



Recenzja pracy habilitacyjnej dra Yizhuang Liu

Euklidesowe sformułowanie funkcji rozkładu partonów: faktoryzacja, ewolucja i zastosowanie na sieci

W ramach postępowania habilitacyjnego pan dr Yizhuang Liu przedstawił cykl 7 publikacji, które zostały opublikowane w latach 2020-2023. Prace te są przedstawione jako jednotematyczny cykl prac pod tytułem „Euklidesowe sformułowanie funkcji rozkładu partonów: faktoryzacja, ewolucja i zastosowanie na sieci”. Łącznie zostały one zacytowane 223 razy, w tym przeglądowa praca wieloautorska oznaczona jako [H3] – 83 razy. Wszystkie prace zostały opublikowane w bardzo dobrych czasopismach: JHEP, Phys. Rev. Letters, Phys. Letters B oraz Rev. Mod. Phys.

Tematyka poruszana w tych pracach dotyczy rozkładów TMD – ich ewolucji, faktoryzacji oraz sposobów otrzymywania tych rozkładów w ramach symulacji przy użyciu przybliżenia na sieci. Tematyka ta jest bardzo ważna w kontekście poznawania struktury hadronów w obszarze nieperturbacyjnym oraz ma istotne znaczenie dla rozwoju QCD.

Praca [H1] przedstawia szczegółową analizę Euklidesowego sformułowania amplitudy funkcji falowej na stożku świetlnym (LFWF) w kontekście LaMET dla komponentu $\bar{q}q$ lekkich mezonów, rozwijając wcześniejsze prace autora. Kluczowym osiągnięciem jest dogłębne omówienie twierdzenia o faktoryzacji i wyprowadzenie wyrażeń NLO dla czynnika Sudakowa oraz równań grupy renormalizacji (RGE). Autor również rozszerza formalizm na komponenty $N+1$ -partonowe, co pokazuje uniwersalność i możliwość uogólnienia zaproponowanych metod. Artykuł stanowi znaczący wkład w dziedzinę fizyki cząstek, oferując nowe metody analizy LFWF dla lekkich mezonów.

W pracach [H2, H3] przeprowadzono obliczenia w ramach QCD na sieciach. Wkład habilitanta do pracy [H2], oprócz napisania części tekstu i udziału w dyskusjach, polegał na wykazaniu, że niepewności po renormalizacji liniowo rozbieżnych wyrażeń zanikają potęgowo. W przypadku drugiej pracy wymienionej w tym akapicie, wkład habilitanta



obejmował uczestnictwo w dyskusjach i nadzorowanie aspektów teoretycznych pracy. W ramach tej pracy uzyskano wyniki numeryczne dla miękkiego czynnika, który został wprowadzony przez habilitanta w pracy [H6].

Praca [H4] jest artykułem przeglądowym na temat LaMET. Wkład habilitanta w jej napisanie jest znaczący. Autor, między innymi, napisał rozdział, w którym przedstawił faktoryzację lekkiego formfaktora mezonowego, użytego do wyprowadzenia zredukowanego miękkiego czynnika. Habilitant napisał również część artykułu, w której zaprezentował diagramatyczny dowód na faktoryzację quasi-PDFów w granicy dużych pędów. Ta praca była już cytowana ponad 80 razy.

W pracy [H5], habilitant przedstawił euklidesowe sformułowanie TMDPDF w ramach LaMET. Pokazał również, jak quasi-TMD podlega faktoryzacji na TMDPDF oraz miękkie czynniki. W pracy wprowadzono równanie grupy renormalizacji dla tzw. hard kernel, który jest elementem pojawiającym się we wzorze faktoryzacyjnym. Istotność tej pracy wynika z faktu, że stanowi ona podstawę do wykonywania numerycznych obliczeń TMDpdf na sieciach poprzez relacje do wielkości w określonej w sygnaturze euklidesowej. Takie wielkości mogą być symulowane na sieciach.

W pracy [H6], autorzy wprowadzili sformułowanie miękkich czynników TMD. Kluczowym osiągnięciem jest wykazanie, że miękki czynnik, określony poza stożkiem świetlnym, może być interpretowany jako czynnik kształtu ciężkiego mezonu. Dzięki temu możliwa jest jego symulacja w ramach obliczeń na sieciach. Ponadto, w pracy uzyskano wzory faktoryzacyjne dla przestrzenno-podobnego mezonowego czynnika kształtu oraz dla quasi-LFWF amplitudy.

W kolejnym artykule [H7] przedstawiono obliczenia prowadzące do tzw. quasi-PDF matching kernel w granicy progowej. Autorzy pracy pokazują, jak kernel faktoryzuje się na parę: czynnik kształtu, nazwanego jako ciężki-lekki, oraz funkcję dżetową na poziomie NNLO. Otrzymane wyniki otwierają nowatorską możliwość poprawy precyzji wyznaczania PDF-ów w ramach symulacji na sieciach.



Autoreferat złożony przez dra Liu zawiera czytelny przegląd uzyskanych wyników. Przedstawiony cykl prac oceniam bardzo wysoko, zarówno pod względem ich wkładu w rozwój teoretycznych aspektów QCD, jak i znaczenia dla poznania struktury protonu. Udział dra Liu w badaniach, które są przedstawione w artykułach, jest znaczący a w niektórych z prac wiodący.

Ocena aktywności naukowej

Dr Liu w swoim autoreferacie wymienia 30 prac napisanych po uzyskaniu doktoratu, w których jest autorem lub współautorem, oraz 22 prace napisane przed uzyskaniem doktoratu. Ponadto jest współautorem dwóch monografii napisanych również po uzyskaniu doktoratu, w tym jednej dotyczącej skalowania KNO i entropii splątania w QCD, co uważam za bardzo istotny wynik i istotną publikację. Opublikował również serię wykładów na temat TMD-pdfów, która jest bardzo czytelna i uważam ją za istotną publikację. Sumaryczna liczba cytowań (bez autocytowań) jego prac wynosi 464 (według Web of Science), a liczba cytowań artykułów wybranych do dorobku habilitacyjnego to 181 (według Web of Science). Współczynnik Hirscha wynosi 14 (według Web of Science). Wskaźniki te są wysokie na tym etapie kariery.

Habilitant miał 13 wystąpień konferencyjnych od momentu uzyskania doktoratu, co jest dobrym wynikiem.

W trakcie trwania swojej dotychczasowej kariery dr Liu przebywał przez cztery lata na stażach podoktorskich w renomowanych ośrodkach naukowych

- T.D. Lee Institute, Shanghai, Chiny,
- University of Regensburg, Niemcy
- Uniwersytet Jagielloński

Dr Liu jest laureatem dwóch nagród naukowych, Silsbee prize, 2016, SUNY Stony Brook oraz nagrody Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego za osiągnięcia naukowe co jest znacznym wyróżnieniem.

Habilitant był kierownikiem jednego grantu badawczego oraz pięciokrotnie był wykonawcą w grantach. Mógłby być kierownikiem grantu OPUS, jednak projekt został odrzucony z powodu zastrzeżeń dotyczących możliwości realizacji zaplanowanych zadań badawczych.



**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

Habilitant podaje referencje do czterech prac, które zostały opublikowane w ramach realizacji zaplanowanych zadań które planowane były do realizacji w ramach projektu OPUS.

Dr Liu recenzował prace w takich czasopismach jak Annalen der Physik, Physical Review D, Nuclear Physics B.

W okresie po uzyskaniu doktoratu dr Liu był współorganizatorem jednej konferencji.

Ocena dorobku dydaktycznego

Habilitant prowadził dwa cykle wykładów na Uniwersytecie Jagiellońskim w latach 2022 i 2023, a ponadto nieformalne wykłady z kwantowej teorii pola. Jest to raczej skromny wynik, ale moim zdaniem wystarczający.

Wniosek

Stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe dra Liu spełnia wymogi postępowania habilitacyjnego. Dorobek naukowy, który jest bardzo znaczący i wnosi nowe istotne elementy do rozwoju QCD, uzasadnia ubieganie się o stopień doktora habilitowanego. Wnoszę o dopuszczenie dra Yizhuanga Liu do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

5.4.2024