – 09.2008] – Chemik w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polska Akademia Nauk, *Nanostruktury materii miękkiej* (Prof. dr hab. Piotr Warszyński)

[10.2008 – 09.2013] – Doktorant Międzynarodowych Studiów Doktoranckich (MSD) w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademia Nauk

[07.2014 – 07.2016] – Chemik w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polska Akademia Nauk**,** *Grupa Koloidy* (Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk)

[07.2015 – 07.2016] – Urlop macierzyński

[08.2016 – 07.2018] – Specjalista w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polska Akademia Nauk**,** *Grupa Koloidy* (Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk)

[07.2018 – obecnie] – Adiunkt w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polska Akademia Nauk**,** *Grupa Koloidy* (Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk). Od 01.2021 *Grupa Układy w Nano- i Mikroskali* (Dr hab. inż. Jakub Barbasz, prof. IKiFP)

[20.05.2020 – 18.05.2021] – Urlop macierzyński

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Osiągnięciem naukowym, wynikającym z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) jest cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Określenie mechanizmów adsorpcji i właściwości monowarstw polipeptydów na powierzchni substratów stałych

4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe (✉ - autor korespondencyjny)

H1. **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, S. Gödrich, M. Oćwieja, G. Papastavrou, Monolayers of poly-l-lysine on mica – Electrokinetic characteristics, *J. Colloid Interface Sci.*, 2015, **456**, 116–124.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2015.05.044
IF: 4,509, 5-letni IF: 4,919, punkty MEiN: 30 (100 punktów po 2017), liczba cytowań: 30 (bez autocytowań: 22)

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań. Wykonałam całość prac eksperymentalnych z zastosowaniem metody potencjału przepływu obejmujących m.in.: wyznaczenie potencjału zeta powierzchni miki w zależności od siły jonowej i pH; określenie minimalnego stężenia poli-L-lizyny (PLL) pozwalającego na otrzymanie warstw o maksymalnym stopniu pokrycia; określenie punktu izoelektrycznego monowarstw PLL dla sił jonowych 10^{-3}–0,15M NaCl i zbadanie stabilności otrzymanych warstw PLL. Dokonałam przeglądu literaturowego i brałam udział w pisaniu manuskryptu. Pełniłam także funkcję autora korespondencyjnego, przygotowałam odpowiedzi dla recenzentów i ostateczną wersję publikacji.

H2. **M. Morga** ✉, A. Michna, Z. Adamczyk, Formation and stability of polyelectrolyte/ polypeptide monolayers determined by electrokinetic measurements, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 2017, **529**, 302–310.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.05.033
IF: 2,829, 5-letni IF: 2,852, punkty MEiN: 30 (70 punktów po 2017), liczba cytowań: 17 (bez autocytowań: 9)

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań i manuskryptu. Przeprowadziłam prace eksperymentalne z wykorzystaniem metod elektroforezy i dynamicznego rozpraszania światła (DLS) w celu określenia właściwości fizykochemicznych cząsteczki PLL w roztworach NaCl oraz buforach Tris-HCl i PBS. Z wykorzystaniem metody potencjału przepływu wyznaczyłam zależność potencjału zeta powierzchni miki of pH i siły jonowej dla elektrolitów NaCl, Tris-HCl i PBS. Określiłam zależności potencjału zeta powierzchni miki od jej stopnia pokrycia warstewkami poli(chlorowodorku alliloaminy) (PAH) i PLL dla elektrolitu NaCl oraz buforów PBS i Tris-HCl. Ponadto wykonałam pomiary stabilności otrzymanych warstw PLL i PAH i wyznaczyłam stałe adsorpcji i energie wiązania cząsteczek z powierzchnią. Dla całości manuskryptu opracowywałam wyniki eksperymentalne, wykonałam przegląd literaturowy i brałam udział w pisaniu manuskryptu. Byłam także autorem korespondencyjnym, odpowiadałam na uwagi recenzentów i przygotowałam ostateczną wersję publikacji. Przeprowadzone badania stanowiły również część z zaplanowanych prac badawczych realizowanych w ramach grantu NCN SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569, którego byłam kierownikiem.

H3. Z. Adamczyk, **M. Morga** ✉, D. Kosior, P. Batys, Conformations of Poly-l-lysine Molecules in Electrolyte Solutions: Modeling and Experimental Measurements, *J. Phys. Chem. C*, 2018, **122**, 23180–23190.
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b07606
IF: 4,309, 5-letni IF: 4,537, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 21 (bez autocytowań: 13)

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na współautorstwie koncepcji badań i manuskryptu. W ramach realizacji zaplanowanych prac badawczych wykonałam pomiary metodą rozcieńczeń i wyznaczyłam gęstość cząsteczki PLL. Przeprowadziłam pomiary z wykorzystaniem metody DLS i elektroforezy na podstawie których wyznaczyłam zależności średnicy hydrodynamicznej i potencjału zeta od siły jonowej (10^{-5}–0,15 M NaCl) i pH. Na podstawie wykonanych pomiarów wyznaczyłam parametry fizykochemiczne dla cząsteczki PLL takie jak, liczba nieskompensowanych ładunków, stopień dysocjacji i współczynnik proporcjonalności λ, długość i średnicę łańcucha cząsteczki. Dokonałam interpretacji danych eksperymentalnych. Prowadziłam także projekt naukowy w ramach grantu NCN SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569 obejmujący część badań opisanych w publikacji. Byłam także autorem korespondencyjnym i odpowiedziałam na pytania recenzentów dotyczące części eksperymentalnej.

H4. Z. Adamczyk, **M. Morga**, D. Kosior, Sposób wyznaczania masy molowej polielektrolitów liniowych, zwłaszcza polilizyny, *Polski Patent*, 2021, **PL 236792B1**

Mój wkład w opracowanie patentu obejmował zaplanowanie całokształtu prac eksperymentalnych poświęconych pomiarom gęstości i lepkości dynamicznej oraz wyznaczaniu lepkości granicznej dla próbek PLL 1 i 2 (Przykład 1–3). Prace eksperymentalne obejmowały także charakterystykę cząsteczek PLL metodą DLS oraz wyznaczenie współczynników dyfuzji i średnicy hydrodynamicznej dla próbek PLL 1 i 2. Na podstawie pomiarów obliczyłam także wymiary cząsteczki PLL oraz wyznaczyłam masy molowe według ujawnionego w zgłoszeniu patentowym wzoru. Dokonałam także przeglądu literaturowego i byłam odpowiedzialna za opracowanie i redagowanie wniosku na każdym etapie jego przygotowania.

H5. **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, M. Kujda-Kruk, Kinetics of Poly-l-lysine Adsorption on Mica and Stability of Formed Monolayers: Theoretical and Experimental Studies, *Langmuir*, 2019, **35**, 12042–12052.
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b02149
IF: 3,557, 5-letni IF: 3,702, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 10 (bez autocytowań: 7)

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań. W części doświadczalnej pracy zaplanowałam pomiary mające na celu charakterystykę cząsteczki PLL w roztworach elektrolitu, pozwalające na wyznaczenie liczby nieskompensowanych ładunków na cząsteczce, stopienia jej dysocjacji i określenie gęstości cząsteczki w zależności od pH. W celu charakterystyki warstewek PLL, zaplanowałam i wykonałam pomiary potencjału przepływu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów określiłam konformację cząsteczki na powierzchni granicznej ciało stałe/ciecz w oparciu o model elektrokinetyczny 3D oraz skorelowałam wartości potencjału zeta ze stopniem pokrycia powierzchni cząsteczkami PLL. Wyznaczyłam także kinetykę desorpcji i energię wiązania cząsteczek PLL w różnych warunkach pH. Kierowałem również projektem naukowym NCN SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569 obejmującym badania opisane w publikacji. Byłam także autorem korespondencyjnym, napisałam część manuskryptu oraz odpowiadałam na pytania recenzentów i przygotowałam ostateczną wersję publikacji.

H6. D. Kosior, **M. Morga** ✉, P. Maroni, M. Cieśla, Z. Adamczyk ✉, Formation of Poly-l-lysine Monolayers on Silica: Modeling and Experimental Studies, *J. Phys. Chem. C*, 2020, **124**, 4571–4581.
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.9b10870
IF: 4,126 5-letni IF: 4,467, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 16 (bez autocytowań: 12)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorstwie w opracowaniu koncepcji badań i manuskryptu. Wyznaczyłam parametry fizykochemiczne cząsteczki PLL we wnętrzu oraz zaplanowałam i przeprowadziłam całość prac eksperymentalnych dotyczących pomiarów potencjału przepływu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów określiłam mechanizm adsorpcji cząsteczek PLL na powierzchni krzemionki w zakresie siły jonowej 10^{-3}– 0,15 M NaCl. Dodatkowo na podstawie przeprowadzonych badań wykazałam wpływ sił jonowej na maksymalne pokrycie uzyskanych warstw PLL. Byłam również autorem korespondencyjnym i kierowałam także projektem naukowym NCN

SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569 obejmującym badania opisane w publikacji. Brałam czynny udział w pisaniu publikacji i odpowiadałam na pytania recenzentów dotyczące części eksperymentalnej, głównie potencjału przepływu.

H7. M. Morga ✉, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek, Z. Adamczyk ✉, Poly-L-Arginine Molecule Properties in Simple Electrolytes: Molecular Dynamic Modeling and Experiments, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, **19**, 3588
DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19063588
IF: 4,614, 5-letni IF: 4,799, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 6 (bez autocytowań: 5)

Mój wkład w powstanie publikacji polegał współautorstwie koncepcji badań i manuskryptu. W zakresie zaplanowanych prac badawczych wykonałam pomiary gęstości roztworów poli-L-argininy (PARG) określając gęstość cząsteczki. Określiłam charakterystykę fizykochemiczną PARG we wnętrzu wyznaczając takie parametry jak współczynnik dyfuzji i ruchliwość elektroforetyczną w zależności od siły jonowej i pH. Przeprowadziłam również pomiary lepkości służące do określenia konformacji cząsteczki w szerokim zakresie sił jonowych. Ponadto mój udział polegał również na opracowaniu graficznym wyników, współuczestniczeniu w redagowaniu manuskryptu, doborze literatury, edycji korekcie manuskryptu, przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów i ostatecznej wersji pracy.

H8. P. Batys ✉, **M. Morga**, P. Bonarek, M. Sammalkorpi, pH-Induced Changes in Polypeptide Conformation: Force-Field Comparison with Experimental Validation, *J. Phys. Chem. B*, 2020, **124**, 2961–2972
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.0c01475
IF: 2,991, 5-letni IF: 3,051, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 20 (bez autocytowań: 16)

Mój udział w powstaniu tej publikacji obejmował zaplanowanie i przeprowadzenie części eksperymentalnej dotyczących wyznaczenia zmian ruchliwości elektroforetycznej cząsteczek PLL i PGA w zależności od pH, służących do interpretacji zmian konformacyjnych cząsteczek w oparciu o modelowanie dynamiką molekularną MD i pomiary dichroizmu kołowego (CD); zaplanowaniu i przeprowadzeniu badań określających zmiany w średnicy hydrodynamicznej cząsteczek PLL i PGA w zależności od pH oraz interpretacji i opisie wyników badań dotyczących charakterystyki makrojonów PLL i PGA we wnętrzu. Wykonałam również przegląd literaturowy oraz uczestniczyłam w korekcie manuskryptu na etapie przygotowywania oraz wersji proof.

H9. A. L. Harmat, **M. Morga**, J. L. Lutkenhaus, P. Batys ✉, M. Sammalkorpi ✉, Molecular mechanisms of pH-tunable stability and surface coverage of polypeptide films, *Appl. Surf. Sci.*, 2023, **615**, 156331
DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2023.156331
IF: 6,700, 5-letni IF: 6,200, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 1 (bez autocytowań: 0)

Mój udział w powstanie publikacji polegał na współautorstwie koncepcji badań; opisie części manuskryptu dotyczącym badań eksperymentalnych, dyskusji i interpretacji wyników otrzymanych na drodze eksperymentalnej z wykorzystaniem technik DLS, elektroforezy, metody grawimetrycznej mikrowagi kwarcowej QCM-D oraz potencjału przepływu. Określiłam charakterystykę powierzchni krzemionki oraz właściwości fizykochemiczne cząsteczek PLL i PARG w roztworach NaCl. Na podstawie wykonanych pomiarów potencjału przepływu i QCM-D określiłam mechanizm adsorpcji PLL i PARG na powierzchni krzemionki i wpływ pH (efektywnego ładunku) na proces adsorpcji, maksymalne pokrycie powierzchni cząsteczkami polipeptydów i stabilność warstw otrzymanych z ich udziałem. Odpowiedziałam także na uwagi recenzentów związane z wynikami części eksperymentalnej oraz uczestniczyłam w wykonaniu korekty manuskryptu na etapie przygotowywania oraz wersji proof.

Oryginalne prace zebrane zostały w Załączniku 5. Oświadczenia wszystkich współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie każdej z prac zebrano w Załączniku 6.

Sumaryczny IF cyklu prac zgodnie z rokiem ich opublikowania, przygotowany wg. bazy Jurnal Citation Reports, wynosi **33,635**. Suma punktów MEiN, według ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych, wynosi **860 lub 970** uwzględniając dla pierwszych dwóch prac punktację przyjętą po 2017 roku. Liczba cytowań: cyklu publikacji, według bazy Scopus, wynosi **121** (bez auto cytowań: **84**) (*dane na dzień 21.09.2023*). Podane wskaźniki IF oraz punkty MEiN są zgodne z rokiem ukazania się publikacji.

Suma punktów MEiN przed 2017 (skala 0–50 punktów): 60 **[H1, H2]**
Suma punktów MEiN po 2017 (skala 0–200 punktów): 170 **[H1, H2]**
Suma punktów MEiN po 2017 (skala 0–200 punktów): 800 **[H3, H5, H6, H7, H8, H9]**

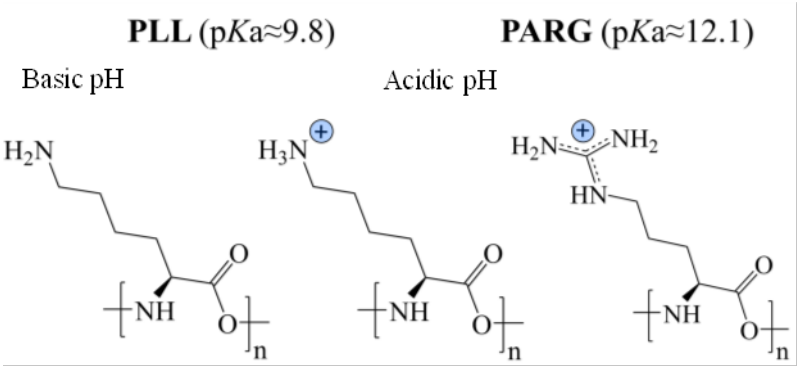
4.3. Omówienie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę habilitacji

Polielektrolity (PE) są to naładowane makrocząsteczki (makrojony), zbudowane z powtarzających się jednostek (merów), zawierających w swej strukturze grupy funkcyjne, które zyskują ładunek elektryczny w wyniku dysocjacji w rozpuszczalnikach polarnych takich jak woda.

Szeroki zakres zastosowań polielektrolitów opiera się na ich efektywnej adsorpcji na powierzchniach substratów stałych, co jest następnie wykorzystywane do przygotowania nowoczesnych powierzchni wielofunkcyjnych z wykorzystaniem metody warstwa po warstwie (LbL, ang. Layer-by-Layer),[1] polegającej na sekwencyjnej adsorpcji naprzemiennie naładowanych cząsteczek polielektrolitów.[2,3]

Wśród polielektrolitów szczególnie interesującą grupę związków stanowią biokompatybilne makrojony takie jak polipeptydy (PP).[4] Są to cząsteczki złożone z sekwencyjnie powtarzających się jednostek aminokwasów występujących naturalnie w organizmach żywych, stanowiących jednostki strukturalne białek. Z uwagi na swoje pochodzenie, polipeptydy charakteryzują się wysoką biozgodnością i biodegradowalnością. Są również związkami wrażliwymi na bodźce, co umożliwia kontrolowanie ich właściwości fizykochemicznych przez zmianę warunków środowiska, takich jak temperatura, pH czy siła jonowa.[5] Przez dobór odpowiednich warunków formowania warstw, możemy w sposób kontrolowany otrzymywać mono- i multiwarstwy polipeptydów o określonej topologii i właściwościach fizykochemicznych.

W niniejszym opracowaniu przedstawiam wyniki badań jakie uzyskałam dla dwóch cząsteczek polipeptydów: poli-L-lizyny (PLL) i poli-L-argininy (PARG), stosowanych często w badaniach eksperymentalnych i wykazujących szereg zastosowaniach praktycznych, (Rys. 1).



Rys. 1. Struktura chemiczna wykorzystanych w badaniach cząsteczek polipeptydów: poli-L-lizyny (PLL) i poli-L-argininy (PARG). **[H9]**

Poli-L-lizyna, na poziomie molekularnym, zbudowana jest z naturalnie występującego aminokwasu L-lizyny. Grupy aminowe w łańcuchu poli-L-lizyny łatwo ulegają protonowaniu co generuje ładunek dodatni na cząsteczce w szerokim zakresie pH.[6] Ze względu na zmiany ładunku, cząsteczki PLL mogą tworzyć struktury drugorzędowe: α-helisę, β-arkusz oraz przyjmować strukturę (konformację) swobodnego łańcucha (ang. random coil).[7] Przejścia strukturalne, drugorzędowe zależą od czynników zewnętrznych, do których zliczyć możemy m.in.: pH, siłę jonową i temperaturę.[5] Przez zmianę parametrów zewnętrznych można więc kontrolować strukturę cząsteczki. Właściwość ta sprawia, że cząsteczki PLL są wykorzystywane do funkcjonalizacji powierzchni używanych do kontrolowania adsorpcji białek i komórek, do projektowania materiałów warstwowych w terapiach celowanych, w produkcji biosensorów i układów biosensorycznych.[8] Szeroki zakres zastosowań biomedycznych oraz wrażliwość PLL na bodźce sprawiły również, że prowadzone są szeroko zakrojone badania w celu określenia wpływu warunków zewnętrznych (pH, siła jonowa, temperatura itp.) na konformacje i strukturę cząsteczek PLL zarówno w roztworach elektrolitów jak i na powierzchni ciał stałych.[9–11]

Poli-L-arginina, podobnie jak poli-L-lizyna, należy do grupy polikationów (makrojonów wykazujących ładunek dodatni w szerokim zakresie pH). Na poziomie molekularnym składa się z powtarzającej się jednostki grupy α-aminowej, grupy kwasu α-karboksylowego oraz 3-węglowego alifatycznego prostego łańcucha zakończonego grupą guanidynową, stanowiącego łańcuch boczny struktury monomeru.[12] W roztworach wodnych kwas karboksylowy jest deprotonowany ($-COO^-$) (pKa > 2,2), grupa α-aminowa jest protonowana ($-NH^{3+}$) (pKa > 9,0), podobnie jak grupa guanidynowa, która również ulega protonowaniu, w wyniku czego powstaje guanidyna ($-C-(NH_2)^{2+}$). Poli-L-arginina zachowuje więc ładunek dodatni nawet w warunkach alkalicznych (pKa > 12,5) . Jest szeroko badana ze względu na swoje właściwości takie jak biodegradowalność i biokompatybilność, funkcję odżywczą i skuteczność farmakologiczną.[13,14] Zwiększa przenikalność leków przez błony biologiczne i posiada działanie przeciwdrobnoustrojowe. Te unikatowe właściwości sprawiają, że cząsteczka poliargininy pełni funkcję nośnika substancji aktywnych w produkcji szczepionek przeciwnowotworowych i immunoterapiach, formowaniu nośników i immobilizacji białek, oraz produkcji biosensorów.[14–17]

Pomimo tak istotnego znaczenia polipeptydów podstawowe aspekty fizykochemiczne procesów ich adsorpcji i tworzenia z ich udziałem struktur wielowarstwowych nie zostały

w sposób systematyczny zbadane. W literaturze brak jest ilościowego opisu formowania warstw oraz systematycznych badań dotyczących kinetycznych aspektów adsorpcji/desorpcji cząsteczek polipeptydów na granicy faz ciało stałe/ciecz oraz określenia energii wiązania cząsteczki z powierzchniami substratów, wpływających na stabilność otrzymanych struktur w warunkach dynamicznych (przepływu hydrodynamicznego). Zjawiska te nie były dotychczas szczegółowo analizowane ze względu na brak ilościowych pomiarów kinetycznych.

W związku z powyższymi brakami literaturowymi głównym celem badań przedstawionym w niniejszym cyklu habilitacyjnym było opracowanie efektywnej metody charakterystyki cząsteczek polipeptydów w roztworach elektrolitów pozwalającej na ilościowy opis ich adsorpcji na granicy faz ciało stałe/elektrolit oraz określenie mechanizmu tych procesów.

Aby zrealizować cel badawczy, w swojej pracy zastosowałam komplementarne techniki pomiarowe min.: metodę dynamicznego rozpraszania światła, metodę elektroforetyczną, densytometrię i pomiary lepkości dynamicznej, co umożliwiło mi opracowanie uniwersalnej metodologii charakterystyki makromolekuł w roztworach wodnych na poziomie pojedynczej cząsteczki.

Zastosowałam również techniki pomiarowe umożliwiające charakterystykę warstw cząsteczek zaadsorbowanych na powierzchni substratów stałych, działające w warunkach *in situ*, pozwalające na wyznaczenie kinetyki adsorpcji: metodę elektrokinetyczną (pomiar potencjału przepływu (SP, ang. streaming potential)) i metodę grawimetryczną (mikrowaga kwarcowa z monitorowaniem dyssypacji energii (QCM-D, ang. quartz crystal microbalance with monitoring the dissipation energy)).

Warto podkreślić, że zastosowanie unikatowej techniki elektrokinetycznej tj. pomiarów potencjału przepływu, charakteryzującej się wysoką czułością szczególnie dla niskich stężeń powierzchniowych polipeptydów, pozwoliło na ilościowe określenie kinetyki ich adsorpcji i desorpcji w warunkach dynamicznych.

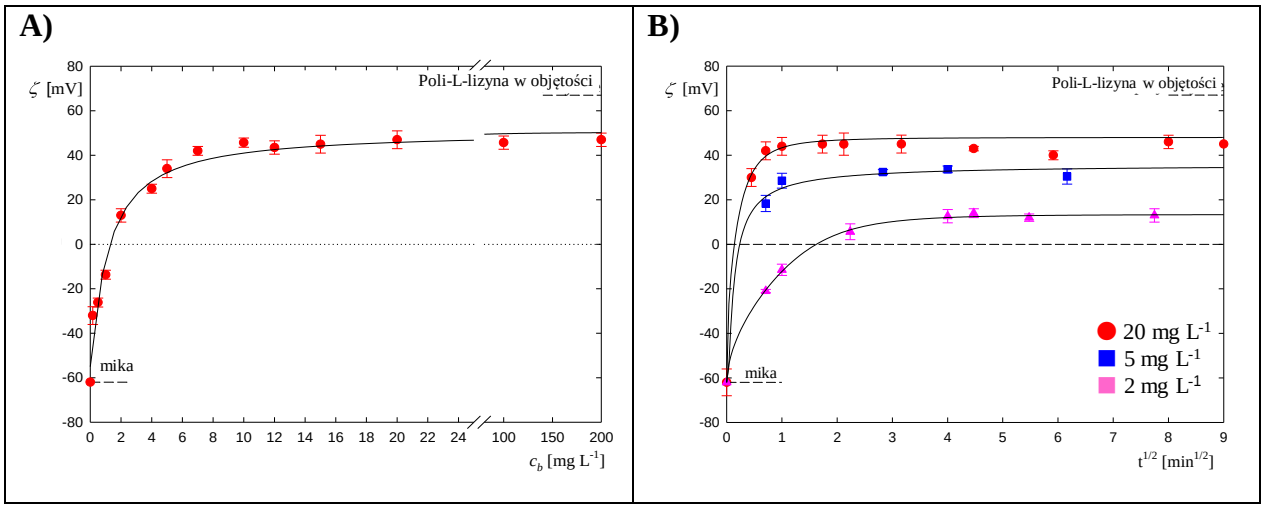
Badania eksperymentalne były interpretowane w oparciu o wyniki teoretyczne uzyskane przy zastosowaniu metody dynamiki molekularnej (MD, ang. molecular dynamics), modelu elektrokinetycznego 3D[18,19] oraz numerycznego modelowania metodą randomowej adsorpcji sekwencyjnej (MC-RSA, ang. Monte Carlo random sequential adsorption),[20] co pozwoliło na jednoznaczne określenie mechanizmu adsorpcji badanych polipeptydów na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/roztwór elektrolitu.

Szczegółowy opis osiągnięcia naukowego

Otrzymywanie nowoczesnych nanomateriałów warstwowych wymaga szczegółowego opisu zarówno kinetyki adsorpcji jak i mechanizmów uwalniania makrojonów na/z formowanych warstw. Umożliwi to określenie ich zachowania w środowisku zgodnym z ich przeznaczeniem oraz potencjału aplikacyjnego jako warstewek zakotwiczających.[21,22] Jednym z głównych problemów dotyczących opisu procesu otrzymywania nanostruktur warstwowych jest fakt, że poszczególne warstwy otrzymywane są zazwyczaj z roztworów charakteryzujących się wysokim stężeniem objętościowym (c_b) makrojonu w próbce, wynoszącym od 500 mg L^{-1} do 10000 mg L^{-1}.[1,23] Tak wysokie stężenia uniemożliwiają

kontrolę właściwości fizykochemicznych poszczególnych warstw oraz dokładne zbadanie kinetycznych aspektów adsorpcji/desorpcji makrojonów na/z powierzchniach międzyfazowych.

Głównym zagadnieniem badawczym realizowanym w pracy **[H1]** było wyznaczenie granicznego stężenia PLL w roztworze pozwalającego na określenie kinetyki adsorpcji cząsteczek na powierzchni międzyfazowej jak również otrzymanie warstewek charakteryzujących się maksymalnym stopniem pokrycia. W tym celu, wykonałam pomiary potencjału przepływu umożliwiające prowadzanie adsorpcji makrojonów w warunkach *in situ* w naczyńku elektrokinetycznym (w którego wnętrzu, za pomocą przekładki teflonowej utworzony jest kanał płasko-równoległym o zdefiniowanej geometrii i stałej objętości). Adsorpcję cząsteczek PLL prowadziłam dla zakresu stężeń objętościowych (c_b) od 0,16 mg L^{-1} do 200 mg L^{-1} stałego czasu adsorpcji równego 20 min. Po założonym czasie adsorpcji wykonałam pomiar potencjału przepływu dla próbek o stopniowo wzrastającym stężeniu polipeptydu. Wyniki uzyskane dla I = 10^{-2} M NaCl i pH 5,5 przedstawiono na Rys. 2A.



Rys. 2. A) Zależność potencjału zeta miki od stężenia objętościowego PLL w roztworze dla stałego czasu adsorpcji t = 20 min. Linia ciągła stanowi nieliniową interpolacje danych eksperymentalnych. **B)** Zależność potencjału zeta miki od pierwiastka z czasu adsorpcji dla różnych stężeń roztworów PLL. Liniami przerywanymi zaznaczono wartość potencjału zeta PLL w objętości, wyznaczony z pomiarów ruchliwości elektroforetycznej. Linie ciągłe przedstawiają nieliniową interpolację danych eksperymentalnych. Warunki pomiaru : I = 10^{-2} M, pH 5,5. **[H1]**

Jak można zaobserwować, potencjał zeta miki wzrasta wraz ze wzrostem c_b, przyjmując wartość dodatnią dla warstw otrzymanych ze stężeń objętościowych c_b > 1,5 mg L^{-1} w czasie 20 min. Dla stężeń PLL powyżej 10 mg L^{-1} wartość potencjału zeta miki osiąga wartość stałą równą 47 mV co wskazuje na osiągnięcie maksymalnego pokrycia warstwy. Podobne zależności otrzymano wcześniej dla polielektrolitów kationowych adsorbowanych na powierzchni miki.[24] Przedstawione dane dowodzą jednoznacznie, że pomiary potencjału przepływu są wystarczająco czułe zarówno do badania kinetyki adsorpcji PLL i stabilności otrzymanych warstw dla stężeń znacznie poniżej zakresu powszechnie stosowanego w procesach wytwarzania warstewek makrojonów na powierzchni ciał stałych. [1,23]

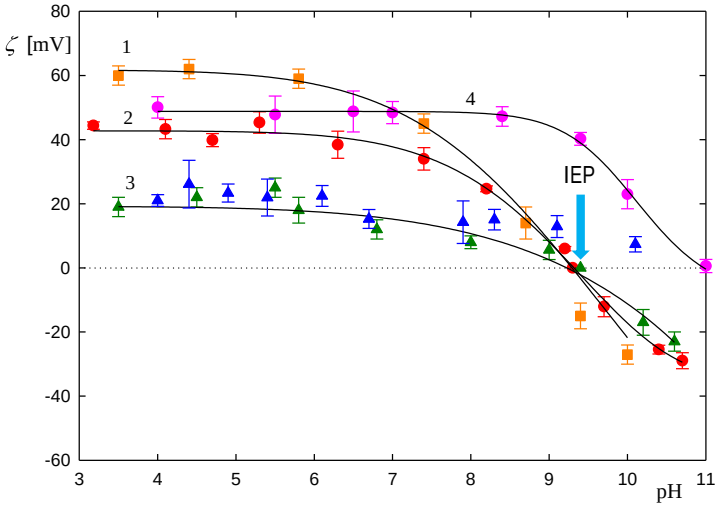
W kolejnej serii eksperymentów wyznaczyłam kinetykę adsorpcji PLL na powierzchni miki, prowadząc pomiary potencjału przepływu dla określonego czasu adsorpcji oraz

ustalonych wartości stężeń wynoszących c_{bL} = 2 mg L^{-1}, 5 mg L^{-1} i 20 mg L^{-1}. Uzyskane w ten sposób zależności przedstawiłam na Rys. 2B. W tym przypadku otrzymane zależności charakteryzują się szybkim wzrostem wartości potencjału zeta warstwy wraz z $t^{1/2}$ (zmienna niezależna odpowiednia do analizy procesów adsorpcji kontrolowanej przepływem dyfuzyjnym) a dłuższych okresów czasu adsorpcji wartości plateau potencjału zeta są osiągane asymptotycznie. Wartości potencjału zeta osiągnęły plateau wynoszące 15 mV, 25 mV i 47 mV odpowiednio dla c_b = 2 mg L^{-1}, 5 mg L^{-1} i 20 mg L^{-1}. Warto podkreślić, że wartość 47 mV uzyskana dla adsorpcji warstwy PLL dla stężenia 20 mg L^{-1} zgadza się z wartością zmierzoną w poprzednim eksperymencie (Rys. 2A). Wynik ten potwierdza, że maksymalne pokrycie warstwy PLL osiąga się już dla c_b = 20 mg L^{-1} i czasu adsorpcji dłuższego niż 1 minuta ($t^{1/2} > 1$ $min^{1/2}$). **[H1]**.

Warto podkreślić, że dobór minimalnego stężenia potrzebnego do otrzymania warstwy o maksymalnym stopniu upakowania jest istotny zarówno ze względów ekonomicznych (pozwala na oszczędność materiału) jak również umożliwia śledzenie aspektów kinetycznych otrzymywania warstw z udziałem makrojonów na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/ciecz. W literaturze brak jest również systematycznych badań dotyczących kinetyki desorpcji PLL z powierzchni makroskopowych oraz określenia oddziaływań makrojon–powierzchnia, mających bezpośredni wpływ na stabilność zaadsorbowanych warstw polipeptydów w warunkach dynamicznych (przepływu).

W związku z powyższym, w pracy **[H1]** zbadałam również stabilność warstw PLL otrzymanych w warunkach ustalonego przepływu elektrolitu przez warstwę, określając wpływ siły jonowej na proces uwalniania cząsteczek PLL z powierzchni miki. Umożliwiło to wyznaczenie energii wiązania cząsteczek PLL z powierzchnią wynoszących -20,9 kT i -20,6 kT, obliczonych odpowiednio dla sił jonowych 10^{-3} M i 10^{-2} M NaCl. Porównując otrzymane wyniki z wartościami energii wiązania dla innych kationowych makrojonów, stwierdzono, że warstwy PLL charakteryzują się zbliżoną a nawet wyższą stabilnością.[24,25] Uzyskane wyniki eksperymentalne wykazały, że cząsteczki PLL mogą być z powodzeniem stosowane jako warstwy zakotwiczające w celu immobilizacji nanocząstek lub białek oraz w procesach enkapsulacji związków czynnych.

W pracy **[H1]** zaproponowałam również alternatywny sposób wyznaczania punktu izoelektrycznego makrojonów w oparciu o charakterystykę otrzymanych warstw PLL. W tym celu, w warunkach *in situ* adsorbowałam warstwę PLL o maksymalnym pokryciu. Następnie przeprowadziłam pomiary SP dla stopniowo zmienianych wartości pH elektrolitu w zakresie pH 3,3 – 10,8, przy jednoczesnym utrzymaniu siły jonowej na stałym poziomie. W ten sposób otrzymałam charakterystykę kwasowo-zasadową utworzonej warstwy PLL w zakresie sił jonowych od 10^{-3} do 0,15 M NaCl i określiłam punkt izoelektryczny PLL w pH ≈ 9,5. Wyznaczony punkt izoelektryczny jest niezależny od danej siły jonowej i dobrze koreluje się z danymi literaturowymi przedstawionymi dla cząsteczek lizyny.[7] Wyniki obrazujące zależność potencjału zeta warstw PLL od pH przedstawiono na Rys. 3.



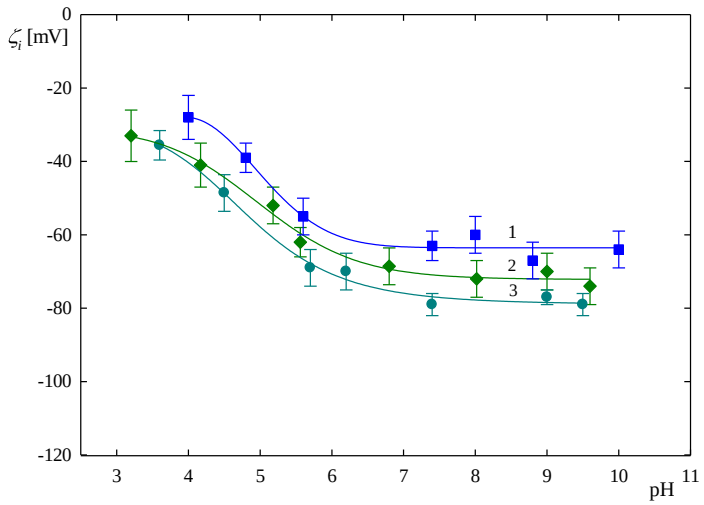
Rys. 3. Zależność potencjału zeta warstw PLL od pH: 1) (■) $I = 10^{-3}$ M; 2) (●) $I = 10^{-2}$ M, 3) (▲) I = 0,15 M wyznaczona przy użyciu metody potencjału przepływu, oraz zależność potencjału zeta dla cząsteczek PLLw roztworze 4) (●) $I = 10^{-2}$ M i 5) (▲) I = 0,15 M wyznaczona na podstawie przeprowadzonych badań elektroforetycznych i znormalizowanego wg. równania: $\zeta_\infty = \zeta_p/\sqrt{2}$, gdzie ζ_∞ to potencjał zeta cząsteczek PLL we wnętrzu elektrolitu a ζ_p określa potencjał zeta dla warstwy o maksymalnym stopniu pokrycia PLL. Linie ciągłe pokazują nieliniowe interpolacje wyników eksperymentalnych. **[H1]**

Otrzymane wyniki skłoniły mnie do przeprowadzenia kolejnych badań dotyczących szczegółowej charakterystyki fizykochemicznej warstwy PLL i porównaniu jej właściwości z właściwościami fizykochemicznymi warstw makrojonów często opisywanych w literaturze, takich: jak poli(chlorowodorek allilaminy) (PAH) i poli(chlorek diallilodimetyloamoniowy) (PDDA).[26,27] Warto podkreślić, że niniejsze warstwy są powszechnie stosowane jako warstwy kotwiczące w procesie tworzenia wielowarstwowych filmów polielektrolitowych W pierwszym etapie badań wyznaczyłam właściwości fizykochemiczne cząsteczek PLL, PAH i PDDA w roztworach elektrolitów w szerokim zakresie pH oraz w roztworach buforowych Tris (chlorowodorek tris (hydroksymetylo)aminometan) i PBS (sól fizjologiczna buforowana fosforanem), powszechnie stosowanych w badaniach biochemicznych i biologii molekularnej.[28]

Badania obejmowały wyznaczenie współczynników dyfuzji, średnic hydrodynamicznych i ruchliwości elektroforetycznych. Na podstawie przeprowadzonej charakterystyki we wnętrzu wykazałam, że dla roztworów elektrolitów w zakresie pH 5,5 – 7,4 wszystkie badane cząsteczki makrojonów wykazują dodatnie wartości potencjału zeta, co predestynuje je do efektywnej adsorpcji na ujemnie naładowanych powierzchniach substratów stałych. Dla pH $\geq$ 9,2 zaobserwowano spadek potencjału zeta dla PAH i PLL, co może skutkować ich słabszym wiązaniem z ujemnie naładowanymi powierzchniami. Wykazano ponadto, że w buforach PBS i Tris potencjał zeta cząsteczek PAH i PLL charakteryzuje się niższymi wartościami dla wybranych pH w porównaniu z roztworem NaCl.

W kolejnym etapie **[H2]** zbadałam wpływ rodzaju przeciwjonu i pH na potencjał zeta miki. Wyniki uzyskanych badań przedstawiono na Rys. 4. Wpływ rodzaju elektrolitu na ładunek powierzchni miki przedstawia się następująco: w kontakcie z roztworem PBS, grupy fosforanowe przesuwają stałą dysocjacji, powodując wzrost dysocjacji kationów potasu z powierzchni miki, a tym samym prowadząc do wzrostu ilości ujemnego ładunku nieskompensowanego na powierzchni miki. W przypadku buforu Tris-NaCl wzrost ładunku

powierzchniowego miki można przypisać adsorpcji kationu ($(HOCH_2)_3C(NH_3^+)$). Podobne zjawisko zostało opisane w pracach Scales'a, który wykazał różnice w potencjale zeta powierzchni miki i krzemionki w zależności od pH i rodzaju użytego elektrolitu.[29]



Rys. 4. Zależność potencjału zeta powierzchni miki od pH dla 1) (■) I = 10^{-2} M Tris-NaCl, 2) (♦) I = 10^{-2} M NaCl, 3) (●) I = 10^{-2} M PBS. Linie ciągłe przedstawiają interpolację nieliniową danych eksperymentalnych**. [H2]**

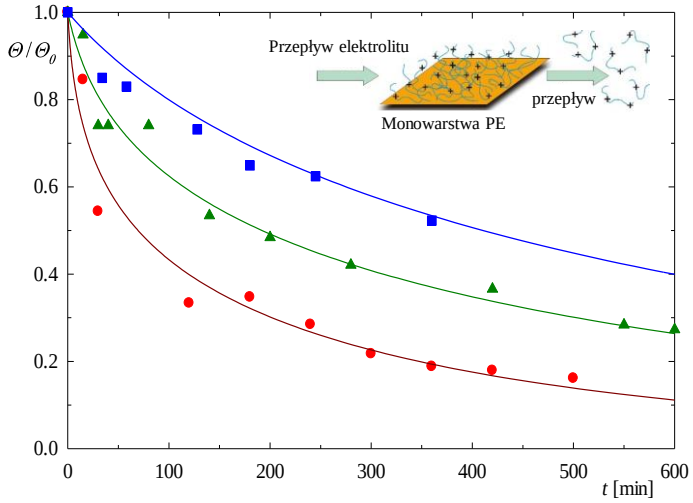
Dodatkowo do pomiarów potencjału przepływu, obliczono gęstość ładunku elektrokinetycznego miki (σ_0) wykorzystując zależność Gouya-Chapmana. Uzyskane dane przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela. 1. Wartość potencjału zeta oraz gęstości ładunku elektrokinetycznego powierzchni miki dla roztworów elektrolitów/buforów w zakresie pH 7,4 i 9,2 oraz I = 10^{-4} – 0,15 M. T = 298K. **[H2]**

Elektrolit	**pH**	**Stężenie elektrolitu/buforu [M]**	**Potencjał zeta ζ_i [mV]**	**Gęstość ładunku elektrokinetycznego σ_0 [e nm^{-2}]**
NaCl	7,4	10^{-4}	-104 ± 8	-0,028
		10^{-3}	-98,0 ± 4	-0,079
		10^{-2}	-68,0 ± 4	-0,132
		0,15	-48,0 ± 3	-0,313
PBS	7,4	10^{-4}	-110 ± 6	-0,032
		10^{-3}	-108 ± 5	-0,097
		10^{-2}	-75,0 ± 4	-0,154
		0,15	-55,0 ± 6	-0,375
NaCl	9,2	10^{-4}	-118 ± 4	-0,038
		10^{-3}	-109 ± 4	-0,099
		10^{-2}	-70,0 ± 3	-0,138
		0,15	-50,0 ± 5	-0,330
Tris-NaCl	9,2	10^{-4}	-103 ± 5	-0,277
		10^{-3}	-100 ± 5	-0,082
		10^{-2}	-62,0 ± 7	-0,114
		0,15	-45,0 ± 6	-0,288

Znając potencjał zeta miki oraz makrojonów w roztworach badanych elektrolitów, mogłam wyznaczyć zależność potencjału zeta dla bezwymiarowego pokrycia powierzchni cząsteczkami PAH, PLL i PDDA a następnie zbadać wpływ zastosowanego elektrolitu oraz pH na stabilność utworzonych warstw. Dzięki zastosowaniu metody SP i przeprowadzeniu pomiarów kinetyki desorpcji, określiłam w oparciu o hybrydowy model RSA, stałe adsorpcji i wyznaczyłam energie wiązania cząsteczek z powierzchnią dla wybranych warunków pomiarowych. Na tej podstawie wykazałam, że cząsteczki PLL i PDDA tworzą najbardziej stabilne warstwy, określone energią wiązania (ϕ_m) wynoszącą -21 kT i -20 kT, odpowiednio dla pH 7,4 i 9,2 w czystym elektrolicie NaCl oraz ϕ_m = -20 kT dla pH 7,4 i 0,15 M PBS. Te wartości potwierdzają że cząsteczki PLL mogą być z powodzeniem stosowane do immobilizacji nanocząstek i biomolekuł.[21]

Przykładową kinetykę desorpcji PDDA, PAH i PLL w warunkach I = 0,15 M PBS i pH 7,4 przedstawiono na Rys. 5. Energie wiązania wyznaczone dla warstw PAH, PDDA i PLL w różnych warunkach siły jonowej i pH oraz w zależności od rodzaju buforu zebrano w Tabeli 2.



Rys. 5. Zależność znormalizowanego pokrycia powierzchni miki makrojonami Θ/Θ_o (gdzie Θ_o = 0,25 stanowiło pokrycie początkowe) od czasu desorpcji t: (■) PDDA, (▲) PLL, (●) PAH. Linie ciągłe przedstawiają wyniki teoretyczne z modelowania RSA. Desorpcję prowadzono dla buforu PBS w pH 7,4, T = 293 K i Q = 0,035 cm^3 s^{-1}. **[H2]**

Tabela 2. Energie wiązania cząsteczek PAH, PDDA and PLL dla powierzchni miki w zależności od rodzaju elektrolitu, siły jonowej i pH. **[H2]**

Elektrolit	**pH**	**PAH**	**PDDA**	**PLL**
		ϕ_m **[kT]**	ϕ_m **[kT]**	ϕ_m **[kT]**
10^{-2} M NaCl	7,4	-20,0	-21,0	-21,0
	9,2	-19,9	-20,5	-19,9
10^{-2} M PBS	7,4	-20,1	-21,9	-21,0
	9,2	-20,1	-21,6	-19,9
10^{-2} M TRIS-NaCl	7,4	-20,3	-21,0	-21,1
	9,2	-19,7	-21,3	-19,7
0.15 M PBS	7,4	-18,9	-20,2	-20,1

W **[H2]** wykazano, że ładunek elektrokinetyczny na cząsteczce PE oraz na powierzchni substratu zależy od rodzaju przeciwjonów elektrolitu. Determinuje on tym samym tworzenie specyficznych miejsc wiązania cząsteczki PE z modyfikowaną powierzchnią (pary jonowe) mających decydujący wpływ na stabilność utworzonych warstw. Uzyskane wyniki bezpośrednio przyczyniają się do lepszego zrozumienia zjawisk zachodzących na granicy międzyfazowej ciało stałe/roztwór i stanowią podstawę dla teoretycznego opisu adsorpcji PE na powierzchniach substratów stałych oraz adsorpcji naprzemiennie naładowanych makrojonów w technice LBL. Wykazano również że cząsteczki PLL stanowią lepszą alternatywę do otrzymywania warstw adhezyjnych szczególnie w odniesieniu do adsorpcji białek, dla których adsorpcja przeprowadzana jest zwykle przy pH 7,4 i sile jonowej 0,15 M.

Należy podkreślić, że możliwość tworzenia stabilnych wielowarstw polipeptydów o pożądanej strukturze z inkorporowanymi substancjami czynnymi może znaleźć zastosowanie w produkcji biosensorów, materiałów inżynierii tkankowej i substratów antybakteryjnych.[3,8] Stosowalność takich materiałów warstwowych zależy w dużej mierze od ich właściwości strukturalnych, na przykład: gęstości, konformacji i orientacji cząsteczek.[30] Parametry te mogą wpływać na poprawę elastyczności, inicjację procesu sieciowania lub biomineralizację.[31,32] Niektóre biomateriały wymagają także zastosowania biomolekuł reagujących na bodźce, które ulegają zmianom konformacyjnym w odpowiedzi zmienne warunki środowiskowe, takie jak pH czy temperatura.[5] Natomiast kinetyka formowania warstw jest kontrolowana takimi parametrami jak współczynnik dyfuzji, masa molowa czy gęstość właściwa cząsteczki.

W związku z brakiem w literaturze danych dotyczących właściwości fizykochemicznych cząsteczek polipeptydów w roztworach elektrolitów, prace **[H3, H4, H7, H8]** poświęcone były temu zagadnieniu. Na podstawie przeprowadzonych badań dla cząsteczek PLL i PARG opracowano prostą i efektywną procedurę charakteryzowania cząsteczek PE we wnętrzu elektrolitu. Zastosowana metoda badawcza pozwoliła na określenie konformacji, gęstości właściwej, średnicy i długości łańcucha wybranych polipeptydów, a także ich ładunku elektrokinetycznego w roztworze NaCl w szerokim zakresie siły jonowej i pH. Znajomość pełnej charakterystyki cząsteczek w objętości umożliwia prawidłowe modelowanie ich adsorpcji na podłożach stałych (RSA) i interpretację danych uzyskanych z metod eksperymentalnych,[33] takich jak QCM-D, reflektometria optyczna (OR, ang optical reflectometry) czy spektroskopia (OWLS, ang. optical waveguide light mode spectroscopy).[34,35]

Wykorzystanie w pracach **[H3, H4, H7, H8]** komplementarnych technik, takich jak: dynamiczne rozpraszanie światła (DLS, ang. dynamic light scattering) i (LDV, ang. laser Doppler velocimetry), pomiarów gęstości oraz pomiarów lepkości pozwoliło na uzyskanie kompletnej charakterystyki fizykochemicznej polipeptydów PLL i PARG w szerokim zakresie sił jonowych i pH.

W pracach **[H3 i H7]** wyznaczyłam parametry fizykochemiczne cząsteczek PLL i PARG. Na podstawie przeprowadzonych badań zależności współczynników dyfuzji i ruchliwości elektroforetycznej w zakresie siły jonowej 10^{-4} – 0,15 M NaCl i pH 3 – 12 obliczona została średnica hydrodynamiczna i potencjał zeta z wykorzystaniem zależności Stokesa-Einsteina i równania Henry'ego. Znając średnicę hydrodynamiczną i ruchliwość elektroforetyczną, obliczono również liczbę nieskompensowanych ładunków na cząsteczkach (efektywny

ładunek elektrokinetyczny). Znajomość liczby efektywnych ładunków elektrokinetycznych na łańcuchu cząsteczki ma istotne znaczenie w analizie ilościowej procesów adsorpcji. Pozwala na określenie liczby par jonowych pomiędzy cząsteczką a substratem, determinującej stabilność otrzymanych warstw w danych warunkach środowiska. Dane dotyczące charakterystyki objętościowej cząsteczek PLL i PARG zestawiono w Tabeli 3.

Jak możemy zauważyć średnica hydrodynamiczna maleje nieznacznie wraz ze wzrostem siły jonowej elektrolitu, natomiast potencjał zeta cząsteczek, liczba ładunków nieskompensowanych oraz efektywny stopień jonizacji wzrasta wraz z malejącą siłą jonową elektrolitu.

Tabela 3. Właściwości fizykochemiczne cząsteczek PLL i PARG w NaCl, o różnej sile jonowej, pH 5,4 – 5,8 i T = 298 K. **[H3 i H7]**

I (M)	κ^{-1} (nm)	D ($m^2\ s^{-1}$)	d_H (nm)	μ_e ($\mu m\ cm\ (V\ s)^{-1}$)	ζ (mV)	N_c	α^*
PLL							
2×10^{-5}	68,7	$1,5 \pm 0,4\times10^{-11}$	32 ±8	4,50 ±0,25	82	75	0,130
10^{-4}	30,5	$1,6 \pm 0,4\times10^{-11}$	30 ±7	4,20 ±0,25	76	65	0,110
10^{-3}	9,63	$1,9 \pm 0,4\times10^{-11}$	26 ±6	3,70 ±0,25	70	50	0,085
10^{-2}	3,05	$2,0 \pm 0,3\times10^{-11}$	24 ±4	3,50 ±0,20	63	44	0,076
0,15	0,79	$2,2 \pm 0,3\times10^{-11}$	22 ±3	2,10 ±0,20	40	24	0,041
PARG							
2×10^{-5}	68,7	$2,9 \pm 0,4\times10^{-11}$	17 ± 5	4,70 ±0,25	85	63	0,260
10^{-4}	30,5	$4,1 \pm 0,4\times10^{-11}$	12 ± 3	4,20 ±0,25	78	40	0,160
10^{-3}	9,63	$4,5 \pm 0,4\times10^{-11}$	11 ± 3	3,70 ±0,25	70	32	0,130
10^{-2}	3,05	$4,9 \pm 0,3\times10^{-11}$	10 ± 2	3,20 ±0,20	55	25	0,100
0,15	0,79	$6,1 \pm 0,3\times10^{-11}$	8,0 ± 3	2,10 ±0,20	38	13	0,050

gdzie: κ^{-1} grubość podwójnej warstwy elektrokinetycznej, D współczynnik dyfuzji, d_H średnica hydrodynamiczna, μ_e ruchliwość elektroforetyczna, ζ potencjał zeta, N_c liczba ładunków nieskompensowanych, α^* efektywny stopień jonizacji

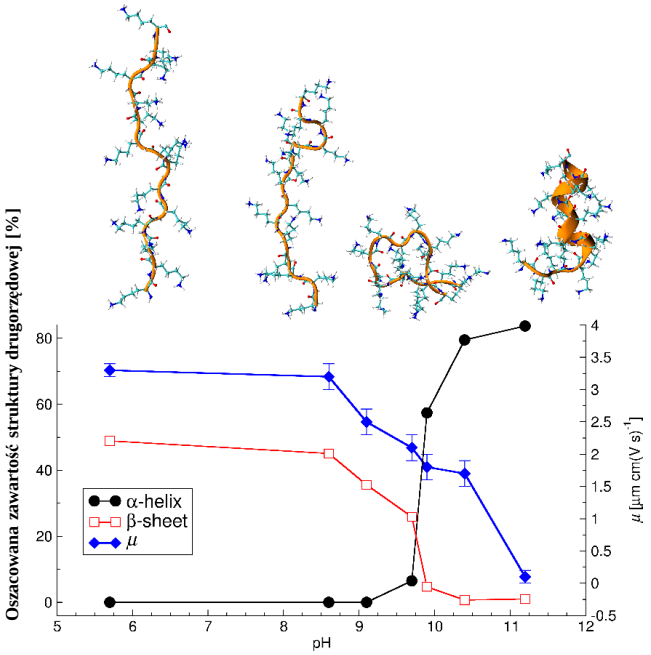
W pracach **[H7 i H8]** poszerzono charakterystykę objętościową PLL i PARG o badania dichroizmu kołowego, umożliwiające badania konformacji biomolekuł w roztworze. Na podstawie uzyskanych wyników skorelowano strukturę cząsteczki polipeptydów z jej ładunkiem elektrokinetycznym. Wyniki pomiarów ruchliwości elektroforetycznej oraz struktury drugorzędowe zestawiono w Tabeli 4.

Na rysunku 6 **[H8]** przedstawiono natomiast zawartości struktury drugorzędowej PLL wyznaczonej z analizy CD oraz modelowania MD i ruchliwości elektroforetycznej cząsteczki PLL w zależności od pH dla $I = 10^{-2}$ M NaCl i T = 298K.

Tabela 4. Zależność ruchliwości elektroforetycznej oraz udziału procentowego poszczególnych rodzajów struktur drugorzędowych dla cząsteczek PLL i PARG od pH dla $I = 10^{-2}$ M NaCl i T = 298 K. **[H3, H7, H8]**

pH	μ_e (μm cm (V s)$^{-1}$)	*α-helisa*	*β-kartka*	*pętla (turn)*	*inne*	*NRMSD**
PLL						
5,7	3,8 ± 0.2	0	49	11	40	0,0695
8,6	3,6 ± 0.2	0	45	12	43	0,0602
9,1	2,5 ± 0.5	0	36	16	48	0,0367
9,7	2,1 ± 0.3	6	26	14	54	0,0329
9,9	1,5 ± 0.3	57	5	7	31	0,0072
10,4	1,2 ± 0.3	80	0	7	13	0,0080
11,2	0,5 ± 0.4	84	0	5	11	0,0070
PARG						
5,7	3,2 ± 0.2	1	31	18	50	0,0393
9,9	2,2 ± 0.5	0	33	16	51	0,0454
10,4	1,7 ± 0.4	0	29	18	53	0,0380
10,8	1,6 ± 0.4	13	23	13	51	0,0507
11,3	1,4 ± 0.4	15	21	13	51	0,0520

* NRMSD to znormalizowane odchylenie średniej kwadratowej.[36]



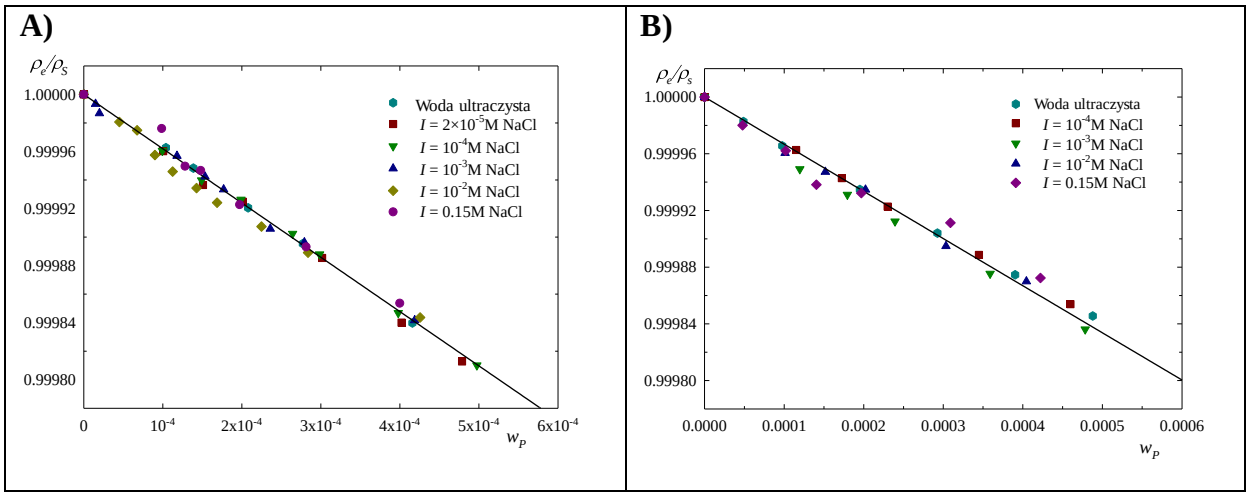
Rys. 6. Zależność ruchliwość elektroforetycznej (μ) i zawartości struktury drugorzędowej PLL od pH dla 10^{-2} M NaCl, T = 298K. Na górze rysunku przedstawiono konformacje cząsteczki PLL uzyskane z modelowania MD przy użyciu pola siłowego AMBER99SB*-ILDNP dla odpowiedniego zakresu pH. **[H8]**

W przypadku PLL zmiany w strukturze odpowiadają trzem głównym zakresom pH: (i) pH ≤ 8,6: w tym zakresie cząsteczka PLL charakteryzuje się najwyższym ładunkiem i przyjmuje konformację swobodnie wydłużoną, z najwyższą zawartością struktury

drugorzędowej β-kartki; (ii) pH 8,6 – 10,4: gdzie obserwuje się spadek w mierzonej ruchliwości elektroforetycznej cząsteczki i zawartości procentowej struktury drugorzędowej β-kartki przy jednoczesnym wzroście zawartości procentowej struktury α-helisy; (iii) pH $\geq$ 10,4: gdzie następuje dalszy spadek ruchliwości elektroforetycznej aż do osiągnięcia punktu izoelektrycznego w pH $\approx$ 11,5. W tym zakresie dominuje zawartość struktury drugorzędowej α-helisy. Zawartość struktury β-kartki wydaje się bardzo dobrze korelować z ruchliwością elektroforetyczną. Dla silnie naładowanego łańcucha struktura drugorzędowa β-kartki stanowi ~ 40-50% PLL i ~30% łańcucha PARG.

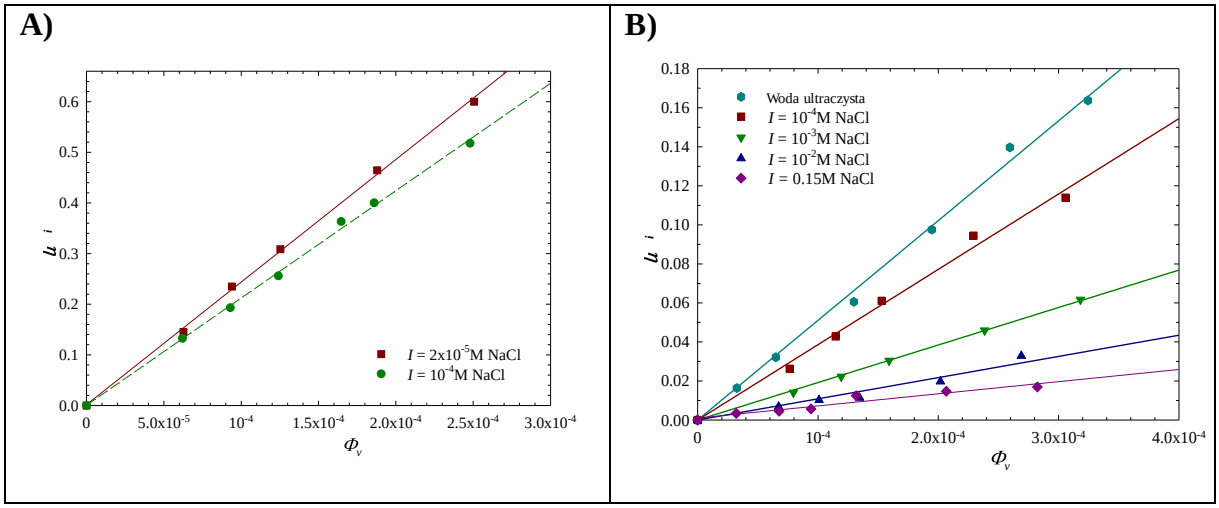
Analizując wyniki eksperymentalne otrzymane dla cząsteczki PARG, w zakresie pH 5,7 – 10,4, obserwujemy, że cząsteczka przyjmuje konformację swobodnego łańcucha z zawartością ok 30% struktury drugorzędowej β-kartki. W tym zakresie cząsteczka charakteryzuje się najwyższym ładunkiem powierzchniowym. W zakresie pH 10,8 – 11,7 widmo CD wskazuje, że cząsteczki PARG częściowo przyjmują strukturę α-helisy. W tym zakresie pH obserwuje się spadek ruchliwości elektroforetycznej. Uzyskane wyniki są zgodne z wynikami badań CD otrzymanymi dla cząsteczki bromowodorku poliargininy.[37]

W dalszej części prac **[H3 i H7]** wyznaczyłam gęstość właściwą cząsteczek PLL i PARG. Zastosowana procedura opiera się na pomiarze gęstości roztworów o stopniowo malejącym stężeniu badanej substancji w próbce. Wyznaczając zależność odwrotności gęstości znormalizowanej od stężenia masowego cząsteczki w próbce otrzymujemy zależność liniową. Taką zależność, otrzymaną dla cząsteczek PLL i PARG przedstawiono na Rys. 7. Wyznaczając z powyżej przedstawionych zależności, obliczona została gęstość właściwa cząsteczek, wynosząca odpowiednio ρ_p = 1,61 ± 0,01×10^3 kg m^{-3} dla PLL oraz ρ_p = 1,50 ± 0,04 ×10^3 kg m^{-3} dl PARG



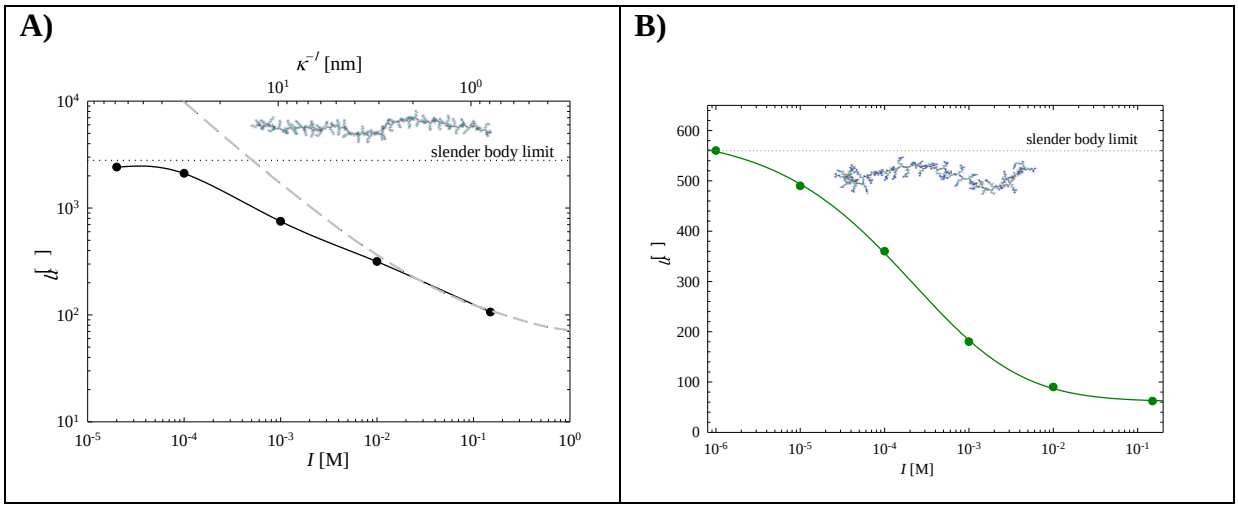
Rys. 7. Zależność ρ_e/ρ_s (gdzie: ρ_e gęstość elektrolitu, ρ_s gęstość suspensji) od ułamka masowego polipeptydu w próbce dla roztworów **A)** PLL w zakresie siły jonowej I = 2×10^{-5} to 0,15 M, pH 5,4–5,6. **B)** PARG w zakresie siły jonowej I = 10^{-4} to 0,15 M w pH 5,7. Linie proste odpowiadają dopasowanym funkcjom liniowym o współczynnikach nachylenia s_p = -0.38 dla PLL i s_p = -0.33 dla PARG. Gęstość właściwą (ρ_p) cząsteczek PLL i PARG obliczono z zależności: $\rho_p = \rho_e/(1+s_p)$, gdzie $s_p = \Delta(\rho_e/\rho_s)/\Delta w_p$. [**H3 i H7]**

Istotnym wynikiem badań opisanych w pracach **[H3, H7]** było również określenie konformacji PLL i PARG w roztworze na podstawie przeprowadzonych pomiarów lepkości. Pomiary lepkościowe prowadzone były równocześnie z pomiarami gęstości. Dla tych samych próbek PLL i PARG wykonałam pomiary lepkości w szerokim zakresie siły jonowej od 2×10^{-5} do 0,15 M oraz pH 5,4 – 5,6. Znając lepkości dynamiczne roztworów PLL w zakresie sił jonowych 10^{-5} – 0,15 M NaCl, wykreśliłam zależność lepkości znormalizowanej od stężenia PLL i PARG w próbce. Zależność ta ma charakter liniowy, a współczynnik nachylenia zmniejsza się wraz ze wzrostem siły jonowej elektrolitu (Rys. 8).



Rys. 8. Zależność lepkości względnej η_i od ułamka objętościowego polipeptydu Φ_V dla **A)** PLL i **B)** PARG. Linia ciągła przedstawia interpolacje liniowe danych eksperymentalnych. **[H3 i H7]**

Nachylenia linowych zależności w granicy niskich stężeń PLL zmieniają się od 2420 do 2110, w zakresie 2×10^{-5} – 10^{-4} M NaCl. Dla cząsteczek PARG wartości nachylenia prostych wynoszą odpowiednio 360, 180, 90 i 62 dla I = 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2} i 0,15 M. W praktyce wartości nachyleń odpowiadają wartościom lepkości wewnętrznej [η] roztworów polipeptydów, a precyzję wyznaczanych wartości lepkości wewnętrznej można zwiększyć przez wykreślenie zależności η_i/Φ_V względem Φ_V **[H3, H7]** W tym wypadku wartości lepkości wewnętrznej otrzymuje się jako punkt przecięcia prostej opisującej dane eksperymentalne z osią rzędnych. Wartości te znacznie przekraczają wynik otrzymany przez Einsteina dla cząsteczek o kształcie kulistym, gdzie [η] = 2,5. Wysokie wartości lepkości wewnętrznych dowodzą jednoznacznie, że zarówno cząsteczka PLL jak i PARG przyjmują konformację silnie wydłużoną dla całego zakresu stężeń NaCl. Zależność lepkości wewnętrznej od siły jonowej NaCl otrzymanych dla obydwóch cząsteczek przedstawiono na Rys. 9.



Rys. 9. Zależność lepkości wewnętrznej [η] dla cząsteczek A) PLL i B) PARG od siły jonowej *I*. Linie ciągłe przedstawiają interpolację nieliniową danych eksperymentalnych, linie kropkowane pokazują lepkość graniczną dla maksymalnie wydłużonej cząsteczki PLL i PARG. Linia przerywana przedstawia wyniki teoretyczne obliczone ze wzoru interpolacyjnego Rushinga i Hestera,[38] $[\eta] = (14.1 + 11\ \kappa^{-1.08})^{3/2}$. Konformacje cząsteczek PLL i PARG uzyskano z modelowania MD dla 10^{-3} M NaCl. **[H3 i H7]**

W toku badań nad lepkością roztworów PLL PARG opracowano nową metodę wyznaczania masy molowej polipeptydów, która została opatentowana **[H4]**. Do ilościowego wyznaczania masy molowej polielektrolitów liniowych wykorzystano zaobserwowane w toku przeprowadzanych eksperymentów **[H3 i H7]** zjawisko elektrostatycznego rozprostowania łańcucha makrojonów w warunkach niskich sił jonowych. Dla niskich sił jonowych cząsteczki makrojonów przyjmują kształt wydłużony, opisany charakterystycznymi wartościami długości łańcucha L_e oraz średnica przekroju poprzecznego łańcucha cząsteczki d_c. Lepkości wewnętrzną dla tak wydłużonych kształtów cząstek wyznacza się na podstawie wzoru Brennera:[39]

$$[\eta] = c_{1v}\frac{\lambda^2}{\ln 2\lambda - 0.5} + c_{2v}\frac{\lambda^2}{\ln 2\lambda - 1.5} + c_v = f_v([\eta]) \qquad (1)$$

gdzie: c_{1v} = 3/15, c_{2v} = 1/15 i c_v jest równe 14/15 dla cząsteczek o kształcie cylindrycznym, a $\lambda = L_e/d_c$ to stosunek maksymalnej długości łańcucha cząsteczki do jej średnicy.

Znając wartości lepkość wewnętrznej i zakładając, że dla maksymalnego współczynnika wydłużenia, kształt cząsteczki możemy opisać kształtem cylindrycznym, współczynnik wydłużenia λ obliczono za pomocą wzoru (2), będącego iteracyjnym rozwiązaniem równania (1):

$$\lambda = f_v^{-1}([\eta]) \qquad (2)$$

gdzie f_v^{-1} oznacza funkcję odwrotną

Dla cząsteczek PLL parametr λ wynosił 208 dla 2×10^{-5} i 194 dla 10^{-4} M NaCl, natomiast dla 0,15 M NaCl λ = 43. Podobnie dla cząsteczek PARG λ jest równe 97 i 89 dla NaCl o stężeniach odpowiednio 10^{-6} M i 10^{-5} M. Warto wspomnieć, że równoważne długości cylindrów zgadzają się z długościami pomiędzy końcami cząsteczki (ang. end-to-end), teoretycznie przewidywanymi na podstawie modelowania MD. Równocześnie otrzymane dane wskazują, że nawet dla dużej siły jonowej wynoszącej 0,15 M, PLL i PARG przyjmują wydłużony kształt.

Znając parametr λ, można wyznaczyć efektywną długość cząsteczki L_e i przyjmując, że cząsteczka posiada kształt cylindryczny jej masę można obliczyć ze wzoru:

$$m_1 = \frac{\pi}{4} d_c^2 L_e \rho_P = \frac{\pi}{4} d_c^3 \rho_P \lambda \tag{3}$$

Tym samym masa jednego mola polielektrolitu (masa molowa) dana jest następującą zależnością liniową:

$$M_w = \frac{\pi}{4} d_c^3 \rho_p A_v \lambda = C_m \lambda \tag{4}$$

gdzie: A_v = 6,02·1023 mol^{-1} to stała Avogadro, d to średnica cząsteczki, a parametr C_m dany jest wzorem:

$$C_m = 4.73 \cdot 10^{-4} d_c^3 \rho_p \tag{5}$$

Do obliczenia stałej C_m we wzorze (5) wymagana jest znajomość wartości parametru *dc*. Wykonując pomiary współczynnika dyfuzji metodą dynamicznego rozpraszania światła, otrzymujemy wartość średnicy hydrodynamicznej (d_H) badanej cząstki dla szerokiego zakresu sił jonowych **[H3, H4, H7]**, która jest powiązana z przekrojem poprzecznym cząsteczki następującym równaniem:[20]

$$d_H = d_c \frac{\lambda}{\ln 2\lambda - 0.11} \tag{6}$$

Masy molowe wyznaczone dla badanych cząsteczek polipeptydów przedstawiają się następująco: dla cząsteczki PLL w I = 10^{-4} M, [η] = 2110, λ = 201, i M_w = 120 kg mol^{-1} (dla d_c = 0.92 nm); dla cząsteczki PARG dla I = 10^{-4} M, [η] = 360, λ = 75, masa molowa M_w = 37 kg mol^{-1} (dla d_c = 0.93 nm).

Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów oraz otrzymanych we współpracy danych uzyskanych z modelowania MD wyznaczono dla cząsteczek PLL i PARG szczegółowe dane fizykochemiczne zebrane w Tabeli 5.

Otrzymana charakterystyka fizykochemiczna badanych polipeptydów **[H3, H4, H7, H8]** w roztworze stanowiła podstawę ilościowej interpretacji procesów ich adsorpcji na powierzchniach ciał stałych w kolejnym etapie badań przedstawionych w niniejszym cyklu habilitacyjnym.

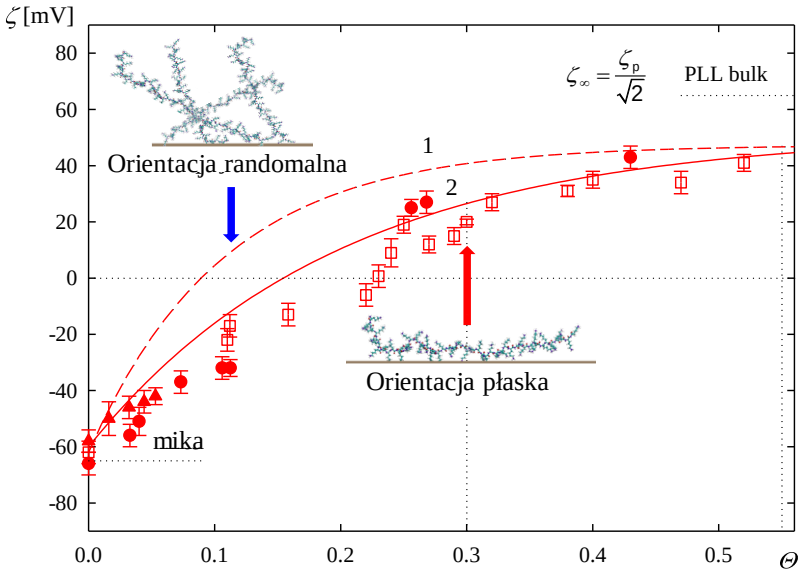
Proces adsorpcji cząsteczek na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/ciecz może być kontrolowany przez dobór odpowiednich parametrów. Są nimi między innymi siła jonowa i pH elektrolitu oraz czas osadzania. Ponadto kinetyka adsorpcji cząstek zależy od ich rozmiarów (współczynnika dyfuzji) **[H3, H4, H7, H8]**, masy molowej **[H3,H4,H7]**, czy stężenia roztworów. Dobierając w odpowiedni sposób te parametry możemy kontrolować szybkość adsorpcji oraz otrzymywać warstwy o dowolnym stopniu pokrycia oraz zdefiniowanej strukturze i określonych właściwościach elektrokinetycznych.

Tabela 5. Podstawowe parametry fizykochemiczne cząsteczek makrojonów wyznaczone na podstawie stosowanej metodologii oraz modelowania MD. **[H3, H4 i H7]**

Wielkość fizykochemiczna (jednostka), symbol	**PLL**	**PARG**	**Uwagi**
Masa molowa (kg mol^{-1}), M_w	150–300	15– 70	Producent, metoda wiskozymetryczna
Średnia masa molowa, (kg mol^{-1}), M_w	120	37	Pomiary lepkościowe **[H3,H4,H7]**
Gęstość właściwa (kg m^{-3}), ρ_p	$1{,}61 \pm 0.01\times10^3$	$1{,}58 \pm 0.03 \times10^3$	Pomiary, metoda rozcieńczeń **[H3,H4,H7]**
Średnia objętość cząsteczki (nm^3), v_p	126	46	Obliczona ze wzoru: $10^{27}\times M_w /(\rho_p A v)$
Równoważna średnica kuli (nm)	6,22	4,73	Obliczona ze wzoru: $(6\, v_p /\pi)^{1/3}$
Średnia liczba monomerów, $\overline{N}_m$	584	241	Obliczona ze wzoru: M_w /M_1
Efektywny stopień jonizacji, α	4–13 %	5-26	Obliczony ze wzoru: $\alpha = N_c/N_m$
Średnica łańcucha polipeptydu (nm), d_c	0,91	0,84	Obliczona z modelowania dynamiką molekularną MD
	0,92	0,93	Obliczona z d_H (pomiary DLS) dla $I = 10^{-4}$ M
Maksymalne wydłużenie łańcucha polipeptydu (maximum) (nm), $\overline{Le}$	190	84	Obliczone ze wzoru: $4\, v_p /(\pi\, d_c^2)$
	192	80	Obliczone ze wzoru $\overline{N}_m\ l_m$
Parametr wydłużenia cząsteczki, λ	206	100	Obliczony ze wzoru: $\overline{Le}/d_c$
	209	96	Obliczony z modelowania MD
Pole przekroju poprzecznego, S_g	118	50	Obliczone dla 10^{-2} M NaCl z modelowania MD

Badania opisane w pracy **[H5]** poświęcone były adsorpcji cząsteczek PLL na powierzchni miki. W początkowej fazie przebiegu kinetyki adsorpcji liczba zaadsorbowanych makrocząsteczek wzrasta proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z czasu. Po pewnym czasie proces adsorpcji PLL ulegał zahamowaniu, co jest związane z efektami blokowania powierzchni przez zaadsorbowane łańcuchy makrojonów. Ustala się równowaga dla której liczba cząsteczek zaadsorbowanych na jednostkę powierzchni jest równa maksymalnemu pokryciu powierzchni makrojonami. Znając pole przekroju poprzecznego łańcucha PLL **[H3]** oraz stosując model randomalnej adsorpcji sekwencyjnej wykazano, że maksymalne pokrycie powierzchni cząsteczkami PLL osiąga 0,45 (45%) dla $I = 10^{-2}$ M NaCl.

W oparciu o modelowanie RSA, znając przebieg kinetyki adsorpcji cząsteczek PLL w zakresie stężeń polipeptydu wynoszących od 1 mg L^{-1} do 20 mg L^{-1} **[H5]**, przeprowadziłam szereg pomiarów elektrokinetycznych mających na celu zbadania tworzonych warstw PLL w warunkach *in situ*. Dla warstw PLL zaadsorbowanych w naczyńku elektrokinetycznym, wykonałam serię pomiarów mających na celu skorelowanie ich potencjału zeta z pokryciem. Adsorpcję PLL prowadziłam dla stężeń w zakresie od 1 do 20 mg L^{-1}. Wyniki dla przeprowadzonych eksperymentów przedstawiono graficznie na Rys. 10.



Rys. 10. Zależność potencjału zeta miki od pokrycia PLL uzyskanego z pomiarów potencjału przepływu dla stężeń c_b wynoszących: (▲) 1 mg L^{-1}, (●) 5 mg L^{-1} i (■) 20 mg L^{-1} dla pH 5,7, I = 10^{-2} M. Linie ciągłe przedstawiają wyniki teoretyczne obliczone przy użyciu modelu elektrokinetycznego zakładającego (1) adsorpcję cząsteczek PLL w orientacji randomowej i (2) adsorpcję cząsteczek PLL w orientacji płaskiej (side-on). **[H5]**

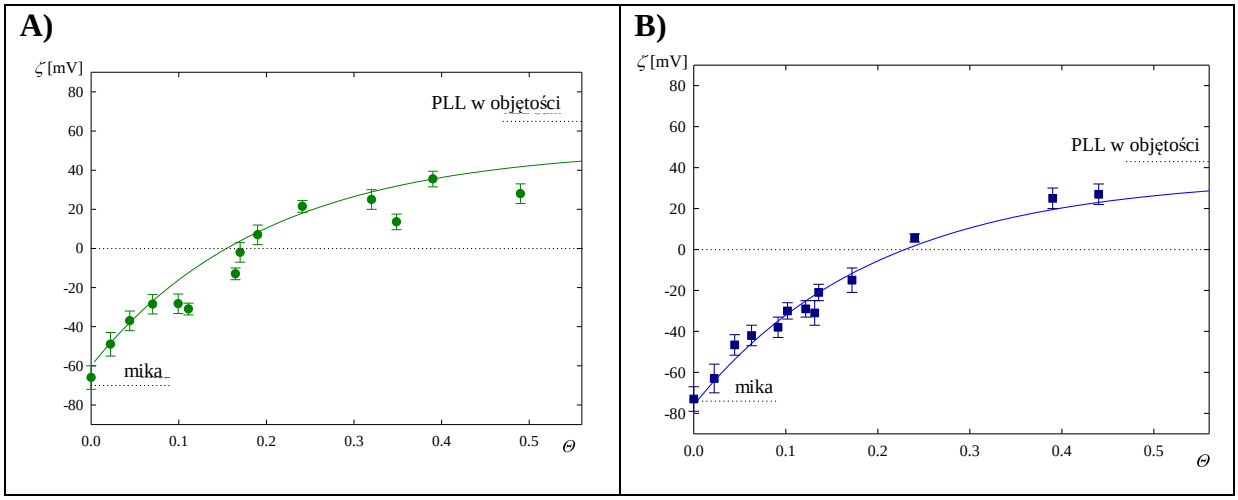
Jak można zauważyć, wypadkowy potencjał powierzchni przyjmuje wartości ujemne aż do osiągnięcia ok 0,2 (20%) pokrycia powierzchni cząsteczkami PLL. Powyżej tej wartości następuje inwersja potencjału i który przyjmuje wartości dodatnie. Obserwujemy asymptotyczny wzrost wartości potencjału zeta aż do osiągnięcia stałej wartości równej 40 mV. W ten sposób, wykonując szereg pomiarów metodą potencjału przepływu, otrzymałam zależność potencjału zeta od stopnia pokrycia warstwy. Ponadto z wykorzystaniem modelu elektrokientycznego 3D wykreślone zostały krzywe teoretyczne opisujące zależność potencjału zeta powierzchni w funkcji pokrycia dla różnej orientacji cząstek (i) linia 1, Rys. 10, obrazuje zależność potencjału zeta cząsteczek PLL przyjmujących na powierzchni konformację randomową (ii) linia 2 przedstawia zmiany potencjału zeta PLL przyjmującymi na powierzchni konformację płaską (side-on).

Jak widać na Rys. 10, punkty doświadczalne dobrze odzwierciedlają wynik teoretyczny dla cząsteczek adsorbujących w orientacji płaskiej. Natomiast, wyniki teoretyczne obliczone przy założeniu randomowej adsorpcji PLL znacznie odbiegają od danych eksperymentalnych.

W kolejnym etapie **[H5]** zbadałam wpływ pH na adsorpcję warstewk PLL. W tym celu wykonałam serię pomiarów dla pH 7,4, odpowiadającemu pH fizjologicznemu, w którym cząsteczki PLL charakteryzują się wysokimi wartościami potencjału zeta i pH 9,2 (cząsteczka PLL charakteryzuje się niższym ładunkiem powierzchniowym) dla siły jonowej I = 10^{-2} M. Wyniki badań zostały zestawione na Rys. 11.

Podobnie jak w przypadku adsorpcji dla pH 5,7, dla niskich wartości pokryć monwarstwy PLL wypadkowy potencjał powierzchni przyjmuje wartości ujemne. Inwersja potencjału zeta następuje dla Θ = 0,18 i Θ = 0,20 w przypadku adsorpcji PLL odpowiednio w pH 7,4 i 9,2 a maksymalne wartości potencjału wynosiły odpowiednio 38 mV dla pH 7,4 i 22 mV dla pH 9,2. Ponadto jak wynika z przeprowadzonych pomiarów, dla tych wartości pH, wyniki eksperymentalne dobrze korelują z wynikami teoretycznymi otrzymanymi z modelu

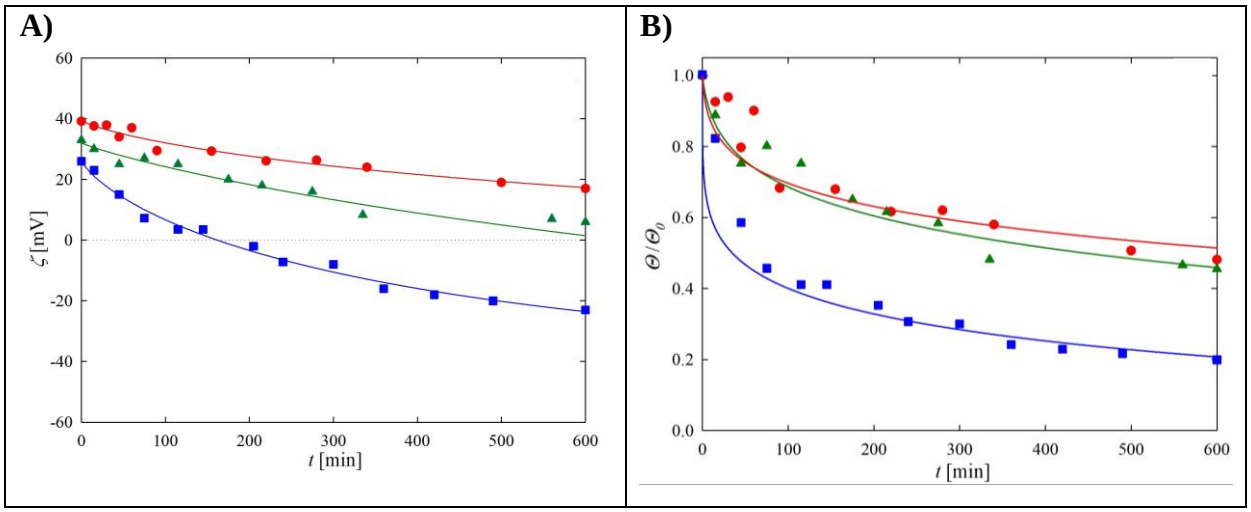
elektrokinetycznego 3D dla cząstek wydłużonych adsorbujących się na powierzchni w orientacji płaskiej.



Rys. 11. Zależność potencjału zeta miki od pokrycia PLL uzyskanego z pomiarów potencjału przepływu (punkty), $I = 10^{-2}$ M: **(A)** pH 7,4 i **(B)** pH 9,2. Linie ciągłe przedstawiają wyniki teoretyczne obliczone przy użyciu modelu elektrokinetycznego zakładającego adsorpcję cząsteczek PLL w konformacji płaskiej. **[H5]**

Ilościową interpretację adsorpcji cząsteczek PLL na powierzchni miki uzupełniłam badaniami nad stabilnością otrzymanych warstw.

W tym celu w warunkach *in situ* otrzymałam warstwy o maksymalnym pokryciu. Badania nad stabilnością prowadziłam dla siły jonowej $I = 10^{-2}$ M oraz pH 5,6, 7,4 i 9,2 przez okres 10 godzin w warunkach konwekcyjnych. Jak możemy zauważyć na Rys. 12, wraz z czasem desorpcji wartość potencjału zeta maleje osiągając wartość 20 mV, 15 mV, -20 mV odpowiednio dla pH 5,6, 7,4 i 9,2. Zależność pokrycia PLL od czasu desorpcji wskazuje, że dla pH 5,6 i 7,4 występuje 50% spadek pokrycia początkowego po 600 minutach desorpcji.

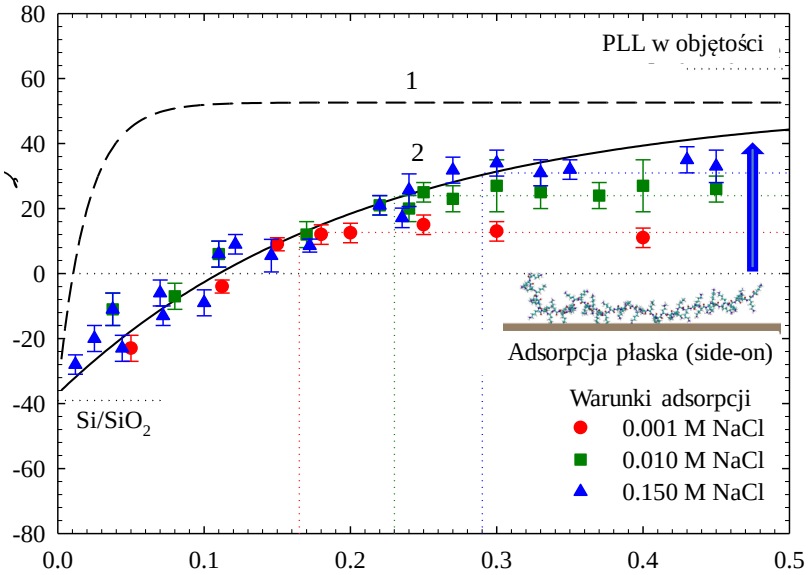


Rys. 12. Kinetyka desorpcji cząsteczek PLL z powierzchni miki określona na podstawie pomiarów potencjału przepływu dla (●) pH 5,7, (▲) pH 7,4, i (■) pH 9,2: **(A)** zmiana potencjału zeta w zależności od czasu. Linie ciągłe przedstawiają nieliniowe interpolacje danych eksperymentalnych. **(B)** Zmiany znormalizowanego pokrycia Θ/Θ_0 (gdzie Θ_0 = 0,40 to pokrycie początkowe warstwy PLL) od czasu desorpcji. Linie ciągłe przedstawiają wyniki teoretyczne obliczone na podstawie modelu RSA. **[H5]**

Dla pH 9,2 warstwa PLL charakteryzuje się najniższą stabilnością wykazując 80% spadek pokrycia początkowego. Jest to spowodowane słabszymi oddziaływaniami elektrostatycznymi, wynikającymi z mniejszej liczby ładunków nieskompensowanych na cząsteczce PLL w pH 9,2 **[H3].** Sugeruje to, że mechanizmami adsorpcji rządzą głównie oddziaływania elektrostatyczne między parami jonowymi, co wykazano wcześniej dla warstw PAH i PDDA **[H2]**.

Przeprowadzone badania wykazały, że cząsteczki PLL tworzą na powierzchni miki stabilne warstwy, których czas trwania w warunkach pH 5,7 i 7,4 oraz desorpcji w warunkach dyfuzyjnych może osiągać 100 godzin. Uzyskane wyniki stanowią podstawę do opracowania niezawodnych procedur wytwarzania stabilnych warstw PLL o dobrze kontrolowanym pokryciu i właściwościach elektrokinetycznych.

W pracy **[H6]** badałam wpływ substratu na mechanizmy adsorpcji PLL. W tym przypadku warstwy adsorbowałam *in situ* na powierzchni krzemionki Si/SiO_2 i charakteryzowałam metodą potencjału przepływu. Pomiary te pozwoliły mi na określenie maksymalnego pokrycia warstw PLL w zależności od siły jonowej elektrolitu. Adsorpcję cząsteczek prowadziłam dla pH 5,8 i wartości sił jonowych 10^{-3}, 10^{-2} i 0,15 M. Pokrycie warstw regulowałam zmieniając stężenie makrojonów w roztworze w zakresie 1,0 – 5,0 mg L^{-1} dla adsorpcji w zakresie 5 – 60 min. Uzyskane wyniki eksperymentów przedstawiono na Rys. 13 jako zależność potencjału zeta od pokrycia PLL, wyznaczonego z modelowania RSA.



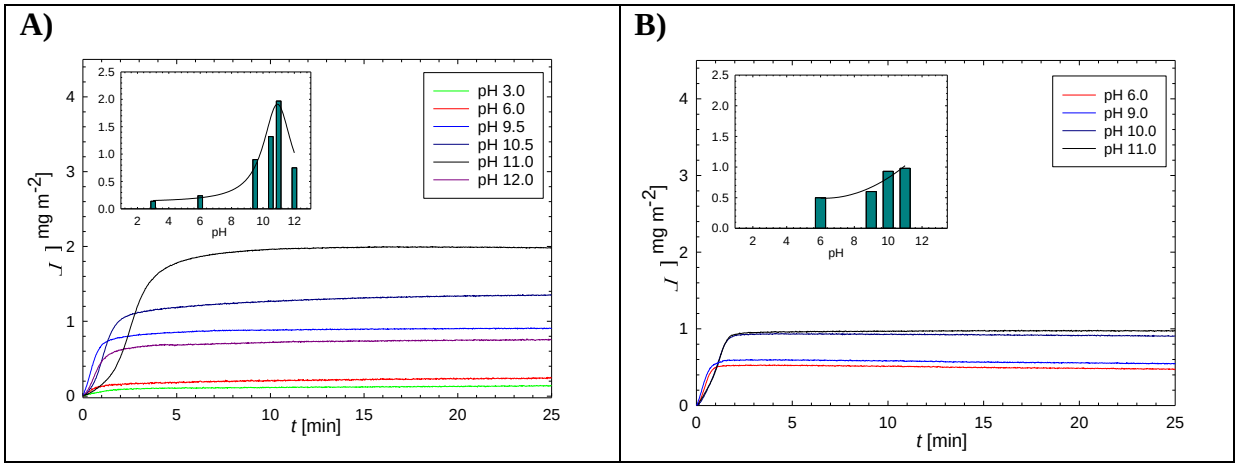
Rys. 13. Zależność potencjału zeta powierzchni S/SiO_2 od pokrycia PLL uzyskana z pomiarów potencjału przepływu. Linia przerywana (1) przedstawia wyniki teoretyczne obliczone przy użyciu modelu elektrokinetycznego zakładającego adsorpcję cząsteczek PLL w orientacji randomowej, linia ciągła (2) przedstawia wyniki obliczone przy założeniu płaskiej orientacji cząsteczek. **[H6]**

Ujemny potencjał elektrokinetyczny powierzchni krzemionki wzrasta monotonicznie wraz z pokryciem PLL, co prowadzi do inwersji znaku przy Θ = 0,10. Potencjał elektrokinetyczny osiąga wówczas wartości dodatnie, a wartości plateau dla warunków adsorpcji dla sił jonowych 0,15, 10^{-2} i 10^{-3} M wynoszą odpowiednio 10 (± 3) mV, 25 (± 5) mV i 30 (± 5) mV. Wykazano, podobnie jak w przypadku adsorpcji PLL na powierzchni miki, że cząsteczki adsorbują się na powierzchni krzemionki nawet w przypadku gdy wypadkowy ładunek

powierzchni przyjmuje wartości dodatnie. Zjawisko to jest często obserwowane w badaniach nad adsorpcją makrojonów. Efekt ten jest spowodowany niejednorodnym rozkładem ładunku na powierzchni substratu pokrytego cząsteczkami polipeptydów. Wyniki eksperymentalne, pokazane na Rys. 13 korelują dobrze z wynikami teoretycznymi obliczonymi z modelu elektrokinetycznego 3D dla cząsteczek przyjmujących na powierzchni międzyfazowej konformację płaską (linia ciągła (1) na Rys. 13). Natomiast wyniki teoretyczne obliczone przy założeniu adsorpcji cząsteczek w konformacji randomowej (linia przerywana (2) na Rys. 13) znacznie przewyższają dane eksperymentalne. Z wartości plateau potencjału zeta uzyskanych dla każdej siły jonowej obliczyłam maksymalne pokrycie warstw.

Wartość Θ obliczona na podstawie wartości potencjału zeta dobrze zgadza się z pokryciem warstewek PLL otrzymanych z wykorzystaniem metody reflektometrii optycznej oraz z wynikami uzyskanymi z modelowania soft–RSA. **[H6]**

Ładunek substratu i cząsteczki może wpływać na stopień osiąganego pokrycia maksymalnego **[H6]**. Ładunek cząsteczki może być kontrolowany siłą jonową **[H6]** i zmianą pH. Jak opisano wcześniej na podstawie przeprowadzonych badań z wykorzystaniem dendrometrów PAMAM,[40] pokrycie otrzymanych warstw wzrasta wraz ze wzrostem pH. W pracy **[H9]** dla cząsteczek PLL i PARG zbadałam to zagadnienie z wykorzystaniem QCM-D (Rys. 14).

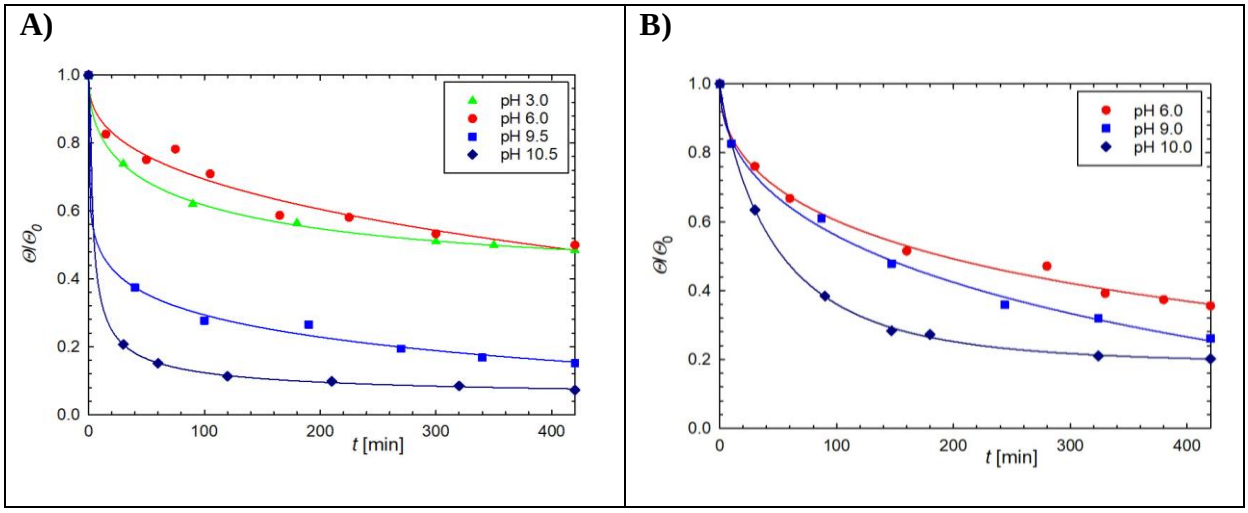


Rys. 14. Zależność pokrycia warstw: **A)** PLL i **B)** PARG na powierzchni sensora Si/SiO_2 od czasu dla różnych wartości pH oraz 0,1 M NaCl. Wewnątrz pokazano wykresy słupkowe obrazujące maksymalne pokrycia dla różnych pH (uzyskane po czasie 25 minut). Pokrycia obliczono z równania Sauerbreya na podstawie średniej z 5 nadtonów (3 – 11). **[H9]**

Na podstawie tych pomiarów określiłam wpływ ładunku Si/SiO_2 na maksymalną wartość zaadsorbowanych warstw PLL i PARG w zakresie pH 3,0 – 12,0. Z doświadczeń wynika, że zarówno dla PLL jak i PARG najwyższe pokrycia osiąga się dla pH 11,0. Dane eksperymentalne potwierdzają wpływ powierzchni krzemionki, której ładunek ujemny wzrasta (dla wartości bezwzględnej) wraz ze wzrostem pH. Zwiększający się ładunek powierzchniowy Si/SiO_2 kompensuje ładunek powierzchniowy cząsteczek PLL i PARG zmniejszając zasięg oddziaływań elektrostatycznych (odpychających) pomiędzy łańcuchami adsorbujących się cząsteczek polipeptydów, w wyniku czego uzyskujemy wyższe pokrycia warstw.

Analizując szczegółowo dane uzyskane z pomiarów QCM-D wykazano, że najniższe pokrycie uzyskane w pH 3,2 w przypadku cząsteczek PLL wynika z bardzo niskiego ładunku substratu Si/SiO_2 **[H6, H9]**. Przy tym pH, PLL charakteryzuje się wysokim ładunkiem powierzchniowym (wysokim potencjałem zeta). W pH 6,2, gdzie zaadsorbowana warstwa PLL charakteryzuje się nieznacznym przyrostem masy, ładunek powierzchniowy Si/SiO_2 wzrasta, a cząsteczka PLL charakteryzuje w dalszym ciągu wysokim ładunkiem powierzchniowym **[H5, H6]**. Wyższy przyrost masy oznaczający otrzymanie warstw PLL o wyższym stopniu pokrycia obserwujemy w pH 9,5 i 10,2. W tych warunkach powierzchnia Si/SiO_2 osiąga najwyższy (co do wartości bezwzględnej) ładunek, natomiast ładunek cząsteczek PLL maleje. Przy pH 12, PLL ma prawie neutralny ładunek a powierzchnia Si/SiO_2 jest silnie naładowana. Brak wypadkowego ładunku na cząsteczce PLL, w tych warunkach nastąpiła znaczna adsorpcja, jednak mniejsza niż dla pH 9,2 i 10,5. Można to wytłumaczyć w dwojaki sposób: (i) zachodzącym powolnym procesem agregacji cząsteczek PLL, lub (ii) wpływem silnie naładowanej powierzchni Si/SiO_2 mogącej powodować przesunięcie pKa, tj. protonację cząsteczek PLL. Podobny efekt obserwujemy w przypadku cząsteczek PARG. Największe pokrycie obserwujemy przy wyższych pH, natomiast mniejsze przyrosty mas obserwowane są dla niższych pH. Zależność adsorpcji cząsteczek PLL i PARG od pH korelują ze sobą, co może wskazywać na uniwersalny charakter adsorpcji dla liniowych makrojonów o podobnym ładunku powierzchniowym.

W kolejnym etapie **[H9]** zbadałam stabilność utworzonych warstw PLL i PARG dla różnych wartości pH. Badania przeprowadziłam przy użyciu metody potencjału przepływu. Jak widać na przestawionej zależności na Rys. 15A, cząsteczki PLL desorbują z powierzchni Si/SiO_2 co prowadzi do 50 % spadku pokrycia początkowego dla pH 3,0 i 6,0, oraz 80% i 90% spadku pokrycia dla pH 9,5 i 10,5. Analogiczne wyniki przedstawione na Rys. 15B, otrzymano dla cząsteczek PARG.



Rys. 15. Zmiany pokrycia znormalizowanego (Θ/Θ_0) w funkcji czasu dla warstw: **A)** PLL i **B)** PARG. Pokrycie określone z pomiarów potencjału przepływu. Pokrycie początkowe Θ_0 (dla t = 0 min) używane jako pokrycie normalizujące (odniesienia). Linie ciągłe przedstawiają nieliniową interpolację danych eksperymentalnych. Wszystkie dane odpowiadają warunkom adsorpcji I = 0,1 M NaCl i T = 298 K. **[H9]**

W pracy **[H9]** wykazano, że adsorpcja polipeptydów i struktura otrzymanej warstwy zależą od efektywnego ładunku cząsteczek oraz od ładunku podłoża. Dla pH ≤ 7,0, gdy cząsteczki

polipeptydów charakteryzują się wysokim ładunkiem, adsorpcja prowadzi do powstania stabilnych warstw. Jednakże w tych warunkach maksymalne pokrycie powierzchni pozostaje ograniczone ze względu na odpychanie elektrostatyczne łańcuchów PP i ich orientację w konformacji płaskiej (side-on). Warstwy o wyższym stopniu pokrycia otrzymuje się dla wyższych pH, gdy cząsteczki są mniej naładowane a powierzchnia charakteryzuje się wyższym ładunkiem.

Streszczenie:

Wyznaczyłam zakres granicznego stężenia PLL umożliwiającego otrzymywanie warstw charakteryzujących się wysokim stopniem pokrycia. Opracowałam metodę wyznaczania punktu izoelektrycznego warstw PLL w oparciu o pomiary potencjału przepływu dla różnych wartości pH oraz siły jonowej. Umożliwiło to rozwinięcie uniwersalnej procedury wyznaczania punktu izoelektrycznego makrojonów, znacznie bardziej efektywną, niż metoda objętościowa oparta na pomiarach ruchliwości elektroforetycznej. **[H1]**

Określiłam wpływ pH i rodzaju elektrolitu (NaCl, PBS, Tris) na właściwości fizykochemiczne makrojonów kationowych: poli(chlorowodorku allilaminy) (PAH), poli(chlorku diallilodimetyloamonu) (PDDA) i poli-L-lizyny (PLL) oraz ich roztworów. Wyznaczyłam wpływ tych parametrów na właściwości fizykochemiczne warstw makrojonów tworzonych na powierzchniach miki i krzemionki w warunkach transportu dyfuzyjnego i konwekcyjnego. Wykazałam, że cząsteczki PLL tworzą stabilne warstwy w zakresie pH 3,5 – 8,5 stanowiąc alternatywę dla powszechnie stosowanych makrojonów, takich jak PAH i PDDA. Ma to szczególne znaczenie w procesach otrzymywania biokompatybilnych warstw zakotwiczających do efektywnej immobilizacji cząsteczek białek, enzymów lub substancji aktywnych oraz w procedurach otrzymywania materiałów warstwowych do zastosowań biomedycznych. **[H2]**

Opracowałam efektywną metodę charakterystyki cząsteczek polipeptydów w roztworach elektrolitów pozwalającą wyznaczenie gęstości cząsteczek polipeptydów PLL i PARG, konformacji cząsteczek w szerokim zakresie siły jonowej i pH, długości cząsteczki i jej średnicy, a także pola przekroju poprzecznego. Wyznaczyłam też ruchliwość elektroforetyczną cząsteczek PLL i PARG w szerokim zakresie siły jonowej, efektywny ładunek cząsteczki, stopień jonizacji oraz masę molową **[H3, H4, H7]**.

Umożliwiło to opracowanie nowej metody wyznaczania masy molowej polielektrolitów i polipeptydów liniowych, zwłaszcza poli-L-lizyny, opartej na pomiarach lepkości dynamicznej w zakresie niskich stężeń, szczególnie przydatnej w przypadku makrojonów kationowych. **[H4]**

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów ruchliwości elektroforetycznej od pH określono korelację pomiędzy strukturą drugorzędową cząsteczek PLL i PARG i ich efektywnym ładunkiem powierzchniowym. **[H7, H8]**

W publikacjach **[H5, H6]** wyznaczono ilościowo w oparciu o model elektrokinetyczny 3D, zależność potencjału zeta powierzchni miki od pokrycia PLL i PARG. Potwierdzono istotny wpływ siły jonowej na maksymalne pokrycie otrzymanych warstw oraz ich stabilność. Wykazano, że cząsteczki polipeptydów adsorbują się na powierzchni międzyfazowej w orientacji płaskiej. Ponadto, na podstawie przeprowadzonych kinetyk desorpcji wyznaczono energię wiązania cząsteczek z powierzchnią substratu stałego dla różnych

warunków fizykochemicznych. Wykazano, że stabilność warstw polipeptydów maleje wraz ze wzrostem pH, a więc wraz ze spadkiem liczby ładunków dodatnich na cząsteczce, co potwierdza, że oddziaływania elektrostatyczne odgrywają dominującą rolę w procesach adsorpcji/desorpcji polipeptydów na granicy faz ciało stałe/ciecz.

Przy użyciu metod potencjału przepływu i mikrowagi kwarcowej wykazano istotny wpływ pH na proces adsorpcji PLL i PARG na powierzchni Si/SiO_2. Na podstawie przeprowadzonych badań wskazano również, że mechanizm adsorpcji może być uniwersalny dla makrojonów charakteryzujących się podobnym ładunkiem powierzchniowym. **[H9]**

<u>Podsumowując, mój wkład w zrozumienie mechanizmów adsorpcji polipeptydów na powierzchni substratów jest następujący:</u>

1) Przeprowadziłam systematyczne badania nad właściwościami fizykochemicznymi cząsteczek PLL i PARG w roztworach elektrolitów w szerokim zakresie sił jonowych i pH. Na podstawie wyników badań opracowana została metodyka badawcza umożliwiająca ilościowe określenie właściwości fizykochemicznych makrojonów w roztworach elektrolitów. **[H3, H4, H7, H8]**
2) Przy zastosowaniu opracowanej procedury badawczej wyznaczyłam podstawowe parametry fizykochemiczne charakteryzujące cząsteczki PLL i PARG w roztworach elektrolitów takie jak: ładunek efektywny, długość i średnica, gęstość cząsteczek, lepkość wewnętrzna w szerokim zakresie sił jonowych i pH. **[H3, H4, H7]** Te parametry umożliwiają ilościowy opis kinetyki i mechanizmów adsorpcji polipeptydów na powierzchni substratów stałych.
3) W toku badań została również opracowana nowa metoda wyznaczania masy molowej polielektrolitów liniowych charakteryzujących się dodatnim ładunkiem powierzchniowym, zwłaszcza polilizyny. **[H4]**
4) Określiłam wpływ efektywnego ładunku powierzchniowego zależnego od pH i siły jonowej na konformację cząsteczek PLL i PARG w roztworach oraz na strukturę drugorzędową. **[H3, H4, H8]**
5) Wyznaczyłam ilościowo wpływ siły jonowej i pH na konformację cząsteczek polipeptydów na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/ciecz, maksymalne pokrycie warstw, ich stabilność i energię wiązania. **[H3, H4, H5, H6, H7]**
6) Potwierdziłam, że proces adsorpcji polipeptydów PLL i PARG jest determinowany przez oddziaływania elektrostatyczne, gdyż liczba par jonowych polipeptyd-powierzchnia oraz oddziaływania odpychające pomiędzy cząsteczkami PP w istotny sposób wpływają na stopień pokrycia i stabilność otrzymanych warstw. Wykazałam również, że mechanizmy adsorpcji i właściwości otrzymanych warstw PE mogą być uniwersalne dla różnych cząsteczek i substratów stałych posiadających podobny ładunek powierzchniowy. **[H5, H6, H9]**

Literatura:

1 G. Decher and J. Schlenoff, *Multilayer thin films*, WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2002.
2 M. Malmsten, *Biopolymers at interfaces*, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, 2nd edn., 2003.
3 A. Michna, A. Pomorska and O. Ozcan, Biocompatible Macroion/Growth Factor Assemblies for Medical Applications, *Biomolecules*, 2023, **13**, 609.
4 D. T. Haynie, L. Zhang, J. S. Rudra, W. Zhao, Y. Zhong and N. Palath, Polypeptide Multilayer Films, *Biomacromolecules*, 2005, **6**, 2895–2913.
5 F. Boulmedais, M. Bozonnet, P. Schwinté, J.-C. Voegel and P. Schaaf, Multilayered Polypeptide Films: Secondary Structures and Effect of Various Stresses, *Langmuir*, 2003, **19**, 9873–9882.
6 C. Picart, Ph. Lavalle, P. Hubert, F. J. G. Cuisinier, G. Decher, P. Schaaf and J.-C. Voegel, Buildup Mechanism for Poly(l-lysine)/Hyaluronic Acid Films onto a Solid Surface, *Langmuir*, 2001, **17**, 7414–7424.
7 A. Dos, V. Schimming, S. Tosoni and H.-H. Limbach, Acid−Base Interactions and Secondary Structures of Poly-l-Lysine Probed by 15N and 13C Solid State NMR and Ab initio Model Calculations, *J. Phys. Chem. B*, 2008, **112**, 15604–15615.
8 N. A. Patil and B. Kandasubramanian, Functionalized polylysine biomaterials for advanced medical applications: A review, *Eur. Polym. J.*, 2021, **146**, 110248.
9 M. Jiang, I. Popa, P. Maroni and M. Borkovec, Adsorption of poly(l-lysine) on silica probed by optical reflectometry, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 2010, **360**, 20–25.
10 A. Barrantes, O. Santos, J. Sotres and T. Arnebrant, Influence of pH on the build-up of poly-L-lysine/heparin multilayers, *J. Colloid Interface Sci.*, 2012, **388**, 191–200.
11 F. Ghilini, M. C. R. González, A. G. Miñán, D. Pissinis, A. H. Creus, R. C. Salvarezza and P. L. Schilardi, Highly Stabilized Nanoparticles on Poly-l-Lysine-Coated Oxidized Metals: A Versatile Platform with Enhanced Antimicrobial Activity, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2018, **10**, 23657–23666.
12 C. A. Fitch, G. Platzer, M. Okon, B. Garcia-Moreno E. and L. P. McIntosh, Arginine: Its pKa value revisited, *Protein Sci.*, 2015, **24**, 752–761.
13 D. J. Mitchell, L. Steinman, D. T. Kim, C. G. Fathman and J. B. Rothbard, Polyarginine enters cells more efficiently than other polycationic homopolymers, *J. Pept. Res.*, 2000, **56**, 318–325.
14 Y. Takechi, H. Yoshii, M. Tanaka, T. Kawakami, S. Aimoto and H. Saito, Physicochemical Mechanism for the Enhanced Ability of Lipid Membrane Penetration of Polyarginine, *Langmuir*, 2011, **27**, 7099–7107.
15 A. Mutschler, L. Tallet, M. Rabineau, C. Dollinger, M.-H. Metz-Boutigue, F. Schneider, B. Senger, N. E. Vrana, P. Schaaf and P. Lavalle, Unexpected Bactericidal Activity of Poly(arginine)/Hyaluronan Nanolayered Coatings, *Chem. Mater.*, 2016, **28**, 8700–8709.
16 M. Hasanzadeh, F. Mokhtari, N. Shadjou, A. Eftekhari, A. Mokhtarzadeh, V. Jouyban-Gharamaleki and S. Mahboob, Poly arginine-graphene quantum dots as a biocompatible and non-toxic nanocomposite: Layer-by-layer electrochemical preparation, characterization and non-invasive malondialdehyde sensory application in exhaled breath condensate, *Mater. Sci. Eng. C*, 2017, **75**, 247–258.
17 Y. Zhou, G. Liu, H. Huang and J. Wu, Advances and impact of arginine-based materials in wound healing, *J. Mater. Chem. B*, 2021, **9**, 6738–6750.
18 M. Zembala, Z. Adamczyk and P. Warszyski, Influence of adsorbed particles on streaming potential of mica, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 2001, **195**, 3–15.
19 Z. Adamczyk, K. Sadlej, E. Wajnryb, M. Nattich, M. L. Ekiel-Jeżewska and J. Bławzdziewicz, Streaming potential studies of colloid, polyelectrolyte and protein deposition, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2010, **153**, 1–29.
20 Z. Adamczyk, *Particles at Interfaces: Interactions, Deposition, Structure*, Elsevier, Amsterdam, 2017.
21 M. Oćwieja, Z. Adamczyk, M. Morga and K. Kubiak, Influence of supporting polyelectrolyte layers on the coverage and stability of silver nanoparticle coatings, *J. Colloid Interface Sci.*, 2015, **445**, 205–212.

22 H. Yu, L. Liu, X. Li, R. Zhou, S. Yan, C. Li, S. Luan, J. Yin and H. Shi, Fabrication of polylysine based antibacterial coating for catheters by facile electrostatic interaction, *Chem. Eng. J.*, 2019, **360**, 1030–1041.
23 W. Yuan, G.-M. Weng, J. Lipton, C. M. Li, P. R. Van Tassel and A. D. Taylor, Weak polyelectrolyte-based multilayers via layer-by-layer assembly: Approaches, properties, and applications, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2020, **282**, 102200.
24 M. Morga and Z. Adamczyk, Monolayers of cationic polyelectrolytes on mica – Electrokinetic studies, *J. Colloid Interface Sci.*, 2013, **407**, 196–204.
25 A. Michna, Z. Adamczyk, K. Sofińska and K. Matusik, Monolayers of poly(amido amine) dendrimers on mica – In situ streaming potential measurements, *Journal of Colloid and Interface Science*, 2017, **485**, 232–241.
26 I. Popa, B. P. Cahill, P. Maroni, G. Papastavrou and M. Borkovec, Thin adsorbed films of a strong cationic polyelectrolyte on silica substrates, *J. Colloid Interface Sci.*, 2007, **309**, 28–35.
27 K. Kubiak, Z. Adamczyk and M. Oćwieja, Kinetics of Silver Nanoparticle Deposition at PAH Monolayers: Reference QCM Results, *Langmuir*, 2015, **31**, 2988–2996.
28 J. M. Berg, L. Stryer, J. L. Tymoczko and G. J. Gatto, *Biochemistry*, Macmillan Learning, 8th edn., 2015.
29 P. J. Scales, F. Grieser and T. W. Healy, Electrokinetics of the muscovite mica-aqueous solution interface, *Langmuir*, 1990, **6**, 582–589.
30 P. Roach, D. Eglin, K. Rohde and C. C. Perry, Modern biomaterials: a review—bulk properties and implications of surface modifications, *J. Mater. Sci.: Mater. Med.*, 2007, **18**, 1263–1277.
31 R. R. Costa and J. F. Mano, Polyelectrolyte multilayered assemblies in biomedical technologies, *Chem. Soc. Rev.*, 2014, **43**, 3453–3479.
32 K. Achazi, R. Haag, M. Ballauff, J. Dernedde, J. N. Kizhakkedathu, D. Maysinger and G. Multhaup, Understanding the Interaction of Polyelectrolyte Architectures with Proteins and Biosystems, *Angewandte Chemie International Edition*, 2021, **60**, 3882–3904.
33 M. Morga, Z. Adamczyk and D. Kosior, Silica nanoparticle monolayers on a macroion modified surface: formation mechanism and stability, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2017, **19**, 22721–22732.
34 A. Michna, Macroion adsorption—electrokinetic and optical methods, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2017, **250**, 95–131.
35 Z. Adamczyk, M. Morga, M. Nattich-Rak and M. Sadowska, Nanoparticle and bioparticle deposition kinetics, *Advances in Colloid and Interface Science*, 2022, **302**, 102630.
36 A. Micsonai, F. Wien, É. Bulyáki, J. Kun, É. Moussong, Y.-H. Lee, Y. Goto, M. Réfrégiers and J. Kardos, BeStSel: a web server for accurate protein secondary structure prediction and fold recognition from the circular dichroism spectra, *Nucleic Acids Research*, 2018, **46**, W315–W322.
37 T. Hayakawa, Y. Kondo and H. Yamamoto, Secondary Structure of Poly-L-arginine and Its Derivatives, *BCSJ*, 1969, **42**, 1937–1941.
38 T. S. Rushing and R. D. Hester, Semi-empirical model for polyelectrolyte intrinsic viscosity as a function of solution ionic strength and polymer molecular weight, *Polymer*, 2004, **45**, 6587–6594.
39 H. Brenner, Rheology of a dilute suspension of axisymmetric Brownian particles, *Int. J. Multiph. Flow*, 1974, **1**, 195–341.
40 B. P. Cahill, G. Papastavrou, G. J. M. Koper and M. Borkovec, Adsorption of Poly(amido amine) (PAMAM) Dendrimers on Silica: Importance of Electrostatic Three-Body Attraction, *Langmuir*, 2008, **24**, 465–473.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Moja aktywność naukowa realizowana poza jednostką macierzystą, to trwająca współprace z Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk w Łodzi (3 publikacje), Uniwersytetem Jagiellońskim (5 publikacji), i Politechniką Krakowską (3 publikacje).

Współpracuję również aktywnie z ośrodkami zagranicznymi. Wymiernym wskaźnikiem tej działalności jest 7 publikacji w renomowanych czasopismach (3 z nich wpisują się cykl habilitacyjny). Dodatkowo, wygłosiłam 2 referaty w instytucjach zagranicznych:

- Wykład na seminarium zespołowym w Federalnym Instytucie Badań i Testowania Materiałów (BAM) w Berlinie w dniu 10.04.2019
- Wykład dla studentów i pracowników naukowych podczas seminarium instytutowego „Fakultätskolloquium" na Uniwersytecie w Clausthal w dniu 26.04.2023

Poza tym, jestem aktywna na arenie międzynarodowej, uczestnicząc w wizytach naukowych i stażach na renomowanych uczelniach i instytucjach również przez aktywny udział ramach programu Erasmus+ Staff Mobility for Training:

- 06 – 07.2013 (1 miesiąc): staż naukowy na Uniwersytecie Genewskim, w grupie Koloidy i Chemia Powierzchni, Genewa, Szwajcaria (Prof. M. Borkovec)
- 04.2019 (1 tydzień): wizyta naukowa w Federalnym Instytucie Badań i Testowania Materiałów (BAM), w grupie Procesów Międzyfazowych i Korozji, Berlin, Niemcy (Dr-Ing. Özlem Özcan)
- 09.2021 (1 tydzień): wizyta naukowa na Uniwersytecie w Aalto, w grupie Bioproduktów i Biosyntezy, Espoo, Finlandia (Prof. Markus Linder)
- 08.2022 (2 tygodnie): wizyta naukowa na Uniwersytecie w Aalto, w grupie Modelowanie Materii Miękkiej, Espoo, Finlandia (Dr. Maria Sammalkorpi)
- 04.2023 (1 tydzień): wizyta naukowa na Uniwersytecie Technicznym w Clausthal, Wydział Chemii Fizycznej, Clausthal, Niemcy (Prof. Diethelm Johannsmann)

Rozpoczęłam także współpracę z Uniwersytetem Segedyńskim (Szeged, Węgry) z grupą Dr Tamasa Szabo. Współpraca ukierunkowana jest na badanie mechanizmów adsorpcji nanocząstek tlenku grafenu na granicy faz ciało stałe/ciecz oraz oddziaływań otrzymanych warstw tlenku grafenu z białkami. Realizując ten temat badawczy, byłam opiekunem naukowym doktoranta Kadosa Sajdik z Uniwersytetu w Szeged, który pod moją opieką realizował w ramach wizyt programu Erasmus+ staże naukowe w IKiFP PAN.

Warto również wspomnieć, że od pierwszego roku studiów doktoranckich aktywnie uczestniczyłam w konferencjach polskich jak i zagranicznych, podczas których prezentowałam wyniki badań zarówno w formie wystąpień ustnych jak też prezentacji posterowych. Szczegółowy wykaz konferencji w których brałam udział zebrany jest w Załączniku nr 4.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Moja działalność w obszarze popularyzacji nauki obejmuje czynny udział w Festiwalach Nauki w Krakowie podczas studiów doktoranckich w latach 2008-2011, w ramach których przygotowywałam i prezentowałam doświadczenia chemiczne oraz konkursy wiedzy chemicznej dla dzieci i młodzieży odwiedzających stoisko IKiFP PAN. Brałam także czynny udział w Dniach Otwartych organizowanych w Instytucie Katalizy i Chemii Powierzchni im. Jerzego Habera w latach 2008–2012, 2016 i 2019. Do moich zadań należało: przygotowanie ścieżek naukowych oraz przygotowanie i prezentacja eksperymentów chemicznych dla zwiedzających grup dzieci i młodzieży.

Moje doświadczenie dydaktyczne obejmuje głównie opiekę nad studentami studiów inżynierskich, magisterskich i doktorantami podczas odbywania przez nich staży w IKiFP PAN. Sprawowałam funkcję promotora Jakuba Masłowskiego, który pod moją opieką napisał i obronił pracę inżynierską. Szczegółowy opis działań dydaktycznych przedstawiony jest poniżej:

Opieka nad stażystami:

- 31.07.2017-11.08.2017: *Wiktoria Kania* (Stażystka z Politechniki Krakowskiej, studentka studiów magisterskich: 2-tygodniowy staż w IKiFP PAN). W trakcie stażu realizowała temat dotyczący określenia właściwości fizykochemicznych suspensji nanocząstek hematytu i srebra oraz określeniu wpływu szorstkości powierzchni na właściwości hydrofobowe wielowarstwowych nanostruktur otrzymywanych w procesie samoorganizacji warstw hematytu i srebra na granicy faz ciało stałe/ciecz.
- 19.082019-13.09.2019: *Dominika Szreder* (Stażystka z Politechniki Krakowskiej, studentka studiów magisterskich: 1-miesięczny staż w IKiFP PAN). Brała udział w badaniach dotyczących określenia wpływu elektrolitu na potencjał zeta miki oraz procesy adsorpcji i desorpcji mikroczastek polistyrenowych na powierzchni miki.
- 13.10.2022-16.12.2022: *Natalia Cholewa* (Stażystka z Politechniki Krakowskiej, studentka studiów inżynierskich: 3-miesięczny staż w IKiFP PAN). Podczas stażu prowadziła badania nad charakterystyką nanocząstek i makrojonów w zależności od siły jonowej i pH oraz badała wpływ rodzaju rozpuszczalnika na właściwości fizykochemiczne badanych makrojonów (poli-L-lizyny i kwasu poliglutaminowego).
- 01.09.2022-31.12.2022: *Jakub Masłowski* (Stażysta z Politechniki Krakowskiej, student studiów inżynierskich: 4-miesięczny staż w IKiFP PAN) Podczas stażu prowadził badania nad charakterystyką makrojonów PLL i PGA w zależności od siły jonowej i pH oraz kinetyki adsorpcji makrojonów.
- 03.08.2023-01.09.2023: *Izabella Leszczyńska* (Stażystka z Akademii Nauk Stosowanych, studentka studiów magisterskich: 1-miesięczny staż w IKiFP PAN). W ramach stażu zajmowała się charakterystyką kwasu poli-L-glutaminowego w różnych rozpuszczalnikach (alkohol etylenowy, mocznik i DMSO) oraz określiła

zależność potencjału zeta i średnicy hydrodynamicznej od rodzaju rozpuszczalnika, pH i siły jonowej roztworu.

- 24.04.2023–25.05.2023 oraz 31.07.2023–31.08.2023: *Kadosa Sajdik* (Stażysta z Uniwersytetu w Szeged, student studiów doktoranckich: 2-miesięczny staż w IKiFP PAN). Doktorant w czasie odbywanego stażu w ramach programu Erasmus+: Mobilność Doktorantów, wykonywał badania dotyczące charakterystyki nanocząstek tlenku grafenu z zastosowaniem dynamicznego rozpraszania światła (DLS) i elektroforezy oraz charakterystykę otrzymanych warstw tlenku grafenu na powierzchni granicznej Si/SiO_2/elektrolit z wykorzystaniem metod: reflektometrii optycznej i grawimetrycznej metody mikrowagi kwarcowej z monitorowaniem dyssypacji energii (QCM-D). Badanie były prowadzone w ramach tematu badawczego „Charakterystyka wielowarstwowych struktur tlenek grafenu/HSA z wykorzytsaniem reflektometrii optycznej i QCM-D", realizowanego we współpracy z grupą Dr. Tamasa Szabo.

Promotorstwo pracy inżynierskiej:

Byłam promotorem pracy inżynierskiej Pana Jakuba Masłowskiego, studenta Politechniki Krakowskiej, Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Specjalizacja: Nanotechnologie i nanomateriały. Tytuł pracy: *„Określenie właściwości fizykochemicznych kwasu poliglutaminowego (PGA) w roztworach elektrolitu w celu wytwarzania warstewek makrojonów w układzie polikation-polianion"*. Obrona pracy odbyła się w dniu 02.02.2023.

7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej.

Krótki opis dalszych planów naukowych oraz osiągnięć naukowych po doktoracie, nieujętych w cyklu habilitacyjnym.

Poza przedstawionym zagadnieniem objętym cyklem habilitacyjnym, jestem również zaangażowana w kilka tematów badawczych z zakresu chemii koloidalnej, w szczególności charakterystyki nanocząstek i mechanizmów ich adsorpcji na granicy faz ciało stałe/ciecz. Prowadzone przeze mnie badania dotyczą procesów modyfikacji powierzchni międzyfazowych ciało stałe/ciecz ze szczególnym uwzględnieniem mechanizmów tworzenia wielowarstwowych nanostruktur jako efektywnych substratów dla immobilizacji białek. Jednym z istotnych wyników było określenie wpływu pierwszej warstwy oraz rodzaju makrojonu lub nanocząstki (rozmiar, potencjał zeta) na strukturę otrzymanych materiałów warstwowych oraz ich właściwości elektrokinetyczne. Na podstawie przeprowadzonych prac eksperymentalnych wykazałam, że zarówno w przypadku biwarstw w układzie polielektrolit/nanocząstka jak również nanocząstka/nanocząstka potencjał zeta biwarstwy w granicy wysokich pokryć zbliża się asymptotycznie do wartości $0{,}71\zeta$ wartości potencjału zeta cząstek we wnętrzu. Wartość ta jest osiągana dla drugiej warstwy nawet w przypadku gdy pokrycie powierzchni cząsteczkami dla pierwszej warstwy wynosi mniej niż 10%, co wskazuje na niewielki wpływ pierwszej warstwy na własności elektrokinetyczne w układzie biwarstwy. Uzyskane wyniki dotyczące biwarstw nanocząstek o kontrolowanym stopniu pokrycia, strukturze i szorstkości oraz określonych właściwościach elektrokinetycznych (potencjale zeta i określonym rozkładzie ładunku elektrycznego) jak

również ich stabilności zostały opisane w poniższych pracach. W pracach tych pełniłam rolę autora korespondencyjnego, współtworzyłam koncepcję i byłam odpowiedzialna za zaplanowanie, przeprowadzenie i ewaluację wyników badań eksperymentalnych:

- **M. Morga**✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, "Silica nanoparticle monolayers on a macroion modified surface: formation mechanism and stability", *Phys. Chem. Chem. Phys,* 19, (**2017)**, 22721-22732.
- **M. Morga**✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, M. Oćwieja, "Hematite/silica nanoparticle bilayers on mica: AFM and electrokinetic characterization", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 20,22, (2018), 15368-15379
- **M Morga**, M Nattich-Rak, M Oćwieja, Z Adamczyk✉, "Gold substrates of controlled roughness and electrokinetic properties formed by nanoparticle deposition", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 21 (12), (2019), 6535-6543

Kolejnym realizowanym przeze mnie tematem we współpracy z Prof. Teresą Basińską z Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych w Łodzi, było określenie mechanizmów adsorpcji polimerycznych cząstek sferoidalnych, jako układów modelowych do badania mechanizmów adsorpcji cząstek o kształcie wydłużonym. Zrozumienie mechanizmów adsorpcji takich cząstek może zostać wykorzystane w odniesieniu do poznania mechanizmów adsorpcji na granicy faz ciało stałe/ciecz cząstek o kształcie wydłużonym np. bakterii i w konsekwencji przyczynić się do otrzymywania antybakteryjnych powłok, które mogą znaleźć praktyczne zastosowanie m.in. w przemyśle opakowaniowym, w przemyśle tekstylnym, lub w produkcji samoczyszczących powłok antybakteryjnych do zastosowań przemysłowych. W tym temacie badawczym jestem współautorem publikacji wymienionych poniżej:

- **M. Morga**, Z. Adamczyk✉, T. Basińska, P. Komar, M. Gosecka, P. Żeliszewska, M. Wasilewska, "Spheroidal microparticle monolayers characterized by streaming potential measurements", *Langmuir*, 33, (**2017**), 9916-9925.
- **M Morga**✉, M Nattich-Rak, Z Adamczyk✉, D Mickiewicz, M Gadzinowski, T. Basińska, "Mechanisms of anisotropic particle deposition: prolate spheroid layers on mica", J. Phys. Chem. C, 126, 43, (2022), 18550–18559
- Z Adamczyk✉, A Pomorska, M Sadowska, M Nattich-Rak, **M Morga**, T. Basińska, D. Mickiewicz, M. Gadzinowski, "QCM-D Investigations of anisotropic particle deposition kinetics: evidences of the hydrodynamic slip mechanisms", *Anal. Chem.*, 94, 28, (2022), 10234–10244

Inny temat, którym się zajmuję i który chciałbym rozwijać w przyszłości, związany jest z badaniem mechanizmów kompleksowania makrojonów. W szczególności moje przyszłe plany badawcze wiążą się z badaniem na poziomie ilościowym mechanizmów oddziaływania przeciwnie naładowanych makrojonów (zwłaszcza polipeptydów) zarówno we wnętrzu jak i na powierzchni międzyfazowej ciało stałe/substratów stałych. Szczególnie interesującym dla mnie zagadnieniem jest określenie wpływu warunków środowiska tj.: pH, siła jonowa, temperatura lub rodzaju zastosowanego elektrolitu, na właściwości fizykochemiczne otrzymanych struktur w układzie polikation/polianion. Przeprowadzenie szczegółowej charakterystyki pomoże w doborze warunków otrzymywania wielowarstw makrojonów

o zdefiniowanych właściwościach i do opracowania efektywnej procedury kontrolowanej produkcji nanonośników i warstewek adhezyjnych dla immobilizacji białek lub substancji terapeutycznych. Proponowane badania dostarczą kluczowych informacji na temat mechanizmów adsorpcji makrojonów w układach polikation/polianion i ich oddziaływań z biomolekułami.

- T. Kastinen, D. Lupa, P. Bonarek, D. Fedorov, **M. Morga**, M. B. Linder, J. L. Lutkenhaus, P. Batys✉, M. Sammalkorpi, "pH dependence of the assembly mechanism and properties of poly(L-lysine) and poly(L-glutamic acid) complexes", *Phys. Chem. Chem. Phys*, 25 (2023), 18182-18196

Otrzymane nagrody i wyróżnienia:

Marzec 2011 – czerwiec 2012: Stypendium naukowe dla najlepszych doktorantów Międzynarodowych Studiów Doktoranckich przy Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk.

Wrzesień 2012: Student Travel Grant – Grant pokrywający koszty wyjazdu na konferencję 26th Conference of the European Colloid and Interface Society, organizowaną przez Malmö University and Lund University (Szwecja), który był również fundatorem grantu.

Styczeń 2013 – wrzesień 2013: M. Morga and Z. Adamczyk, Monolayers of cationic polyelectrolytes on mica – Electrokinetic studies, *J. Colloid Interface Sci.*, 2013, **407**, 196–204 – Top-Ten-Most-Downloaded-Article w rankingu Journal of Colloids and Interface Science 2013.

Marzec 2016: Wyróżnienie Komisji Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN za najlepszy artykuł przeglądowy 2015: M. Oćwieja, Z. Adamczyk, M. Morga, K. Kubiak, Silver particle monolayers — Formation, stability, applications, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2015, **222**, 530–563 (IF 7.223).

Luty 2018: Wyróżnienie zespołu edytorów wydawnictwa Royal Chemical Society: Physical Chemistry Chemical Physics dla manuskryptu: M. Morga, Z. Adamczyk, D. Kosior, Silica nanoparticle monolayers on a macroion modified surface: formation mechanism and stability, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2017, **19**, 22721–22732. Artykuł zakwalifikowanego do kolekcji promującej najciekawsze artykuły 2017: PCCP **2017 HOT** Article Colections.

Marzec 2018: Wyróżnienie Komisji Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN za najlepszy artykuł naukowy **2017**, opisujący oryginalne dokonania badawcze: M. Morga, Z. Adamczyk, D. Kosior, Silica nanoparticle monolayers on a macroion modified surface: formation mechanism and stability, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2017, **19**, 22721–22732 (IF 4.123).

Czerwiec 2020: Wyróżnienie Komisji Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN za osiągnięcia dla najlepszego pracownika ze stopniem naukowym doktora w grupie adiunktów w roku 2019 przyznana przez Instytut Katalizy i Chemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN.

Maj 2021: Wyróżnienie Komisji Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN za osiągnięcia dla najlepszego pracownika ze stopniem

naukowym doktora w grupie adiunktów w roku 2020 przyznana przez Instytut Katalizy i Chemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN.

PODPIS ZAUFANY
MARIA
MORGA
28.09.2023 17:51:51 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Maria Morga

.....

(podpis wnioskodawcy)

Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

I. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

1. Monografia naukowa, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2a Ustawy

nd.

2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy (✉ - autor korespondencyjny)

H1. **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, S. Gödrich, M. Oćwieja, G. Papastavrou, Monolayers of poly-l-lysine on mica – Electrokinetic characteristics, *J. Colloid Interface Sci.*, 2015, **456**, 116–124.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2015.05.044
IF: 4,509, 5-letni IF: 4,919, punkty MEiN: 30 (100 punktów po 2017), liczba cytowań: 30 (bez autocytowań: 22)

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań. Wykonałam całość prac eksperymentalnych z zastosowaniem metody potencjału przepływu obejmujących m.in.: wyznaczenie potencjału zeta powierzchni miki w zależności od siły jonowej i pH; określenie minimalnego stężenia poli-L-lizyny (PLL) pozwalającego na otrzymanie warstw o maksymalnym stopniu pokrycia; *określenie punktu izoelektrycznego monowarstw PLL dla sił jonowych 10^{-3}–0,15M NaCl i zbadanie stabilności otrzymanych warstw PLL. Dokonałam przeglądu literaturowego i brałam udział w pisaniu manuskryptu. Pełniłam także funkcję autora korespondencyjnego, przygotowałam odpowiedzi dla recenzentów i ostateczną wersję publikacji.*

H2. **M. Morga** ✉, A. Michna, Z. Adamczyk, Formation and stability of polyelectrolyte/ polypeptide monolayers determined by electrokinetic measurements, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 2017, **529**, 302–310.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.05.033
IF: 2,829, 5-letni IF: 2,852, punkty MEiN: 30 (70 punktów po 2017), liczba cytowań: 17 (bez autocytowań: 9)

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań i manuskryptu. Przeprowadziłam prace eksperymentalne z wykorzystaniem metod elektroforezy i dynamicznego rozpraszania światła (DLS) w celu określenia właściwości fizykochemicznych cząsteczki PLL w roztworach NaCl oraz buforach Tris-HCl i PBS. Z wykorzystaniem metody potencjału przepływu wyznaczyłam zależność potencjału zeta powierzchni miki of pH i siły jonowej dla elektrolitów NaCl, Tris-HCl i PBS. Określiłam zależności potencjału zeta powierzchni miki od jej stopnia pokrycia warstewkami poli(chlorowodorku alliloaminy) (PAH) i PLL dla elektrolitu NaCl oraz buforów PBS i Tris-HCl. Ponadto wykonałam pomiary stabilności otrzymanych warstw PLL i PAH i wyznaczyłam stałe adsorpcji i energie wiązania cząsteczek z powierzchnią. Dla całości manuskryptu opracowywałam wyniki eksperymentalne, wykonałam przegląd literaturowy i brałam udział w pisaniu manuskryptu. Byłam także autorem korespondencyjnym, odpowiadałam na uwagi recenzentów i przygotowałam ostateczną wersję publikacji. Przeprowadzone badania stanowiły również część z zaplanowanych prac badawczych realizowanych w ramach grantu NCN SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569, którego byłam kierownikiem.

H3. Z. Adamczyk, **M. Morga** ✉, D. Kosior, P. Batys, Conformations of Poly-l-lysine Molecules in Electrolyte Solutions: Modeling and Experimental Measurements, *J. Phys. Chem. C*, 2018, **122**, 23180–23190.
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b07606
IF: 4,309, 5-letni IF: 4,537, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 21 (bez autocytowań: 13)

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na współautorstwie koncepcji badań i manuskryptu. W ramach realizacji zaplanowanych prac badawczych wykonałam pomiary metodą rozcieńczeń i wyznaczyłam gęstość cząsteczki PLL. Przeprowadziłam pomiary z wykorzystaniem metody DLS i elektroforezy na podstawie których wyznaczyłam zależności średnicy hydrodynamicznej i potencjału zeta od siły jonowej (10^{-5}–0,15 M NaCl) i pH. Na podstawie wykonanych pomiarów wyznaczyłam parametry fizykochemiczne dla cząsteczki PLL takie jak, liczba nieskompensowanych ładunków, stopień dysocjacji i współczynnik proporcjonalności λ, długość i średnicę łańcucha cząsteczki. Dokonałam interpretacji danych eksperymentalnych. Prowadziłam także projekt naukowy w ramach grantu NCN SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569 obejmujący część badań opisanych w publikacji. Byłam także autorem korespondencyjnym i odpowiedziałam na pytania recenzentów dotyczące części eksperymentalnej.

H4. Z. Adamczyk, **M. Morga**, D. Kosior, Sposób wyznaczania masy molowej polielektrolitów liniowych, zwłaszcza polilizyny, *Polski Patent*, 2021, **PL 236792B1**

Mój wkład w opracowanie patentu obejmował zaplanowanie całokształtu prac eksperymentalnych poświęconych pomiarom gęstości i lepkości dynamicznej oraz wyznaczaniu lepkości granicznej dla próbek PLL 1 i 2 (Przykład 1–3). Prace eksperymentalne obejmowały także charakterystykę cząsteczek PLL metodą DLS oraz wyznaczenie współczynników dyfuzji i średnicy hydrodynamicznej dla próbek PLL 1 i 2. Na podstawie pomiarów obliczyłam także wymiary cząsteczki PLL oraz wyznaczyłam masy molowe według ujawnionego w zgłoszeniu patentowym wzoru. Dokonałam także przeglądu literaturowego i byłam odpowiedzialna za opracowanie i redagowanie wniosku na każdym etapie jego przygotowania.

H5. **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, M. Kujda-Kruk, Kinetics of Poly-l-lysine Adsorption on Mica and Stability of Formed Monolayers: Theoretical and Experimental Studies, *Langmuir*, 2019, **35**, 12042–12052.
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b02149
IF: 3,557, 5-letni IF: 3,702, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 10 (bez autocytowań: 7)

Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań. W części doświadczalnej pracy zaplanowałam pomiary mające na celu charakterystykę cząsteczki PLL w roztworach elektrolitu, pozwalające na wyznaczenie liczby nieskompensowanych ładunków na cząsteczce, stopienia jej dysocjacji i określenie gęstości cząsteczki w zależności od pH. W celu charakterystyki warstewek PLL, zaplanowałam i wykonałam pomiary potencjału przepływu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów określiłam konformację cząsteczki na powierzchni granicznej ciało stałe/ciecz w oparciu o model elektrokinetyczny 3D oraz skorelowałam wartości potencjału zeta ze stopniem pokrycia powierzchni cząsteczkami PLL. Wyznaczyłam także kinetykę desorpcji i energię wiązania cząsteczek PLL w różnych warunkach pH. Kierowałem również projektem naukowym NCN SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569 obejmującym badania opisane w publikacji. Byłam także autorem korespondencyjnym, napisałam część manuskryptu oraz odpowiadałam na pytania recenzentów i przygotowałam ostateczną wersję publikacji.

H6. D. Kosior, **M. Morga** ✉, P. Maroni, M. Cieśla, Z. Adamczyk ✉, Formation of Poly-l-lysine Monolayers on Silica: Modeling and Experimental Studies, *J. Phys. Chem. C*, 2020, **124**, 4571–4581.
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.9b10870
IF: 4,126 5-letni IF: 4,467, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 16 (bez autocytowań: 12)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorstwie w opracowaniu koncepcji badań i manuskryptu. Wyznaczyłam parametry fizykochemiczne cząsteczki PLL we wnętrzu oraz zaplanowałam i przeprowadziłam całość prac eksperymentalnych dotyczących pomiarów potencjału przepływu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów określiłam mechanizm adsorpcji cząsteczek PLL na powierzchni krzemionki w zakresie siły jonowej 10^{-3}– 0,15 M NaCl. Dodatkowo na podstawie przeprowadzonych badań wykazałam wpływ sił jonowej na maksymalne pokrycie uzyskanych warstw PLL. Byłam również autorem korespondencyjnym i kierowałam także projektem naukowym NCN

SONATA UMO-2015/17/D/ST4/00569 obejmującym badania opisane w publikacji. Brałam czynny udział w pisaniu publikacji i odpowiadałam na pytania recenzentów dotyczące części eksperymentalnej, głównie potencjału przepływu.

H7. M. Morga ✉, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek, Z. Adamczyk ✉, Poly-L-Arginine Molecule Properties in Simple Electrolytes: Molecular Dynamic Modeling and Experiments, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, **19**, 3588
DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19063588
IF: 4,614, 5-letni IF: 4,799, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 6 (bez autocytowań: 5)

Mój wkład w powstanie publikacji polegał współautorstwie koncepcji badań i manuskryptu. W zakresie zaplanowanych prac badawczych wykonałam pomiary gęstości roztworów poli-L-argininy (PARG) określając gęstość cząsteczki. Określiłam charakterystykę fizykochemiczną PARG we wnętrzu wyznaczając takie parametry jak współczynnik dyfuzji i ruchliwość elektroforetyczną w zależności od siły jonowej i pH. Przeprowadziłam również pomiary lepkości służące do określenia konformacji cząsteczki w szerokim zakresie sił jonowych. Ponadto mój udział polegał również na opracowaniu graficznym wyników, współuczestniczeniu w redagowaniu manuskryptu, doborze literatury, edycji korekcie manuskryptu, przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów i ostatecznej wersji pracy.

H8. P. Batys ✉, **M. Morga**, P. Bonarek, M. Sammalkorpi, pH-Induced Changes in Polypeptide Conformation: Force-Field Comparison with Experimental Validation, *J. Phys. Chem. B*, 2020, **124**, 2961–2972
DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.0c01475
IF: 2,991, 5-letni IF: 3,051, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 20 (bez autocytowań: 16)

Mój udział w powstaniu tej publikacji obejmował zaplanowanie i przeprowadzenie części eksperymentalnej dotyczących wyznaczenia zmian ruchliwości elektroforetycznej cząsteczek PLL i PGA w zależności od pH, służących do interpretacji zmian konformacyjnych cząsteczek w oparciu o modelowanie dynamiką molekularną MD i pomiary dichroizmu kołowego (CD); zaplanowaniu i przeprowadzeniu badań określających zmiany w średnicy hydrodynamicznej cząsteczek PLL i PGA w zależności od pH oraz interpretacji i opisie wyników badań dotyczących charakterystyki makrojonów PLL i PGA we wnętrzu. Wykonałam również przegląd literaturowy oraz uczestniczyłam w korekcie manuskryptu na etapie przygotowywania oraz wersji proof.

H9. A. L. Harmat, **M. Morga**, J. L. Lutkenhaus, P. Batys ✉, M. Sammalkorpi ✉, Molecular mechanisms of pH-tunable stability and surface coverage of polypeptide films, *Appl. Surf. Sci.*, 2023, **615**, 156331
DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2023.156331
IF: 6,700, 5-letni IF:6,200, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 1 (bez autocytowań: 0)

Mój udział w powstanie publikacji polegał na współautorstwie koncepcji badań; opisie części manuskryptu dotyczącym badań eksperymentalnych, dyskusji i interpretacji wyników otrzymanych na drodze eksperymentalnej z wykorzystaniem technik DLS, elektroforezy, metody grawimetrycznej mikrowagi kwarcowej QCM-D oraz potencjału przepływu. Określiłam charakterystykę powierzchni krzemionki oraz właściwości fizykochemiczne cząsteczek PLL i PARG w roztworach NaCl. Na podstawie wykonanych pomiarów potencjału przepływu i QCM-D określiłam mechanizm adsorpcji PLL i PARG na powierzchni krzemionki i wpływ pH (efektywnego ładunku) na proces adsorpcji, maksymalne pokrycie powierzchni cząsteczkami polipeptydów i stabilność warstw otrzymanych z ich udziałem. Odpowiedziałam także na uwagi recenzentów związane z wynikami części eksperymentalnej oraz uczestniczyłam w wykonaniu korekty manuskryptu na etapie przygotowywania oraz wersji proof.

Oryginalne prace zebrane zostały w Załączniku 5. Oświadczenia wszystkich współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie każdej z prac zebrano w Załączniku 6.

Sumaryczny IF ośmiu publikacji objętych cyklem habilitacyjnym zgodnie z rokiem ich opublikowania wynosi **33,635**. Suma punktów według ujednoliconego wykazu czasopism

punktowanych MEiN (po 2017 roku) wynosi **970**. Liczba cytowań cyklu publikacji, według bazy Scopus, wynosi **121** (bez autocytowań **84**) (dane z 21 września 2023 roku).

Suma punktów MEiN przed 2017 (skala 0–50 punktów): 60 **[H1, H2]**
Suma punktów MEiN po 2017 (skala 0–200 punktów): 170 **[H1, H2]**
Suma punktów MEiN po 2017 (skala 0–200 punktów): 800 **[H3, H5, H6, H7, H8, H9]**

3. Wykaz zrealizowanych oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych lub artystycznych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c Ustawy.

nd.

II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).

nd.

2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

1) Z. Adamczyk, M. Wasilewska, M. Morga, Methods for Electrokinetic Surface Characteristics, *Chapter 6* in *Surface-Functionalized Ceramics*, John Wiley & Sons, Ltd, 2023, pp. 193–258, edited by: L. Treccani and F. Meder
DOI: https://doi.org/10.1002/9783527698042.ch6

3. Informacja o członkostwie w redakcjach naukowych monografii.

brak

4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2).

4.1. Artykuły opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora (niewchodzące w skład osiągnięcia naukowego)

1) T. Kastinen, D. Lupa, P. Bonarek, D. Fedorov, **M. Morga**, M. B. Linder, J. L. Lutkenhaus, P. Batys ✉, M. Sammalkorpi, pH dependence of the assembly mechanism and properties of poly(L-lysine) and poly(L-glutamic acid) complexes, *Phys. Chem. Chem. Phys*, 2023, **25**, 18182–18196.
IF: 3,300, 5-letni IF: 3,300, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 0 (bez autocytowań: 0)

2) **M. Morga** ✉, M. Nattich-Rak, Z. Adamczyk ✉, D. Mickiewicz, M. Gadzinowski, T. Basinska, Mechanisms of anisotropic particle deposition: prolate spheroid layers on mica, *J. Phys. Chem. C*, 2022, **126**, 18550–18559.
IF: 3,700, 5-letni IF: 3,900, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 2 (bez autocytowań: 2)

3) Z. Adamczyk ✉, A. Pomorska, M. Sadowska, M. Nattich-Rak, **M. Morga**, T. Basinska, D. Mickiewicz, M. Gadzinowski, QCM-D Investigations of anisotropic particle deposition kinetics: evidences of the hydrodynamic slip mechanisms, *Anal. Chem.*, 2022, **94**, 10234–10244.
IF: 7,400, 5-letni IF: 7,000, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 6 (bez autocytowań: 5)

4) Z. Adamczyk ✉, **M. Morga** ✉, M. Nattich-Rak, M. Sadowska, Nanoparticle and bioparticle deposition kinetics, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2022, **302**, 102630.
IF: 15,600, 5-letni IF: 14,800, punkty MEiN: 200, liczba cytowań: 10 (bez autocytowań: 8)

5) Z. Adamczyk ✉, P Batys, W Płaziński, **M Morga**, D Lupa, A Michna, Macroion molecule properties from slender body hydrodynamics, *Polym. Adv. Technol.*, 2021, **32**, 3900–3908.
IF: 3,348, 5-letni IF: 3,203, punkty MEiN: 70, liczba cytowań: 4 (bez autocytowań: 2)

6) P. Żeliszewska ✉, M. Sadowska, **M. Morga**, Z. Adamczyk ✉, Mechanism of fibrinogen/microparticle complex deposition on solid substrates: role of pH, *Colloids Surf. B. Biointerfaces*, 2019, **184**, 110424.
IF: 4,389, 5-letni IF: 4,262, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 4 (bez autocytowań: 4)

7) A. Michna ✉, P. Batys, **M. Morga**, A. Pomorska, M. Wytrwal-Sarna, M. Kepczynski, Z. Adamczyk, Formation of strong polycation (poly[(3-allylamino-2-hydroxypropyl)trimethylammonium chloride]) monolayers on mica, silica, and gold substrates: modeling and experimental studies, *J. Phys. Chem. C*, 2019, **123**, 19022–19032.
IF: 4,189, 5-letni IF: 4,404, punkty MEiN: 140, liczba cytowań: 5 (bez autocytowań: 2)

8) A. Michna ✉, **M. Morga**, Z. Adamczyk, K. Kubiak, Monolayers of silver nanoparticles obtained by green synthesis on macrocation modified substrates, *Mater. Chem. Phys.*, 2019, **227**, 224–235.
IF: 3,408, 5-letni IF: 2,884, punkty MEiN: 70, liczba cytowań: 11 (bez autocytowań: 11)

9) M. Oćwieja ✉, **M. Morga**, Electrokinetic properties of cysteine-stabilized silver nanoparticles dispersed in suspensions and deposited on solid surfaces in the form of monolayers, *Electrochim. Acta*, 2019, **297**, 1000–1010.
IF: 6,215, 5-letni IF: 5,478, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 7 (bez autocytowań: 6)

10) **M. Morga**, M. Nattich-Rak, M. Oćwieja, Z. Adamczyk ✉, Gold substrates of controlled roughness and electrokinetic properties formed by nanoparticle deposition, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2019, **21**, 6535–6543.
IF: 3,430 , 5-letni IF: 3,735, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 5 (bez autocytowań: 5)

11) A. Bratek-Skicki ✉, P. Eloy, **M. Morga**, Ch. Dupont-Gillain ✉, Reversible protein adsorption on mixed PEO/PAA polimer brushes: role of ionic strength and PEO content, *Langmuir*, 2018, **34**, 3037–3048.
IF: 3,557, 5-letni IF: 3,702, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 30 (bez autocytowań: 30**)**

12) **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, M. Oćwieja, Hematite/silica nanoparticle bilayers on mica: AFM and electrokinetic characterization, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2018, **20**, 15368–15379.
IF: 3,430, 5-letni IF: 3,735, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 11 (bez autocytowań: 10)

13) M. Oćwieja, K. Matras-Postołek ✉, J. Maciejewska-Prończuk, **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, S. Sovinska, A. Żaba, M. Gajewska, T. Król, K. Cupiał, M. Bredol, Formation and stability of manganese-doped ZnS quantum dot monolayers determined by QCM–D and streaming potential measurements, *J. Colloid Interface Sci.*, 2017, **503**, 186–187.
IF: 5,091, 5-letni IF: 4,281, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 12 (bez autocytowań: 9)

14) **M. Morga**, Z. Adamczyk ✉, T. Basińska, P. Komar, M. Gosecka, P. Żeliszewska, M. Wasilewska, Spheroidal microparticle monolayers characterized by streaming potential measurements, *Langmuir*, 2017, **33**, 9916–9925.
IF: 3,789, 5-letni IF: 4,139, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 10 (bez autocytowań: 6)

15) J. Maciejewska-Prończuk**, M. Morga**, Z. Adamczyk ✉, M. Oćwieja, M. Zimowska, Homogenous gold nanoparticle monolayers – QCM and electrokinetic characteristics *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng.*, 2017, **514**, 226–235.
IF: 2,829, 5-letni IF: 2,852, punkty MEiN: 70, liczba cytowań: 21 (bez autocytowań: 15)

16) **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, Silica nanoparticle monolayers on a macroion modified surface: formation mechanism and stability, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2017, **19**, 22721–22732.
IF: 3,906, 5-letni IF: 4,224, punkty MEiN: 100, liczba cytowań: 26 (bez autocytowań: 20)

17) **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, D. Kosior, Silica Monolayer Formation and Stability Determined by in situ Streaming Potential Measurements, *Electrochim. Acta*, 2016, **206**, 409–418.
IF: 4,978, 5-letni IF: 4,630, punkty MEiN: 40 (po 2017: 100), liczba cytowań: 11 (bez autocytowań: 4)

18) M. Oćwieja, Z. Adamczyk ✉, **M. Morga**, K. Kubiak, Silver particle monolayers – Formation, stability, applications, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2015, **222**, 530–563.
IF: 7,813, 5-letni IF: 9,102, punkty MEiN: 45 (po 2017: 200), liczba cytowań: 51 (bez autocytowań: 48)

19) M. Oćwieja ✉, A. Popov, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Ramanaviciene, A. Ramanavicius, Deposition of silver nanoparticles from suspensions containing tannic acid, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng.*, 2015, **477**, 70–76.
IF: 2,760, 5-letni IF: 2,834, punkty MEiN: 30 (po 2017: 70), liczba cytowań: 6 (bez autocytowań: 5)

20) M. Oćwieja ✉, Z. Adamczyk, **M. Morga**, pH-controlled desorption of silver nanoparticles from monolayers deposited on PAH-covered mica, *J. Nanopart. Res.*, 2015, **17**, 235.
IF: 2,102, 5-letni IF: 2,499, punkty MEiN: 30 (po 2017: 70), liczba cytowań: 5 (bez autocytowań: 4)

21) M. Oćwieja ✉, Z. Adamczyk, **M. Morga**, K. Kubiak, Influence of supporting polyelectrolyte on coverage and stability of silver nanoparticle coatings, *J. Colloid Interface Sci*., 2015, **445**, 205–212.
IF: 3,782, 5-letni IF: 3,758, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 21 (bez autocytowań: 17)

22) M. Kujda, Z. Adamczyk ✉, **M. Morga**, K. Sofińska, Recombinant albumin adsorption on mica studied by AFM andstreaming potential measurements, *Colloids Surf. B Biointerfaces*, 2015, **127**, 192–199.
IF: 3,902, 5-letni IF: 4,269, punkty MEiN: 35 (po 2017: 100), liczba cytowań: 16 (bez autocytowań: 15)

23) M. Oćwieja ✉, Z. Adamczyk, **M. Morga**, Adsorption of tannic acid on polyelectrolyte monolayers determined in situ by streaming potential measurements, *J. Colloid Interface Sci.*, 2015, **438**, 249–258.
IF: 3,782, 5-letni IF: 3,758, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 36 (bez autocytowań: 35)

Artykuły opublikowane w czasopismach nieposiadających współczynnika Impact Factor:

24) **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, Modification of Solid Substrates by Controlled Adsorption of Macroions, *Wiad. Chem.*, 2021, **75**, 1157–1179.
Punkty MEiN: 20

4.2. Artykuły opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora

1) M. Kujda ✉, Z. Adamczyk, **M. Morga**, E. Kowalska, Comparative physicochemical studies of human albumin monomer and the cross-linked dimer, *The Febs J.*, 2014, **281**, 404.
IF: 4,001, 5-letni IF: 4,068, liczba cytowań:0 (bez autocytowań:0)

2) **M. Morga**, Z. Adamczyk ✉, M. Oćwieja, E. Bielańska, Hematite/silver nanoparticle bilayers on mica – AFM, SEM and streaming potential studies, *J. Colloid Interface Sci.*, 2014, **424**, 75–83.
IF: 3,368, 5-letni IF: 3,637, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 27 (bez autocytowań: 20)

3) **M. Morga**, Z. Adamczyk ✉, M. Oćwieja, „Stability of silver nanoparticle monolayers determined by in situ streaming potential measurements", *J. Nanopart. Res.*, 2013, **15**, 2076.
IF: 2,278, 5-letni IF: 2,927, punkty MEiN: 30 (po 2017: 70), liczba cytowań: 13 (bez autocytowań: 10)

4) **M. Morga**, Z. Adamczyk ✉, Monolayers of Cationic Polyelectrolytes on Mica – Electrokinetic Studies, *J. Colloid Interface Sci.*, 2013, **407**, 196 – 204.
IF: 3,552, 5-letni IF: 3,583, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 57 (bez autocytowań: 34)

5) M. Oćwieja ✉, **M. Morga**, Z. Adamczyk, Self-assembled silver nanoparticles on mica – AFM, SEM, and electrokinetic characteristics, *J. Nanopart. Res.*, 2013, **15**, 1460.
IF: 2,278, 5-letni IF: 2,927, punkty MEiN: 30 (po 2017: 70), liczba cytowań: 32 (bez autocytowań: 22)

6) M. Nattich-Rak, Z. Adamczyk✉, M. Sadowska, **M. Morga**, M. Oćwieja, Hematite nanoparticle monolayers on mica: Characterization by colloid deposition", *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 2012, **412**, 72–81.
IF: 2,108, 5-letni IF: 2,333, punkty MEiN: 25 (po 2017: 70), liczba cytowań: 11 (bez autocytowań: 11)

7) **M. Morga** ✉, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, Hematite nanoparticle monolayers on mica electrokinetic characteristics, *J. Colloid Interface Sci.*, 2012, **386**, 121–128.
IF: 3,172, 5-letni IF: 3,390, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 16 (bez autocytowań: 7)

8) M. Oćwieja ✉, Z. Adamczyk, **M. Morga**, E. Bielańska, A. Węgrzynowicz, Hematite nanoparticle monolayers on mica – preparation by controlled self-assembly, *J. Colloid Interface Sci.*, 2012, **386**, 51–59.
IF: 3,172, 5-letni IF: 3,390, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 28 (bez autocytowań: 16)

9) **M. Morga**, Z. Adamczyk, K. Jaszczółt ✉, M. Nattich -Rak, G. Para, *Colloid Zirconia Binder of Improved Wetting Properties, Ceram. – Silik.*, 2012, **56**, 1–8.
IF: 0,418, 5-letni IF: 0,480, punkty MEiN: 25 (po 2017: 40), liczba cytowań: 0 (bez autocytowań: 0)

10) M. Oćwieja ✉, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, High density silver nanoparticle monolayers produced by colloid self-assembly on polyelectrolyte supporting layers, *J. Colloid Interface Sci.*, 2011, **364**, 39–48.
IF: 3,070, 5-letni IF: 3,263, punkty MEiN: 30 (po 2017: 100), liczba cytowań: 73 (bez autocytowań: 62)

11) **M. Morga**, G.Para ✉, Z Adamczyk, A. Karwiński, Improvement of Wetting Properties of Colloid Silica Binders, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2010, **49**, 8532–8537.
IF: 2,072, 5-letni IF: 2,310, punkty MEiN: 32 (po 2017: 140), liczba cytowań: 4 (bez autocytowań: 3)

Artykuły opublikowane w czasopismach nieposiadających współczynnika Impact Factor:

12) **M. Morga** ✉, G. Para, Z. Adamczyk, A. Karwiński, Colloid Silica Binders Wetting Property Modification in Investment Casting, *Sci. Proc. Sci.–Tech. Union Mech. Eng.*, 2010, **Year XVIII**, Volume 4/119.

5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).

nd.

6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).

nd.

7. Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych. (osoba prezentująca)

7.1. Wystąpienia ustne po uzyskaniu stopnia doktora

1) **M. Morga**, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek, A. Harmat, Z. Adamczyk, J. Lutkenhaus, M. Sammalkorpi, "pH-tunable properties of polypeptides monolayers: experimental studies and MD modeling", 37th Conference of the European Colloid & Interface Society, Neapol, Włochy, wrzesień 3–8, **2023.**

2) **M. Morga**, A. Harmat, P. Bonarek, M. Sammalkorpi, J. Lutkenhaus, P. Batys, "Kontrolowanie właściwości filmów polipeptydowych za pomocą pH", Fizykochemia Granic Faz, Lublin, Polska, kwiecień 24–28, **2023**.

3) T. Kastinen, P. Batys, **M. Morga**, J. L. Lutkenhaus,M. Sammalkorpi, "Effect of pH on complexation and secondary structures of polypeptides", Computational Chemistry Days, *online*, grudzień 15–16, **2021**.

4) D. Lupa, J. Maciejewska-Prończuk, **M. Morga**, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, "Funkcjonalne nano- i mikorcząstki - synteza oraz charakterystyka", Life Science Open Space Meeting, Kraków, Polska, listopad 26, **2019**.

5) M. Oćwieja, **M. Morga** "Properties of monolayers formed from cysteine-stabilized silver nanoaprticles", 62 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Katalitycznego PTChem, Warszawa, Polska, wrzesień 2–6, **2019**.

6) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, D. Lupa, J. Maciejewska-Prończuk, **M. Morga**, A. Michna, M. Nattich-Rak, A. Pomorska, M. Wasilewska, "Noble metal nanoparticle layers of tunable coverage, structure and charge", Lithuanian Chemists Conference Chemistry and Chemical Technology, Lithuanian Academy of Sciences, Wilno, Litwa, maj16, **2019 (wykład na zaproszenie)**.

7) **M. Morga**, Z. Adamczyk, D. Kosior, P. Batys, "From macroscopic studies to microscopic properties: unravelling the conformation and adsorption mechanisms of poly-L-lysine at solid/liquid interfaces" LIV School of Physics: Breaking frontiers – submicron structures in physics and biology, Zakopane, Polska, maj 21–25, **2019**.

8) M. Oćwieja, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Silver nanoparticle monolayers of tunable structure, stability and charge", 32nd Conference of the European Colloid & Interface Society, Lublana, Słowenia, wrzesień 2–7, **2018**.

9) A. Michna, **M. Morga**, Z. Adamczyk and K. Sofińska, "Monolayers of poly(amido amine) dendrimers and poly(diallyldimethylammonium chloride) studied by in situ streaming potential measurements and AFM", 32nd Conference of the European Colloid & Interface Society, Lublana, Słowenia, wrzesień 2–7, **2018**.

10) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, J. Maciejewska-Prończuk, **M. Morga**, A. Pomorska "Mono– and multilayers of noble metal nanoparticles at solid/liquid interfaces: mechanisms of formation and potential applications", International Conference on Catalysis and Surface Chemistry oraz 50 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 18–23, **2018**.

11) **M. Morga**, D. Lupa, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, "Funkcjonalne nano– i mikro– cząstki synteza oraz zastosowania w innowacyjnych materiałach i technologiach (FUNANO)", Life Science Open Space Meeting, Kraków, Polska, październik 11, **2018**.

12) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, M. Maciejewska, K. Kubiak, **M. Morga**, E. Bielańska, B. Napruszewska, "Preparatyka mono– oraz multiwarstw nanocząstek koloidalnych do zastosowań katalitycznych, analitycznych i biobójczych", 48 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 16–18, **2016**.

13) J. Maciejewska-Prończuk, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, **M. Morga**, "Monowarstwy nanocząstek złota o kontrolowanej strukturze i właściwościach", 59 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Katalitycznego PTChem, Poznań, Polska, wrzesień 19–23, **2016.**

7.2. Wystąpienia ustne przed uzyskaniem stopnia doktora

1) Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "Adsorption mechanisms of polyelectrolytes and proteins", 20th International Symposium on Surfactants in Solution, Coimbra, Portugalia, czerwiec 22–27**, 2014 (wykład na zaproszenie).**

2) M. Oćwieja, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Controlled release of silver nanoparticles from monolayers deposited on PAH-covered mica", 14th European Student Colloid Conference, Poczdam–Golm, Niemcy, czerwiec 10–13, **2013**.

3) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, E. Bielańska, "Synteza i charakterystyka fizykochemiczna stabilnych suspensji nanocząstek srebra do zastosowań katalitycznych", 45 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 13–15**, 2013**.

4) **M. Morga**, Z. Adamczyk, M.Oćwieja, "Silver particle monolayers and bilayers on solid surfaces", 45 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 13–15, **2013**.

5) **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, "Charakterystyka monowarstw nanocząstek hematytu na powierzchni miki w warunkach in situ", 55 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Katalitycznego PTChem, Białystok, Polska, wrzesień 16–20, **2012**.

6) **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, "Hematite nanoparticle monolayers – Streaming potential measurements", VII Szkoła Letnia dla Doktorantów – Zjawiska Międzyfazowe w Teorii i Praktyce, Sudomie, Polska, czerwiec 24–30, **2012**.

7) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Kinetyka adsorpcji oraz struktura monowarstw nanocząstek srebra na powierzchniach heterogenicznych", VI Krakowska Konferencja Młodych Uczonych – Grupa naukowa „Pro Futuro”, Kraków, Polska, wrzesień 29 – październik 1, **2011**.

8) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "Tuning silver particle monolayers structure and density via controlled adsorption-desorption processes", 25th Conference of the European Colloid & Interface Society, Berlin, Niemcy, wrzesień 4–9, **2011**.

9) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "Monowarstwy nanocząstek srebra o kontrolowanej strukturze i stopniu pokrycia otrzymywane w procesach samoorganizacji, w warunkach dyfuzyjnych", V Krajowa Konferencja Nanotechnologii NANO2011, Gdańsk, Polska, lipiec 3–7, **2011**.

10) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "Silver nanoparticle monolayers on polyelectrolyte covered mica produced by self-assembly", VI Szkoła Letnia dla Doktorantów – Zjawiska Międzyfazowe w Teorii i Praktyce, Sudomie, Polska, czerwiec 26 – lipiec 2, **2011**.

11) **M. Morga**, Z. Adamczyk, G. Para, "The Behavior of Colloid Zirconia and Colloid Silica in the Presence of Fluoride Surfactants. Improvement of Wetting Properties",

VI Szkoła Letnia dla Doktorantów – Zjawiska Międzyfazowe w Teorii i Praktyce, Sudomie, Polska**,** czerwiec 26 – lipiec 2, **2011**.

12) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "Influence of ionic strength on silver particle monolayer structure and density", 13th European Student Colloid Conference, Falkenberg, Szwecja, czerwiec 14–17, **2011**.

7.3. Prezentacje posterowe po uzyskaniu stopnia doktora

1) P. Batys , **M. Morga**, P. Bonarek, T. Kastinen, D. Lupa, J. Lutkenhaus, M. Sammalkorpi, "Understanding the pH dependence of poly-L-lysine and poly-L-glutamic acid complex formation", 37th Conference of the European Colloid & Interface Society, Neapol, Włochy, wrzesień 3–8, **2023**.

2) **M. Morga**, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek, A. Harmat, Z. Adamczyk, J. Lutkenhaus, M. Sammalkorpi, "pH–induced Changes in Formation and Stability of Polypeptide Monolayers:Experimental Studies and MD Modeling", 36th Conference of the European Colloid & Interface Society Conference, Chania, Grecja, wrzesień 4–9, **2022**.

3) **M. Morga**, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek, Z. Adamczyk, "Poly-L-arginine and Poly-L-lysine Molecule Characteristics in Simple Electrolytes: Experiments and Molecular Dynamic Modeling", 36th Conference of the European Colloid & Interface Society Conference, Chania, Grecja, wrzesień 4–9, **2022**.

4) P. Batys, **M. Morga**, P. Bonarek, T. Kastinen, D. Lupa, J. Lutkenhaus, M. Sammalkorpi, "From a single molecule to smart material – understanding the polypeptide complexes formation and properties", 36th Conference of the European Colloid & Interface Society Conference, Chania, Grecja, wrzesień 4–9, **2022**.

5) T. Kastinen, P. Batys, **M. Morga**, P. Bonarek, J. Lutkenhaus, M. Sammalkorpi, "Effect of pH on the complexation and secondary structures of self–assembling polypeptides", 36th Conference of the European Colloid & Interface Society Conference, Chania, Grecja, wrzesień 4–9, **2022**.

6) **M. Morga**, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek, A. Harmat, M. Sammalkorpi, Z. Adamczyk, "Revealing the adsorption mechanisms of poly-L-lysine at solid/liquid interfaces using electrokinetic techniques and theoretical modelling", 5th International Conference on Applied Surface Science, Palma, Majorka, Hiszpania, kwiecień 24–28, **2022**.

7) **M. Morga**, P. Batys, D. Kosior, P. Bonarek , Z. Adamczyk, "Poly-L-arginine molecule characteristics in simple electrolytes: experiments and molecular dynamic modeling", 5th International Conference on Applied Surface Science, Palma, Majorka, Hiszpania, kwiecień 24–28, **2022**.

8) P. Batys, **M. Morga**, A. Harmat, P. Bonarek, T. Kastinen, M. Sammalkorpi, "Effect of peptide secondary structure and substrate charge upon adsorption at silica surface*:* modeling and experimets", 5th International Conference on Applied Surface Science, Palma, Majorka, Hiszpania, kwiecień 24–28, **2022**.

9) D. Lupa, Z. Adamczyk, P. Batys, W. Płaziński, **M. Morga**, A. Michna, "Macroion conformation in electrolyte solution – modelling, experiment and slender body hydrodynamics", 34th Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics, *online* wrzesień 27–29, **2021**.

10) **M. Morga**, M. Nattich-Rak, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, "Gold substrates of controlled roughness and electrokinetic properties for potential biocatalytic applications", 51 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 20–22, **2019**.

11) **M. Morga**, D. Kosior, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, "Formation of α-Fe_2O_3/Ag and α-Fe_2O_3/SiO_2 nanoparticle bilayers of controlled structure and properties", 51 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 20–22, **2019**.

12) **M. Morga**, Z. Adamczyk, D. Kosior, P. Batys, "Mechanisms of poly-L-lysine adsorption at solid/liquid interfaces determined by electrokinetic techniques", 9th International Colloids Conference 2019, Sitges, Barcelona, Hiszpania, czerwiec 16–19, **2019**.

13) A. Michna**, M. Morga**, Z. Adamczyk, D. Duraczyńska "Poly(diallyldimethyl-ammonium chloride) monolayers as an effective platform for adsorption of silver nanoparticles obtained by green synthesis", 9th International Colloids Conference 2019, Sitges, Barcelona, Hiszpania, czerwiec 16–19, **2019**.

14) K. Cupiał, T. Król, S. Sowińska, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, J. Maciejewska-Prończuk, **M. Morga**, K. Matras-Postołek, "Otrzymywanie, charakterystyka oraz osadzanie kropek kwantowych z siarczku cynku domieszkowanego manganem (ZnS:Mn)", 61 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Katalitycznego PTChem, Kraków, Polska, wrzesień 17–21, **2018**.

15) D. Kosior, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Formation and Stability of Silica Nanoparticle Monolayers at Macroion (PAH)-modified Mica", 32nd Conference of the European Colloid & Interface Society, Lublana, Słowenia, wrzesień 2–7, **2018**.

16) **M. Morga**, Z. Adamczyk, D. Kosior, M. Oćwieja, "Formation and stability of hematite/silver nanoparticle bilayers at mica: AFM and electrokinetic characteristics", 32nd Conference of the European Colloid & Interface Society, Lublana, Słowenia, wrzesień 2–7, **2018**.

17) M. Oćwieja, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Electrokinetic studies on charge inversion and stability of monolayers formed from cysteine-stabiized silver nanoparticles", 5th International Symposium on Surface Imaging/Spectroscopy at the Solid/Liquid Interface, Kraków, Polska, czerwiec 6–8, **2018**.

18) **M. Morga**, A. Michna, Z. Adamczyk, "Electrokinetic properties of poly(allylamine hydro chloride) (PAH) monolayers at mica", International Conference on Catalysis and Surface Chemistry oraz 50 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 18–23, **2018**.

19) A. Michna, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Electrokinetic properties of poly (diallyldimethyl ammonium chloride) determined in bulk and onto solid substrates", International Conference on Catalysis and Surface Chemistry oraz 50 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 18–23, **2018**.

20) J. Maciejewska-Prończuk, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, A. Pomorska, **M. Morga**, "Formation of gold nanoparticle bilayers of solid substrates", International Conference on Catalysis and Surface Chemistry oraz 50 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 18–23, **2018**.

21) D. Kosior, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Silica Nanoparticle Monolayers at Macroion (PAH)-modified Mica: AFM and SEM Studies", International Conference on

Catalysis and Surface Chemistry oraz 50 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 18–23, **2018**.

22) J.Maciejewska-Prończuk, **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, M. Zimowska "Otrzymywanie monowarstw nanocząstek złota o kontrolowanej strukturze", Seminarium „Samoorganizacja, mikroskopia, spektroskopia", Kraków, Polska, październik 6–7, **2016**.

23) A. Popov, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Ramanavicius, A. Ramanavicie, "Deposition of silver nanoparticles from susensions containing tannic acid", 9th Nano–conference "Advances in Bioelectrochemistry and Nanomaterials, Wilno, Litwa, październik 20–22, **2016**.

24) J. Maciejewska, M. Oćwieja, K. Kubiak, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Formation of gold nanoparticles of controlled structure and electrokinetic properties", 30th Conference of the European Colloid & Interface Society, Rzym, Włochy, wrzesień 4–9, **2016**.

25) M. Kujda, **M. Morga**, Z. Adamczyk, E. Kowalska, "Charakterystyka porównawcza właściwości fizykochemicznych monomeru i dimeru albuminy ludzkiej", Seminarium „Na granicy powierzchni i światła: adsorpcja i spektroskopia SERS", Kraków, Polska, lipiec 2–3, **2015**.

26) M. Oćwieja, Z. Adamczyka, **M. Morga**, D. Lupa, "Mechanisms of silver ion and nanoparticle release from antibacterial coatings", 29th Conference of the European Colloid & Interface Society, Bordoux, Francja, wrzesień 7– 11, **2015**.

27) **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, "Electrokinetic characteristics of poly-l-lysine monolayers on mica", 4th International Symposium on Surface Imaging/Spectroscopy at the Solid/Liquid Interface, Kraków, Polska, wrzesień 2–4, **2015**.

28) **M. Morga**, Z. Adamczyk, D. Kosior, "A Quantitative determination of silica monolayer formation and stability; IN SITU streaming potential Studies", 4th International Symposium on Surface Imaging/Spectroscopy at the Solid/Liquid Interface, Kraków, Polska, wrzesień 2–4, **2015**.

29) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Adsorption of Tannic Acid on Polyelectrolyte Monolayers Determined by in situ Streaming Potential Measurements", 79th Prague Meeting on Macromolecules, Functional Polymers at Bio-Material Interfaces, Praga, Czechy, czerwiec 28 – lipiec 2, **2015**.

7.4. Prezentacje posterowe przed uzyskaniem stopnia doktora

1) A. Michna, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Kinetyka osadzania nanocząstek srebra oraz mikrosfer polistyrenowych na monowarstwach polielektolitów", 57 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Katalitycznego PTChem, Częstochowa, Polska, wrzesień 14–18, **2014**.

2) M. Kujda, Z. Adamczyk, **M. Morga**, E. Kowalska, "Comparative physicochemical studies of human albumin monomer and the synthetic cross-linked diner", FEBS–EMBO, Paryż, Francja, sierpień 30 – wrzesień 4, **2014**.

3) M. Nattich-Rak, M. Sadowska, Z. Adamczyk, **M. Morga**, M. Oćwieja, "Hematite Nanoparticle Monolayers: Characterization by Colloid Deposition", Frontiers of Polymer Colloids: From Synthesis to Macro-Scale and Nano-Scale Applications, Praga, Czechy, lipiec 20–24, **2014**.

4) A. Michna, **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Deposition kinetics of silver nanoparticle and polystyrene microspheres of polyelectrolyte covered surfaces", Frontiers of Polymer Colloids: From Synthesis to Macro-Scale and Nano-Scale Applications, Praga, Czechy, lipiec 20–24, **2014**.

5) M. Michna, Z. Adamczyk, **M. Morga**, K. Kubiak, "The kinetics of deposiion of silver nanoparticles at PDADAC monolayers", International Soft Matter Conference, Rzym, Włochy, wrzesień. 15–19, **2013**.

6) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Self-assembled silver nanoparticles monolayers on PAH-coveredmica - AFM, SEM and electrokinetic characteristics", International Soft Matter Conference, Rzym, Włochy, wrzesień 15–19, **2013**.

7) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Silver nanoparticle release from monolayers deposited on PAH-covered mica – Influence of Ionic Strength, pH, Temperature and Size of Particles", 27th Conference of the European Colloid & Interface Society, Sofia, Bułgaria, wrzesień 1–6, **2013**.

8) **M. Morga**, Z. Adamczyk, "Electrokinetic Studies of Cationic Polyelectrolyte Monolayers on Mica", 27th Conference of the European Colloid & Interface Society, Sofia, Bułgaria, wrzesień 1–6, **2013**.

9) **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, "Streaming potential studies of α–Fe_2O_3/Ag bilayers on mica", 27th Conference of the European Colloid & Interface Society, Sofia, Bułgaria, wrzesień 1–6, **2013**.

10) **M. Morga**, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, "Silver particle monolayers on solid surfaces: Electrokinetic Studies", 14th European Student Colloid Conference, Poczdam–Golm, Niemcy, czerwiec 10–13, **2013**

11) M. Sadowska, M. Nattich-Rak, Z. Adamczyk, **M. Morga**, M.Oćwieja, E. Bielańska, "Hematite nanoparticle monolayers: characterization by AFM, streaming potential and colloid deposition", 45 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 13–15, **2013**.

12) M. Sadowska, M. Nattich-Rak, Z. Adamczyk, **M. Morga**, M. Oćwieja, "Hematite Nanoparticle Monolayers on Mica: Characterization by Colloid Deposition", 55 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Katalitycznego PTChem, Białystok, Polska, wrzesień 16–20, **2012**.

13) M. Dąbkowska, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Determining mechanisms of nanoparticle and protein adsorption via streaming potential, AFM and XPS measurements", Colloids and Nanomedicine, Amsterdam, Holandia, lipiec 15–17, **2012**.

14) **M. Morga**, Z. Adamczyk, M. Oćwieja, "Streaming Potential Studies on Hematite Nanoparticle Monolayers on Mica", 26th Conference of the European Colloid & Interface Society, Malmö, Szwecja, wrzesień 2–7, **2012**.

15) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, "Controlled desorption of silver nanoparticles from the heterogeneous surfaces", 26th Conference of the European Colloid & Interface Society, Malmö, Szwecja, wrzesień 2–7, **2012**.

16) **M. Morga**, G. Para, Z. Adamczyk, A. Karwiński, "Modifications of Wetting Properties of Colloid Silica Binders Using Fluoride Surfactants", 13th European Student Colloid Conference, Falkenberg, Szwecja, czerwiec 14–17, **2011**.

17) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "Funcional silver nanoparticle monolayers produced by colloidal self-assembling – characteristic and morphology",

21st International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics of the Bioelectrochemical Society/International Spring School BES, Kraków, Polska, maj 8–12, **2011**.

18) M. Oćwieja, Z. Adamczyk, **M. Morga**, A. Michna, "High density silver nanoparticles monolayers produced by Collodi self-assembling on polyelectrolyte supporting layers", 43 Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne, Kraków, Polska, marzec 16–18, **2011**.

19) **M. Morga**, G. Para, Z. Adamczyk, A. Karwiński, "Modification of Wetting Properties of Colloid Silica Binders Used in Investment Casting", VII International Congress Machinery, Technology, Materials, Sofia, Bułgaria, maj 26–28, **2010**.

20) **M. Morga**, G. Para, Z. Adamczyk, A. Karwiński, "Improvements of Wetting Properties of Colloid Silica Binders", US–Poland Workshop & Summer School: Nanoscale Phenomena in Materials and at Interfaces, Kraków, Polska, czerwiec 6–10, **2010**.

21) G. Para, M. Morga, M. Adamczak, J. Barbasz, P. Warszyński, "Surface treated glass beads for high adhesion to thermoplastics", 7th International Symposium of Surface Heterogenity in Adsorption and Catalysis on Solids, Kazimierz Dolny, Polska, lipiec 5–11, **2009**.

Podsumowując, wygłosiłam **7** prezentacji ustnych oraz byłam współautorem **19** innych prezentacji wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych i krajowych. Ponadto zaprezentowałam **18** prezentacji posterowych na konferencjach międzynarodowych i krajowych i byłam współautorem **34**. Z ogólnej liczby **78** wystąpień, **38** zostało wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych.

8. Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.

nd.

9. Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów

Kierownik grantu:

1) marzec 2016 – luty 2019: „Mechanizmy tworzenia i funkcjonalność multiwarstw nanocząstek zawierających biokompatybilne molekuły”, Narodowe Centrum Nauki SONATA NCN UMO-2015/17/D/ST4/00569 (ukończony)

Wykonawca/Badacz:

1) marzec 2019 – luty 2023: „Od pojedynczej cząsteczki do inteligentnego materiału – zrozumienie tworzenia się i właściwości kompleksów polipeptydów”, Narodowe Centrum Nauki Sonata, kierownik grantu: Dr hab. inż. P. Batys

2) czerwiec 2016 – maj 2019: „Monowarstwy nanocząstek o kontrolowanej heterogeniczności i strukturze jako efektywne substraty antyadhezyjne”, Narodowe Centrum Nauki Opus, kierownik grantu: Prof. dr hab. inż. Z. Adamczyk

3) czerwiec 2013 – maj 2016: „Określenie mechanizmów adsorpcji wybranych białek anizotropowych w kontrolowanych warunkach transportu”, Narodowe Centrum Nauki Opus, kierownik grantu: Prof. dr hab. inż. Z. Adamczyk

4) 2010–2019 (czerwiec 2010 – lipiec 2017): „Funkcjonalne nano i mikrocząstki – synteza oraz zastosowanie w innowacyjnych materiałach i technologiach (FUNANO)" POIG.01.01.02-12-028/09, kierownik grantu: Prof. dr hab. inż. Z. Adamczyk

5) 2012–2014 (sierpień 2012 – kwiecień 2014): „Nowa metoda syntezy zoli srebra i mechanizm oddziaływania nanocząstek koloidalnych z powierzchniami heterogenicznymi wyznaczony przy pomocy zjawisk elektrokinetycznych oraz metod: AFM, mikroskopii fluorescencyjnej i QCM.", Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Iuventus Plus, kierownik: Dr hab. Aneta Michna

6) 2010–2013 (2009 – 2010): „Nowa metoda ilościowego opisu oddziaływań cząstek koloidalnych oraz białek z granicami faz oparta na pomiarach elektrokinetycznych.", Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, kierownik: Prof. dr hab. inż. Z. Adamczyk

7) 2007–2010 (2009 – 2010): „Nowa metoda wytwarzania nośników nano– oraz mikrokapsularnych o określonej funkcjonalności do selektywnego dostarczania reagentów", Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego N205 022 31/1112, kierownik: Prof. dr hab. inż. Z. Adamczyk

10. Membership in international or national organizations and scientific societies, including the functions performed by the applicant.

nd.

11. Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru

1) 06–07.2013 (1 miesiąc): staż naukowy na Uniwersytecie Genewskim, w grupie Koloidy i Chemia Powierzchni, Genewa, Szwajcaria (Prof. M. Borkovec)

2) 04. 2019 (1 tydzień): wizyta naukowa w Federalnym Instytucie Badań i Testowania Materiałów (BAM), w grupie Procesów Międzyfazowych i Korozji, Berlin, Niemcy (Dr-Ing. Özlem Özcan)

3) 09.2021 (1 tydzień): wizyta naukowa na Uniwersytecie w Aalto, w grupie Bioproduktów i Biosyntezy, Espoo, Finlandia (Prof. Markus Linder)

4) 08.2022 (2 tygodnie): wizyta naukowa na Uniwersytecie w Aalto, w grupie Modelowanie Materii Miękkiej, Espoo, Finlandia (Dr Maria Sammalkorpi)

5) 04.2023 (1 tydzień): wizyta naukowa na Uniwersytecie Technicznym w Clausthal, Wydział Chemii Fizycznej, Clausthal, Niemcy (Prof. Diethelm Johannsmann)

12. Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.)

1. Edytor na zaproszenie w MDPI *Journal of Environmental Research and Public Health*, Special Issue: "Application of Nanocomposites in the Environment" – Open Access Journal, IF 3.39 (zgodny z dniem ustanowienia Wydania Specjalnego) https://www.mdpi.com/journal/ijerph/special_issues/Application_of_Nanocomposites

2. Edytor na zaproszenie w MDPI *Biomolecules*, Special Issue: "Mechanisms and Kinetics of Interactions of Biomolecules at Interfaces" – Open Access Journal, IF 4.879 (zgodny z dniem ustanowienia Wydania Specjalnego) https://www.mdpi.com/journal/biomolecules/special_issues/Kinetics_Interfaces_Biomolecules

13. Informacja o recenzowanych pracach naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

Appl. Sci. (1-2021); Appl. Surf. Sci. (1-2018); Aspects of Nanotechnology (1-2019); Coatings (1-2021); Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp. (1-2018, 1-2019, 1-2021); Environ. Sci. Nano (1-2022); J. Clean. Prod. (1-2019); J. Colloid Interface Sci. (1-2017, 5-2018, 2-2021); J. Mod. Phys. (1-2017); J. Nanomater. (1-2018); J. Nanostructure Chem. (1-2020); J. Soils Sediments. (1-2018); Langmuir (1-2019, 1-2020); Mater. Lett. (1-2019); Minerals (1 2022); RSC Adv. (2-2020); Surf. Innov. (1-2017, 1-2019); Surf. Interfaces (1-2019); J. Phys. Chem. (1-2021).

Łącznie wykonałam recenzję dla 31 publikacji dla 20 czasopisma.

14. Informacja o uczestnictwie w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.

Udział w programie „Erasmus+ Mobility Programme" – w ramach którego odbyłam wizyty naukowe w Federalnym Instytutcie Badań i Testowania Materiałów (BAM) w Berlinie (1 tydzień), na Uniwersytecie w Aalto (1 tydzień) i na Uniwersytecie Technicznym w Clausthal (1 tydzień).

15. Informacja o udziale w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.

nd.

16. Informacja o uczestnictwie w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

nd.

III. INFORMACJA O WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Wykaz dorobku technologicznego.

nd.

2. Współpraca z sektorem gospodarczym.

W 2018 współpracowałam z firmą Elektro Med. W ramach tej współpracy zrealizowałem zadanie związane z opracowaniem metody ilościowej analizy topologii i rozkładu ładunku powierzchniowego modyfikowanych podłoży szklanych (szkła mikroskopowe).

3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych.

Z. Adamczyk, **M. Morga**, D. Kosior, Sposób wyznaczania masy molowej polielektrolitów liniowych, zwłaszcza polilizyny, *Polski Patent*, 2021, **PL *236792*B1**

4. Wykaz wdrożonych technologii.

nd.

5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.

nd.

6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych.

nd.

7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi.

nd.

IV. DANE NAUKOMETRYCZNE (baza Journal Citation Report (IF) i Scopus (liczba cytowań i h-index) opracowano w dniu 21 września 2023)

1. Informacja o punktacji Impact Factor

- Łączny Impact Factor (**35** publikacji na liście JCR poza publikacjami zawartymi w cyklu habilitacyjnym): **131,677** (zgodny z rokiem opublikowania danej publikacji).
- Łączny Impact Factor (**43** publikacje JCR): **165,312** (zgodny z rokiem opublikowania danej publikacji).

2. Informacja o liczbie cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.

Liczba cytowań: **692** (bez autocytowań: **416**)

3. Informacja o posiadanym indeksie Hirscha

H-index: **16**

4. Informacja o liczbie punktów MEiN.

- Suma punktów MEiN przed rokiem 2017 (skala 0–50 punktów): **300** (dla publikacji wydanych przed 2017 rokiem).
- Suma punktów MEiN przed rokiem 2017 2017 (skala 0–200 punktów): 1800 (dla publikacji wydanych przed 2017 rokiem).
- Suma punktów MEiN po 2017 (skala 0–200 punktów): 2530 (dla publikacji opublikowanych po 2017).

PODPIS ZAUFANY
MARIA
MORGA
28.09.2023 17:56:47 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Maria Morga

……

(podpis wnioskodawcy)