UNIWERSYTET M. CURIE – SKŁODOWSKIEJ

Tel: (+48) 81 – 537 62 41
Fax: (+48) 81 – 537 61 91
Email: doman@kft.umcs.lublin.pl
Web: http://kft.umcs.lublin.pl/doman

Prof. dr hab. Tadeusz Domański
Katedra Fizyki Teoretycznej,
Instytut Fizyki, 20-031 Lublin

Lublin, 5 stycznia 2023 r.

Recencja rozprawy habilitacyjnej dra inż. Pawła Potasza pt. **„Badania teoretyczne stabilności faz topologicznych w wybranych układach dwuwymiarowych"** i ocena jego dorobku naukowego-dydaktycznego

Doktor inżynier Paweł Potasz jest absolwentem jednolitych studiów magisterskich realizowanych w latach 2002-2007 na kierunku *fizyka* na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej. Rozprawę magisterską pt. **Termodynamika układów sparowanych fermionów w obszarze przejściowym BCS-BEC** przygotował pod kierunkiem doktora Mateusza Krzyżosiaka i obronił 6 lipca 2007 roku. Od 2008 do 2011 roku był uczestnikiem studiów doktoranckich w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej. Pracę doktorską pt. **Elektronowe i optyczne własności nanostruktur grafenowych** przygotował pod kierunkiem profesorów Arkadiusza Wójsa (z Politechniki Wrocławskiej) i Pawła Hawrylaka (z National Research Council w Ottawie, Kanada). Podczas studiów doktoranckich czterokrotnie przebywał na stażach badawczych u promotora w Ottawie (w sumie 12 miesięcy). Pracę doktorską obronił 3 lipca 2012 r.

Od października 2012 r. do października 2020 r. dr inż. Paweł Potasz był zatrudniony w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej, najpierw na stanowisku asystenta a później adiunkta. W międzyczasie odbył szereg krótkich wizyt zagranicznych na uniwersytetach w Alicante (Hiszpania), Reykjawiku (Islandia), Ottawie (Kanada) oraz w Instytucie Technologicznym w Izmirze (Turcja). Dłuższe staże podoktorskie spędził natomiast przez sześć miesięcy w Międzynarodowym Iberyjskim Laboratorium Nanotechnologii w Bradze (Portugalia) oraz przez dwa lata na Uniwersytecie stanu Teksas w Austin (USA). Od marca 2021 roku został zatrudniony na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Na etapie pracy doktorskiej tematyka badawcza P. Potasza koncentrowała się na teoretycznej analizie elektronowych, magnetycznych i transportowych właściwości różnych konfiguracji kropek kwantowych na bazie grafenu. Po uzyskaniu doktoratu nawiązał współpracę z partnerami zagranicznymi i znacząco poszerzył problematykę wcześniejszych badań na zagadnienia dotyczące materii topologicznej. W szczególności zajmował się analizą kwantowego spinowego efektu Halla, właściwościami nietrywialnych topologicznie faz na bazie struktur bizmutu, antymonu oraz ich dwuskładnikowych związków $Bi_{1-x}Sb_x$, właściwościami dichalkogenidków, nadstrukturą typu Moiré skręconych dwuwarstw grafenu, krystalizacją Wignera i wieloma zagadnieniami dotyczącymi korelacji elektronowych. Na przedłożoną rozprawę habilitacyjną pt. „**Badania teoretyczne stabilności faz topologicznych w wybranych układach dwuwymiarowych**" składa się cykl siedmiu kilkuautorskich artykułów, z wiodącym wkładem Habilitanta. Poniżej postaram się zestawić przegląd ważniejszych wyników wraz z merytoryczną oceną osiągnięć Habilitanta.

[**H1**] **P. Potasz**, M. Xie & A.H. MacDonald, Phys. Rev. Lett. **127**, 147203 (2021).

Artykuł analizuje właściwości dwuwarstwy grafenowej skręconej o magiczny kąt $\theta = 1{,}1^{\circ}$, przy którym superstruktura tzw. sieci Moiré z płaskimi pasmami prowadzi do pojawienia się nadprzewodnictwa. Zjawisko to zostało odkryte w 2018 roku i wzbudziło ogromne zainteresowanie środowiska naukowego, gdyż mechanizm parowania skręconej dwuwarstwy grafenowej jest zaindukowany silnymi korelacjami elektronowymi. Autorzy zbadali naturę korelacji (w stanie nienadprzewodzącym) przy pomocy ścisłej diagonalizacji efektywnego hamiltonianiu z uwzględnieniem spinowych i dolinowych stopni swobody. Habilitant opracował w tym celu program numerycznej diagonalizacji według algorytmu Lanczosa i przeprowadził szczegółowe obliczenia w kwazipędowej przestrzeni Brillouina z uwzględnieniem dziewięciu stanów jednocząstkowych (dyskretne punkty zilustrowano na rysunku 1d). Zasadniczym przedmiotem analizy było określenie charakteru stanu podstawowego w funkcji stopnia zapełnienia płaskich pasm. Dla zapełnienia $\nu = -3$ (czyli $N_{el} = 9$) wykazano całkowitą polaryzację dolinową z maksymalną wartością spinu, co odpowiada fazie izolatora Cherna. Taka polaryzacja wykazała stabilność na niewielkie odchylenie skręcenia dwuwarstwy grafenowej wokół magicznego kąta $1{,}1^{\circ}$. Dla pobocznych zapełnień względem $|\nu| = 3$ stwierdzono stopniową depolaryzację dolinową w zgodzie z wynikami doświadczalnymi. Wykazano ponadto osiową anizotropię właściwości magnetycznych. Cennym elementem przeprowadzonej analizy było również porównanie wyników ścisłej diagonalizacji numerycznej z przewidywaniami przybliżenia Hartree-Focka, co pozwoliło wskazać zakres obszaru o znaczącym wpływie efektów korelacyjnych.

[**H2**] N. Nouri, M. Bieniek, M. Brzezińska, M. Modarresi, S. Zia Borujeni, Gh. Rashedi, A. Wójs, **P. Potasz**, Phys. Lett. A **382**, 2952 (2018).

W pracy zbadano przejścia pomiędzy różnymi fazami topologicznymi w pofałdowanych i planarnych strukturach warstwowych bizmutu oraz antymonu o strukturze typu plastrów miodu. W szczególności przeanalizowano jakościowe zmiany tych układów pod wpływem nacisku przyłożonego w kierunku prostopadłym do płaszczyzn, rozpatrując je bez podłoża (*freestanding samples*) jak też uwzględniając warstwy osadzone na podłożu SiC. Do konkretnej analizy użyto: a) metody funkcjonału gęstości z wykorzystaniem pakietu Quantum-Espresso, b) cztero-orbitalnego scenariusza ciasnego wiązania z realistycznym doborem parametrów mikroskopowych [zestawionych w tabeli I]. Wpływ nacisku uwzględniono poprzez zmianę pozapłaszczyznowego wychylenia d_z atomów od początkowej wartości 1,59 Å(dla bizmutu) i 1,64 Å(dla antymonu) do struktury planarnej. Konsekwencją przyłożonego ciśnienia była inwersja pasm energetycznych odpowiedzialna za przejścia pomiędzy topologicznie odmiennymi fazami. Obszar poszczególnych faz (trywialnej, topologicznego izolatora i krystalicznego izolatora topologicznego) przedstawiono na panelach rysunku 2. Komplementarny sposób identyfikacji wymienionych faz polegał na wyznaczeniu niezmienników topologicznych i określeniu miar splątania (*entanglement measures*). Reguła tzw. *bulk-boundary correspondence* przewiduje, że w fazach nietrywialnych topologicznie realizują się mody brzegowe, których liczba odpowiada podwójnej wartości bezwzględnej niezmiennika topologicznego. Autorzy wykazali obecność takich kwazicząstek wewnątrz przerwy energetycznej w nanowstęgach o warunkach brzegowych typu zygzak. Ponadto określili wkład stanów brzegowych do transportu ładunkowego (przejawiający się w skwantowanej wartości przewodnictwa różniczkowego) i wykazali ochronę topologiczną kwazicząstek brzegowych (obserwowalną w ich stabilności na nieporządek typu Andersona). Moim zdaniem artykuł opisuje bardzo bogaty zestaw informacji o topologicznych właściwościach warstwowych struktur bizmutu i antymonu uzyskanych przy pomocy metody *ab initio* i podejścia ciasnego wiązania, chociaż porównując panele lewej i prawej strony rysunku 2 mam trudność w dostrzeżeniu pełnej ilościowej zgodności wyników poszczególnych technik.

[**H3**] B. Jaworski, A.D. Güclü, P. Kaczmarkiewicz, M. Kupczyński, **P. Potasz**, A. Wójs, New J. Phys. **20**, 063023 (2018).

Tematem tej obszernej pracy jest zjawisko krystalizacji Wignera w trzech wybranych modelach sieciowych, gdzie pasmo energetyczne charakteryzuje się nietrywialną topologią. Autorzy rozpatrzyli skorelowane układy niewielkiej koncentracji elektronów na sieci typu kagome, szachownicy oraz w geometrii plastra miodu. Rolę dwuciałowych oddziaływań uwzględniono przy pomocy ścisłej diagonalizacji dla układów o skończonych rozmiarach. Przestrzenne uporządkowanie elektronów do struktury kryształu Wignera

wykazano na podstawie analizy transformat Fouriera gęstości korelacji par w wielociałowym stanie podstawowym. W szczególności zbadano profile kartezjańskiej i kątowej transformaty Fouriera, stwierdzając tendencję do krystalizacji Wignera poniżej stopnia zapełnienia 1/7. Ostrego punktu przejścia fazowego nie udało się wskazać z powodu efektów rozmiarowych. Autorzy przeprowadzili systematyczną dyskusję wyników dla poszczególnych modeli i wyciągnęli wniosek, że krystalizacja Wignera jest realizowana w każdym typie sieci (chociaż w scenariuszu szachownicy pojawiają się też alternatywne formy uporządkowania ładunkowego, które nazwano *Wigner patterns*). Zbadano ponadto rolę degeneracji, przypadek różnej liczby cząstek w układzie, skalowanie rozmiarowe, rolę topologiczności i porównano wyniki z podejściem klasycznym.

[**H4**] M. Brzezińska, M. Bieniek, T. Woźniak, **P. Potasz**, A. Wójs,
J. Phys.: Condens. Matter **30**, 125501 (2018).

Autorzy zbadali przejścia topologiczne indukowane różnymi czynnikami w pofałdowanych warstwach na bazie atomów bizmutu i antymonu. Między innymi analizowono przejście między trywialną i nietrywialną fazą izolatorową pod wpływem: a) zmiany stechiometrycznej związku binarnego $Bi_{1-x}Sb_x$, b) pola elektrycznego przyłożonego prostopadle do dwuwarstwy Bi oraz c) nacisku skierowanego prostopadle do dwuwartwy Sb. Obliczenia teoretyczne przeprowadzono zarówno w ramach modelu mikroskopowego (opisującego wiązania sp^3) jak również w podejściu funkcjonału gęstości (wykorzystując pakiety ABINIT oraz PHONOPY). Identyfikacji przejść topologicznych dokonano głównie na podstawie analizy miary splątania. Zasadnicze wyniki przedstawiono w rozdziałach 3 i 4. Wpływ stechiometrii związku binarnego $Bi_{1-x}Sb_x$ zbadano w ramach przybliżenia wirtualnego krzyształu, wprowadzając w modelu czteroorbitalnym efektywną wartość całek przeskoku $t_x = (1-x)t_{Bi} + xt_{Sb}$. Pod wypływem zmiany kompozycji wykazano przejście od fazy izolatora topologicznego (realizowanego w dwuwarstwie bizmutu) do fazy topologicznie trywialnej (cechującej dwuwarstwę antymonu). Punkt przejścia topologicznego stwierdzono na podstawie obserwacji zamknięcia przerwy energetycznej i nieciągłości entropii splątania wokół koncentracji $x = 0{,}243$. Przyłożenie pola elektrycznego prostopadle do dwuwarstwy czystego bizmutu powodowało również przejście od nietrywialnej do trywialnej fazy izolatorowej, ale charakter tego przejścia był nieco bardziej subtelny. W pobliżu krytycznej wartości pola $V_{field} = 0{,}439$ eV stwierdzono tendencję zamknięcia przerwy energetycznej, natomiast entropia splątania wykazała nieciągłość pierwszej pochodnej (w luźnej analogii do przejść fazowych drugiego rodzaju). Autorzy przypisali ten efekt złamaniu symetrii inwersji. Wpływ nacisku na pofałdowaną dwuwarstwę czystego antymonu prowadził natomiast do przejścia od trywialnej do nietrywialnej fazy izolatorowej wokół krytycznej wartości 13,8 %, gdzie zamknięciu przerwy energetycznej towarzyszyła wyraźna nieciągłość entropii splątania.

[**H5**] M. Bieniek, T. Woźniak, **P. Potasz**, J. Phys.: Condens. Matter **29**, 155501 (2017).

Autorzy zbadali stabilność fazy topologicznej dwuwarstwy bizmutu oraz struktur wstęgowych z warunkami brzegowymi typu zygzak i fotelikowej na: a) zmianę wartości oddziaływania spin-orbita, b) zjawiska relaksacji, c) wpływ sprzężenia z podłożem oraz d) nieporządek typu Andersona. Obliczenia przeprowadzili w ujęciu funkcjonału gęstości (za pomocą pakietu ABINIT) oraz z użyciem mikroskopowego modelu cztero-orbitalnego (dopasowując wartość całek przeskoku i oddziaływania spinowo-orbitalnego ze swoich obliczeń metodą *ab initio*). Zasadnicze wyniki przedstawiono w rozdziałach 3 oraz 4. Autorzy wykazali, że przejście od fazy trywialnej do fazy izolatora topologicznego realizuje się przy odpowiednio dużym oddziaływaniu spinowo-orbitalnym. Wykazano to na podstawie obliczeń niezmiennika topologicznego Z_2 oraz na podstawie zaobserowanych modów brzegowych (zarówno w konfiguracji zygzakowatej jak też fotelikowej). Pewną ciekawostką jest fakt, iż dyspersja modów brzegowych (ściśle powiązanych z fazą topologiczną) nie przypominała linowego kształtu przewidywanego w modelu Kane-Mele. Autorzy określi wpływ efektów relaksacyjnych, który dotyczył głównie atomów peryferyjnych w nanowstęgach poprzez redukcję odległości między sąsiadami (o około 0,04 Å) oraz zmniejszenia kąta wiązań atomowych (z 30 do około 28,41 stopni). Nie stwierdzono jednak jakościowych zmian charakteru topologicznego pod wływem relakacji. Istotne znaczenie miało natomiast sprzężenie z podłożem, kiedy może dojść do złamania symetrii inwersyjnej (podobnej do wpływu poprzecznego pola elektrycznego). Aby określić stabilność fazy topologicznej na nieporządek typu Andersona (tzn. niejednorodność energii atomów na poszczególnych węzłach struktury krystalicznej) zbadano charakterystyki transportu ładunkowego. W tym celu zastosowano formalizm Landauera, wyznaczając przewodnictwo różniczkowe w granicy zerowej temperatury. Kluczowe znaczenie dla otrzymanych wartości przewodnictwa miało położenie energii Fermiego oraz amplituda nieporządku W. Od strony mikroskopowej można ten wpływ powiązać z poszczególnymi modami brzegowymi. Wyniki konkretnych obliczeń przedstaiono na rysunkach 4 i 5 oraz szczegółowo przeanalizowano.

[**H6**] B. Jaworowski, A. Manolescu, **P. Potasz**, Phys. Rev. B **92**, 245119 (2015).

Dla bezspinowych fermionów poruszających się na sieci krystalicznej Lieba oraz geometrii typu szachownicy określono stabilność realizacji stanu ułamkowego izolatora Cherna. Dla przypadku nieskorelowanego (rozdział II) zbadano ewolucję trójpasmwego widma energetycznego względem potencjału V_{st} naprzemiennie podnoszącego/obniżającego energię fermionów na sąsiednich węzłach sieci krystalicznej (tzw. *staggered potential*). Dla zespolonej całki przeskoku $\lambda e^{\phi_{ij}}$ pomiędzy kolejnymi najbliższymi sąsiadami z akumulacją fazy $\phi_{ij} = \pm\pi/2$ stwierdzono zamianę liczby Cherna wypłaszczonego pasma środkowego z pasmem dolnym (walencyjnym), które zachodzi w punkcie $V_{st} = 2\lambda$. Nietrywialny charakter wąskiego pasma powyżej tej krytycznej wartości umożliwia pojawienie się ułamkowego

izolatora Cherna, co wykazano na podstawie analizy krzywizny Berry'ego. Obliczoną wartość odchylenia standardowego krzywizny Berry'ego uzyskaną względem λ i V_{st} dla akumulowanej fazy $\pi/2$ oraz $\pi/4$ przedstawiono na rysunku 3. Autorzy zbadali także przypadek układu skorelowanego (rozdział III), uwzględniając oddziaływania typu gęstość-gęstość fermionów pomiędzy najbliżymi i kolejnymi węzłami sieci krystalicznej. Obliczenia numeryczne przeprowadzono dla skończonego rozmiaru układu w geometrii torusa z wykorzystaniem ścisłej diagonalizacji algorytmem Lanczosa lub dostępnego pakietu PRIMME. Fazę typu Laughlina dla zapełnienia 1/3 zidentyfikowano w oparciu o obserwację przepływu spektralnego pomiędzy potrójnie zdegenerowanym stanem podstawowym oraz przy użyciu komplementarnej metody na bazie tzw. zasady zliczania. Autorzy wykazali, że istnienie ułamkowego izolatora Cherna jest możliwe również poza przypadkiem zapełnienia 1/3 w obecności kwazidziur.

[**H7**] **P. Potasz**, J. Fernández-Rossier, Nano Lett. **15**, 5799 (2015).

Artykuł przedstawia oryginalną koncepcję wykorzystania stanów brzegowych topologicznej fazy izolatora (realizowanej na przykład w nanopłatkach bizmutu) do generowania momentu magnetycznego o sterowalnej wartości. Ideę zilustrowano konkretnymi obliczeniami dla struktury Bi(111) w kształcie heksagonalnej wyspy o krawędziach 3,6 nm i warunkach brzegowych typu zygzak. W takiej strukturze widmo modów brzegowych przyjmuje postać równoodległych poziomów energetycznych, które są kramersowsko podwójnie zdegenerowane. Zasadniczy pomysł polega na użyciu zewnętrznego pola magnetycznego i dobraniu poziomu Fermiego w taki sposób, żeby tylko jeden ze stanów pary Kramersa był obsadzony. W ramach modelu mikroskopowego wpływ pola magnetycznego uwzględniono poprzez czynnik Peierlsa w całce przeskoku. W rezultacie uzyskano nieskompensowaną wartość momentu magnetycznego, skalującą się liniowo względem rozmiaru nanopłatka atomów bizmutu. Takie skalowanie wynika z dirakowskiego charakteru modów brzegowych i jest cechą uniwersalną realizowaną w różnych innych mikroskopowych scenariuszach (na przykład w modelu Kane-Mele). Autorzy wykazali, że indukowany polem zewnętrznym moment magnetyczny jest stabilny na wzbudzenia termiczne (rysunek 4) jak również na nieporządek typu Andersona (rysunek 5). Zmiana kształtu nanopłatka, rodzaj warunków brzegowych, czy sprzężenie do podłoża nie wpływały w istotny sposób na redukcję orbitalnego momentu magnetycznego.

W podsumowaniu, Habilitant przeprowadził bogatą analizę topologicznych stanów materii przy użyciu funkcjonału gęstości oraz zbadał szeroką gamę zjawisk korelacyjnych za pomocą ścisłej diagonalizacji (algorytmem Lanczosa) układów fizycznych o skończonych rozmiarach opisanych scenariuszem ciasnego wiązania. Warto podkreślić zaawansowany charakter numerycznych obliczeń, które umożliwiły określenie roli efektów korelacyjnych w układach o nietrywialnej topologii poza schematem rachunku zaburzeniowego.

Wyrazem uznania dla wysokiej jakości badań naukowych są liczne nagrody i wyróżnienia uzyskane przez dra inż. P. Potasza w macierzystej uczelni oraz na szczeblu ogólnopolskim. Był on beneficjentem stypendium START przyznanym w 2013 roku przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej. W 2011 roku uzyskał stypendium Maxa Borna. Dwukrotnie uzyskał Nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej (2015, 2016) a także Nagrodę Dziekana Wydziału Podstawowych Problemów Techniki PWr (2011). Kilkukrotnie zdobywał stypendia w konkursach dla młodej kadry akademickiej Politechniki Wrocławskiej.

Dr inż. Paweł Potasz jest kierownikiem realizowanego aktualnie projektu naukowego pt. *Twistronika - badania nowych symulatorów kwantowych* uzyskanego w konkursie Opus od Narodowego Centrum Nauki w Krakowie. W dotychczasowej działalności pełnił funkcję kierownika trzech innych grantów (Sonata, Mobilość Plus, Iuventus Plus) i był współwykonawcą przy realizacji czterech grantów naukowych. Zdobył również stypendium Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA) w ramach programmu Bekkera, które wykorzystał na roczny staż podoktorski na Uniwersytecie stanu Teksas w Austin (USA). Po uzyskaniu doktoratu wygłosił 9 referatów konferencyjnych, w tym trzy wykłady zaproszone w Ottawie (Kanada), Chicago (USA) oraz Antwerpii (Belgia).

W ramach popularyzacji fizyki pan Paweł Potasz wygłosił wykład o grafenie jako perspektywicznym materiale obecnego wieku. Brał udział w promocyjnej akcji Instytutu Fizyki PWr prowadzonej w szkole ponadgimnazjanjej w Bystrzycy Kłodzkiej. Zdobył doświadczenie dydaktyczne podczas zajęć dla studentów Politechniki Wrocławskiej (gdzie prowadził ćwiczenia i laboratoria z fizyki, zajęcia modelowania komputerowego oraz wykład o efektach topologicznych w niskowymiarowych układach fizycznych) i na Uniwersytecie M. Kopernika w Toruniu (z podstaw programowania w języku Fortran i obsługi programu Matlab). W dotychczasowej pracy dydaktycznej wypromował jedną pracę magisterską (Michała Kopczyńskiego) i pełnił funkcję promotora pomocniczego czterech doktoratów (Błażeja Jaworowskiego, Marty Brzezińskiej, Macieja Bieńka, Michała Kopczyńskiego).

Poza głównym dorobkiem badawczym składającym się na przedłożoną rozprawę habilitacyjną Paweł Potasz posiada imponujący dorobek publikacyjny zarówno z okresu przed doktoratem (dziesięć bardzo dobrej jakości artykułów) jak również obszerny dorobek podoktorski, na który składa się aż dwadzieścia arykułów, między innymi: Phys. Rev. Lett. (2 prace), Nano. Lett. (1 praca), Phys. Rev. B (4 prace), New J. Phys. (1 praca) i inne. Habilitant zdobył doświadczenie w recenzowaniu manuskryptów przekazywanych do czasopism Phys. Rev. Lett., Phys. Rev. B, Phys. Rev. X, Nanoscale Research Lett., Carbon, 2D Materials, Physica E i Acta Phys. Polon. A.

Uważam, że dr inż. Paweł Potasz uzyskał oryginalny zestaw wyników charakteryzujących topologiczne fazy materii realizowalnych w kwazidwuwymiarowych układach fizycznych oraz określił subtelną rolę efektów korelacyjnych przy pomocy nieperturbacyjnych obliczeń metodą ścisłej diagonalizacji. Badania te są aktualnie w centrum zaintere-

sowania wiodących ośrodków naukowych na świecie i mogą przyczynić się do rozwoju nowych technologii na bazie spintroniki, dolinotroniki, twistroniki oraz wykorzystaniu topologicznie chronionych brzegowych kwazicząstek do obliczeń kwantowych. Habilitant jest współautorem licznych artykułów opublikowanych w poważnych czasopismach naukowych (m.in. w Physical Review Letters, Nanoletters, Physical Review B, New Journal of Physics) wyraźnie dostrzeżonych przez środowisko naukowe, o czym świadczy wysoki stopień cytowalności prac. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że osiągnięcia dra inż. Pawła Potasza spełniają wszystkie wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy *o stopniach naukowych i tytule naukowym* z dnia 14 marca 2003 r. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o nadanie doktorowi iżynierowi Pawłowi Potaszowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.

Tadeusz Domański