

Ocena jednotematycznego cyklu publikacji
*Statystyczne i termodynamiczne właściwości systemów
tworzonych w zderzeniach o wysokich energiach*
oraz dorobku naukowego dr. Viktora Beguna

Dr Viktor Begun uzyskał stopień doktora w 2007 roku w Instytucie Fizyki Teoretycznej im. M. M. Bogolubowa Narodowej Akademii Ukrainy na podstawie rozprawy *Fluktuacje i prawa zachowania w relatywistycznym gazie hadronów*. Po uzyskaniu stopnia doktora Viktor Begun pracował w kilku miejscach, w Instytucie im. Bogolubowa, w Frankfurt Institute of Advanced Studies we Frankfurcie, na Uniwersytecie Goethego we Frankfurcie, na Uniwersytecie im. Jana Kochanowskiego w Kielcach i na Politechnice Warszawskiej. Jego pobyt w FIAS odbywał się w ramach stypendium Fundacji Humboldta.

Zainteresowania naukowe dr. Beguna dotyczą fizyki zderzeń hadronów i jąder przy relatywistycznych energiach. Eksperymentalnie takie zderzenia są lub były badane na akceleratorach SPS i LHC w CERN-ie oraz AGS i RHIC w Brookhaven National Laboratory. Układ wytworzony w zderzeniu znajduje się w pobliżu równowagi termodynamicznej. Można więc go opisywać jako układ hadronów w skończonej temperaturze. Takie proste podejście pozwala wytłumaczyć szereg eksperymentalnych obserwacji w zderzeniach relatywistycznych.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe dr. Viktora Beguna składa się z jednotematycznego cyklu czternastu publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych. Wszystkie prace oprócz jednej są napisane we współautorstwie. Z treści dołączonych oświadczeń współautorów wynika znaczący wkład Habilitanta w pracach, których był współautorem. Poniżej krótko omówię poszczególne prace, grupując je tematycznie.

- V. Begun, M.I. Gorenstein, “Crossover to Cluster Plasma in the Gas of Quark-Gluon Bags”, *J. Phys. G* 36, 095995 (2009);
V. Begun, M. Gorenstein, O. Mogilevsky, “Modified Bag Models for the Quark-Gluon Plasma Equation of State”, *Int. J. Mod. Phys. E* 20, 1805 (2011);
V. Begun, M. Gaździcki, M. Gorenstein, “Hadro-resonance gas at freeze-out: Reminder on the importance of repulsive interactions”, *Phys. Rev. C* 88, 024902 (2013);
V. Vovchenko, V. Begun, M. Gorenstein, “Hadron multiplicities and chemical freeze-out conditions in proton-proton and nucleus-nucleus collisions”, *Phys. Rev. C* 93, 064906 (2016)

Prace omawiają zastosowanie i rozwinięcie modelu gazu hadronowego do opisu rozkładów i krotności cząstek produkowanych w zderzeniach relatywistycznych. Podstawowym założeniem jest istnienie częściowej równowagi termodynamicznej. Niepełna równowaga uwzględniona jest poprzez dodanie parametrów niezrównoważenia, np. dla dziwności. Jedną z prac dotyczy typowego zastosowania modelu do opisu danych ze zderzeń proton-proton i jadro-jadro. Rozszerzenia modelu gazu hadronowego badane przez dr Beguna wraz ze współpracownikami dotyczą analizy gęstości stanów w modelu worka dla hadronów i jej wpływu na własności termodynamiczne gazu. Oddziaływania między hadronami można fenomenologicznie uwzględnić poprzez wprowadzenie niezerowej objętości dla cząstek. Autorzy przebadali kilka scenariuszy dla tego mechanizmu.

- V. Begun, M. Gorenstein, O. Mogilevsky, “Pion number Fluctuations and Correlations in the Statistical System with Fixed Isospin”, *Phys. Rev. C* 82, 024904 (2010);
V. Begun, V. Konchakovski, M. Gorenstein, E. Bratkovskaya, “Strongly Intensive Measures for Multiplicity Fluctuations”, *J. Phys. G* 40, 045109 (2013);
V. Begun, M. Gorenstein, K. Grebieszko, “Strongly Intensive Measures for Par-

icle Number Fluctuations: Effects of Hadronic Resonances”, *J. Phys. G* 42, 075101 (2015)

Ważna dodatkowa informacja na temat własności badanego układu zawarta jest we fluktuacjach mierzonych wielkości. Fluktuacje mogą być wyliczone w modelu gazu hadronowego. Prace są kontynuacją i rozszerzeniem badań z rozprawy doktorskiej Pana Beguna. Porównano skalowaną wariancję dla układu pionów przy ustalonym ładunku i przy ustalonym izospinie. Wyliczono silnie intensywne miary fluktuacji w rozkładzie kanonicznym i w wielkim rozkładzie kanonicznym. Różnice są zauważalne tylko dla bardzo małych układów. Są to ciekawe prace teoretyczne, nawet jeśli ich znaczenie dla fenomenologii zderzeń jądrowych jest ograniczone.

- V. Begun, M. Gorenstein, “*Bose-Einstein Condensation in the Relativistic Pion Gas: Thermodynamic Limit and Finite Size Effects*”, *Phys. Rev. C* 77, 064903 (2008);
V. Begun, W. Florkowski, M. Rybczyński, “*Explanation of hadron transverse-momentum spectra in heavy-ion collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76\text{ TeV}$ within chemical non-equilibrium statistical hadronization model*”, *Phys. Rev. C* 90, 014906 (2014);
V. Begun, W. Florkowski, M. Rybczyński, “*Transverse-momentum spectra of strange particles produced in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76\text{ TeV}$ in the chemical non-equilibrium model*”, *Phys. Rev. C* 90, 054912 (2014);
V. Begun, W. Florkowski, “*Bose-Einstein condensation of pions in heavy-ion collisions at energies available at the CERN Large Hadron Collider*”, *Phys. Rev. C* 91, 054909 (2015);
V. Begun, “*Fluctuations as a test of chemical non-equilibrium at the LHC*”, *Phys. Rev. C* 94, 054904 (2016)

Rozkłady w pędie poprzecznym dla pionów mierzone w zderzeniach jądrowych o najwyższych energiach wskazują na odchylenia od przewidywanych rozkładów dla małych pędów. Dr Begun jest współautorem kilku prac, w których zaproponowano i przebadano hipotezę niepełnej równowagi chemicznej gazu pionów. W formalizmie nierównowaga wprowadzona jest przez parametr nierównowagi (czy też potencjał chemiczny) dla pionów. Ten mechanizm pozwala na wyjaśnienie danych eksperymentalnych. Otrzymano wartości potencjału chemicznego w zależności od centralności w zderzeniu. Okazuje się, że wartość tego parametru rośnie dla zderzeń centralnych. Układ staje się bliski stanowi z kondensatem Bosego-Einsteina. Scenariusz z kondensatem Bosego-Einsteina został użyty do wyliczenia rozkładów

emitowanych pionów w układzie rozszerzającego się gazu hadronowego. W osobnej pracy dr Begun przedstawił przewidywania dla miar fluktuacji w układzie z kondensatem. W pewnych warunkach, przy wykorzystaniu cięć kinematycznych, można uzyskać silny efekt związany z powstaniem kondensatu. Tą część wyników naukowych przedstawionych przez dr. Beguna oceniam najwyżej.

- V. Begun, M. Gaździcki, M. Gorenstein, “ Power Law in Micro-Canonical Ensemble with Scaling Volume Fluctuations”, *Phys. Rev. C* 78, 024904 (2008);
V. Begun, M. Gaździcki, M. Gorenstein, “ Semi-inclusive Distributions in Statistical Models”, *Phys. Rev. C* 80, 064903 (2009)

Rozkłady emitowanych cząstek nie są dokładnie opisywane rozkładami równowagowymi. W szczególności dla dużych pędów rozkłady są potęgowe. Autorzy odtwarzają te rozkłady wprowadzając fluktuacje objętości układu od zderzenia do zderzenia. Formalnie jest to ciekawy wynik, lecz bez znaczenia dla fenomenologii zderzeń o relatywistycznych energiach. Trudno oczekiwać aby rozkłady równowagowe, lub ich uogólnienia, stosowały się do opisu cząstek we wszystkich zakresach pędów poprzecznych.

Cykl prac dotyczy modelu statystycznego gazu hadronowego dla opisu emisji cząstek w zderzeniach o wysokich energiach. Słabością tego podejścia jest bardzo silne założenie o osiągnięciu przez niewielki, dynamiczny układ stanu równowagi. Prace dotyczą po części wprowadzeniu poprawek związanych z niepełną równowagą w układzie. Naturalne jest założenie niepełnej równowagi chemicznej i związane z tym poprawki do najprostszego modelu. Uważam, że najciekawsze wyniki przedstawione w cyklu publikacji dotyczą prób określenia stopnia nierównowagi chemicznej w rozkładach emitowanych pionów. Interesująca jest obserwacja, że układ osiąga stan bliski kondensatowi Bosego-Einsteina. Przedstawione przez dr. Viktora Beguna osiągnięcie naukowe stanowi zauważalny wkład w dziedzinę fizyki zderzeń przy relatywistycznych energiach, a w szczególności w rozwój statystycznych modeli gazu hadronowego.

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

Dr Begun jest adiunktem na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Przedtem spędził kilka lat na stanowiskach typu post-doc we Frankfurcie (FIAS i Uniwersytet Goethego) oraz na Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach. Dr Begun aktywnie współpracował z fizykami pracującymi w ośrodkach naukowych w Polsce, w Niemczech i na Ukrainie. Jego aktywność naukowa zaowocowała 8 publikacjami niewchodzącymi w skład cyklu przedstawionego jako osiągnięcie naukowe. Są to wszystko prace w dziedzinie fizyki relatywistycznych zderzeń jądrowych. Jedna praca jest jedno-autorska, w pozostałych dr Begun był współautorem. We wszystkich miał znaczny wkład w powstanie publikacji.

Głównym obszarem działalności naukowej dr. Beguna są modele statystyczne zderzeń jądrowych. Publikował prace dotyczące wprowadzenia oddziaływań do modelu. W pracy o mezonie σ pokazano, że poprawki od oddziaływania kasują zerowy wkład od tego mezonu do funkcji rozkładu. Kilka prac dotyczy zastosowania modelu w opisie danych. W kilku pracach rozważano specyficzne rozszerzenia modelu.

Prace dr. Beguna dotyczące modeli statystycznych są znane w środowisku fizyków zajmujących się tą dziedziną, są one cytowane blisko 500 razy. Dr Begun wielokrotnie (prawie 20 referatów, po doktoracie) przedstawiał swoje wyniki na konferencjach międzynarodowych, w tym na ważnych konferencjach, Strangness in Quark Matter, Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy, Critical Point and Onset of Deconfinement. Dr Begun był jest laureatem prestiżowego programu stypendialnego Fundacji Humboldta. W świetle przedstawionego dorobku naukowego stwierdzam, że Pan dr Viktor Begun jest aktywnym badaczem, a jego prace zostały zauważone w środowisku fizyków zajmujących się modelami statystycznymi zderzeń jądrowych.

Dr Begun nie był kierownikiem projektu badawczego, w kilku projektach był jednym z wykonawców. Habilitant brał udział w organizacji konferencji i cyklu seminariów. Dr Begun prowadzi zajęcia dydaktyczne na Politechnice Warszawskiej: fizyka jądrowa, mechanika kwantowa (ćwiczenia), fizyka ogólna (laboratorium, wykład i ćwiczenia). Dorobek dydaktyczny i organizacyjny dr. Beguna spełnia zwyczajowe wymogi stawiane habilitantom.

Wnioski i opinia końcowa

Na podstawie wyników przedstawionych w pracach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego *Statystyczne i termodynamiczne właściwości systemów tworzonych w zderzeniach o wysokich energiach* oceniam, że Pan dr Viktor Begun prowadził intensywne badania w dziedzinie fizyki relatywistycznych zderzeń jądrowych, a jego wyniki naukowe są wystarczające jako dorobek dla uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Ocena osiągnięcia naukowego, dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego Habilitanta upoważnia mnie do stwierdzenia, że Pan dr Viktor Begun jest aktywnym uczonym, o zauważalnym dorobku naukowym. Popieram wniosek o nadanie Panu dr. Viktorowi Begunowi stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych.

Piotr Bożek

