

prof. dr hab. Mariusz Krawiec
Katedra Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Instytut Fizyki
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
pl. M. Curie-Skłodowskiej 1
20-031 Lublin

Lublin, 6 marca 2025

Ocena osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej dr. inż. Jarosława Pawłowskiego w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

Sylwetka naukowa kandydata

Dr inż. Jarosław Pawłowski ukończył studia wyższe na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie w roku 2009. Przygotował pracę magisterską zatytułowaną *Modelowanie i prognozowanie finansowych szeregów czasowych z wykorzystaniem modeli multifrakalnych* pod kierunkiem dr. Pawła Oświecimki. Stopień doktora nauk fizycznych uzyskał w roku 2014 w tej samej jednostce na podstawie rozprawy *Operacje na spinie pojedynczego elektronu w kropce kwantowej bez użycia pola magnetycznego*. Promotorem w przewodzie doktorskim był profesor Stanisław Bednarek. W latach 2014-2016 dr. inż. Jarosław Pawłowski był zatrudniony na etacie asystenta na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Następnie odbył trzyletni staż podoktorski na Politechnice Wrocławskiej, po zakończeniu którego, rozpoczął tam pracę na stanowisku adiunkta.

Tematyka badań naukowych

Problematyka badań prowadzonych przez dr. Pawłowskiego obejmuje kilka obszarów współczesnej nauki i dotyczy informatyki kwantowej. Ta dziedzina nauki łączy w sobie fizykę kwantową z teorią informacji. Sama informacja jest przetwarzana i przesyłana zgodnie z zasadami mechaniki kwantowej. Podstawową jednostką informacji kwantowej jest kubit, który może być realizowany na różne sposoby w dobrze zdefiniowanych układach dwustanowych. Cechą charakterystyczną kubitu jest jego zdolność do występowania w stanie będącym superpozycją obu stanów bazowych jednocześnie. Natomiast w układzie wielu kubitów może istnieć splątanie kwantowe, które nie ma odpowiednika w fizyce klasycznej. Jest ono kluczowe w kontekście szybkości obliczeń oraz korekcji błędów. Implementacja obliczeń kwantowych musi spełniać szereg kryteriów, jak zdolność do inicjalizacji systemu w znanym stanie, długi czas koherencji, czy skalowalność układu. To z kolei wymaga istnienia uniwersalnego zestawu bramek kwantowych, wprowadzających nietrywialne operacje pomiędzy sąsiednimi kubitami, co jest wystarczające do wykonania dowolnego algorytmu kwantowego. Ostatnim kryterium jest możliwość odczytu stanu kubitów po przeprowadzeniu obliczeń. Istnieje szereg pomysłów na realizację kubitów, które wykorzystują fotony, elektrony, jądra atomowe, sieci optyczne, kropki kwantowe, złącza nadprzewodzące, struktury van der Waalsa, czy układy topologiczne. Obecnie najbardziej rozpowszechniona realizacja fizyczna komputerów kwantowych

opiera się na kubitach nadprzewodzących. Jednak ta bardzo młoda technologia boryka się z problemem wierności kubitów. W tym kontekście dość obiecująco wygląda koncepcja implementacji kubitów wykorzystujących spiny elektronów uwięzionych w elektrostatycznie zdefiniowanych kropkach kwantowych, czy w atomowo cienkich heterostrukturach półprzewodnikowych. W przypadku materiałów dwuwymiarowych (2D) aktywnie badane są także dolinowe stopnie swobody jako nośniki informacji kwantowej.

Badania naukowe dr. Pawłowskiego prowadzone są w obszarze fizyki fazy skondensowanej, a ukierunkowane są głównie na zjawiska oraz procesy fizyczne ważne i interesujące z punktu widzenia obliczeń kwantowych. W szczególności dotyczą wykorzystania materiałów 2D w implementacji obliczeń kwantowych. Są to badania teoretyczne, w których habilitant wykorzystuje własne kody numeryczne do rozwiązywania równań kwantowo-mechanicznych, zarówno stacjonarnych, jak i zależnych od czasu. Napisał je od podstaw oraz zoptymalizował. Warto też dodać, że habilitant w swoich badaniach dba o realistyczny opis układów modelowych, co znacznie zwiększa wartość tych badań w kontekście interakcji z eksperymentem. Od kilku lat jego zainteresowania naukowe obejmują również metody sztucznej inteligencji oraz ich zastosowanie w zagadnieniach fizyki.

Ocena głównego osiągnięcia naukowego

Podstawą do ubiegania się przez dr. inż. Jarosława Pawłowskiego o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego jest powiązany tematycznie cykl siedmiu prac opublikowanych w latach 2018-2024. Wszystkie prace, ponumerowane przez habilitanta od [1] do [7], zostały opublikowane w języku angielskim w uznanych międzynarodowych czasopismach naukowych: cztery prace w *Physical Review B* oraz po jednej w *Physical Review Applied*, *New Journal of Physics* i npj *2D Materials and Applications*. Artykuł [2] jest pracą jednoautorską, a pozostałe są wieloautorskie i zawierają od trzech do dwunastu autorów. W czterech z sześciu prac wieloautorskich nazwisko p. Pawłowskiego figuruje na pierwszym miejscu listy autorów nieułożonej w kolejności alfabetycznej, co wskazuje na istotny wkład habilitanta w ich przygotowanie. Zostało to także potwierdzone w stosownych oświadczeniach współautorów artykułów. Wszystko to stanowi wystarczającą podstawę do stwierdzenia, że przedstawiony cykl publikacji jest oryginalnym wkładem habilitanta do dziedziny będącej przedmiotem jego działalności naukowej.

W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na liczbę cytowań prac [1-7], co też jest pewną miarą osiągnięcia naukowego. Prace te były cytowane ponad 100 razy, przy czym najwięcej cytowań ma publikacja [1] oraz samodzielna praca habilitanta [2]. Co prawda są to najstarsze artykuły cyklu, ale niewątpliwie zostały zauważone przez środowisko naukowe.

Problematyka cyklu prac [1-7] dotyczy materiałów dwuwymiarowych, takich jak dichalkogenki metali przejściowych (TMD), i ich wykorzystania do budowy komputerów kwantowych. Materiały te oferują dodatkowy stopień swobody związany z dolinami, czyli obszarami w strefie Brilluoina, w których lokalne minimum pasma przewodnictwa spotyka się z maksimum pasma walencyjnego. Jeśli dodamy do tego fakt istnienia silnego wewnętrznego sprzężenia spin-orbita, które prowadzi do blokady spinowo-dolinowej, oraz stosunkowo silnego oddziaływania spin-orbita typu Rashby, to mamy możliwość efektywnej kontroli spinów elektronów i dziur w układzie. W konsekwencji dostajemy dość unikatową, a zarazem obiecującą platformę do projektowania i budowania bramkowanych obwodów kwantowych.

Zasadniczym celem naukowym podjętych przez habilitanta badań było wykazanie, że dolinowy

stopień swobody w materiałach 2D, takich jak TMD, z powodzeniem może stanowić podstawę realizacji kubitów, a przez to być wykorzystanym do przetwarzania informacji kwantowej w ciele stałym. Cel ten został jasno sformułowany w autoreferacie.

Ze względu na podejmowane problemy w badaniach, publikacje [1-7], stanowiące osiągnięcie habilitanta, można podzielić na trzy grupy. Pierwsza grupa prac [1, 4, 6] poświęcona została kubitowi dolinowemu i jego implementacji w materiałach 2D, druga [2, 3] – układom dwóch kubitów, a trzecia [5, 7] – wielociałowym efektem dolinowym.

Osiągnięciem dr. Pawłowskiego opisanym w pierwszej grupie prac [1, 4, 6] jest propozycja implementacji kubitów dolinowych w materiałach 2D typu TMD wraz z wydajną metodą manipulowania nimi wyłącznie elektrycznie. Habilitant przedstawił tutaj różne koncepcje realizacji sprzęgania dolin (stanów kubitów dolinowych). I tak w pracy [1] przedstawił propozycję wąskiej bramkowanej kropki kwantowej. Niestety rozmiar takiej kropki, rzędu 1-2 nm, jest znacznie mniejszy niż obecnie wytwarzane bramkowane kropki. Niemniej jednak sprzężenie stanu elektronu z tak ciasnym potencjałem pozwala na uzyskanie kontrolowanych przejść międzypolinowych, które są identyczne jak działanie elementarnej bramki NOT na pojedynczym kubicie dolinowym. Mają one charakter oscylacji Rabiego. W tym miejscu warto nadmienić, iż powyższe wyniki zostały otrzymane dzięki opracowaniu modelu numerycznego, który uwzględniał zależność potencjału także od aktualnego rozkładu ładunku, co zwykle jest pomijane w podobnych obliczeniach. Zatem jest to oryginalny wkład habilitanta także do rozwoju metod obliczeniowych. Artykuł [4] poświęcony jest idei kubitów spinowo-dolinowych i jest niejako naturalnym rozszerzeniem publikacji [1]. W przypadku kubitów dolinowych, do wymuszenia przejść międzypolinowych, wymagana jest bardzo wysoka częstotliwość pompowania, rzędu setek gigaherców, co może być wyzwaniem dla eksperymentu. Wynika to dużych wartości sprzężenia spin-orbita w TMD. W pracy [4] zaproponowano podejście, w którym kubit zdefiniowany jest w podprzestrzeni spinowo-dolinowej. Oznacza to, że jeden ze stanów kubitów, np. o spinie do dołu zlokalizowany jest w dolinie K, a drugi – o spinie do góry znajduje się w dolinie K'. Aby zmienić stan takiego kubitów wymagane jest jednoczesne przejście między polinami wraz z obrotem spinu. Można to osiągnąć poprzez zastosowanie prostopadłego pola elektrycznego, umożliwiającego sprzężenie spin-orbita typu Rashby w jednej polinie, oraz przyłożenie bocznego, silnie zlokalizowanego potencjału mieszającego poliny. Taki potencjał mieszający mógłby być wytworzony przy pomocy ostrza skaningowego mikroskopu elektronowego (STM), jak proponuje habilitant. W ostatniej pracy pierwszej grupy omówiono jeszcze inną propozycję mechanizmu indukującego przejścia międzypolinowe. Wykorzystuje ono planarne heterostruktury z połączonymi dwoma różnymi materiałami TMD wzdłuż kierunku ich sieci krystalograficznych typu 'armchair'. Ważny jest tutaj kierunek połączenia, gdyż złącze zorientowane w kierunku prostopadłym ('zygzak') nie mieszałoby polin. Otrzymane przejścia mają charakter rezonansowy i prowadzą do oscylacji Rabiego z okresem, który zależy od wielkości nakładania się gęstości elektronowej na obszar złącza. Dodatkowo, jeśli utworzy się złącze w kształcie narożnika z dwoma różnymi krawędziami typu 'armchair', można uzyskać dwa niekomutujące ze sobą obroty kubitów dolinowych. W takiej strukturze może pojawić się niezerowa faza geometryczna (faza Berry'ego), która prowadzi do efektywnej manipulacji poliny. Jest to ciekawy wynik w kontekście sprzężenia polina-orbita, analogicznego do sprzężenia spin-orbita.

Warunkiem koniecznym prowadzenia obliczeń kwantowych jest implementacja nietrywialnych operacji pomiędzy kubitami. Druga grupa prac dotyczy tych zagadnień i omawia układy dwóch oddziałujących kubitów w różnych konfiguracjach. W artykule [2] został wprowadzony hybrydowy układ dwóch kubitów spinowo-dolinowych opartych na spinie i izospinie dolinowym pojedynczego elektronu zamkniętego w pojedynczej kropce kwantowej wytworzonej w MoS₂. Zaproponowany układ

wykorzystuje modulowany potencjał uwięzienia do wymuszania przejść międzydolinowych oraz oddziaływanie spin-orbita typu Rashby do operacji na spinie. W publikacji [2] pokazano, jak zaimplementować kontrolowaną bramkę dwukubitową, w której dolina (spin) kontroluje negację spinu (doliny), $C_K\text{NOT}_s$ i $C_s\text{NOT}_K$. Okazuje się, że bramki dwukubitowe są tutaj łatwiejsze do implementacji, gdyż oba kubity zdefiniowane są na dwóch różnych stopniach swobody tej samej cząstki. Stąd też sprzężenie między nimi pojawia się w sposób naturalny, a operacje dwukubitowe są reprezentowane przez pojedyncze przejścia pomiędzy stanami elektronu. Bramkę jednokubitową można uzyskać wykonując jednocześnie dwie odpowiednie operacje dwukubitowe. Dla otrzymanych bramek oszacowano także wartości ich wierności. W pracy [3] rozważano konfigurację dwóch sprzężonych kubitów dolinowych, zdefiniowanych na parze elektronów w podwójnej kropce kwantowej wytworzonej w płatku MoS_2 . Dla takiego układu pokazano, jak można uzyskać bramki jedno- i dwukubitowe poprzez elektryczne sterowanie stanów elektronów oraz sprzężenia między kropkami w obecności pola magnetycznego. Szczegółowo omówiono operacje jedno- i dwukubitowe, a na koniec sposoby inicjalizacji i odczytu stanu kubitów, co jest niezbędne do realizacji komputera kwantowego. W omawianej publikacji pokazano, że najbardziej rozpowszechniona metoda inicjalizacji i odczytu spinu, oparta na blokadzie Pauliego, z powodzeniem może być przeniesiona na dolinowy stopień swobody. Dowodzi to, że kubity dolinowe w rodzinie materiałów TMD spełniają kryteria uniwersalności i mogą stanowić obiecującą skalowalną platformę do obliczeń kwantowych.

Ostatnia grupa prac dotyczy efektów wielociałowych w jednowymiarowych (1D) kanałach transportowych opartych na strukturach TMD. W publikacji [5] badano eksperymentalnie przewodnictwo kanału 1D wytworzonemu w urządzeniu opartym na pojedynczej warstwy WSe_2 . Zmierzone wartości przewodności elektrycznej podlegały kwantowaniu w jednostkach dwukrotnie mniejszych, niż dla standardowej kwantyzacji. Habilitant był zaangażowany w opracowanie modelu teoretycznego dla takiego układu i ustalenie, czy za niezgodności eksperymentu z przewidywaniami teoretycznymi jest odpowiedzialny mechanizm blokady spinowo-dolinowej dla dziur w TMD. Jego obliczenia, z wykorzystaniem formuły Landauera, pokazały, że taka anomalna kwantyzacja przewodności nie może zostać wyjaśniona w obrazie jednocząstkowym. To było motywacją do podjęcia przez habilitanta badań związanych z efektami wielociałowymi. W pracy [7] zaproponował teorię oddziałujących dziur w jednowymiarowym kanale kwantowym w monowarstwie WSe_2 , przy pomocy której zademonstrował możliwość istnienia stanów spolaryzowanych dolinowo, odpowiedzialnych za anomalne kwantowanie przewodności. Dla słabych oddziaływań kulombowskich stan podstawowy nie jest spolaryzowany dolinowo, a dopiero ich zwiększenie prowadzi do pojawienia się stanu trypletowego. Stany spolaryzowane tworzące taki tryplet można rozdzielić przykładając zewnętrzne prostopadłe pole magnetyczne lub wykorzystując asymetryczne uwięzienie boczne objawiające się bocznym polem elektrycznym generującym sprzężenie spin-orbita typu Rashby. Wprowadzając w dalszej kolejności spinowo-zależną funkcję korelacji par przewidziano pojawienie się innych zjawisk wielociałowych, jak dolinowe uporządkowanie antyferromagnetyczne, czy krystalizacja Wignera. Warto zauważyć, że z powodu efektu blokady spinowo-dolinowej w materiałach typu TMD, uporządkowanie spinowe automatycznie wymusza przestrzenne uporządkowanie dolin dla dziur, analogicznie do zwykłego antyferromagnetyzmu spinowego. Krystalizacja Wignera w kanałach 1D tworzy się w formie zygzakowatej i prawdopodobnie jest odpowiedzialne za obserwowane dodatkowe plateau przewodności o wartości połówkowej, co także było obserwowane.

W mojej ocenie przedstawiony cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowi spójną całość. Zebrane prace zawierają szereg nowych i ważnych wyników, które wzbogacają naszą wiedzę oraz stanowią krok w kierunku głębszego zrozumienia zagadnień związanych z uniwersalnym przetwarzaniem informacji kwantowej w ciele stałym. Co więcej, dzięki realistycznemu modelowaniu badanych układów, prace te stanowią także inspirację do nowych eksperymentów związanych

z budową i badaniem właściwości urządzeń kwantowych opartych na monowarstwach dichalkogenków metali przejściowych. Wszystkie prace cyklu są bardzo treściwe i zawierają mnóstwo wyników oraz szczegółowe ich dyskusje. Zatem stwierdzenie, że wnoszą one istotny wkład w rozwój fizyki i informatyki kwantowej, wydaje się być w pełni uprawnione.

Ocena pozostałych osiągnięć naukowych

W przedłożonym do oceny materiale dr. inż. Jarosława Pawłowskiego znajdują się dodatkowe dwie nieopublikowane prace, [8,9], które są niejako kontynuacją i uzupełnieniem badań zawartych w jego głównym osiągnięciu naukowym.

Manuskrypt [8] zawiera alternatywną koncepcję urządzenia opartego na bramkowanych monowarstwach TMD. Chodzi o to, że obecnie wykorzystywane architektury urządzeń wymagają wąskich potencjałów uwięzienia rzędu kilkunastu nanometrów, co jest wyzwaniem technologicznym. Dlatego poszukuje się innych rozwiązań. W pracy [8] zaproponowano urządzenie o odmiennej konfiguracji warstw TMD z dodatkowymi bramkami, co powinno pozwolić na uzyskanie wąskiej kropki kwantowej o stosunkowo dużej kwantyzacji przestrzennej. Koncepcja oczekuje na weryfikację.

Druga praca, manuskrypt [9], omawia koncepcję kutrytu dolinowego, tzn. kwantowego układu trójstanowego, z wykorzystaniem warstw TMD w konfiguracji wertykalnej. Na przykładzie heterostruktury $\text{MoSe}_2/\text{WSe}_2$ w geometrii trójkątnej pokazano, że taki układ umożliwia zdefiniowanie nie tylko kubitów na dwóch dolinach, ale także kutrytów z wykorzystaniem trzech dolin. Zademonstrowano także możliwość przeprowadzenia operacji w podprzestrzeni dolin, co jest warunkiem koniecznym potrzebnym do wykonania dowolnej operacji na pojedynczym kutrycie.

Oprócz zagadnień związanych z wykorzystaniem dolinowego stopnia swobody w strukturach opartych na materiałach 2D do obliczeń kwantowych, dr. Pawłowski zajmował się także innymi tematami. Między innymi brał udział w tworzeniu realistycznych modeli struktur niskowymiarowych z silnym oddziaływaniem spin-orbita typu Rashby oraz badaniu właściwości takich układów. W szczególności zajmował się operacjami na kubitach spinowych wykonywanych przy pomocy modulowanych czasowo pól Rashby, generacji stanów koherentnych, a także możliwości inicjalizacji i odczytu spinu w układach typu Rashby. Od kilku lat habilitant interesuje się metodami sztucznej inteligencji i ich zastosowaniem do rozwiązywania problemów fizycznych. Badał możliwości wykorzystania głębokich sieci neuronowych do wykrywania splątania w układach wielokubitowych. Oprócz tego podejmował także próby użycia metod uczenia maszynowego do rozpoznawania obiektów na obrazach mikrobiologicznych oraz w zastosowaniach przemysłowych. Część tych badań była realizowana we współpracy z sektorem przemysłowym.

W mojej ocenie te dodatkowe osiągnięcia wzmacniają sylwetkę naukową habilitanta pokazując, że jest osobą doskonale odnajdującą się na scenie najnowszych zagadnień współczesnej fizyki i informatyki kwantowej.

Ocena aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Jarosław Pawłowski jest współautorem 34 publikacji objętych bazą *Journal Citation Reports*, z czego 31 powstało po uzyskaniu stopnia doktora. Z załączonej dokumentacji wynika, iż opublikowane prace, według bazy *Web of Science*, były łącznie cytowane jedynie 247 razy (198 bez

autocytowań), co jak na obszar fizyki fazy skondensowanej jest raczej przeciętnym wynikiem, implikującym dobry na tym etapie kariery naukowej indeks Hirscha, który wynosi 10.

Oceniając dorobek publikacyjny dr. Pawłowskiego należy stwierdzić, że jest on na średnim poziomie, typowym dla osób ubiegających się o stopień doktora habilitowanego. Ponad połowa publikacji powstała w wyniku współpracy z grupami badawczymi w kraju (AGH Kraków) i za granicą (Kanada, USA i Czechy).

Działalność publikacyjną habilitanta uzupełnia jego aktywność w rozpowszechnianiu wyników badań poprzez prezentacje na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Niestety, nie jest to aktywność wysoka. W przedstawionym wykazie znajdujemy jedynie 17 prezentacji konferencyjnych, przy czym praktycznie wszystkie są to prezentacje w formie posterów. Pozostałe dwie to referaty. Niepokoić może brak zaproszonych wykładów. Zwyczajowo oczekuje się, że osoba ubiegająca się o stopień doktora habilitowanego powinna mieć przynajmniej jeden taki wykład. Pewną rekompensatą mogą być zaproszone wykłady seminaryjne w ośrodkach krajowych i zagranicznych (Czechy i Niemcy). Niemniej jednak aktywność konferencyjna jest słabą stroną wniosku.

Oprócz wspomnianego na początku recenzji stażu naukowego we Wrocławiu, dr Pawłowski odbył także dwie krótkie wizyty o charakterze naukowym w ośrodkach w Niemczech.

Dr Pawłowski uczestniczył (lub uczestniczy) w charakterze kierownika w dwóch projektach badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki (NCN) (SONATA i FUGA) oraz jednym ze środków urzędu miasta Wrocławia (MOCART). Jako wykonawca brał (lub bierze) udział w czterech innych projektach, finansowanych przez NCN, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Świadczy to o sporym zaangażowaniu habilitanta w prowadzenie badań naukowych i pokazuje, że nie powinien mieć problemów z pozyskiwaniem środków na nie w swojej samodzielnej działalności naukowej.

Pełnił funkcję recenzenta w czasopismach naukowych z obszaru fizyki, takich jak: *Physical Review Letters*, *Physical Review A*, *Physical Review B*, *Physical Review Applied* i *Physical Review Research*, oraz innych czasopismach poświęconych uczeniu maszynowemu.

Habilitant jest też aktywny, chociaż niezbyt mocno, na polu organizacyjnym. W czasie studiów doktoranckich trzykrotnie był członkiem komitetu Warsztatów Naukowych, a po uzyskaniu stopnia doktora zorganizował warsztaty z uczenia maszynowego dla uczniów szkół średnich oraz współorganizował Sympozjum Instytutu Fizyki Teoretycznej Politechniki Wrocławskiej. Jest też członkiem komitetu programowego kierunku Big Data Analysis na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Pełnił funkcję opiekuna koła naukowego Nabla Quantum Computing Team.

Doktor Pawłowski legitymuje się sporym doświadczeniem dydaktycznym. Prowadził szereg zajęć kursowych dla studentów. Wśród nich jest jego autorski wykład i ćwiczenia *Machine Learning – Applications* dla kierunku studiów Big Data Analysis. Obecnie pełni funkcję promotora pomocniczego jednego doktoratu. W przeszłości też pełnił taką funkcję. Opiekował się również kilkunastoma magistrantami oraz doktorantką.

Na uwagę zasługuje jego współpraca z sektorem przemysłowym. Między innymi opracował algorytm do weryfikacji zabezpieczeń holograficznych, system do automatycznego wykrywania i segmentacji mikroorganizmów, czy system obrazowania medycznego 3D. Wszystkie te rozwiązania

wykorzystywały metody sztucznej inteligencji.

Za swoją działalność zawodową dr Pawłowski był nagrodzony przez Rektora PW oraz dwukrotnie przez Rektora PWr. W roku 2019 otrzymał Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla Wybitnych Młodych Naukowców.

Najwyżej oceniam działalność naukową dr. Pawłowskiego, chociaż zawiera pewne braki, oraz działalność dydaktyczną i współpracę z przemysłem. Trochę gorzej wypada jego działalność organizacyjna i w zasadzie brak jest działalności popularyzatorskiej, chociaż można by do niej zaliczyć organizację warsztatów dla licealistów.

Podsumowanie

W podsumowania stwierdzam, że wszystkie aspekty przedłożonego do oceny wniosku dr. inż. Jarosława Pawłowskiego spełniają wymagania ustawowe (art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*), jakie stawiane są osobom ubiegającym się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w zakresie nauk fizycznych.

