

Autoreferat

1 Imię i nazwisko

Michał Antkowiak

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

Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk fizycznych w zakresie fizyki, Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, czerwiec 2013, temat pracy: *Analiza numeryczna własności magnetycznych wielocentrowych klastrów molekularnych*, promotor: prof. dr hab. Grzegorz Kamieniarz. Obrona rozprawy doktorskiej z wyróżnieniem.

European Doctorate in Molecular Magnetism - dyplom przyznany przez European Institute of Molecular Magnetism we Florencji, czerwiec 2013.

Dwa tytuły zawodowe magistra:

- Magister Informatyki (specjalność Informatyka Stosowana), Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, październik 2006, temat pracy: *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w rozpoznawaniu chorób dermatologicznych*.

- Magister Informatyki, Uniwersytet w Umeå, Szwecja, maj 2006, temat pracy: *Artificial Neural Networks vs. Support Vector Machines for Skin Diseases Recognition*. Tytuł uzyskany dzięki wyjazdowi na stypendium Socrates-Erasmus na IV roku studiów.

3 Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

od października 2013

Adiunkt na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

październik 2007 - czerwiec 2013

Doktorant na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

4 Omówienie osiągnięć, o których mowa w 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 z późn. zm.).

W skład przedłożonego do oceny osiągnięcia zatytułowanego **Modelowanie i symulacje nanomagnetyków molekularnych o różnych topologiach oddziaływań i wartościach spinu** wchodzi:

- cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy,

- osiągnięcie technologiczne, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c Ustawy.

W skład cyklu wchodzi następujące prace:

[A1] G. Kamieniarz, W. Florek, M. Antkowiak

Universal sequence of ground states validating the classification of frustration in antiferromagnetic rings with a single bond defect

Phys. Rev. B, **92** 14 (2015) 140411

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu badawczego, wykonaniu numerycznych obliczeń poziomów energetycznych badanych układów, wyznaczeniu sekwencji stanów podstawowych i LMLO, analizie i wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu manuskryptu.

[A2] W. Florek, M. Antkowiak, G. Kamieniarz

Sequences of ground states and classification of frustration in odd-numbered antiferromagnetic rings

Phys. Rev. B, **94** 22 (2016) 224421

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu badawczego, wykonaniu numerycznych obliczeń poziomów energetycznych badanych układów, wyznaczeniu sekwencji stanów podstawowych i LMLO, analizie i wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu manuskryptu.

[A3] M. Sobocińska, M. Antkowiak, M. Wojciechowski, G. Kamieniarz, J. Utko, T. Lis

New tetranuclear manganese clusters with $[Mn_3^{\text{II}}Mn^{\text{III}}]$ and $[Mn_2^{\text{II}}Mn_2^{\text{III}}]$ metallic cores exhibiting low and high spin ground state

Dalton Trans., **45** 17 (2016) 7303–7311

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu badawczego, znalezieniu parametrów modelu poprzez dopasowanie podatności magnetycznej, badaniu wpływu anizotropii na modelowanie, wyznaczeniu poziomów energetycznych, dyskusji zależności wielkości przerwy energetycznej od doboru parametrów modelu, wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu manuskryptu.

- [A4] M. C. Majee, S. M. T. Abtab, D. Mondal, M. Maity, M. Weselski, M. Witwicki, A. Bieńko, M. Antkowiak, G. Kamieniarz, M. Chaudhury

Synthesis and magneto-structural studies on a new family of carbonato bridged 3d-4f complexes featuring a $[Co_3^{II}Ln_3^{III}(CO_3)]$ ($Ln = La, Gd, Tb, Dy$ and Ho) core: slow magnetic relaxation displayed by the cobalt(II)-dysprosium(III) analogue

Dalton Trans., **47** 10 (2018) 3425–3439

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy, znalezieniu parametrów modelu poprzez dopasowanie podatności magnetycznej, dyskusji i wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu manuskryptu.

- [A5] W. Florek, M. Antkowiak, G. Kamieniarz

The Kahn degenerate frustration points and the Lieb-Mattis level order in heterometallic wheel molecules with competing interactions

J. Magn. Magn. Mater., **487** (2019) UNSP 165326

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu, wykonaniu numerycznych obliczeń poziomów energetycznych badanych układów, dyskusji, analizie i wizualizacji wyników.

- [A6] M. Antkowiak, G. Kamieniarz, G. A. Timco, F. Tuna, R. E. P. Winpenny

Transferability of the anisotropic spin model coupling parameters in a family of doped chromium-based molecular rings

J. Magn. Magn. Mater., **479** (2019) 166–169

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu, znalezieniu transferowalnych parametrów modelu na podstawie dopasowania widma energetycznego, dyskusji i wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu manuskryptu.

- [A7] S. Weissman, M. Antkowiak, B. Brzostowski, G. Kamieniarz, L. Kronik

Accurate Magnetic Couplings in Chromium-Based Molecular Rings from Broken-Symmetry Calculations within Density Functional Theory

J. Chem. Theory Comput., **15** 9 (2019) 4885–4895

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu, wykonaniu obliczeń i dopasowań podatności magnetycznej badanych molekuł, wyznaczeniu ich spektrum energetycznego techniką ścisłej diagonalizacji, wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu manuskryptu.

- [A8] M. Antkowiak, M. C. Majee, M. Maity, D. Mondal, M. Kaj, M. Lesiów, A. Bieńko, L. Kronik, M. Chaudhury, G. Kamieniarz

Generalized Heisenberg-Type Magnetic Phenomena in Coordination Polymers with Nickel-Lanthanide Dinuclear Units

J. Phys. Chem. C, **125** 20 (2021) 11182–11196

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu, wykonaniu jednoczesnych dopasowań podatności magnetycznej oraz namagnesowania w celu wyznaczenia parametrów modeli badanych molekuł oraz wyznaczeniu ich poziomów energetycznych, analizie i dyskusji wyników, ich wizualizacji, udziale w tworzeniu manuskryptu.

[A9] M. Antkowiak, B. Brzostowski, W. Florek, G. Kamieniarz

Metallic core $[Ni_6^{II}Cr^{III}]$ as an example of centered heterometallic rings displaying quantum effects

J. Magn. Magn. Mater., **544** (2022) 168701

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu, wykonaniu obliczeń numerycznych, modelowaniu, dyskusji wpływu podatności na dopasowanie namagnesowania, wizualizacji wyników, udziale w tworzeniu i edycji manuskryptu, przygotowaniu ostatecznej wersji manuskryptu oraz korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami.

[A10] R. Lemański, M. Antkowiak

Description of magnetic nanomolecules by the extended multi-orbital hubbard model: Perturbative vs numerical approach

Lect. Notes Comput. Sci., **13827** (2023) 382–391

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na udziale w tworzeniu koncepcji pracy i sformułowaniu problemu, optymalizacji algorytmu i analizie jego wydajności, wykonaniu obliczeń numerycznych, dyskusji wyników, analizie i wizualizacji danych, udziale w tworzeniu manuskryptu.

W dalszej części tekstu wszystkie cytowania z przedrostkiem A dotyczą artykułów z powyższego cyklu, natomiast cytowania bez przedrostka dotyczą publikacji z list podanych w załączonym do wniosku wykazie osiągnięć naukowych w punktach 2.2 i 2.4.

Cały cykl dotyczy badań nanomagnetyków molekularnych, jednak można go podzielić na dwie części tematyczne mogące stanowić odrębne osiągnięcia w rozumieniu wymienionej ustawy. Część zawierająca artykuły [A1, A2, A5] dotyczy podejścia teoretycznego, w którym wykonane zostały symulacje i analizy modelowych układów, natomiast w części zawierającej artykuły [A3, A4, A6-A10] dokonano modelowania istniejących molekuł syntetyzowanych w znacznej części przez współautorów prac. Ze względu na topologie badanych układów można wyróżnić prace dotyczące pierścieni [A1, A2, A6, A7, A10], pierścieni centrowanych [A1, A2, A5, A9] i łańcuchów koordynacyjnych [A8].

Osiągnięciem technologicznym przedstawionym do oceny jest zaprojektowanie, stworzenie i wdrożenie narzędzia badawczego w postaci autorskiego oprogramowania *clique* do modelowania i symulacji nanomagnetyków molekularnych o dowolnej topografii oddziaływań i wartości spinów z wykorzystaniem metody ścisłej diagonalizacji. Oprogramowanie umożliwia wykonywanie obliczeń równoległych w środowisku komputerów dużej mocy i zostało wdrożone w wielu krajowych i europejskich centrach superkomputerowych. Uzyskane przy pomocy *clique* wyniki zostały wykorzy-

stane w pracach [A1-A9]. Metoda oraz program zostały szczegółowo opisane w publikacji [5], której tekst zamieszczono w załączniku nr 5 do wniosku. Przedstawione osiągnięcie technologiczne zostało w całości wykonane przez habilitanta, współautorzy publikacji [5] nie są współautorami programu, a jedynie uzyskali przy jego użyciu wyniki, które zostały w pracy wykorzystane.

Omówienie merytoryczne

Magnetyczne nanostruktury molekularne są fascynującymi obiektami badań z powodu obserwowanych spektakularnych własności kwantowych i przewidywanych zastosowań technologicznych w pamięciach komputerów, procesorach kwantowych. Struktury te są bardzo regularnymi obiektami uznawanymi za idealne narzędzia do weryfikacji przewidywań fundamentalnych teorii kwantowych. Ich najbardziej obiecujące niskotemperaturowe właściwości zależą w sposób zasadniczy od ich natury kwantowej, której skutkiem jest dyskretne widmo poziomów energetycznych. W przypadku molekuł magnetycznych, które stanowią pewną podklasę nanostruktur molekularnych, mamy do czynienia z wzajemnie sprzężonymi indywidualnymi jonami magnetycznymi. Tworzą one pojedyncze magnetyczne indywidua opisywane pewną spinową liczbą kwantową S , która przypisana jest do poziomów energetycznych jako ich etykieta. Najistotniejszy dla danej molekuly jest poziom leżący najniżej w jej spektrum energetycznym, który nazywany jest poziomem podstawowym, czyli odpowiadającym stanowi o najniższej energii. Z praktycznego punktu widzenia najbardziej pożądane molekuly magnetyczne powinny być obdarzone stanem podstawowym, dla którego liczba kwantowa S przybiera najmniejszą lub największą możliwą wartość. Pierwsza możliwa wartość jest korzystna dla zastosowań molekuł w przetwarzaniu informacji kwantowej, a druga ma znaczenie dla zapamiętywania danych i przechowywania informacji. Stan podstawowy danej molekuly zależy od jonów magnetycznych, które wchodzi w jej skład oraz od ich wzajemnych oddziaływań. W skutek ogromnej różnorodności dostępnych jonów oraz architektury ich oddziaływań, synteza chemiczna molekuł nie jest na ogół optymalna z punktu widzenia doboru składników, pomimo silnej potrzeby ich wytwarzania w sposób celowy i ukierunkowany.

Wiele właściwości magnetycznych nanostruktur molekularnych zależy od kierunku działania „sygnału” (np. przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego) ze względu na anizotropową strukturę. Efekty takie bardzo często są obserwowane w badanych układach. Co więcej, ta anizotropia jest niezbędna, jeżeli chcemy wykorzystać je jako elementy pamięci. Badanie znanych molekuł magnetycznych i ich modeli umożliwia wskazanie innych układów, które będą miały takie właściwości na oczekiwanym poziomie. Występowanie nawet słabej anizotropii może istotnie wpływać na wiele ważnych właściwości układu, radykalnie je modyfikując. Okazuje się, iż układy takie mogą być także wykorzystane w budowie komputerów kwantowych, będąc molekularnymi nośnikami kwantowej informacji (tzw. qubitów).

Interesujący jest też problem optymalizacji procesu syntezy odpowiednich nanostruktur. Jest on realizowany poprzez propozycję projektowania wspomaganego komputerowo na podstawie analizy realistycznych modeli matematycznych reprezentujących rzeczywiste molekuly. Modele te zachowują zasadnicze aspekty kwantowe rzeczywistych odpowiedników. Dla rozwiązania tego zadania zastosowane są zaawansowane dokładne metody numeryczne oraz opracowane są nowe algorytmy wraz z ich implementacją w środowisku programistycznym komputerów dużej mocy. Wypracowane oprogramowanie służące do obliczeń numerycznych przyczynia się do dalszego postępu w rozumieniu magnetyzmu molekuł oraz w poszukiwaniu ich zastosowań

technologicznych.

Jedną z interesujących własności układów o topologii pierścieniowej z nieparzystą liczbą spinów jest występowanie frustracji magnetycznej. Potrzebę jej sklasyfikowania zauważono po analizie zsyntetyzowanych pierścieni składających się z dziewięciu jonów chromu [11]. Odkryto, że spin całkowity stanu podstawowego nie zmienia się w pewnym zakresie po zaniknięciu dwudzielności systemu i zaistnieniu frustracji geometrycznej. Klasyfikacja frustracji została zmodyfikowana tak, by rozróżnić obszary o zmiennym spinie stanu całkowitego [15]. Nanomagnetyki molekularne wykazują swoje właściwości kwantowe w obszarze bardzo niskich temperatur, dlatego kluczowym aspektem ich badań jest zrozumienie widm niskich energii i odpowiadających im stanów własnych. Przeprowadzona w pracy [A1] analiza wykazała występowanie uniwersalnej sekwencji stanów podstawowych oraz tak zwanego uporządkowania poziomów Lieba-Mattisa. Analiza efektów frustracji w odniesieniu do dwudzielności układów pokazała, że powyższe może też dotyczyć układów o innej niż pierścieniowa topologii, np. pierścieni centrowanych.

Badania nad sfrustrowanymi układami antyferromagnetycznymi o topologii pierścieniowej z nieparzystą liczbą spinów s i jednym zaburzonym wiązaniem α poszerzone o pierścienie centrowane, w których wartości sprzężeń z wewnątrznie położonym spinem określono parametrem α kontynuowano w pracach [A2, A5]. Analizowano stan podstawowy układów w zależności od wartości α . Ustalono uniwersalną sekwencję stanów podstawowych, w której występują wszystkie wartości spinu całkowitego $S \leq s$. Stwierdzono występowanie uporządkowania poziomów Lieba-Mattisa $E_{\min}(S+1) \geq E_{\min}(S)$, gdzie $E_{\min}(S)$ to najniższa energia stanów opisanych przez liczbę kwantową S . Ustalono, że większe pierścienie o niedwudzielnej strukturze oddziaływań dziedziczą konsekwencje twierdzenia Lieba-Mattisa swoich dwudzielnych archetypów. Uzyskane wyniki mogą ułatwić modelowanie badanych układów i wskazują na możliwości racjonalnego poszukiwania nanomagnesów o określonych właściwościach. Wnioski dotyczące twierdzenia Lieba-Mattisa zostały też potwierdzone w pracach [A3, A9].

Eksperymentalną weryfikację twierdzenia Lieba-Mattisa umożliwiło zsyntetyzowanie dwóch czterojonowych klastrów bazujących na jonach manganu: $\text{Mn}_3^{\text{II}}\text{Mn}^{\text{III}}$ i $\text{Mn}_2^{\text{II}}\text{Mn}_2^{\text{III}}$. W pracy [A3] wykonano ich modelowanie i analizę własności termodynamicznych metodami fenomenologicznymi oraz poprzez obliczenia DFT. Oba związki są przykładami dwudzielnych układów spinowych, zatem twierdzenie Lieba-Mattisa implikuje degenerację stanu podstawowego i strukturę najniższych poziomów energetycznych. Badania wykazały możliwość syntezy molekuł opartych o jony manganu, dla których najniższa przerwa energetyczna byłaby większa niż obserwowana w molekułach bazujących na jonach chromu, przy zachowaniu całkowitego spinu $S = 1/2$ dla stanu podstawowego, co jest istotnym warunkiem przy tworzeniu molekularnego qubitu.

Badania nad molekułami zawierającymi kombinacje jonów metali 3d-4f wskazują na możliwość ich zastosowań do przechowywania informacji, obliczeń kwantowych i magnetycznego ochładzania. W pracy [A4] przeprowadzono syntezę grupy takich układów bazujących na jonach kobaltu oraz wybranych lantanowców (La, Gd, Tb, Dy, Ho). Każda molekula zawierała trzy jony kobaltu oraz trzy jony jednego z lantanowców. Wykazano, że sprzężenia między jonami metali są antyferromagnetyczne, z wyjątkiem molekuly zawierającej gadolin, dla której stwierdzono obecność sprzężeń ferromagnetycznych w zakresie niskich temperatur.

Kolejną grupą molekuł zawierającą metale 3d-4f są zsyntezowane w pracy [A8] łańcuchy koordynacyjne składające się z dimerów Ni-Ln, gdzie Ln = Eu, Gd, Tb, Dy,

Ho. Parametry modelu uzyskane przez jednoczesne dopasowanie podatności magnetycznej i namagnesowania potwierdziły ferromagnetyczny charakter sprzężeń większości badanych układów. Wykonane obliczenia struktury energetycznej wykazały dużą przerwę energetyczną między poziomami o najniższej energii w przypadku molekuly Ni-Dy, co sugeruje możliwe zastosowanie w budowie procesorów kwantowych.

Modelowanie nanomagnetyków molekularnych może polegać nie tylko na dopasowywaniu własności termodynamicznych ale też samej struktury energetycznej, co pokazano w pracy [A6]. Przeprowadzono dopasowanie przerw energetycznych między kilkoma poziomami o najniższej energii obserwowanych w eksperymencie EPR dla molekul pierścieniowych bazujących na siedmiu jonach chromu z domieszką jednego jonu kadmu, niklu lub manganu. Uzyskane parametry modelu, wliczając anizotropię wymienną, są transferowalne i pozwalają ilościowo opisać pomiary magnetyczne. Pokazano, że model Heisenberga z anizotropią jednojonową i wymienną jest wystarczający do opisu widma energetycznego EPR i INS molekul z rodziny Cr₈.

Molekuly z tej rodziny były też przedmiotem badań w pracy [A7], gdzie modelowanie przeprowadzono za pomocą obliczeń DFT. Uzyskane tą metodą parametry sprzężeń zostały potwierdzone przez porównanie struktur energetycznych do widm uzyskanych eksperymentalnie oraz przez symulację eksperymentalnych krzywych podatności. Wykazano, że obliczenia DFT umożliwiają prawidłowe oszacowanie wielkości całek wymiany w pierścieniach oraz że model bazujący na parametrach uzyskanych dzięki DFT pozwala uzyskać dobrą zbieżność z podatnością i widmem energetycznym uzyskanym eksperymentalnie.

W pracy [A9] badano pierścień centrowany składający się z sześciu jonów niklu i jednego centralnie położonego jonu chromu. Modelowanie wykonane za pomocą obliczeń DFT dało jakościowo poprawne parametry, które zostały ilościowo poprawione metodą ścisłej diagonalizacji. Pokazano tym, że metody fenomenologiczne we współpracy z DFT są skuteczne w modelowaniu własności magnetycznych takich molekul. Dyskutowano też konieczność wprowadzenia parametru anizotropii jednojonowej, bez której niemożliwe było dopasowanie krzywych namagnesowania. Odkryto również, że odpowiednik pierścienia Ni₆Cr charakteryzujący się antyferromagnetycznym oddziaływaniem pomiędzy jonami niklu jest przykładem obiektu molekularnego o intrygujących efektach kwantowych prowadzących do schodkowej struktury spinu stanu podstawowego w funkcji stosunku wartości sprzężeń będącej piękną ilustracją konsekwencji twierdzenia Lieba-Mattisa. Ponadto wykazano, że w pierścieniach sfrustrowanych i niesfrustrowanych można znaleźć taki sam kształt podatności w funkcji temperatury, zatem obserwowane charakterystyczne maksimum i minimum nie jest jednoznaczny sygnaturą oddziaływań ferro- i antyferromagnetycznych.

W opisanych wyżej pracach wykorzystano model Heisenberga i łączono modelowanie fenomenologiczne z wynikami DFT. Jednak rezultaty otrzymywane dzięki tym metodom nie zawsze są prawidłowe. Dlatego w pracy [A10] zastosowano rozszerzony wielo-orbitalny model Hubbarda, który opisuje najważniejsze mikroskopowe procesy fizyczne, zarówno statyczne jak i dynamiczne, występujące w tych układach. Zbadano wpływ kulombowskiego odpychania się elektronów zlokalizowanych na sąsiednich jonach oraz skorelowanego przeskoku elektronów na stałą wymiany pomiędzy momentami magnetycznymi jonów w pierścieniu Cr₈. Oba te zjawiska wynikają z wzajemnego odpychania się elektronów, ale okazało się, że ich wpływ na wartość stałej wymiany jest odwrotny - bezpośrednie odpychanie Coulomba powoduje wzmocnienie, podczas gdy efekt skorelowanego przeskakiwania osłabia antyferromagnetyczne sprzężenie jonów. Jeśli więc nie ma innych czynników wpływających na wartość stałej wymiany, to aby uzyskać zgodność z eksperymentem, gdy zachodzi odpychanie elektronów są-

siadających jonów, parametr skorelowanego przeskoku powinien być nieco większy. Dzięki zastosowanej optymalizacji algorytmu i zastąpieniu tworzenia macierzy czasochłonnym iloczynem tensorowym przez wykorzystanie map elementów niezerowych uzyskaliśmy skrócenie czasu obliczeń o dwa rzędy wielkości. Rozszerzona wersja tej pracy została właśnie zaakceptowana do publikacji w wycenionym na sto punktów Concurrency and Computation.

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

W załączonym do wniosku wykazie osiągnięć naukowych w punkcie 2.11 wymieniono pobyty w zagranicznych instytucjach naukowych. Na szczególną uwagę zasługuje staż w grupie prof. Aromí w Barcelonie, inicjujący współpracę w temacie modelowania syntetyzowanych tam molekuł, m.in. układów zawierających jony ziem rzadkich. W październiku 2023 planowana jest wizyta prof. Aromí na Wydziale Fizyki UAM, podczas której dyskutowana będzie możliwość rozpoczęcia projektu dotyczącego badania związków niklu jako potencjalnych molekularnych procesorów kwantowych.

Aktywność realizowana w więcej niż jednej uczelni wyraża się też licznymi publikacjami (również wchodzącymi w skład omawianego wyżej cyklu) powstałymi we współpracy krajowej ([A3, A9, A10]) i międzynarodowej ([A4, A6-A8]). Do wniosku załączono potwierdzenia prowadzonej współpracy z instytucjami zagranicznymi wystawione przez prof. Gegenwarta z Instytutu Maxa Plancka w Dreźnie, prof. Winpenny'ego z Uniwersytetu w Manchesterze oraz prof. Kronika z Instytutu Weizmanna w Rehovot. Przed rokiem nawiązano również współpracę z prof. Lemańskim z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu.

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

1. Prowadzenie licznych zajęć (wykładów, ćwiczeń, laboratoriów) na Wydziałach: Fizyki, Chemii, Matematyki i Informatyki, Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM, w tym w języku angielskim dla studentów zagranicznych (chronologicznie):
 - Algorytmy i złożoności - ćwiczenia
 - Fizyka dla informatyków - ćwiczenia, laboratorium
 - Teoria informacji i kodowanie - wykład, ćwiczenia
 - Algorytmy i struktury danych - wykład, ćwiczenia, laboratorium
 - Algorytmy genetyczne - ćwiczenia
 - Termodynamika z elementami chemii fizycznej - laboratorium
 - Fizyka przetwarzania dźwięku - wykład, laboratorium
 - Podstawy elektroniki i elektrotechniki - laboratorium
 - Podstawy fizyki w geodezji - laboratorium
 - Artificial intelligence - wykład i seminarium w języku angielskim
 - Fizyka - laboratorium
 - Sztuczna inteligencja - wykład monograficzny, seminarium

- Programowanie 1 - laboratorium
 - Techniki informatyczne - laboratorium
2. Opracowywanie sylabusów.
 3. Prowadzenie zajęć dla uczniów liceów w ramach klas akademickich.
 4. Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgr. Łukasza Kucharskiego.
 5. Opiekun pracy magisterskiej mgr. Michała Walendowskiego (ocena pracy: 5.0).
 6. Członek Rady Naukowej Dyscyplin Nauki Fizyczne i Astronomia wyłoniony wśród nauczycieli akademickich posiadających stopień doktora z najwyższym wskaźnikiem efektywności naukowej.
 7. Administracja klastra obliczeniowego wchodzącego w skład LHC Computing Grid - sieci komputerów biorących udział w procesowaniu danych wygenerowanych przez Wielki Zderzacz Hadronów CERN.
 8. Prezentacja lokalnego klastra obliczeniowego w ramach cyklicznych Wykładów Otwartych organizowanych na Wydziale Fizyki UAM.
 9. *Komputery równoległe i gridy obliczeniowe*, wykład popularno-naukowy, współprowadzony z prof. dr hab. G. Musiałem oraz z dr L. Dębskim. XII Festiwal Nauki i Sztuki na Wydziale Fizyki UAM, 27.05.2009
 10. Pomoc przy organizacji wykładu prof. M. Verdaguera inaugurującego XI Festiwal Nauki i Sztuki, 16.10.2008
 11. *Magia czy magnetyzm?*, G. Musiał, M. Antkowiak, wykład popularno-naukowy z doświadczeniami fizycznymi, Wydział Matematyki i Informatyki UAM, 20.01.2008
 12. Pomoc w organizowaniu Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki, Wydział Fizyki UAM, 13.10.2005
- 7 Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.**

1. Udział w szkołach i szkoleniach:

- *Quantum Computing* - Gdańsk, 11.09.2022
- *Iterative Linear Solvers and Parallelization*, Stuttgart, Niemcy, 28.03-1.04.22
- *Object detection with deep learning*, Białystok, 08.09.2019
- Mentor na *International HPC Summer School 2019*, Kobe, Japonia, 7-12.07.2019
- *Scientific Computing with GPUs*, Kraków, 06.09.2015
- *Parallel Programming Workshop (Train the Trainer Program)*, Stuttgart, Niemcy, 13-17.10.2014
- *European-US Summer School on HPC Challenges in Computational Sciences*, Dublin, Irlandia, 24-28.06.2012

- *PRACE Spring School for Developers of Petascale Applications*, Kraków, 16-18.05.2012
- *Blue Gene/P Extreme Scaling Workshop*, Jülich Supercomputing Centre, Niemcy, 14-16.02.2011
- *PRACE Cracow Code-Porting Workshop*, Kraków, 14-16.10.2009
- *PRACE Petascale Winter School*, Ateny, Grecja, 10-13.02.2009
- *PRACE and ICEAGE Summer School: Introduction to High-Performance Computing*, Royal Institute of Technology, Sztokholm, Szwecja, 18-29.08.2008
- *Course: Introduction to programming and using the IBM supercomputers JUMP and JUGENE*, Jülich Supercomputing Centre, Niemcy, 11-12.08.2008
- *CoreGRID Summer School: Linking Grids and Service Oriented Architectures*, Dortmund University of Technology, Niemcy, 7-11.07.2008
- Liczne szkolenia organizowane przez Poznańskie Centrum Superkomputerowo Sieciowe
- *ESMolNa: First European School on Molecular Nanoscience*, Molecular Science Institute (University of Valencia), Gandia, Hiszpania, 26-31.10.2008
- *Leaderships Skills of Young Researchers as Drivers for Innovation in Higher Education*, Santander Group, Transylwania, 27.08-1.09.2012
- *Summer School on Professional Skills Development of PhD candidates - PhD for industry or academia?* Santander Group, Macedonia i Bułgaria, 29.08-4.09.2011
- *Introduction to Solid State Chemistry*, Massachusetts Institute of Technology, kurs on-line, semestr wiosenny 2013
- *Quantum Mechanics and Quantum Computation*, University of California At Berkeley, kurs on-line, semestr wiosenny 2013

2. Stypendia i nagrody:

- Stypendium naukowe w latach 2008-2010 (na studiach doktoranckich)
- Stypendium doktoranckie w ramach projektu MAGMANet
- Roczne stypendium Socrates-Erasmus na Wydziale Informatyki Uniwersytetu w Umeå, Szwecja, w roku akademickim 2004/2005
- Stypendium naukowe w latach 2002-2004 (na studiach magisterskich)
- Trzecie miejsce w CUDA Challenge na konferencji: 11th International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics PPAM'15, Kraków (06.09.2015)
- Nagrody Rektora UAM za osiągnięcia w pracy naukowej (2010 i 2012)