

Warszawa, 2 stycznia 2023

Recenzja pracy habilitacyjnej dr. Szymona Puławskiego z Uniwersytetu Śląskiego pt. „Strangeness Production in Proton-proton and Heavy Ion Collisions at SPS Energies” (Presscom, Wrocław 2022, ISBN 978-83-66248-96-0)

1. Osiągnięcie naukowe

- 1.1. Osiągnięciem naukowym jest jednoautorska monografia w języku angielskim „Strangeness Production in Proton-proton and Heavy Ion Collisions at SPS Energies” wydana przez Presscom, Wrocław 2022 i dofinansowana przez Uniwersytet Śląski w Katowicach (ISBN 978-83-66248-96-0)¹.
- 1.2. Monografia podsumowuje wyniki badań habilitanta nad oddziaływaniami prowadzącymi do produkcji naładowanych dziwnych (anty)hiperonów Ξ i Ω oraz poszukiwania pentakwarków. Badania były wykonane w ramach współpracy międzynarodowej NA61-SHINE mierzącej m.in. zderzenia proton – proton i (centralne) zderzenia Be – Be przy akceleratorze SPS w CERN.
- 1.3. Monografia składa się ze wstępu, 7 rozdziałów, podsumowania i bibliografii. Układ pracy jest tradycyjny. Większość rysunków i tabel zawartych w pracy została sporządzona przez habilitanta specjalnie dla tej monografii, niektóre zostały przeniesione z publikacji współpracy NA61-SHINE, której członkiem (i współautorem publikacji) jest habilitant, wreszcie kilka jest cytatami z publikacji innych autorów.
- 1.4. **Podstawowe oryginalne wyniki habilitanta (zawarte w Rozdz. 3 i 4) dotyczą:**
 - Starannego przedyskutowania procedury selekcji, analizy efektów systematycznych i analizy danych prowadzących do wyznaczenia widm (y , p_T) produkowanych podwójnie dziwnych naładowanych (anty)hiperonów Ξ i potrójnie dziwnych (anty)hiperonów Ω . Autor wniósł istotny wkład w

¹ W recenzji stosuję numerację odnośników do prac zgodną z bibliografią podaną w rozprawie. Podobnie dla numerów rysunków, rozdziałów itp. stosuję numerację z monografii

otrzymanie tych rezultatów zarówno w zderzeniach p–p jak w centralnych zderzeniach Be–Be. Dyskusja wszelkich aspektów selekcji i analizy danych przeprowadzona w Rozdz. 3 jest staranna i wyczerpująca.

- W Rozdz. 4.2-4.3 autor wyznacza średnie krotności ($\langle N \rangle$ na jednostkę prędkości) podwójnie i potrójnie dziwnych hiperonów dla centralnego obszaru prędkości $y=0$ w zderzeniach p–p i porównuje z pomiarami tej samej wielkości przy wyższych energiach – w danych z RHIC, oraz ALICE i CMS przy LHC. O ile w tych ostatnich danych produkcja hiperonów i antyhiperonów Ξ jest taka sama i szybko rośnie z energią, o tyle ~ 10 -razy mniejsza produkcja tych podwójnie dziwnych hiperonów i antyhiperonów przy energii SPS jest wyraźnie inna – antyhiperonów produkuje się ~ 4 razy mniej niż hiperonów. Ten ciekawy wynik pokazuje, że mamy do czynienia z mechanizmem produkcji par dziwnych kwarków i antykwarków i/lub formowania się barionów wykazującym wyraźną zależność od energii inną niż naiwne modele strunowe.
- Analogiczną dyskusję dotyczącą wyznaczania widm (y , p_T) neutralnych, podwójnie dziwnych (anty)hiperonów Ξ^0 (1530).
- Dyskusję wyników dotyczących inkluzywnej produkcji hadronów naładowanych (pionów, kaonów, protonów i antyprotonów) w centralnych zderzeniach Be–Be przy energiach 19A, 30A, 75A i 150A GeV porównanych ze zderzeniami p–p (Rozdz. 4.4). W otrzymaniu wyników stanowiących podstawę tej dyskusji (ref.[2]) uczestniczył habilitant. Porównanie zderzeń Be–Be ze zderzeniami p–p przy 4 energiach od 19A do 150A GeV jest zgodne z najprostszym modelem zranionych nukleonów [28].

1.5. W Rozdz. 5 habilitant zestawiał wyniki dotyczące **stosunków produkcji naładowanych hadronów dziwnych do niedziwnych (mezonów K/π) oraz hiperonów i antyhiperonów Ξ** w centralnych zderzeniach Be–Be przy energiach 19A, 30A, 75A i 150A GeV. I zderzeniach p–p. Dane z NA61/SHINE zostały porównane ze światowymi danymi dla tych stosunków (od obszaru energii AGS do LHC) otrzymanych dla zderzeń różnych jąder (pA i AA). Habilitant wyznaczył czynnik wzmocnienia dziwności (Rys. 5.4) i porównał go z przewidywaniami modelu zranionych nukleonów [28] uzyskując dobrą jakościową zgodność.

1.6. **Poszukiwanie podwójnie naładowanych, podwójnie dziwnych pentakwarków Ξ^{--} oraz neutralnych podwójnie dziwnych pentakwarków Ξ^0 o spinie $3/2$ [4] (Rozdz. 6).** Habilitant poszukiwał tych egzotycznych hiperonów motywowany pozytywnymi rezultatami współpracy NA49 z 2003 [44]². badał dane z oddziaływań p–p przy energii 17.3 GeV w \sqrt{s} , na 10-cio krotnie większej próbce oddziaływań od NA49. Analiza zawarta w Rozdz. 6 jest pokłosiem analizy i rekonstrukcji podwójnie dziwnych hiperonów Ξ , gdyż

² NA49 wykorzystywała (niemal) ten sam detektor co NA61-SHINE.

hipotetyczne pentakwarki rozpadają się dwuciałowo się na hiperony Ξ i lekkie hadrony. **Wynik tej samodzielnej analizy habilitanta okazał się negatywny – doniesienie NA49 nie zostało potwierdzone.**

1.7. **Rozdz. 7** monografii poświęcony jest porównaniu w modelami. Habilitant przedyskutował zmierzone przez siebie widma krotności (y , p_T) naładowanych mezonów π i K oraz (anty) hiperonów – naładowanych i neutralnego Ξ^0 (1530) (Rozdz. 4) z przewidywaniami kilku mikroskopowych modeli transportu: EPOS, UrQMD, AMPT, SMASH 1.6 and PHSD oraz, dla produkcji dziwności od -3 do +3 (K , hiperony i anty-hiperony) krotności w $y=0$ z przewidywaniami modelu Hadron Resonance Gas (HRG) i pakietu THERMAL-FIST 1.3 [136].

- Dane wykorzystane pochodzą ze zderzeń $p-p$ przy energii 158 GeV i z centralnych zderzeń $Be-Be$ przy energii 19-150 A GeV.
- Zależność energetyczna produkcji pojedynczej dziwności (K^+ , K^-) w stosunku do produkcji niedziwnych mezonów π^+ i π^- w centralnych zderzeniach $Be-Be$ przy energii 19-150 AGeV zostały porównane z przewidywaniami modeli (Rys. 7.8 i 7.9).
- **Stosunki krotności produkowanych kaonów do pionów są dobrze opisywane przez wspomniane modele transportu, podczas gdy dla samych rozkładów y i p_T zgodność danych i modeli jest niezbyt zadawalająca.**
- Średnie krotności niedziwnych hadronów, kaonów i hiperonów w zderzeniach $p-p$ przy energii 158 GeV zmierzone przez NA61-SHINE zostały porównane z obliczonymi z modelu HRG [136]. Po wprowadzeniu dodatkowego parametru-czynnika tłumienia dziwności - γ – otrzymano dobrą zgodność przewidywań z danymi.

1.8. **Ocena rozprawy i oryginalnych wyników habilitanta .**

- Habilitant pracuje w dużej współpracy międzynarodowej. W jej ramach udało mu się znaleźć własną ważną tematykę badawczą, opartą o opracowane przez siebie algorytmy rekonstrukcji rozpadów naładowanych hiperonów Ξ i Ω w detektorze NA61-SHINE. Otrzymane przy jego wiodącym udziale zawarte w Rozdz. 3,4, 5 i 6 oryginalne i precyzyjne dane (y , p_T) są najlepszymi w obszarze energii SPS dla zderzeń $p-p$ i centralnych zderzeń $Be-Be$.
- Rozdz. 7 i podsumowanie rozprawy oceniam niżej. Brak mi zrozumienia powodów dość chaotycznych zachowań przewidywań modelowych. dla opisywanych rozkładów krotności (y , p_T). Nie jest to wada tylko tej rozprawy; recenzent od wielu lat nie umie usystematyzować sobie opisu fizyki = modeli i ich zgodności z danymi w zderzeniach jądro – jądro. Brakuje mi także odpowiedzi na pytania fizyczne dotyczące zgodności danych z rozpatrywanymi modelami: jakie konkluzje n.t. mechanizmów produkcji dziwności i propagacji cząstek dziwnych w materii jądrowej można by wyciągnąć ze zgodności/ jej braku rozkładów krotności lub krotności w $y=0$ z rozważanymi modelami transportu mikroskopowego?

- Od strony formalnej monografia nie jest bardzo łatwą lekturą, mam wrażenie, że logika argumentów habilitanta nazbyt często nie jest dostatecznie przejrzysta i/lub habilitant nie poświęcił dostatecznej uwagi klarownemu przedstawieniu swoich argumentów. Habilitant nie ustrzegł się też pewnej liczby błędów gramatycznych i składniowych.

2. Ocena aktywności naukowej

O ile udało mi się sprawdzić, cały dorobek naukowy dr. Puławskiego dotyczy prac wykonywanych w ramach współpracy NA61-SHINE od 2010 roku. W ramach tej współpracy habilitant wykonał również rozprawę doktorską w 2015.

Z dołączonego do dokumentacji listu spokesmana tej współpracy, prof. Marka Gaździckiego wynika, że:

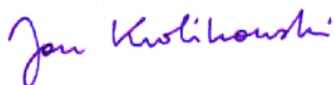
- działalność dr. Puławskiego jest wysoko oceniana w ramach współpracy, kilkakrotnie powierzano Mu rolę głównego autora i koordynatora analiz prowadzących do wielu publikacji (co najmniej 6), uczestniczył aktywnie w kilku grupach roboczych. Współpraca kilkakrotnie powierzała Mu wygłaszanie referatów na ważnych konferencjach międzynarodowych,
- Dr. Puławski wniósł także ważny wkład w techniczną obsługę eksperymentu.

Prof. Gaździcki wyraźnie uważa, choć nie napisał tego *expressis verbis*, że analizy przedstawione w rozprawie są podsumowaniem oryginalnego dorobku naukowego dr. Puławskiego.

W autorefracie nie znalazłem informacji na temat planów naukowych dr. Puławskiego w okresie po habilitacji. Domniemuję, że zamierza nadal uczestniczyć w obliczonym jeszcze na kilka lat programie naukowym NA61- SHINE.

3. Wniosek końcowy

Uważam, że przedstawiona monografia zawiera ważne i oryginalne wyniki fizyczne, w otrzymaniu których habilitant odegrał wiodącą rolę. Dr Szymon Puławski przedstawił monografię spełniającą wymogi rozprawy habilitacyjnej. Wnoszę o kontynuowane przewodu habilitacyjnego.



Jan Królikowski