

AUTOREFERAT I WYKAZ OSIĄGNIĘĆ

Aleksandra Wrońska

30 czerwca 2023

Spis treści

1	Curriculum vitae	3
1.1	Edukacja	3
1.2	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
1.3	Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych	3
1.4	Przebieg kariery naukowej i główne osiągnięcia	3
1.4.1	Identyfikacja w bazach danych	3
1.4.2	Dane bibliometryczne	4
1.4.3	Przebieg kariery naukowej	4
2	Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego	6
2.1	Tytuł osiągnięcia naukowego	6
2.2	Publikacje stanowiące podstawę osiągnięcia naukowego	6
2.3	Cel naukowy cyklu prac oraz najważniejsze uzyskane wyniki stanowiące wkład w rozwój dyscypliny	10
2.3.1	Badanie natychmiastowego promieniowania gamma w terapii protonowej jako metoda weryfikacji zasięgu wiązki	10
2.3.2	Produkcja radioizotopów $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ przy użyciu wiązek protonów i elektronów	17
2.3.3	Bezpieczeństwo pacjentów i obsługi w konwencjonalnej radioterapii	21
3	Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze	24
3.1	Produkcja i oddziaływania mezonów	24
3.2	Stany związane mezon-jądro	29
3.3	Symetrie fundamentalne i ich łamanie	32
3.4	Fizyka akceleratorowa	35
3.5	Dynamika układów kilkunukleonowych	37
3.6	Rozwój detektorów	39
4	Inne dokonania	40
4.1	Podsumowanie współpracy z innymi instytucjami	40
4.2	Granty i projekty badawcze	42
4.3	Udział w konferencjach naukowych	43
4.4	Zaproszone seminaria w instytucjach zewnętrznych	44
4.5	Opiniowanie i recenzowanie	45
4.5.1	Programy grantowe	45
4.5.2	Artykuły w czasopismach	45
4.6	Działalność organizacyjna	45
4.7	Działalność dydaktyczna	46
4.7.1	Nowe projekty	46
4.7.2	Prowadzone zajęcia	46
4.7.3	Opieka nad studentami i doktorantami	47
4.8	Nagrody i wyróżnienia	48
A	Aleksandra Wrońska - Lista publikacji	49
B	Aleksandra Wrońska - Lista redagowanych wydawnictw	76

1 Curriculum vitae

1.1 Edukacja

2000-2005 Studia doktoranckie z zakresu fizyki jądrowej, uzyskanie stopnia naukowego doktora, Uniwersytet Jagielloński, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

1995-2000 Studia magisterskie z fizyki, uzyskanie tytułu magistra, Uniwersytet Jagielloński, Wydział Matematyki i Fizyki

1991-1995 Liceum Ogólnokształcące w Rudniku nad Sanem, egzamin maturalny

1.2 Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

1. Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 2005 r.
Tytuł rozprawy: *Near-threshold η -meson production in the $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ reaction*.
Promotor: prof. dr hab. Andrzej Magiera.
2. Tytuł magistra fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 2000 r.
Tytuł pracy: *Badanie łamania symetrii izospinowej w reakcjach $pd \rightarrow {}^3\text{He}\pi^0/{}^3\text{H}\pi^+$* .
Promotor: prof. dr hab. Andrzej Magiera, praca obroniona w 2000 roku z wynikiem bardzo dobrym i wyróżnieniem.

1.3 Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych

od 2010 adiunkt w Zakładzie Fizyki Jądrowej / Zakładzie Fizyki Hadronów Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego,

2007-2010 asystent naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Fizyki Jądrowej Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego,

2005-2007 asystent naukowy w Zakładzie Fizyki Jądrowej Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego (zatrudnienie w ramach projektu UE *DIRAC 515873 - secondary beams*),

2001-2004 zatrudnienie na stanowisku asystenta naukowego (Wissenschaftlicher Mitarbeiter) w Instytucie Fizyki Jądrowej w Forschungszentrum Jülich, Niemcy,

2000-2005 studia doktoranckie w Zakładzie Fizyki Jądrowej Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Przerwy w karierze naukowej związane z urodzeniem dzieci:

lipiec 2004 - wrzesień 2005,

marzec 2012 - wrzesień 2013.

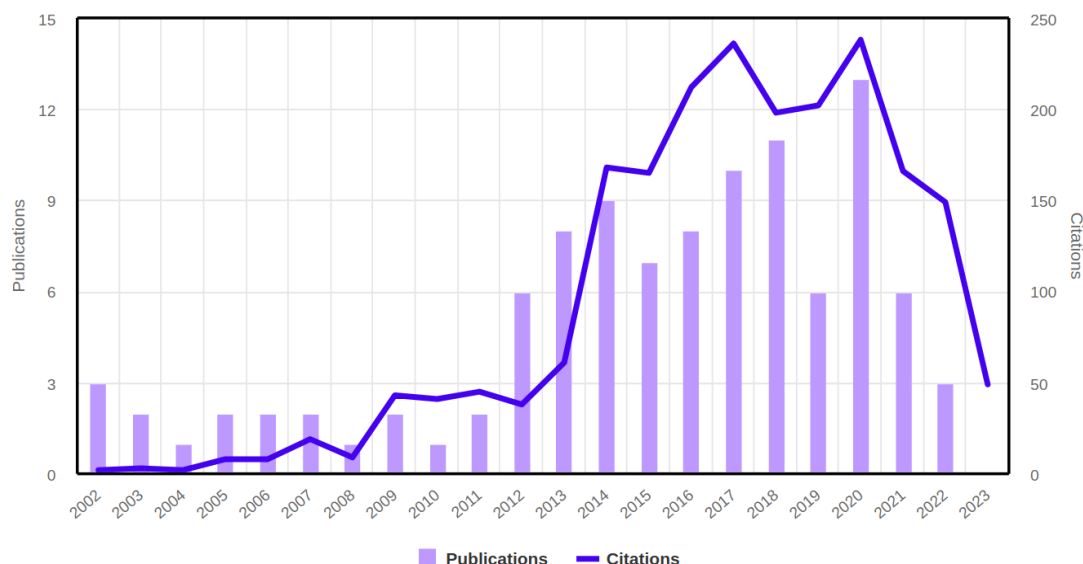
1.4 Przebieg kariery naukowej i główne osiągnięcia

1.4.1 Identyfikacja w bazach danych

Web of Science ResearcherID [O-6368-2015](https://orcid.org/0000-0003-0126-3315)

ORCID [0000-0003-0126-3315](https://orcid.org/0000-0003-0126-3315)

Google Scholar [Aleksandra Wronska](https://scholar.google.com/citations?user=...)



Rysunek 1: Liczba publikacji i cytowań w poszczególnych latach kariery naukowej, na podstawie [Web of Science ResearcherID](#) (status z dnia 23.06.2023).

1.4.2 Dane bibliometryczne

Na podstawie ISI Web of Knowledge/Web of Science ResearcherID, dane na 23 czerwca 2023:

Całkowita liczba publikacji: **113**.

Liczba publikacji w Web of Science Core Collection: **105**.

Łączna liczba cytowań: **2062**.

h-index: **26**.

Dynamikę rozwoju mojej kariery naukowej obrazuje Rysunek 1 zaczerpnięty z [Web of Science ResearcherID](#) i pokazujący liczbę publikacji i cytowań uzyskiwanych przeze mnie w każdym roku kalendarzowym, od początku kariery naukowej.

1.4.3 Przebieg kariery naukowej

Doświadczalna fizyka subatomowa od wczesnej młodości znajdowała się w polu moich zainteresowań, wielkie maszyny pozwalające badać niezwykle małe obiekty przemawiały do mojej wyobraźni. Dlatego już wybierając temat i opiekuna pracy magisterskiej szukałam ofert pozwalających na bezpośredni udział w eksperymentach. Pierwsze dwa miesięczne wyjazdy do dużego ośrodka badawczego odbyłam w 1999 roku jako magistrantka. Uczestniczyłam wówczas w eksperymencie w Instytucie Fizyki Jądrowej Centrum Badawczego Jülich (Forschungszentrum Jülich FZJ), kierowanym przez prof. Andrzeja Magierę i analizowałam dane w nim zebrane pod kątem łamania symetrii izospinowej. Po raz pierwszy zetknęłam się wówczas z akceleratorem (synchrotron COSY) i różnymi rodzajami detektorów.

Te krótkie wyjazdy pozwoliły mi stwierdzić, że jest to droga, którą chcę podążać, dlatego z radością przyjąłam propozycję promotora, abyśmy kontynuowali naszą współpracę w ramach mojego doktoratu, podczas którego odbyłam trzyletni staż w FZJ w grupie prof. Hansa Ströhera pod opieką dr. Volkera Hejnego. Wyjazd na staż był wówczas możliwy dopiero po zaliczeniu pierwszego roku studiów doktoranckich w Krakowie. W Jülich pracowałam przede wszystkim nad moim projektem doktorskim, którym było doświadczalne badanie reakcji produkcji mezonu η w zderzeniach dwóch deuteronów przy pomocy układu detekcyjnego ANKE, występowałam także jako rzeczniczka tego projektu (*spoke-*

sperson) przed Doradczym Komitetem Fizycznym przy synchrotronie COSY (Physics Advisory Committee). Projekt doktorski pozwolił mi po raz pierwszy w życiu przeprowadzić pełen cykl doświadczalny w fizyce subatomowej: od pomysłu, poprzez symulacyjne studium wykonalności, wnioskowanie o czas wiązki akceleratora, przygotowanie eksperymentu od strony technicznej, koordynowanie pracy kilkudziesięciosobowego zespołu podczas jego przeprowadzania, żmudną analizę danych z uwzględnieniem różnych efektów systematycznych, do konsultacji uzyskanych wyników z kolegami teoretykami, ich interpretacji i napisania publikacji. W moim przypadku doktorat był prawdziwą szkołą sztuki doświadczalnej i pierwszą próbą kierowania zespołem. Oczywiście, oprócz projektu doktorskiego, uczestniczyłam także w innych przedsięwzięciach grupy ANKE. Część z nich dotyczyła produkcji i oddziaływania mezonów z nukleonami, nukleonów między sobą (także w pomiarach polaryzacyjnych) czy testów różnego rodzaju detektorów.

Po doktoracie prof. Jerzy Smyrski zaproponował mi dołączenie do jego zespołu biorącego udział w przygotowywaniu eksperymentu PANDA. Grupa krakowska była odpowiedzialna za tzw. Detektor Przedni (Forward Detector). Moja praca polegała głównie na symulacjach odpowiedzi detektora PANDA dla różnych reakcji, m.in. $p\bar{p} \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$. Badałam symulacyjnie obciążenia różnych części detektora, zaprojektowałam także geometrię detektora Czerenkowa będącego planowaną częścią Detektora Przedniego.

W 2007 roku odsunęłam się nieco od tych działań, gdyż w Jülich pojawiły się nowe, fascynujące możliwości prowadzenia eksperymentów wymagających detekcji cząstek neutralnych. Został tam zainstalowany, sprowadzony z Uppsali detektor WASA o bardzo dużej akceptancji, umożliwiającej badania procesów nawet o niewielkim przekroju czynnym. Jednym z flagowych projektów grupy WASA-at-COSY zostało doświadczalne badanie łamania symetrii ładunkowej i wyjaśnienie jego mechanizmu. W tych badaniach wspomagałam w analizie danych dwójkę doktorantów. Temat symetrii ładunkowej był pierwotnie wybranym przeze mnie tematem badań, który zamierzałam zawrzeć w dziele habilitacyjnym, jednak pilotażowe pomiary pokazały, że przekrój czynny na najważniejszą w tych badaniach reakcję $dd \rightarrow \alpha\pi^0$ jest zbyt niski, aby umożliwić różniczkowe pomiary obserwabli, w tym polaryzacyjnych, co było warunkiem kontynuacji badań. Angażowałam się także w inne projekty grupy WASA-at-COSY, jak dalsze badanie hipotezy istnienia stanów związanych mezonu η z jądrami atomowymi (temat ściśle związany z moim doktoratem) czy dynamiki układów kilku nukleonów. Tym drugim tematem zajęłam się dołączając do krakowskiej grupy Few Body Experiment Group kierowanej przez prof. Stanisława Kistryna.

Po ponadrocznej przerwie spowodowanej urlopem macierzyńskim i wychowawczym, powróciłam do pracy jesienią 2013 roku. Na osi czasowej rozwoju polskiej fizyki, a zwłaszcza fizyki krakowskiej, to ważny rok, bo wówczas uruchamiano nowe Centrum Cyklotronowe Bronowice w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. Choć nie prowadzono jeszcze terapii pacjentów, to możliwe było już prowadzenie badań w hali eksperymentalnej. Szukając dla siebie nowego obszaru badawczego, który mogłabym realizować w Krakowie, zainspirowana przez mojego mentora z czasów magisterium i doktoratu prof. Andrzeja Magierę, zainteresowałam się badaniami nad natychmiastowym promieniowaniem gamma emitowanym z pacjenta podczas terapii protonowej, oraz próbami jego wykorzystania do weryfikacji zasięgu wiązki w ciele pacjenta w czasie rzeczywistym. Na tym temacie przede wszystkim skupiałam się przez następne lata pracy, inicjując tę tematykę badawczą w Polsce, rozwijając własną grupę badawczą i współpracę z partnerami z Polski i zagranicy. Owoce tych działań stanowią lwią część osiągnięć, które przedstawiam jako podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego i opisuję szczegółowo w rozdziale 2 - [Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego](#).

2 Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego

2.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe wskazuję cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych [D1-D15], który zatytułowałam:

Zastosowanie detekcji i spektroskopii gamma w medycynie.

2.2 Publikacje stanowiące podstawę osiągnięcia naukowego

- [D1] **A. Wrońska**, P. Bednarczyk, D. Böckenhoff, A. Bubak, S. Feyen, A. Konefał, K. Laihem, A. Magiera, A. Stahl i M. Ziębliński. „Gamma emission in hadron therapy - experimental approach”. W: *Acta Physica Polonica B* 46.3 (2015). s. 753–756, DOI: [10.5506/APhysPolB.46.753](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.46.753)
- [D2] L. Kelleter, **A. Wrońska**, J. Besuglow, A. Konefał, K. Laihem, J. Leidner, A. Magiera, K. Parodi, K. Rusiecka, A. Stahl i T. Tessonnier. „Spectroscopic study of prompt-gamma emission for range verification in proton therapy”. W: *Physica Medica* 34 (2017). s. 7–17, DOI: [10.1016/j.ejmp.2017.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.01.003)
- [D3] **A. Wrońska**, A.A. Ahmed, A. Andres, P. Bednarczyk, J. Besuglow, G. Gazdowicz, K. Herweg, R. Hetzel, J. Kasper, L. Kelleter, A. Konefał, P. Kulesa, K. Laihem, J. Leidner, A. Magiera, K. Rusiecka, D. Stachura, A. Stahl i M. Ziębliński. „Experimental verification of key cross sections for prompt-gamma imaging in proton therapy”. W: *Acta Physica Polonica B* 48.10 (2017), s. 1631-1637. DOI: [10.5506/APhysPolB.48.1631](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.48.1631)
- [D4] K. Rusiecka, A. Magiera, J. Kasper, A. Stahl i **A. Wrońska**. „Investigation of the properties of the heavy scintillating fibers for their potential use in hadron therapy monitoring”. W: *Engineering of Scintillation Materials and Radiation Technologies Selected Articles of ISMART2018*. Red. M. Korzhik i A. Gektin. Springer, 2019, s. 195–210. DOI: [10.1007/978-3-030-21970-3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21970-3)
- [D5] **A. Wrońska**, R. Hetzel, J. Kasper, R. Lalik, A. Magiera, K. Rusiecka i A. Stahl. „Characterization of components of a scintillation-fiber-based Compton camera”. W: *Acta Physica Polonica B* 51.1 (2020), s. 17–25. DOI: [10.5506/APhysPolB.51.17](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.51.17)
- [D6] **A. Wrońska**. „Prompt gamma imaging in proton therapy - status, challenges and developments”. W: *Journal of Physics: Conference Series* 1561 (2020), s. 012021. DOI: [10.1088/1742-6596/1561/1/012021](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1561/1/012021)
- [D7] J. Kasper, K. Rusiecka, R. Hetzel, M. Kazemi Kozani, R. Lalik, A. Magiera, A. Stahl i **A. Wrońska**. „The SiFi-CC project – Feasibility study of a scintillation-fiber-based Compton camera for proton therapy monitoring”. W: *Physica Medica* 76 (2020), s. 317–325. DOI: [10.1016/j.ejmp.2020.07.013](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.013)

- [D8] **A. Wrońska**, J. Kasper, A.A. Ahmed, A. Andres, P. Bednarczyk, G. Gazdowicz, K. Herweg, R. Hetzel, A. Konefał, P. Kulesa, A. Magiera, K. Rusiecka, D. Stachura, A. Stahl i M. Ziębliński. „Prompt-gamma emission in GEANT4 revisited and confronted with experiment”. W: *Physica Medica* 88 (2021), s. 250–261. DOI: [10.1016/j.ejmp.2021.07.018](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.018)
- [D9] K. Rusiecka, R. Hetzel, J. Kasper, M. Kazemi Kozani, N. Kohlhase, M. Kłodziej, R. Lalik, A. Magiera, W. Migdał, M. Rafecas, A. Stahl, V. Urbaneych, M.L. Wong i **A. Wrońska**. „A systematic study of LYSO:Ce, LuAG:Ce and GAGG:Ce scintillating fibers properties”. W: *Journal of Instrumentation* 16 (2021), P11006. DOI: [10.1088/1748-0221/16/11/p11006](https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/11/p11006)
- [D10] **A. Wrońska** i D. Dauvergne. „Range verification by means of prompt-gamma detection in particle therapy”. W: *Radiation Detection Systems, vol. 2*. Red. Krzysztof Iniewski i Jan Iwańczyk. Devices, Circuits, and Systems. CRC Press/Routledge, 2021. DOI: [10.1201/9781003218364-6](https://doi.org/10.1201/9781003218364-6)
-
- [D11] A.A. Ahmed, **A. Wrońska**, A. Magiera, M. Bartyzel, J.W. Mielowski, R. Misiak i B. Wąs. „Reexamination of proton-induced reactions on ^{nat}Mo at 19-26 MeV and study of target yield of resultant radionuclides”. W: *Acta Physica Polonica B* 50.10 (2019), s. 1583–1596. DOI: [10.5506/APhysPolB.50.1583](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.50.1583)
- [D12] A.A. Ahmed, **A. Wrońska**, A. Magiera, A. Curcio, M. Jaglarz i A. Wawrzyniak. „Study of ^{99}Mo and long-lived impurities produced in the $^{nat}\text{Mo}(\gamma, x)$ reactions using an electron beam”. W: *Radiation Physics and Chemistry* 177 (2020), s. 109095. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2020.109095](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109095)
- [D13] A.A. Ahmed, **A. Wrońska**, A. Magiera, R. Misiak, M. Bartyzel, J.W. Mielowski i B. Wąs. „Study of ^{99}Mo and long-lived impurities produced through (p, x) reactions in the ^{nat}Mo ”. W: *Radiation Physics and Chemistry* 190 (2022), s. 109774. doi: [10.1016/j.radphyschem.2021.109774](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109774)
-
- [D14] A. Konefał, S. Blamek, **A. Wrońska**, A. Orlef, M. Sokół, M. Tajstra i M. Gąsior. „Radioactivity induced in new-generation cardiac implantable electronic devices during high-energy X-ray irradiation”. W: *Applied Radiation and Isotopes* 163 (2020), s. 109206. DOI: [10.1016/j.apradiso.2020.109206](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109206)
- [D15] A. Konefał, A. Bieniasiewicz, A. Wendykier, S. Adamczyk i **A. Wrońska**. „Additional radiation sources in a treatment and control room of medical linear accelerators”. W: *Radiation Physics and Chemistry* 185 (2021), s. 109513. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2021.109513](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109513)

Publikacje [D1-D10] prezentują wyniki badań nad natychmiastowym promieniowaniem gamma emitowanym w terapii protonowej, prowadzonych przez założoną przeze mnie grupę badawczą, w składzie której dominują studenci i doktoranci. W badaniach tych pełniłam kierowniczą rolę i koordynowałam wszystkie działania. Od początku moja grupa współpracowała ściśle z grupą prof. Achima Stahla z Politechniki w Akwizgranie

(RWTH Aachen) w Niemczech. Pozycja [D10] jest pracą przeglądową w tym temacie, napisaną na zaproszenie redaktorów wydawnictwa CRC Press/Routledge. Prace [D11-D13] powstały na bazie partnerskiej współpracy z doktorantką Arshiyą Anees Ahmed i dotyczą produkcji radioizotopów. Prace [D14-D15] dotyczą bezpieczeństwa w konwencjonalnej radioterapii. W badaniach tych uczestniczyłam na zaproszenie kierującego nimi prof. Adama Konefała z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Tabela 1: Dane bibliometryczne i wkład własny.

Praca	Typ	Impact factor obecnie / w roku publikacji	Punkty MNiSW
[D1]	Recenzowana publikacja pokonferencyjna Mój wkład polegał na zaplanowaniu, przygotowaniu i przeprowadzeniu eksperymentu. Byłam autorką oprogramowania do analizy danych, którą także przeprowadziłam (równoległe z kolegami z RWTH Aachen). Publikacja została napisana przeze mnie.	0,556 / 0,795	70*
[D2]	Artykuł recenzowany Mój wkład polegał na zaplanowaniu, przygotowaniu i przeprowadzeniu eksperymentu, a także zapewnieniu niezbędnego sprzętu i finansowania umożliwiającego dwutygodniową kampanię pomiarową w HIT Heidelberg. Byłam autorką oprogramowania do analizy danych, którą także przeprowadziłam (równoległe z kolegami z RWTH Aachen). Publikacja została napisana przeze mnie i studenta z RWTH Aachen Laurenta Kelletera, którego pracę współkoordynowałam.	3,119 / 2,24	70*
[D3]	Recenzowana publikacja pokonferencyjna Mój wkład polegał na opracowaniu koncepcji eksperymentu, przygotowaniu i przeprowadzeniu kampanii pomiarowej w CCB Kraków, a także zapewnieniu finansowania pobytu partnerów niemieckich. Analizę danych przeprowadziłam z pomocą kierowanych przeze mnie studentów, adaptując uprzednio opracowane oprogramowanie. Publikacja została napisana przeze mnie.	0,556 / 0,875	70*
[D4]	Recenzowana publikacja pokonferencyjna Mój wkład polegał na kierowaniu pracami doktorantki, wspólnym opracowaniu metodologii pomiarów i strategii analizy danych, udziale w analizie danych (autorstwo części oprogramowania), nadzorze merytorycznym podczas pisania, autorstwie części tekstu.	–	80**
[D5]	Recenzowana publikacja pokonferencyjna Mój wkład polegał na zaproponowaniu projektu budowy nowego typu kamery komptonowskiej, uzyskaniu dla niego finansowania, koordynacji prac zespołu, a w szczególności organizacji prac nad badaniem włókien z ciężkich scyntylatorów. Napisałam około 30% tekstu publikacji, nadzorowałam merytorycznie pozostałe części.	0,556 / 0,748	70*

kontynuacja na kolejnej stronie...

Tabela 1 – kontynuacja z poprzedniej strony

Praca	Typ	Impact factor obecnie / w roku publikacji	Punkty MNiSW
[D6]	Recenzowana publikacja pokonferencyjna Jest to publikacja przeglądowa, opracowana i napisana w całości przeze mnie, owoc zaproszonego wykładu konferencyjnego.	–	40*
[D7]	Recenzowana publikacja pokonferencyjna Mój wkład polegał na koordynacji i nadzorze prac, których wyniki są przedstawione w publikacji, nadzorze merytorycznym podczas pisania, autorstwie części tekstu.	3,119 / 2,685	70*
[D8]	Artykuł recenzowany Mój wkład polegał na zaplanowaniu, przygotowaniu i kierowaniu przeprowadzonym eksperymentem. Byłam autorką oprogramowania do analizy danych doświadczalnych, którą także przeprowadziłam. Współpracowałam przy prowadzeniu symulacji i analizie danych symulacyjnych. Publikacja została napisana przeze mnie i Jonasa Kaspera.	3,119 / 3,119	70*
[D9]	Artykuł recenzowany Mój wkład polegał na opracowaniu wspólnie z doktorantką strategii pomiarów i projektu układu eksperymentalnego, konsultacji wyników pomiarów i sposobu analizy i prezentacji danych, interpretacji wyników. Nadzorowałam merytorycznie powstawanie publikacji, redagowałam tekst napisany przez doktorantkę.	1,121 / 1,415	70*
[D10]	Rozdział w książce Rozdział o charakterze przeglądowym, napisany jako rozszerzenie artykułu [D9] na zaproszenie redaktorów z wydawnictwa CRC Press/Routledge. Współautor zaproszony przeze mnie kontrybuował przede wszystkim w częściach dotyczących terapii wiązkami cięższych jonów.	–	80**
[D11]	Artykuł recenzowany Mój wkład polegał na współkierowaniu pracami doktorantki Arshiyi Anees Ahmed, udziale w pomiarach i analizie danych (autorstwo części oprogramowania), nadzorze merytorycznym podczas pisania, autorstwie części tekstu.	0,556 / 0,651	70*
[D12]	Artykuł recenzowany Mój wkład polegał na współkierowaniu pracami doktorantki Arshiyi Anees Ahmed, wspólnym zaplanowaniu i przeprowadzeniu eksperymentu, udziale w analizie danych (autorstwo części oprogramowania), nadzorze merytorycznym podczas pisania, autorstwie części tekstu.	2,776 / 2,858	70*
[D13]	Artykuł recenzowany Mój wkład polegał na współkierowaniu pracami doktorantki Arshiyi Anees Ahmed, udziale w pomiarach i analizie danych (autorstwo części oprogramowania), nadzorze merytorycznym podczas pisania, gruntownej redakcji manuskryptu.	2,776 / 2,776	70*
[D14]	Artykuł recenzowany	1,787 / 1,513	70*

kontynuacja na kolejnej stronie...

Tabela 1 – kontynuacja z poprzedniej strony

Praca	Typ	Impact factor obecnie / w roku publikacji	Punkty MNiSW
	Współpracowałam przy opracowywaniu metodologii pomiarów, zapewniłam sprzęt do części pomiarów i je przeprowadzałam. Przeprowadziłam korektę merytoryczną, stylistyczną i językową manuskryptu.		
[D15]	Artykuł recenzowany Współpracowałam przy opracowywaniu danych. Przeprowadziłam korektę merytoryczną, stylistyczną i językową manuskryptu.	2,776 / 2,776	70*

* na podstawie scalonego wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych zawartego w Komunikacie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021

** na podstawie wykazu wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe zawartego w Komunikacie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 22 lipca 2021

2.3 Cel naukowy cyklu prac oraz najważniejsze uzyskane wyniki stanowiące wkład w rozwój dyscypliny

Prezentowany cykl prac można podzielić na trzy części tematyczne, które łączy zastosowana technika eksperymentalna: detekcja i spektroskopia gamma. Technika ta umożliwia identyfikację obecności radioaktywnych nuklidów w badanej próbce. Przy znajomości wydajności i akceptancji zastosowanego układu detekcyjnego, możliwe jest wyznaczenie ilości promieniotwórczego pierwiastka w próbce. Z drugiej strony, zastosowanie pozycyjnie czułych detektorów gamma, np. typu kamery komptonowskiej, pozwala na zbadanie jego rozkładu przestrzennego. Poniższe podrozdziały opisują zaproponowane sposoby wykorzystania tych technik fizycznych na potrzeby medycyny.

Pisząc o poszczególnych dokonaniach, najczęściej posługuję się liczbą mnogą (wykonaliśmy, przeprowadziliśmy itp.). Czynię tak przez szacunek dla moich współpracowników, bez których przedstawione badania nie byłyby możliwe. Mój osobisty wkład zaznaczyłam pod listą publikacji na stronie 7 i - bardziej szczegółowo - w Tabeli 1.

2.3.1 Badanie natychmiastowego promieniowania gamma w terapii protonowej jako metoda weryfikacji zasięgu wiązki

Terapia protonowa to metoda leczenia nowotworów przez ich napromienianie wiązką protonową. Zaproponowana przez Roberta Wilsona w 1946 roku [2-1], metoda ta poddana została licznym udoskonaleniom związanym z postępem technologicznym: wprowadzono kolejno metodę rozszerzonego piku Bragga (SOBP), podziału dawki terapeutycznej na frakcje, użycie głowic naprowadzających wiązkę (gantry) i wiązek skanujących, zastosowanie zaawansowanych symulacji komputerowych do przygotowywania planu leczenia pacjenta oraz jego weryfikację przy użyciu metod tomografii komputerowej czy pozytonowej tomografii emisyjnej [2-2]. Zaoferowanie systemów terapii protonowej przez podmioty komercyjne doprowadziło do znacznego wzrostu liczby centrów terapeutycznych. W ostatnich kilkunastu latach ich liczba podwoiła się i wynosi obecnie 107 (nie licząc tych wykorzystujących wiązkę cięższych jonów), a kolejnych 33 jest w budowie [2-3].

Przewaga radioterapii protonowej nad konwencjonalną jest dwójaka: po pierwsze protony o energiach stosowanych w terapii mają nieco większy współczynnik skuteczności biologicznej niż fotony, po drugie unikalny profil głębokościowy dawki deponowanej przez

protony, z charakterystycznym maksimum piku Bragga, pozwala na znacznie lepszą konformalizację rozkładu deponowanej dawki. Pozwala to na oszczędzenie w znacznym stopniu zdrowych tkanek otaczających nowotwór. Tenże unikalny profil deponowanej dawki niesie jednak ze sobą pewne ryzyka związane z niepewnością wyznaczenia zasięgu wiązki protonowej. Zostały one szczegółowo zanalizowane w pracy Paganettiego [2-4]. Istnienie źródeł niepewności zasięgu wiązki niesie ze sobą konieczność stosowania tzw. marginesów bezpieczeństwa w planach leczenia, a więc *de facto* napromieniania zdrowych tkanek, co może prowadzić do niekorzystnych skutków ubocznych. W 2014 roku, w raporcie *Nuclear Physics for Medicine* [2-5], eksperci organizacji NuPECC wskazali opracowanie metod kontroli terapii w czasie rzeczywistym jako jeden z najważniejszych kierunków rozwoju terapii protonowej, przez co rozumie się informację zwrotną o zasięgu wiązki lub położeniu piku Bragga, a nawet pełną informację o przestrzennym rozkładzie dawki. Taka informacja umożliwiłaby korekcję planu leczenia "w locie", aby zapewnić pełne pokrycie obszaru tarczowego zaordynowaną dawką, zaś zastosowane marginesy bezpieczeństwa mogłyby zostać pokaźnie zredukowane.

Większość zaproponowanych metod kontroli terapii protonowej w czasie rzeczywistym opiera się na idei rejestracji produktów ubocznych oddziaływania wiązki protonowej z tkankami pacjenta. Do najważniejszych należą anihilacyjne kwanty gamma oraz natychmiastowe promieniowanie gamma (*prompt gamma* - PG). Te pierwsze pochodzą z rozpadu emiterów β^+ tworzących się z jąder atomowych tkanek w oddziaływaniach z protonami wiązki, te drugie pochodzą z deekscytacji jąder tkanki wzbudzonych przez oddziaływanie z protonami wiązki. W odróżnieniu od rozpadu β^+ , z charakterystycznymi czasami życia izotopów dochodzącymi nawet do kilku minut, deekscytacja stanów wzbudzonych jąder z emisją gamma zachodzi praktycznie natychmiastowo ($\tau \sim 10^{-15} - 10^{-12}$ s), stąd nazwa. W pionierskim eksperymencie Min *et al.* [2-6] pokazali, że istnieje korelacja przestrzenna pomiędzy pozycją piku Bragga a rozkładem przestrzennym werteksów kwantów gamma wzdłuż kierunku wiązki. W rozkładzie tym występuje charakterystyczna cecha, tzw. spadek dystalny, którego lokalizacja niemal pokrywa się z pozycją piku Bragga (*Bragg peak position* - BPP). Ta obserwacja stała się fundamentem dalszych badań, których celem było skonstruowanie urządzenia umożliwiającego kontrolę terapii protonowej w czasie rzeczywistym, którego zasada działania opierałaby się na rejestracji kwantów PG.

Detekcja PG jest nieco trudniejsza niż detekcja anihilacyjnych kwantów gamma, ze względu na wyższe energie tych pierwszych (od 1 – 2 MeV do 7 MeV dla PG *versus* 0,511 MeV), skutkujące zmniejszonym przekrojem czynnym na oddziaływanie. Wymaga to kompensacji przez odpowiednie dostosowanie detektorów, przy następujących możliwościach: zwiększenie akceptancji, zastosowanie grubszych warstw materiałów czułych, użycie materiałów o większej efektywnej liczbie atomowej. Rejestracja jak największej liczby kwantów gamma jest pożądana aby zminimalizować fluktuacje statystyczne, które są jednym z istotnych przyczynków do niepewności wyznaczanej BPP. Należy przy tym pamiętać, że zwiększenie rejestrowanej liczby kwantów PG nie jest możliwe poprzez zwiększenie scałkowanego prądu wiązki, gdyż tu górne ograniczenie zadane jest przez plan leczenia i nie może zostać przekroczone. Pozostałe wyzwania techniczne to dobra praca przy dużych obciążeniach, tzn. niewielki czas martwy, elektronika czołowa i system akwizycji o dużej przepustowości oraz brak efektu nakładania się sygnałów (*pile-up*) [2-7].

Obecnie kilkanaście grup doświadczalnych na świecie rozwija systemy detekcji PG służące do weryfikacji terapii protonowej, kilka dalszych zajmuje się symulacjami Monte Carlo związanymi z tym tematem. Nie wszystkie zaproponowane podejścia opierają się na korelacji przestrzennej, niektóre wykorzystują wiązki czasowe czy zależności energetyczne emitowanego promieniowania gamma z zasięgiem wiązki. Zaproponowane podejścia, ich wady i zalety, a także stan rozwoju projektów omówiłam w przeglądowych

publikacjach [D6,D10].

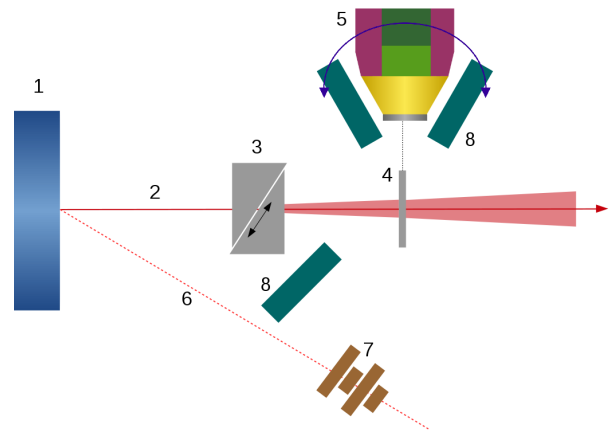
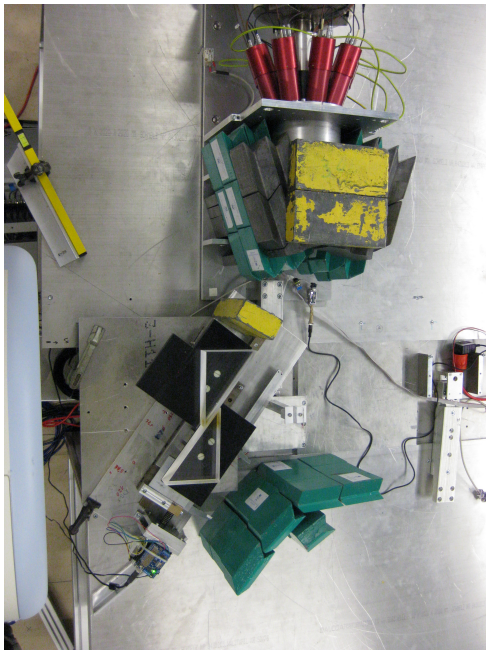
Celem pierwszego etapu badań kierowanej przeze mnie grupy nad promieniowaniem PG i jego zastosowaniem, była charakteryzacja tego promieniowania. Badania w większej części prowadzone były przy wsparciu Fundacji Nauki Polskiej w ramach grantu POMOST (por. punkt 4.2), projektowi nadaliśmy akronim γ CCB. Eksperymenty prowadziliśmy od końca 2013 roku w dwóch ośrodkach: Centrum Cyklotronowym Bronowice (CCB), będącym częścią Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, oraz w Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) w Niemczech. Należy podkreślić, że byliśmy pierwszą grupą w Polsce, która podjęła tę tematykę. Również w literaturze światowej było dostępnych niewiele danych doświadczalnych dotyczących emisji PG, nie wspominając o danych znormalizowanych, a większość rozważań nad zastosowaniem PG do weryfikacji zasięgu wiązki prowadzona była w oparciu o symulacje komputerowe, najczęściej niezwalidowane. W eksperymentach wykorzystywany był detektor germanowy wysokiej czystości HPGe z aktywną osłoną komptonowską ACS, który zapewniał spektroskopową jakość pomiarów energetycznych, ale odbywało się to kosztem szybkości układu - pomiary musiały odbywać się przy zredukowanym w stosunku do klinicznie stosowanych wartości prądzie wiązki. Głównym celem tych eksperymentów było wyznaczenie profili głębokościowych dla kwantów PG o dwóch energiach: 4,44 MeV i 6,13 MeV. Te energie odpowiadają dwóm najwyraźniejszym liniom spektralnym w widmie PG, i pochodzą z deekscytacji jąder węgla $^{12}\text{C}_{4.44 \rightarrow \text{g.s.}}$ i jąder tlenu $^{16}\text{O}_{6.13 \rightarrow \text{g.s.}}$ z ich pierwszych stanów wzbudzonych, które to pierwiastki obecne są w każdej tkance ludzkiej.

Wyniki pomiarów pilotażowych przeprowadzonych w CCB przy energii wiązki protonowej 70 MeV i z fantomem zbudowanym z polimeru PMMA zaprezentowałam na konferencji "Zakopane Conference on Nuclear Physics – Extremes of the Nuclear Landscape" już we wrześniu 2014, a także w publikacji pokonferencyjnej [D1]. Już wówczas opracowaliśmy układ doświadczalny zawierający fantom o specyficznej konstrukcji umożliwiającej pomiary pozycyjnie czułe przy całkowitym wyeliminowaniu mechanicznego kolimatora - elementu, którego obecność prowadzi do zwiększonego tła neutronowego. Tę konstrukcję fantomu, pokazaną na Rysunku 2, wykorzystywaliśmy we wszystkich przyszłych pomiarach charakteryzujących promieniowanie PG.

W kolejnej, ponaddwutygodniowej kampanii pomiarowej w lecie 2015, zebraliśmy dane:

- dla trzech różnych materiałów fantomów: grafit oraz polimery PMMA i POM, różniące się między sobą udziałem masowym pierwiastków składowych,
- dla dwóch różnych kątów detekcji: 90° oraz 120° ,
- dla dwóch różnych energii wiązki protonowej: 70 MeV i 130 MeV.

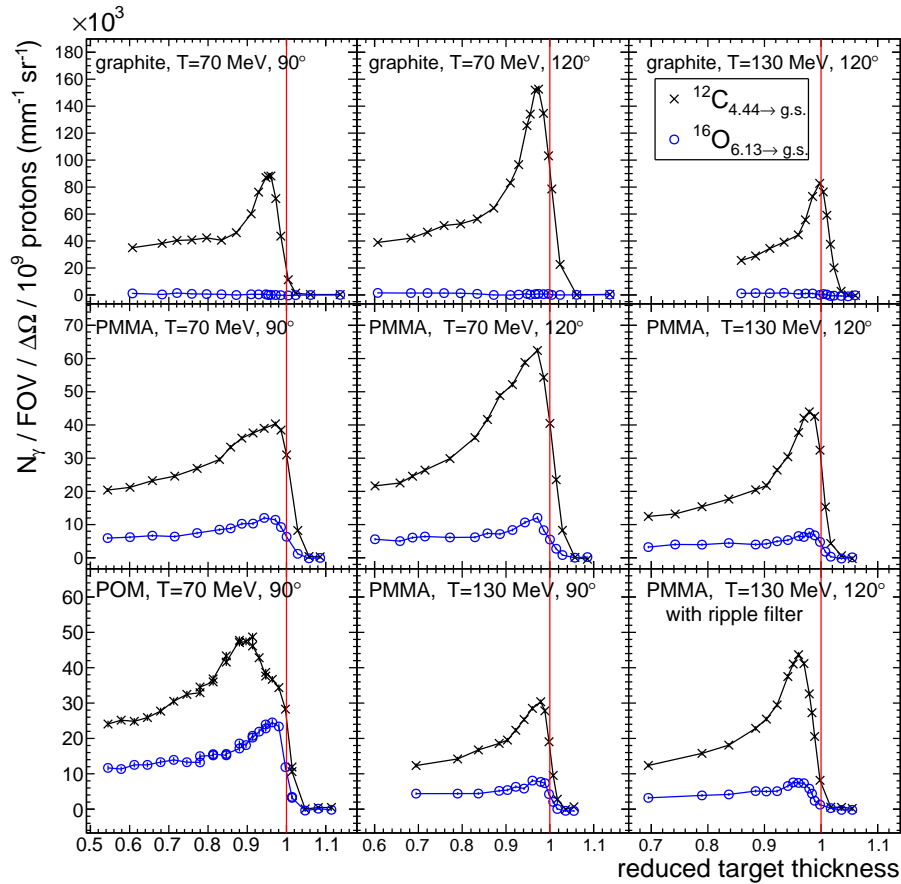
Celem tych pomiarów było wychwycenie zmienności w charakterystyce emisji PG ze składem napromieniowanego materiału, kątem oraz energią wiązki. Wyniki te zostały opublikowane w pracy [D2]. Rysunek 3 pokazuje uzyskane dane, które zostały szczegółowo porównane nie tylko z przewidywaniami poczynionymi na podstawie ekstrapolowanych literaturowych przekrojów czynnych, ale także z przewidywaniami programu TALYS [2-8]. O ile pierwsze porównanie pokazało satysfakcjonującą zgodność, profile głębokościowe wygenerowane przy użyciu pakietu TALYS znacząco różniły się od doświadczalnych. W momencie publikacji, uzyskane wyniki doświadczalne charakteryzujące produkcję PG dla szerokiego spektrum warunków, były jednymi z niewielu istniejących tego typu zestawów danych, dlatego znalazły spore zainteresowanie w środowisku naukowym. Porównywalne eksperymenty, również ukierunkowane na spektroskopię, prowadziła grupa J. Verburga



Rysunek 2: Zdjęcie i schemat układu pomiarowego: (1) dysza jonowodu, (2) oś wiązki, (3) kliny - część fantomu, strzałka oznacza możliwe zmiany położenia pozwalające na regulację grubości tego fragmentu, (4) plasterki - część fantomu, (5) detektor germanowy, (6) przykładowa trajektoria protonów rozproszonych na dyszy, (7) detektory prądu wiązki, (8) osłona ołowiana. Rysunek pochodzi z [D2] (Figure 1).

w Bostonie [2-9], a także grupa francusko-niemiecka, która opublikowała wyniki wycalkowane po całym zakresie energii PG [2-10]. W trakcie pomiarów zaobserwowaliśmy, że kształt linii $^{12}\text{C}_{4.44 \rightarrow \text{g.s.}}$ jest nietypowy, o wyraźnie zaznaczonych dwóch maksimach. Co więcej, kształt ten jest zależny od kąta detekcji promieniowania gamma i wynika z nałożenia dwóch efektów: selektywnego obsadzania podstanów magentycznych przez jądro węgla podczas deekscytacji oraz efektu Dopplera. Modelowe obliczenia w tym temacie zaprezentowaliśmy w pracy [2-11], pokazując powiązanie kształtu linii z rozkładem kątowym. Poprzez użycie zaprezentowanego schematu obliczeniowego możliwe jest wyznaczenie rozkładu kąтового z kształtu linii, pod warunkiem posiadania danych zebranych z bardzo dobrą energetyczną zdolnością rozdzielczą. Praca [2-11] nie jest wykazana jako część cyklu, ponieważ nie ma bezpośredniego związku z zastosowaniami medycznymi, jest jednak ciekawa z fizycznego punktu widzenia.

W trakcie pomiarów i analizy danych opublikowanych w [D2] stało się jasne, że kształt profili głębokościowych PG mocno zależy od energii wiązki. Dlatego w kolejnej zaplanowanej kampanii pomiarowej, tym razem przeprowadzonej wiosną 2017 roku w CCB, postanowiliśmy bliżej przyjrzeć się właśnie tej zależności, uzupełniając dotychczas przeprowadzone pomiary o dane zebrane przy energiach wiązki 180 MeV i 230 MeV i fantomie wykonanym z polimeru PMMA. W komunikacie konferencyjnym i przyczynku pokonferencyjnym [D3] pokazaliśmy wstępne wyniki z tych pomiarów dowodzące, że szerokość spadku dystalnego w profilach PG silnie rośnie z energią wiązki. Była to ważna obserwacja, bo takie rosnące z energią wiązki rozmycie pogarsza dokładność wyznaczenia BPP, w zasadzie niezależnie od używanej metody detekcji promieniowania PG i obrazowania. Po zakończonej pełnej analizie danych i uzyskaniu finalnych wyników, opublikowaliśmy je w pracy [D8]. W pracy tej skonfrontowaliśmy także nasze dane doświadczalne z analogicznymi profilami uzyskanymi na drodze symulacji Monte Carlo przy użyciu narzędzia Geant4 [2-12, 2-13]. Oprogramowanie to jest szeroko używane w fizyce cząstek, ale także w



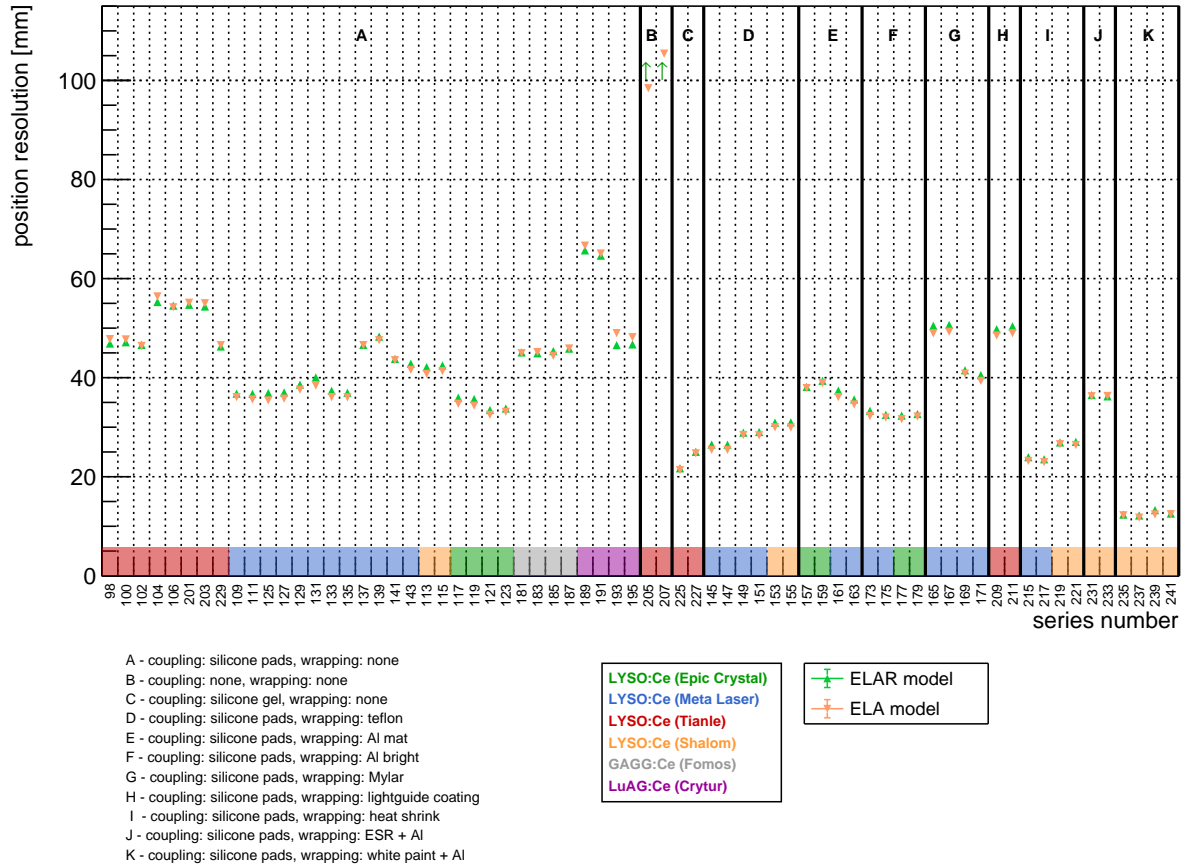
Rysunek 3: Doświadczalnie wyznaczone profile głębokościowe promieniowania PG dla $^{12}\text{C}_{4.44 \rightarrow \text{g.s.}}$ (czarne krzyżyki) i dla $^{16}\text{O}_{6.13 \rightarrow \text{g.s.}}$ (niebieskie okręgi). Na osi poziomej odłożono głębokość w fantomie wydzieloną przez zasięg protonów, na osi pionowej znormalizowaną liczbę rejestrowanych kwantów gamma. Kąt detekcji, energia wiązki i użyty rodzaj fantomu są podane w każdym panelu. Rysunek pochodzi z [D2] (Figure 5).

fizyce medycznej, m.in. do badań nad promieniowaniem PG i jego zastosowaniem. W tym ostatnim zastosowaniu jednak znanym jest fakt, że uzyskiwane wyniki mocno zmieniają się nie tylko z wersją użytego oprogramowania, ale także z zastosowaną konfiguracją narzędzia Geant4, tzw. listą fizyczną (*physics list*). Nasza analiza wykazała deficyty listy fizycznej QGSP_BIC_AllHP rekomendowanej do wspomnianych zastosowań. Najbardziej zbliżone do eksperymentalnych wyniki uzyskano stosując listę QGSP_BIC_HP i wersję Geant4 10.4.2, która nie była najnowszą wśród przebadanych. Zaskakującą konkluzją z tej analizy porównawczej była konstatacja, że rozwój modeli fizycznych w silnikach symulacyjnych nie zawsze odbywa się w prawidłowym kierunku.

Kolejnym etapem rozwoju tematyki wykorzystania promieniowania PG do monitorowania terapii protonowej, była propozycja budowy układu, który umożliwiłaby to w warunkach klinicznych. Układ taki powinien rozwiązywać problemy napotkane przez inne grupy, takie jak niewystarczająca przepustowość elektroniki czołowej i systemu akwizycji danych, czas martwy i nakładanie się sygnałów, czy zbyt niska wydajność na rejestrację kwantów gamma. W projekcie SONATA BIS (por. punkt 4.2) złożonym przeze mnie do Narodowego Centrum Nauki jesienią 2017 roku wraz ze współpracownikami proponujemy budowę układu o dwóch modach obrazowania: jako układ maski kodowanej (*coded mask* - CM) wymagający jednego modułu detekcyjnego, lub jako kamera komptonowska (*Compton camera* - CC) zbudowana z dwóch modułów detekcyjnych. Część czuła zaplanowanego detektora zaplanowana została w projekcie jako układ włókien scyntylacyjnych, izolowanych od siebie optycznie i odczytywanych z obydwu stron przy pomocy fotopowielaczy krzemowych. Taka granulacja miała rozwiązać problem czasu martwego i nakładania się sygnałów. Zastosowanie nowoczesnego, selektywnego systemu akwizycji opartego o układy FPGA (*field-programmable gate array*) zapewnić miało odpowiednio wysoką przepustowość systemu. Uzyskanie dużej wydajności na detekcję gamma miało zostać zapewnione przez użycie scyntylatora nieorganicznego o dużej gęstości i efektywnej liczbie atomowej. Projekt został zakwalifikowany do finansowania i od jesieni 2018 stanowi główną działalność prowadzonej przeze mnie grupy pod akronimem SiFi-CC, od angielskiej nazwy *SiPM- and Scintillating Fiber-based Compton Camera*.

W pierwszym kroku, po dokonaniu rozeznania rynku materiałów scyntylacyjnych, zamówiliśmy próbki najbardziej obiecujących materiałów o wymiarach $1 \times 1 \times 100 \text{ mm}^3$ w celu zbadania ich charakterystyk, m.in. czasowej, energetycznej i pozycyjnej zdolności rozdzielczej oraz wydajności świetlnej. Takie badania wymagają napromieniania w określonej pozycji wzdłuż włókna, a więc kolimacji. Pierwsze wyniki uzyskane zostały z kolimatorem ołowianym i zaprezentowane na konferencji ISMART2018 oraz w materiałach pokonferencyjnych [D4]. Duże tło od rozpraszania komptonowskiego kwantów gamma w kolimatorze było czynnikiem utrudniającym analizę danych. Dlatego też w drugiej iteracji zdecydowano się na rozbudowę układu do testowania włókien o kolimator elektroniczny. Przy pomocy tego układu przebadanych zostało 66 włókien z trzech materiałów scyntylacyjnych (LYSO:Ce, GAGG:Ce oraz LuAG:Ce), pochodzących od różnych producentów, z zastosowaniem różnych typów izolacji optycznych i połączeń na styku scyntylator-fotopowielacz. Do celów porównawczych zastosowano dwa modele propagacji światła wewnątrz włókna. Modele te, jak również uzyskane wyniki, opisane zostały w pracy [D9], zaś Rysunek 4 przedstawia przykładowe wyniki - pozycyjną zdolność rozdzielczą wzdłuż włókna. Taka baza danych jest użyteczna nie tylko dla projektu SiFi-CC, ale także dla innych projektów mających na celu konstrukcję pozycyjnie czułych detektorów gamma opartych o włókna scyntylacyjne, zaś opisane modele propagacji światła i metody kalibracji są uniwersalne i mogą znaleźć zastosowanie do wszystkich detektorów scyntylacyjnych o dwustronnym odczycie.

Mając do dyspozycji dane doświadczalne z badania pojedynczych włókien, przystąpi-



Rysunek 4: Pozycyjna zdolność rozdzielcza wzdłuż włókna wyznaczona przy użyciu dwóch modeli: ELA i ELAR opisanych w [D9]. Strzałki przy seriach 205 i 207 oznaczają, że uzyskano wartości poza prezentowanym zakresem osi pionowej. Rysunek pochodzi z [D9] (Figure 10).

liśmy do stworzenia modelu detektora *in silico*, przy użyciu narzędzia Geant4. Posiadanie takiej implementacji modelu detektora pozwala na wykonanie rozmaitych symulacji Monte Carlo, umożliwiających m.in. optymalizację geometrii układu, otrzymanie pseudodanych testowych niezbędnych do wypracowania algorytmów analizy danych i rekonstrukcji obrazu. Dołożyliśmy starań, aby zaimplementowany model był jak najbardziej realistyczny, zawierał szczegóły budowy detektora, a charakterystyka części czułych (włókna scyntylacyjne, fotopowielacze) została starannie dopasowana do wyników doświadczalnych z [D9]. Koncepcja techniczna budowy SiFi-CC oraz wyniki symulacji i testów laboratoryjnych zostały zaprezentowane w publikacjach [D5,D7]. Wyniki te obejmowały także charakterystykę odpowiedzi układu na kwanty gamma o energiach charakterystycznych dla PG (2-7 MeV), większych niż te dostępne ze źródeł promieniotwórczych (do około 2 MeV), m.in. scharakteryzowaliśmy pozycyjną i energetyczną zdolność rozdzielczą detektora w zależności od zdeponowanej energii. W pracy [D7] przedstawiliśmy procedurę optymalizacji geometrii detektora, opisaliśmy pełen łańcuch analizy danych, a także dokonaliśmy starannej analizy odpowiedzi detektora w warunkach klinicznych - przy realistycznym widmie kwantów gamma i przy uwzględnieniu zależności czasowych między sygnałami wynikającej z czasowej struktury wiązki protonowej, na przykładzie typowym dla centrum terapeutycznego wyposażonego w cyklotron. Do najważniejszych wniosków przedstawionych w pracy zaliczyć należy iż konieczne jest zastosowanie układu akwizycji z selektywnym systemem wyzwalania umożliwiającym rejestrowanie jedynie zdarzeń z koincydencją

między dwoma modułami detektora, co pozwoli zredukować strumień transferowanych danych około trzydziestokrotnie. Wówczas spodziewane obciążenia to około $7 \cdot 10^5$ zdarzeń/s, co jest wartością możliwą do osiągnięcia przez nowoczesne systemy akwizycji. Wyniki symulacji dotyczące obciążeń podsumowane zostały w Tabeli 1 w publikacji [D7]. Sprawdziliśmy także, że przy projektowanej granulacji detektora problem nakładania się sygnałów jest zanedbywalny i dotyczy mniej niż 0,5% wszystkich zdarzeń.

Następnym etapem prac była konstrukcja małoskalowego prototypu modułu detektora, który pozwolił zbadać efekty kolektywne, nieobecne przy badaniu pojedynczego włókna, takie jak np. przesłuchy optyczne między fotopowielaczami odczytującymi sąsiadujące włókna. Prototyp posłużył także do testów możliwych rozwiązań elektroniki czołowej i systemów akwizycji danych. Wyniki te nie zostały przez nas włączone do żadnej publikacji, ale zostały zaprezentowane na kilku seminariach w różnych instytucjach (por. punkt 4.4) oraz na konferencjach tematycznych w wystąpieniach doktorantek K. Rusieckiej i M. Kołodziej (RAP2021 International Conference on Radiation Applications - Nis, Serbia; Young Investigators' Workshop on Multi-Gamma Imaging - online; 23th International Workshop on Radiation Imaging Detectors - Riva del Garda, Włochy). Przetestowaliśmy także działanie detektora prototypowego jako detektora obrazującego metodą maski kodowanej, otrzymując bardzo obiecujące wyniki, które zostały podsumowane artykułem, obecnie w procesie recenzji w czasopiśmie *Physics in Medicine and Biology*.

Obecnie trwają testy pierwszego pełnoskalowego modułu docelowego detektora, zarówno laboratoryjne przy użyciu źródeł promieniotwórczych, jak i w centrum terapeutycznym. Pierwsza rejestracja promieniowania PG dokonana została w styczniu 2023 w HIT Heidelberg i wykazała, że wybrane rozwiązania technologiczne w zakresie odczytu spełniają znakomicie swoje zadanie. Obecnie zebrane dane są kalibrowane, a następnie zostaną zanalizowane pod kątem zdolności obrazujących zbudowanego układu w modzie CM. W międzyczasie powstaje drugi pełnoskalowy moduł detekcyjny, aby skompletować pełną kamerę komptonowską. Przed nami jako grupą najbardziej ekscytujący czas, kiedy nabiera finalnych kształtów układ, nad którym pracujemy od kilku lat.

2.3.2 Produkcja radioizotopów $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ przy użyciu wiązek protonów i elektronów

Izotopy promieniotwórcze są używane w wielu dziedzinach nauki, techniki i medycyny. W medycynie nuklearnej w około 80% przeprowadzanych badań obrazujących używany jest metastabilny izotop technetu $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Ten radioizotop jest otrzymywany z izotopu ^{99}Mo , który z kolei produkowany jest w reakcjach rozszczepienia $^{235}\text{U}(n, f)^{99}\text{Mo}$ w reaktorach jądrowych. Około 2011, w związku z niespodziewanym wyłączeniem z eksploatacji reaktorów NRU (Kanada) i HFR (Holandia) oraz zaplanowanym w niedalekiej przyszłości wyłączeniem z eksploatacji kolejnych instalacji, wystąpiła realna perspektywa niedostatków w zaspokojeniu potrzeb rynku tych radioizotopów. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency, IAEA) dostrzegła ten problem i zaproponowała rozwiązanie go przez opracowanie metod produkcji radioizotopów przy użyciu akceleratorów [2-14]. Także Agencja Energii Jądrowej (Nuclear Energy Agency, NEA) utworzyła grupę o nazwie High-level Group on the Security of Supply of Medical Radioisotopes (HGL-MR), której zadaniem było opracowanie strategii zaradczej [2-15]. Grupa ta wystosowała apel do fizyków jądrowych z całego świata o dostarczenie danych doświadczalnych mogących pomóc w opracowaniu nowych ścieżek produkcji radioizotopów $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, które nie wymagałyby użycia reaktorów jądrowych.

Odpowiedzią na ten apel był projekt doktorski pani Arshiyi Anees Ahmed realizowany m.in. pod moją opieką. Projekt ten miał na celu zbadanie wydajności produkcji

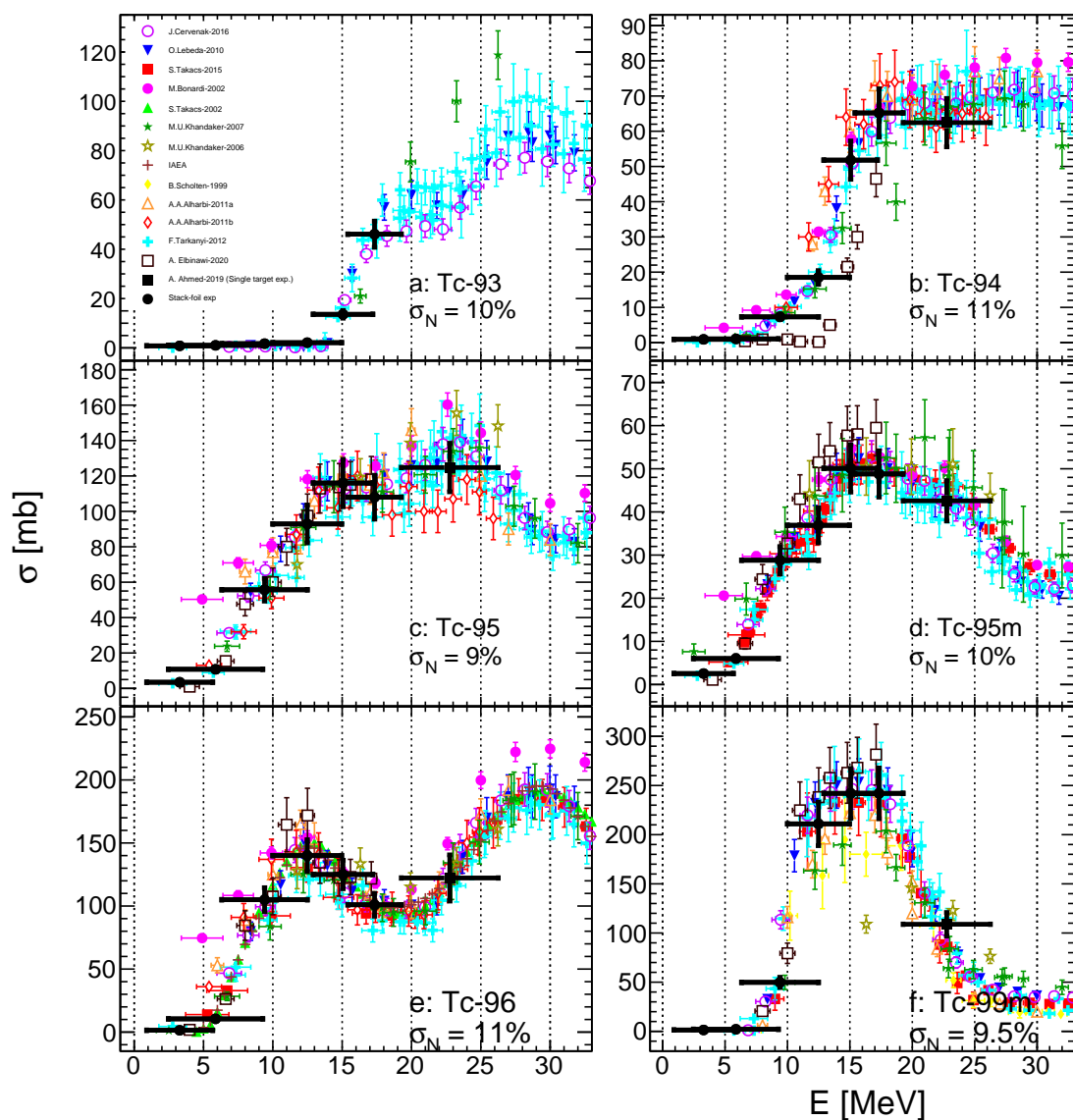
$^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ przy użyciu tarcz molibdenowych o naturalnym składzie izotopowym, a więc niewzbogaconych w ^{100}Mo . Takie tarcze są wielokrotnie tańsze (0,25-0,80 USD/g *versus* 30 000 USD/g [2-16]), ale ich użycie wiąże się ze zmniejszoną wydajnością produkcji pożądanych radioizotopów, i z potencjalnie zwiększoną produkcją zanieczyszczeń radioaktywnych. W projekcie badano produkcję $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczach $^{\text{nat}}\text{Mo}$ bombardowanych wiązkami protonowymi lub naświetlanych promieniowaniem gamma.

W pierwszym przypadku, dane literaturowe dotyczące przekrojów czynnych kluczowych reakcji $^{100}\text{Mo}(p, pn)^{99}\text{Mo}$ oraz $^{100}\text{Mo}(p, pn)^{99\text{m}}\text{Tc}$ wykazują rozbieżności nawet o czynnik 2 w zakresie energii protonów 9-26 MeV, interesującym z punktu widzenia produkcji radioizotopów $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ [2-17]. Dlatego naszym celem stało się dokonanie pomiarów funkcji wzbudzenia w sposób minimalizujący efekty systematyczne. W pierwszym, pilotażowym pomiarze przeprowadzonym w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie przy wykorzystaniu wiązki protonowej przyspieszonej w cyklotronie AIC-144 i skierowanej na grubą tarczę molibdenową wyznaczyliśmy wydajność produkcji i przekroje czynne interesujących reakcji uśrednione po energiach protonów 9 – 26 MeV, bo w takim zakresie degradowana była energia wiązki przy przejściu przez tarczę molibdenową. Oprócz danych dla interesujących radioizotopów $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, uzyskano także przekroje czynne na produkcję niepożądanych radioizotopów: ^{94}Tc , ^{95}Tc , $^{95\text{m}}\text{Tc}$ oraz ^{96}Tc . Przekroje czynne wyznaczono na podstawie analizy spektralnej promieniowania gamma emitowanego z napromienionej tarczy, które to promieniowanie było rejestrowane za pomocą skalibrowanego energetycznie i wydajnościowo detektora HPGe. Badanie ewolucji czasowej uzyskiwanego widma dostarczyło dodatkowej informacji potwierdzającej poprawną identyfikację linii spektralnych w widmie i ich przypisanie do jąder macierzystych. Uzyskane wyniki wykazały dobrą zgodność z danymi doświadczalnymi, np. [2-18, 2-19], natomiast obliczenia przeprowadzone przy użyciu pakietu TALYS nie pozwoliły poprawnie odtworzyć wyznaczonej wydajności produkcji ^{94}Tc i ^{96}Tc . Otrzymane wyniki, pokazujące oprócz wyników fizycznych także opanowanie metody pomiarowej i wielkość niepewności systematycznych, zostały zawarte w publikacji [D11].

W kolejnym eksperymencie przeprowadzonym w tej samej instytucji, wykorzystaliśmy bardziej zaawansowaną metodę pomiarową, używając tarczy wielowarstwowej, składającej się z wielu folii molibdenowych przekładanych foliami miedzianymi (ang. *stack-foil target*). Energia wiązki była sukcesywnie degradowana od 17 MeV do 2 MeV w kolejnych pokonywanych warstwach, zatem każda folia tarczy efektywnie napromieniona została wiązką protonową o innej energii. Rozkład energii protonów w każdej folii wyznaczono na podstawie symulacji w pakiecie Geant4, zaś natężenie wiązki uzyskano przez analizę natężenia linii widmowych odpowiadających reakcjom referencyjnym o dobrze znanych przekrojach czynnych, zachodzącym w foliach miedzianych. Uzyskane wyniki zaprezentowane zostały w pracy [D13], ich próbkę przedstawia Rysunek 5 pokazujący zależności przekrojów czynnych od energii dla produkcji izotopów technetu, podobnej jakości dane uzyskano także dla produkcji ^{99}Mo .

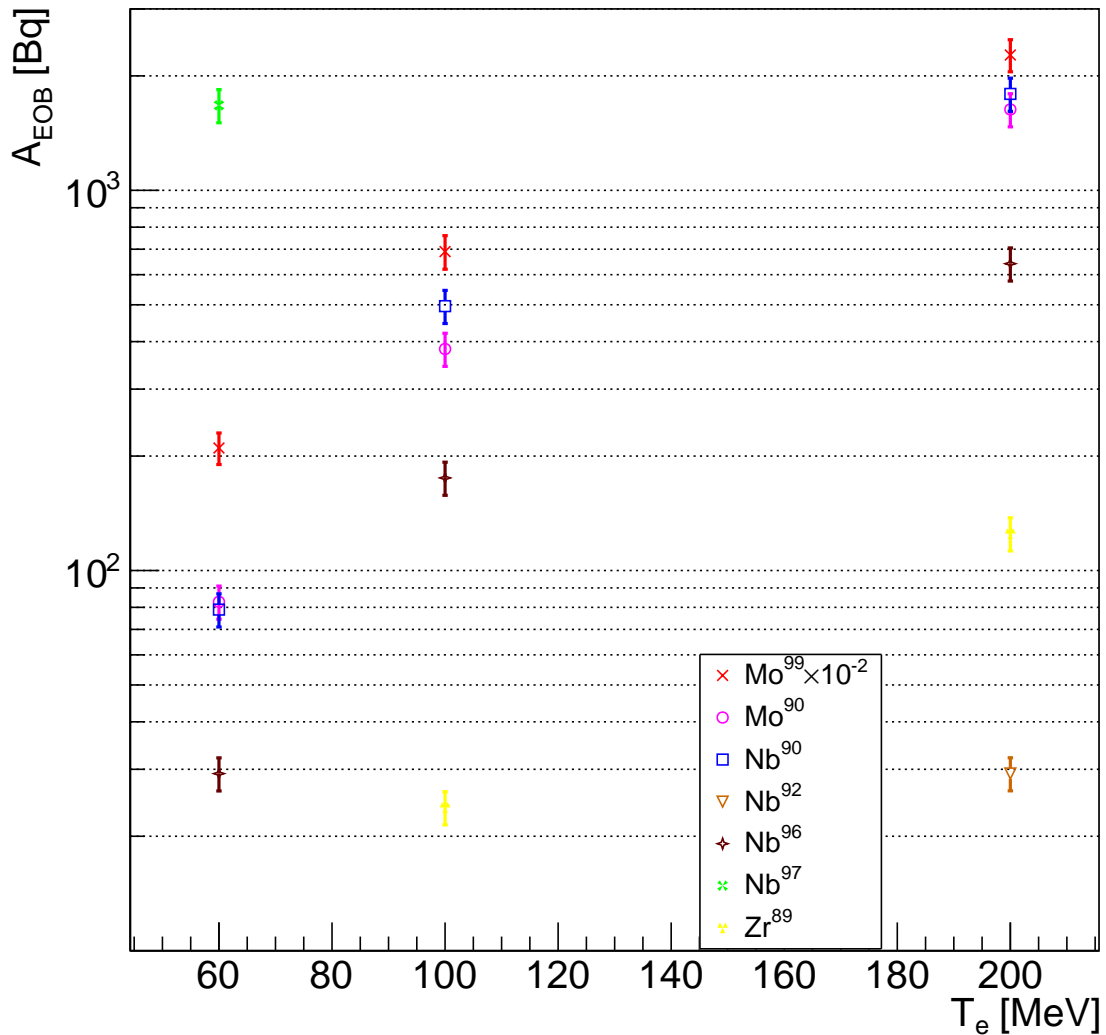
Uzyskane wyniki dobrze zgadzają się z częścią danych literaturowych, a ich wartością dodatkową jest szczegółowa analiza energii protonów w każdej folii tarczy. Te informacje zwykle są pomijane w tego typu publikacjach, a różnice w rozkładach energii protonów i zakres jej degradacji wewnątrz tarczy mogą do pewnego stopnia wyjaśnić rozbieżności pomiędzy wynikami doświadczalnymi uzyskiwanymi przez różne grupy. Publikacja [D13] odpowiada zatem na zgłoszone zapotrzebowanie na dobrej jakości dane doświadczalne [2-20]. Opublikowane dane zostały włączone do bazy danych EXFOR [2-21].

W ramach poszukiwania optymalnych warunków produkcji $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ na naturalnej tarczy molibdenowej, zbadano także wydajność produkcji tych radioizotopów przy użyciu wiązek elektronowych, w reakcjach fotojądrowych. W tym celu wykorzystano wiązkę



Rysunek 5: Wyznaczone przekroje czynne produkcji radioizotopów technetu (czarne punkty) w reakcjach $^{nat/100}\text{Mo}(p, x)$ zestawione z istniejącymi danymi literaturowymi. Poziome słupki niepewności reprezentują zakres energii wiązki w danej folii, zaś pionowe reprezentują niepewności punkt do punktu. Niepewność normalizacji całej serii jest podana w każdym panelu. Rysunek pochodzi z [D13] (Figure 2), gdzie można znaleźć bardziej szczegółowy opis i referencje do danych literaturowych.

elektronową akceleratora liniowego synchrotronu w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS w Krakowie. Elektrony tej wiązki w oddziaływaniu z tarczą wolframową emitowały promieniowanie gamma o ciągłym widmie wykorzystując zjawisko promieniowania hamowania. Pomiary wykonano przy trzech energiach wiązki elektronicznej: 60, 100 i 200 MeV. Uzyskane przez nas wyniki są pierwszymi tego typu danymi doświadczalnymi na świecie i są pokazane na Rysunku 6.



Rysunek 6: Porównanie aktywności różnych izotopów wyprodukowanych w tarczy ^{nat}Mo napromienianej promieniowaniem hamowania wiązki elektronicznej o trzech energiach: 60, 100 i 200 MeV. Rysunek pochodzi z [D12] (Figure 4).

Mimo, że uzyskane w naszych eksperymentach aktywności ⁹⁹Mo/^{99m}Tc są niewystarczające do typowych zastosowań, istnieje możliwość ich zwiększenia przez zastosowanie większych prądów wiązki, wydłużenia czasu napromieniania tarczy czy użycie grubszych tarcz. Biorąc pod uwagę, że na świecie istnieje około 50 linaków elektronicznych podobnych do tego w centrum SOLARIS, z czego 22 w Europie [2-22, 2-23], daje to realną alternatywę dla reaktorów, jeśli chodzi o produkcję ⁹⁹Mo/^{99m}Tc.

2.3.3 Bezpieczeństwo pacjentów i obsługi w konwencjonalnej radioterapii

Ostatnia część przedstawionego cyklu prac dotyczy zastosowania spektroskopii gamma do zbadania pewnych aspektów dotyczących bezpieczeństwa pacjentów oraz obsługi w konwencjonalnej radioterapii, tj. wykorzystującej promieniowanie X.

W artykule [D14] zajęliśmy się zbadaniem radioaktywności, która może zostać wzbudzona w nowoczesnych rozrusznikach serca (*cardiac implantable electronic devices*, CIEDs) w trakcie napromieniania terapeutycznym polem fotonowym. W literaturze dostępne były jedynie dane dla starszego typu urządzeń [2-24, 2-25]. Problem jest istotny nie tyle ze względu na dodatkową dawkę deponowaną w tkankach otaczających rozrusznik, ale z powodu możliwości wystąpienia awarii lub nieprawidłowego działania urządzenia elektronicznego spowodowanymi przejściem nawet pojedynczej cząstki promieniowania jonizującego, tzw. *single event effects*, SEE [2-26–2-28].

Eksperymenty przeprowadzane były w Centrum Onkologii w Gliwicach, przebadano trzy popularne modele rozruszników. Urządzenia umieszczane były w humanoidalnym fantomie i aktywowane przy użyciu terapeutycznej wiązki 10 lub 20 MV generowanej w liniowym akceleratorze TrueBeam firmy Varian, używanym do teleradioterapii. Następnie wyindukowana aktywność analizowana była poprzez rejestrację widm energetycznych promieniowania gamma emitowanego z aktywowanych rozruszników i ich spektroskopową analizę. Podobnie jak w poprzednich przypadkach użyto detektorów HPGe ze względu na ich doskonałą energetyczną zdolność rozdzielczą. Wyindukowane aktywności nie przekraczały 3,1 Bq/Gy. Zidentyfikowano 21 radioizotopów pochodzących z 24 reakcji jądrowych, spośród których największą aktywność wykazywał izomer cyny ^{117m}Sn . Uzyskane wyniki wskazują zatem możliwy sposób redukcji ryzyka wystąpienia SEE przez zmniejszenie udziału cyny w materiałach użytych do produkcji CIEDs.

W kolejnym projekcie zajęliśmy się zbadaniem aktywności wzbudzonej podczas napromieniania w pokoju terapeutycznym i w pokoju kontrolnym. Znany jest fakt, że wzbudzeniu ulega masywna głowica akceleratora [2-29], ale jak pokazaliśmy w naszych badaniach opublikowanych w [D15], także inne elementy w wymienionych pomieszczeniach ulegają aktywacji, głównie na skutek reakcji indukowanych neutronami. W eksperymencie, 18-MV wiązka promieniowania X z akceleratora Elekta w Centrum Onkologii w Gliwicach była kierowana na plastikowy fantom. Po zakończeniu naświetlania poszczególne obiekty były poddawane rejestracji widma gamma na zewnątrz pokoju terapeutycznego. Niektóre z tych obiektów, jak np. kolimator wiązek elektronowych, osłona ze stopu Wooda czy pojemnik na dodatkowe osłony przed promieniowaniem, są często przechowywane w pokoju kontrolnym i mogą stanowić dodatkowe źródło dawki dla personelu. Widma energetyczne kwantów gamma emitowanych przez różne obiekty obecne bądź używane w pokojach terapeutycznym i kontrolnym, zarejestrowane za pomocą detektora HPGe, wykazały, że w obiektach tych produkowane są następujące radioizotopy: ^{56}Mn , ^{122}Sb , ^{59}Fe , ^7Li oraz ^{28}Al .

W drugiej części projektu badano promieniowanie gamma pochodzące z drzwi pomiędzy pokojami terapeutycznym i kontrolnym, a także obecne w okolicy stanowisk pracy operatorów akceleratora. Pomiar prowadzono w trakcie napromieniania. Także tu zidentyfikowano pewną aktywność wywołaną obecnością niewielkiego pola neutronowego w pokoju kontrolnym. Najwyższe wartości mocy dawki o wartości $40 \mu\text{Sv h}^{-1}$ w pokoju kontrolnym zarejestrowano na powierzchni wspomnianych wcześniej drzwi. Moc dawki rejestrowana była przy pomocy skalibrowanego radiometru EKO-C firmy Polon-Ekolab.

Mimo, że wyindukowana aktywność w badanych obiektach nie była duża, podobnie jak pole neutronowe w pokoju kontrolnym, to w pracy [D15] zawarliśmy zalecenia zgodne z zasadą ALARA, których wprowadzenie pozwoli na zminimalizowanie dodatkowej dawki dla pacjentów i personelu.

Literatura

- [2-1] R. R. Wilson. „Radiological use of fast protons”. W: *Radiology* 47 (1946), s. 487–91. DOI: [10.1148/47.5.487](https://doi.org/10.1148/47.5.487).
- [2-2] U. Linz, red. *Ion Beam Therapy*. Heidelberg Dordrecht London New York: Springer, 2012.
- [2-3] *PTCOG web page*. <https://www.ptcog.ch>. Accessed: 2023-03-17.
- [2-4] H. Paganetti. „Range uncertainties in proton therapy and the role of Monte Carlo simulations”. W: *Physics in Medicine and Biology* 57.11 (2012), R99–R117. DOI: [10.1088/0031-9155/57/11/R99](https://doi.org/10.1088/0031-9155/57/11/R99).
- [2-5] *NuPECC report 2014: Nuclear Physics for Medicine*. <http://www.nupecc.org/pub/npmed2014.pdf>. Accessed: 2023-03-17.
- [2-6] Chul-Hee Min i in. „Prompt gamma measurements for locating the dose falloff region in the proton therapy”. W: *Applied Physics Letters* 89.18 (2006), s. 183517. DOI: [10.1063/1.2378561](https://doi.org/10.1063/1.2378561).
- [2-7] G. Pausch i in. „Detection systems for range monitoring in proton therapy: Needs and challenges”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 954 (2020), s. 161227. DOI: [10.1016/j.nima.2018.09.062](https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.09.062).
- [2-8] *NRG Petten 2016 Talys 1.8*. <http://www.talys.eu/>.
- [2-9] J. M. Verburg i J. Seco. „Proton range verification through prompt gamma-ray spectroscopy”. W: *Physics in Medicine and Biology* 59.23 (2014), 7089–7106. DOI: [10.1088/0031-9155/59/23/7089](https://doi.org/10.1088/0031-9155/59/23/7089).
- [2-10] M. Pinto i in. „Absolute prompt-gamma yield measurements for ion beam therapy monitoring”. W: *Physics in Medicine and Biology* 60.2 (2015), 565–594. DOI: [10.1088/0031-9155/60/2/565](https://doi.org/10.1088/0031-9155/60/2/565).
- [2-11] K. Rusiecka, A. **Wrońska**, A. Magiera, G. Gazdowicz, G. Obrzud, L. Kelleter, K. Laihem, J. Leidner, A. Stahl, A. Chrobak i A. Konefał. „Shape of the spectral line and gamma angular distribution of the $^{12}\text{C}(p, p'\gamma_{4.44})^{12}\text{C}$ reaction”. W: *Acta Physica Polonica B* 49.9 (2018), s. 1637–1652. DOI: [10.5506/APhysPolB.49.1637](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.49.1637).
- [2-12] S. Agostinelli i in. „Geant4—a simulation toolkit”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 506 (2003), s. 250–303. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8).
- [2-13] J. Allison i in. „Recent developments in Geant4”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 835 (2016), s. 186–225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.06.125>.
- [2-14] K. Crowley, T.J. Ruth, C.W. Allen i G. Vandegrift. *Non-HEU Production Technologies for Molybdenum-99 and Technetium-99m*. Nuclear Energy Series NF-T-5.4. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2013. URL: <https://www.iaea.org/publications/10386/non-heu-production-technologies-for-molybdenum-99-and-technetium-99m>.

- [2-15] *High-level Group on the Security of Supply of Medical Radioisotopes (HLG-MR)*. https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_26152/high-level-group-on-the-security-of-supply-of-medical-radioisotopes-hlg-mr. Accessed: 2023-04-11.
- [2-16] T. Michael Martin i in. „Production of $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ via photoneutron reaction using natural molybdenum and enriched ^{100}Mo : part 1, theoretical analysis”. W: *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 314 (list. 2017), s. 1051–1062. DOI: [10.1007/S10967-017-5455-Z/FIGURES/7](https://doi.org/10.1007/S10967-017-5455-Z/FIGURES/7).
- [2-17] S.M. Qaim i in. „Evaluation of excitation functions of $^{100}\text{Mo}(p, d + pn)^{99}\text{Mo}$ and $^{100}\text{Mo}(p, 2n)^{99\text{m}}\text{Tc}$ reactions: Estimation of long-lived Tc-impurity and its implication on the specific activity of cyclotron-produced $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ”. W: *Applied Radiation and Isotopes* 85 (2014), s. 101–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.10.004>.
- [2-18] M.U. Khandaker i in. „Measurement of cross-sections for the (p, xn) reactions in natural molybdenum”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 262 (2007), s. 171–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2007.05.028>.
- [2-19] F. Tárkányi i in. „Investigation of activation cross-sections of proton induced nuclear reactions on $^{\text{nat}}\text{Mo}$ up to 40 MeV: New data and evaluation”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 280 (2012), s. 45–73. DOI: [10.1016/j.nimb.2012.02.029](https://doi.org/10.1016/j.nimb.2012.02.029).
- [2-20] A. Elbinawi i in. „Study of proton induced nuclear reactions on molybdenum: cross section measurements and theoretical calculations”. W: *Radiochimica Acta* 108 (2020), s. 1–9. DOI: [10.1515/ract-2020-frontmatter1](https://doi.org/10.1515/ract-2020-frontmatter1).
- [2-21] *Experimental nuclear reaction data (EXFOR). Database version of April 11.2023*. <https://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm>. Accessed: 2023-04-20. 2023.
- [2-22] *Particle Accelerator Around the World*. http://www-elsa.physik.uni-bonn.de/accelerator_list.html. 2019.
- [2-23] *Light Sources Organisation*. <https://lightsources.org>. 2020.
- [2-24] M. Mollerus i in. „Radiation tolerance of contemporary implantable cardioverter-defibrillators”. W: *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 39 (2014), s. 171–175. DOI: [10.1007/S10840-013-9861-Z](https://doi.org/10.1007/S10840-013-9861-Z).
- [2-25] M. Zecchin i in. „Management of patients with cardiac implantable electronic devices (CIED) undergoing radiotherapy: A consensus document from Associazione Italiana Aritmologia e Cardiostimolazione (AIAC), Associazione Italiana Radioterapia Oncologica (AIRO), Associazione Italiana Fisica Medica (AIFM)”. W: *International Journal of Cardiology* 255 (2018), s. 175–183. DOI: [10.1016/j.ijcard.2017.12.061](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.12.061).
- [2-26] R.C. Baumann. „Soft errors in advanced semiconductor devices-part I: the three radiation sources”. W: *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability* 1 (2001), s. 17–22. DOI: [10.1109/7298.946456](https://doi.org/10.1109/7298.946456).
- [2-27] J.L. Leray. „Effects of atmospheric neutrons on devices, at sea level and in avionics embedded systems”. W: *Microelectronics Reliability* 47 (2007), s. 1827–1835. DOI: [10.1016/j.microrel.2007.07.101](https://doi.org/10.1016/j.microrel.2007.07.101).

- [2-28] Alice X. Dong i in. „Mitigating bit flips or single event upsets in epilepsy neurostimulators”. W: *Epilepsy and Behavior Case Reports* 5 (2016), s. 72–74. DOI: [10.1016/j.ebcr.2016.04.002](https://doi.org/10.1016/j.ebcr.2016.04.002).
- [2-29] X. S. Mao i in. „Neutron sources in the Varian Clinac 2100C/2300C medical accelerator calculated by the EGS4 code”. W: *Health Physics* 72 (1997), s. 524–529. DOI: [10.1097/00004032-199704000-00003](https://doi.org/10.1097/00004032-199704000-00003).

3 Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

W poniższych punktach w zwięzły sposób opisuję, pogrupowane tematycznie, najważniejsze przedsięwzięcia badawcze, w które byłam zaangażowana. Podaję *wybrane* publikacje, których jestem (współ)autorką, które podsumowują najważniejsze osiągnięcia w danej tematyce, uzupełniając listę pozycjami innych autorów do naświetlenia kontekstu badawczego. Pełną listę moich publikacji znaleźć można w Dodatku A.

3.1 Produkcja i oddziaływania mezonów

Liczne eksperymenty, których tematem były produkcja i oddziaływania mezonów prowadzone były w FZJ, szczególnie po zainstalowaniu w tej instytucji detektora WASA. Naszymi wynikami (jako grupy WASA-at-COSY), które odbiły się chyba najgłośniejszym echem w środowisku, było odkrycie rezonansu $d^*(2380)$, poszukiwanie jego partnerów izospinowych i wyznaczanie liczb kwantowych poprzez pomiary polaryzacyjne. Ten dibarion udało się zaobserwować w stanach końcowych z dwoma pionami. Najważniejsze prace w tym temacie to [3.1-1–3.1-3], pełna lista obejmuje 13 pozycji.

Wśród eksperymentów przy użyciu instalacji WASA-at-COSY, których celem było badanie mechanizmu zachodzenia reakcji produkcji mezonów, wymienić należy na przykład te podsumowane w publikacji [3.1-4], w której przeanalizowaliśmy różniczkowe obserwabie i wskazaliśmy, że produkcja dwupionowa w reakcjach proton-proton zachodzi głównie przez wzbudzenia obydwu protonów do rezonansów $\Delta(1232)$.

Przy użyciu COSY możliwe było produkowanie w dużej obfitości mezonów η , np. w reakcji $dp \rightarrow {}^3\text{He}\eta$, co umożliwiało także badanie nie tylko mechanizmów produkcji, ale także natury i rozpadów samego mezonu η , który pełni szczególną rolę w badaniu chromodynamiki kwantowej przy niskich energiach. W publikacji [3.1-5] przedstawiliśmy wyniki doświadczalnego badania rozpadu $\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$. Wyznaczone przy użyciu WASA-at-COSY różniczkowe obserwabie i ich parametryzacja dostarczyły dalszych więzów do rozwijanych efektywnych teorii pola. Teorie te powinny odtwarzać nie tylko różniczkowe obserwabie dla jednego rozpadu, ale także stosunki rozgałęzień różnych rozpadów, zatem zmierzaliśmy je również [3.1-6]. Do badania samego mechanizmu produkcji mezonu η dostarczyliśmy pierwszych na świecie danych polaryzacyjnych dla reakcji $\bar{p}p \rightarrow pp\eta$, które umożliwiły weryfikację modeli teoretycznych [3.1-7].

Innym badanym przez nas rozpadem mezonu η był rozpad do trzech pionów: $\eta \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$. W rozpadzie tym nie jest zachowany izospin, a efekt jest proporcjonalny do różnicy mas kwarków u i d . Podobnie jak w przypadku [3.1-5], także tu dobrej jakości dane doświadczalne w postaci wykresu Dalitza nakładają więzy na stosowaną w tym reżimie energetycznym efektywną teorię pola - chiralną teorię perturbacji. W nieco późniejszym eksperymencie badaliśmy w podobny sposób rozpad mezonu ω [3.1-8].

W ramach współpracy WASA-at-COSY, przeprowadziliśmy także badanie rozpadu mezonu $\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$ [3.1-9]. Wyniki zinterpretowaliśmy w kontekście możliwego stanu

pośredniego z tzw. ciemnym fotonem U , który pojawia się w wielu rozszerzeniach Modelu Standardowego i jest jednym z kandydatów do składników ciemnej materii [3.1-10].

- [3.1-1] P. Adlarson, C. Adolph, W. Augustyniak, V. Baru, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, E. Doroshkevich, C. Ekström, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, V. Grishina, C.-O. Gullström, J. Hampe, C. Hanhart, L. Heijenskjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, M. Jacewicz, Michał Janusz, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, O. Khakimova, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, S. Kullander, A. Kupść, K. Lalwani, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniwski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, Paweł Moskal, H.-P. Morsch, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, A. Passfeld, C. Pauly, E. Perez del Rio, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Pricking, K. Pysz, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, R. J. M. Y. Ruber, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, W. Schroeder, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, A. Winnemöller, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „Abashian-Booth-Crowe effect in basic double-pionic fusion: a new resonance?” W: *Physical Review Letters* 106.24 (2011). DOI: [10.1103/PhysRevLett.106.242302](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.106.242302).
- [3.1-2] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, Hans Calén, H. Clement, D. Coderre, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, F. Hauenstein, L. Heijenskjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, Anna Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, F. A. Khan, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniwski, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, P. Vlasov, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, L. Yurev, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, P. Żuprański, M. Żurek, Tomasz Bednarski, M. Büscher, Eryk Czerwiński, W. Erven, F. Goldenbaum, C.-O. Gullström, Benedykt Jany, G. Kemmerling, Joanna Klaja, P. Kulesa, B. Lorentz, B. Mariański, B. K. Nandi, E. Perez del Rio, A. Pricking, S. Schadmand, Jerzy Smyrski, G. J. Wagner, P. Wüstner, J. Zabierowski, J. Złomańczuk i Izabela Ciepał. „Isospin decomposition of the basic double-pionic fusion in the region of the ABC effect”. W: *Physics Letters B* 721.4-5 (2013), s. 229–236. DOI: [10.1016/j.physletb.2013.03.019](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2013.03.019).

- [3.1-3] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkskjöld, V. Hejny, Małgorzata Hodana, B. Höistad, N. Hüsken, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzeciński, R. Varma, G. J. Wagner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, L. Yurev, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, R. L. Workman, W. J. Briscoe i I. I. Strakovsky. „Evidence for a new resonance from polarized neutron-proton scattering”. W: *Physical Review Letters* 112.20 (2014). DOI: [10.1103/PhysRevLett.112.202301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.202301).
- [3.1-4] P. Adlarson, C. Adolph, W. Augustyniak, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkskjöld, J. Heimlich, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, M. Jacewicz, Michał Janusz, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, O. Khakimova, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, B. Mariański, P. Marciniowski, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, A. Passfeld, C. Pauly, E. Perez del Rio, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Pricking, K. Pysz, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, T. Tolba, A. Trzeciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, U. Wiedner, A. Winnemöller, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „ $\pi^0\pi^0$ production in proton-proton collisions at $T_p = 1.4$ GeV”. W: *Physics Letters B* 706.4-5 (2012), s. 256–262. DOI: [10.1016/j.physletb.2011.11.041](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2011.11.041).
- [3.1-5] P. Adlarson, C. Adolph, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, C. Hanhart, L.

Heijkenskjöld, J. Heimlich, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, M. Jacewicz, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, O. Khakimova, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, S. Leupold, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, B. Mariański, P. Marciniowski, U.-G. Meißner, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, A. Passfeld, C. Pauly, E. Perez del Rio, T. Petri, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Pricking, K. Pysz, Andrzej Pysznia, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, F. Stollenwerk, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, C. Terschlüsen, T. Tolba, A. Trzeciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, A. Winnemöller, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „Exclusive measurement of the $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ decay”. W: *Physics Letters B* 707.2 (2012), s. 243–249. DOI: [10.1016/j.physletb.2011.12.027](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2011.12.027).

[3.1-6] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F.A. Khan, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznia, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzeciński, R. Varma, U. Wiedner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Measurements of branching ratios for η decays into charged particles”. W: *Physical Review C* 94.6 (2016). DOI: [10.1103/PhysRevC.94.065206](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.94.065206).

[3.1-7] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Steven D. Bass, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznia, J. Ritman, A.

- Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Spin dependence of η meson production in proton-proton collisions close to threshold”. W: *Physical Review Letters* 120.2 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevLett.120.022002](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.022002).
- [3.1-8] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniwski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, B. Kubis i S. Leupold. „Measurement of the $\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ Dalitz plot distribution”. W: *Physics Letters B* 770 (2017), s. 418–425. DOI: [10.1016/j.physletb.2017.03.050](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.03.050).
- [3.1-9] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, Hans Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, E. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, Joanna Klaja, H. Kleines, D. A. Kirillov, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, B. Lorentz, R. Maier, P. Marciniwski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, B. Shwartz, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, W. Węglorz, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, W. Zipper, J. Złomańczuk, P. Żuprański, F. S. Bergmann, M. Büscher, K. Fransson, K. Grigoryev, L. Heijkenkjöld, B. Höistad, Stanisław Kistryn, A. Kuzmin, Andrzej Magiera, U.-G. Meißner, N. M. Piskunov, A. Pricking, C. F. Redmer, S. Schadmand, G. J. Wagner, Magdalena Skurzok, Marcin Zieliński i M. Żurek. „Search for a dark photon in the $\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$ decay”. W: *Physics Letters B* 726.1-3 (2013), s. 187–193. DOI: [10.1016/j.physletb.2013.08.055](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2013.08.055).

[3.1-10] C. Boehm i P. Fayet. „Scalar dark matter candidates”. W: *Nuclear Physics B* 683 (2004), s. 219–263. DOI: [10.1016/j.nuclphysb.2004.01.015](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2004.01.015).

3.2 Stany związane mezon-jądro

W trakcie doktoratu zajmowałam się eksperymentalnym badaniem reakcji $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ tuż powyżej progu jej zachodzenia, gdzie pęd produktów w układzie środka masy jest niewielki. Eksperymenty przeprowadziłam używając układu detekcyjnego ANKE na synchrotronie COSY w FZJ. Pewne wcześniejsze przesłanki doświadczalne sprawiły, że postawiono hipotezę istnienia stanów związanych η -jądro, tzw. jąder mezonowych [3.2-1]. Przewidywania teoretyczne wskazywały, że jest to możliwe już dla tak lekkich jąder jak hel [3.2-2]. Gdy rozpoczynałam swoją przygodę z tą tematyką, jedynymi istniejącymi danymi doświadczalnymi dla reakcji $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ były całkowite przekroje czynne zmierzone w Saclay [3.2-3, 3.2-4]. W moim projekcie doktorskim wyznaczyłam przekroje czynne i rozkłady kątowe dla tej reakcji przy dwóch energiach nad progiem, wskazując, że już przy energii nad progiem $Q = 7.7$ MeV widoczna jest wyraźna anizotropia, wskazująca na udział wyższych fal parcjalnych niż fala s , w której spodziewany był stan związany. Swoje wyniki opublikowałam m.in w [3.2-5].

Bezpośrednio po doktoracie włączyłam się w przygotowywanie, przeprowadzanie i analizę danych dla podobnej reakcji: $dp \rightarrow {}^3\text{He}\eta$. Także tutaj istniejące dane były skąpe [3.2-6, 3.2-7]. Stosując tzw. wiązkę rampowaną (tj. o energii zwiększanej w trakcie każdego cyklu wiązki) i używając także układu detekcyjnego ANKE uzyskaliśmy dane o bezprecedensowej precyzji i bardzo małych niepewnościach systematycznych punkt-do-punktu [3.2-8]. Używając tych danych, włączyliśmy się do dyskusji nad istnieniem jąder η -mezonowych w publikacji [3.2-9].

Eksperymenty badające hipotezę istnienia jąder η -mezonowych zyskały nowe oblicze po tym, jak w FZJ uruchomiony został detektor WASA, o dużej akceptancji i umożliwiający rejestrację cząstek neutralnych. Z punktu widzenia istnienia stanów związanych, interesująca jest produkcja układu η -He w fali s , zatem w jednym z eksperymentów przeprowadziliśmy badanie ewolucji rozkładu kąтового reakcji $pd \rightarrow {}^3\text{He}\eta$ dla energii wiązki blisko nad progiem reakcji [3.2-10]. W innym eksperymencie, ponownie używając wiązki rampowanej, przeprowadziliśmy w ramach kolaboracji WASA-at-COSY m.in. energetyczny skan przekroju czynnego reakcji $dd \rightarrow {}^3\text{He}p\pi^-$ [3.2-11] i $dd \rightarrow {}^3\text{He}n\pi^0$ [3.2-12]. Postulowano, że funkcje wzbudzenia tych reakcji będą czułe na istnienie stanu związanego η -jądro ze względu na sprzężenie do rezonansu $N^*(1535)$ i jego rozpad manifestujący się obecnością nukleonu i pionu w stanie końcowym [3.2-13]. Podobny pomiar wykonaliśmy dla układu pomniejszonego o jeden nukleon, tj. dla reakcji $pd \rightarrow dp\pi^0$ [3.2-14]. Niestety, w żadnym z wymienionych eksperymentów nie udało się otrzymać jednoznacznej eksperymentalnej sygnatury stanów związanych η -He, a jedynie górne limity przekrojów czynnych na ich istnienie. Podobnie zakończył się ostatni eksperyment z tej tematyki, poszukujący stanów związanych poprzed badanie reakcji $pd \rightarrow {}^3\text{He}2\gamma$, $pd \rightarrow {}^3\text{He}6\gamma$, w których obecność mezonu η w stanie końcowym wykrywana była za pomocą masy niezmienniczej elektromagnetycznych rozpadów tego mezonu do fotonów [3.2-15].

[3.2-1] Q. Haider i L. C. Liu. „Formation of an η Mesic Nucleus”. W: *Physics Letters B* 172 (1986), s. 257–260. DOI: [10.1016/0370-2693\(86\)90846-4](https://doi.org/10.1016/0370-2693(86)90846-4).

[3.2-2] C. Wilkin. „Near-threshold production of η mesons”. W: *Physical Review C* 47.3 (1993), R938. DOI: [10.1103/PhysRevC.47.R938](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.47.R938). arXiv: [nucl-th/9301006](https://arxiv.org/abs/nucl-th/9301006).

[3.2-3] R. Frascaria i in. „Total $d+d \rightarrow \alpha+\eta$ cross sections near threshold”. W: *Physical Review C* 50.2 (1994), R537–R540. DOI: [10.1103/PhysRevC.50.R537](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.50.R537).

- [3.2-4] N. Willis i in. „ η - helium quasibound states”. W: *Physics Letters B* 406 (1997), s. 14–19. DOI: [10.1016/S0370-2693\(97\)00650-3](https://doi.org/10.1016/S0370-2693(97)00650-3). arXiv: [nucl-ex/9703002](https://arxiv.org/abs/nuc1-ex/9703002).
- [3.2-5] Aleksandra **Wrońska**, V. Hejny, C. Wilkin, S. Dymov, C. Hanhart, V. Komarov, H. R. Koch, A. Kulikov, Andrzej Magiera, T. Mersmann, S. Mikirtytchians, H. Ohm, D. Prasuhn, R. Schleichert, H. J. Stein i H. Ströher. „Near-threshold η -meson production in the $dd \rightarrow^4 \text{He}\eta$ reaction”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 26.3 (2005), s. 421–428. DOI: [10.1140/epja/i2005-10185-0](https://doi.org/10.1140/epja/i2005-10185-0).
- [3.2-6] B. Mayer i in. „The Reactions $pd \rightarrow^3 \text{He}\eta$ and $pd \rightarrow^3 \text{He}\pi^+\pi^-$ near the η threshold”. W: *Physical Review C* 53 (1996), s. 2068–2074. DOI: [10.1103/PhysRevC.53.2068](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.53.2068).
- [3.2-7] R. Bilger i in. „Measurement of the $pd \rightarrow^3 \text{He}\eta$ cross section between 930 MeV and 1100 MeV”. W: *Physical Review C* 65 (2002), s. 044608. DOI: [10.1103/PhysRevC.65.044608](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.65.044608).
- [3.2-8] T. Mersmann, A. Khoukaz, M. Büscher, D. Chiladze, S. Dymov, M. Hartmann, V. Hejny, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Kulesa, Y. Maeda, M. Mielke, S. Mikirtychians, H. Ohm, M. Papenbrock, D. Prasuhn, F. Rathmann, T. Rausmann, R. Schleichert, V. Serdyuk, H.-J. Stein, H. Ströher, A. Täschner, Yu. Valdau, C. Wilkin i Aleksandra **Wrońska**. „Precision study of the $\eta^3\text{He}$ system using the $dp \rightarrow^3 \text{He}\eta$ reaction”. W: *Physical Review Letters* 98.24 (2007). DOI: [10.1103/PhysRevLett.98.242301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.242301).
- [3.2-9] C. Wilkin, M. Büscher, D. Chiladze, S. Dymov, C. Hanhart, M. Hartmann, V. Hejny, A. Kacharava, I. Keshelashvili, A. Khoukaz, Y. Maeda, T. Mersmann, M. Mielke, S. Mikirtychians, M. Papenbrock, F. Rathmann, T. Rausmann, R. Schleichert, H. Ströher, A. Täschner, Yu. Valdau i Aleksandra **Wrońska**. „Is there an $\eta^3\text{He}$ quasi-bound state?” W: *Physics Letters B* 654.3-4 (2007), s. 92–96. DOI: [10.1016/j.physletb.2007.08.041](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2007.08.041).
- [3.2-10] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrych, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznik, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek i C. Wilkin. „Total and differential cross sections of η -production in proton-deuteron fusion for excess energies between $Q_\eta = 13$ MeV and $Q_\eta = 81$ MeV”. W: *Physics Letters B* 782 (2018), s. 297–304. DOI: [10.1016/j.physletb.2018.05.036](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.036).

- [3.2-11] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, Hans Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznik, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for η -mesic ${}^4\text{He}$ with the WASA-at-COSY detector”. W: *Physical Review C* 87.3 (2013). DOI: [10.1103/PhysRevC.87.035204](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.87.035204).
- [3.2-12] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, N. G. Kelkar, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznik, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for η -mesic ${}^4\text{He}$ in the $dd \rightarrow {}^3\text{He}n\pi^0$ and $dd \rightarrow {}^3\text{He}p\pi^-$ reactions with the WASA-at-COSY facility”. W: *Nuclear Physics A* 959 (2017), s. 102–115. DOI: [10.1016/j.nuclphysa.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2017.01.001).
- [3.2-13] M. Pfeiffer i in. „Photoproduction of η -mesic ${}^3\text{He}$ ”. W: *Physical Review Letters* 92 (2004). DOI: [10.1103/physrevlett.92.252001](https://doi.org/10.1103/physrevlett.92.252001).
- [3.2-14] P. Adlarson, W. Augustyniak, M. Bashkanov, S. D. Bass, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, S. Hirenzaki, T. Johansson, Bogusław Ka-

mys, N. G. Kelkar, G. Kemmerling, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Wiktor Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk i M. Żurek. „Search for the η mesic ${}^3\text{He}$ in the $pd \rightarrow dp\pi^0$ reaction with the WASA-at-COSY facility”. W: *Physical Review C* 102.4 (2020). DOI: [10.1103/PhysRevC.102.044322](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.102.044322).

- [3.2-15] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, S. D. Bass, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, S. Hirenzaki, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, N. G. Kelkar, G. Kemmerling, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Wiktor Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzciniński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for η mesic ${}^3\text{He}$ with the WASA-at-COSY facility in the $pd \rightarrow {}^3\text{He}2\gamma$ and $pd \rightarrow {}^3\text{He}6\gamma$ reactions”. W: *Physics Letters B* 802 (2020). DOI: [10.1016/j.physletb.2020.135205](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135205).

3.3 Symetrie fundamentalne i ich łamanie

W niektórych eksperymentach opisanych poniżej, podobnie jak tych z podrozdziału 3.1, także posługiwano się reakcjami produkcji mezonów, jednak ich wspólnym mianownikiem było badanie (nie)zachowania podstawowych symetrii w fizyce cząstek.

Symetria izospinowa zwana jest często symetrią przypadkową, ale jest narzędziem wykorzystywanym przez fizyków, gdyż stopień jej łamania zależy - oprócz efektów elektromagnetycznych - od różnicy mas lekkich kwarków, więc daje pośredni dostęp do tej wielkości. W ramach kolaboracji GEM w FZJ, jeszcze w czasie magisterium włączyłam się w eksperymenty i analizę danych dotyczących tego zagadnienia. Obserwabłą był stosunek przekrojów czynnych reakcji $pd \rightarrow {}^3\text{H}\pi^+ / {}^3\text{He}\pi^0$, którego odchylenie od wartości 2 jest miarą niezachowania symetrii izospinowej. Takie odchylenie zaobserwowaliśmy dla energii wiązki w pobliżu progu produkcji mezonu η , co zinterpretowaliśmy jako przejaw mieszania mezonów $\pi^0 - \eta$, wyznaczając tzw. kąt mieszania [3.3-1].

Symetria ładunkowa jest szczególnym przypadkiem symetrii izospinowej (obrót w przestrzeni izospinu o 180° względem drugiej osi). Przykładem reakcji, której zachodzenie jest jawnym łamaniem symetrii ładunkowej jest $dd \rightarrow \alpha\pi^0$, której badanie było jednym z

flagowych eksperymentów grupy WASA-at-COSY. Niezerowy przekrój czynny jest dowodem nie tylko na łamanie symetrii ładunkowej, ale i niezachowanie izospinu, i - podobnie jak łamanie symetrii izospinowej - mechanizm zachodzenia tego procesu daje wgląd w różnicę mas lekkich kwarków. Istniejące dane doświadczalne przed przystąpieniem do gry naszej grupy były bardzo skąpe i obejmowały tylko pomiary tuż przy progu zachodzenia reakcji [3.3-2]. Współpracująca z WASA-at-COSY grupa teoretyczna wzięła za swój cel ścisły opis teoretyczny mechanizmu zachodzenia badanej reakcji i łamania symetrii ładunkowej na gruncie chiralnej teorii perturbacji [3.3-3]. Do takiego opisu istniejące dane doświadczalne były niewystarczające, potrzebne były informacje o udziale wyższych fal parcjalnych dla większych energii nad progiem, a także o kanałach reakcji dozwolonych przez symetrię ładunkową. Takie dane dostarczyliśmy po serii eksperymentów w publikacjach [3.3-4-3.3-7]. Mimo, że eksperymenty polaryzacyjne dostarczyłyby silniejszych więzów w opisie teoretycznym i były początkowo planowane, niezwykle mała wartość przekroju czynnego okazała się barierą nie do pokonania i te badania zostały zaniechane.

- [3.3-1] M. Abdel-Bary, P. Hawranek, J. Ilieva, K. Kilian, D. Kirilov, Stanisław Kistryn, S. Kliczewski, W. Klimala, D. Kolev, M. Kravčiková, T. Kutsarova, J. Lieb, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinská, L. Pentchev, N. Piskunov, P. von Rossen, B. J. Roy, I. Sitnik, R. Siudak, Jerzy Smyrski, R. Tsenov, M. Uličný, J. Urbán i Aleksandra **Wrońska**. „ $\pi^0 - \eta$ meson mixing in $pd \rightarrow {}^3\text{H}\pi^+ / {}^3\text{He}\pi^0$ reactions”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 68.2 (2003). DOI: [10.1103/PhysRevC.68.021603](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.68.021603).
- [3.3-2] E. J. Stephenson i in. „Observation of the Charge Symmetry Breaking $d + d \rightarrow {}^4\text{He} + \pi^0$ Reaction Near Threshold”. W: *Physical Review Letters* 91 (2003), s. 142302. DOI: [10.1103/PhysRevLett.91.142302](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.91.142302).
- [3.3-3] A. Gårdestig i in. „Survey of charge symmetry breaking operators for $dd \rightarrow \alpha\pi^0$ ”. W: *Physical Review C* 69 (2004). DOI: [10.1103/physrevc.69.044606](https://doi.org/10.1103/physrevc.69.044606).
- [3.3-4] Aleksandra **Wrońska**. „Study of charge symmetry breaking in dd collisions with WASA-at-COSY”. W: *12th International Conference on Meson-Nucleon Physics and the Structure of the Nucleon (MENU 2010) : Williamsburg, Virginia, USA, 31 May-4 June 2010*. Red. David Armstrong, Volker Burkert, Jian-Ping Chen, Will Detmold, Jo Dudek, Wally Melnitchouk i David Richards. AIP Conference Proceedings, ISSN 0094-243X, eISSN 1551-7616; 1374. Melville, NY: American Institute of Physics, 2011, s. 591–593. DOI: [10.1063/1.3647210](https://doi.org/10.1063/1.3647210).
- [3.3-5] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, C. Hanhart, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, B. Höistad, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, F. A. Khan, A. Khokkaz, D. A. Kirilov, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulessa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, Andrzej Pysznik, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, B. Shwartz, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Täschner, A. Trzeciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüster, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, P. Żupranski, M. Żurek, F. S. Bergmann, M. Büscher, J. Złomańczuk, L. Yurev,

- A. Szczurek, E. Stephan, V. Serdyuk, Zbigniew Rudy, K. Pysz, Paweł Podkopał, H. Ohm, B. Mariański, B. Lorentz, Stanisław Kistryn, G. Kemmerling, N. Hüsken, F. Hauenstein, A. Goswami i K. Föhl. „Charge symmetry breaking in $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$ with WASA-at-COSY”. W: *Physics Letters B* 739 (2014), s. 44–49. DOI: [10.1016/j.physletb.2014.10.029](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2014.10.029).
- [3.3-6] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, C. Hanhart, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniwski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Importance of d-wave contributions in the charge symmetry breaking reaction $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$ ”. W: *Physics Letters B* 781 (2018), s. 645–650. DOI: [10.1016/j.physletb.2018.04.037](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.037).
- [3.3-7] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C. Hanhart, F. Hauenstein, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, M. Hodana, B. Höistad, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, L. Li, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, N. M. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, A. Schmidt, S. Schadmand, T. Sefzick, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk, M. Żurek, F. S. Bergmann, Hans Calén, F. Goldenbaum, W. Eyrich, C.-O. Gullström, Anna Jany, G. Kemmerling, Stanisław Kistryn, Wojciech Krzemień, D. Lersch, P. Marciniwski, E. Perez del Rio, D. Prasuhn, Andrzej Pyszniak, S. Sawant, V. Serdyuk, J. Stepaniak, H. Ströher, P. Wüstner i P. Żuprański. „Investigation of the $dd \rightarrow {}^3\text{He}\pi^0$ reaction with the FZ Jülich WASA-at-COSY facility”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 88.1 (2013). DOI: [10.1103/PhysRevC.88.014004](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.88.014004).

3.4 Fizyka akceleratorowa

Jednym z projektów, w który jestem zaangażowana od około 2015 roku jest projekt JEDI. Jego celem jest bezpośredni pomiar elektrycznego momentu dipolowego (EDM) lekkich hadronów: protonów i deutronów, poprzez poszukiwanie efektów wpływu EDM na dynamikę spinów tych cząstek krążących w postaci spolaryzowanej wiązki w synchrotronie COSY w FZJ [3.4-1]. Niezerowy EDM łamie symetrię T i P , a co za tym idzie także kombinowaną symetrię CP . Mechanizmy łamania CP są poszukiwane w kontekście wyjaśnienia obserwowanej we wszechświecie asymetrii w ilości materii i antymaterii [3.4-2]. Ponieważ jest to pomiar wysokiej precyzji, wymagał on wieloletnich przygotowań, które można zaliczyć do fizyki akceleratorowej. Opracowaliśmy m.in. metodę wyznaczania w sposób ciągły, w czasie rzeczywistym, częstości i fazy precesji wektora polaryzacji wiązki deutronowej spolaryzowanej w płaszczyźnie pierścienia, wykorzystując tę informację w sprzężeniu zwrotnym do sterowania elementami rf akceleratora [3.4-3, 3.4-4]. Zademonstrowaliśmy także metodę pomiaru kierunku stabilnej osi spinu z precyzją submikroradianową [3.4-5]. Wypracowaliśmy urządzenia i metody ultraprecyzyjnej manipulacji spinami cząstek [3.4-6].

Moje największe zaangażowanie lokowało się w eksperymentach i analizie danych, których celem było znalezienie warunków pracy i ustawień akceleratora redukujących maksymalnie efekty depolaryzacyjne, co jest niezbędne w zaproponowanej metodzie poszukiwania EDM [3.4-7–3.4-9].

- [3.4-1] Frank Rathmann, Artem Saleev i N. N. Nikolaev. „The search for electric dipole moments of light ions in storage rings”. W: *J. Phys. Conf. Ser.* 447 (2013). Red. Gustavo C. Branco, David Emmanuel-Costa, Ricardo Gonzalez Felipe, Filipe R. Joaquim, L. Lavoura, S. Palomares-Ruiz, M. Nesbitt Rebelo, Jorge C. Romao, João P. Silva i J. I. Silva-Marcos, s. 012011. DOI: [10.1088/1742-6596/447/1/012011](https://doi.org/10.1088/1742-6596/447/1/012011).
- [3.4-2] Andrei D. Sakharov. „Violation of CP in variance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the universe”. W: *Soviet Physics Uspekhi* 34 (1991), s. 392–393. DOI: [10.1070/pu1991v034n05abeh002497](https://doi.org/10.1070/pu1991v034n05abeh002497).
- [3.4-3] D. Eversmann, V. Hejny, F. Hinder, A. Kacharava, J. Pretz, F. Rathmann, M. Rosenthal, F. Trinkel, S. Andrianov, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, W. Bernreuther, S. Bertelli, M. Berz, J. Bsaisou, S. Chekmenev, D. Chiladze, G. Ciullo, M. Contalbrigo, J. de Vries, S. Dymov, R. Engels, F. M. Esser, O. Felden, M. Gaisser, R. Gebel, H. Glückler, F. Goldenbaum, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, C. Hanhart, D. Heberling, N. Hempelmann, J. Hetzel, R. Hipple, D. Hölscher, A. Ivanov, V. Kamedzhiev, Bogusław Kamys, I. Keshelashvili, A. Khoukaz, I. Koop, H.-J. Krause, S. Krewald, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, R. Maier, K. Makino, B. Mariański, D. Mchedlishvili, Ulf-G. Meißner, S. Mey, A. Nass, G. Natour, N. Nikolaev, M. Nioradze, A. Nogga, Krzysztof Nowakowski, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Ritman, Zbigniew Rudy, A. Saleev, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, M. Statera, E. Stephenson, H. Stockhorst, H. Straatmann, H. Ströher, M. Tabidze, R. Talman, P. Thörngren Engblom, A. Trzciński, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, C. Wilkin, A. Wirzba, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, Monika Zakrzewska, P. Zuprański i D. Zyuzin. „New method for a continuous determination of the spin tune in storage rings and implications for precision experiments”. W: *Physical Review Letters* 115.9 (2015). DOI: [10.1103/PhysRevLett.115.094801](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.094801).

- [3.4-4] N. Hempelmann, V. Hejny, J. Pretz, E. Stephenson, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, L. Barion, M. Berz, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, F.-J. Etzkorn, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, T. Hanraths, D. Heberling, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, S. Mey, F. Müller, A. Nass, N. N. Nikolaev, A. Pesce, D. Prasuhn, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, V. Schmidt, Y. Semertzidis, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, H. Stockhorst, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zuprański i M. Żurek. „Phase locking the spin precession in a storage ring”. W: *Physical Review Letters* 119.1 (2017). DOI: [10.1103/PhysRevLett.119.014801](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.014801).
- [3.4-5] A. Saleev, N. N. Nikolaev, F. Rathmann, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, L. Barion, M. Berz, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, D. Heberling, V. Hejny, N. Hempelmann, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, S. Mey, F. Müller, A. Nass, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Pretz, M. Rosenthal, V. Schmidt, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, E. Stephenson, H. Stockhorst, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zuprański i M. Żurek. „Spin tune mapping as a novel tool to probe the spin dynamics in storage rings”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 20.7 (2017). DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.20.072801](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.20.072801).
- [3.4-6] N. Hempelmann, V. Hejny, J. Pretz, H. Siltner, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, L. Barion, M. Berz, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, D. Heberling, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, S. Mey, F. Müller, A. Nass, N. N. Nikolaev, M. Nioradze, A. Pesce, D. Prashun, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, V. Schmidt, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, A. Stahl, R. Stassen, E. Stephenson, H. Stockhorst, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zuprański i M. Żurek. „Phase measurement for driven spin oscillations in a storage ring”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 21.4 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.21.042002](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.21.042002).
- [3.4-7] G. Guidoboni, E. Stephenson, S. Andrianov, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, M. Baylac, W. Bernreuther, S. Bertelli, M. Berz, J. Böker, C. Böhme, J. Bsaisou, S. Chekmenev, D. Chiladze, G. Ciullo, M. Contalbrigo, J.-M. de Conto, S. Dymov, R. Engels, F. M. Esser, D. Eversmann, O. Felden, M. Gaisser, R. Gebel, H. Glückler, F. Goldenbaum, K. Grigoryev, D. Grzonka, T. Hahnrahts, D. Heberling, V. Hejny, N. Hempelmann, J. Hetzel, F. Hinder, R. Hipple, D. Hölscher, A. Ivanov, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, Bogusław Ka-

mys, I. Keshelashvili, A. Khoukaz, I. Koop, H.-J. Krause, S. Krewald, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, R. Maier, K. Makino, B. Mariański, D. Mchedlishvili, Ulf-G. Meißner, S. Mey, W. Morse, F. Müller, A. Nass, G. Natour, N. Nikolaev, M. Nioradze, Krzysztof Nowakowski, Y. Orlov, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Pretz, F. Rathmann, J. Ritman, M. Rosenthal, Zbigniew Rudy, A. Saleev, T. Sefzick, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, M. Simon, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, M. Statera, H. Stockhorst, H. Straatmann, H. Ströher, M. Tabidze, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, A. Trzciński, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, C. Wilkin, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, M. Zakrzewska, P. Zuprański i D. Zyuzin. „How to reach a thousand-second in-plane polarization lifetime with 0.97-GeV/c deuterons in a storage ring”. W: *Physical Review Letters* 117.5 (2016). DOI: [10.1103/PhysRevLett.117.054801](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.054801).

[3.4-8] G. Guidoboni, E. J. Stephenson, Aleksandra **Wrońska**, Z. Bagdasarian, J. Bsaïsou, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, V. Hejny, N. Hempelmann, F. Hinder, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Kulesa, P. Lenisa, A. Lehrach, B. Lorentz, P. Maanen, R. Maier, D. Mchedlishvili, S. Mey, A. Nass, A. Pesce, Y. Orlov, J. Pretz, D. Prasuhn, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, Y. K. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, H. Stockhorst, H. Ströher, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Valdau, C. Weidemann, P. Wüstner, M. Żurek i D. Zyuzin. „Connection between zero chromaticity and long in-plane polarization lifetime in a magnetic storage ring”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 21.2 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024201](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024201).

[3.4-9] Swathi Karanth, E. Stephenson, Aleksandra **Wrońska**, G. Ciullo, S. Dymov, R. Gebel, G. Guidoboni, V. Hejny, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Lenisa, A. Lehrach, B. Lorentz, D. Mchedlishvili, A. Nass, N. Nikolaev, A. Pesce, J. Peretz, D. Prasuhn, F. Rathmann, A. Saleev, Y. Senichev, V. Shmakova, H. Ströher, R. Talman, Yu. Valdau, C. Weidemann i P. Wüstner. „Influence of electron cooling on the polarization lifetime of a horizontally polarized storage ring beam”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 987 (2021). DOI: [10.1016/j.nima.2020.164797](https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164797).

3.5 Dynamika układów kilkunukleonowych

Badanie dynamiki układów kilku nukleonów pozostaje aktualnym tematem badawczym [3.5-1]. W szczególności, możliwości wzbudzenia się rezonansów nukleonowych w krokach pośrednich pomiędzy aktami oddziaływania dwuciałowego NN w układach kilkunukleonowych wymaga wprowadzenia tzw. sił trzyciałowych ($3NF$) [3.5-2].

Grupa Few Body Experiment Group, z którą współpracowałam, wykonywała eksperymenty, wyznaczając obserwable polaryzacyjne i różniczkowe przekroje czynne dla szeregu reakcji w układach kilkunukleonowych, w celu zbudowania solidnej bazy danych doświadczalnych, niezbędnych do weryfikacji i ulepszenia modeli teoretycznych. Badane były reakcje w układach trzynukleonowych: m.in. $^1\text{H}(\vec{d}, pp)n$ oraz elastyczne rozpraszanie $d\vec{p}$ przy energii wiązki 130 MeV [3.5-3], a także przy energii 340 MeV, choć w tym przypadku z niespolaryzowaną wiązką [3.5-4]. Badaliśmy także procesy w układach czterech nukleonów w zderzeniach dd : elastyczne rozpraszanie, reakcję transferu protonu $dd \rightarrow n\ ^3\text{He}$ [3.5-5] oraz reakcję typu *break-up* $dd \rightarrow npd$ [3.5-6], wszystkie przy energii wiązki 160 MeV.

Pomiary prowadzone były w KVI Groningen, Holandia - przy użyciu detektora BINA, a także w FZJ, Niemcy, przy wykorzystaniu instalacji WASA-at-COSY. Opublikowane dane zawierają tysiące punktów pomiarowych, zebranych dla różnych obserwabli, różnych energii wiązki i różnych konfiguracji kinematycznych. Pozwoliło nam to m.in. zidentyfikować obszary przestrzeni fazowej, w których efekty $3NF$ odgrywają znaczącą rolę, a także te, w których niezbędne jest uwzględnienie poprawek coulombowskich czy relatywistycznych.

Ten temat badawczy leżał na uboczu moich zainteresowań, ale wspierałam grupę przez uczestnictwo w pomiarach, pomoc w przygotowaniu wniosku badawczego dla eksperymentu w FZJ, konsultacje analizy danych prowadzonych przez doktorantów.

- [3.5-1] Stanisław Kistryn i in. „Experimental studies of few-nucleon systems”. W: *Acta Physica Polonica A* 139 (2021), s. 319–322.
- [3.5-2] W. Gloeckle i in. „The Three nucleon continuum: Achievements, challenges and applications”. W: *Phys. Rept.* 274 (1996), s. 107–285. DOI: [10.1016/0370-1573\(95\)00085-2](https://doi.org/10.1016/0370-1573(95)00085-2).
- [3.5-3] E. Stephan, Stanisław Kistryn, Rafał Sworst, A. Biegun, Kazimierz Bodek, Izabela Ciepał, A. Deltuva, E. Epelbaum, A. C. Fonseca, Jacek Golak, N. Kalantar-Nayestanaki, H. Kamada, M. Kiš, B. Kłos, A. Kozela, M. Mahjour-Shafiei, A. Micherdzińska, A. Nogga, Roman Skibiński, Henryk Witała, Aleksandra **Wrońska**, Jacek Zejma i W. Zipper. „Vector and tensor analyzing powers in deuteron-proton breakup at 130 MeV”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 82.1 (2010). DOI: [10.1103/PhysRevC.82.014003](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.82.014003).
- [3.5-4] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulessa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, Wiktor Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, A. Deltuva, Jacek Golak, A. Kozela, Roman Skibiński, I. Skwira-Chalot, A. Wilczek i Henryk Witała. „Three-nucleon dynamics in dp breakup collisions using the WASA detector at COSY-Jülich”. W: *Physical Review C* 101.4 (2020). DOI: [10.1103/PhysRevC.101.044001](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.101.044001).
- [3.5-5] I. Ciepał, J. Kuboś, Kazimierz Bodek, N. Kalantar-Nayestanaki, G. Khatri, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, P. Kulessa, A. Łobejko, Andrzej Magiera, J. Messchendorp, I. Mazumdar, W. Parol, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Investigation of the cross section for dd elastic scattering and $dd \rightarrow n\ ^3\text{He}$ reactions at 160 MeV”. W: *Physical Review C* 99.1 (2019). DOI: [10.1103/PhysRevC.99.014620](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.99.014620).

- [3.5-6] Izabela Ciepał, Ghanshyambhai Khatri, Kazimierz Bodek, A. Deltuva, N. Kalantar-Nayestanaki, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, J. Kuboś, P. Kulesa, A. Łobejko, Andrzej Magiera, J. Messchendorp, I. Mazumdar, Wiktor Parol, R. Ramazani-Sharifabadi, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Three-body breakup in deuteron-deuteron collisions at 160 MeV including quasifree scattering”. W: *Physical Review C* 100.2 (2019). DOI: [10.1103/PhysRevC.100.024003](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.100.024003).

3.6 Rozwój detektorów

Jeszcze jako doktorantka brałam udział w pracach projektowych nad kompaktowym detektorem umożliwiającym rejestrację cząstek neutralnych w eksperymentach na synchrotronie COSY w FZJ, który miał uzupełnić istniejący układ detekcyjny ANKE. W ramach tych prac m.in. zaprojektowaliśmy geometrię detektora, przebadaliśmy i scharakteryzowaliśmy kryształy scyntylacyjne PbWO_4 [3.6-1]. Ostatecznie projekt nie został zrealizowany ze względu na kłopoty finansowe.

Gdy po doktoracie dołączyłam do grupy prof. Jerzego Smyrskiego, włączyłam się w prace nad komponentami tzw. Detektora Przedniego układu detekcyjnego PANDA budowanego dla GSI/FAIR, Darmstadt, za którą to część grupa krakowska była odpowiedzialna. W eksperymentach na tarczy stacjonarnej, szczególnie przy dużych energiach wiązki, wiele produktów reakcji emitowanych jest pod małymi kątami w układzie laboratoryjnym ze względu na dużą prędkość środka masy. Sprawia to, że obciążenia detektorów w tym obszarze są ogromne. Jednocześnie uzyskanie dobrej pędowej zdolności rozdzielczej wymaga doskonałej pozycyjnej zdolności rozdzielczej operujących tam detektorów, przy zachowaniu zdolności do pracy przy dużych obciążeniach. Te uwarunkowania zostały wzięte pod uwagę przy projektowaniu Detektora Przedniego [3.6-2]. Jako grupa krakowska najbardziej zaangażowani byliśmy w projektowanie, testy i produkcję detektorów słomkowych, zarówno od strony hardware'owej (projekt, budowa, testy), jak i programistycznej (symulacje, kalibracje, rekonstrukcja pędu) [3.6-3–3.6-5]. Zaangażowana byłam także w prace grupy opracowującej projekty detektorów Czerenkowa dla eksperymentu PANDA [3.6-6].

Z kolei w ramach mojego zaangażowania w grupie JEDI współpracowałam m.in. przy konstruowaniu nowego polarymetru, opartego o kryształy LYSO odczytywane przez fotopowielacze krzemowe, o rekonfigurowalnej geometrii [3.6-7]. Polarymetr ten jest obecnie zainstalowany na wewnętrznej wiązce akceleratora COSY i rutynowo używany we wszystkich eksperymentach polaryzacyjnych grupy JEDI.

- [3.6-1] V. Hejny, J. Bacelar, V. Chernyshev, M. Büscher, M. Hoek, H. R. Koch, H. Löhner, H. Machner, Andrzej Magiera, R. Novotny, K. Römer, H. Ströher i Aleksandra **Wrońska**. „Development of a compact photon detector for ANKE at COSY”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 486.1-2 (2002), s. 126–130. DOI: [10.1016/S0168-9002\(02\)00688-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(02)00688-5).
- [3.6-2] Aleksandra **Wrońska**. „Forward spectrometer of PANDA: requirements and solutions”. W: *International Journal of Modern Physics A, Particles and Fields, Gravitation, Cosmology* 24.2-3 (2009), s. 471–475. DOI: [10.1142/S0217751X09043870](https://doi.org/10.1142/S0217751X09043870).

- [3.6-3] W. Erni i in. „Technical design report for the \bar{P} PANDA (AntiProton Annihilations at Darmstadt) Straw Tube Tracker: strong interaction studies with anti-protons”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 49.2 (2013). DOI: [10.1140/epja/i2013-13025-8](https://doi.org/10.1140/epja/i2013-13025-8).
- [3.6-4] Jerzy Smyrski, A. Apostolou, Jacek Biernat, W. Czyżycki, G. Filo, E. Fioravanti, T. Fiutowski, P. Gianotti, M. Idzik, Grzegorz Korcyl, K. Korcyl, E. Lisowski, F. Lisowski, J. Płażek, D. Przyborowski, Witold Przygoda, J. Ritman, Piotr Salabura, M. Savrie, Paweł Strzempek, K. Swientek, P. Wintz i Aleksandra **Wrońska**. „Design of the forward straw tube tracker for the PANDA experiment”. W: *Journal of Instrumentation* 12.6 (2017). DOI: [10.1088/1748-0221/12/06/C06032](https://doi.org/10.1088/1748-0221/12/06/C06032).
- [3.6-5] Jerzy Smyrski, T. Fiutowski, P. Gianotti, Andrzej Heczko, M. Idzik, Marcin Kajetanowicz, Grzegorz Korcyl, Bartłomiej Korzeniak, Rafał Lalik, E. Lisowski, Adam Malarz, Wojciech Migdał, A. Misiak, Witold Przygoda, J. Ritman, Piotr Salabura, M. Savrie, K. Swientek, P. Wintz i Aleksandra **Wrońska**. „Pressure stabilized straw tube modules for the PANDA Forward Tracker”. W: *Journal of Instrumentation* 13.6 (2018). DOI: [10.1088/1748-0221/13/06/P06009](https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06009).
- [3.6-6] F. Davì i in. „Technical design report for the \bar{P} PANDA endcap disc DIRC*”. W: *Journal of Physics G, Nuclear and Particle Physics* 49 (2022), s. 120501. DOI: [10.1088/1361-6471/abb6c1](https://doi.org/10.1088/1361-6471/abb6c1).
- [3.6-7] F. Müller, O. Javakhishvili, D. Shergelashvili, I. Keshelashvili, D. Mchedlishvili, F. Abusaif, Anjali Aggarwal, L. Barion, S. Basile, J. Böker, N. Canale, G. Ciullo, S. Dymov, O. Felden, M. Gagoshidze, R. Gebel, N. Demary, K. Grigoryev, D. Grzonka, T. Hahnrahts, V. Hejny, A. Kacharava, V. Kamerdzhiiev, Swathi Karanth, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, Z. Metreveli, A. Nass, N.N. Nikolaev, M. Nioradze, A. Pesce, V. Poncza, D. Prasuhn, J. Pretz, F. Rathmann, A. Saleev, T. Sefzick, Yu. Senichev, V. Shmakova, J. Slim, H. Soltner, E. Stephenson, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, T. Wagner, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner i M. Żurek. „A new beam polarimeter at COSY to search for electric dipole moments of charged particles”. W: *Journal of Instrumentation* 15.12 (2020). DOI: [10.1088/1748-0221/15/12/p12005](https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/12/p12005).

4 Inne dokonania

4.1 Podsumowanie współpracy z innymi instytucjami

Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Jülich (FZJ), Niemcy to pierwsza zagraniczna instytucja naukowa, w której pracowałam naukowo (nie licząc Uniwersytetu w Jenie, gdzie przebywałam w ramach wymiany studenckiej). Z ośrodkiem tym jestem związana do dziś. Pierwszy wyjazd odbyłam jeszcze jako studentka, moja praca magisterska związana była z eksperymentami tam prowadzonymi, w których uczestniczyłam. W czasie doktoratu byłam zatrudniona w FZJ przez okres 3 lat, w tym czasie uczestniczyłam w wielu projektach, głównie dotyczących fizyki mezonów, a jednym z tych projektów kierowałam (jako rzeczniczka występowałam w dwóch projektach realizowanych na akceleratorze COSY). Ze względu na doskonałe warunki pracy i unikalną w skali światowej infrastrukturę (synchrotron COSY) umożliwiającą prowadzenie ciekawych badań, moją współpracę z FZJ

kontynuuję także po doktoracie, każdego roku wyjeżdżam tam na kilka krótkich pobyków badawczych. Praca w FZJ pozwoliła mi nie tylko zapoznać się z różnymi systemami detekcyjnymi (GEM, ANKE, WASA-at-COSY), ale i fizyką akceleratorów i jej wykorzystaniem do badań podstawowych (projekt JEDI). Wielokrotnie wysyłałam i zabierałam także na staże do FZJ swoich studentów. W 2010 roku zostałam zaproszona przez niemieckich kolegów do poprowadzenia jako tutor jednej z grup w ramach wydarzenia Hadron Physics Summer School 2010 - szkoły letniej organizowanej dla studentów i doktorantów.

MAMI Mainz, Niemcy W tym ośrodku w trakcie studiów doktoranckich przeprowadziłam pomiary mające na celu zbadanie własności kryształów scyntylicyjnych, korzystając z tagowanej wiązki kwantów gamma. Kontekstem tych pomiarów były plany budowy detektora fotonowego dla COSY Jülich, ostatecznie niezrealizowane ze względu na sprowadzenie detektora WASA.

Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung / Facility for Antiproton and Ion Research (GSI/FAIR), Darmstadt, Niemcy Przez kilka lat po doktoracie związana byłam z projektem PANDA, którego detektor jest planowany jako instalacja w nowej, powstającej części kompleksu GSI/FAIR. W tym projekcie zajmowałam się projektowaniem i symulacjami detektorów Czerenkowa i słomkowych, które są planowanymi częściami składowymi układu detekcyjnego PANDA.

Kernfysisch Versneller Instituut - Centre for Advanced Radiation Technology (KVI-CART) Groningen, Holandia W ośrodku tym wraz z grupą Few-Body Experiment Group prowadziliśmy pomiary w ramach badań doświadczalnych nad oddziaływaniami kilkuciałowymi w układach kilku nukleonów. W pomiarach tych wykorzystywaliśmy wiązkę deuteronów przyspieszaną w akceleratorze AGOR.

Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) Heidelberg, Niemcy Ta jednostka funkcjonuje przede wszystkim jako centrum terapii wiązkami protonów i cięższych jonów i jest wyposażona w synchrotron. Zorganizowałam dwie kampanie pomiarowe w tym ośrodku: w 2015 i 2023 roku, a naukowcy zatrudnieni w HIT współpracowali z moją grupą przy organizacji obu kampanii, zapewniali dodatkowe, pozastandardowe funkcjonalności w pokoju doświadczalnym (np. dostarczanie sygnału tagującego ekstrakcją z synchrotronu), generowali pliki przestrzeni fazowej wiązki na potrzeby prowadzonych przez nas symulacji Monte Carlo. Druga kampania pomiarowa częściowo finansowana była z grantu HITRIplus Kliniki Uniwersyteckiej w Heidelbergu, której częścią jest HIT.

Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ-PAN)

Centrum Cyklotronowe Bronowice (CCB), Kraków Częściowo w tej jednostce realizowany był kierowany przeze mnie projekt γ CCB - dwa pomiary pilotażowe w latach 2013 i 2014, oraz kampania pomiarowa w 2017 roku. Pomiary realizowaliśmy w hali eksperymetalnej CCB. W tych ostatnich pomiarach IFJ-PAN zapewnił częściowe finansowanie niemieckim partnerom uczestniczącym w pomiarach w ramach grantu ENSAR2.

Także projekt dotyczący produkcji radioizotopów był prowadzony wspólnie z kolegami z IFJ-PAN, którzy realizowali napromienianie tarcz używając wiązki protonów z cyklotronu AIC-144, łącznie w dwóch eksperymentach w 2018 i 2019 roku. Część pomiarów spektroskopowych wykonana była przy użyciu spektrometrów HPGe należących do tej instytucji.

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS, Kraków Wspólnie z naukowcami z SOLARIS realizowaliśmy projekt badania produkcji radioizotopów. Przygotowywali oni dla nas specjalne ustawienia wiązki elektronowej pozwalające na optymalne napromienienie tarcz w lokalizacji na końcu linaka, wykonywali dodatkowe pomiary w celu zbadania charakterystyki wiązki w tym miejscu, które nie było wcześniej wykorzystywane jako pozycja pomiarowa. Łącznie z pomiarami pilotażowymi, przeprowadziliśmy wspólnie 4 eksperymenty w latach 2019 i 2020.

Centrum Onkologii (CO) w Gliwicach W placówce tej prowadziliśmy pomiary opisane w punkcie 2.3.3, tj. badanie aktywacji rozruszników serca oraz badanie aktywności wzbudzonej w pokojach terapeutycznym i kontrolnym w trakcie konwencjonalnej radioterapii. Pracownicy CO zapewnili dostęp do rozruszników serca oraz infrastruktury terapeutycznej (akceleratorzy), którą operowali.

4.2 Granty i projekty badawcze

1. *Tytuł:* Badanie produkcji mezonu eta w reakcji $d + d \rightarrow {}^4\text{He} + \eta$
Program i instytucja finansująca: Grant promotorski, Komitet Badań Naukowych (KBN)
Czas trwania: 25.04.2005 – 7.10.2005
Funkcja: wykonawca
Budżet: 20 000 PLN
2. *Tytuł:* Eksperymentalne badanie łamania symetrii ładunkowej i sił kilkuciałowych w zderzeniach deutron-deutron
Program i instytucja finansująca: Program wspólnego wspierania wymiany osobowej, KBN i Niemiecka Agencja Wymiany Akademickiej (DAAD)
Czas trwania: 1.01.2009 – 31.12.2010
Funkcja: koordynator ze strony polskiej
Budżet: 15 000 EUR
3. *Tytuł:* Eksperymentalne badanie łamania symetrii ładunkowej i sił trzeciałowych w zderzeniach deutron-deutron
Program i instytucja finansująca: Projekt badawczy własny, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW)
Czas trwania: 25.09.2008 – 24.09.2011
Funkcja: wykonawca, redaktor wniosku, sprawozdawca
Budżet: 249 000 PLN
4. *Tytuł:* Investigation of gamma emission in experimental modeling of hadron therapy
Program i instytucja finansująca: POMOST, Fundacja na rzecz Nauki Polskiej (FNP)
Czas trwania: 1.02.2014 – 31.12.2015
Funkcja: kierownik
Budżet: 265 088 PLN
5. *Tytuł:* Monitorowanie rozkładu dawki w terapii protonowej w czasie rzeczywistym przy użyciu ciężkich włókien scyntylicyjnych
Program i instytucja finansująca: SONATA BIS, Narodowe Centrum Nauki (NCN)
Czas trwania: 3.09.2018 – 2.09.2023

Funkcja: kierownik
Budżet: 2 303 400 PLN

6. *Tytuł:* Budowa prototypu detektora scyntylicyjnego o wysokim stopniu granulacji do zastosowań w fizyce medycznej
Program i instytucja finansująca: PRELUDIUM, NCN
Czas trwania: 24.02.2020 – 23.02.2022
Funkcja: opiekun naukowy
Budżet: 139 897 PLN
7. *Tytuł:* SiFi-CC: nowy typ kamery komptonowskiej do monitorowania terapii protonowej w czasie rzeczywistym
Program i instytucja finansująca: Program wymiany bilateralnej naukowców pomiędzy Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec, Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej (NAWA)
Czas trwania: 1.01.2021 – 31.12.2022
Funkcja: koordynator ze strony polskiej
Budżet: 25 000 PLN

4.3 Udział w konferencjach naukowych

1. 08/9.2022 8th International Symposium on Symmetries in Subatomic Physics SSP2022, Wiedeń, Austria, zaproszone wystąpienie ustne *JEDI and beyond - the quest for EDMs of charged particles*,
2. 03.2021 744. WE-Heraeus-Seminar: Towards Storage Ring Electric Dipole Moment Measurements, Bad Honnef (Niemcy) / online, zaproszone wystąpienie ustne *Long Spin Coherence Times and How to Find Them*,
3. 11.2019 Forum Inteligentnego Rozwoju, Uniejów, wystąpienie ustne *Projekt SiFi-CC – w walce o precyzję w terapii protonowej*,
4. 09.2019 DeSyT2019 - International Workshop on Detection Systems and Techniques in Nuclear and Particle Physics, Messyna (Włochy), zaproszone wystąpienie ustne otwierające konferencję *Prompt gamma imaging in proton therapy - status, challenges and developments*, przewodniczenie sesji otwarcia,
5. 06.2019 3rd Jagiellonian Symposium on Fundamental and Applied Subatomic Physics, Kraków, wystąpienie ustne *The SiFi-CC project - towards online monitoring of proton therapy*,
6. 06.2019 XVI Kongres Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, Gliwice, wystąpienie ustne *Monitorowanie terapii protonowej w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem natychmiastowego promieniowania gamma - projekt SiFi-CC*,
7. 01.2019 Konferencja Przyszłość fizyki jądrowej niskich energii w Polsce a rozwój krajowej infrastruktury badawczej, Warszawa, zaproszone wystąpienie ustne *Prompt gamma imaging for online monitoring in proton therapy - SiFi-CC project*,
8. 09.2018 Symposium on Positron Emission Tomography and Boron Neutron Capture Therapy, Kraków, wystąpienie ustne *On-line monitoring of deposited dose distribution in proton therapy using heavy scintillating fibres*,

9. 06.2017 2nd Jagiellonian Symposium on Fundamental and Applied Subatomic Physics, Kraków, wystąpienie ustne *Experimental verification of key cross sections for prompt-gamma imaging in proton therapy*,
10. 09.2015 European Nuclear Physics Conference, Groningen (Holandia), wystąpienie ustne *Investigation of gamma emission in experimental modelling of hadron therapy*,
11. 11.2015 2015 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, San Diego (U.S.A.), plakat *Gamma Emission in Hadron Therapy – Towards New Tools of Quality Assurance*,
12. 09.2015 Conference COMEX5 - Collective Motion in Nuclei, Kraków, plakat *What can we learn detecting gamma rays during hadron therapy?*,
13. 09.2015 ENLIGHT Annual meeting, Kraków, plakat *Experimental investigation of gamma emission in hadron therapy*,
14. 09.2014 Zakopane Conference on Nuclear Physics - Extremes of Nuclear Landscape, Zakopane, wystąpienie ustne *Gamma emission in hadron therapy – experimental approach*,
15. 06.2010 MENU2010 12th International Conference on Meson-Nucleon Physics and the Structure of the Nucleon, Williamsburg (U.S.A.), zaproszone wystąpienie ustne *Study of charge symmetry breaking in dd collisions with WASA-at-COSY*,
16. 11.2008 Go4Fair - I Warsztaty Polskich Zespołów Badawczych na FAIR, Kraków, wystąpienie ustne *Program badawczy eksperymentu \bar{P} ANDA*,
17. 06.2008 MESON2008 10th International Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, Kraków, wystąpienie ustne *Forward Spectrometer of \bar{P} ANDA - Requirements and Solutions*,
18. 09.2007 MENU2007 11th International Conference on Meson-Nucleon Physics and the Structure of the Nucleon, Jülich (Niemcy), wystąpienie ustne *Simulation of the \bar{P} ANDA Experiment with PandaRoot*,
19. 09.2005 ETA05 Workshop on production and decay of η and η' mesons, Kraków, wystąpienie ustne *Near-threshold η -meson production in the $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ reaction*,
20. 06.2004 MESON2004 8th International Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, Kraków, wystąpienie ustne *Near-threshold η -meson production in the $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ reaction*,
21. 03.2004 DPG Frühjahrstagung - Doroczny Zjazd Członków Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego, Kolonia (Niemcy), wystąpienie ustne *η -meson production in the reaction $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$* ,

4.4 Zaproszone seminaria w instytucjach zewnętrznych

- 27.10.2022, Zakład Fizyki Jądrowej, Uniwersytet Warszawski
- 29.06.2022, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg, Niemcy
- 21.04.2021, Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie
- 1.04.2017, Laboratori Nazionali di Frascati INFN, Włochy

4.5 Opiniowanie i recenzowanie

4.5.1 Programy grantowe

W lipcu 2020 otrzymałam zaproszenie do panelu ekspertów Chorwackiej Fundacji Nauki (Croatian Science Foundation) i zajmowałam się recenzowaniem projektów zgłoszonych w programach grantowych tej instytucji.

Od 2021 zgłosiłam swoją gotowość do oceny projektów zgłaszanych do finansowania przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej i zostałam wpisana na listę ekspertów.

4.5.2 Artykuły w czasopismach

Oprócz recenzowania i redagowania materiałów pokonferencyjnych wymienionych w Dodatku B, jestem autorką 19 recenzji dla następujących czasopism¹:

- Physics in Medicine and Biology (6),
- Scientific Reports (3),
- Physica Medica (2),
- Electronics (2),
- Frontiers in Physics (1),
- Nuclear Engineering and Technology (2),
- Cancers (1),
- Condensed Matter(1),
- Instruments (1).

W sierpniu 2022 otrzymałam status zaufanego recenzenta (*Trusted Reviewer*) wydawnictwa IOP Publishing ("*in recognition of an exceptionally high level of peer review competency*" - [link do certyfikatu online](#)), zaś jakość mojej pracy jako recenzenta dla czasopisma *Physics in Medicine and Biology* w 2022 roku zapewniła mi nagrodę dla wyróżniających się recenzentów przyznawaną przez to wydawnictwo (*Outstanding Reviewer Award* - [link do certyfikatu online](#), [lista wyróżnionych recenzentów](#)).

4.6 Działalność organizacyjna

Poniżej wymieniam przykłady mojego zaangażowania w działalność organizacyjną na rzecz społeczności naukowej i rozwoju instytucji macierzystej.

1. W 2008 współorganizowałam w Krakowie międzynarodowe spotkanie \bar{P} ANDA Collaboration Meeting, 126 uczestników.
2. W latach 2010-2018 współorganizowałam w Krakowie międzynarodowe konferencje z cyklu MESON, pełniąc rolę sekretarza naukowego. Wprowadzoną przeze mnie innowacją była sesja plakatowa z konkursem na najlepszy plakat, promująca osiągnięcia młodych członków środowiska: studentów i doktorantów. Każda edycja konferencji gromadziła około 200 uczestników.

¹Stan na 23.06.2023

3. W 2016 współorganizowałam SPARC2016 - międzynarodowe spotkanie Stored Particles Atomic Physics Research Collaboration, 93 uczestników.
4. 2018 - organizowałam w Krakowie spotkanie JEDI Collaboration, 30 uczestników.
5. W 2019 uczestniczyłam w organizacji 45. Zjazdu Fizyków Polskich w Krakowie, przygotowując i prowadząc sesję pt. *Kobiety w fizyce*.
6. W okresie 10.2018 – 12.2019 sprawowałam funkcję Pełnomocnika Dziekana WFAIS ds. Równości Kobiet i Mężczyzn, a także Pełnomocnika Rektora UJ w międzynarodowej sieci GENERA.

4.7 Działalność dydaktyczna

4.7.1 Nowe projekty

- Udział w projekcie POKL.04.01.01-00-355/09 *Wiedza i kompetencje z fizyki, chemii i informatyki na potrzeby gospodarki - WIKING*. W ramach projektu opracowałam skrypt oraz autorski kurs *Zajęcia wyrównawcze z matematyki*, do którego zajęcia prowadzone były nowatorską metodą warsztatową. Okres: 10.2009 – 10.2013.
- Pełnomocnik do spraw merytorycznych w międzywydziałowym projekcie POKL.04.01.02-00-168/11-00 *Zwiększenie liczby absolwentów innowacyjnych kierunków studiów: Zaawansowane materiały i nanotechnologia oraz Studia matematyczno-przyrodnicze na Uniwersytecie Jagiellońskim* w okresie 06.2011 – 04.2012.
- Członek zespołu d.s. tworzenia programu nowego kierunku studiów - Fizyka dla firm, 2019.
- Sekretarz Rady Programowej Studiów Matematyczno-Przyrodniczych na Uniwersytecie Jagiellońskim, od 10.2022.

4.7.2 Prowadzone zajęcia

Wymienione kursy prowadzone były dla studentów kierunków Fizyka i Astronomia, chyba że zaznaczono inaczej.

1. Wykłady
 - (a) Promieniowanie jonizujące (koordynator, kurs dla studentów kierunku Ochrona środowiska)
 - (b) Podstawy fizyki subatomowej (koordynator, kurs dla studentów kierunku Fizyka dla firm)
2. Ćwiczenia rachunkowe
 - (a) Zajęcia wyrównawcze z matematyki (koordynator)
 - (b) Repetytorium z matematyki
 - (c) Podstawy fizyki - Budowa materii
 - (d) Podstawy fizyki - Mechanika
 - (e) Wstęp do metod rachunkowych fizyki

- (f) Fizyka (dla studentów kierunku Biologia)
- (g) Zjawiska falowe (dla studentów kierunku Informatyka)
- (h) Podstawy fizyki jądrowej
- (i) Statystyczne metody opracowywania pomiarów
- (j) Podstawy fizyki subatomowej (koordynator, dla studentów kierunku Fizyka dla firm)

3. Ćwiczenia laboratoryjne

- (a) Pracownia specjalistyczna
- (b) II Pracownia Fizyczna
- (c) Pracownia Metod Fizycznych Biologii
- (d) Promieniowanie jonizujące II (koordynator, kurs dla studentów kierunku Ochrona środowiska)

4. Tutoriale i seminaria

- (a) Seminarium specjalistyczne - fizyka jądrowa
- (b) Seminarium magisterskie - fizyka doświadczalna
- (c) Konwersatorium dla studentów Studiów Matematyczno-Przyrodniczych (SMP)
- (d) Tutorial dla III roku SMP

4.7.3 Opieka nad studentami i doktorantami

Byłam promotorką 6 prac licencjackich i 10 prac magisterskich obronionych w Uniwersytecie Jagiellońskim. Jako lider grupy SiFi-CC miałam duży udział w opiece naukowej nad współpracującymi studentami z RWTH Aachen, którzy przyjeżdżali do Krakowa zarówno w celu udziału w eksperymentach, jak i w celu wspólnego analizowania danych. W ramach tej współpracy w tejże instytucji powstało dotychczas 10 prac licencjackich, 10 prac magisterskich i 1 praca doktorska. Moi dyplomanci z Krakowa wraz ze studentami z RWTH Aachen wykonywali wspólnie eksperymenty w centrach terapii protonowej w Krakowie i Heidelbergu. Wyniki tych pomiarów były publikowane w recenzowanych czasopismach, oczywiście ze studentami jako współautorami publikacji.

Byłam promotorem pomocniczym w zakończonym przewodzie doktorskim dr Arshiyi Anees Ahmed (obrona: styczeń 2022). W ramach grupy SiFi-CC powstała także praca doktorska dr. Jonasa Kaspera z RWTH Aachen (obroniona w grudniu 2022), z którym ściśle współpracowałam i którego gościłam w 2019 roku na półrocznym stażu Erasmus+ Traineeship w WFAIS UJ.

Obecnie występuję jako promotor pomocniczy trzech doktorantek (Katarzyna Rusiecka, Swathi Karanth, Magdalena Kołodziej) w Uniwersytecie Jagiellońskim, z których dwie pierwsze złożyły już prace i oczekują na recenzje.

Sukcesy moich studentów są moimi sukcesami, dlatego wspomnę tutaj nagrodę im. Arkadiusza Piekary dla mojej magistrantki Katarzyny Rusieckiej - wyróżnienie za pracę magisterską pt. *Prompt-gamma emission in hadron therapy - medical and physical aspects*, przyznane przez Polskie Towarzystwo Fizyczne w 2017 roku.

4.8 Nagrody i wyróżnienia

1. Nagroda Rektora UJ za działania doskonalące jakość kształcenia w roku 2018/2019
2. Polska Nagroda Inteligentnego Rozwoju 2019 w kategorii Naukowiec przyszłości - nagroda przyznawana przez Centrum Inteligentnego Rozwoju, pod patronatem Prezes Urzędu Patentowego RP
3. Nagrody Dziekana WFAIS UJ za jakość pracy naukowej w latach 2019 i 2020
4. Nagroda Rektora UJ zespołowa II stopnia za działalność organizacyjną 17.11.2020
5. Wyróżnienie statusem *Editor's choice* dla dwóch współtworzonych przeze mnie publikacji:

L. Kelleter, **A. Wrońska**, J. Besuglow, A. Konefał, K. Laihem, J. Leidner, A. Magiera, K. Parodi, K. Rusiecka, A. Stahl i T. Tessonnier. „Spectroscopic study of prompt-gamma emission for range verification in proton therapy”. W: *Physica Medica* 34 (2017), s. 7–17, DOI: [10.1016/j.ejmp.2017.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.01.003)

G. Guidoboni, E. J. Stephenson, **A. Wrońska**, Z. Bagdasarian, J. Bsaisou, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, V. Hejny, N. Hempelmann, F. Hinder, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Kulesa, P. Lenisa, A. Lehrach, B. Lorentz, P. Maanen, R. Maier, D. Mchedlishvili, S. Mey, A. Nass, A. Pesce, Y. Orlov, J. Pretz, D. Prasuhn, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, Y. K. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, H. Stockhorst, H. Ströher, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Valdau, C. Weidemann, P. Wüstner, M. Żurek i D. Zyuzin. „Connection between zero chromaticity and long in-plane polarization lifetime in a magnetic storage ring”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 21.2 (2018), s. 024201, DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024201](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024201)

A Aleksandra Wrońska - Lista publikacji

- [A1] J. Bojowald, A. Budzanowski, A. Chatterjee, J. Ernst, L. Freindl, D. Frekers, P. Hawranek, J. Ilieva, Lucjan Jarczyk, K. Kilian, Stanisław Kistryn, S. Kliczewski, W. Klimala, D. Kolev, M. Kravčiková, T. Kutsarova, J. Lieb, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinská, L. Pentchev, D. Protič, B. Razen, P. von Rossen, B. J. Roy, R. Siudak, Jerzy Smyrski, Adam Strzałkowski, R. Tsenov, M. Uličný, J. Urbán i Aleksandra **Wrońska**. „Magnetic spectrometer Big Karl for studies of meson production reactions”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 487.3 (2002), s. 314–322. DOI: [10.1016/S0168-9002\(01\)02177-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(01)02177-5).
- [A2] M Büscher, V Hejny, HR Koch, H Machner, H Seyfarth, H Stroher, M Hoek, R Novotny, K Romer, J Bacelar, H Lohner, A Magiera, A **Wrońska** i V Chernychov. „Development of a compact photon detector for ANKE at COSY Julich”. W: *Proceedings of the International Symposium on Electromagnetic Interactions in Nuclear and Hadron Physics*. Red. M Fujiwara i T Shima. International Symposium on Electromagnetic Interactions in Nuclear and Hadron Physics, Osaka Univ, Osaka, JAPAN, DEC 04-07, 2001. 2002, s. 679–687.
- [A3] V. Hejny, J. Bacelar, V. Chernyshev, M. Büscher, M. Hoek, H. R. Koch, H. Löhner, H. Machner, Andrzej Magiera, R. Novotny, K. Römer, H. Ströher i Aleksandra **Wrońska**. „Development of a compact photon detector for ANKE at COSY”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 486.1-2 (2002), s. 126–130. DOI: [10.1016/S0168-9002\(02\)00688-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(02)00688-5).
- [A4] M. Abdel-Bary, P. Hawranek, J. Ilieva, K. Kilian, D. Kirilov, Stanisław Kistryn, S. Kliczewski, W. Klimala, D. Kolev, M. Kravčiková, T. Kutsarova, J. Lieb, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinská, L. Pentchev, N. Piskunov, P. von Rossen, B. J. Roy, I. Sitnik, R. Siudak, Jerzy Smyrski, R. Tsenov, M. Uličný, J. Urbán i Aleksandra **Wrońska**. „ $\pi^0 - \eta$ meson mixing in $pd \rightarrow {}^3\text{H}\pi^+ / {}^3\text{He}\pi^0$ reactions”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 68.2 (2003). DOI: [10.1103/PhysRevC.68.021603](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.68.021603).
- [A5] J. Bojowald, A. Budzanowski, A. Chatterjee, J. Ernst, L. Freindl, D. Frekers, P. Hawranek, J. Ilieva, Lucjan Jarczyk, V. Jha, K. Kilian, D. Kirillov, S. Kliczewski, W. Klimala, D. Kolev, M. Kravčiková, T. Kutsarova, J. Lieb, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinská, H. Nann, L. Pentchev, N. Piskunov, D. Protič, P. von Rossen, B. J. Roy, I. Sitnik, R. Siudak, Adam Strzałkowski, R. Tsenov, M. Uličný, J. Urbán i Aleksandra **Wrońska**. „Isospin symmetry breaking : experimental observation”. W: *Nuclear dynamics: from quarks to nuclei : proceedings of the XXth CFIF Fall Workshop, Lisbon, Portugal, October 31-November 2, 2002*. Red. Teresa Peña, Alfred Stadler, Ana M. Eiró i Jiri Adam. Few-Body Systems. Supplementum, ISSN 0177-8811; 15. Wien: Springer, 2003, s. 61–66. DOI: [10.1007/978-3-7091-6014-5_6](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6014-5_6).
- [A6] Andrzej Magiera, S. Abdel-Bary, P. Hawranek, J. Ilieva, K. Kilian, D. Kirilov, Stanisław Kistryn, S. Kliczewski, W. Klimala, D. Kolev, M. Kravčiková, T. Kutsarova, J. Lieb, H. Machner, G. Martinská, L. Pentchev, N. Piskunov, P. von Rossen, B. J. Roy, I. Sitnik, R. Siudak, Jerzy Smyrski, R. Tsenov, M. Uličný, J. Urbán i Aleksandra **Wrońska**. „Isospin symmetry breaking as a tool for particle physics investigations”. W: *Hadron spectroscopy : Tenth International Conference on Hadron Spectroscopy, Aschaffenburg, Germany, 31 August-6*

September 2003. Red. Herbert Orth, Helmut Koch i Eberhard Klempt. AIP Conference Proceedings, ISSN 0094-243X, eISSN 1551-7616; 717. Melville, NY: American Institute of Physics, 2004, s. 863–869. DOI: [10.1063/1.1799809](https://doi.org/10.1063/1.1799809).

- [A7] Aleksandra **Wrońska**, V. Hejny, C. Wilkin, S. Dymov, C. Hanhart, V. Komarov, H. R. Koch, A. Kulikov, Andrzej Magiera, T. Mersmann, S. Mikirtytchians, H. Ohm, D. Prasuhn, R. Schleichert, H. J. Stein i H. Ströher. „Near-threshold η -meson production in the $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ reaction”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 26.3 (2005), s. 421–428. DOI: [10.1140/epja/i2005-10185-0](https://doi.org/10.1140/epja/i2005-10185-0).
- [A8] Aleksandra **Wrońska** i Volker Hejny. „Near-threshold η -meson production in the $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ reaction”. W: *International Journal of Modern Physics A, Particles and Fields, Gravitation, Cosmology* 20.2-3 (2005), s. 640–642. DOI: [10.1142/S0217751X05022020](https://doi.org/10.1142/S0217751X05022020).
- [A9] D. Chiladze, A. Kacharava, F. Rathmann, C. Wilkin, S. Barsov, J. Carbonell, S. Dymov, R. Engels, P. D. Eversheim, O. Felden, R. Gebel, V. Glagolev, K. Grigoriev, D. Gusev, M. Hartmann, F. Hinterberger, V. Hejny, A. Khoukaz, I. Keshelashvili, H. R. Koch, V. Komarov, P. Kulesa, A. Kulikov, A. Lehrach, B. Lorentz, G. Macharashvili, R. Maier, Y. Maeda, R. Menke, T. Mersmann, S. Merzliakov, M. Mikirtytchians, S. Mikirtytchians, A. Mussgiller, M. Nioradze, H. Ohm, D. Prasuhn, H. Rohdjeß, R. Schleichert, H. Seyfarth, E. Steffens, H. J. Stein, H. Ströher, S. Trusov, K. Ulbrich, Yu. Uzikov, Aleksandra **Wrońska** i S. Yaschenko. „Determination of deuteron beam polarizations at COSY”. W: *Physical Review Special Topics Accelerators and Beams* 9.5 (2006). DOI: [10.1103/PhysRevSTAB.9.050101](https://doi.org/10.1103/PhysRevSTAB.9.050101).
- [A10] A. **Wrońska**, V. Hejny, C. Wilkin i ANKE Collaboration. „Near threshold η meson production in the $dd \rightarrow \text{He} - 4\eta$ reaction”. W: *Acta Physica Slovaca* 56.3 (2006), s. 279–284.
- [A11] T. Mersmann, A. Khoukaz, M. Büscher, D. Chiladze, S. Dymov, M. Hartmann, V. Hejny, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Kulesa, Y. Maeda, M. Mielke, S. Mikirtychians, H. Ohm, M. Papenbrock, D. Prasuhn, F. Rathmann, T. Rausmann, R. Schleichert, V. Serdyuk, H.-J. Stein, H. Ströher, A. Täschner, Yu. Valdau, C. Wilkin i Aleksandra **Wrońska**. „Precision study of the $\eta^3\text{He}$ system using the $dp \rightarrow {}^3\text{He}\eta$ reaction”. W: *Physical Review Letters* 98.24 (2007). DOI: [10.1103/PhysRevLett.98.242301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.242301).
- [A12] C. Wilkin, M. Büscher, D. Chiladze, S. Dymov, C. Hanhart, M. Hartmann, V. Hejny, A. Kacharava, I. Keshelashvili, A. Khoukaz, Y. Maeda, T. Mersmann, M. Mielke, S. Mikirtychians, M. Papenbrock, F. Rathmann, T. Rausmann, R. Schleichert, H. Ströher, A. Täschner, Yu. Valdau i Aleksandra **Wrońska**. „Is there an $\eta^3\text{He}$ quasi-bound state?” W: *Physics Letters B* 654.3-4 (2007), s. 92–96. DOI: [10.1016/j.physletb.2007.08.041](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2007.08.041).
- [A13] Jerzy Smyrski, P. Hawranek, Wojciech Krzemień, Piotr Salabura i Aleksandra **Wrońska**. „Prototype drift chamber for tracking at small angles in the PANDA experiment”. W: *Astroparticle, Particle and Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications: proceedings of the 10th Conference, Villa Olmo, Como, Italy, 8-12 October 2007*. Red. Michele Barone, Andrea Gaddi, Claude Leroy, Larry Price, Pier-Giorgio Rancoita i Randal Ruchti. Astroparticle, Particle, Space Physics, Radiation Interaction, Detectors and Medical Physics

Applications; Vol. 4. Singapore: World Scientific Publishing, 2008, s. 1014–1018.
DOI: [10.1142/9789812819093_0171](https://doi.org/10.1142/9789812819093_0171).

- [A14] C. Adolph, M. Angelstein, M. Bashkanov, U. Bechstedt, S. Belostotski, M. Berłowski, H. Bhatt, J. Bisplinghoff, A. Bondar, B. Borasoy, M. Büscher, H. Calén, K. Chandwani, H. Clement, Eryk Czerwiński, Rafał Czyżykiewicz, G. D’Orsaneo, D. Duniec, C. Ekström, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, O. Felden, K. Fransson, Damian Gil, F. Goldenbaum, K. Grigoryev, Andrzej Heczko, C. Hanhart, V. Hejny, F. Hinterberger, M. Hodana, B. Höistad, A. Izotov, M. Jacewicz, Michał Janusz, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, I. Keshelashvili, O. Khakimova, A. Khoukaz, K. Kilian, N. Kimura, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, Paweł Klaja, H. Kleines, B. Klos, A. Kowalczyk, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, S. Kullander, A. Kupść, A. Kuzmin, V. Kyryanchuk, J. Majewski, H. Machner, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, Wojciech Migdał, U.-G. Meißner, M. Mikirtychiants, O. Miklukho, N. Milke, M. Mittag, Paweł Moskal, B. K. Nandi, A. Nawrot, R. Nißler, M. A. Odoyo, W. Oelert, H. Ohm, N. Paul, C. Pauly, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Priciking, K. Pysz, J. Rachowski, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, R. J. M. Y. Ruber, Zbigniew Rudy, R. Salmin, S. Schadmand, A. Schmidt, H. Schneider, W. Schroeder, W. Scobel, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Tytus Smoliński, Jerzy Smyrski, V. Sopov, D. Spölggen, J. Stepaniak, G. Sterzenbach, H. Ströher, A. Szczurek, A. Teufel, T. Tolba, A. Trzeciński, K. Ulbrich, R. Varma, P. Vlasov, W. Weglorz, A. Winnemöller, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, H. Xu, A. Yamamoto, H. Yamaoka, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk, K. Zwoll i I. Zychor. „Measurement of the $\eta \rightarrow 3\pi^0$ Dalitz plot distribution with the WASA detector at COSY”. W: *Physics Letters B* 677.1-2 (2009), s. 24–29. DOI: [10.1016/j.physletb.2009.03.063](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2009.03.063).
- [A15] Aleksandra **Wrońska**. „Forward spectrometer of PANDA: requirements and solutions”. W: *International Journal of Modern Physics A, Particles and Fields, Gravitation, Cosmology* 24.2-3 (2009), s. 471–475. DOI: [10.1142/S0217751X09043870](https://doi.org/10.1142/S0217751X09043870).
- [A16] E. Stephan, Stanisław Kistryn, Rafał Sworst, A. Biegun, Kazimierz Bodek, Izabela Ciepał, A. Deltuva, E. Epelbaum, A. C. Fonseca, Jacek Golak, N. Kalantar-Nayestanaki, H. Kamada, M. Kiš, B. Klos, A. Kozela, M. Mahjour-Shafiei, A. Micherdzińska, A. Nogga, Roman Skibiński, Henryk Witała, Aleksandra **Wrońska**, Jacek Zejma i W. Zipper. „Vector and tensor analyzing powers in deuteron-proton breakup at 130 MeV”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 82.1 (2010). DOI: [10.1103/PhysRevC.82.014003](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.82.014003).
- [A17] P. Adlarson, C. Adolph, W. Augustyniak, V. Baru, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, E. Doroshkevich, C. Ekström, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, V. Grishina, C.-O. Gullström, J. Hampe, C. Hanhart, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, M. Jacewicz, Michał Janusz, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, O. Khakimova, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Klos, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, S. Kullander, A. Kupść, K. Lalwani, B. Lorentz,

Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, Paweł Moskal, H.-P. Morsch, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, A. Passfeld, C. Pauly, E. Perez del Rio, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Pricking, K. Pysz, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, R. J. M. Y. Ruber, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, W. Schroeder, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, A. Winnemöller, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „Abashian-Booth-Crowe effect in basic double-pionic fusion: a new resonance?” W: *Physical Review Letters* 106.24 (2011). DOI: [10.1103/PhysRevLett.106.242302](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.106.242302).

- [A18] Aleksandra **Wrońska**. „Study of charge symmetry breaking in dd collisions with WASA-at-COSY”. W: *12th International Conference on Meson-Nucleon Physics and the Structure of the Nucleon (MENU 2010) : Williamsburg, Virginia, USA, 31 May-4 June 2010*. Red. David Armstrong, Volker Burkert, Jian-Ping Chen, Will Detmold, Jo Dudek, Wally Melnitchouk i David Richards. AIP Conference Proceedings, ISSN 0094-243X, eISSN 1551-7616; 1374. Melville, NY: American Institute of Physics, 2011, s. 591–593. DOI: [10.1063/1.3647210](https://doi.org/10.1063/1.3647210).
- [A19] P. Adlarson, C. Adolph, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, C. Hanhart, L. Heikenskjöld, J. Heimlich, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, M. Jacewicz, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, O. Khakimova, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, S. Leupold, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, B. Mariański, P. Marciniowski, U.-G. Meißner, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, A. Passfeld, C. Pauly, E. Perez del Rio, T. Petri, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Pricking, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, F. Stollenwerk, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, C. Terschlüsen, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, A. Winnemöller, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „Exclusive measurement of the $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ decay”. W: *Physics Letters B* 707.2 (2012), s. 243–249. DOI: [10.1016/j.physletb.2011.12.027](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2011.12.027).
- [A20] P. Adlarson, C. Adolph, W. Augustyniak, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Go-

slawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkskjöld, J. Heimlich, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, M. Jacewicz, Michał Janusz, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, O. Khakimova, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, F. Kren, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, B. Mariański, P. Marciniowski, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, A. Passfeld, C. Pauly, E. Perez del Rio, Y. Petukhov, N. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Povtoreyko, D. Prasuhn, A. Pricking, K. Pysz, T. Rausmann, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmmand, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, T. Tolba, A. Trzeciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, U. Wiedner, A. Winnemöller, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „ $\pi^0\pi^0$ production in proton–proton collisions at $T_p = 1.4$ GeV”. W: *Physics Letters B* 706.4-5 (2012), s. 256–262. DOI: [10.1016/j.physletb.2011.11.041](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2011.11.041).

- [A21] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, K.-T. Brinkmann, M. Büscher, H. Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkskjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, C. Husmann, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, C. Pauly, E. Perez del Rio, Y. Petukhov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmmand, A. Schmidt, V. Serdyuk, N. Shah, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzeciński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk i P. Żuprański. „Abashian-Booth-Crowe resonance structure in the double pionic fusion to ^4He ”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 86.3 (2012). DOI: [10.1103/PhysRevC.86.032201](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.86.032201).

- [A22] Izabela Ciepał, Stanisław Kistryn, E. Stephan, A. Biegun, Kazimierz Bodek, A. Deltuva, E. Epelbaum, M. Eslami-Kalantari, A. Fonseca, Jacek Golak, V. Jha, N. Kalantar-Nayestanaki, H. Kamada, Ghanshyambhai Khatri, Da. Kirillov, Di. Kirillov, M. Kiš, St. Kliczewski, B. Kłos, A. Kozela, M. Kravcikova, M. Lesiak, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinska, J. Messchendorp, A. Nogga, Wiktor Parol, A. Ramazani-Moghaddam-Arani, B. J. Roy, H. Sakai, K. Sekiguchi, I. Sitnik, R. Siudak, Roman Skibiński, Rafał Sworst, J. Urban, Henryk Witała, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Vector analyzing powers of deuteron-

- proton elastic scattering and breakup at 130 MeV". W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 85.1 (2012). DOI: [10.1103/PhysRevC.85.017001](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.85.017001).
- [A23] Izabela Ciepał, Barbara Kłos, Stanisław Kistryn, E. Stephan, A. Biegun, Kazimierz Bodek, A. Deltuva, E. Epelbaum, M. Eslami-Kalantari, A. C. Fonseca, Jacek Golak, V. Jha, N. Kalantar-Nayestanaki, H. Kamada, Ghanshyambhai Khatri, Da. Kirillov, Di. Kirillov, St. Kliczewski, A. Kozela, M. Kravcikova, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinska, J. Messchendorp, A. Nogga, Wiktor Parol, A. Ramazani-Moghaddam-Arani, B. J. Roy, H. Sakai, K. Sekiguchi, I. Sitnik, R. Siudak, Roman Skibiński, Rafał Sworst, J. Urban, Henryk Witała, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Studies of the three-nucleon system dynamics in the deuteron-proton breakup reaction”. W: *EPJ Web of Conferences* 37 (2012). DOI: [10.1051/epjconf/20123709011](https://doi.org/10.1051/epjconf/20123709011).
- [A24] Paweł Podkopał, V. Hejny, Andrzej Magiera i Aleksandra **Wrońska**. „Investigation of the charge symmetry conserving reaction $dd \rightarrow {}^3\text{He}n\pi^0$ with WASA-at-COSY”. W: *EPJ Web of Conferences* 37 (2012). DOI: [10.1051/epjconf/20123703008](https://doi.org/10.1051/epjconf/20123703008).
- [A25] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Tomasz Bednarski, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, Hans Calén, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznik, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzcíński, R. Varma, P. Vlasov, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for η -mesic ${}^4\text{He}$ with the WASA-at-COSY detector”. W: *Physical Review C* 87.3 (2013). DOI: [10.1103/PhysRevC.87.035204](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.87.035204).
- [A26] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, H.

Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, A. Schmidt, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzeciński, R. Varma, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Measurement of the $pn \rightarrow pp\pi^0\pi^-$ reaction in search for the recently observed resonance structure in $d\pi^0\pi^0$ and $d\pi^+\pi^-$ systems.” W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 88.5 (2013). DOI: [10.1103/PhysRevC.88.055208](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.88.055208).

[A27] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, Hans Calén, H. Clement, D. Coderre, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, F. Hauenstein, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, B. Höistad, Anna Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, F. A. Khan, A. Khoukaz, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, Szymon Niedźwiecki, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzeciński, R. Varma, P. Vlasov, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, L. Yurev, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, P. Żuprański, M. Żurek, Tomasz Bednarski, M. Büscher, Eryk Czerwiński, W. Erven, F. Goldenbaum, C.-O. Gullström, Benedykt Jany, G. Kemmerling, Joanna Klaja, P. Kulesa, B. Lorentz, B. Mariański, B. K. Nandi, E. Perez del Rio, A. Pricking, S. Schadmand, Jerzy Smyrski, G. J. Wagner, P. Wüstner, J. Zabierowski, J. Złomańczuk i Izabela Ciepał. „Isospin decomposition of the basic double-pionic fusion in the region of the ABC effect”. W: *Physics Letters B* 721.4-5 (2013), s. 229–236. DOI: [10.1016/j.physletb.2013.03.019](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2013.03.019).

[A28] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, Hans Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, E. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, V. Hejny, F. Hinterberger, Małgorzata Hodana, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, Joanna Klaja, H. Kleines, D. A. Kirillov, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, L. Li, B. Lorentz, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, P. Pluciński, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, A. Schmidt, T. Sefzick, V. Serdyuk, N. Shah, B. Shwartz, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzeciński, R.

- Varma, W. Węglorz, A. Wirzba, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, W. Zipper, J. Złomańczuk, P. Żuprański, F. S. Bergmann, M. Büscher, K. Fransson, K. Grigoryev, L. Heijkenskjöld, B. Höistad, Stanisław Kistryn, A. Kuzmin, Andrzej Magiera, U.-G. Meißner, N. M. Piskunov, A. Pricking, C. F. Redmer, S. Schadmand, G. J. Wagner, Magdalena Skurzok, Marcin Zieliński i M. Żurek. „Search for a dark photon in the $\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$ decay”. W: *Physics Letters B* 726.1-3 (2013), s. 187–193. DOI: [10.1016/j.physletb.2013.08.055](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2013.08.055).
- [A29] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, W. Erven, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C. Hanhart, F. Hauenstein, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, F. Hinterberger, M. Hodana, B. Höistad, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, F. A. Khan, A. Khokaz, D. A. Kirillov, Joanna Klaja, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, L. Li, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, B. K. Nandi, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, N. M. Piskunov, P. Pluciński, Paweł Podkopał, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, A. Schmidt, S. Schadmand, T. Sefzick, N. Shah, M. Siemaszko, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, A. Szczurek, T. Tolba, A. Trzciński, R. Varma, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, W. Zipper, J. Złomańczuk, M. Żurek, F. S. Bergmann, Hans Calén, F. Goldenbaum, W. Eyrich, C.-O. Gullström, Anna Jany, G. Kemmerling, Stanisław Kistryn, Wojciech Krzemień, D. Lersch, P. Marciniwski, E. Perez del Rio, D. Prasuhn, Andrzej Pysznik, S. Sawant, V. Serdyuk, J. Stepaniak, H. Ströher, P. Wüstner i P. Żuprański. „Investigation of the $dd \rightarrow {}^3\text{He}n\pi^0$ reaction with the FZ Jülich WASA-at-COSY facility”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 88.1 (2013). DOI: [10.1103/PhysRevC.88.014004](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.88.014004).
- [A30] Izabela Ciepał, B. Kłos, Stanisław Kistryn, E. Stephan, A. Biegun, Kazimierz Bodek, A. Deltuva, E. Epelbaum, M. Eslami-Kalantari, A. C. Fonseca, Jacek Golak, V. Jha, N. Kalantar-Nayestanaki, H. Kamada, Ghanshyambhai Khatri, Da. Kirillov, Di. Kirillov, St. Kliczewski, A. Kozela, M. Kravcikova, H. Machner, Andrzej Magiera, G. Martinska, J. Messchendorp, A. Nogga, Wiktor Parol, A. Ramazani-Moghaddam-Arani, B. J. Roy, H. Sakai, K. Sekiguchi, I. Sitnik, R. Siudak, Roman Skibiński, Rafał Sworst, J. Urban, Henryk Witala, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Investigations of few-nucleon system dynamics in medium energy domain”. W: *Few-Body Systems* 54.7-10 (2013), s. 1301–1305. DOI: [10.1007/s00601-012-0582-0](https://doi.org/10.1007/s00601-012-0582-0).
- [A31] W. Erni i in. „Technical design report for the \bar{P} ANDA (AntiProton Annihilations at Darmstadt) Straw Tube Tracker: strong interaction studies with anti-protons”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 49.2 (2013). DOI: [10.1140/epja/i2013-13025-8](https://doi.org/10.1140/epja/i2013-13025-8).
- [A32] Ghanshyambhai Khatri, Wiktor Parol, Izabela Ciepał, Kazimierz Bodek, Stanisław Kistryn, Andrzej Magiera, Dagmara Rozpędzik, Aleksandra **Wrońska**, Jacek Zejma, B. Kłos, E. Stephan, A. Kozela, N. Kalantar-Nayestanaki, J. Messchendorp, I. Mazumdar i I. Skwira-Chalot. „Three- and four-nucleon dynamics

at intermediate energies”. W: *Acta Physica Polonica B, Proceedings Supplement* 6.4 (2013), s. 1167–1170. DOI: [10.5506/APhysPolBSupp.6.1167](https://doi.org/10.5506/APhysPolBSupp.6.1167).

- [A33] B. Kłos, Izabela Ciepał, Stanisław Kistryn, E. Stephan, A. Biegun, A. Deltuva, E. Epelbaum, M. Eslami-Kalantari, Jacek Golak, B. Jamróz, V. Jha, H. Kamada, Ghanshyambhai Khatri, Da. Kirillov, St. Kliczewski, A. Kozela, M. Kravcikova, Andrzej Magiera, G. Martinska, J. Messchendorp, Wiktor Parol, A. Ramazani-Moghaddam-Arani, B. J. Roy, H. Sakai, K. Sekiguchi, I. Sitnik, R. Siudak, Rafał Sworst, J. Urban, Henryk Witała, Aleksandra **Wrońska**, Jacek Zejma, Kazimierz Bodek, A. C. Fonseca, N. Kalantar-Nayestanaki, Di. Kirillov, H. Machner, A. Nogga i Roman Skibiński. „Systematic studies of the three-nucleon system dynamics in the deuteron-proton breakup reaction”. W: *Acta Physica Polonica B* 44.3 (2013), s. 345–348. DOI: [10.5506/APhysPolB.44.345](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.44.345).
- [A34] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, Małgorzata Hodana, B. Höistad, N. Hüsken, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, B. V. Martemyanov, U.-G. Meißner, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzeciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, X. Yuan, L. Yurev, J. Zabierowski, C. Zheng, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Measurement of the $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ Dalitz plot distribution”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 90.4 (2014). DOI: [10.1103/PhysRevC.90.045207](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.90.045207).
- [A35] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, Małgorzata Hodana, B. Höistad, N. Hüsken, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen,

J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciński, R. Varma, G. J. Wagner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, L. Yurev, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, R. L. Workman, W. J. Briscoe i I. I. Strakovsky. „Evidence for a new resonance from polarized neutron-proton scattering”. W: *Physical Review Letters* 112.20 (2014). DOI: [10.1103/PhysRevLett.112.202301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.112.202301).

- [A36] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijenskjöld, V. Hejny, Małgorzata Hodana, B. Höistad, N. Hüsken, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciński, R. Varma, G. J. Wagner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, L. Yurev, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, R. L. Workman, W. J. Briscoe i I. I. Strakovsky. „Neutron-proton scattering in the context of the $d^*(2380)$ resonance”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 90.3 (2014). DOI: [10.1103/PhysRevC.90.035204](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.90.035204).
- [A37] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijenskjöld, V. Hejny, Małgorzata Hodana, B. Höistad, N. Hüsken, Anna Jany, Benedykt Jany, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, B. Kłos, H. Kleines, M. Krapp, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, A. Passfeld, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciński, R. Varma, G. J. Wagner, W. Węglorz, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, L. Yurev, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Cross section ratio and angular distributions of the reaction $p + d \rightarrow {}^3\text{He} + \eta$

- at 48.8 MeV and 59.8 MeV excess energy”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 50.6 (2014). DOI: [10.1140/epja/i2014-14100-4](https://doi.org/10.1140/epja/i2014-14100-4).
- [A38] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, C. Hanhart, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, B. Höistad, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, Andrzej Pysznik, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, B. Shwartz, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Täschner, A. Trzcíński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüster, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, P. Żupranski, M. Żurek, F. S. Bergmann, M. Büscher, J. Złomańczuk, L. Yurev, A. Szczurek, E. Stephan, V. Serdyuk, Zbigniew Rudy, K. Pysz, Paweł Podkopał, H. Ohm, B. Mariański, B. Lorentz, Stanisław Kistryn, G. Kemmerling, N. Hüsken, F. Hauenstein, A. Goswami i K. Föhl. „Charge symmetry breaking in $dd \rightarrow ^4\text{He}\pi^0$ with WASA-at-COSY”. W: *Physics Letters B* 739 (2014), s. 44–49. DOI: [10.1016/j.physletb.2014.10.029](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2014.10.029).
- [A39] Ghanshyambhai Khatri, Kazimierz Bodek, Izabela Ciepał, N. Kalantar-Nayestanaki, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. Messchendorp, Wiktor Parol, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Experimental investigation of the few-nucleon dynamics in deuteron-deuteron collision at 160 MeV”. W: *EPJ Web of Conferences* 81 (2014). DOI: [10.1051/epjconf/20148106006](https://doi.org/10.1051/epjconf/20148106006).
- [A40] Ghanshyambhai Khatri, Izabela Ciepał, Kazimierz Bodek, N. Kalantar-Nayestanaki, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. Messchendorp, Wiktor Parol, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, Dagmara Rozpędzik, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Few-nucleon system dynamics studied via deuteron-deuteron breakup reactions at 160 MeV”. W: *Few-Body Systems* 55.8-10 (2014), s. 1035–1036. DOI: [10.1007/s00601-013-0787-x](https://doi.org/10.1007/s00601-013-0787-x).
- [A41] Wiktor Parol, Izabela Ciepał, Kazimierz Bodek, Stanisław Kistryn, Ghanshyambhai Khatri, Dagmara Rozpędzik, Aleksandra **Wrońska**, Jacek Zejma, E. Stephan, A. Kozela, P. Kulesa, J. Messchendorp, I. Mazumdar, Andrzej Magiera, B. Kłos, N. Kalantar-Nayestanaki i I. Skwira-Chalot. „Investigation of three nucleon force effects in deuteron–proton breakup reaction”. W: *Acta Physica Polonica B* 45.2 (2014), s. 527–532. DOI: [10.5506/APhysPolB.45.527](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.45.527).
- [A42] Wiktor Parol, A. Kozela, Izabela Ciepał, B. Kłos, Kazimierz Bodek, Jacek Golak, N. Kalantar-Nayestanaki, Ghanshyambhai Khatri, Stanisław Kistryn, P. Kulesa, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. Messchendorp, Dagmara Rozpędzik, Roman Skibiński, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, Henryk Witała, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Investigation of three nucleon force effects in deuteron-proton breakup reaction”. W: *EPJ Web of Conferences* 81 (2014). DOI: [10.1051/epjconf/20148106007](https://doi.org/10.1051/epjconf/20148106007).

- [A43] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkinskjöld, V. Hejny, B. Höistad, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciniński, R. Varma, G. J. Wagner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, L. Yurev, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „ABC effect and resonance structure in the double-pionic fusion to ${}^3\text{He}$ ”. W: *Physical Review C, Nuclear Physics* 91.1 (2015). DOI: [10.1103/PhysRevC.91.015201](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.91.015201).
- [A44] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkinskjöld, V. Hejny, B. Höistad, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciniński, R. Varma, G. J. Wagner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Measurement of the $np \rightarrow np\pi^0\pi^0$ reaction in search for the recently observed $d^*(2380)$ resonance”. W: *Physics Letters B* 743 (2015), s. 325–332. DOI: [10.1016/j.physletb.2015.02.067](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2015.02.067).
- [A45] D. Eversmann, V. Hejny, F. Hinder, A. Kacharava, J. Pretz, F. Rathmann, M. Rosenthal, F. Trinkel, S. Andrianov, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, W. Bernreuther, S. Bertelli, M. Berz, J. Bsaisou, S. Chekmenev, D. Chiladze, G. Ciullo, M. Contalbrigo, J. de Vries, S. Dymov, R. Engels, F. M. Esser, O. Felden, M. Gaisser, R. Gebel, H. Glückler, F. Goldenbaum, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, C. Hanhart, D. Heberling, N. Hempelmann, J. Hetzel, R. Hipple, D. Hölscher, A. Ivanov, V. Kamedzhiev, Bogusław Kamys, I. Keshelashvili, A. Khoukaz, I. Koop, H.-J. Krause, S. Krewald, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa,

- N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, R. Maier, K. Makino, B. Mariański, D. Mchedlishvili, Ulf-G. Meißner, S. Mey, A. Nass, G. Natour, N. Nikolaev, M. Nioradze, A. Nogga, Krzysztof Nowakowski, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Ritman, Zbigniew Rudy, A. Saleev, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, M. Statera, E. Stephenson, H. Stockhorst, H. Straatmann, H. Ströher, M. Tabidze, R. Talman, P. Thörngren Engblom, A. Trzciński, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, C. Wilkin, A. Wirzba, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, Monika Zakrzewska, P. Zuprański i D. Zyuzin. „New method for a continuous determination of the spin tune in storage rings and implications for precision experiments”. W: *Physical Review Letters* 115.9 (2015). DOI: [10.1103/PhysRevLett.115.094801](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.094801).
- [A46] Ghanshyambhai Khatri, Kazimierz Bodek, Izabela Ciepał, N. Kalantar-Nayestanaki, Stanisław Kistryn, C. Kłos, A. Kozela, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. G. Messchendorp, Wiktor Parol, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Experimental investigation of few-nucleon dynamics at medium energies”. W: *Acta Physica Polonica A* 127.5 (2015), s. 1529–1530. DOI: [10.12693/APhysPolA.127.1529](https://doi.org/10.12693/APhysPolA.127.1529).
- [A47] B. P. Singh i in. „Experimental access to transition distribution amplitudes with the PANDA experiment at FAIR”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 51.8 (2015). DOI: [10.1140/epja/i2015-15107-y](https://doi.org/10.1140/epja/i2015-15107-y).
- [A48] A. **Wrońska**, P. Bednarczyk, D. Boeckenhoff, A. Bubak, S. Feyen, A. Konefał, L. Kelleter, K. Laihem, J. Leidner, A. Magiera, G. Obrzud, K. Rusiecka, A. Stahl i M. Ziębliński. „Gamma Emission in Hadron Therapy - Towards New Tools of Quality Assurance”. W: IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), San Diego, CA, OCT 31-NOV 07, 2015. IEEE. 2015.
- [A49] Aleksandra **Wrońska**, P. Bednarczyk, D. Böckenhoff, A. Bubak, S. Feyen, A. Konefał, K. Laihem, Andrzej Magiera, A. Stahl i M. Ziębliński. „Gamma emission in hadron therapy: experimental approach”. W: *Acta Physica Polonica B* 46.3 (2015), s. 753–756. DOI: [10.5506/APhysPolB.46.753](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.46.753).
- [A50] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrych, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüskén, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F.A. Khan, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniwski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepianiak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciński, R. Varma, U. Wiedner, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Measurements of

branching ratios for η decays into charged particles”. W: *Physical Review C* 94.6 (2016). DOI: [10.1103/PhysRevC.94.065206](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.94.065206).

- [A51] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for an isospin $I = 3$ dibaryon”. W: *Physics Letters B* 762 (2016), s. 455–461. DOI: [10.1016/j.physletb.2016.09.051](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2016.09.051).
- [A52] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Measurement of the $\vec{n}p \rightarrow d\pi^0\pi^0$ reaction with polarized beam in the region of the d^* (2380) resonance”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 52.5 (2016). DOI: [10.1140/epja/i2016-16147-5](https://doi.org/10.1140/epja/i2016-16147-5).
- [A53] G. Guidoboni, E. Stephenson, S. Andrianov, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, M. Baylac, W. Bernreuther, S. Bertelli, M. Berz, J. Böker, C. Böhme, J. Bsaisou, S. Chekmenev, D. Chiladze, G. Ciullo, M. Contalbrigo, J.-M. de Conto, S. Dymov, R. Engels, F. M. Esser, D. Eversmann, O. Felden, M. Gaiser, R. Gebel, H. Glückler, F. Goldenbaum, K. Grigoryev, D. Grzonka, T. Hahnrahts, D. Heberling, V. Hejny, N. Hempelmann, J. Hetzel, F. Hinder, R. Hipple, D. Hölscher, A. Ivanov, A. Kacharava, V. Kamedzhiev, Bogusław Kamys, I. Keshelashvili, A. Khoukaz, I. Koop, H.-J. Krause, S. Krewald, A. Ku-

- likov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, R. Maier, K. Makino, B. Mariański, D. Mchedlishvili, Ulf-G. Meißner, S. Mey, W. Morse, F. Müller, A. Nass, G. Natour, N. Nikolaev, M. Nioradze, Krzysztof Nowakowski, Y. Orlov, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Pretz, F. Rathmann, J. Ritman, M. Rosenthal, Zbigniew Rudy, A. Saleev, T. Sefzick, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, M. Simon, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, M. Statera, H. Stockhorst, H. Straatmann, H. Ströher, M. Tabidze, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, A. Trzeciński, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, C. Wilkin, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, M. Zakrzewska, P. Zuprański i D. Zyuzin. „How to reach a thousand-second in-plane polarization lifetime with 0.97-GeV/c deuterons in a storage ring”. W: *Physical Review Letters* 117.5 (2016). DOI: [10.1103/PhysRevLett.117.054801](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.054801).
- [A54] Ghanshyambhai Khatri, Wiktor Parol, I. Ciepał, Kazimierz Bodek, B. Jamroz, N. Kalantar-Nayestanaki, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, P. Kulesa, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. G. Messchendorp, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Deuteron–deuteron collision at 160 MeV”. W: *Acta Physica Polonica B* 47.2 (2016), s. 411–416. DOI: [10.5506/APhysPolB.47.411](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.47.411).
- [A55] Wiktor Parol, A. Kozela, I. Ciepał, Kazimierz Bodek, B. Jamroz, N. Kalantar-Nayestanaki, Ghanshyambhai Khatri, Stanisław Kistryn, B. Kłos, J. Kuboś, P. Kulesa, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. G. Messchendorp, Dagmara Rozpędzik, A. Rusnok, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Contribution of three nucleon force investigated in deuteron-proton breakup reaction”. W: *EPJ Web of Conferences* 130 (2016). DOI: [10.1051/epjconf/201613007019](https://doi.org/10.1051/epjconf/201613007019).
- [A56] Katarzyna Rusiecka, Aleksandra **Wrońska**, P. Bednarczyk, D. Böckenhoff, A. Bubak, S. Feyen, L. Kelleter, A. Konefał, K. Laihem, J. Leidner, Andrzej Magiera, Grzegorz Obrzud, A. Stahl i M. Ziębliński. „Determination of gamma angular distribution from the shape of spectral line for the first excited state of carbon nucleus”. W: *World Journal of Nuclear Science and Technology* 6.1 (2016), s. 63–70. DOI: [10.4236/wjnst.2016.61006](https://doi.org/10.4236/wjnst.2016.61006).
- [A57] B. Singh i in. „Feasibility studies of time-like proton electromagnetic form factors at \bar{P} ANDA at FAIR”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 52.10 (2016). DOI: [10.1140/epja/i2016-16325-5](https://doi.org/10.1140/epja/i2016-16325-5).
- [A58] B. Singh i in. „Study of doubly strange systems using stored antiprotons”. W: *Nuclear Physics A* 954 (2016), s. 323–340. DOI: [10.1016/j.nuclphysa.2016.05.014](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2016.05.014).
- [A59] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calen, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupsc, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Marianski, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov,

D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzcinski, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomanczuk, P. Zupranski i M. Zurek. „Isoscalar single-pion production in the region of Roper and d^* (2380) resonances”. W: *Physics Letters B* 774 (2017), s. 599–607. DOI: [10.1016/j.physletb.2017.10.015](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.10.015).

[A60] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, N. G. Kelkar, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzcinski, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomanczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for η -mesic ${}^4\text{He}$ in the $dd \rightarrow {}^3\text{He}n\pi^0$ and $dd \rightarrow {}^3\text{He}p\pi^-$ reactions with the WASA-at-COSY facility”. W: *Nuclear Physics A* 959 (2017), s. 102–115. DOI: [10.1016/j.nuclphysa.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2017.01.001).

[A61] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzcinski, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomanczuk, P. Żuprański, M. Żurek, B. Kubis i S. Leupold. „Measurement of the $\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ Dalitz plot distribution”. W: *Physics Letters B* 770 (2017), s. 418–425. DOI: [10.1016/j.physletb.2017.03.050](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.03.050).

- [A62] A. Chrobak, A. Konefał, Aleksandra **Wrońska**, Andrzej Magiera, Katarzyna Rusiecka, K. Laihem, D. Böckenhoff i S. Feyen. „Comparison of various models of Monte Carlo geant 4 code in simulations of prompt gamma production”. W: *Acta Physica Polonica B* 48.3 (2017), s. 675–678. DOI: [10.5506/APhysPolB.48.675](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.48.675).
- [A63] N. Hempelmann, V. Hejny, J. Pretz, E. Stephenson, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, L. Barion, M. Berz, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, F.-J. Etzkorn, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, T. Hanraths, D. Heberling, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, S. Mey, F. Müller, A. Nass, N. N. Nikolaev, A. Pesce, D. Prasuhn, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, V. Schmidt, Y. Semertzidis, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, H. Stockhorst, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zuprański i M. Żurek. „Phase locking the spin precession in a storage ring”. W: *Physical Review Letters* 119.1 (2017). DOI: [10.1103/PhysRevLett.119.014801](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.014801).
- [A64] Laurent Kelleter, Aleksandra **Wrońska**, Judith Besuglow, Adam Konefał, Karim Laihem, Johannes Leidner, Andrzej Magiera, Katia Parodi, Katarzyna Rusiecka, Achim Stahl i Thomas Tessonier. „Spectroscopic study of prompt-gamma emission for range verification in proton therapy”. W: *Physica Medica* 34 (2017), s. 7–17. DOI: [10.1016/j.ejmp.2017.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.01.003).
- [A65] A. Saleev, N. N. Nikolaev, F. Rathmann, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, L. Barion, M. Berz, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, D. Heberling, V. Hejny, N. Hempelmann, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, S. Mey, F. Müller, A. Nass, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Pretz, M. Rosenthal, V. Schmidt, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, E. Stephenson, H. Stockhorst, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zuprański i M. Żurek. „Spin tune mapping as a novel tool to probe the spin dynamics in storage rings”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 20.7 (2017). DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.20.072801](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.20.072801).
- [A66] B. Singh i in. „Feasibility study for the measurement of πN transition distribution amplitudes at $\bar{P}ANDA$ in $\bar{p}p \rightarrow J/\psi\pi^0$ ”. W: *Physical Review D* 95.3 (2017). DOI: [10.1103/PhysRevD.95.032003](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.95.032003).
- [A67] Jerzy Smyrski, A. Apostolou, Jacek Biernat, W. Czyżycki, G. Filo, E. Fioravanti, T. Fiutowski, P. Gianotti, M. Idzik, Grzegorz Korcyl, K. Korcyl, E. Lisowski, F. Lisowski, J. Płażek, D. Przyborowski, Witold Przygoda, J. Ritman, Piotr Salabura, M. Savrie, Paweł Strzempek, K. Swientek, P. Wintz i Aleksandra **Wrońska**. „Design of the forward straw tube tracker for the PANDA experiment”. W: *Journal of Instrumentation* 12.6 (2017). DOI: [10.1088/1748-0221/12/06/C06032](https://doi.org/10.1088/1748-0221/12/06/C06032).

- [A68] Aleksandra **Wrońska**, Arshiya Anees Ahmed, A. Andres, P. Bednarczyk, J. Besuglow, G. Gazdowicz, K. Herweg, R. Hetzel, J. Kasper, L. Kelleter, A. Konefał, P. Kulesa, K. Laihem, J. Leidner, Andrzej Magiera, Katarzyna Rusiecka, D. Stachura, A. Stahl i M. Ziębliński. „Experimental verification of key cross sections for prompt-gamma imaging in proton therapy”. W: *Acta Physica Polonica B* 48.10 (2017), s. 1631–1637. DOI: [10.5506/APhysPolB.48.1631](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.48.1631).
- [A69] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, Steven D. Bass, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Spin dependence of η meson production in proton-proton collisions close to threshold”. W: *Physical Review Letters* 120.2 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevLett.120.022002](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.022002).
- [A70] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Buscher, H. Calen, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Fohl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Husken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Isotensor dibaryon in the $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$ reaction?” W: *Physical Review Letters* 121.5 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevLett.121.052001](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.052001).
- [A71] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Buscher, H. Calen, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Fohl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullstrom, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Husken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz,

Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stapaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek i C. Wilkin. „Backward single-pion production in the $pd \rightarrow {}^3\text{He}\pi^0$ reaction with WASA-at-COSY”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 54.9 (2018). DOI: [10.1140/epja/i2018-12585-3](https://doi.org/10.1140/epja/i2018-12585-3).

- [A72] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Buscher, H. Calen, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Fohl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullstrom, L. Heijkskjold, V. Hejny, N. Husken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatrri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stapaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek i A. Wirzba. „Search for C violation in the decay $\eta \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ with WASA-at-COSY”. W: *Physics Letters B* 784 (2018), s. 378–384. DOI: [10.1016/j.physletb.2018.07.017](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.07.017).
- [A73] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, C. Hanhart, L. Heijkskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatrri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stapaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Importance of d-wave

- contributions in the charge symmetry breaking reaction $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$ ". W: *Physics Letters B* 781 (2018), s. 645–650. DOI: [10.1016/j.physletb.2018.04.037](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.04.037).
- [A74] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, Ghanshyambhai Khatri, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pysznik, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek i C. Wilkin. „Total and differential cross sections of η -production in proton-deuteron fusion for excess energies between $Q_\eta = 13$ MeV and $Q_\eta = 81$ MeV”. W: *Physics Letters B* 782 (2018), s. 297–304. DOI: [10.1016/j.physletb.2018.05.036](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.05.036).
- [A75] S. Blamek, A. Konefał, A. **Wrońska**, D. Gabrys i A. Orlef. „Cardiac Implantable Electronic Devices and Radiotherapy with 6 MV Photons: Are the Patients Safe?” W: *Radiotherapy and Oncology* 127.1 (2018). 37th Meeting of the European-Society-for-Radiotherapy-and-Oncology (ESTRO), Barcelona, SPAIN, APR 20-24, 2018, S1007. DOI: [10.1016/S0167-8140\(18\)32174-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8140(18)32174-1).
- [A76] G. Guidoboni, E. J. Stephenson, Aleksandra **Wrońska**, Z. Bagdasarian, J. Bsaïsou, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, V. Hejny, N. Hempelmann, F. Hinder, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Kulesa, P. Lenisa, A. Lehrach, B. Lorentz, P. Maanen, R. Maier, D. Mchedlishvili, S. Mey, A. Nass, A. Pesce, Y. Orlov, J. Pretz, D. Prasuhn, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, Y. K. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shmakova, H. Stockhorst, H. Ströher, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Valdau, C. Weidemann, P. Wüstner, M. Żurek i D. Zyuzin. „Connection between zero chromaticity and long in-plane polarization lifetime in a magnetic storage ring”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 21.2 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024201](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024201).
- [A77] N. Hempelmann, V. Hejny, J. Pretz, H. Siltner, W. Augustyniak, Z. Bagdasarian, M. Bai, L. Barion, M. Berz, S. Chekmenev, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, G. Guidoboni, D. Heberling, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhiiev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, S. Mey, F. Müller, A. Nass, N. N. Nikolaev, M. Nioradze, A. Pesce, D. Prashun, F. Rathmann, M. Rosenthal, A. Saleev, V. Schmidt, Y. Semertzidis, Y. Senichev, V. Shamkova, A. Silenko, J. Slim, A. Stahl, R. Stassen, E. Stephenson, H. Stockhorst, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, P. Thörngren Engblom, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, A. Vassiliev, C. Weidemann, Alek-

- sandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zuprański i M. Żurek. „Phase measurement for driven spin oscillations in a storage ring”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 21.4 (2018). DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.21.042002](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.21.042002).
- [A78] Katarzyna Rusiecka, Aleksandra **Wrońska**, Andrzej Magiera, Grzegorz Gazdowicz, Grzegorz Obrzud, L. Kelleter, K. Laihem, J. Leidner, A. Stahl, A. Chrobak i A. Konefał. „Shape of the spectral line and gamma angular distribution of the $^{12}\text{C}(p, p'\gamma_{4.44})^{12}\text{C}$ reaction”. W: *Acta Physica Polonica B* 49.9 (2018), s. 1637–1652. DOI: [10.5506/APhysPolB.49.1637](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.49.1637).
- [A79] Jerzy Smyrski, T. Fiutowski, P. Gianotti, Andrzej Heczko, M. Idzik, Marcin Kajetanowicz, Grzegorz Korcyl, Bartłomiej Korzeniak, Rafał Lalik, E. Lisowski, Adam Malarz, Wojciech Migdał, A. Misiak, Witold Przygoda, J. Ritman, Piotr Salabura, M. Savrie, K. Swientek, P. Wintz i Aleksandra **Wrońska**. „Pressure stabilized straw tube modules for the PANDA Forward Tracker”. W: *Journal of Instrumentation* 13.6 (2018). DOI: [10.1088/1748-0221/13/06/P06009](https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/06/P06009).
- [A80] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Schwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Zuprański i M. Żurek. „Examination of the production of an isotensor dibaryon in the $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$ reaction”. W: *Physical Review C* 99.2 (2019). DOI: [10.1103/PhysRevC.99.025201](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.99.025201).
- [A81] Arshiya Anees Ahmed, Aleksandra **Wrońska**, Andrzej Magiera, M. Bartyzel, J. W. Mietelski, R. Misiak i B. Wąs. „Reexamination of proton-induced reactions on ^{nat}Mo at 19–26 MeV and study of target yield of resultant radionuclides”. W: *Acta Physica Polonica B* 50.10 (2019), s. 1583–1596. DOI: [10.5506/APhysPolB.50.1583](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.50.1583).
- [A82] I. Ciepał, J. Kuboś, Kazimierz Bodek, N. Kalantar-Nayestanaki, G. Khatri, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, P. Kulesa, A. Łobejko, Andrzej Magiera, J. Messchendorp, I. Mazumdar, W. Parol, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Investigation of the cross section for dd elastic scattering and $dd \rightarrow n\ ^3\text{He}$ reactions at 160 MeV”. W: *Physical Review C* 99.1 (2019). DOI: [10.1103/PhysRevC.99.014620](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.99.014620).
- [A83] Izabela Ciepał, Kazimierz Bodek, N. Kalantar-Nayestanaki, Ghanshyambhai Khatri, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, J. Kuboś, P. Kulesa, A. Łobejko, Andrzej Magiera, I. Mazumdar, J. Messchendorp, Wiktor Parol, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska**

- ska i Jacek Zejma. „Studies of deuteron breakup reactions in deuteron–deuteron collisions at 160 MeV with BINA”. W: *Few-Body Systems* 60.2 (2019). DOI: [10.1007/s00601-019-1510-3](https://doi.org/10.1007/s00601-019-1510-3).
- [A84] Izabela Ciepał, Ghanshyambhai Khatri, Kazimierz Bodek, A. Deltuva, N. Kalantar-Nayestanaki, Stanisław Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, J. Kuboś, P. Kulesa, A. Łobejko, Andrzej Magiera, J. Messchendorp, I. Mazumdar, Wiktor Parol, R. Ramazani-Sharifabadi, Dagmara Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Three-body breakup in deuteron-deuteron collisions at 160 MeV including quasifree scattering”. W: *Physical Review C* 100.2 (2019). DOI: [10.1103/PhysRevC.100.024003](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.100.024003).
- [A85] Katarzyna Rusiecka, J. Kasper, Andrzej Magiera, A. Stahl i Aleksandra **Wrońska**. „Investigation of the properties of the heavy scintillating fibers for their potential use in hadron therapy monitoring”. W: *Engineering of scintillation materials and radiation technologies : selected articles of ISMART2018*. Red. Mikhail Korzhik i Alexander Gektin. Springer Proceedings in Physics, ISSN 0930-8989, eISSN 1867-4941; 227. Cham: Springer, 2019, s. 195–210. DOI: [10.1007/978-3-030-21970-3_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21970-3_14).
- [A86] B. Singh i in. „Technical design report for the \bar{P} ANDA Barrel DIRC detector”. W: *Journal of Physics G, Nuclear and Particle Physics* 46.4 (2019). DOI: [10.1088/1361-6471/aade3d](https://doi.org/10.1088/1361-6471/aade3d).
- [A87] **A. Wrońska** i A. Ruciński. „Wyzwania w terapii protonowej – jak leczyć nowotwory lepiej?” W: *Nowoczesne technologie XXI w. – przegląd, trendy i badania. Tom 1*. Red. Danielewska A. i Maciąg M. Wydawnictwo Naukowe TYGIEL, 2019, s. 215–229. URL: <http://bc.wydawnictwo-tygiel.pl/publikacja/B748B37A-5C63-7A37-CE6D-B000648E2D2E>.
- [A88] P. Adlarson, W. Augustyniak, W. Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, A. Bondar, M. Buescher, H. Calén, I. Ciepał, H. Clement, E. Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Foehl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, C. - O. Gullstrom, L. Heijkenskjöld, V. Hejny, N. Huesken, L. Jarczyk, T. Johansson, B. Kamys, G. Kemmerling, G. Khatri, A. Khoukaz, O. Khreptak, D. A. Kirillov, S. Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, W. Krzemien, P. Kulesa, A. Kupsc, A. Kuzmin, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, A. Magiera, R. Maier, P. Marciniwski, B. Marianski, H. -P. Morsch, P. Moskal, H. Ohm, W. Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, A. Pyszniak, J. Ritman, A. Roy, Z. Rudy, O. Rundel, S. Sawant, S. Schadmmand, I. Schatti-Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, K. Sitterberg, T. Skorodko, M. Skurzok, J. Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Stroher, A. Szczurek, A. Trzcinski, R. Varma, M. Wolke, A. **Wrońska**, P. Wustner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, M. J. Zielinski, J. Zlomanczuk, P. Zupranski i M. Zurek. „Isoscalar single-pion production in the region of Roper and d^* (2380) resonances (vol 774, 599, 2017)”. W: *Physics Letters B* 806 (2020). DOI: [10.1016/j.physletb.2020.135555](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135555).
- [A89] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, S. D. Bass, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenskjöld, V.

Hejny, S. Hirenzaki, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, N. G. Kelkar, G. Kemmerling, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Wiktor Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, Iryna Schätti - Ozerianska, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański i M. Żurek. „Search for η mesic ${}^3\text{He}$ with the WASA-at-COSY facility in the $pd \rightarrow {}^3\text{He}2\gamma$ and $pd \rightarrow {}^3\text{He}6\gamma$ reactions”. W: *Physics Letters B* 802 (2020). DOI: [10.1016/j.physletb.2020.135205](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135205).

[A90] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, H. Bhatt, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, D. Coderre, Eryk Czerwiński, K. Demmich, E. Doroshkevich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, P. Goslawski, A. Goswami, K. Grigoryev, C.-O. Gullström, F. Hauenstein, L. Heijkinskjöld, V. Hejny, Małgorzata Hodana, B. Höistad, N. Hüsken, Anna Jany, Benedykt Jany, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, F. A. Khan, A. Khoukaz, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, M. Krapp, W. Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, M. Mikirtychiants, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Iryna Schätti - Ozerianska, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, Paweł Podkopał, D. Prasuhn, A. Pricking, D. Pszczel, K. Pysz, Andrzej Pyszniak, C. F. Redmer, J. Ritman, A. Roy, Zbigniew Rudy, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, R. Siudak, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Täschner, A. Trzeciński, R. Varma, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Wurm, A. Yamamoto, L. Yurev, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, A. Zink, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, R. L. Workman, W. J. Briscoe, I. I. Strakovsky i A. Švarc. „Differential cross sections for neutron-proton scattering in the region of the $d^*(2380)$ dibaryon resonance”. W: *Physical Review C* 102.1 (2020). DOI: [10.1103/PhysRevC.102.015204](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.102.015204).

[A91] P. Adlarson, W. Augustyniak, Wiktor Bardan, M. Bashkanov, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkinskjöld, V. Hejny, N. Hüsken, Lucjan Jarczyk, T. Johansson, Bogusław Kamys, G. Kemmerling, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniowski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, Wiktor Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, A. Trzeciński, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J.

- Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk, P. Żuprański, M. Żurek, A. Del-tuva, Jacek Golak, A. Kozela, Roman Skibiński, I. Skwira-Chalot, A. Wilczek i Henryk Witąła. „Three-nucleon dynamics in dp breakup collisions using the WASA detector at COSY-Jülich”. W: *Physical Review C* 101.4 (2020). DOI: [10.1103/PhysRevC.101.044001](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.101.044001).
- [A92] P. Adlarson, W. Augustyniak, M. Bashkanov, S. D. Bass, F. S. Bergmann, M. Berłowski, A. Bondar, M. Büscher, H. Calén, Izabela Ciepał, H. Clement, Eryk Czerwiński, K. Demmich, R. Engels, A. Erven, W. Erven, W. Eyrich, P. Fedorets, K. Föhl, K. Fransson, F. Goldenbaum, A. Goswami, K. Grigoryev, L. Heijkenkjöld, V. Hejny, N. Hüsken, S. Hirenzaki, T. Johansson, Bogusław Kamys, N. G. Kelkar, G. Kemmerling, A. Khoukaz, Aleksander Khreptak, D. A. Kirillov, Stanisław Kistryn, H. Kleines, B. Kłos, Wojciech Krzemień, P. Kulesa, A. Kupść, K. Lalwani, D. Lersch, B. Lorentz, Andrzej Magiera, R. Maier, P. Marciniewski, B. Mariański, H.-P. Morsch, Paweł Moskal, H. Ohm, Wiktor Parol, E. Perez del Rio, N. M. Piskunov, D. Prasuhn, D. Pszczel, K. Pysz, J. Ritman, A. Roy, Oleksandr Rundel, S. Sawant, S. Schadmand, T. Sefzick, V. Serdyuk, B. Shwartz, T. Skorodko, Magdalena Skurzok, Jerzy Smyrski, V. Sopov, R. Stassen, J. Stepaniak, E. Stephan, G. Sterzenbach, H. Stockhorst, H. Ströher, A. Szczurek, M. Wolke, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, A. Yamamoto, J. Zabierowski, Marcin Zieliński, J. Złomańczuk i M. Żurek. „Search for the η mesic ${}^3\text{He}$ in the $pd \rightarrow dp\pi^0$ reaction with the WASA-at-COSY facility”. W: *Physical Review C* 102.4 (2020). DOI: [10.1103/PhysRevC.102.044322](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.102.044322).
- [A93] Arshiya Anees Ahmed, Aleksandra **Wrońska**, Andrzej Magiera, Alessandro Curcio, Magdalena Jaglarz i Adriana Wawrzyniak. „Study of ${}^{99}\text{Mo}$ and long-lived impurities produced in the ${}^{nat}\text{Mo}(\gamma, x)$ reactions using an electron beam”. W: *Radiation Physics and Chemistry* 177 (2020). DOI: [10.1016/j.radphyschem.2020.109095](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109095).
- [A94] I. Ciepał, K. Bodek, N. Kalantar-Nayestanaki, G. Khatri, St. Kistryn, B. Kłos, A. Kozela, J. Kuboś, P. Kulesa, A. Łobejko, A. Magiera, J. Messchendorp, I. Mazumdar, W. Parol, R. Ramazani-Sharifabadi, D. Rozpędzik, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, B. Włoch, A. **Wrońska** i J. Zejma. „Few-nucleon system dynamics studied via deuteron-deuteron collisions at 160 MeV”. W: *SciPost Physics Proceedings* (2020), s. 018. DOI: [10.21468/SciPostPhysProc.3.018](https://doi.org/10.21468/SciPostPhysProc.3.018).
- [A95] Jonas Kasper, Katarzyna Rusiecka, Ronja Hetzel, Majid Kazemi Kozani, Rafał Lalik, Andrzej Magiera, Achim Stahl i Aleksandra **Wrońska**. „The SiFi-CC project : feasibility study of a scintillation-fiber-based Compton camera for proton therapy monitoring”. W: *Physica Medica* 76 (2020), s. 317–325. DOI: [10.1016/j.ejmp.2020.07.013](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.013).
- [A96] Adam Konefał, Sławomir Blamek, Aleksandra **Wrońska**, Andrzej Orlef, Maria Sokół, Mateusz Tajstra i Mariusz Gąsior. „Radioactivity induced in new-generation cardiac implantable electronic devices during high-energy X-ray irradiation”. W: *Applied Radiation and Isotopes* 163 (2020). DOI: [10.1016/j.apradiso.2020.109206](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109206).
- [A97] Adam Konefał, Wioletta Lniak, Justyna Rostocka, Andrzej Orlef, Maria Sokół, Janusz Kasperczyk, Paulina Jarzabek, Aleksandra **Wrońska** i Katarzyna Rusiecka. „Influence of a shape of gold nanoparticles on the dose enhancement in the wide range of gold mass concentration for high-energy X-ray beams from a

medical linac”. W: *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy* 25.4 (2020), s. 579–585. DOI: [10.1016/j.rpor.2020.05.003](https://doi.org/10.1016/j.rpor.2020.05.003).

- [A98] F. Müller, O. Javakhishvili, D. Shergelashvili, I. Keshelashvili, D. Mchedlishvili, F. Abusaif, Anjali Aggarwal, L. Barion, S. Basile, J. Böker, N. Canale, G. Ciullo, S. Dymov, O. Felden, M. Gagoshidze, R. Gebel, N. Demary, K. Grigoryev, D. Grzonka, T. Hahnrahts, V. Hejny, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, Swathi Karanth, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, Z. Metreveli, A. Nass, N.N. Nikolaev, M. Nioradze, A. Pesce, V. Poncza, D. Prasuhn, J. Pretz, F. Rathmann, A. Saleev, T. Sefzick, Yu. Senichev, V. Shmakova, J. Slim, H. Soltner, E. Stephenson, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, T. Wagner, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner i M. Żurek. „A new beam polarimeter at COSY to search for electric dipole moments of charged particles”. W: *Journal of Instrumentation* 15.12 (2020). DOI: [10.1088/1748-0221/15/12/p12005](https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/12/p12005).
- [A99] F. Müller, M. Żurek, Z. Bagdasarian, L. Barion, M. Berz, Izabela Ciepał, G. Ciullo, S. Dymov, D. Eversmann, M. Gaisser, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, V. Hejny, N. Hempelmann, J. Hetzel, F. Hinder, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, P. Maanen, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, A. Nass, N. N. Nikolaev, A. Pesce, D. Prasuhn, J. Pretz, F. Rathmann, V. Rolando, M. Rosenthal, A. Saleev, V. Schmidt, Y. Senichev, D. Shergelashvili, V. Shmakova, A. Silenko, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, E. Stephenson, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, F. Trinkel, Yu. Uzikov, Yu. Valdau, E. Valetov, C. Weidemann, Aleksandra **Wrońska** i P. Wüstner. „Measurement of deuteron carbon vector analyzing powers in the kinetic energy range 170–380 MeV”. W: *The European Physical Journal A, Hadrons and Nuclei* 56.8 (2020). DOI: [10.1140/epja/s10050-020-00215-8](https://doi.org/10.1140/epja/s10050-020-00215-8).
- [A100] Wiktor Parol, A. Kozela, Kazimierz Bodek, A. Deltuva, M. Eslami-Kalantari, Jacek Golak, N. Kalantar-Nayestanaki, Ghanshyambhai Khatri, Stanisław Kistryn, B. Kłos, J. Kuboś, P. Kulesa, A. Łobiejko, Andrzej Magiera, H. Mardanpour, J. G. Messchendorp, I. Mazumdar, Roman Skibiński, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Ramazani-Moghaddam-Arani, Dagmara Rozpędzik, A. Wilczek, Henryk Witąła, B. Włoch, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Measurement of differential cross sections for the deuteron-proton breakup reaction at 160 MeV”. W: *Physical Review C* 102.5 (2020). DOI: [10.1103/PhysRevC.102.054002](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.102.054002).
- [A101] B. Włoch, Kazimierz Bodek, Izabela Ciepał, M. Eslami-Kalantari, Jacek Golak, N. Kalantar-Nayestanaki, Ghanshyambhai Khatri, Stanisław Kistryn, A. Kozela, J. Kuboś, P. Kulesa, A. Łobiejko, Andrzej Magiera, H. Mardanpour, J. Messchendorp, I. Mazumdar, Wiktor Parol, A. Ramazani-Moghaddam-Arani, Dagmara Rozpędzik, Roman Skibiński, I. Skwira-Chalot, E. Stephan, A. Wilczek, Henryk Witąła, Aleksandra **Wrońska** i Jacek Zejma. „Determination of phase space region for cross-check validation of the neutron detection in the BINA experiments”. W: *SciPost Physics Proceedings* 3 (2020). DOI: [10.21468/SciPostPhysProc.3.006](https://doi.org/10.21468/SciPostPhysProc.3.006).
- [A102] Aleksandra **Wrońska**. „Prompt gamma imaging in proton therapy: status, challenges and developments”. W: *Journal of Physics Conference Series* 1561 (2020). DOI: [10.1088/1742-6596/1561/1/012021](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1561/1/012021).

- [A103] Aleksandra **Wrońska**, R. Hetzel, J. Kasper, Rafał Lalik, Andrzej Magiera, Katarzyna Rusiecka i A. Stahl. „Characterisation of components of a scintillation-fiber-based compton camera”. W: *Acta Physica Polonica B* 51.1 (2020), s. 17–25. DOI: [10.5506/APhysPolB.51.17](https://doi.org/10.5506/APhysPolB.51.17).
- [A104] F. Abusaif, Anjali Aggarwal, A. Aksentev, B. Alberdi-Esuain, A. Andres, A. Atanasov, L. Barion, S. Basile, M. Berz, C. Böhme, J. Böker, J. Borburgh, N. Canale, C. Carli, Izabela Ciepał, G. Ciullo, M. Contalbrigo, J.-M. De Conto, S. Dymov, O. Felden, M. Gaisser, R. Gebel, N. Giese, J. Gooding, K. Grigoryev, D. Grzonka, M. Haj Tahar, T. Hahnrahts, D. Heberling, V. Hejny, J. Hetzel, D. Hölscher, O. Javakhishvili, L. Jorat, A. Kacharava, A. Kamerdzhev, Swathi Karanth, I. Keshelashvili, I. Koop, A. Kulikov, K. Laihem, M. Lamont, A. Lehrach, P. Lenisa, I. Lomidze, N. Lomidze, B. Lorentz, G. Macharashvili, Andrzej Magiera, K. Makino, S. Martin, D. Mchedlishvili, U.-G. Meißner, Z. Metreveli, J. Michaud, F. Müller, A. Nass, G. Natour, N. Nikolaev, A. Nogga, D. Okropidze, A. Pesce, V. Poncza, D. Prasuhn, J. Pretz, F. Rathmann, J. Ritman, M. Rosenthal, A. Saleev, M. Schott, T. Sefzick, Y. Senichev, R. Shankar, D. Shergelashvili, V. Shmakova, S. Siddique, A. Silenko, M. Simon, J. Slim, H. Soltner, A. Stahl, R. Stassen, E. Stephenson, H. Straatmann, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, Y. Uzikov, Y. Valdau, E. Valetov, E. Vilella, M. Vitz, J. Vosseveld, T. Wagner, C. Weidemann, A. Wirzba, Aleksandra **Wrońska**, P. Wüstner, P. Zupranski i M. Zurek. *Storage ring to search for electric dipole moments of charged particles: feasibility study*. CERN Yellow Reports. Monographs, ISSN 2519-8068, eISSN 2519-8076; 3. Geneva: CERN, 2021, IX, [2], 246. DOI: [10.23731/CYRM-2021-003](https://doi.org/10.23731/CYRM-2021-003).
- [A105] Swathi Karanth, E. Stephenson, Aleksandra **Wrońska**, G. Ciullo, S. Dymov, R. Gebel, G. Guidoboni, V. Hejny, A. Kacharava, I. Keshelashvili, P. Lenisa, A. Lehrach, B. Lorentz, D. Mchedlishvili, A. Nass, N. Nikolaev, A. Pesce, J. Peretz, D. Prasuhn, F. Rathmann, A. Saleev, Y. Senichev, V. Shmakova, H. Ströher, R. Talman, Yu. Valdau, C. Weidemann i P. Wüstner. „Influence of electron cooling on the polarization lifetime of a horizontally polarized storage ring beam”. W: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 987 (2021). DOI: [10.1016/j.nima.2020.164797](https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164797).
- [A106] A. Konefał, A. Bieniasiewicz, A. Wendykier, S. Adamczyk i **A. Wrońska**. „Additional radiation sources in a treatment and control room of medical linear accelerators”. W: *Radiation Physics and Chemistry* 185 (2021), s. 109513. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2021.109513](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109513).
- [A107] K. Rusiecka, R. Hetzel, J. Kasper, M. Kazemi Kozani, N. Kohlhase, M. Kołodziej, R. Lalik, A. Magiera, W. Migdał, M. Rafecas, A. Stahl, V. Urbanevych, M.L. Wong i **A. Wrońska**. „A systematic study of LYSO:Ce, LuAG:Ce and GAGG:Ce scintillating fibers properties”. W: *Journal of Instrumentation* 16 (2021), P11006. DOI: [10.1088/1748-0221/16/11/p11006](https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/11/p11006).
- [A108] J. Slim, N. N. Nikolaev, F. Rathmann, A. Wirzba, A. Nass, V. Hejny, J. Pretz, H. Soltner, F. Abusaif, A. Aggarwal, A. Aksentev, A. Andres, L. Barion, G. Ciullo, S. Dymov, R. Gebel, M. Gaisser, K. Grigoryev, D. Grzonka, O. Javakhishvili, A. Kacharava, V. Kamerdzhev, S. Karanth, I. Keshelashvili, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, B. Lorentz, A. Magiera, D. Mchedlishvili, F. Müller, A. Pesce, V. Poncza, D. Prasuhn, A. Saleev, V. Shmakova, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, Y. Valdau, T. Wagner, C. Weidemann, A. **Wrońska** i M. Żurek.

- „First detection of collective oscillations of a stored deuteron beam with an amplitude close to the quantum limit”. W: *Physical Review Accelerators and Beams* 24 (2021), s. 124601. DOI: [10.1103/PhysRevAccelBeams.24.124601](https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.24.124601).
- [A109] T. Wagner, A. Nass, J. Pretz, F. Abusaif, Anjali Aggarwal, A. Andres, I. Bekman, N. Canale, I. Ciepal, G. Ciullo, F. Dahmen, S. Dymov, C. Ehrlich, R. Gebel, K. Grigoryev, D. Grzonka, V. Hejny, J. Hetzel, A. Kacharava, V. Kamerdzhiyev, Swathi Karanth, I. Keshelashvili, A. Kononov, A. Kulikov, K. Laihem, A. Lehrach, P. Lenisa, N. Lomidze, Andrzej Magiera, D. Mchedlishvili, F. Müller, N.N. Nikolaev, A. Pesce, V. Poncza, F. Rathmann, M. Retzlaff, A. Saleev, M. Schmühl, D. Shergelashvili, V. Shmakova, J. Slim, A. Stahl, E. Stephenson, H. Ströher, M. Tabidze, G. Tagliente, R. Talman, Y. Uzikov, Y. Valdau i Aleksandra **Wrońska**. „Beam-based alignment at the Cooler Synchrotron COSY as a prerequisite for an electric dipole moment measurement”. W: *Journal of Instrumentation* 16.2 (2021). DOI: [10.1088/1748-0221/16/02/t02001](https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/02/t02001).
- [A110] **A. Wrońska**, J. Kasper, A. A. Ahmed, A. Andres, P. Bednarczyk, G. Gazdowicz, K. Herweg, R. Hetzel, A. Konefał, P. Kulesa, A. Magiera, K. Rusiecka, D. Stachura, A. Stahl i M. Ziębliński. „Prompt-gamma emission in GEANT4 revisited and confronted with experiment”. W: *Physica Medica* 88 (2021), s. 250–261. DOI: [10.1016/j.ejmp.2021.07.018](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.018). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1120179721002623>.
- [A111] Aleksandra **Wrońska** i Denis Dauvergne. „Range verification by means of prompt-gamma detection in particle therapy”. W: *Radiation Detection Systems, vol. 2*. Red. Krzysztof Iniewski i Jan Iwańczyk. Devices, Circuits, and Systems. CRC Press/Routledge, 2021. DOI: [10.1201/9781003218364-6](https://doi.org/10.1201/9781003218364-6).
- [A112] Arshiya Anees Ahmed, Aleksandra **Wrońska**, Andrzej Magiera, Ryszard Misiak, Mirosław Bartyzel, Jerzy W. Mietelski i Bogdan Wąs. „Study of ^{99}Mo and long-lived impurities produced through (p, x) reactions in the $^{\text{nat}}\text{Mo}$ ”. W: *Radiation Physics and Chemistry* 190 (2022), s. 109774. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2021.109774](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109774).
- [A113] F. Davì i in. „Technical design report for the \bar{P} ANDA endcap disc DIRC*”. W: *Journal of Physics G, Nuclear and Particle Physics* 49 (2022), s. 120501. DOI: [10.1088/1361-6471/abb6c1](https://doi.org/10.1088/1361-6471/abb6c1).

B Aleksandra Wrońska - Lista redagowanych wydawnictw

- [B1] C. Johnstone, M. Berz, P. Snopok, V. M. Mostepanenko, M. Novello, A. **Wrońska**, S. Kistryn, H. Machner i C. Guaraldo, red. *International Journal of Modern Physics A, Particles and Fields, Gravitation, Cosmology, Proceedings of the MESON2010 conference*. 2011. URL: <http://www.worldscientific.com/loi/ijmpa>.
- [B2] A. **Wrońska**, R. Skibiński, C. Guaraldo, S. Kistryn i H. Ströher, red. *EPJ Web of Conferences, Proceedings of the MESON2012 conference*. 2012. URL: <https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2012/19/contents/contents.html>.
- [B3] A. **Wrońska**, C. Guaraldo, A. Magiera i H. Ströher, red. *EPJ Web of Conferences, Proceedings of the MESON2014 conference*. 2014. URL: <https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2014/18/contents/contents.html>.
- [B4] A. **Wrońska**, A. Magiera, C. Guaraldo i H. Ströher, red. *EPJ Web of Conferences, Proceedings of the MESON2016 conference*. 2016. URL: <https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2016/25/contents/contents.html>.
- [B5] A. **Wrońska**, A. Magiera i W. Przygoda, red. *EPJ Web of Conferences, Proceedings of the MESON2018 conference*. 2018. URL: <https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2019/04/contents/contents.html>.
- [B6] P. Magalhaes Martins, E. Draeger i A. **Wrońska**, red. *Frontiers in Physics, Research Topic: Prompt-gamma Imaging in Particle Therapy*. 2023. URL: <https://www.frontiersin.org/research-topics/51392/prompt-gamma-imaging-in-particle-therapy>.