

Prof. dr hab. Marek Czachor

Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej

Politechnika Gdańska

Recenzja wniosku doktora **Johna H. Selby** o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne, na podstawie jednotematycznego cyklu publikacji pt. *Foundational insights on physics and information processing arising from the paradigm of generalised probabilistic theories*.

1. Dane o karierze naukowej osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:

Doktorat: 01.01.2018, Doctor of Philosophy, Imperial College London; rozprawa doktorska pt. *A process theoretic triptych: two roads to the emergence of classicality, reconstructing quantum theory from diagrams, looking for post-quantum theories*.

Zatrudnienie: Obecnie, kierownik zespołu badawczego, Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych, Uniwersytet Gdański. W latach akademickich 2017/18 i 2018/19 postdok w Perimeter Institute, Waterloo, Kanada.

Stwierdzam, iż spełniona jest przesłanka, o której mowa w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, dotycząca posiadania stopnia doktora oraz przedstawienia cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych. Spełniona jest również przesłanka, o której mowa w art. 219 ust. 3 powyższej ustawy, dotycząca wykazania się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Dane o dorobku naukowym osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Dr Selby jest współautorem 23 artykułów opublikowanych w bardzo dobrych czasopiśmie naukowych („dobrych”, czyli wysoko cenionych przez Ministerstwo, 200-punktowych, takich jak Physical Review Letters czy npj Quantum Information, lub cenionych nisko w rankingach ministerialnych, lecz posiadających długą tradycję publikowania fundamentalnych prac z podstaw fizyki kwantowej, takich jak Foundations of Physics, czy wreszcie czasopiśmie nowych, lecz o bardzo dużym zasięgu, takich jak Quantum czy Entropy), 9 nieopublikowanych preprintów w arXiv.org (z czego 8 nie uwzględniono w autoreferacie, gdyż pojawiły się latach 2024-2025, zapewne już po przygotowaniu wniosku), a także jednego artykułu opublikowanego w bardzo dobrych materiałach konferencyjnych. Żadna publikacja nie jest jednoautorska, co jest dość charakterystyczne dla osób współpracujących równocześnie z kilkoma zespołami badawczymi. Niemniej, zarówno po lekturze oświadczeń współautorów, jak i po analizie 13 prac wchodzących w skład przedstawionego cyklu publikacji, nie ulega dla mnie wątpliwości, iż dr Selby jest całkowicie samodzielnym fizykiem teoretykiem, posiadającym bardzo duże kompetencje w dziedzinie kwantowej teorii informacji – a przedstawiony cykl prac jest w dużym stopniu jego własnym dziełem. Zresztą, bardzo wysoka ranga czasopiśmie, w których publikacje się ukazywały, całkowicie kompensuje ich wieloautorskość. W dniu składania rozprawy dane bibliograficzne dra Selby wyglądały następująco: wg Google Scholar, 31 recenzowanych prac, całkowita liczba cytowań 985, H-indeks 18; wg Web of Science, 21 recenzowanych prac, całkowita liczba cytowań 372 (bez autocytowań 281), H-indeks 14. Inną miarą rozpoznawalności dra Selby w środowisku naukowym są omówienia jego prac, pojawiające się w obiegu popularnonaukowym – przykładowo, dwa artykuły opublikowane przez redakcję New Scientist, czy artykuł w Physics Magazine, wydawanym przez American Physical Society,

3. Cykl publikacji tworzący rozprawę habilitacyjną.

Cykl tworzą następujące artykuły (numeracja [A-M] tak jak w autoreferacie):

[A] Jamie Sikora and John Selby. Simple proof of the impossibility of bit commitment in generalized probabilistic theories using cone programming. *Physical Review A* **97**, 042302, 2018.

[B] John H Selby and Jamie Sikora. How to make unforgeable money in generalised probabilistic theories. *Quantum* **2**, 103, 2018.

[C] Jamie Sikora and John H Selby. Impossibility of coin flipping in generalized probabilistic theories via discretizations of semi-infinite programs. *Physical Review Research* **2**, 043128, 2020.

[D] John H Selby and Ciarán M Lee. Compositional resource theories of coherence. *Quantum* **4**, 319, 2020.

[E] David Schmid, John H Selby, Matthew F Pusey, and Robert W Spekkens. A structure theorem for generalized-noncontextual ontological models. *Quantum* **8**, 1283, 2024.

[F] Thomas D Galley, Flaminia Giacomini, and John H Selby. A no-go theorem on the nature of the gravitational field beyond quantum theory. *Quantum* **6**, 779, 2022.

[G] David Schmid, John H Selby, Elie Wolfe, Ravi Kunjwal, and Robert W Spekkens. Characterization of noncontextuality in the framework of generalized probabilistic theories. *Physical Review X Quantum* **2**, 010331, 2021.

[H] John H. Selby, David Schmid, Elie Wolfe, Ana Belén Sainz, Ravi Kunjwal, and Robert W. Spekkens. Contextuality without incompatibility. *Physical Review Letters* **130**, 230201, 2023.

[I] John H. Selby, David Schmid, Elie Wolfe, Ana Belén Sainz, Ravi Kunjwal, and Robert W. Spekkens. Accessible fragments of generalized probabilistic theories, cone equivalence, and applications to witnessing nonclassicality. *Physical Review A* **107**, 062203, 2023.

[J] Paulo J Cavalcanti, John H Selby, Jamie Sikora, Thomas D Galley, and Ana Belén Sainz. Post-quantum steering is a stronger-than-quantum resource for information processing. *npj Quantum Information* **8**, 76, 2022.

[K] Paulo J Cavalcanti, John H Selby, Jamie Sikora, and Ana Belén Sainz. Decomposing all multipartite non-signalling channels via quasiprobabilistic mixtures of local channels in generalised probabilistic theories. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* **55**, 404001, 2022.

[L] David Schmid, Haoxing Du, John H Selby, and Matthew F Pusey. Uniqueness of noncontextual models for stabilizer subtheories. *Physical Review Letters* **129**, 120403, 2022.

[M] John H. Selby, Elie Wolfe, David Schmid, Ana Belen Sainz, and Vinicius P. Rossi. Linear program for testing nonclassicality and an open-source implementation. *Physical Review Letters* **132**, 050202, 2024.

Cykl został opatrzony obszernym, jasno napisanym streszczeniem i podsumowaniem wyników, w pewnym sensie mającym strukturę tradycyjnej rozprawy habilitacyjnej. Bardzo ułatwia to czytelnikowi zapoznanie się z obszernym materiałem. Jasność wyводу oraz umieszczenie konkretnych wyników w szerokim kontekście jest kolejnym dowodem na bardzo dużą kompetencję

wnioskodawcy.

Wspólnym mianownikiem niemal wszystkich artykułów jest pojęcie uogólnionej teorii probabilistycznej, rozumianej w sposób zaproponowany w klasycznej pracy przez Abramsky'ego i Coecke w ich kategoryalnej mechanice kwantowej (Bob Coecke był kopromotorem rozprawy doktorskiej J. H. Selby'ego). W podejściu kategoryalnym teoria uogólniona to taka, w której daje się wyodrębnić strukturę podukładów, reguły ich składania w układy większe, oraz wejście (stany) i wyjście (efekty pomiarów), a dynamika określona jest przez morfizm kategorii. Tak sformułowany formalizm pozwala spojrzeć na mechanikę kwantową lub klasyczną jako dwa szczególne przykłady teorii kategoryalnych, gdzie reguły składania układów zadane są przez iloczyny tensorowe lub kartezyjańskie. Formalizm ma również przełożenie „inżynierskie”, gdyż można go zastosować do analizy układów utworzonych z bramek kwantowych, a więc do komputerów kwantowych. Nie wyklucza on istnienia teorii innych, ogólniejszych, o bliżej niesprecyzowanej strukturze formalnej, np. pośrednich między teoriami kwantowymi i klasycznymi – właśnie w takim kontekście należy rozpatrywać prace tworzące rozprawę habilitacyjną. Nie jest jasne, do jakiego stopnia paradygmat Abramsky'ego-Coecke pozwala na rozpatrywanie teorii nieliniowych, lub takich, w których równocześnie pojawiają się nierównoważne struktury tensorowe. Interesującym zagadnieniem otwartym jest analiza kategoryalna układów formalnie izomorficznych, a fizycznie nierównoważnych. Jak się więc zdaje, formalizm teorii „uogólnionych”, rozpatrywanych w rozprawie, nie zawiera w sobie pełnego spektrum możliwych uogólnień, co oczywiście nie jest żadnym zarzutem.

Jak sugeruje sam tytuł cyklu, Autora interesują przede wszystkim, choć nie wyłącznie, fundamentalne aspekty uogólnionych teorii probabilistycznych.

Autor wyodrębnił w swym autoreferacie cztery klasy analizowanych zagadnień: przetwarzanie informacji, kontekstowość, zasoby kwantowe i związki uogólnionych teorii probabilistycznych z grawitacją. Część analiz dotyczy zagadnień związanych z kryptografią i problemem bezpieczeństwa, widzianym z perspektywy możliwych hipotetycznych teorii uogólnionych (skorelowane procesy losowe, niepodrabialne kwantowe pieniądze). Analizowane są korzyści obliczeniowe ukryte w uogólnionej kontekstowości i możliwości jej testowania, a także potencjalne nowe testy nieklasyczności układów kodujących informację. Zasoby kwantowe analizowane są pod kątem sterowania i własności tzw. kanałów niesygnalizacyjnych. Zagadnienia dotyczące grawitacji dotyczą zarówno grawitacji jako teorii posiadającej bliżej niesprecyzowany status formalny (jako elementu uogólnionej teorii probabilistycznej), jak i ewentualnych ograniczeń na strukturę formalną hipotetycznej grawitacji kwantowej. Są to wszystko zagadnienia ważne i budzące powszechne zainteresowanie środowiska badającego struktury kwantowe i ich uogólnienia.

Podsumowując, dr John H. Selby jest doświadczonym i samodzielnym fizykiem, rozpoznawalnym w światowym środowisku naukowym i posiadającym znaczący dorobek naukowy, a zatem spełniającym wszystkie ustawowe wymogi dotyczące stopnia doktora habilitowanego.

Marek Czachor

Prof. dr hab. Marek Czachor
Gdańsk, 9 marca 2025 r.