

**AGH**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Kraków 24.01.2024

Prof. dr hab. Danuta Kisielewska
emerytowany profesor
Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej

**Ocena osiągnięcia naukowego dra Pawła Sznajdera pt. „Badanie trójwymiarowej struktury hadronów w erze nowych eksperymentów”
w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
w dziedzinie Nauk Ścisłych i Przyrodniczych w dyscyplinie Nauki Fizyczne**

Podstawowe dane o kandydacie

Dr Paweł Sznajder Jest fizykiem doświadczalnym. Zajmuje się również fenomenologią i teorią w fizyce cząstek elementarnych. Dyplom magistra inżyniera uzyskał w 2009 roku w oparciu o rozprawę „Porównanie ekskluzywnej produkcji mezonów ρ i ϕ w eksperymencie COMPASS” na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej (praca magisterska wykonana we współpracy z Instytutem Problemów Jądrowych im. A. Sołtana, obecnie Narodowe Centrum Badań Jądrowych). **Stopień naukowy doktora** w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyki nadała mu Rada Naukowa Narodowego Centrum Badań Jądrowych w dniu **14 lipca 2015 roku** na podstawie rozprawy doktorskiej pod tytułem „**Study of azimuthal asymmetries in exclusive leptoproduction of vector mesons on transversely polarised protons and deuterons**”.

Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Dr Paweł Sznajder był zatrudniony od 11.2998 do 11.2015 w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Zakładzie Fizyki Wielkich Energii na stanowisku fizyka, a od 11.2015 do chwili obecnej również w Narodowym Centrum Badań Jądrowych, w Zakładzie Fizyki Teoretycznej na stanowisku adiunkta. W okresie od 11.2015 do 12.2016 odbył staż podoktorski w Institut de Physique Nucleaire w Orsay (obecnie Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irene Joliot-Curie).

Wniosek kandydata jest z dnia 24 sierpnia 2023 roku – a obowiązująca ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku (Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce)

Informacja o ocenianych osiągnięciach naukowych

Przedstawione przez dra Pawła Sznajdera osiągnięcie jako podstawa ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego to **cykl 15 powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany „Badanie trójwymiarowej struktury hadronów w erze nowych eksperymentów”**

Według bazy danych inspire hep (stan z 18.08.2023) na dorobek naukowy dra Sznajdera składają się **82 publikacje naukowe**, w tym opublikowanych prac jest **64**. Większość artykułów powstała w ramach eksperymentu COMPASS, ze znaczną liczbą współautorów, zgodnie z regułami autorstwa obowiązującymi w kolaboracji. Prace zadeklarowane jako **cykl** są kilkauworskie. Liczba cytowań

wynosi **3991**, **Indeks Hirscha** dra Pawła Sznajdera wynosi **35**, a średnia liczba cytowań na publikację wynosi **487**.

Aktywność naukową Kandydata charakteryzuje również **współpraca z wieloma światowymi ośrodkami naukowymi**: CEA, IPN Orsay, Ecole Polytechnique, BNL, Uniwersytet w Stony Brook, Institute of Modern Physics (China), owocująca wspólnymi publikacjami.

Habilitant wystąpił na **36 międzynarodowych konferencjach naukowych** (22 jego referaty miały status „zaproszonych”) i na 10 międzynarodowych i krajowych seminariach naukowych.

Zwraca uwagę aktywność Kandydata w organizacji konferencji naukowych przejawiająca się w udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych W okresie pięciu lat pełnił takie funkcje ośmiokrotnie.

Dr Paweł Sznajder aktywnie uczestniczy w realizacji **projektów badawczych**. Funkcję kierownika i głównego wykonawcy pełnił (-ni): w porozumieniu CRADA między NCBJ i JLab (USA), stypendium francuskiego rządu, projekcie NCN SONATA 15, ministerialnego grantu dla wyróżniających się młodych naukowców. Wykonawcą lub jednym z głównych wykonawców był w: projekcie Laboratory Directed Research & Development BNL, STRONG2020 by European Union (Research and Innovation programme), projektach NCN HARMONIA 1, 7 i 9, projekcie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego POLONIUM i projekcie CNF – Center for Nuclear Femtografy.

Wyrazem aktywności naukowej Kandydata jest również **członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych**: Electron-Ion Collider Users Group, ECFA Early Career Researchers debate on European Strategy for Particle Physics, Polish community of EIC users, ECFA Early Carrer Researchers Panel, Polskie Towarzystwo Fizyczne.

Ponieważ instytucja zatrudniająca Kandydata nie prowadzi w zasadzie własnej dydaktyki dr Paweł Sznajder prowadził tylko dwa semestralne wykłady, ale jako **praktykę dydaktyczną** można potraktować liczne seminaria wygłoszone na Uniwersytecie Jagiellońskim, AGH, EIC PL, Uniwersytecie Warszawskim (2), BNL Brookhaven, JLab Newport News (3), COMPASS meeting Geneva. W jednym z seminariów uczestniczyłam i rozumiem dlaczego różne instytucje chętnie zapraszają Kandydata do prezentowania referatów profesjonalnych a jednocześnie przystępnych i prowokujących dyskusję.

Ocena wraz z uzasadnieniem

Przedstawione przez dra Pawła Sznajdera osiągnięcie naukowe to cykl 15 powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany „Badanie trójwymiarowej struktury hadronów w erze nowych eksperymentów”. Wyniki opisane w tych pracach dotyczą kompleksowego badania rozkładów GPD (Generalised Parton Distributions), studiów teoretycznych i fenomenologicznych z użyciem danych eksperymentalnych, nowych metod modelowania, rozwoju narzędzi obliczeniowych, oraz przygotowania propozycji dla nowych eksperymentów do testowania tej gałęzi fenomenologii.

Chronologiczna lista tych artykułów jest następująca:

[P1] PARTONS: PARtonic Tomography Of Nucleon Software : A computing framework for the phenomenology of Generalized Parton Distributions, B. Berthou et al., Eur. Phys. J. C 78 (2018) 6, 478

[P2] Border and skewness functions from a leading order fit to DVCS data, H. Moutarde, P. Sznajder, J. Wagner, Eur. Phys. J. C 78 (2018) 11, 890

- [P3] Unbiased determination of DVCS Compton Form Factors, H. Moutarde, P. Sznajder, J. Wagner, Eur. Phys. J. C 79 (2019) 7, 614
- [P4] Data-driven study of timelike Compton scattering, O. Grocholski, H. Moutarde, B. Pire, P. Sznajder, J. Wagner, Eur. Phys. J. C 80 (2020) 2, 171
- [P5] An experimental program with high duty-cycle polarized and unpolarized positron beams at Jefferson Lab, A. Accardi et al., Eur. Phys. J. A 57 (2021) 8, 261
- [P6] Phenomenological assessment of proton mechanical properties from deeply virtual Compton scattering, H. Dutrieux et al., Eur. Phys. J. C 81 (2021) 4, 300
- [P7] Electron-ion collider in China, D. P. Anderle et al., Front. Phys. 16 (2021) 6, 64701
- [P8] Science Requirements and Detector Concepts for the Electron-Ion Collider : EIC Yellow Report, R. Abdul Khalek et al., Nucl. Phys. A 1026 (2022) 122447
- [P9] Deconvolution problem of deeply virtual Compton scattering, V. Bertone, H. Dutrieux, C. Mezrag, H. Moutarde, P. Sznajder, Phys. Rev. D 103 (2021) 11, 114019
- [P10] Impact of a positron beam at JLab on an unbiased determination of DVCS Compton form factors, H. Dutrieux, V. Bertone, H. Moutarde, P. Sznajder, Eur. Phys. J. A 57 (2021) 8, 250
- [P11] Collinear factorization of diphoton photoproduction at next to leading order, O. Grocholski, B. Pire, P. Sznajder, L. Szymanowski, J. Wagner, Phys. Rev. D 104 (2021) 11, 114006
- [P12] Artificial neural network modelling of generalised parton distributions, H. Dutrieux, O. Grocholski, H. Moutarde, P. Sznajder, Eur. Phys. J. C 82 (2022) 3, 252, Eur. Phys. J. C 82 (2022) 5, 389 (erratum)
- [P13] Phenomenology of diphoton photoproduction at next-to-leading order, O. Grocholski, B. Pire, P. Sznajder, L. Szymanowski, J. Wagner, Phys. Rev. D 105 (2022) 9, 094025
- [P14] EpIC: novel Monte Carlo generator for exclusive processes, E.C. Aschenauer et al., Eur. Phys. J. C 82 (2022) 9, 819
- [P15] Phenomenology of double deeply virtual Compton scattering in the era of new experiments, K. Deja, V. Martinez-Fernandez, B. Pire, P. Sznajder, J. Wagner, Phys. Rev. D 107 (2023) 9, 094035

Z formalnego punktu widzenia we wniosku zostały przedstawione precyzyjne deklaracje Kandydata dotyczące Jego udziału w poszczególnych pracach i oświadczenia współautorów o ich wkładzie merytorycznym i pomocniczym. Analiza tej dokumentacji, w moim przekonaniu, czyni zadość wymaganiu wiodącej roli dra Pawła Sznajdera we współautorskich publikacjach.

Prace zostały opublikowane w czołowych światowych czasopismach z dziedziny fizyki cząstek elementarnych takich jak Physical Review D, European Physical Journal C i European Physical Journal A, Nuclear Physics A i są afiliowane w większości przez 2 - 5 współautorów. Pięć pozycji z listy dotyczących: platformy obliczeniowej dla GPD [P1], eksperymentalnego programu Jefferson LAB [P5], projektu zderzacza elektron-jon w Chinach [P7], koncepcji detektorów dla EIC w BNL [P8] (EIC Yellow Report) i generatora Monte Carlo EpIC [P14] wymagało autorstwa większych gremiów wykonawców, ale i w tych pracach udział Habilitanta został precyzyjnie określony.

Badanie trójwymiarowej struktury nukleonów z zastosowaniem formalizmu uogólnionych rozkładów partonów (GPD) jest dziś jednym z najefektywniejszych narzędzi wiążących teorię z doświadczalnymi obserwacjami. Patrząc pod kątem widzenia przygotowania przyszłych eksperymentów ważny jest dobór procesów ekskluzywnych czułych na rozkłady GPD i rozwój narzędzi obliczeniowych. Do badania rozkładów GPD a także standardowych rozkładów partonów PDF (Parton Distribution Functions) w koncepcji Habilitanta zostały wybrane: głęboko-wirtualne rozpraszanie comptonowskie (DVCS - Deeply Virtual Compton Scattering), czasopodobne głęboko-wirtualne rozpraszanie comptonowskie (TCS – Timelike Compton Scattering) i podwójnie głęboko-

wirtualne rozpraszanie comptonowskie (DDVCS – Double Deeply Virtual Compton Scattering). Jak chodzi o istniejące już dane doświadczalne w tzw. globalnym ficie uwzględnione zostały wyniki eksperymentów HERMES w DESY, COMPASS w CERN-ie, Hall-A i CLAS w Jefferson Lab-ie).

Wartość koncepcji zaproponowanej przez Habilitanta należy rozważać w trzech kategoriach:

- Prace nad opisem procesów DVCS, TCS, DDVCS i ekskluzywnej produkcji mezonów i par fotonów i ich zastosowania do rekonstrukcji rozkładów GPD, propozycjami nowych parametryzacji i nowych metod modelowania, między innymi w oparciu o metodę uczenia maszynowego,
- Rozwój narzędzi informatycznych obsługujących rekonstrukcję rozkładów GPD z danych doświadczalnych, takich jak rozwój generatora Monte Carlo EpIC, oraz zaimplementowanie na platformie PARTONS obsługi nowych procesów,
- Udział w projektowaniu nowych eksperymentów i założeń konstrukcyjnych detektorów – zderzacza elektron-jon w Chinach (EIC), koncepcji detektorów dla EIC w BNL.

W tych kategoriach do najbardziej znaczących osiągnięć naukowych dra Pawła Sznajdera, które stanowią ważny wkład w rozwój dyscypliny moim zdaniem należą:

1. Prace [P2] (**37 cytowań**), [P3] (**36 cytowań**) i [P4] (**17 cytowań**) [P6] (**30 cytowań**) . W pierwszej z nich zaproponowano nowe parametryzacje funkcji granicznej i funkcji skośności, które zgodne są z założeniami teoretycznymi i odtwarzają związki rozkładów GPD z elastycznymi czynnikami struktury i jednowymiarowymi PDF-ami. Parametryzacje zostały powiązane z czynnikami struktury Comptona. Zaproponowane parametryzacje dobrze odtwarzają dane eksperymentalne. Zaletą analizy jest dbałość o właściwą propagację błędów eksperymentalnych, która została wykonana metodą replik. Zaproponowana w pracy [P2] parametryzacja kreuje trudną do określenia niepewność modelową. Nietrywialne i efektywne rozwiązanie tego problemu autorzy, z wiodącym udziałem Habilitanta, proponują w pracy [P3]. Jest nim użycie sztucznych sieci neuronowych do badań amplitud procesów ekskluzywnych. Wyrafinowana procedura adaptacji metody sieci neuronowych do rekonstrukcji GPD dała dobre dopasowanie, a także dostarczyła nowego narzędzia, dobrze udokumentowanego, do tego typu analiz. Trzecią wartą uwagi z tej serii jest praca [P4], w której parametryzację czynników struktury Comptona uzyskaną w pracy [P3] dla procesu DVCS wykorzystano do przewidywań obserwabli dla reakcji TCS. W pracy wykazano, że pomiary reakcji TCS są komplementarne w stosunku do procesu DVCS, a została ona opublikowana tuż przed pierwszym pomiarem procesu TCS przez eksperyment CLAS. Wartością tego kompletu prac dla „społeczności GPD”, bo tak chyba można nazwać coraz większą grupę fenomenologów uprawiających tę metodykę, jest stworzenie warsztatu dla dalszych analiz, wskazanie konieczności rozszerzenia opisu procesów DVCS i TCS i kierunku poszukiwań nowych źródeł informacji o rozkładach takich jak DDVCS.
2. Powstanie i rozwój międzynarodowej platformy obliczeniowej PARTONS (Partonic Tomography Of Nucleon Software) zapewnia powiązanie modeli GPD z różnymi obserwabkami definiowanymi dla procesów ekskluzywnych. Praca [1] (**56 cytowań**) jest cenna dla teoretyków, fenomenologów i doświadczalników ponieważ stwarza możliwość implementacji numerycznych modeli GPD i ich konfrontacji z doświadczeniem. Spośród jedenastu autorów tej publikacji Habilitant znacząco przyczynił się do jej powstania, co wynika z oświadczeń współautorów i załączonego listu prof. Herve Moutarde dyrektora LSN (Nucleon Structure Laboratory) w Saclay. Drugim ważnym osiągnięciem Kandydata w kategorii narzędzi informatycznych jest współautorstwo nowego generatora Monte Carlo EpIC szeroko używanego do projektowania nowych eksperymentów przy EIC i EicC i w Jefferson Lab.

3. Ważnym osiągnięciem Habilitanta jest włączenie się planowanie nowych eksperymentów. Prace nad tzw. yellow raport precyzującym wymagania stawiane amerykańskiemu zderzaczowi EIC powstającemu w BNL dają przepustkę do udziału w eksperymencie na tym zderzacz w momencie jego powstania. Dr Paweł Sznajder swoim wkładem w ocenę mierzalności procesów DVCS i ekskluzywnej produkcji mezonów π^{0-} zapewnił sobie współautorstwo raportu [P8] (**617 cytowań**), a także prawdopodobny udział w przyszłym eksperymencie. Kandydat brał także udział w opracowaniu tzw. białego raportu [P7] (**180 cytowań**) opublikowanego jako Review Article w Frontiers of Physics przedstawiającego motywację powstania chińskiego zderzacza elektron-jon (EicC) i możliwości eksperymentów przy jego użyciu.

Podsumowanie i konkluzja

Dr Paweł Sznajder rozpoczął badania w eksperymentalnej fizyce cząstek elementarnych. Z prac, które przedstawił jako osiągnięcie naukowe wynika, że Jego dalsza działalność ukierunkowała się, i to z powodzeniem, w stronę fenomenologii a nawet fizyki teoretycznej. W moim przekonaniu badania fenomenologiczne oparte na dobrych teoretycznych podstawach z solidną wiedzą w zakresie eksperymentu, w szczególności w fizyce cząstek elementarnych, rokują modelowy rozwój naukowy Kandydata. Zagadnienie, na którym się skoncentrował to kompleksowe badania GPD (Generalised Parton Distributions) prowadzące do poznania trójwymiarowej struktury nukleonu. Ambitny program, sądząc choćby po tytule „osiągnięcia”, a także dotychczasowych wynikach ma duże szanse powodzenia. Niebagatelne znaczenie w realizacji tego zamierzenia ma szeroka współpraca międzynarodowa, w szczególności w zakresie planowania przyszłych akceleratorów i detektorów jak również obsługi informatycznej eksperymentów. Dr Paweł Sznajder jest cenionym partnerem w zespołach teoretyków, eksperymentatorów i informatyków, które utworzyły się wokół pionierskich badań struktury nukleonu z zastosowaniem rozkładów GPD.

Stwierdzam, że osiągnięcie naukowe dra Pawła Sznajdera spełnia merytoryczne wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego zgodnie z wymaganiami stawianymi w art. 219 ust. 1 pkt. 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.

Wnoszę o dopuszczenie dra Pawła Sznajdera do dalszych etapów postępowania w sprawie o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.



Danuta Kisielewska