



Dr hab. Justyna Łagoda  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych  
Departament Badań Podstawowych

Warszawa, 1 marca 2025 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marty Urbaniak  
zatytułowanej  
„Nuclear fragmentation cross-section measurements  
and development of new beam detectors for future experiments”**

Praca doktorska mgr Marty Urbaniak pt. „Nuclear fragmentation cross-section measurements and development of new beam detectors for future experiments” przedstawia pomiar przekroju czynnego na fragmentację jąder lekkich uzyskany na podstawie danych zebranych w eksperymencie NA61/SHINE oraz opis przygotowania i testów nowych detektorów pozycji wiązki, które mają zapewnić lepsze warunki zbierania danych w przyszłości i zostały już przetestowane w warunkach eksperymentalnych.

Eksperyment NA61/SHINE jest zlokalizowany w CERN, na wtórnej wiązce z akceleratora SPS. Jest eksperymentem ze stałą tarczą, badającym oddziaływania protonów i jonów z różnymi jądrami tarczy w szerokim zakresie energii. Jego program fizyczny jest bogaty, obejmuje m.in. badania oddziaływań silnych i precyzyjne pomiary produkcji hadronów (bardzo istotne np. dla eksperymentów neutrinowych z długą bazą). NA61/SHINE wykorzystuje kilka komór projekcji czasowej do dokładnego pomiaru torów cząstek i ich depozytów energii. Komory najbliższej wierzchołka oddziaływania znajdują się w polu magnetycznym, co zapewnia pomiar pędu. Dodatkowe liczniki czasu przelotu poprawiają identyfikację cząstek. Eksperyment jest też wyposażony w liczne detektory wiązki, szczególnie istotne w analizie przedstawionej w pracy. Poza pomiarem przekrojów czynnych na fragmentację jądrową, Autorka uczestniczyła też czynnie w przygotowaniu nowych detektorów wiązki, zarówno w technologii opartej na krzemowych detektorach paskowych (które zostały już użyte w ostatnich kampaniach zbierania danych), jak i opartej na włóknach ze scyntylatora (która jest wciąż rozważana).

Rozprawa, napisana w języku angielskim, rozpoczyna się od wstępu, który zawiera wprowadzenie do tematyki pracy, przedstawia uzasadnienie wykonanych badań i analiz oraz podaje, które jej części są wyłącznym dziełem Autorki.

Kolejne dwa rozdziały pracy stanowią wprowadzenie do studiów podjętych i opisanych przez Autorkę.

Rozdział 2 przedstawia informacje o promieniowaniu kosmicznym, a w szczególności o proporcjach różnych jąder atomowych, które wchodzi w skład pierwotnego promieniowania kosmicznego, oraz ich porównanie z częstością występowania w Układzie Słonecznym. Porównanie takie pokazuje różnice sięgające nawet kilku rzędów wielkości (np. dla litu, bery-

lu, boru), co wskazuje na to, że jądra takie powstały w procesie oddziaływania cięższych jąder wchodzących w skład promieniowania pierwotnego. Stosunki ilości jąder pierwotnych i wtórnych niosą więc informacje o propagacji promieniowania kosmicznego w przestrzeni międzygwiazdowej. Autorka wprowadza następnie równanie transportu i analizuje bardziej dokładnie przypadek szczególnie stosunku boru do węgla. Rozdział kończy się opisem analizy Genoliniego i współautorów, na której opierają się plany eksperymentu NA61/SHINE na pomiary przekrojów czynnych na fragmentację.

Rozdział 3 jest poświęcony eksperymentowi NA61/SHINE i rozpoczyna się od przedstawienia jego programu fizycznego. Następnie omówiony jest proces produkcji wiązki dla eksperymentu oraz detektory wiązki, kluczowe dla pomiarów przeprowadzanych przez Autorkę. Dalej następuje omówienie ustawień układu wyzwalania i konfiguracji wiązki i tarcz używanych w pomiarach. Na koniec Autorka przedstawia najświeższe pomiary NA61/SHINE dla fragmentacji węgla C-12. Rozdział ten zawiera istotne i interesujące informacje, zyskałby jednak na jasności, gdyby rozwinięte zostały niektóre skróty (np. RFQ, DRS4).

#### Uwagi do rozdziału:

- czy na rys. 3.1. rozmiar kwadratów jest proporcjonalny do ilości zebranych danych przy danej konfiguracji?

- co oznacza „rigidity equal to 27 GV”?

- czym różnią się „various parametrizations” na rys. 3.9 i 3.10?

Rozdział 4 przedstawia analizę przeprowadzoną przez Autorkę. Rozpoczyna się od wprowadzenia definicji przekroju czynnego oraz opisu procesu fragmentacji, a następnie pojęcia przekroju czynnego ze zmianą ładunku (utrata protonu przez jądro-pocisk) i ograniczeń modelu Glaubera. Sam model nie jest jednak omówiony, nie ma też dla niego odnośnika do źródeł, przez co dyskusja ta jest średnio zrozumiała dla osób mniej obeznanym z tematem. Dalej następuje przedstawienie zależności przekrojów czynnych od liczby masywnej pocisku i tarczy oraz energii, i porównanie istniejących danych z modelami. Następnie Autorka opisuje prawdopodobieństwo oddziaływań i przechodzi do analizy składu wiązki padającej, której poświęcony jest podrozdział 4.0.4. Analiza ta oparta jest na połączeniu informacji o ładunku jonu z detektora scyntylacyjnego S1 (opartej na sygnałach z przetwornika ADC) oraz informacji o czasie przelotu między detektorami S1 i A. Dzięki temu możliwa jest separacja izotopów (w analizie rozdzielono tylko izotopy węgla, ze względu na małą statystykę przypadków dla boru i azotu). Opisany jest proces przygotowania cięć na wybór jądra-pocisku i ich optymalizacji, a w kolejnym podrozdziale dodatkowe cięcia na pozycję wiązki. Analiza produktów oddziaływania zawarta jest w podrozdziale 4.0.6, gdzie przedstawiono selekcję przypadków opartą na ładunku zrekonstruowanym na podstawie pomiarów depozytów energii w komorach projekcji czasowej oraz na odchyleniu toru w polu magnetycznym (przy wymaganych kryteriach jakości, którymi były: celowanie toru do punktu oddziaływania, minimalna liczba klastrów oraz czas zgodny z czasem wiązki). Rozdział kończy się podsumowaniem przygotowanych cięć i moim zdaniem przedstawia poprawną i rzetelną analizę danych doświadczalnych, choć w kilku miejscach brakuje uzasadnienia, dlaczego wybrano takie a nie inne wartości cięć, jak zaznaczam poniżej.

#### Uwagi do rozdziału:

- brak odnośników do niektórych z modeli przedstawionych na rys. 4.3 i 4.4. W tekście pojawia się model Andersena, który jednak nie jest oznakowany na rysunkach.

- niekonsekwencja oznaczeń w równaniach 4.8-4.10 oraz na rys. 4.5 powoduje zamieszanie i utrudnia śledzenie wyводу.

- tekst i równanie 4.23 podają różne metody obliczania czystości - w tekście w mianowniku jest liczba przypadków tła, w równaniu suma przypadków tła i sygnału.

- jak wybrano wartość 0.8 pojawiającą się w równaniu 4.27?

- ile wynosi „sufficiently short distance to the main interaction point” (podrozdział 4.0.6.) i jak ta wartość została wybrana?

- proszę o wyjaśnienie zdania: „Derivation in a magnetic field is calibrated to utility, describing how fragments in centimeters are derived from extrapolated beam particles”.

- dwa ostatnie cięcia (na liczbę klastrów i czas) nie są opisane bliżej w tekście. Proszę o ich omówienie, szczególnie że z liczbą klastrów związany jest później błąd systematyczny.

Wyniki analizy zawarte są w Rozdziale 5. Autorka opisuje kolejne kroki prowadzące do uzyskania wartości przekrojów czynnych zamieszczonych na rys. 5.2-5.4 i w tabeli 5.1, a także przedstawia ich porównanie z wynikami dwóch symulacji i innej analizy przeprowadzonej we współpracy NA61/SHINE. Mimo że podany jest odnośnik do publikacji opisującej inną analizę, uważam, że należałoby krótko przedstawić różnice między tymi dwiema analizami i chciałabym takie porównanie zobaczyć podczas obrony.

Rozdział 6 uzupełnia wyniki z poprzedniego rozdziału o wyznaczenie niepewności systematycznych. Autorka stosuje metodę zmiany wartości cięć i spowodowanej tym zmiany otrzymanych przekrojów czynnych i uwzględnia cztery źródła niepewności związane z: wysokością sygnału ADC z detektora S1, czasem przelotu między detektorami S1 i A, ładunkiem jonu zmierzonym w MTPC-L i liczbą klastrów w zrekonstruowanym torze w MTPC-L. Przedstawione metody i wyniki nie budzą moich wątpliwości, aczkolwiek ich opis i dyskusja mogłyby być lepsze. Przykładowo, rys. 6.2, 6.4, 6.6, 6.7, 6.9, 6.11, 6.13, 6.14, 6.16, 6.18, 6.19, 6.21, 6.23, 6.24 przedstawiające zmiany przekrojów czynnych dla różnych zmian wartości cięć, w ogóle nie są wspomniane w tekście, podany jest tylko końcowy generalny wniosek.

Dalsza część pracy poświęcona jest przebudowie detektora NA61/SHINE. Najpierw opisane są ogólnie ulepszenia dokonane w latach 2018-2022 i ich motywacja, którą jest podniesienie częstości zbierania danych, a następnie nowe detektory pozycji wiązki, w których przygotowaniu brała udział Autorka. Są to krzemowe detektory paskowe (SSD) o bardzo dobrej zdolności rozdzielczej przestrzennej i czasowej. Autorka opracowała dla nich oprogramowanie rekonstruujące pozycję depozytów energii (hitów) oraz monitorujące wiązkę i włączyła je do struktury używanej w eksperymencie. W podrozdziale 7.1 opisana jest konstrukcja detektorów i ich elektronika odczytu oraz algorytm rekonstrukcji pozycji przygotowany przez Autorkę.

#### Uwagi do rozdziału:

- na rys. 7.5, na prawym wykresie pokazane są przebiegi czasowe sygnałów z detektora SSD. W jakich warunkach powstaje sygnał nasycony i czy jest on użyteczny dla analizy?

- jak wybrano próg dla amplitudy sygnału w algorytmie rekonstrukcji pozycji hitu? Czy jest wymóg minimalnej i/lub maksymalnej liczby sygnałów z sąsiadujących pasków przy rekonstrukcji klastra?

- czym jest „emittance” - parametr sprawdzany przy monitorowaniu wiązki?

- czy profil wiązki przedstawiony na rys. 7.6 odpowiada jednemu spillowi z akceleratora?

Rozdział 8 przytacza jeszcze raz informacje o wstępnych pomiarach przekrojów czynnych na fragmentację i ich motywacji i podaje plany na kolejną analizę. Jest to w zasadzie rodzaj podsumowania, które moim zdaniem mogłoby być połączone z rozdziałem 9 (zatytułowanym właśnie „Summary”), jako jego druga część.

Po części głównej pracy następują jeszcze dwa dodatki, w których opisana jest analiza zanieczyszczeń wiązki węglowej innymi jądrami oraz dodatkowe informacje na temat symulacji, z którą porównywane były otrzymane wyniki. Dodatki dobrze uzupełniają główną część pracy, choć są na tyle krótkie, że moim zdaniem ich treść mogłaby być włączona w rozdziały, z którymi są powiązane.

Rozprawa należy do raczej krótkich, tekst jest bardzo lakoniczny, mało rozbudowany. Płynność czytania zakłócają liczne dolne przypisy, które moim zdaniem mogłyby być wkomponowane w główny tekst. Wykresy nie są utrzymane w jednolitym stylu (przy czym nie jest to zarzut wobec wykresów zaczerpniętych z cytowanych źródeł). Niektóre z wykresów mają opisy osi zbyt małą czcionką, z kolei inne są niepotrzebnie bardzo duże. Wykresy w grupach rys. 5.2-5.5 i 5.6-5.8 przedstawiające wyniki pomiarów różnią się odpowiednio zaledwie jednym punktem doświadczalnym przedstawiającym inny pomiar NA61/SHINE i moim zdaniem stanowią niepotrzebne powtórzenie (porównania tego można było dokonać od razu na rys. 5.2-5.5).

Rozprawa niewątpliwie zyskałaby na staranniejszej redakcji. Liczne są kalki gramatyczne i składniowe z języka polskiego, literówki, a nawet zamienione wyrazy (np. „derivation” gdy powinno być „deviation”), które czasem powodują, że całe zdanie staje się niezrozumiałe. Dziwna jest postać bardzo wielu odnośników do rysunków lub tabel, które to odnośniki są podane bardzo często tylko jako numer, bez wskazania nawet, czy chodzi o rysunek, tabelę czy równanie. Część symboli w równaniach nie jest zdefiniowana, lub opisane symbole nie do końca odpowiadają tym użytym w równaniu (zmiana indeksu, rozmiaru liter itp.).

**Pomimo powyższych uwag, moim zdaniem przedstawiona rozprawa spełnia warunki stawiane przez ustawę pracom doktorskim, dlatego też wnoszę do Rady Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie mgr Marty Urbaniak do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.**

Z poważaniem

**JUSTYNA**  
**ŁAGODA**

Elektronicznie  
podpisany przez  
JUSTYNA ŁAGODA  
Data: 2025.03.01  
10:30:04 +01'00'  
Justyna Łagoda



## Raport weryfikacji

Wynik

Wynik przetwarzania

Skrót pliku z podpisem

Nazwa pliku z podpisem

Identyfikator weryfikacji

**WAŻNY/PRAWIDŁOWY**

Zakończono

0074afabbac9f46a8c26028f53996c4a837e0b9a

dr hab. Justyna Łagoda - recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marty Urbaniak.pdf

760C6959787641F23383B675B064202319A1E46D

## Lista podpisów

Status weryfikacji podpisu

Data i czas wykonania podpisu

Data i czas weryfikacji podpisu

Format podpisu

Poziom podpisu

Certyfikat podpisującego

**WAŻNY/PRAWIDŁOWY**

2025-03-01 10:30:04 GMT+01:00

2025-03-04 10:40:17 GMT+01:00

PKCS7

BES (Podpis w postaci podstawowej)

kwalifikowany

## Ścieżka certyfikacji

### Certyfikat podpisującego

Walidacja certyfikatu

Status certyfikatu

Wystawiony dla

Wystawiony przez

Ważny od

Ważny do

Data wystawienia CRL/OCSP

Numer seryjny

**WAŻNY/PRAWIDŁOWY**

**WAŻNY**

CN=JUSTYNA ŁAGODA, givenName=JUSTYNA, surname=ŁAGODA, C=PL  
CN=CenCert QTSP CA, O=Enigma Systemy Ochrony Informacji Sp. z o.o.,  
C=PL

2024-03-05 10:22:11 GMT+01:00

2026-03-06 00:59:59 GMT+01:00

2025-03-01 10:29:57 GMT+01:00

58c303c6775b9ae

### Certyfikat wystawcy

Walidacja certyfikatu

Status certyfikatu

Wystawiony dla

Wystawiony przez

Ważny od

Ważny do

Numer seryjny

**WAŻNY/PRAWIDŁOWY**

**WAŻNY**

CN=CenCert QTSP CA, O=Enigma Systemy Ochrony Informacji Sp. z o.o.,  
C=PL

CN=Narodowe Centrum Certyfikacji, O=Narodowy Bank Polski, C=PL

2023-09-15 12:56:54 GMT+02:00

2034-09-16 01:59:59 GMT+02:00

07289fef2f30882f