

Piotr Bożek  
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej  
Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Kraków 7.11.2019

Ocena jednotematycznego cyklu publikacji  
*Produkcja cząstek i korelacje w podejściu*  
*Kondensatu Szkła Kolorowego (Color Glass Condensate)*  
oraz dorobku naukowego dr. Tolgi Altinoluka

Dr Tolga Altinoluk uzyskał stopień doktora w 2011 roku na University of Connecticut na podstawie rozprawy "High Energy Evolution: from JIMWLK/KLWMIJ to QCD Reggion Field Theory". Po uzyskaniu stopnia doktora Tolga Altinoluk odbył kilka staży naukowych w bardzo dobrych ośrodkach naukowych: Ecole Polytechnique (2011-12), Universidade de Santiago de Compostela (2012-16), Instituto Superior Tecnico w Lizbonie (2016-17). Od 2017 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Warszawie. W trakcie całej swojej kariery regularnie publikował prace ze znakomitymi badaczami pracującymi w teoretycznej fizyce wysokich energii.

Obszarem pracy badawczej dr. Altinoluka jest chromodynamika kwantowa (QCD). Zajmuje się obliczeniami procesów QCD w zderzeniach wysokiej energii, w szczególności w oddziaływaniach proton-jądro. W takim zderzeniu produkcja cząstek może być opisana w formalizmie kondensatu szkła kolorowego (CGC). Tematyka jest ważna i aktualna. Eksperymentalnie podobne procesy są badane w doświadczeniach na akceleratorach RHIC w BNL i LHC w CERN-ie. W swoich pracach dr Altinoluk i współpracownicy rozwijali formalizm CGC uwzględniając dodatkowe przyczynki, ważne w pewnych zakresach kinematycznych i dla bardziej złożonych procesów.

## Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe dr. Tolgi Altinoluka składa się z jednotematycznego cyklu dziewięciu publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych. Wszystkie prace są napisane we współautorstwie. Jak wspominałem powyżej, dr Altinoluk współpracował z wiodącymi badaczami w tej dziedzinie. Z treści dołączonych oświadczeń współautorów wynika znaczący wkład Habilitanta w pracach wchodzących w skład ocenianego osiągnięcia naukowego.

Przedstawione prace dotyczą kilku zagadnień

- Poprawki nieeikonalne do przekrojów na produkcję cząstek  
*T. Altinoluk, N. Armesto, G. Beuf, M. Martinez, C.A. Salgado, "Next to eikonal corrections in the CGC: gluon production and spin asymmetries in pA collisions", JHEP 1407 (2014) 068;*  
*T. Altinoluk, N. Armesto, G. Beuf, A. N. Moscoso, "Next-to-next-to-eikonal corrections in the CGC", JHEP 1601 (2016) 114;*  
*T. Altinoluk, A. Dumitru, "Particle production in high-energy collisions beyond the shockwave limit", Phys. Rev. D 94 (2016) 074032.*

Wyjście poza przybliżenie eikonalne wymaga uwzględnienia poprawek niewiodących w energii pocisku i rozmiarze tarczy. W pierwszych dwóch pracach autorzy rozwinęli formalizm umożliwiający wyliczenie dwóch niewiodących poprawek. Poprawka drugiego rzędu (next-to-next-to-eikonal) daje niezerowy wkład do przekroju czynnego na produkcję cząstek. Poprawka pierwszego rzędu daje niezerowy przyczynek do asymetrii spinowej. Obie prace przedstawiają w elegancki sposób rozwinięcie formalizmu CGC. W ostatniej pracy rozważano wpływ korelacji w konfiguracji pól kolorowych w uśrednianiu poprawek pierwszego i drugiego rzędu (w granicy słabego pola). Zasięg korelacji określa wartość poprawki drugiego rzędu do przekroju czynnego na produkcję cząstek. Te prace stanowią, w mojej ocenie, najciekawszą część w przedstawionym dorobku dr. Altinoluka.

- Produkcja cząstek dla dużych rapidity  
*T. Altinoluk, N. Armesto, G. Beuf, A. Kovner, M. Lublinsky, "Single-inclusive particle production in proton-nucleus collisions at next-to-leading order in the hybrid formalism", Phys. Rev. D 91 (2015) 094016;*  
*T. Altinoluk, N. Armesto, A. Kovner, M. Lublinsky, E. Petreska, "Soft photon and two hard jets forward production in proton-nucleus collisions" JHEP 1804 (2018)*

Poprawki niewiadące (NLO) do przekroju czynnego na produkcje cząstek są duże. Dla pewnych zakresów kinematycznych całkowity przekrój czynny staje się ujemny. W pierwszej pracy autorzy dyskutują warunki kinematyczne ograniczające stosowalność rachunku NLO. Po pierwsze autorzy zauważają, że konieczny jest odpowiedni dobór układu odniesienia do obliczeń, w którym zarówno pocisk jak i tarcza poruszają się szybko. Po drugie, skończona szerokość tarczy wymusza warunek na czas życia dla rozpraszanej konfiguracji kwark-gluon. Inny autorzy pokazali później, że te modyfikacje poprawiają wyniki rachunku w rzędzie NLO.

W drugiej pracy wyprowadzono przekrój czynny na produkcję trzech cząstek (miękkiego fotonu, oraz twardych kwarku i gluonu). Rozważano przyczynki z emisją fotonu i gluonu z kwarku. Końcowe wyrażenie jest tłumione poprzez obecność elektromagnetycznej stałej sprzężenia, ale wzmocnione przez odwrotność kwadratu pędu miękkiego fotonu.

- Korelacje w produkcji cząstek w CGC

*T. Altinoluk, N. Armesto, G. Beuf, A. Kovner, M. Lublinsky, "Bose enhancement and the ridge", Phys. Lett. B 751 (2015) 448;*

*T. Altinoluk, N. Armesto, G. Beuf, A. Kovner, M. Lublinsky, "Hanbury-Brown Twiss measurements at large rapidity separations, or can we measure the proton radius in p-A collisions", Phys Lett. B 752 (2016) 113;*

*T. Altinoluk, N. Armesto, G. Beuf, A. Kovner, M. Lublinsky, "Quark correlations in the Color Glass Condensate: Pauli blocking and the ridge", Phys. Rev. D 95 (2017) 034025;*

*T. Altinoluk, N. Armesto, A. Kovner, M. Lublinsky, "Double and triple inclusive gluon production at mid rapidity: quantum interference in p-A scattering", Eur. Phys. J C 78 (2018) 702.*

Te prace dotyczą korelacji między cząstkami emitowanymi w oddziaływaniu proton-proton i proton-jądro. Takie korelacje są mierzone dla hadronów produkowanych w zderzeniu. W eksperymencie obserwuje się tzw. "ridge" - wzmocnienie emisji pary cząstek o podobnych kątach azymutalnych i dowolnych pseudorapidity. W pierwszych trzech pracach rozważano korelacje typu Bosego-Einsteina w emisji gluonów i kwarków w formalizmie CGC. Dla gluonów następuje wzmocnienie, a

dla kwarków osłabienie korelacji.

W kolejnych pracach dr Altinoluk ze współpracownikami rozważali korelacje typu Hanbury-Brown Twiss do emisji pary gluonów. Takie korelacje dają wzmocnienie dla podobnych pędów poprzecznych cząstek i dowolnych rapidity. W tym ostatnim aspekcie takie korelacje różnią się od zwykłych korelacji HBT w stanie końcowym. Tym samym możliwa byłaby ich identyfikacja eksperymentalna.

Prace dr Altinoluka dotyczą ważnego, aktualnego zagadnienia : opisu produkcji cząstek w zderzeniach wysokoenergetycznych. W przypadku zderzeń proton-jądro używany jest formalizm CGC. Dr Altinoluk był współautorem prac dotyczących rozwinięcia tego formalizmu z uwzględnieniem poprawek nieeikonalnych. Jest to znaczące osiągnięcie naukowe. W pozostałych pracach przedstawionych do oceny zajmował się bardziej szczegółowymi zagadnieniami, obliczaniem produkcji cząstek dla dużych rapidity i korelacjami kwantowymi dla emisji pary cząstek.

Prace dr. Altinoluka zostały zauważone przez środowisko fizyków pracujących w tej dziedzinie. Rozważają ważne dla metody CGC zagadnienia i zawierają potencjalnie istotne wyniki dla fenomenologii zderzeń wysokich energii. Cykl prac *Produkcja cząstek i korelacje w podejściu Kondensatu Szkla Kolorowego* stanowi istotny wkład w rozwój fizyki wysokich energii.

## Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

Dr Altinoluk jest adiunktem w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. Przedtem spędził kilka lat na stanowiskach typu post-doc na Uniwersytecie Santiago de Compostela, w Ecole Polytechnique w Paryżu, Instituto Superior Tecnico w Lizbonie. Studia doktoranckie odbył na Uniwersytecie Connecticut. We wszystkich tych ośrodkach dr Altinoluk aktywnie współpracował z innymi fizykami. Również obecnie współpracuje z fizykami z różnych ośrodków polskich i zagranicznych (m.in. USA, Izrael, Hiszpania). Po uzyskaniu stopnia doktora opublikował 12 prac niewchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego. Są to prace z zakresu teoretycznej fizyki wysokich energii, dotyczą opisu produkcji cząstek w zderzeniach. Dr Altinoluk zajmował się różnymi zagadnieniami: rozważał specyficzne procesy (rozpraszanie Comptona, produkcja ciężkich kwarków, didże-tów), rozwijał formalizm CGC, badał korelacje między cząstkami. Szczególnie wysoko cenię prace dyskutujące związek formalizmu CGC z rachunkami opartym na rozkładach TMD.

Prace dr Altinoluka są cytowane ponad 200 razy, co jest dobrym wynikiem, zwłaszcza na ich formalny charakter. Dr Altinoluk wielokrotnie (prawie 20 referatów, po doktoracie) przedstawiał swoje wyniki na konferencjach międzynarodowych, w tym na ważnych konferencjach, Conference on Initial Stages in Heavy Ion Collisions, Workshop on Deep Inelastic Scattering, Low-x Workshop. W świetle przedstawionego dorobku naukowego stwierdzam, że Pan dr Tolga Altinoluk jest niezwykle aktywnym badaczem, zajmuje się różnorodnymi zagadnieniami, współpracuje z wybitnymi specjalistami w swojej dziedzinie, a jego prace zostały zauważone w środowisku fizyków zajmujących się procesami chromodynamiki kwantowej w zderzeniach wysokich energii.

Dr Altinoluk był wykonawcą w kilku projektach badawczych. Obecnie jest kierownikiem projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki. Habilitant brał udział w organizacji kilku konferencji.

Dr. Altinoluk pracuje w instytucie badawczym, więc jego aktywność dydaktyczna jest ograniczona, ale typowa dla tego rodzaju ścieżki naukowej. Prowadził zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie Connecticut, prowadził wykłady na szkołach dla doktorantów, był promotorem pomocniczym w rozprawie doktorskiej. Dorobek dydaktyczny i organizacyjny dr. Altinoluka spełnia zwyczajowe wymogi stawiane habilitantom.

### Wnioski i opinia końcowa

Wyniki zawarte w cyklu prac *Produkcja cząstek i korelacje w podejściu Kondensatu Szkla Kolorowego* przedstawiają wysoki poziom naukowy. Osiągnięcia dr. Altinoluka pokazują, że prowadzi intensywne i owocne badania naukowe w zakresie teoretycznej fizyki wysokich energii. Z pełnym przekonaniem oceniam, że przedstawione przez dr. Altinoluka osiągnięcia naukowe spełniają wymagania stawiane dla uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Ocena osiągnięcia naukowego, dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego Habilitanta upoważnia mnie do stwierdzenia, że Pan dr Tolga Altinoluk jest aktywnym uczonym, o znaczącym dorobku naukowym. Jednocześnie popieram wniosek o nadanie Panu dr. Altinolukowi stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych.



Piotr Bożek