

Warszawa, 06.06.2022 r.

Prof. dr hab. Mariusz Gajda  
Instytut Fizyki PAN  
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa  
e-mail: gajda@ifpan.edu.pl

**Recenzja dorobku naukowego oraz osiągnięcia habilitacyjnego dr. Miłosza Panfila**  
**pt. Metoda termodynamicznych form-faktorów obliczania dynamicznych funkcji**  
**korelacji modeli całkowalnych.**

**Sylwetka kandydata**

Dr Miłosz Panfil uzyskał tytuł magistra fizyki w roku 2009 na Uniwersytecie w Amsterdamie w Niderlandach, a w roku 2013 otrzymał stopień doktora również na tym samym uniwersytecie. Obie prace, magisterska i doktorska, dotyczyły jednowymiarowych układów oddziałujących cząstek. Rozprawa doktorska była zatytułowana „Density fluctuations in the 1d Bose gas”, zaś praca magisterska „Density-density correlations of the deformed Tonks-Girardeau gas”. Obie prace zostały obronione z wyróżnieniem. Od początku kariery naukowej dr M. Panfil zajmował się całkowalnymi, jednowymiarowymi układami wielu oddziałujących cząstek.

Dr Miłosz Panfil, po uzyskaniu stopnia doktora, w latach 2013-2015 odbył staż podoktorski w Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) w Trieście (Włochy), po czym w latach 2015-2018 odbył kolejny taki staż w Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego jako stypendysta grantu FUGA finansowanego przez Narodowego Centrum Nauki.

Od roku 2018 dr Miłosz Panfil jest zatrudniony jako pracownik naukowo-dydaktyczny w Wydziale Fizyki UW na stanowisku adiunkta.

**Osiągnięcie habilitacyjne**

Osiągnięcie habilitacyjne dr. Miłosza Panfila oscyluje wokół tematyki, którą dr M. Panfil zajmował się na wcześniejszych etapach kariery. Podstawą jest 7 spójnych tematycznie publikacji naukowych opublikowanych w latach 2015-2021. Są to następujące prace:

[A1] M. Panfil, F.T. Sant’Ana, The relevant excitations for the one-body function in the Lieb-Liniger model, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* (2021) 073103.

[A2] M. Panfil, The two particle–hole pairs contribution to the dynamic correlation functions of quantum integrable models *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* (2021) 013108.

[A3] A.C. Cubero, M. Panfil, Generalized hydrodynamics regime from the thermodynamic bootstrap program *SciPost Physics* 8 (1), 004 20 (2020).

[A4] A.C. Cubero, M. Panfil, Thermodynamic bootstrap program for integrable QFT's: form factors and correlation functions at finite energy density *Journal of High Energy Physics* 2019 (1), 104 (2019).

[A5] J. De Nardis, M. Panfil, Particle-hole pairs and density–density correlations in the Lieb–Liniger model *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2018 (3), 033102 (2018).

[A6] J. De Nardis, M. Panfil, Exact correlations in the Lieb-Liniger model and detailed balance out-of-equilibrium *SciPost Physics* 1 (2), 015 (2016).

[A7] J. De Nardis, M. Panfil, Density form factors of the 1D Bose gas for finite entropy states *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2015 (2), P02019 (2015)

Cztery z tych prac są opublikowane w *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* (JSTAT), interdyscyplinarnym czasopiśmie utworzonym przez International School for Advanced Studies (SISSA – Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati) and IOP Publishing (IOP – Institute of Physics) o czynniku wpływu 2,215. Jedna praca jest opublikowana w *Journal of High Energy Physics* wydawanym przez wydawnictwo Springer, współczynnik wpływu w roku 2020 wynosił 5,81, a dwie prace są opublikowane w *SciPost Physics* wydawanym przez SciPost Foundation, o współczynniku wpływu w roku 2021 wynoszącym 6,44. Wszystkie te czasopisma są więc cenionymi międzynarodowymi czasopismami o uznanej renomie. Prace były łącznie cytowane ponad 110 razy, a biorąc od uwagę, że dwie z nich było opublikowanych w ubiegłym roku, należy uznać, że jest to duża liczba, która niewątpliwie będzie rosła z czasem.

Dr M. Panfil w swych pracach bada dynamiczne korelacje w kwantowych układach. Główna idea prac polega na identyfikacji istotnej klasy stanów wzbudzonych, które dają największy wkład do tych korelacji. Największy nacisk położony jest na wyznaczenie form-faktorów istotnych dla badanych korelatorów. Badane są zarówno korelatory jednocząstkowe jak i korelatory dwucząstkowe dla stanu podstawowego ale i dla stanów temperaturowych w równowadze termodynamicznej. Opracowane metody mogą być stosowane również do obliczania korelacji dla dowolnych stanów wielocząstkowych. W pracach dotyczących korelacji w układach temperaturowych autorzy wprowadzają aksjomatyczny „bootstrap program”, w ramach którego można efektywnie wyznaczyć wartości termodynamicznych form-faktorów.

W pracy [A1] dr M. Panfil wyznacza jednocząstkowe dynamiczne funkcje korelacji, które zmieniają liczbę cząstek w układzie. Do analizy wzbudzeń wykorzystana jest metoda numerycznego wyznaczenia sumy spektralnej, tzw. metoda ABACUS. W pracy pokazano, że wzbudzenie dwóch stanów dziurowych, tzw. “two-spinon state”, na którym budowane są wzbudzenia typu cząstka-dziura są poszukiwanymi istotnymi stanami. W pracy A[2] dr M. Panfil koncentruje się na wyznaczeniu form-faktorów w przypadku całkowalnych modeli kwantowych dla stanów termicznych uwzględniając podwójne wzbudzenia typu cząstka-dziura. Rezultaty są ilustrowane w ramach modelu Lieba-Liniger.

W pracy A[6] autor uzyskuje w granicy małych pędów ściśle wyrażenie na statyczne korelacje w granicy termodynamicznej. W pracy A[7] dr Miłosz Panfil wyznacza form-faktory w granicy termodynamicznej między stanami o skończonej entropii. Praca [A5] stanowi podsumowanie i rozszerzenie wcześniejszych prac [A6] i [A7]. Badane są korelacje typu gęstość-gęstość co wymaga uwzględnienia wzbudzeń typu dwie cząstki i dwie dziury.

Z kolei prace [A3] i A[4] dotyczą wyznaczenia korelacji w silnie oddziałujących układach opisanych modelami teorii pola, dla skończonej gęstości stanów energetycznych. Proponowane przez kandydata metody są ilustrowane na modelowym układzie, który jest opisany równaniem hiperbolicznym sineh-Gordon. Ten model teorii pola zachowuje liczbę wzbudzeń, co czyni go podobnym do kwantowych modeli wielu ciał. Korelacje są wyznaczone dla układów całkowalnych, które mogą być opisane w ramach uogólnionego formalizmu hydrodynamicznego. W celu wyznaczenia funkcji korelacji autorzy rozszerzają formalizm tzw. „programu termodynamicznego bootstrapu” (thermodynamical bootstrap program), który stanowi aksjomatyczne podejście do wyznaczenia form-faktorów w całkowalnych modelach teorii pola. W pracy A[4] autor bada form-faktory między stanami o skończonej gęstości energii, które są istotne w stanach równowagi termodynamicznej lub w przypadku szerszej klasy stanów, opisanych uogólnionym zespołem Gibbsa (Generalized Gibbs Ensemble).

Szczególnie wysoko oceniam prace [A1], [A2], oraz [A5], [A6], A[7], dotyczące modelu Lieba-Linnigera. Uważam tą część dorobku kandydata za najciekawszą, głównie dlatego, że stanowi on istotny wkład do fizyki układów opisanych modelem Lieba-Linnigera. A model ten, dzięki osiągnięciom eksperymentalnym, nie jest modelem akademickim, ale może być zrealizowany w doświadczeniach z ultrazimnymi atomami. Przewidywania autora stanowią więc istotny element zrozumienia kwantowej natury tych złożonych układów i mają szansę na doświadczalną weryfikację w przypadku stanu podstawowego, jak i termicznego. I rzeczywiście badania doświadczalne grupy H.C. Nagerla z Insbrucka oraz grupy M. Ingussio z Florencji opierały się na przewidywaniach teoretycznych dr. M. Panfila, czego owocem są wspólne prace naukowe B[13] i B[14]. Te prace są bezpośrednim dowodem na międzynarodowe uznanie dorobku dr. Miłosza Panfila. Chcę również podkreślić, że umiejętność współpracy z doświadczałnikami jest niezwykle ważną cechą.

Prace A[3] i A[4] są również bardzo cenne. Są one ciekawe gdyż wiążą się z zagadnieniem termalizacji w fizyce kwantowej. Autor bada układy, w których istnieje szereg zachowanych ładunków i prądów. Są one opisywana przez tzw. uogólnione zespoły Gibbsa. Procesy termalizacji w układach zamkniętych są obecnie powszechnie badane zarówno teoretycznie jak i eksperymentalnie. Badania te mają związek ze zjawiskiem pre-termalizacji a także są badane w kontekście wielodziałowej lokalizacji.

Habilitant pracuje w małych zespołach. W pracy [A1] dr Miłosz Panfil jest pierwszym autorem, w pracy A[2] jest jedynym autorem a w pozostałych pracach jest drugim autorem. Wszystkie prace stanowiące osiągnięcie habilitacyjne mają maksymalnie dwóch autorów. Na szczególne wyróżnienie zasługuje jedno-autorska praca A[2]. Tak mała liczba autorów publikacji jest obecnie rzadkością. W pracach dwuautorskich z reguły nie ma miejsca na autora, którego wkład jest niewielki. Załączone oświadczenia współautorów w pełni to potwierdzają.

W szczególności oświadczenie F.T. Sant'Ana pokazuje wiodącą rolę M. Panfila w pracę A[1], od którego pochodzi sformułowanie problemu, główna idea rozwiązania oraz wstępne obliczenia. Jacopo de Nardis określił wkład obu autorów jako porównywalny we wszystkich trzech wspólnych pracach, podkreślając jednocześnie niezwykle ważną rolę dr. Miłosza Panfila polegającą na wyznaczeniu wyrażeń na form-faktory w pracach A[5] i A[6]. W pracy A[6] dr M. Panfil jest autorem korespondencyjnym, a w pracy A[7] dr M. Panfil był autorem pomysłu określenia termodynamicznych form-faktorów.

Prace A[3] i A[4] dr M. Panfil napisał wspólnie z A.C. Cuberto, który stwierdził, że wkład obu autorów w pracę A[3] jest jednakowy, obaj wykonali obliczenia, natomiast dr M. Panfil miał większy wkład w napisaniu dodatków do pracy objaśniających techniczne aspekty dojścia do końcowych wyników. Jeśli chodzi o pracę A[4], to A.C. Cuberto twierdzi że obaj autorzy wnoszą jednakowe wkłady, przy czym to A.C. Cuberto jest autorem uogólnienia formalizmu „vacuum bootstrap” dla stanów o skończonej gęstości energii, natomiast dr M. Panfil przyczynił się istotnie do znalezienia związków między form-faktorami dla skończonej objętości i form-faktorami w granicy termodynamicznej.

Oceniam więc, że w publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego posiadających dwóch autorów wkład dr. Miłosza Panfila jest jednoznacznie wydzielony i można go ocenić bardzo wysoko. Niewątpliwie bez udziału habilitanta żadna z tych prac nie mogłaby powstać. Oczywisty jest wkład dr M. Panfila do publikacji, której jest jedynym autorem.

Na zakończenie tej części nie mogę się oprzeć pokusie skomentowania często dość żargonowego opisu osiągnięcia habilitacyjnego w autoreferacie dr. Miłosza Panfila. Można tam znaleźć np. takie zdanie: *„wzbudzenie dziury w ket jest równoważne, poprzez crossing symmetry, do wzbudzenia cząstek w stanie bra”*.

Takie żargonowe sformułowania nie mają oczywiście wpływu na merytoryczną ocenę osiągnięcia. Na obronę habilitanta mogę powiedzieć, że prace dr. Miłosza Panfila zawierają szereg technicznych elementów, a wykształcenie w dziedzinie fizyki dr M. Panfil pobierał za granicą więc polskie terminy mogą nie być mu znane .

Podsumowując powyższą analizę z pełnym przekonaniem stwierdzam, że osiągnięcie habilitacyjne dr. Miłosz Panfila jest spójnym tematycznie wkładem do fizyki skorelowanych układów kwantowych i do zagadnienia termalizacji w takich układach. Jest to ważny przyczynek do rozwoju kwantowych technologii, gdyż to kwantowe korelacje są esencją tej dziedziny fizyki. Autor koncentruje się na opracowaniu metod wyznaczania dynamicznych wielopunktowych funkcji korelacji w oddziałujących układach jednowymiarowych. Osiągnięcie habilitacyjne kandydata zostało zauważone przez środowisko naukowe. Prace habilitanta były ważne dla interpretacji wyników doświadczalnych, a liczne cytowania prac składających się na osiągnięcie habilitacyjne świadczą, że są one również inspiracją do dalszych badań naukowych.

## **Ocena dorobku naukowego**

Oprócz cyklu 7 prac będących podstawą osiągnięcia habilitacyjnego dr Miłosz Panfil jest współautorem 17 innych prac naukowych. Większość z nich, w szczególności prace B[8]-B[17] są w dość blisko związane z głównym nurtem badań habilitanta, czyli jednowymiarowymi kwantowymi układami całkowalnymi. Oprócz jednowymiarowych całkowalnych modeli wielu ciał, kandydat zajmuje się również kwantowymi modelami teorii pola takimi jak teorią strun, czy też wykazuje zainteresowanie równymi aspektami fizyki matematycznej.

Prace B[7], B[6], B[3] i B[2] dotyczą teorii reprezentacji kołczanów w topologicznej teorii strun. Moja ekspertyza nie sięga tych zagadnień, ale mogę stwierdzić, że są to publikacje w renomowanych czasopismach międzynarodowych takich jak Journal of High Energy Physics, SciPost Physics, Physical Review D. Na szczególną uwagę zasługują prace B[16] i B[18] opublikowane w Physical Review Letters. W sumie 24 publikacje naukowe dr Miłosza Panfila cytowane łącznie 533 razy, Indeks Hirscha H-index wynosi 12. Autocytowania stanowią mały odsetek.

Dr Miłosz Panfil podaje, że sumaryczny Impact Factor jego publikacji według Journal Citation Report wynosi 104,6. Nie wiem czemu ma służyć ta informacja i co ta liczba oznacza, tym niemniej pragnę zauważyć, że jest to liczba sporo większa od jedności. Podobnie liczba punktów MNiSW wszystkich publikacji wynosi 2540. I znów nie wiem czego ta liczba dowodzi ale jest to jeszcze większa liczba od poprzednio przytoczonej. To świetnie!

Dr M. Panfil dołączył oświadczenie pozwalające na określenie jego wkładu do wieloautorskich publikacji.

Dr M. Panfil jest również autorem 13 wystąpień na międzynarodowych konferencjach krajowych i zagranicznych. Kandydat nie sprecyzował, jaki był charakter tych wystąpień, ale podejrzewam, że były to wystąpienia typu „contributed talk”. Otrzymanie możliwości takiego wystąpienia jest poprzedzone zazwyczaj staranną selekcją przez komitet naukowy konferencji. Należy je więc traktować jako spore wyróżnienie młodego naukowca.

## **Ocena działalności organizacyjnej, dydaktycznej i popularyzatorskiej**

Dr Miłosz Panfil wykazuje bardzo dużą aktywność organizacyjną. Umie pozyskiwać fundusze na badania naukowe, a jest to niezwykle cenna umiejętność. Po powrocie z zagranicy nieprzerwanie kieruje jakimś projektem naukowym finansowanym przez NCN. Najpierw w latach 2015-2019 był laureatem projektu FUGA a obecnie jest kierownikiem projektu SONATA, który trwa przez okres 4 lat, 2019-2023.

Habilitant pracował z reguły w małych, dwuosobowych zespołach. Ale potrafi nawiązać szeroką współpracę naukową. Wśród partnerów zagranicznych w swoim autoreferacie wymienił uczonych pracujących w takich ośrodkach jak Uniwersytet w Amsterdamie, College of London, Penn State University, Max Planck Institute for Gravitational Physics w Poczdamie, czy też Brookhaven National Laboratory. Niezwykle wartościową jest współpraca z grupami doświadczalnymi.

Dr Miłosz Panfil jest obecnie zatrudniony na stanowisku naukowo-dydaktycznym. Siłą rzeczy prowadzi szereg zajęć dydaktycznych ze studentami. Ale działalność dydaktyczną prowadził już w latach 2009-2013 w Uniwersytecie w Amsterdamie. Były to ćwiczenia do wykładów zarówno na poziomie licencjackim jak i magisterskim. Prowadził również cykl wykładów zatytułowanych "Symmetries, lattices and physics" przedstawionych podczas Abecedarian School on Symmetries and Integrability of Difference Equations w Montrealu. Te wykłady stanowią podstawę rozdziału w książce "Symmetries and Integrability of Difference Equations", Lecture Notes of the Abecedarian School of SIDE 12, Montreal 2016. Dr Miłosz Panfil angażuje się w działalność popularyzatorską – jest członkiem zespołu Zapytaj Fizyka, udzielającego odpowiedzi na pytania internautów, a także wygłosił cykl wykładów w ramach Uniwersytetu Otwartego UW.

Podsumowując osiągnięcia organizacyjne, dydaktyczne i popularyzatorskie habilitanta, z przyjemnością stwierdzam, że dr Miłosz Panfil aktywnie pozyskuje środki na badania naukowe, recenzuje prace w czasopiśmie międzynarodowych, ma w swoim dorobku szereg wystąpień konferencyjnych, jest członkiem organizacyjnym konferencji naukowych, ma duże doświadczenie dydaktyczne i angażuje się w działalność popularyzatorską.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe dr. Miłosza Panfila stanowi znaczny wkład w rozwój fizyki silnie skorelowanych układów i teorii pola. Dr Miłosz Panfil wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w kilku uczelniach, w tym międzynarodowych, zatem wypełnia wszystkie warunki Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, a także wszystkie inne zwyczajowe wymagania stawiane w przewodach doktorskich.

Z pełnym przekonaniem i przyjemnością wnioskuję o przystąpienie do dalszych etapów postępowania i o nadanie dr Miłoszowi Panfilowi stopnia doktora habilitowanego.

Mariusz Gajda