

prof. dr hab. Zbigniew Puchała
Instytut Informatyki
Teoretycznej i Stosowanej PAN
ul. Bałtycka 5, 44-100 Gliwice

Gliwice, 3 kwiecień 2025 r.

Recenzja rozprawy habilitacyjnej i całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dra Johna Selby'ego

Podstawowe dane o kandydacie

- Kandydat uzyskał stopień doktora z Fizyki w roku 2018 w Imperial College London, Londyn, Wielka Brytania.
- Ukończone studia.
 - mgr nauk z dziedziny Kontrolowanej Dynamiki Kwantowej, Listopad 2014. Praca dyplomowa: „A process theory approach to possibilistic theories”. Imperial College London, Londyn, Wielka Brytania.
 - mgr z Fizyki Teoretycznej, Wrzesień 2013. Praca dyplomowa: „Tomographic locality in reconstructions of quantum theory”. Perimeter Institute and University of Waterloo, Waterloo, Canada
 - mgr z Fizyki, Sierpień 2012. Praca dyplomowa: „Modelling methods for predictive microbiology”. Imperial College London, Londyn, Wielka Brytania.
- Przebieg pracy naukowo-zawodowej:
 - **Kierownik zespołu.** Zespół kompozycyjnych podstaw fizyki Marzec 2022 – obecnie. Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych, Uniwersytet Gdański, Polska.
 - **Adiunkt.** Październik 2019 – obecnie. Grupa Nowych Zasobów Kwantowych i Termodynamiki Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych, Uniwersytet Gdański, Polska.
 - **Pracownik naukowy z tytułem doktora.** Wrzesień 2017 – Wrzesień 2019. Instytut Fizyki Teoretycznej Perimeter.

Strona formalna wniosku

Obiektem oceny habilitanta jest, według art. 219 ust 1. pkt 2b Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, osiągnięcie naukowe w postaci jednotematycznego cyklu publikacji pt. *Spostrzeżenia na temat podstaw fizyki i przetwarzania informacji wynikające z paradygmatu uogólnionych teorii probabilistycznych*.

Według ustawy stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- posiada stopień doktora;
- posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - 1 monografię naukową, wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
 - 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowym lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykuły w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub
 - 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
- wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.
- Osiągnięcie może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

Ocena dorobku naukowego

- Tytuł osiągnięcia naukowego przedstawionego do oceny: *Spostrzeżenia na temat podstaw fizyki i przetwarzania informacji wynikające z paradygmatu uogólnionych teorii probabilistycznych*.
- Dane naukometryczne. Dane różnią się w różnych bazach. Według Google Scholar: Indeks H: 18, 985 cytowań.

Zarówno indeks Hirscha jak i indeks cytowań nie stanowi kryterium oceny habilitanta. Są one zbyt zależne od wielu niemerytorycznych czynników.

- Wszystkie artykuły przedstawione jako osiągnięcie naukowe opublikowane są w bardzo dobrych (w zakresie swojej specjalizacji) czasopismach.
- Habilitant przed doktoratem opublikował 10 artykułów w recenzowanych czasopismach naukowych oraz 1 artykuł opublikowany w recenzowanych materiałach konferencyjnych. Po doktoracie 7, nie licząc 13 przedstawionych jako osiągnięcie naukowe.
- Habilitant odegrał kluczową rolę w powstaniu publikacji składających się na osiągnięcie naukowe dotyczących uogólnionych teorii probabilistycznych oraz ich zastosowań w badaniach nad nieklasyczością, kontekstualnością i teorią zasobów. Jego wkład obejmował zarówno inicjowanie projektów, opracowywanie kluczowych idei i formalizmu matematycznego, jak i prowadzenie dowodów głównych wyników. Był także zaangażowany w proces przygotowywania manuskryptów, ich przesyłania do recenzji oraz odpowiadania na uwagi recenzentów. Jego specjalistyczna wiedza w zakresie formalizmu diagramowego i programowania matematycznego była nieoceniona przy opracowywaniu nowych metod analizy teoretycznej. W kilku projektach pełnił rolę lidera, kierując pracami zespołu badawczego oraz wyznaczając główne kierunki badań. Fakty te są potwierdzone odpowiednimi oświadczeniami współautorów.

Badania habilitanta koncentrują się na fundamentalnych aspektach teorii kwantowej, a w szczególności na jej relacji do innych teorii probabilistycznych. Jego prace osadzone są w ramach uogólnionych teorii probabilistycznych (GPT – Generalised Probabilistic Theories), które stanowią formalizm pozwalający na porównanie różnych teorii fizycznych, w tym klasycznej i kwantowej. Kluczowym celem badań jest lepsze zrozumienie, co wyróżnia teorię kwantową spośród innych możliwych opisów rzeczywistości.

Ponadto habilitant bada kwestie związane z kontekstualnością i nieklasyczością różnych systemów fizycznych. Jego badania obejmują także analizę struktur matematycznych stojących za teorią kwantową oraz próbę rozszerzenia jej formalizmu w kierunku bardziej ogólnych teorii probabilistycznych.

Habilitant skupia się na trzech głównych kierunkach badawczych:

1. **Badanie możliwości przetwarzania informacji w uogólnionych teoriach probabilistycznych** – analiza teoretyczna pozwala określić, jakie operacje informacyjne są możliwe w różnych teoriach, w tym w teorii kwantowej, oraz jakie ograniczenia wynikają z ich struktury matematycznej.

2. **Rozwój geometrycznego i kompozycyjnego rozumienia nieklasyczości natury** – dąży do matematycznego opisania aspektów, które odróżniają mechanikę kwantową od fizyki klasycznej, w tym właściwości nieklasycznych korelacji i ich znaczenia dla teorii informacji.
3. **Opracowanie kompozycyjnych podejść do kwantyfikacji kluczowych zasobów kwantowych** – jego badania przyczyniają się do określenia i formalizacji zasobów kluczowych dla zastosowań w informatyce kwantowej, takich jak sterowanie postkwantowe, niekontekstualność i struktury stożkowe w teoriach probabilistycznych.

Habilitant zajmuje się również zagadnieniami dotyczącymi fundamentalnych ograniczeń wynikających z mechaniki kwantowej, takich jak niemożność niektórych form komunikacji i obliczeń, oraz sposobami ich przewyższenia poprzez wykorzystanie zasobów kwantowych. Badania te mają znaczenie zarówno dla teoretycznych podstaw fizyki, jak i dla rozwoju technologii informacyjnych.

Znaczenie wyników badań. Wyniki badań habilitanta mają istotne znaczenie dla fizyki teoretycznej i informatyki kwantowej. Przede wszystkim, jego prace pozwalają lepiej zrozumieć podstawy mechaniki kwantowej, szczególnie w kontekście jej zgodności i różnic względem innych potencjalnych teorii probabilistycznych. Jest to kluczowe nie tylko dla fundamentalnej fizyki, ale także dla zastosowań praktycznych, takich jak kryptografia kwantowa i obliczenia kwantowe.

Jednym z istotnych osiągnięć jest wykazanie, że pewne struktury matematyczne pozwalają na jednolite ujęcie problemów optymalizacyjnych w teorii klasycznej, kwantowej i w ramach uogólnionych teorii probabilistycznych. Może to prowadzić do nowych metod analizy i optymalizacji systemów kwantowych, co jest istotne zarówno dla rozwoju teoretycznego, jak i dla technologii związanych z komputerami kwantowymi.

Habilitant przyczynił się również do lepszego zrozumienia fundamentalnych właściwości nieklasycznych systemów kwantowych. Jego badania nad kontekstualnością i uogólnionymi modelami probabilistycznymi rzucają nowe światło na fundamentalne pytania dotyczące natury rzeczywistości fizycznej. Wyniki tych badań mogą mieć zastosowanie w nowych paradygmatach obliczeniowych i komunikacyjnych, w tym w opracowywaniu odpornej na błędy kwantowej teorii informacji.

Dzięki swojemu interdyscyplinarnemu podejściu, habilitant wnosi znaczący wkład do rozwijania narzędzi matematycznych i koncepcyjnych, które mogą znaleźć zastosowanie w dalszych badaniach nad kwantową teorią informacji i jej przyszłymi implikacjami dla nauki i technologii. Jego prace stanowią istotny wkład w rozwiązywanie otwartych problemów dotyczących ograniczeń i możliwości oferowanych przez mechanikę kwantową oraz jej relacji do innych formuł probabilistycznych.

Osiągnięcia dydaktyczne

Dr John H. Selby prowadził zajęcia akademickie na Uniwersytecie Gdańskim oraz w Perimeter Institute for Theoretical Physics:

Uniwersytet Gdański (2021-obecnie)

- „Zaawansowane zagadnienia w podstawach kwantowych: teorie zasobów” (2 wykłady, 4 godziny, wiosna 2023-24)
- „Kategoryczna Teoria Kwantowa vel Diagramowa Teoria Kwantowa” (15 wykładów, 30 godzin, wiosna 2022-24)
- „Sygnatury nieklasyczości” (15 zajęć recytatorskich, 30 godzin, zima 2022)

Uniwersytet Gdański (2020)

- Asystent dydaktyczny w Szkole Doktoranckiej
- Opracowanie i ocenianie 10 arkuszy ćwiczeń z „Sygnatur nieklasyczości”

Perimeter Institute for Theoretical Physics (lipiec 2018)

- Wykładowca cyklu seminariów, w tym:
 - „Teorie procesów i matematyka diagramowa”
 - „Wprowadzenie do teorii symetrycznych kategorii monoidalnych”
 - „Przeformułowanie teorii kwantowej jako teorii procesu”

Osiągnięcia organizacyjne

Dr Selby uczestniczył w organizacji licznych konferencji, warsztatów i seminariów:

- **Współorganizator:** „Picturing quantum weirdness”, Uniwersytet Gdański, sierpień 2023
- **Główny organizator:** „Quantum Physics and Logic”, Uniwersytet Gdański, czerwiec 2021
- **Członek komitetu programowego:** „Quantum Physics and Logic” (2021-obecnie) – Gdańsk, Oxford, Paryż

- **Organizator:** Seria seminariów na temat podstaw kwantowych, Perimeter Institute, 2018-2019
- **Współorganizator:** Konferencja „Podstawy mechaniki kwantowej”, Perimeter Institute, 2018
- **Członek komitetu programowego:** Q-Turn: Changing Paradigms in Quantum Science, 2018-2020

Osiągnięcia w dziedzinie popularyzacji nauki

Dr Selby aktywnie angażuje się w popularyzację nauki:

- **Artykuł na okładce magazynu New Scientist** (wrzesień 2024):
 - „Can we solve quantum theory’s biggest problem by redefining reality?”
 - Współautorzy: David Schmid i Robert W. Spekkens

Ocena i wnioski końcowe

Uważam, że całokształt aktywności naukowej, organizacyjnej i dydaktycznej dr. Johna H. Selby’ego jest **pozytywny** i uważam, że **spełnia ze znacznym nadmiarem** wymagania stawiane przez stosowną ustawę. Na podstawie przedstawionej analizy **popieram wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych** dr. Johnowi H. Selby’emu.

prof. dr hab. Zbigniew Puchała