

Kraków, 12.04.2024

Prof. dr hab. Andrzej Horzela
Profesor emerytowany IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Eljasza-Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

RECENZJA

osiągnięcia naukowego „Własności transportu w układach z ograniczeniami kinematycznymi” oraz całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

Pana dr. Francisco José Peña Beniteza

przedstawionego w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne wszczętym przez Radę Doskonałości Naukowej w dniu 21.09.2023 i prowadzonym przez Radę Dyscypliny Nauki Fizyczne Politechniki Wrocławskiej.

Recenzja została wykonana na mocy „Zawiadomienia nr 6/2/D11/2024” Prorektora Politechniki Wrocławskiej ds. Nauki prof. dr. hab. Andrzeja Ozyhara z dnia 6.02.2024 informującego o wyznaczeniu mnie przez Radę Doskonałości Naukowej na recenzenta w powyżej wymienionym postępowaniu oraz w oparciu o udostępnioną drogą elektroniczną dokumentację przygotowaną przez kandydata, w tym autoreferat w języku polskim i angielskim, wykaz dorobku naukowego oraz kopie opublikowanych prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.

1. Sylwetka kandydata i przebieg kariery zawodowej

Dr Francisco José Peña Benitez ukończył studia licencjackie (bachelor) w zakresie fizyki w Centralnym Uniwersytecie Wenezueli (Universidad Central de Venezuela) w Caracas w roku 2004. Następnie, w latach 2004-2007, podjął pracę asystenta (połączoną ze studiami II-go stopnia?) w Uniwersytecie Simóna Bolívara, również w Caracas. Okres ten zakończył przedstawieniem w roku 2007 pracy dyplomowej „*Path formulation of non-commutative gauge theories*” i przeniesieniem się do Uniwersytetu Autonomicznego w Madrycie (Universidad Autónoma de Madrid) w którym ukończył program magisterski uzyskując w roku 2009 tytuł magistra fizyki teoretycznej (Master in Theoretical Physics). Tamże, w latach 2009-2013, przygotował, pod kierunkiem prof. Karla Landsteinerja, rozprawę doktorską „*Anomalous hydrodynamics, from weak to strong coupling*” i w lipcu 2013 uzyskał stopień naukowy doktora. Pobyt w Madrycie i praca w grupie prof. Landsteinerja zapoczątkowały zainteresowanie kandydata zjawiskami transportu w układach złożonych oraz geometrycznym sformułowaniem podstaw zarówno standardowej teorii pola, jak i jej uogólnień wychodzących poza paradygmat relatywistycznej współzmienniczości. Podjęcie przez kandydata badań skoncentrowanych na tej tematyce potwierdza treść opublikowanych w tamtym czasie

prac. Po zakończeniu pracy nad rozprawą doktorską dr Peña Benitez uzyskał dwa dwuletnie staże podoktorskie. Pierwszy z nich, w latach 2013-2015 miał miejsce w grupie prof. Eliasa Kiritsisa w Uniwersytecie Kreteńskim w Heraklionie, eksperta w zakresie zastosowań metod teorii strun i supersymetrii w fizyce wysokich energii, teorii grawitacji i kosmologii. Drugi staż, w latach 2015-2017, kandydat zrealizował w oddziale włoskiego Narodowego Instytutu Fizyki Jądrowej w Perugii. Ten łącznie czteroletni okres zatrudnienia ukierunkował pracę badawczą kandydata na problematykę fazy skondensowanej materii i zjawisk zachodzących w złożonych układach wielu ciał badanych metodami teorii pola ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania teorii symetrii, zarówno tych podstawowych (jak symetrie czasoprzestrzenne i/lub symetrie cechowania) bądź też symetrii charakteryzujących modele efektywne. Podjęcie nowej, bardziej pragmatycznej, tematyki badawczej połączone z uznaniem przez środowisko naukowe rezultatów otrzymanych przez dr. Peña Beniteza i jego współpracowników w „gorącej tematyce” tzw. półmetali Diraca i Weyla, zaowocowały uzyskaniem czteroletniego zatrudnienia na stanowisku starszego pracownika badawczego w Instytucie Maxa Plancka Fizyki Układów Złożonych w Dreźnie z finansowaniem otrzymanym z Niemieckiego Funduszu Badań Naukowych (DFG), a po zakończeniu tego kontraktu uzyskanie grantu NCN 2020/37/ST3/03390, finansowanego z tzw. Funduszy Norweskich 2014-2021, umożliwiającego podjęcie pracy w Instytucie Fizyki Teoretycznej Politechniki Wrocławskiej. Moim zdaniem nie bez znaczenia dla tego faktu i przyjazdu dr. Peña Beniteza do Wrocławia było nawiązanie przez niego, w czasie pobytu w Dreźnie, bliskiej i owocnej współpracy badawczej z prof. Piotrem Surówką. Rezultaty tej współpracy stanowią podstawę wystąpienia o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

2. Ocena osiągnięcia naukowego „*Własności transportu w układach z ograniczeniami kinematycznymi*”

W skład przedstawionego przez kandydata osiągnięcia naukowego „*Własności transportu w układach z ograniczeniami kinematycznymi*” wchodzi 4 prace opublikowane w okresie od grudnia 2021 do marca 2023

- [1]. K. T. Grosvenor, C. Hoyos, F. Peña-Benítez, P. Surówka, Hydrodynamics of ideal fracton fluids, *Phys. Rev. Research* 3 (2021) 4, 043186
- [2]. K. T. Grosvenor, C. Hoyos, F. Peña-Benítez, P. Surówka, Space-Dependent Symmetries and Fractons. *Front. in Phys.* 9 (2022), 792621
- [3]. F. Peña-Benítez, Fractons, symmetric gauge fields and geometry, *Phys. Rev. Research* 5 (2023) 1, 013101
- [4]. A. Głodkowski, F. Peña-Benítez, P. Surówka, Hydrodynamics of dipole conserving fluids, *Phys. Rev. E* 107 (2023) 3, 034142.

Do dokumentacji dołączone są oświadczenia habilitanta oraz wszystkich współautorów w/w publikacji z których wynika, że:

-- w przypadku prac [1] oraz [4] habilitant był inicjatorem wspólnie podjętych badań, niezależnie od pozostałych realizatorów projektu wykonywał/sprawdzał żmudne i skomplikowane obliczenia oraz aktywnie brał udział w przygotowaniu manuskryptu,

-- praca [2] z roku 2022 określona jest przez jej autorów jako praca przeglądowa złożona z indywidualnych wkładów poszczególnych autorów (rozdziały 2-5) oraz wspólnie napisanego i przedyskutowanego wstępu oraz podsumowania. Dr. Peña Benitez jest autorem rozdziału 3 poświęconego algebraicznemu i teorio-grupowemu podstawom modelu fraktonów, w tym przejściu od globalnej symetrii kinematycznej opisywanej tzw. algebrą Heisenberga do lokalnej symetrii cechowania z symetrycznymi polami tensorowymi i nadania tak otrzymanej teorii znaczenia geometrycznego. Przedstawiając problematykę symetrii kinematycznych z wbudowanymi ograniczeniami Habilitant wykorzystuje swoje wcześniejsze wyniki (Fractons, Symmetric Gauge Fields and Geometry (2021); arXiv:2107.13884 [cond-mat.str-el].) opublikowane jako praca [3] w roku 2023, wydaje się, że w prawie identycznej formie. W mojej ocenie to właśnie zainteresowanie symetriami, tak czasoprzestrzennymi, jak i wewnętrznymi oraz ich wykorzystaniem jako fundamentalnego narzędzia porządkującego nasze rozumienie zjawisk fizycznych „napędza” Habilitanta jako badacza i jest podstawowym motorem jego działań.

Prace wchodzące w skład osiągnięcia zostały opublikowane, począwszy od grudnia 2021, na przestrzeni kilkunastu miesięcy, a więc istnieją w formalnie dostępnej i ocenianej domenie publicznej niespełna dwa i pół roku. Dwa spośród czasopism w których ukazały się artykuły [1] -- [4] (Physical Review Research i Frontiers of Physics, oba z kategorii Open Access) mają znaczący współczynnik wpływu (IF równy odpowiednio 4.200 i 3.100) przy znikomo niskiej punktacji ministerialnej (20 pkt) podczas, gdy Physical Review E ma IF=2.400 i 140 pkt. Jednocześnie to właśnie Physical Review Research i Frontiers of Physics są, prócz springerowskiego Journal of High Energy Physics oraz SciPost Physics, głównymi czasopismami w których publikowane są prace z zakresu „gorącej tematyki” zgeometryzowanej teorii pola, tzw. „nowej fizyki”, prób sformułowania kwantowej teorii grawitacji i własności egzotycznych stanów materii czyli tematyki obejmującej w znacznej części zainteresowania dr. Peña Beniteza. Należy w tym miejscu zauważyć i uznać, że prace [1] i [2] mają aktualnie, wedle baz Research Gate i Google Scholar, po 47 cytowań, praca [3] ma 26 cytowań, zaś praca [4] 16 cytowań. Nawet w przypadku, gdy część cytowań się dubluje, uważam to za dobry wynik, szczególnie w odniesieniu do pracy [2] cytowanej w pracach najsilniejszych grup zajmujących się niestandardowymi symetriami i geometryzacją teorii pola.

Ustawowym wymogiem stawianym przed osiągnięciem habilitacyjnym jest, aby w przypadku cyklu publikacji były to publikacje powiązane tematycznie. Moim zdaniem prace [1]-[4] spełniają ten warunek będąc znaczącym wkładem w modele teoretyczne oparte na koncepcji fraktonów, hipotetycznych kwazicząstek/wzbudzeń pojawiających się w układach złożonych których symetria opisywana jest tzw. lokalną grupą fraktonową. Ta ostatnia otrzymana jest w wyniku wprowadzenia symetrii cechowania do teorio-polowego lagranżjanu wykazującego jedną z „nielorentzowskich” symetrii czasoprzestrzennych (i przez to w różnym znaczeniu „nierelatywistycznych”) zapostulowanych przez Henri Bacry’ego i Jean Marc Levy-Leblonda w pracy „Possible Kinematics”

opublikowanej 57 lat temu w *Journal of Mathematical Physics*. Wspomniana praca *de facto* przywołuje metodologię kontrakcji w algebrze Liego zastosowaną do algebr de Sittera lub Poincaré. Otrzymane drogą kontrakcji algebry, w tym algebrę Galileusza (kontrakcja $c \rightarrow \infty$) oraz Carrolla (kontrakcja $c \rightarrow 0$) poddane jednoparametrycznemu rozszerzeniu do algebr nazywanych algebrami Bargmanna lub Heisenberga, znalazły w ostatnich latach zastosowanie do algebraicznego opisu zjawisk elektromagnetycznych przebiegających w egzotycznym środowisku i wykazujących niecodzienne własności, np. zachowanie nie tylko ładunku, ale także momentu dipolowego. Oznacza to, że ruch dipoli – fraktonów - podlega ograniczeniom kinematycznym będących konsekwencją symetrii czasoprzestrzennych. Do tak sformułowanej teorii można wprowadzić lokalną symetrię cechowania z polami tensorowymi i znaleźć, *via* II-gie twierdzenie Noether, generowane przez te symetrie nowe prawa zachowania. Na poziomie teorii fundamentalnej procedura taka prowadzi do licznych pytań i wątpliwości, np. dotyczących zasady minimalnego sprzężenia, ale jednocześnie otwiera nowe drogi do budowy efektywnych modeli teorii wielu ciał zastosowanych do opisu niskoenergetycznych zjawisk zachodzących w układach złożonych, np. w mechanice ośrodków ciągłych lub w teorii transportu. W pracach [1] i [4] aparat matematyczny przedstawiony i przeanalizowany w pracach [2] i [3] znajduje zastosowanie w modelach hydrodynamicznych, przede wszystkim dla znalezienia równań materiałowych zgodnych z postulowaną symetrią co, w połączeniu z prawami zachowania, może prowadzić, i prowadzi, do niestandardowych równań ewolucji. Prace [1] i [4] są przykładami rozważań z zakresu fizyki matematycznej opartymi na sformułowaniu i analizie wybranych modeli. Wiodącym tematem jest hydrodynamika cieczy fraktonowych, w przypadku pracy [1] traktowanych jako ciecz idealna, natomiast w przypadku pracy [4] rozpatrywanej jako ciecz fraktonowa zachowująca moment dipolowy. Zgodnie z deklaracją autorów celem pracy [1] jest konstrukcja efektywnego modelu teorio-polowego adekwatnego do opisu cieczy fraktonowej. Umożliwione to jest użyciem teorio-polowej wersji formalizmu nawiasów Poissona prowadzącego, drogą żmudnych rachunków, do wniosku, że struktura poissonowska odpowiadająca ciecjom fraktonowym pozostaje taka sama jak dla cieczy klasycznych, natomiast zmieniają się relacje konstytutywne. Prowadzi to do nowych równań hydrodynamiki, których własności zilustrowane są na chiralnych i niechiralnych modelach. Nadmienić należy, że zgodnie z oświadczeniami autorów wszystkie obliczenia, kluczowe dla tej pracy, wykonał dr Peña Benitez. Praca [4] rozwija badania podjęte w pracy [1]. Dwaj spośród autorów pracy [1] oraz doktorant, mgr Aleksander Głódkowski, podają w niej zgodny z paradygmatem teorii fraktonowych model hydrodynamiki z symetrią translacyjną, rotacyjną oraz niezmienniczością względem ruchu dipoli. Wykorzystując powyższe symetrie autorzy formułują termodynamiczną teorię cieczy zachowującej ruch dipoli i analizują, metodami termodynamiki procesów nieodwracalnych, jej aspekt dyssypatywny. Zgodnie z oświadczeniami autorów ogromnie złożone obliczenia prowadzące do otrzymania praw zachowania uwzględniających zasady termodynamiki i stanowiące o znaczeniu pracy [4] prowadzili niezależnie od siebie dr Peña Benitez i mgr Głódkowski. Bezspornie świadczą to o ich znacznych umiejętnościach, pomysłowości i wytrwałości w prowadzeniu trudnych obliczeń algebraicznych co stanowi dobrą rekomendację dla dalszej działalności naukowej obu badaczy.

Uznanie dla rozległej wiedzy matematycznej Habilitanta, jego sprawności rachunkowej oraz umiejętności jej wykorzystania w konstrukcji modeli fizycznych sprawia, że moja ocena osiągnięcia habilitacyjnego przedstawionego przez dr. Peña Beniteza jest pozytywna, choć daleka od entuzjastycznej. W pracach włączonych do osiągnięcia habilitacyjnego można wskazać wkład Habilitanta i w moim odczuciu jest to wkład istotny.

3. Ocena całości dorobku naukowego kandydata

Zgodnie z przedstawioną przez Habilitanta dokumentacją (aktualną na 23 września 2023) jego opublikowany dorobek naukowy obejmuje: i.) współautorstwo (wraz z K. Landsteinerem i E. Megiasem) włączonego do monografii *Lecture Notes in Physics 871* rozdziału zatytułowanego *Anomalous Transport from Kubo Formulae*; ii.) 22 artykuły (prócz jednego współautorskie) w tym 4 włączone do osiągnięcia habilitacyjnego – prace te zostały opublikowane w uznanych przez środowisko czasopismach (*Physical Review Letters*, *Physical Review B*, *D* oraz *E*, *Physical Review Research*, *Frontiers in Physics* i *Journal of High Energy Physics*) i 16 z nich należy traktować jako opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora (połowa roku 2013 lub później); iii.) 6 artykułów opublikowanych w materiałach pokonferencyjnych. Do wymienionego dorobku publikacyjnego należy dodać 14 referatów wygłoszonych na międzynarodowych konferencjach.

Prace których autorem jest Habilitant powstawały w trakcie kolejnych, następujących po sobie, okresów jego zatrudnienia w zespołach badawczych (Uniwersytet w Madrycie, Uniwersytet Kreteński, INFN Perugia, Instytut Maxa Plancka w Dreźnie i wreszcie Politechnika Wroclawska) skupiających swoje działania na różnych aspektach i różnym podejściu do zjawisk transportu ładunku(-ów) (trywialnie mówiąc przewodności elektrycznej) przebiegających w materiałach o zróżnicowanym stopniu złożoności i uporządkowania/nieuporządkowania. W tym kontekście w pełni zrozumiałe jest angażowanie się Habilitanta w badania własności fazy skondensowanej materii z wykorzystaniem metod wywodzących się z teorii strun i kwantowej grawitacji zasady holograficznej, poprzez teorię spinorową Weyla użytą do opisu półprzewodników bez przerwy energetycznej, tzw. półmetali Diraca-Weyla, aż po konsekwencje narzucenia ograniczeń przestrzennych na kinematykę ładunków, bądź momentów ich rozkładu co jest ostatnio dominującym obiektem zainteresowania dr Peña Beniteza. Konieczność opanowywania nowych metod wynikająca z rozstrzelenia tematyki badawczej jest niewątpliwie stymulująca dla pracy badawczej, ale powoduje też spadek jej efektywności fałszywie mierzonej przeróżnymi wielkościami bibliometrycznymi, a wśród nich przed wszystkim liczbą publikacji, nie raz i nie dwa powstających jako klony tych samych rozważań i tekstów. W moim przekonaniu wszechstronność tematyki podejmowanej i udanie realizowanej przez Habilitanta (o czym świadczy liczba cytowań: Scopus 1113, WoS 958 i Google Scholar 1606) jest jego atutem, którego rangi nie obniża niewielka, jak na dziedzinę fizyki w której pracuje Habilitant, liczba publikacji. O uznaniu dokonań, umiejętności i ocenie dorobku Habilitanta świadczy także historia jego zatrudnienia bazującego na otrzymaniu, zapewne uzyskiwanych w drodze konkursów, długookresowych projektów badawczych w ośrodku INFN w Perugii i w Instytucie Maxa Plancka w Dreźnie, indywidualnego grantu NCN umożliwiającego pobyt w Instytucie Fizyki Teoretycznej Politechniki Wroclawskiej oraz

10 krótkoterminowych wizyt naukowych w renomowanych światowych ośrodkach naukowych. Moja ocena całości dorobku naukowego Habilitanta i jego aktywności w środowisku jest jednoznacznie pozytywna, szczególnie w aspekcie umiejętności skutecznego podejmowania nowej tematyki, włączania się w pracę wcześniej nieznanymi zespołami badawczymi i starań o granty.

4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Habilitant przez większość swojej dotychczasowej kariery naukowej był zatrudniany na stanowiskach badawczych w instytucjach naukowych nie prowadzących w szerszym zakresie dydaktyki uniwersyteckiej i w konsekwencji nie nakładających na swoich pracowników obowiązków dydaktycznych. Uległo to zmianie dopiero z podjęciem w 2021 roku zatrudnienia w Politechnice Wrocławskiej gdzie Habilitant prowadził/prowadzi kurs fizyki ogólnej dla studentów informatyki inżynierskiej oraz wykład *Podstawy Teorii Pól w Teorii Fazy Skondensowanej Materii* dla koła naukowego studentów fizyki NABLA. Habilitant jest obecnie odpowiedzialny za organizację seminariów w Instytucie Fizyki Teoretycznej na Politechnice Wrocławskiej. Był także opiekunem jednej pracy magisterskiej. W roku 2016, trakcie pobytu w ośrodku INFN w Perugii, Habilitant brał udział w przygotowaniu konferencji XII Spotkanie Avogadro, zaś w roku 2019 spotkania Quantum Matter Academy organizowanego przez Instytut Maxa Plancka w Dreźnie.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Habilitant pracuje w intensywnie rozwijającej się dziedzinie fizyki teoretycznej jaką jest wykorzystanie matematycznych metod teorii pola z symetrią cechowania (wypracowanych dla celów fizyki cząstek elementarnych, a obecnie zdominowanych przez zastosowania w kosmologii, kwantowej grawitacji i w poszukiwaniach tzw. „nowej fizyki”) do opisu i analizy zjawisk zachodzących w układach złożonych i ośrodkach materialnych wykazujących niecodzienne, nieraz egzotyczne, własności. Jest to ciekawy i obiecujący, a przy tym bez wątpienia modny, kierunek badań współczesnej fizyki, przede wszystkim fizyki matematycznej, ale także komputerowej. Dorobek Habilitanta, tak uzyskany do otrzymania stopnia doktora, jak i wcześniejszy, związany z rozprawą doktorską, został zauważony i doceniony przez środowisko otwierając drogę, po zamknięciu kilku kontraktów terminowych, do starań o uzyskanie stałego zatrudnienia – w moim odczuciu chodzi tu o Instytut Fizyki Teoretycznej Politechniki Wrocławskiej. Potrzebne jest do tego posiadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego i, w moim przekonaniu, dorobek oraz droga naukowa dr. F. J. Peña Beniteza uprawniają go do uzyskania tego stopnia. Oceniając wniosek jako spełniający wymagania ustawowe określone Ustawą z dnia 20 lipca 2018, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z późniejszymi zmianami, Dz. Ustaw z 2022, poz. 574, a także wymagania zwyczajowe stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego zwracam się do Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie dr. Francisco José Peña Beniteza do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

