

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego
Uniwersytet Jagielloński

Recenzja

pracy doktorskiej pani mgr Marty Urbaniak
pt. " Nuclear fragmentation cross-section measurements
and development of new beam detectors for future experiments"

Prezentowana praca doktorska jest związana z projektem NA61/SHINE realizowanym przy super synchrotronie protonowym (SPS) w ośrodku CERN. Celem tego projektu jest między innymi przeprowadzenie szeregu pomiarów referencyjnych dla eksperymentów badających promieniowanie kosmiczne. Chodzi tutaj o pomiary przekrojów czynnych na proces fragmentacji jąder o masach lekkich i średnich. Pomiar tych przekrojów jest istotny przy modelowaniu propagacji promieniowania kosmicznego przez Galaktykę. Autorka swojej pracy zajmuje się wyznaczeniem przekrojów czynnych na zmianę ładunku produktów reakcji dla trzech wiązek jonów: bor, węgiel i azot o pędzie 13.5 AGeV/c. W trakcie pomiarów użyto tarczy węglowej (grafitowej) oraz polietylenowej.

Kolaboracja NA61/SHINE jest dużym zespołem badawczym i z natury rzeczy podzielona jest na tzw. grupy robocze. Autorka tej pracy, pani mgr Marta Urbaniak, brała udział w trzech grupach roboczych: oprogramowanie/kalibracja (software/calibration), rozwój sprzętu (hardware development) i analiza neutrinowa oraz promieniowania kosmicznego (neutrino and cosmic-ray analysis).

Pani mgr Urbaniak prezentowała swoje prace na trzech konferencjach międzynarodowych: the Particles and Nuclei International Conference (PANIC), the International Beam Instrumentation Conference (IBIC) i the Mazurian Lake Conference on Physics. Zwróciło moją uwagę, że autorka, poza swoją działalnością związaną z pracą dokorską, aktywnie udziela/udzielała się w panelu the European Committee for Future Accelerators (ECFA) dedykowanym przygotowaniu młodych naukowców do ich przyszłej działalności naukowej (arXiv:2407.12761v1 [physics.acc-ph] 17 Jul 2024, „The ECFA Early-Career Researchers (ECR) Panel”, jest jednym ze współautorów).

Recenzowana praca napisana jest w języku angielskim i składa się ze strony tytułowej, streszczenia w języku angielskim i w języku polskim, podziękowań, spisu treści, dziewięciu rozdziałów, dwóch dodatków oraz spisu literatury. Całość zawiera 106 kartek, 98 rysunków, 14 tabel i 56 pozycji w spisie literatury.

W rozdziale pierwszym, który jest wstępem do pracy, autorka anonsuje główny cel pracy tzn. pomiar przekrojów czynnych na zmianę ładunku przy energiach ultra relatywistycznych, oraz przedstawia jakie zagadnienia będą omawiane w poszczególnych rozdziałach. Tutaj też wymienia swój wkład w program badań promieniowania kosmicznego prowadzony przez kolaborację NA61/SHINE.

W kolejnym rozdziale Autorka dyskutuje znaczenie pomiaru przekrojów czynnych na fragmentację lekkich jąder w badaniu przechodzenia promieniowania kosmicznego przez materię międzygwiazdową w Galaktyce. W większości proces przechodzenia promieniowania przez materię jest opisywany przez modele oparte na równaniu transportu, gdzie istotna jest znajomość wartości parametrów współczynnika dyfuzji i ilości materii międzygwiazdowej na drodze jądra promieniowania kosmicznego. Autorka w zgrabny sposób ilustruje skomplikowany model transportu za pomocą tzw. modelu nieszczelnego pudełka. Pomiar stosunków produkcji jąder boru do jąder węgla (B/C) w funkcji energii fragmentującego jądra a także zmierzony przekrój czynny

na fragmentację jąder tlenu i węgla w bor pozwala wyznaczyć średnią grubość warstwy materii międzygwiazdowej pokonywanej przez jądro promieniowania kosmicznego. W rozdziale tym wskazano również na potrzebę dokładniejszych pomiarów wartości przekrojów czynnych na fragmentację lekkich/pośrednich jąder, rys. 2.3 i 2.4.

W rozdziale 3 zaprezentowano zasadnicze kierunki badań programu NA61/SHINE oraz umówiono używany w tym celu system produkcji wiązki i układ pomiarowy. System ten, na bazie akceleratora SPS, umożliwia produkcję jonów wiązek wtórnych po fragmentacji jąder ołowiu na tarczy berylowej. W tym przypadku są to jony różnych izotopów węgla i sąsiednich pierwiastków o pędzie 13.5 AGeV/c. Na układ pomiarowy składa się zespół 8-u detektorów umieszczonych przed tarczą i 5-u detektorów umieszczonych za tarczą. Detektory umieszczone przed tarczą, tutaj węglową lub polietylenową (C_2H_4), służą do selekcji izotopów jąder węgla i sąsiednich pierwiastków z wiązki wtórnej. Według kolejności ich umieszczenia są to: A (detektor scyntylacyjny), S1 (detektor scyntylacyjny), BPD-1, BPD-2 (komory proporcjonalne), V0, V1, V1p (detektory scyntylacyjne), PBD-3 (komora proporcjonalna). Detektory scyntylacyjne S1, V0, V1, V1p służą do wyznaczenia ładunku Z jonu wiązki (detektor S1), określają masę jonu, mierzą czas przelotu tzw. ToF (detektory A i S1), jak również są częścią systemu trygerowania akwizycji, którymi są detektory Vi mierzące rozmycie/halo wiązki. Trzy pozostałe detektory BPD, wypełnione gazem Ar/CO₂, wyznaczają położenie jonów w płaszczyźnie X-Y, prostopadłej do osi wiązki, osi Z. Za ich pomocą można dokonać rekonstrukcji punktu oddziaływania jonu wiązki z tarczą. Pięć detektorów VTPC-1, GAP TPC, VTPC-2 i MTPC-L/MTPC-R (komory projekcji czasowej) ulokowanych, w stosownym porządku, za tarczą mierzy produkty reakcji. Informacje z nich uzyskane, takie jak straty energii cząstki oraz jej odchylenie w polu magnetycznym umożliwiają szeroką identyfikację jąder wytworzonych w trakcie reakcji. W pracy tej detektory te posłużą do wyznaczenia liczby interesujących jonów wiązki, które nie oddziaływały z jądrami tarczy. W rozdziale tym Autorka omawia również system trygera czasu rzeczywistego, którego logika oparta jest o układy FPGA produkujące trygery końcowe $T1=S1 \cdot (\sim V1)$ i $T3=S1C \cdot (\sim V1) \cdot S1\text{delayed}$. Trygery te, uruchamiając zapis zdarzenia, służą do wyboru określonych jonów (B, C, N) z wiązki wtórnej. T1 eliminuje jony z halo wiązki, natomiast tryger T3 dokonuje wstępnej selekcji jonów węgla ^{12}C . W trakcie pomiarów pilotażowych w 2018 roku, na których opiera się analiza prowadzona przez doktorantkę, zebrano około 1 200 000 zdarzeń. Na zakończenie tego rozdziału autorka potwierdza wynikiem eksperymentalnym rozróżnienie izotopów litu, berylu, boru, węgla, azotu i tlenu wśród jonów wiązki wtórnej, rys. 3.8 (ToF vs Z^2).

Kolejne rozdziały 4, 5 i 6 przedstawiają analizę danych dla wyznaczenia przekrojów czynnych na zmianę ładunku oraz analizę niepewności pomiarowych, co jest zasadniczym celem prezentowanej pracy.

W rozdziale 4, Autorka po wprowadzeniu formuły na przekrój czynny, która de facto jest taka sama dla przekrojów czynnych na zmianę ładunku, definiuje proces fragmentacji jądra pocisku na jądrze tarczy (model abrazji-ablacji, znany też jako fireball). Jednym z rodzajów fragmentacji jest proces utraty ładunku (protonów) jądra pocisku w skutek oddziaływania (wymiany nukleonów) z jądrem tarczy, opisywany najczęściej modelem Glaubera. To właśnie ten proces jest przedmiotem badań Autorki. Co ciekawe to cytowane przez nią wyniki np. dla reakcji $^{12}C+CH_2$, czy $^{12}C+C$, rys. 4.3 i rys. 4.4, pokazują, że wartości przekrojów czynny na zmianę ładunku w 90% pokrywają się z wartościami przekrojów czynnych na reakcję (fragmentację) i to w szerokim zakresie energii zderzenia jąder a dla energii relatywistycznych uzyskują stałą wartość. Uzasadnia to badanie w właśnie tych procesów, którymi zajmuje się pani Marta Urbaniak bo są one łatwiejsze do detekcji eksperymentalnej a jednocześnie dają pogląd na znaczącą część oddziaływania jądro-jądro przy energiach relatywistycznych.

Ponieważ przekrój czynny na zmianę ładunku jądra pocisku wyraża się poprzez prawdopodobieństwo utraty protonów przez jądro pocisku w oddziaływaniu z jądrem tarczy to celem Autorki jest analiza intensywności wiązki przed i za tarczą. W kolejnej części rozdziału zajmuje się Ona badaniem składu izotopowego wiązki B, C lub N, wyselekcjonowanej w analizie z wiązki wtórnej. Do wyznaczenia składu izotopowego wiązki używane są scyntylicyjne detektory tj. para detektorów A-S1 dostarczająca czas przelotu (ToF) jonów wiązki oraz detektor S1 mierzący również ładunek, Z, jąder wiązki. Selekcja zdarzeń odbywa się za pomocą trygera T1 generującego sygnał dla wszystkich jonów wiązki, opartego o detektor S1 i detektor scyntylicyjny V1, mierzący rozmycie (halo) wiązki. Dla selekcji w czasie rzeczywistym (on-line) jonów węgla użyto trygera S3, który wykorzystywał informację o ładunku cząstki informację dostarczaną przez detektor S1. W rozdziale tym zaprezentowane są szczegółowo rozkłady ładunków i czasów przelotu poszczególnych jonów wiązki. Przy użyciu dość skomplikowanej procedury dopasowywania asymetrycznymi funkcjami Gaussa (jedno i dwuwymiarowymi) wyżej wymienionych rozkładów Autorka znajduje cięcia (prog), które dokonują selekcji interesujących ją jonów wiązek: boru, węgla i azotu oraz ich składu izotopowego. Do ilościowego określenia efektywności takiej selekcji używa dwóch parametrów: tak zwanej wydajności (efficiency) i czystości (purity). Parametr wydajności określa jaka część izotopów danego pierwiastka z wiązki, na przykład ^{12}C , nie jest brana pod uwagę w analizie w wyniku zastosowanych cięć. Parametr czystości z kolei zdaje relację z tego, jaki jest liczbowy stosunek interesujących izotopów wiązki, na przykład ^{12}C , do izotopów tła w ramach zastosowanych cięć. Dla przypadku jonów ^{12}C oba parametry uzyskują wysoką wartość 98%. Wyniki dla izotopów ^{12}C i ^{13}C przedstawiono na rysunkach 4.17 i 4.18 oraz w tabeli 4.4. Dla pozostałych pierwiastków wiązki wtórnej to jest boru i azotu analizowano jedynie rozkładu ładunkowe. Ta decyzja wynikała z konieczności uzyskania maksymalnie wysokiej statystyki zdarzeń. Autorka prezentuje również procedurę korekcji na pozycję detektorów BPD, których zadaniem jest wyznaczenie współrzędnych uderzenia wiązki w tarczę. Rysunek 4.20 prezentuje położenie wiązki na tarczy uzyskane po zastosowaniu stosownej procedury.

Druga część analizy dotyczy detektorów umieszczonych za tarczą rejestrujących jony wiązki jak i produkty oddziaływania wiązki z atomami tarczy. Za ich pomocą można identyfikować ładunek, pęd i masę zarejestrowanych produktów reakcji. Wielkości te określa się poprzez pomiar energii zdeponowanej przez cząstkę w gazie detektorów oraz wyznaczenie trajektorii cząstki w polu magnetycznym poprzez rekonstrukcję jej śladów w kilku kolejnych detektorach TPC. Po wyborze określonej wiązki jonów (B, C, N) z wiązki wtórnej za pomocą detektorów umieszczonych przed tarczą, wykonywano histogramy rozkładów ładunku w komorze MTPC-L do których dopasowano zmodyfikowany rozkład Gaussa tzw. funkcję Crystal Ball dla danego Z wiązki. Na bazie tych dopasowań ustalono wartości cięć (progów) wybierających odpowiednie Z wiązki. Wartości tych progów ustalono na 3 sigma. Wyniki dopasowań przedstawiono na rysunkach 4.26-4.29 oraz w tabeli 4.5. Analizę tę wykonano dla jonów boru, izotopów ^{12}C i ^{13}C oraz jonów azotu z pomiarów na tarczy grafitowej polietylenowej a także pomiarów bez tarczy. Trajektorie cząstek, wyznaczone na podstawie śladów w komorach TPC (przyjmując 80 klastrow jako poprawny ślad rejestrowanego jądra) ekstrapolowane do położenia tarczy, informowały dodatkowo czy rejestrowane jony są wynikiem oddziaływania jąder wiązki z tarczą.

Efektom zastosowanych metod analizy są wyniki dla wartości przekrojów czynnych na zmianę ładunku przedstawione w rozdziale 5. W rozdziale tym Autorka prezentuje uzyskane wartości przekrojów czynnych (utrata protonów przez jądro pocisku), dla fragmentacji jąder boru, węgla i azotu na trzech różnych tarczach węglowej, polietylenowej i protonowej. Wyniki na tarczy protonowej zostały uzyskane po odjęciu, z odpowiednią wagą, wartości przekrojów czynnych z pomiarów na tarczy polietylenowej od wartości przekrojów czynnych z reakcji na tarczy

grafitowej. W rozdziale tym autorka dyskutuje również problem błędów z jakimi te wyniki zostały wyznaczone opierając się głównie na metodzie propagacji błędów. Prezentowane wyniki są skorygowane o reakcje jądrowe zachodzące na materiale detektorów, co umożliwił oddzielny pomiar wykonany dla wiązek bez tarczy. Wyliczone z pomiarów przekroje czynne na zmianę ładunku, rys. 5.6 - 5.8, porównane są z przewidywaniami symulacji GEANT4 i GLLISANDO 3 a także z wynikiem uzyskanym z niezależnej analizy tych samych danych. W przypadku jonów węgla wyliczono również zależność przekrojów czynnych na zmianę ładunku od izotopów tego jonu rys. 5.5.

Ponieważ dokładność wyznaczenia powyższych wartości ma zasadnicze znaczenie w pomiarach prowadzonych przez Autorkę w rozdziale 6 analizowano wpływ błędów systematycznych. Co prawda autorka nie podaje co mogło być ewentualną przyczyną takich błędów, jednak nie ma to znaczenia ponieważ rozważania dotyczące wpływu tych błędów są prowadzone na zasadzie sprawdzania jak przesuwanie tzw. cięć na różnych rozkładach np. cięcia na rozkładach Z2 z komory MTPC-L (detektor za tarczą) wybierające rodzaj jonu, czy cięcia na rozkładach ToF vs Z2 (detektory przed tarczą) wybierające rodzaj wiązki wpływają na końcowy wynik pomiarów. Analiza ta wyraźnie pokazuje, że wpływ błędów systematycznych zależy od wielkości uzyskanej statystyki. Dla wiązki azotu gdzie pozyskana statystyka jest stosunkowo nieduża błędy systematyczne mogą zmienić wartość przekrojów czynny na poziomie 20%, natomiast w przypadku izotopów ^{12}C i ^{13}C zmierzonych z dużą statystyką błąd systematyczny ma niewielki wpływ na wyliczoną wartość przekrojów czynny i jest na poziomie 2%.

Pozostałe dwa rozdziały 7 i 8 dotyczą opisu modyfikacji (modernizacji) systemu detektorowego NA61/SHINE. Głównym celem dokonanych zmian było zwiększenie przetwarzania ilości zbieranych danych przez układ detektorowy dla planowanych pomiarów dotyczących tak zwanego otwartego powabu jak i pomiarów fragmentacji jąder pocisku. Spośród wielu zmodernizowanych i nowych elementów, takich je chociażby detektor wierzchołka (Vertex detector) czy detektor czasu przelotu (ToF-L) autorka przedstawiła szerzej nowe detektory pozycji wiązki (BPD), w budowę i testowanie których była zaangażowana. Zamiast gazowych komór proporcjonalnych, dotychczas używanych, skonstruowano macierzowe krzemowe detektory paskowe BPD. Zbudowano również system odczytu i zapisu sygnałów z tych detektorów dostosowany do dużej ilości napływającej danych. Autorka testowała także algorytm identyfikujący punkt przejścia jonu wiązki przez detektory PBD. Uzyskane wyniki zostały zilustrowane rysunkami 7.5 do 7.8. W tabeli 8.1 podobno reakcje różnych jonów wiązki wtórnej z protonami które są planowane do pomiarów w przyszłości jak również wymaganą statystykę, którą należy zebrać aby osiągnąć wymaganą dokładność przekrojów czynnych na zmiany ładunku. Oszacowano, że po modernizacji układu detektorów do zebrania wymaganej statystyki i osiągnięcia odpowiedniej dokładności wartości powyższych przekrojów czynnych wystarczy jeden tydzień wiązki na akceleratorze.

Ostatni rozdział pracy zawiera podsumowanie analizy wykonanej przez doktorantkę oraz perspektywę na przyszłość. Podkreślono w nim, że obecnie istnieje bardzo wąska grupa danych, które dotyczą przekrojów czynnych na zmianę ładunku przy energiach około 1 A.GeV w związku z tym pomiary wykonywane zmodernizowanym układem NA61/SHINE mogą mieć istotne znaczenie i wypełnić brakującą lukę w systematyce przekrojów czynnych na zmianę ładunku w reakcjach z lekkimi i pośrednimi wiązkami. Pracę uzupełniają dodatek A) w którym przedstawiono oszacowanie udziału domieszek sąsiednich jonów wiązki pierwotnej w selekcji jonów $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ i dodatek B) zawierający wartości parametrów użytych w symulacjach GEANT4 i GLLISANDO 3.

Przechodząc do oceny rozprawy doktorskiej pani Marty Urbaniak uważam, że praca jest napisana klarownym językiem nie sprawiając kłopotów w czytaniu. Autorka używa właściwie terminów naukowych praktykowanych w fizyce wysokich energii. Mimo, że celem pomiarów było wyznaczenie stosunkowo prostej wielkości fizycznej jaką jest przekrój czynny na zmianę ładunku

w reakcjach z lekkimi/pośrednimi wiązkami, ale mającej duże znaczenia w badaniu propagacji promieniowania kosmicznego przez Galaktykę, to układ pomiarowy NA61/SHINE użyty do tego celu jest układem o dużym stopniu komplikacji, z uwagi na ultra relatywistyczne energie zderzeń. Analiza danych dostarczonych przez taki układ wymagała od Autorki dużego wkładu pracy i dobrych, czy wręcz bardzo dobrych umiejętności programowania. W mojej ocenie Autorka wywiązała się z tego zadania bardzo dobrze. Co się tyczy strony edytorskiej to praca jest bardzo starannie ułożona. Tym niemniej zauważyłem pewne błędy i niedopowiedzenia popełnione przez autorkę.

Uwagi dotyczące pracy doktorskiej:

- tabeli 3.2 - masa molowa dla tarczy C₂H₄ jest podana jako 14 g/mol. Myślę, że wartość ta wymaga komentarza, chyba, że jest to błąd liczbowy;
- rysunek 4.3 - w opisie rysunku mamy reakcja 12C+C₂H₄ natomiast na rysunku jest napisane reakcja 12C+CH₂. Chciałbym się dowiedzieć od autorki czy jest jakaś "równość" między obu opisami;
- wzór 4.13 nie jest dla mnie taki oczywisty i chętnie zobaczyłbym nawet skrócone jego wyprowadzenie;
- rysunki 4.15 i 4.16 przedstawione w skali logarytmicznej dla osi Z, Autorka prezentuje bez żadnego komentarza. Czy jest konieczność ich umieszczenia w pracy, skoro analogiczne rysunki 4.13 i 4.14 są pokazane wcześniej w skali liniowej dla tejże osi;
- nie rozumiem dlaczego Autorka prezentuje rysunki 5.2-5.4, a na kolejnych stronach pracy rysunki 5.6-5.8. Według mnie wystarczy pokazać i omówić tylko rysunki 5.6-5.8, ale być może jest głębsze uzasadnienie tego typu prezentowania wyników.

Moje uwagi dotyczą też strony edytorskiej. Kilka z nich wyliczam poniżej:

- uważam, że rozdział 8, który jest bardzo krótki powinien być połączony z rozdziałem 7;
- w kilku miejscach pierwsze odwołania do rysunków w tekście nie pokrywają się z kolejnością ich numeracji i tak w rozdziale 6, strona 65 znajdujemy: "figures 6.1, 6.8" i dalej "figures 6.3, 6.10", czy "figures 6.5, 6.12, 6.17 and 6.22", itd.;
- dość często Autorka omawia pewien rysunek, który znajduje się kilka stron dalej;
- często też odwołując się do rysunku, czy równania podany jest tylko numer, oto kilka przykładów: strona 20 - "material molar mas 4.3", strona 21 - "Abrasion-Ablation model 4.1", strona 55 - "polyethylene target 5.3", strona 60 mamy "high quality 5.5" itd.;
- rysunki 4.30, 4.31 i 4.32 mogłyby być przedstawione na jednym panelu, podobnie rysunki 4.33, 4.34 i 4.35, czy rysunki 4.36, 4.37 i 4.38 oraz rysunki 4.39, 4.40, 4.41;
- strona 7, druga linia "(R > 3GV) ..." - nie napisano, co oznacza wielkość R;
- Autorka używa też akronimów, które nie są objaśnione i nie są powszechnie używane: strona 2 - "BPD expert", czy "ECFA panel" na tej samej stronie.

Choć nie czuję się kompetentny w kwestii językowej to znalazłem pewne elementarne błędy języka angielskiego lub przejęzyczenia:

- jak chociażby na stronie 12 - "and an S1 detector", na stronie 25 - "it was future developed...";
- strona 39, podpis pod rysunkiem 4.20 - "Beam position register on BPD3...", błąd ten jest powielany pod podpisem kolejnych rysunków i czasami pojawia się również w tekście (np.: strona 46, pierwsza linia tekstu);
- i dość niezręczne przejęzyczenia na stronie 41 - "Derivation in a magnetic field is calibrated to utility,...", przejęzyczenie "derivation" pojawia się jeszcze w kilku miejscach w tekście i opisach rysunków.

Uważam jednak, że te usterki raczej drobne, jakie znalazłem w pracy nie wpływają w istotny sposób na jej wysoką pozytywną ocenę. Jestem przekonany, że praca pani mgr Marty Urbaniak

spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez obowiązujące w Polsce przepisy, i dlatego wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



PODPIS ZAUFANY

ANDRZEJ
WIELOCH

08.03.2025 14:08:57 [GMT+1]

Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Andrzej Wieloch



Raport weryfikacji

Wynik

Wynik przetwarzania

Komunikat błędu

Skrót pliku z podpisem

Nazwa pliku z podpisem

Identyfikator weryfikacji

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

Zakończono

Podpis elektroniczny nie został złożony za pomocą kwalifikowanego urządzenia do składania podpisu (QSCD)

f51f26e06f963f5f5d1cd6ce7809b375822046b9

prof. Andrzej Wieloch - recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marty Urbaniak.pdf

ABA17A42163496AC1B191A74052A950F5B9B1890

Lista podpisów

Status weryfikacji podpisu

Data i czas wykonania podpisu

Data i czas weryfikacji podpisu

Format podpisu

Poziom podpisu

Certyfikat podpisującego

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

2025-03-08 14:08:57 GMT+01:00

2025-03-12 12:32:55 GMT+01:00

PAdES

BES (Podpis w postaci podstawowej)

kwalifikowany

Osoba podpisująca (profil zaufany ePUAP)

Imię i nazwisko

ANDRZEJ WIELOCH

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=Minister do spraw informatyzacji - pieczęć podpisu zaufanego,

O=Ministerstwo Cyfryzacji, C=PL

CN=Centrum Kwalifikowane EuroCert, O=EuroCert Sp. z o.o., C=PL,

2024-02-13 10:27:09 GMT+01:00

2027-02-12 10:27:09 GMT+01:00

2025-03-12 07:00:02 GMT+01:00

efd46f5b31b845d08071c5eed94d4eb9d37d

Certyfikat wystawcy

Walidacja certyfikatu

Status certyfikatu

Wystawiony dla

Wystawiony przez

Ważny od

Ważny do

Numer seryjny

WAŻNY/PRAWIDŁOWY

WAŻNY

CN=Centrum Kwalifikowane EuroCert, O=EuroCert Sp. z o.o., C=PL,

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

2017-02-14 13:26:19 GMT+01:00

2028-02-15 00:59:59 GMT+01:00

1a5734b0d472d251e1d37cfe3d796ac117102490