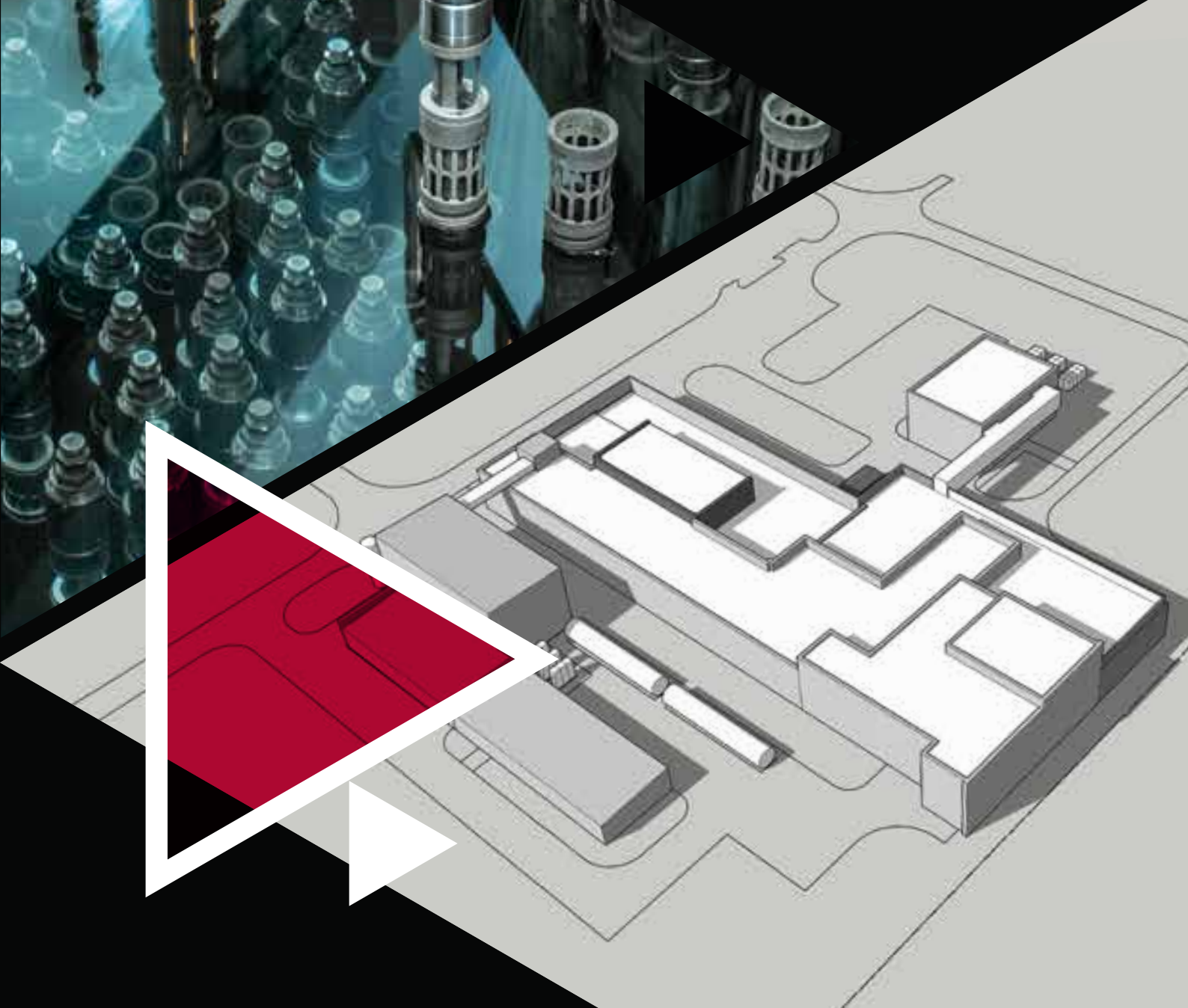
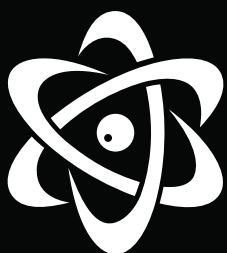




NCBJ Highlights

2019
2020

Polska jednostka naukowa kategorii A+



NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
ŚWIERK



INFORMACJE PODSTAWOWE

NCBJ od 2011 r. (IBJ od 1955 r.)

INFORMACJE PODSTAWOWE

Narodowe Centrum Badań Jądrowych jest polskim instytutem badawczym nadzorowanym przez Ministra Klimatu i Środowiska. Działalność statutową NCBJ finansuje Ministerstwo Edukacji i Nauki.

Adres pocztowy:

Narodowe Centrum
Badań Jądrowych
ul. Andrzeja Sołtana 7
05-400 Otwock, Świerk
Poland

**Siedziba
w Warszawie:**

Pasteura 7
02-093 Warszawa

**Waszawska
siedziba IDEA:**

Wołodyjowskiego 83
02-724 Warszawa

Siedziba w Łodzi:

ul. 28 Płk. Strzelców Kaniowskich 69
90-558 Łódź

Sekretariat główny

tel: +48 22 27 31 001
fax: +48 22 77 93 481
e-mail: ncbj@ncbj.gov.pl

Rzecznik

tel: +48 512 583 695
e-mail: rzecznik@ncbj.gov.pl

Rzecznik ds. Energetyki Jądrowej

tel: +48 22 27 31 305
e-mail: andrzej.strupczewski@ncbj.gov.pl

Warszawa





Szanowni Państwo,

Lata 2019 i 2020 zapiszą się w historii NCBJ jako bardzo specyficzny okres.

Po dobrym, zwłaszcza dla Ośrodka Radioizotopów POLATOM roku 2019, który przyniósł bardzo dobry

wynik finansowy Instytutu, nastąpił „lockdown” spowodowany pandemią koronawirusa COVID-19. Aby utrzymać ciągłą działalność Instytutu, zapewnić bezpieczną pracę reaktora i instalacji jądrowych, ograniczyć do minimum ryzyko zakażeń, należało wprowadzić nowe rozwiązania zarówno w zakresie organizacji pracy, jak i komunikacji. Dzięki zaangażowaniu wszystkich pracowników udało się utrzymać prawie normalną pracę Instytutu, za co chciałbym wszystkim bardzo podziękować.

Ograniczenia pandemiczne istotnie dotknęły działalność komercyjną NCBJ w 2020 roku, głównie poprzez uzemieenie transportu lotniczego. Spowodowało to spadek eksportu radiofarmaceutyków i w rezultacie gorszy niż w 2019, ale ciągle dobry, biorąc pod uwagę okoliczności, wynik finansowy Instytutu w roku 2020.

Mimo pandemii nie spadła dynamika rozwoju NCBJ. W latach 2019-2020 NCBJ realizował zgodnie z harmonogramem trzy wielkie projekty infrastrukturalne: POLFEL – Polski Laser na Swobodnych Elektronach, CERAD – Centrum Projektowania i Syntezy Radiofarmaceutyków ukierunkowanych molekularnie oraz CENTRIX – Laboratorium Radiografii Przemysłowej.

W ramach prestiżowego grantu europejskiego TEAMING i grantu FNP utworzone zostało Centrum Doskonałości Nowych Materiałów NOMATEN jako wyodrębniony departament w NCBJ.

Ograniczenia wyjazdów i konieczność zastosowania w wielu przypadkach pracy zdalnej nie spowodowała spadku liczby ani jakości publikacji naukowych. Dynamicznie rozwijała się w NCBJ kadra naukowa. W latach 2019-2021 13 osób uzyskało

tytuł doktora, 14 osób tytuł doktora habilitowanego a 4 osoby otrzymały z rąk Prezydenta RP tytuł profesora. Cieszy również wzrost liczby realizowanych projektów (114 w 2019 i 121 w 2020 roku).

W latach 2019-2020 Instytut realizował projekt GOSPOSTRATEG, w ramach którego trwały prace przygotowawcze w zakresie technologii reaktorów wysokotemperaturowych chłodzonych gazem (HTGR, High Temperature Gas Reactor). Nowa umowa na realizację prac projektowych HTGR dla demonstratora tej technologii – małego reaktora HTGR w Świerku, została podpisana w maju 2021 roku pomiędzy MEiN i NCBJ. Projekt o wartości 60 mln zł będzie realizowany we współpracy z Japonią. Otwiera to możliwość zbudowania nowego reaktora najnowszej, IV generacji w NCBJ w najbliższych latach i znakomicie poszerza zakres kompetencji NCBJ w dziedzinie fizyki i projektowania reaktorów jądrowych. Pozwoli też na wyposażenie laboratoriów materiałowych niezbędnych do badań elementów technologii jądrowych, w tym wspierających Polski Program Energetyki Jądrowej.

NCBJ został doceniony w 2021 roku za swoją działalność w latach 2018-2020 dwiema nagrodami Kryształowej Brukselki za udział w projektach europejskich a miesięcznik „Forbes” przyznał Instytutowi „Diamant Forbesa” – wyróżnienie dla przedsiębiorstw najszybciej zwiększających swoją wartość w ciągu ostatnich 3 lat.

Pandemia nadal trwa i pewne rozwiązania organizacyjne i komunikacyjne, zwłaszcza w dziedzinie IT, zostaną z nami na dłużej, jeżeli nie na zawsze. Po doświadczeniach 2020 i 2021 roku jestem pewien, że NCBJ mimo pandemii nadal będzie się dynamicznie rozwijał w najbliższych latach i utrzyma najwyższy poziom badań podstawowych i stosowanych oraz kompetencje w dziedzinie bardzo wymagających technologii jądrowych.

Krzysztof Kurek

Dyrektor NCBJ



SPIS TREŚCI

	INFORMACJE PODSTAWOWE	2
	SŁOWO WSTĘPNE DYREKTORA NCBJ.....	3
	SPIS TREŚCI	5
	NAGRODY I WYRÓŻNIENIA.....	6
	Projekt NOMATEN doceniony	6
	Wysoka pozycja w rankingu Nature Index.....	7
	Ranking Top 2%	7
	Ósme miejsce w Polsce wśród Uniwersytetów w rankingu CWUR	7
	Diamenty Forbesa	7
	Kryształowe Brukselki dla NCBJ i dr. Jacka Gajewskiego.....	8
	Medale Stulecia dla profesorów Wrochny i Strupczewskiego.....	8
	Prof. Renata Mikołajczak przewodniczącą grupy roboczej Komisji Farmakopei Europejskiej.....	9
	Dr inż. Karol Wawrzyniak w składzie zespołu ds. OZE	9
	FIZYKA JĄDER ATOMOWYCH	10
	Jeszcze cięższe pierwiastki	10
	Przewidywania dla ponad tysiąca najcięższych jąder	11
	Nowy opis procesu rozszczepienia ciężkich jąder nieparzystych.....	11
	ASTROFIZYKA, BADANIA KOSMOSU, KOSMOLOGIA.....	12
	Pierwsze spójne badanie zderzeń galaktyk w rzeczywistych i symulowanych wszechświatach.....	12
	Teleskop Einsteina – nowa generacja detektorów fal grawitacyjnych	13
	Nowe wyniki LIGO i Virgo	13
	Silne systemy soczewkowania jako sondy kosmologiczne	14
	Nowe sondy kosmicznej krzywizny	14
	Narzędzie do pomiaru prędkości światła	15
	POLAR: zagadkowa polaryzacja kosmicznych błysków gamma	15
	Mini-EUSO leci w kosmos: Ziemia jako wielki detektor	15
	Ewolucja gromad galaktyk	16
	Kształt halo ciemnej materii.....	16
	Ciemna materia jeszcze bardziej nieuchwytna	17
	FIZYKA CZĄSTEK ELEMENTARNYCH.....	18
	T2K: różnica między materią i antymaterią	18
	CMS i Atlas: prawdopodobne obserwacje rozpadów Higgsa na miony	18
	FASER – nowy eksperyment przy LHC.....	19
	Plazma kwarkowo-gluonowa i atraktor hydrodynamiczny	19
	TECHNOLOGIE IT	20
	Ultraszybkie połączenie z XFEL	20
	Symulacja cyberataku w ramach szkoleń Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Sieci i Informacji.....	20
	Zagadka sygnałowa w J-PET	21
	DETEKTORY	22
	Scyntylatory i fotopowielacze krzemowe do zastosowań w fizyce wysokich energii	22
	MCORD – detektor promieniowania kosmicznego dla akceleratora NICA	23
	NOWE MATERIAŁY	24
	NOMATEN	24
	Nowe możliwości Laboratorium Badań Materiałowych (LBM)	26
	SIECI ENERGETYCZNE I HTR	28
	Projekt OneNet: jednolita infrastruktura sieci energetycznej dla Europy	28
	System Zefir do planowania transformacji energetycznej	28
	Chronos: optymalne wykorzystanie energii	29
	Wpływ aktywności Słońca na awarie energetycznych linii przesyłowych	29



	REAKTORY	30
	Kolejna faza prac projektowych reaktora badawczego HTGR.....	30
	Gospostrateg GoHTR	30
	Gemini+: rekomendacje koncepcji reaktora wysokotemperaturowego	31
	Online Hot Reactors Summer School	31
	Niezwykle precyzyjne obliczenia struktury poziomów energetycznych wolframu	32
	Bezpieczna praca reaktora Maria.....	32
	Mikrosfery z MARIII dla chorych na raka wątroby	33
	Badanie przepływów chłodziwa	33
	DLA MEDYCYN I NAUKI: POLATOM	34
	Oferta OR POLATOM	34
	CERAD	35
	Międzynarodowe porównanie pomiarów aktywności roztworu promieniotwórczego ^{55}Fe	35
	16 milionów PLN na badanie terapii tandemowej	36
	Multisom – Wielowariantowe formułacje peptydu DOTA-TATE.....	36
	Skuteczniejsze metody diagnostyki NEN dzięki znacznikom TECANT.....	37
	Nov-GenTech – produkcja $^{99\text{m}}\text{Tc}$ za pomocą akceleratora.....	37
	POLSKI LASER NA SWOBODNYCH ELEKTRONACH: POLFEL	38
	PolFEL – postępy projektu	38
	Nadprzewodząca fotokatoda.....	39
	Undulatory PolFEL.....	39
	Nowe laboratorium laserowe	39
	AKCELERATORY	40
	Polski akcelerator na granicy UE	40
	Projekt CentriX – nowa jakość w radiografii przemysłowej.....	41
	GRANTY I PROJEKTY REALIZOWANE W NCBJ	42
	Niektóre ostatnio uzyskane granty badawcze	42
	100% naszych projektów na Polskiej Mapie Infrastruktury Badawczej.....	45
	POPULARYZACJA	46
	Pikniki i festiwale	46
	Wykłady popularne.....	46
	Fizyczne ścieżki 2019 i 2020.....	47
	Popularyzacja online.....	47
	ROZWÓJ KADRY	48
	Nowi profesorowie.....	48
	Kształcenie doktorantów w NCBJ	50
	Akceleratorowa metoda produkcji ^{99}Mo . Pierwszy staż zagraniczny RadFarm	51
	Diamantowy Grant dla studenta FUW na badania w NCBJ	51
	Strategia HR – „HR Excellence in Research”.....	52
	Program Future Leaders	52
	Struktura zatrudnienia	53
	NOWE MIEJSCA, NOWE JEDNOSTKI	54
	Hoża to już historia.....	54
	Zakład Inżynierii Oprogramowania	54
	Schemat organizacyjny	55
	CERTYFIKATY I AKREDYTACJA	56
	INFORMACJE OGÓLNE I STATYSTYCZNE	57
	WSPÓŁPRACE BADAWCZE	59



Projekt NOMATEN doceniony

23 kwietnia 2019 r. premier Mateusz Morawiecki i wicepremier Jarosław Gowin odwiedzili Świerk. Na zakończenie wizyty odbyła się wspólna konferencja prasowa z udziałem dyrektora NCBJ profesora Krzysztofa Kurka. Tematem konferencji było przyznanie polskim wnioskodawcom 3 z 13 grantów Unii Europejskiej w konkursie Teaming for Excellence na utworzenie Centrów Doskonałości. Nasz projekt NOMATEN był jednym z nich.

Projekt NOMATEN ma na celu stworzenie silnego centrum naukowego, które korzystając z unikatowej jądrowej struktury badawczej i doświadczenia naukowców z Polski i innych krajów europejskich będzie prowadzić badania i przygotowywać produkcję najwyższej klasy innowacyjnych materiałów przydatnych do pracy w ekstremalnie trudnych warunkach w przemyśle i odpowiadających najwyższym standardom medycznym.

Projekt przygotowało międzynarodowe konsorcjum w składzie: Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA, Francja); Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy (VTT, Finlandia). Partnerzy otrzymali wsparcie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Badacze zmagają się przede wszystkim z wyzwaniami jakie dla materiałów stanowią takie czynniki jak wysokie temperatury, wysokie ciśnienia, promieniowanie (zwłaszcza neutronowe), korozja, intensywne ścieranie itp. Część z tych czynników jest wspólna dla różnych obszarów zastosowań takich jak przemysł jądrowy czy przemysł chemiczny, a część jest specyficzna, występująca obecnie tylko w przy-

padku nielicznych zastosowań. Jednak wiele przykładów dowodzi, że stworzenie nowatorskich materiałów potrzebnych dla jednego celu lub nawet dla potrzeb unikalnych badań naukowych, prowadzi do opracowania rozwiązań przydatnych do innych, nieprzewidywanych początkowo celów. Szczególne miejsce w programie badawczym Centrum będą miały nowe materiały tworzone z myślą o zastosowaniach w medycynie w tym w radiofarmacji.

Realizacja projektu we współpracy z najlepszymi i doświadczonymi ośrodkami badawczymi w Europie (VTT, CEA) otworzy nowe możliwości dla młodych pracowników naukowych zapewniając im odpowiednie warunki rozwoju w prężnie rozwijających się dziedzinach. W konsekwencji wrośnie prestiż i potencjał badawczy NCBJ zaznaczając jego pozycję silnego ośrodka badawczego o znaczeniu europejskim i światowym.

Centrum Doskonałości NOMATEN rozpoczęło swoją działalność jesienią 2018 r. jako projekt Międzynarodowej Agendy Badawczej, która uzyskała wsparcie ze środków Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Już w pierwszych miesiącach działalności naukowcy włączyli się w dwa istotne projekty badawcze. GO-HTR to projekt finansowany przez NCBiR i poświęcony technologii reaktorów wysokotemperaturowych w ramach programu Gospostrateg. Drugi to projekt w ramach współpracy Polski i Republiki Południowej Afryki. Ma on nazwę INLAS i zmierza do opracowania lepszych i czystszych technologii spalania węgla.

Więcej o procesie tworzenia Centrum NOMATEN można przeczytać na stronach 24-25.





Wysoka pozycja w rankingu Nature Index

NCBJ sklasyfikowano na trzecim miejscu w Polsce (po PAN liczonym w całości i po UW) w rankingu Nature Index za okres 1 kwietnia 2019 r. – 31 marca 2020 r. Ranking tworzony jest na podstawie publikacji ogłoszonych w badanym okresie: punkt jest przypisany, jeśli jeden lub więcej autorów artykułu badawczego pochodzi z danej instytucji. W obliczeniach brane są pod uwagę najbardziej wpływowe czasopisma naukowe.

Stanisław Mrówczyński, Leszek Roszkowski, Grzegorz Wilk. Na liście znalazł się też nieżyjący już prof. Adam Sobiczewski. W rankingu Top 2% stosowana jest dość złożona metodologia uwzględniająca liczbę cytowań i indeks Hirscha, łącznie 6 wskaźników. Szczególnie premiowana jest zróżnicowana tematycznie działalność naukowa, w różnych zespołach badawczych.

Ranking Top 2%

Uniwersytet Stanforda wraz z wydawnictwem Elsevier i firmą SciTech Strategies opracował ranking dwóch procent najlepszych badaczy na świecie, liczący 159 684 nazwiska, w tym 726 z polskich instytucji naukowych. Z przyjemnością donosimy, że w tym gronie znalazło się 7 zatrudnionych w NCBJ profesorów; Andrzej Deloff, Jerzy Kowalski-Glikman, Andrzej Królik, Marek Moszyński,

Stanisław Mrówczyński, Leszek Roszkowski, Grzegorz Wilk. Na liście znalazł się też nieżyjący już prof. Adam Sobiczewski. W rankingu Top 2% stosowana jest dość złożona metodologia uwzględniająca liczbę cytowań i indeks Hirscha, łącznie 6 wskaźników. Szczególnie premiowana jest zróżnicowana tematycznie działalność naukowa, w różnych zespołach badawczych.

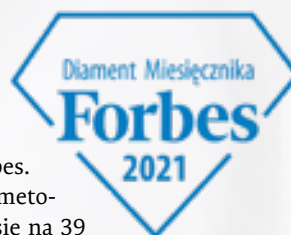
Ósme miejsce w Polsce wśród Uniwersytetów w rankingu CWUR

Narodowe Centrum Badań Jądrowych plasuje się w czołowych 4,5% z 19 788 uniwersytetów na całym świecie zgodnie z edycją „Global 2000 List by the Center for World University Rankings”, która została opublikowana na cwur.org. Rankingi są przygotowane z myślą o uniwersytetach. Dlatego aż 60% składników oceny dotyczy jakości edukacji, budowania karier absolwentów i jakości kadry akademickiej. Jedynie 40% punktów przyznawane jest za osiągnięcia badawcze. NCBJ, w którym prowadzone są jedynie studia trzeciego stopnia, swoją wysoką pozycję w rankingu zawdzięcza przede wszystkim znaczącym wynikom naukowym.

ści edukacji, budowania karier absolwentów i jakości kadry akademickiej. Jedynie 40% punktów przyznawane jest za osiągnięcia badawcze. NCBJ, w którym prowadzone są jedynie studia trzeciego stopnia, swoją wysoką pozycję w rankingu zawdzięcza przede wszystkim znaczącym wynikom naukowym.

Diamenty Forbesa

Narodowe Centrum Badań Jądrowych znalazło się w gronie podmiotów gospodarczych wyróżnionych Diamentami Forbesa 2021. Zestawienie najdynamiczniej rozwijających się firm w latach 2015-2019 przygotowali eksperci Bisnode Polska na zlecenie miesięcznika gospodarczego Forbes. Analitycy wycenili przedsiębiorstwa, stosując metodę szwajcarską, łączącą metodę majątkową i dochodową. NCBJ z dynamiką wzrostu ok. 25%, znalazło się na 39 miejscu listy na Mazowszu.





NAGRODY I WYRÓŻNIENIA



Kryształowe Brukselki dla NCBJ i dr Jacka Gajewskiego

Nagroda Kryształowa Brukselka jest przyznawana przez jury powołane przez Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych Unii Europejskiej za sukcesy w programach ramowych badań i innowacji Unii Europejskiej. 18 grudnia 2020 roku na zdalnie zorganizowanej Gali NCBJ odebrał nagrodę w kategorii „nauka – instytut badawczy”, a dr Jacek Gajewski nagrodę indywidualną. NCBJ jest jednym z trzech liderów instytucji naukowych, jeśli chodzi o skuteczność pozyskiwania grantów z programu Horyzont 2020. Dr Jacek Gajewski jest pełnomocnikiem Dyrektora NCBJ i koordynatorem projektów

międzynarodowych. To niezwykle wyróżnienie, gdyż w gronie laureatów znalazł się menadżer nauki. Dyrektor Krajowego Punktu Kontaktowego programów badawczych UE, dr inż. Zygmunt Krasieński tak skomentował ten fakt: „Rola menadżerów nauki, rola brokerów technologii, jest ogromnie ważna na tym rynku badań innowacji, na tym światowym rynku. Dlatego mam ogromną satysfakcję, że w tegorocznym konkursie zwycięzcami nagrody indywidualnej są zarówno lider naukowy światowej klasy jak i menadżer nauki. To jest znak czasu i te zawody powinny ze sobą ściśle współpracować”

Medale Stulecia dla profesorów Wrochny i Strupczewskiego

17 kwietnia 2019 r. Minister Krzysztof Tchórzewski wręczył Medale Stulecia Niepodległości profesorom Andrzejowi Strupczewskiemu i Grzegorzowi Wrochny. Zostały one wręczone wyróżnionym naukowcom przez premiera Mateusza Morawieckiego. Profesor Andrzej Strupczewski jest wybitnym ekspertem w dziedzinie energetyki jądrowej i bezpieczeństwa jądrowego. Profesor Grzegorz Wrochna jest specjalistą w dziedzinie detektorów promieniowania, a także badania kosmosu z wykorzystaniem metod wypracowanych w obszarze fizyki wysokich energii. Profesor Wrochna był pierwszym dyrektorem NCBJ, a także współautorem koncepcji powołania naszego instytutu w wyniku połączenia Instytutu Problemów Jądrowych i Instytutu Energii Atomowej.





Prof. Renata Mikołajczak przewodniczącą grupy roboczej Komisji Farmakopei Europejskiej

Farmakopea Europejska jest zwartym dokumentem referencyjnym dotyczącym kontroli jakości leków. Zawarte w nim oficjalne standardy stanowią naukową i prawną podstawę kontroli jakości podczas całego cyklu życia produktu. Normy te są prawnie wiążące – zgodnie z Konwencją Rady Europy o opracowaniu Farmakopei Europejskiej oraz unijnym i krajowym ustawodawstwem farmaceutycznym. Standardy jakości Farmakopei Europejskiej stają się obowiązujące w tym samym dniu we wszystkich Państwach-Stro- nach konwencji.

Komisja Farmakopei Europejskiej (EDQM, Strasburg) jest organem decyzyjnym Farmakopei Europejskiej i odpowiada za opracowanie i utrzymanie jej treści. Komisja de-

cyduje o przyjęciu tekstów, które zostaną opublikowane w Farmakopei i podejmuje decyzje techniczne w drodze konsensusu. W pracach Komisji Farmakopei Europejskiej i jej grup eksperckich/roboczych bierze udział 25 przedstawicieli Polski.

Pani dr hab. inż. Renata Mikołajczak jest profesorem NCBJ, Pełnomocnikiem Dyrektora OR POLATOM ds. Naukowych oraz Współpracy Krajowej i Międzynarodowej. W Komitecie Farmakopei Europejskiej pokieruje grupą roboczą zajmującą się opracowywaniem monografii dla prekursorów radiofarmaceutyków, Precursors for Radiopharmaceutical Preparations (PRP Working Party). Swoją funkcję objęła po rekomendacji Urzędu Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, zgodzie Ministerstwa Zdrowia i formalnym zatwierdzeniu na 166 sesji Komisji Farmakopei Europejskiej. Jest pierwszą osobą z Polski, której Komisja powierzyła tak odpowiedzialne zadanie.



Dr inż. Karol Wawrzyniak w składzie zespołu ds. OZE

W dniu 2 kwietnia 2020 r. minister klimatu Michał Kurtyka powołał Zespół do spraw Rozwoju Przemysłu Odnawialnych Źródeł Energii i Korzyści dla Polskiej Gospodarki jako organ opiniodawczo-doradczy ministra właściwego do spraw klimatu oraz energii.

Do głównych zadań Zespołu należeć będzie wypracowanie rekomendacji w zakresie kierunków rozwoju polskiego przemysłu odnawialnych źródeł energii (OZE), maksymalizacji korzyści dla polskiej gospodarki na drodze do neutralności klimatycznej oraz zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego państwa.

Ustanowiono sześć obszarów tematycznych: Czyste ciepło, Eko-transport, Lokalny wymiar energii, Gospodarka wodorowa, Sprawiedliwa Transformacja, Wielkoskalowe zeroemisyjne źródła energii.

Dr inż. Karol Wawrzyniak z Interdyscyplinarnego Zakładu Analiz Energetycznych, NCBJ, został osobą odpowiedzialną za obszar lokalnego wymiaru energii.

Jedną z innowacyjnych technologii wykorzystywaną w pracach zespołu stanowi system Zefir autorstwa Interdyscyplinarnego Zakładu Analiz Energetycznych, NCBJ.



Jeszcze cięższe pierwiastki

5 grudnia 2019 r. w Tokio odbyła się uroczystość zakończenia Międzynarodowego Roku Układu Okresowego Pierwiastków Chemicznych ustanowionego przez UNESCO w stu pięćdziesiątą rocznicę opublikowania pierwszej wersji tablicy pierwiastków przez Dmitrija Mendelejewa. Uroczystość została poprzedzona czterodniową międzynarodową konferencją Super Heavy Elements (SHE2019) z udziałem kilkudziesięciu najlepszych na świecie naukowców zajmujących się badaniami nad najcięższymi pierwiastkami. Wśród zaproszonych znalazł się profesor Michał Kowal, współtwórca obiecujących przewidywań teoretycznych możliwości wytworzenia nowych superciężkich nuklidów w warunkach laboratoryjnych.

Naukowcy z Wydziału Fizyki UW oraz z NCBJ wskazują na możliwość wytworzenia w laboratoriach w niedługim czasie dwóch nowych pierwiastków superciężkich oraz kilku nowych izotopów pierwiastków już odkrytych. Autorzy uwzględnili kilka możliwych kanałów rozpadu nowotworzonych jąder. Nowością było włączenie nieuwzględnionych wcześniej w modelu możliwości emisji protonu lub nawet cząstki alfa. Prawdopodobieństwo emisji cząstki naładowanej jest mniejsze od prawdopodobieństwa dwóch konkurencyjnych procesów emisji neutronu lub rozszczepienia. Okazało się jednak, że wyznaczone wartości przekrojów czynnych dla tych nowych kanałów rozpadu wskazują na możliwość ich obserwacji w nowo budowanych zderzaczach.

Zauważono też, że bardzo istotne jest prawidłowe uwzględnienie zależności wyznaczonych przekrojów czynnych od momentu pędu układu. Włączenie tej zależności do opisu każdego etapu produkcji nowych jąder pozwoliło uwiarygodnić otrzymywane dane poprzez porównanie ich z przypadkami, kiedy możliwe jest przeanalizowanie modelu z danymi doświadczalnymi.

Naukowcy przewidują m.in., że istnieje pewna

wcale nieznikoma szansa wytworzenia w nowych eksperymentach dwóch nowych pierwiastków o $Z=119$ i $Z=120$ (reakcje na tarczy ^{249}Bk (berkel) z użyciem pocisku ^{50}Ti (tytan) oraz na tarczy ^{248}Cm (kiur) z wanadem (^{51}V) jako pociskiem).

Obliczenia wykonane we współpracy z grupą uczonych z Dubnej (Rosja) pozwalają przewidywać z niedostępną dotąd dokładnością szanse wytworzenia nowych izotopów pierwiastków superciężkich. Opublikowano najbardziej obiecujące kanały produkcji szerokiej gamy izotopów o liczbie atomowej od 112 do 118 w różnych konfiguracjach zderzeń jądrowych prowadzących do ich powstania. Obliczenia zostały przeprowadzone dla procesów fuzji indukowanej pociskami jądrowymi wapnia Ca-48 zgodnie z planami przyszłych eksperymentów. Polscy naukowcy dostarczyli wyniki swoich rachunków uwzględniających do tej pory niebrane pod uwagę efekty, a mające ogromny wpływ na dokładność ostatecznie otrzymywanych wyników. Uwzględniono efekty kwantowe w procesie rozszczepienia konfiguracji jądrowej i opracowano metodę ich tłumienia wraz ze wzrostem temperatury tworzącego się superciężkiego układu jądrowego. Takie obliczenia nie były dotąd prezentowane nigdzie w literaturze.

Wyniki bardzo dobrze zgadzają się z danymi uzyskanymi w przeprowadzonych już eksperymentach. Jednocześnie autorzy wskazują na najbardziej obiecujące kanały produkcji nowych, nie wytwarzanych dotąd izotopów, które mogłyby być wykorzystane w przyszłych planowanych eksperymentach. Rewelacyjna zgodność z istniejącymi funkcjami wzbudzenia (prawdopodobieństwami syntezy jąder superciężkich) pozwala mieć zaufanie do zaprezentowanych prognoz i przewidywań. Szczególnie obiecujące dla niektórych kombinacji tarcza-pocisk okazują się być kanały z emisją jednego protonu lub jednej cząstki alfa. Ten wynik jest intrygujący, gdyż może prowadzić do zupełnie nowych, nieznanych dziś izotopów jąder superciężkich.



Przewidywania dla ponad tysiąca najcięższych jąder

Fizycy teoretycy z Narodowego Centrum Badań Jądrowych i Uniwersytetu Zielonogórskiego wyznaczyli i podali niezwykle istotne parametry ponad 1305 jąder, w tym jąder pierwiastków superciężkich, które do tej pory nie zostały wytworzone w laboratoriach. Badane jądra znajdują się w zakresie liczby atomowej Z od 98 do 126 (a więc obejmują także izotopy pierwiastków jeszcze nie odkrytych) i liczby neutronów N od 134 do 192.

Do obliczeń wykorzystano wielowymiarowy mikroskopowo-makroskopowy model pozwalający wyznaczyć energię wiązania jąder atomowych. Dla stanów podstawowych oraz tzw. punktów siodłowych wyznaczyliśmy takie parametry jak: masy jądrowe, energie makroskopowe, poprawki powłokowe i deformacje jądrowe – czyli kształty jakie przybierają jądra w stanie podstawowym jak i w punkcie siodłowym. Z nich wyprowadziliśmy

energii rozpadu alfa pomiędzy stanami podstawowymi, energie separacji jednego i dwóch nukleonów oraz statyczne, adiabatyczne wysokości barier rozszczepieniowych. W przypadku układów z nieparzystą liczbą protonów, neutronów lub obu, używano standardowej metody BCS z blokowaniem. Kształty i energie w stanie podstawowym udało się znaleźć poprzez minimalizację siedmiu odkształceń osiowo-symetrycznych. Poszukiwania punktów siodłowych przeprowadzono metodą tzw. „zatatapiania” w trzech kolejnych etapach, stosując wielowymiarowe przestrzenie deformacji. W celu obliczeń wykorzystano superkomputer w Centrum Informatycznym Świerk.

Autorom udało się stworzyć jeden z najbardziej kompletnych zestawów danych dostępnych „na rynku”, niezbędny do analiz przekrojów czynnych, czyli prawdopodobieństw wytwarzania jąder superciężkich w poszczególnych kanałach syntezy.

Nowy opis procesu rozszczepienia ciężkich jąder nieparzystych

Rozszczepienie spontaniczne to jeden z 3 głównych kanałów rozpadu nietrwałych jąder ciężkich i superciężkich, a jego szybkość (lub związany z nią czas życia) jest jedną z charakteryzujących je mierzalnych wielkości. Dotychczasowa metoda teoretyczna wyznaczania czasów życia zakłada, że zmiana kształtu jest powolna w skali wyznaczonej przez energie wzbudzeń jądrowych. To tzw. przybliżenie adiabatyczne, wiarygodne dla jąder z parzystymi liczbami zarówno protonów jak i neutronów, załamuje się dla jąder nieparzystych (tzn. 3/4 wszystkich jąder), których wzbudzenia mogą mieć energie dowolnie małe. Dane eksperymentalne świadczą

o tym, że tempo spontanicznego rozszczepienia jąder nieparzystych jest o 3-5 rzędów wielkości mniejsze niż w przypadku ich jąder parzysto-parzystych, co wyklucza poprawność przybliżenia adiabatycznego. Autorzy zaproponowali nowy sposób obliczeń czasów życia jąder parzysto-nieparzystych, wykorzystując ideę instantonowego podejścia do tunelowania kwantowego. Nowe podejście może być punktem wyjścia do ulepszeń, które doprowadzą do konsekwentnej metody obliczeń czasów życia dla spontanicznego rozszczepienia jąder nieparzystych oraz izomerów (tzn. metastabilnych, wzbudzonych stanów jąder, często o dużym momencie pędu).



Pierwsze spójne badanie zderzeń galaktyk w rzeczywistych i symulowanych wszechświatach

Po raz pierwszy udało się znaleźć zlewające się pary galaktyk przy użyciu identycznej metody zarówno w symulacjach, jak i obserwacjach prawdziwego Wszechświata, wykorzystując do tego sztuczną inteligencję. Zastosowano pionierską metodę identyfikacji zderzających się galaktyk. Wykorzystując obrazy z symulacji, zespół astrofizyków z udziałem naukowców z NCBJ był w stanie wskazać przypadki zderzeń, a następnie wytrenować sztuczną inteligencję (AI), aby była w stanie zidentyfikować galaktyki w trakcie takich zderzeń. Aby sztuczna inteligencja mogła spełnić swoje zadanie, obrazy symulowanych galaktyk przetworzono tak, żeby wyglądały, jakby były obserwowane

przez teleskop. AI przetestowano na innych obrazach z symulacji, a potem rozpoczęto analizę obrazów prawdziwego Wszechświata.

W badaniach sprawdzono, jak szanse na prawidłową identyfikację zderzającej się pary galaktyk zależą m.in. od masy galaktyk. Porównywano wyniki oparte na symulacjach i rzeczywistych danych. W przypadku mniejszych galaktyk AI poradziła sobie równie dobrze w przypadku obrazów symulowanych i rzeczywistych. W przypadku większych galaktyk pojawiły się rozbieżności, co pokazuje, że symulacje zderzeń masywnych galaktyk nie są wystarczająco realistyczne i wymagają dopracowania.

Fotografia: To zdjęcie pary oddziałujących galaktyk, zwanej Arp 273, zostało opublikowane z okazji 21. rocznicy wystrzelenia Kosmicznego Teleskopu Hubble'a NASA/ESA. Zniekształcony kształt większej

z dwóch galaktyk wykazuje oznaki interakcji pływowych z mniejszą z nich. Uważa się, że mniejsza galaktyka faktycznie przeszła przez większą. Źródło: NASA, ESA i zespół Hubble Heritage (STScI/AURA).



Teleskop Einsteina – nowa generacja detektorów fal grawitacyjnych

Fale grawitacyjne, czyli przemieszczające się z prędkością światła w próżni odkształcenie w czasoprzestrzeni pozwoli rozszerzyć wiedzę o Wszechświecie. Aby badania nad nimi były możliwe naukowcy z całego świata w tym z NCBJ chcą zbudować najnowszy dedykowany im teleskop. Teleskop Einsteina (ET) czyli pionierskie obserwatorium fal grawitacyjnych (GW) trzeciej generacji, umożliwi naukowcom wykrycie jakiegokolwiek koalescencji – tworzenia się – dwóch czarnych dziur o masach pośrednich w całym Wszechświecie. Pozwoli też rzucić nowe światło na ciemny wszechświat i wyjaśni rolę ciemnej ener-

gii i ciemnej materii w strukturze wszechświata. ET zbada również szczegółowo fizykę czarnych dziur, wykryje tysiące koalescencji gwiazd neutronowych, poprawiając nasze zrozumienie zachowania materii w tak ekstremalnych warunkach gęstości i ciśnienia, których nie można wytworzyć w żadnym laboratorium.

Konsorcjum krajów europejskich oraz instytucji badawczych i uniwersytetów w Europie złożyło oficjalnie propozycję realizacji takiej infrastruktury przy politycznym wsparciu pięciu krajów europejskich. NCBJ jest w gronie inicjatorów przedsięwzięcia.

Nowe wyniki LIGO i Virgo

Naukowcy NCBJ uczestniczą w pracach kolaboracji badawczych LIGO i Virgo poszukujących sygnałów fal grawitacyjnych generowanych przez gwałtowne zjawiska zachodzące w odległym Wszechświecie.

W sierpniu 2019 r. detektory LIGO-Virgo zarejestrowały fale grawitacyjne ze złania się nietypowego układu podwójnego zawierającego czarną dziurę i inny zwarty, dziewięciokrotnie lżejszy obiekt, który może być albo najlżejszą wykrytą czarną dziurą albo najcięższą zaobserwowaną gwiazdą neutronową. Sygnał GW190814 powstał w wyniku złania, spadania na siebie, dwóch masywnych obiektów tworzących układ podwójny. Cięższy składnik tego układu miał masę 23 mas Słońca. Jest to masa typowa dla populacji czarnych dziur obserwowanych w sygnałach zarejestrowanych przez detektory LIGO-Virgo. Lżejszy obiekt natomiast miał masę w zakresie między 2.5 a 3 mas Słońca. Tak duża asymetria masy układu pozwala na nowe, precyzyjne testy ogólnej teorii względności.

We wrześniu 2020 r. naukowcy ogłosili wykrycie fal grawitacyjnych z niezwykle masywnego układu dwóch czarnych dziur o masach 66 i 85 mas Słońca, które połączyły się tworząc czarną dziurę o masie około 142 mas Słońca. Utworzony w wyniku połączenia obiekt jest najbardziej masywną czarną dziurą,

jaką kiedykolwiek wykryto za pomocą fal grawitacyjnych. Znajduje się ona w zakresie mas, w którym nigdy wcześniej nie obserwowaliśmy czarnych dziur: ani za pomocą fal grawitacyjnych, ani obserwacji elektromagnetycznych. Powstała w wyniku koalescencji czarna dziura jest najbardziej masywną, jaką kiedykolwiek wykryto za pomocą fal grawitacyjnych. Jej odległość jasnościowa („głośnościowa”) do Ziemi jest szacowana na około 17 miliardów lat świetlnych. Sygnał fali grawitacyjnej, GW190521, został zarejestrowany 21 maja 2019 roku przez trzy detektory interferometryczne tworzące globalną sieć; detektor Virgo i dwa detektory LIGO.

W październiku 2020 r. kolaboracje zaprezentowały nowy katalog GWTC-2 obserwacji fal grawitacyjnych z okresu od kwietnia do października 2019 r. czyli pierwszej części kampanii obserwacyjnej O3 (O3a). Zbiór zawiera w sumie 39 zdarzeń.

Wśród ujętych w nowym katalogu zdarzeń znalazły się zjawiska spójne z trzema typami kolizji: dwóch czarnych dziur, dwóch gwiazd neutronowych i układów mieszanych złożonych z gwiazdy neutronowej i czarnej dziury. Dane udostępnione wszystkim zainteresowanym badaczom umożliwią prace nad nimi szerokiemu kręgowi naukowców, a także pasjonatom.





Silne systemy soczewkowania jako sondy kosmologiczne

Dzięki współpracy z Beijing Normal University astrofizycy z NCBJ opracowują zastosowania silnych systemów soczewkowania do testowania różnych aspektów kosmologii i fizyki podstawowej.

Silne soczewkowanie grawitacyjne jest konsekwencją zginania światła przez masywne obiekty, zgodnie z przewidywaniami ogólnej teorii względności. Odległe źródło światła znajdujące się dokładnie za masywnym obiektem, działającym jak soczewka, nie byłoby zasłonięte, ale widoczne jako świecący pierścień (zwany pierścieniem Einsteina) wokół soczewki. Podstawowymi wielkościami obserwowalnymi wykorzystywanymi w analizach opartych o zjawisko soczewkowania grawitacyjnego są pozycje i kształty obrazów, ich

jasność i opóźnienia czasowe między obrazami. W przypadku każdego obrazu sygnał świetlny emitowany przez źródło przemieszcza się po ścieżce o różnej długości i doświadcza różnych opóźnień grawitacyjnych zbliżających się lub oddalających od soczewki, co łączy się ze wspomnianymi wcześniej opóźnieniami czasowymi. Wszystkie te mierzalne wielkości niosą ze sobą unikalną, ale mocno spletaną informację o rozkładzie masy soczewki i wzajemnych odległościach w takim układzie optycznym. Z kolei odległości kosmologiczne zależą od modelu kosmologicznego. Autorzy argumentują, że silne systemy soczewkowania dają możliwość przetestowania różnych teoretycznych modeli Wszechświata, potwierdzając lub zaprzeczając dotychczasowej wiedzy o kosmosie.

Nowe sondy kosmicznej krzywizny

Dane z satelity Planck potwierdzają, że nasz Wszechświat jest przestrzennie płaski. Jednak wyłaniająca się struktura Wszechświata może zmodyfikować ten opis w bardziej lokalnych skalach. Lokalne krzywizny przestrzeni można wykryć mierząc wewnętrzne kąty w trójkącie. Nie jest możliwe wykonanie odpowiedniego pomiaru za pomocą galaktyk, ale silne systemy soczewkowania oferują ustawienie, w którym trójkąt jest zdegenerowany tzn. jeden wierzchołek – soczewka – leży po stronie łączącej źródło i obserwatora. Pytanie o kąty można przeformułować w kategoriach odległości: czy odległość do źródła jest równa sumie odległości do

soczewki i między soczewką a źródłem. Powinno to obowiązywać ściśle w przestrzeni płaskiej, podczas gdy w przypadku niepłaskim taka relacja dotyczy parametru krzywizny. Aby wyznaczyć odległość do źródła naukowcy zaproponowali oryginalne podejście polegające na dopasowaniu źródła przez przesunięcie ku czerwieni do próbki kwazara, skali-browane jako standardowe świece i wykorzystaniu zrekonstruowanej odległości jasności bez zakładania żadnego konkretnego modelu kosmologicznego. Zaproponowana metoda pozwoli w przyszłości określać krzywiznę kosmiczną z lokalnych sond z wysoką dokładnością.

Zdjęcie: ESO/T. Preibisch



Narzędzie do pomiaru prędkości światła

Naukowcy z NCBJ opracowali nową metodę pomiaru prędkości światła, która wykorzystując mocne soczewkowanie grawitacyjne może znacząco odmienić dotychczasową wiedzę o historii Wszechświata. Badania 118 próbek silnych soczewek grawitacyjnych dały wartość $c = (3,005 \pm 0,006) \times 105 \text{ km/s}$ – co potwierdziło znane wyniki laboratoryjne, ale z dwa rzędy wielkości lepszą dokładnością niż wcześniejsze, astronomiczne pomiary prędkości światła! Symulacje danych, które już niedługo będzie można uzyskać

za pomocą LSST, pozwolą wyznaczyć c , z dokładnością rzędu 10^{-4} . Co prawda dotychczasowe pomiary laboratoryjne mają dużo większą dokładność – rzędu 10^{-9} – jednak wykorzystanie odległych obiektów kosmologicznych do pomiaru prędkości światła jest samo w sobie interesujące, także w kontekście pojawiających się w literaturze egzotycznych idei teoretycznych, że prędkość światła przeszłości mogła mieć zupełnie inną wartość, a to z kolei może znacząco wpłynąć na badaną historię Wszechświata.

POLAR: zagadkowa polaryzacja kosmicznych błysków gamma

Detektor POLAR jest efektem współpracy pomiędzy Szwajcarią (Uniwersytet w Genewie i Paul Scherrer Institut), Polską (Narodowe Centrum Badań Jądrowych) i Chinami. Został uruchomiony we wrześniu 2016 r. na pokładzie chińskiego laboratorium kosmicznego Tiangong-2. W styczniu 2019 r. naukowcy opublikowali pierwsze wyniki naukowe w czasopiśmie Nature Astronomy.

Błyski gamma (GRB) są obserwowane jako bardzo krótkotrwałe sygnały rentgenowskie pochodzące ze źródeł, które znajdują się w kosmologicznych odległościach od Ziemi. POLAR to największy detektor prze-

znaczony do pomiaru polaryzacji kwantów gamma z GRB, wystarczająco duży i precyzyjny, aby wykonać pomiary wielu błysków i wiarygodnie określić polaryzację. POLAR zmierzył 55 GRB. Do określenia polaryzacji potrzeba tysięcy fotonów z GRB. Z pierwszych danych na temat polaryzacji pięciu błysków gamma wynika, że wyznaczony stopień polaryzacji fotonów w błyskach we wszystkich przypadkach jest bardzo mały. W przypadku najjaśniejszego błysku było możliwe zmierzenie polaryzacji oddzielnie w kolejnych chwilach czasu. Okazało się, że w każdym momencie pomiaru została stwierdzona wysoka polaryzacja, ale kierunek polaryzacji obracał się w czasie.

Mini-EUSO leci w kosmos: Ziemia jako wielki detektor

22.08.2019 r. z kosmodromu Bajkonur w Kazachstanie wystartowała rakieta Soyuz 2.1a wynosząca moduł Soyuz MS-14 w kierunku Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (MSK). Wśród ładunków na pokładzie znalazł się teleskop Mini-EUSO, czyli część projektu JEM-EUSO badającego wielkie pęki atmosferyczne cząstek i fotonów. W projekcie JEM-EUSO udział bierze 306 naukowców z 16 krajów. NCBJ reprezentuje sześciu naukowców z Łódzkiej Pracowni Fizyki Promieniowania Kosmicznego Zakładu Astrofizyki.

Wysłany na Międzynarodową Stację Kosmiczną de-

tektor pozwoli na utworzenie ultrafioletowej mapy atmosfery ziemskiej. Pozwoli zbadać dokładnie zmienność w czasie promieniowania ultrafioletowego atmosfery. Celem Mini-EUSO jest obserwacja fluorescencji wywołanej przez różne zjawiska atmosferyczne: przejściowe zdarzenia świetlne – TLE (Transient Luminous Events), fluorescencję powodowaną przez przejście przez atmosferę meteoroidów i meteoroidów, a także ślady smieci kosmicznych spalających się w atmosferze. Dodatkowo eksperyment pozwoli na poszukiwania kwarków dziwnej materii-SQM (Strange Quark Matter).





Ewolucja gromad galaktyk

Wszechświat ma bardzo bogatą strukturę przestrzenną. Współczesna kosmologia próbuje wyjaśnić ten obraz, w dużej mierze za pomocą ogólnej teorii względności, czyli teorii opisującej grawitację jako zakrzywienie czasoprzestrzeni. Problem, jaki się tu pojawia polega na tym, że ogólna teoria względności została dobrze zrozumiana i przetestowana na dystansie rzędu średnicy naszego Układu Słonecznego. Wszechświat jest niebotycznie większy, a więc siłą rzeczy stosując tę teorię do jego opisu wykorzystuje się gigantyczną ekstrapolację. Obecny, standardowy model kosmologiczny przyjął właśnie taką strategię: na uproszczony obraz Wszechświata na wielkich skalach poprzez ogólną teorię względności, nakładamy wszelkie mniejsze niejednorodności jak galaktyki czy gromady galaktyk.

Naukowcy z Polski, Francji, Australii i Nowej Zelandii przyjęli bardziej konserwatywne założenie – skupili się na w miarę dokładnym opisie małych struktur Wszechświata i dopiero z nich w rygorystyczny

matematycznie sposób planują odtworzyć jego globalny, wielkoskalowy obraz. W ramach tego szeroko zakrojonego projektu, w ciągu ostatnich dwóch lat udało się uzyskać interesujące wyniki. Analizując ewolucję gromad galaktyk, wysnuto wniosek, że przewidywania dotyczące tych największych gromad różnią się od oczekiwań na bazie modelu standardowego – według nowego modelu lepiej obserwować więcej bardziej masywnych gromad galaktyk, które stanowią wyzwanie dla modelu standardowego. Ponadto naukowcom udało się otrzymać w miarę dokładne oszacowania krzywizny gromad galaktyk na pewnym etapie ich ewolucji. Analogiczne obliczenia dotyczące pustek pozwolą na odtworzenie globalnej krzywizny Wszechświata na wielkich skalach. Te rozważania stanowią jeden z kluczowych aspektów w kontekście ciemnej materii i ciemnej energii, tajemniczych składników Wszechświata. Projekt będzie kontynuowany w najbliższych latach, również dzięki wsparciu z uzyskanych grantów.

Kształt halo ciemnej materii

Niewiele wiadomo o naturze ciemnej materii. Wiadomo, że jest jej we Wszechświecie ogromnie dużo i zdecydowanie dominuje nad materią widzialną. Aby oszacować masę halo konieczne jest założenie jego kształtu. Przez wiele lat zakładano, że w pierwszym przybliżeniu halo ciemnej materii mają kształt kuli (są sferycznie symetryczne). Założenie to stanowi oczywiste uproszczenie – wystarczające do badań prowadzonych na podstawie obserwacji stosunkowo niewielkiej liczby galaktyk, jednak w nowe, planowane przeglądy nieba będą wymagały zmiany tego podejścia. Większość halo ciemnej materii, zwłaszcza tych najbardziej masywnych, ma wydłużony kształt (podobny do jajka). Jest to spowodowane głównie naporem

masy ciemnej materii i/lub gazu wpływającego do halo. W związku z tym założenie o sferycznie symetrycznym kształcie halo jest nie tylko zbyt uproszczeniem, ale również znacząco wpływa na pomiary masy ciemnej materii w halo galaktyk – znacznie je przeszacowując. Naukowcy zaproponowali więc nowy model uwzględniający możliwe asymetrie kształtu halo. Model ten może być z powodzeniem zastosowany w nowych pracach opartych na planowanych wielkich przeglądach nieba, które przybliżają nas do rozwiązania kluczowych zagadnień m.in. pozwolą dokładniej badać zmiany, jakim podlegał Wszechświat od początku swojego istnienia oraz przybliżają odpowiedzi na pytania o naturę ciemnej materii.



Ciemna materia jeszcze bardziej nieuchwytna

Uczni spodziewają się, że Wszechświat – w tym także nasza Galaktyka – składa się w większości z nieznanego nam jeszcze ciemnej materii. Próbę wykrycia jej śladów podjął m.in. eksperyment neutrinowy Super-Kamiokande prowadzony z udziałem polskich naukowców.

Współczesne obserwacje i modele kosmologiczne sugerują, że tylko ok. 5% masy i energii zawartej we Wszechświecie to znana nam dotychczas materia (tzw. materia barionowa). Spodziewane jest, że pozostałe jego składniki występują zarówno w formie nieznanego rodzaju cząstek, tzw. ciemnej materii (27% bilansu), oraz energii wypełniającej przestrzeń – tzw. ciemnej energii (68%). Poznanie natury tych tajemniczych składników stanowi jedną z największych obecnie zagadek stojących przed fizyką i kosmologią.

W opublikowanych w 2020 r. badaniach poszukiwano dowodów istnienia cząstek ciemnej materii w naszej Galaktyce. Wykorzystano do tego znajdujący się w Japonii teleskop neutrinowy Super-Kamiokande. Teleskop ten jest zoptymalizowany do rejestracji oddziaływań neutrin produkowanych zarówno w znanych nam dotychczas źródłach jak np. Słońce czy atmosfera ziemska, jak i być może w źródłach jeszcze nieodkrytych. Naukowcy spodziewają się, że poszukiwane przez nas cząstki

ciemnej materii powinny odpowiadać za minimum 90% masy zawartej w galaktykach takich jak nasza, oraz że mogą one ze sobą anihilować, produkując w wyniku tego procesu znane nam cząstki z tzw. Modelu Standardowego, w tym neutrina. Przy pomocy zaawansowanych symulacji komputerowych stworzono szereg przewidywań jakie byłyby rozkłady energii oraz kierunku przylotu neutrin wyprodukowanych w wyniku anihilacji ciemnej materii w centrum oraz w halo Drogi Mlecznej widziane w naszym teleskopie. Następnie, wykorzystując metody statystyczne, sprawdzono czy rejestrowane przez Super-Kamiokande od 1996 roku oddziaływania neutrin zawierają jakiś wkład od neutrin z anihilacji ciemnej materii, biorąc pod uwagę wszystkie znane nam ich inne źródła. Nie zaobserwowano nadwyżki takiego potencjalnego sygnału ponad tło i dzięki temu wprowadzono ograniczenia na pewne własności cząstek ciemnej materii. Dla szerokiego zakresu ich spodziewanych mas są to w tej chwili najsilniejsze ograniczenia pochodzące z obserwacji teleskopów neutrinowych.

Doświadczenie zdobyte w dotychczasowych pracach pozwoliło na rozszerzenie tych studiów i wyznaczenie również przewidywań czułości na odkrycie cząstek ciemnej materii w obecnie powstających teleskopach neutrin nowej generacji takich jak Hyper-Kamiokande oraz KM3NeT.

Zdjęcie: 19-SDIM0108-inID-mid CREDIT Kamioka Observatory, ICRR (Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo



T2K: różnica między materią i antymaterią

Współpraca T2K, w której biorą udział naukowcy z NCBJ, używając wiązki neutron i antyneutron mionowych bada jak te cząstki i antycząstki zmieniają się, odpowiednio, w neutrona i antyneutrina elektronowe i poszukuje ewentualnych różnic świadczących o naruszeniu symetrii.

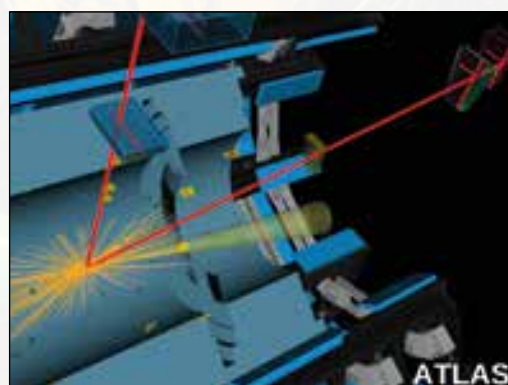
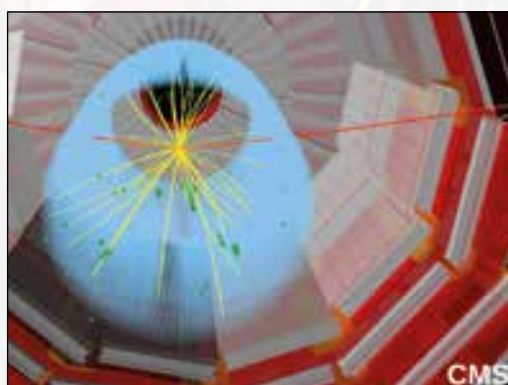
T2K opublikowało wyniki z analizy danych zebranych dla wiązki neutronowej i antyneutronowej odpowiadającej $1,49 \times 10^{21}$ i $1,64 \times 10^{21}$ protonów z akceleratora, zderzających się z tarczą. T2K zaobserwowało 90 przypadków – kandydatów na neutron elektronowe i 15 na antyneutrina elektronowe. Parametr opisujący łamanie symetrii materia/antymateria w oscylacjach neutron, zwany

ny fazą δ_{CP} , może przyjmować wartości w zakresie od -180° do 180° . Przy założeniu maksymalnego wzmocnienia dla neutron ($\delta_{CP} = -90^\circ$) spodziewano się 82 kandydatów na neutron elektronowe i 17 na antyneutrina elektronowe, natomiast przy maksymalnym wzmocnieniu dla antyneutrin ($\delta_{CP} = +90^\circ$): 56 neutron elektronowych i 22 antyneutrina elektronowe. Wyniki pasują najlepiej do wartości δ_{CP} bliskiej -90° . Używając tych danych T2K wykluczyło wartość parametru δ_{CP} w zakresie od -2° do 165° na poziomie ufności 3σ (99,7%). Wynik ten jest jak dotąd najsilniejszym ograniczeniem na δ_{CP} i w połączeniu z wcześniejszymi danymi sugeruje, że w oscylacjach neutron może być łamana symetria CP.

CMS i Atlas: prawdopodobne obserwacje rozpadów Higgsa na miony

Zespoły eksperymentów ATLAS i CMS ogłosiły wyniki, które zaświadcza, że bozon Higgsa rozpada się na dwa miony. Proces fizyczny rozpadu bozonu Higgsa na miony jest zjawiskiem rzadkim, ponieważ tylko jeden bozon Higgsa na około 5000 przypadków rozpada się na miony. Nowe, wyniki po raz pierwszy potwierdzają, że bozon Higgsa oddziałuje z mionami – cząstkami elementarnymi drugiej generacji. CMS uzyskał dowody istnienia tego rozpadu na poziomie 3 sigma, a ATLAS na poziomie dwóch sigma. Kombinacja obu wyników dostarcza mocnej przesłanki za istnieniem rozpadu bozonu Higgsa na parę mion-antymion.

Zespoły badawcze ATLAS i CMS oczekują, że przy większej ilości danych zarejestrowanych w kolejnym cyklu pracy LHC oraz po przejściu do działania LHC w modzie o wysokiej świetlności, osiągnięta zostanie czułość (5 sigma) potrzebna do ostatecznego uznania rozpadu bozonu Higgsa na dwa miony za odkryty i do ustanowienia ograniczeń na teorie wykraczające poza Model Standardowy, które mogłyby wyjaśniać ten sposób rozpadu bozonu Higgsa. Naukowcy NCBJ biorą udział w eksperymencie CMS, w szczególności w analizie zebranych danych.





FASER – nowy eksperyment przy LHC

FASER to multidetektor przeznaczony do poszukiwania długożyciowych cząstek powstających w zderzeniach LHC i mogących być sygnałem istnienia hipotetycznej ciemnej materii.

Koncepcja eksperymentu FASER została zaproponowana przez naukowca z NCBJ i trzech innych autorów. Detektor został ulokowany ok. pół kilometra od detektora ATLAS w tunelu serwisowym, który zbiega w kierunku tunelu LHC. Układ składa się ze scyntylatorów, magnesów, detektorów śladu i kalorymetru mierzącego energię produktów, jeśli dojdzie do poszukiwanego rozpadu nowej cząstki. Cząstki takie mogą powstawać w zderzeniach protonów, na przykład w punkcie zderzenia w detektorze ATLAS. Dotychczas mogły one nie zostać zarejestrowane ze względu na ich słabe oddziaływanie z materią detektora. Szansą na ich ewentu-

alne wykrycie jest ustawienie detektora w pewnej odległości od punktu produkcji i próba zarejestrowania oczekiwanych produktów ich rozpadów.

Autorzy propozycji uważają, że eksperyment FASER będzie także w stanie potwierdzić anomalie KOTO, jeśli ta jest rzeczywiście śladem nowej fizyki. Wyniki eksperymentu KOTO dotyczą poszukiwań bardzo rzadkich rozpadów neutralnych kaonów do pionu i pary neutrino/anty-neutrino. Choć spodziewana w ramach Modelu Standardowego częstość tego procesu jest prawie 100 razy mniejsza niż obecne możliwości eksperymentu, to wbrew oczekiwaniom obserwacje wydają się wskazywać na większą częstotliwość przypadków. Pozostawia to pole do spekulacji na temat możliwego odkrycia śladów nowej fizyki, które zostanie przetestowane w detektorze FASER w LHC.

Plazma kwarkowo-gluonowa i atraktor hydrodynamiczny

Naukowcy z NCBJ i Instytutu Maxa Plancka w Poczdamie wykorzystują pojęcie atraktora hydrodynamicznego w opisie dynamiki plazmy kwarkowo-gluonowej.

Płyny w stanie równowagi można opisać za pomocą bardzo niewielu parametrów, takich jak np. temperatura. Ten prosty stan mogą one osiągnąć wychodząc od bardzo złożonych stanów początkowych, których pełne określenie wymagałoby ogromnej ilości informacji. Informacja o stanie początkowym jest prawie całkowicie tracona w procesie osiągania równowagi, ale dokładny sposób, w jaki to się dzieje, jest fascynujący i nie do końca zrozumiany. Ten model hydrodynamiczny nadaje się też do modelowania zachowania plazmy kwarkowo-gluonowej.

Powstaje ona w eksperymentach zderzeń jądrowych prowadzących do wysoce złożonych, nierównowagowych stanów początkowych. Wcześniejsze badania ujawniły zaskakująco uniwersalne zachowanie układu, gdy plazma jest wciąż bardzo daleko od równowagi – zjawisko to jest obecnie określane jako „atraktor hydrodynamiczny”. Autorzy zaproponowali sposób śledzenia powstawania takiej uniwersalności, biorąc pod uwagę dużą liczbę historii systemu odpowiadających różnym warunkom początkowym. W prostych modelach pokazali, że metodę tę można wykorzystać do wizualizacji procesu utraty informacji. Wskazano również, że w bardziej skomplikowanych sytuacjach można ją efektywnie zastosować dzięki wykorzystaniu technik uczenia maszynowego.



▶ Ultraszybkie połączenie z XFEL

Uruchomiono szybkie połączenie internetowe pozwalające na przesyłanie danych naukowych z prędkością 100 Gb/s łączące centrum badawcze DESY w Hamburgu i Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku. Pełną funkcjonalność połączenia zademonstrowano 12 czerwca podczas uroczystości z udziałem wiceministrów nauki Niemiec i Polski, która odbyła się jednocześnie po obu stronach łączy.

Dzięki temu połączeniu Centrum Informatyczne Świerk (CIŚ) należące do NCBJ będzie mogło stać się drugim – obok ośrodka obliczeniowego

DESY – centrum gromadzenia i przetwarzania danych generowanych w eksperymentach European XFEL – najpotężniejszego na świecie rentgenowskiego lasera na swobodnych elektronach. Podczas uroczystości dyrektorzy European XFEL i NCBJ podpisali dwie umowy, otwierające drogę do pełnej realizacji projektu wykorzystania mocy obliczeniowych CIŚ na potrzeby eksperymentów XFEL. Umowy dotyczą warunków zapewniania jakości usług gromadzenia i przetwarzania danych oraz bezpieczeństwa przetwarzanych danych naukowych i danych użytkowników.

▶ Symulacja cyberataku w ramach szkoleń Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Sieci i Informacji

W laboratorium cyberbezpieczeństwa NCBJ CyberLab zostały wygenerowane przykłady ruchu sieciowego podczas ataku cybernetycznego na sieć przemysłową. Dane te posłużą do szkolenia ekspertów bezpieczeństwa przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa Sieci i Informacji (ENISA) i zostały włączone do pakietu materiałów szkoleniowych Agencji.

W tym przypadku symulowane były rzeczywiste ataki na instalacje przemysłowe. Dane zostały nagrane za pomocą narzędzi typu tcpdump. Aby były realistyczne, musiały być nagrane w środowisku korzystającym z prawdziwego sprzętu, a takim

sprzętem dysponuje właśnie CyberLab. Będą służyły uczestnikom kursów uczącym się jak analizować i wykrywać tego typu ataki. Dzięki takim danym oraz scenariuszom ćwiczeń kursanci nauczą się ustalać, czy był atak, a jeśli tak, to jakiego rodzaju.

Laboratorium CyberLab działa w strukturze Parku Naukowo-Technologicznego Świerk (PNT) będącego jednostką organizacyjną Narodowego Centrum Badań Jądrowych. Personel CyberLab stanowią pracownicy PNT. Park świadczy m.in. usługi badawcze dla małych i średnich przedsiębiorstw na warunkach pomocy de minimis.



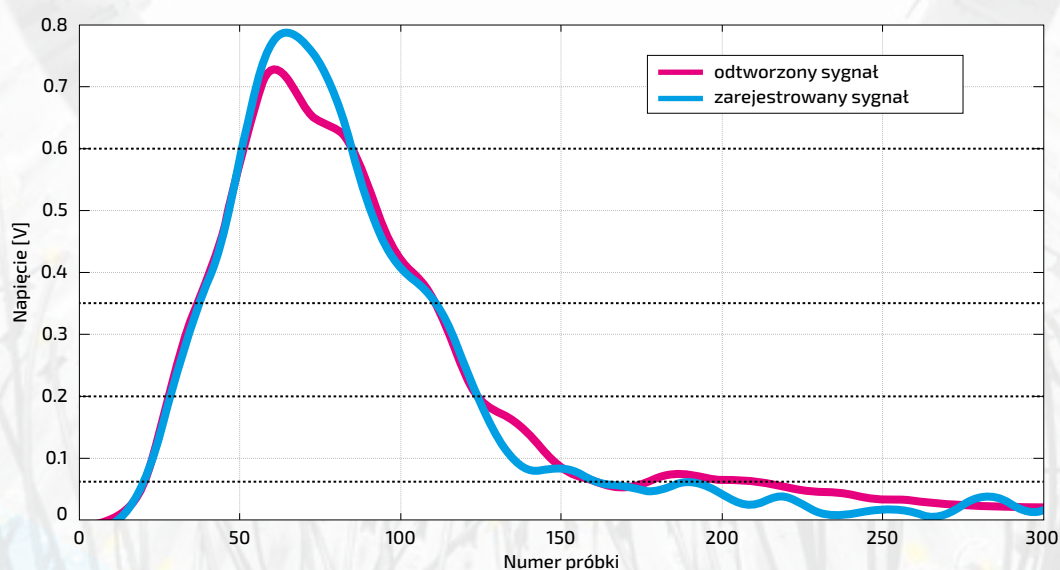
Zagadka sygnałowa w J-PET

J-PET to pozytonowy tomograf emisyjny zaprojektowany i wykonany w Zakładzie Fizyki im. Marianna Smoluchowskiego na Uniwersytecie Jagiellońskim we współpracy z wieloma instytutami w tym z NCBJ. Urządzenie różni się znacząco od tradycyjnych tomografów PET. Jednym z ważniejszych wyzwań, przed którym stają naukowcy, jest rekonstrukcja badanego procesu na podstawie niewielkiej liczby dostępnych na jego temat informacji. Z tym problemem radzą sobie naukowcy z Zakładu Inżynierii Oprogramowania NCBJ.

J-PET został zbudowany z detektorów plastykowych, charakteryzujących się najlepszymi rozdzielczościami czasowymi na świecie. Odstępy czasowe pomiędzy kolejnymi pomiarami są na poziomie 50 pikosekund (10^{-12} sekundy). Cały zarejestrowany sygnał składający się z 300 próbek odpowiada około 15 nanosekundom (10^{-9} sekundy). Krótsze czasy trwania sygnałów przekładają się na lepsze możliwości lokalizowania zmian nowotworowych w ciele pacjenta, ale z drugiej strony wymagają zastosowania dedykowanych metod obliczeniowych. Tak „szybkich” sygnałów nie spo-

sób w całości rejestrować w tomografie składającym się z setek detektorów; możliwe jest wyłącznie zapisanie kilku próbek.

Zauważono, że w oparciu o teorie kompresyjnego próbkowania (CS, ang. Compressive Sensing) możliwe jest znalezienie „zastępczej” reprezentacji sygnałów, w której większość informacji o całym przebiegu czasowym skoncentrowana jest wyłącznie w kilku próbkach. Na podstawie przeprowadzonych analiz pokazano, że możliwe jest wierne odtwarzanie sygnału bazując na 8 próbkach. Do przygotowania „zagadki sygnałowej” konieczna była wiedza o kształtach, przesunięciach, amplitudach dużej grupy reprezentatywnej sygnałów. Dzięki występowaniu prawidłowości w przebiegach sygnałów naukowcy mogli pokazać, że istnieje wierny model pozwalający rozwiązać problem próbkowania sygnałów. Ze względu na niepewności pomiarowe czasu na progach napięciowych, odtworzony sygnał nie jest identyczny z rzeczywistym przebiegiem. Jednak różnice są na tyle małe, że odtwarzane sygnały przyczyniają się do poprawy jakości rekonstruowanego obrazu pacjenta.





Scyntylatory i fotopowielacze krzemowe do zastosowań w fizyce wysokich energii

W Zakładzie Detektorów i Diagnostyki Plazmy badane są m.in. nowe scyntylatory przeznaczone do spektrometrii promieniowania gamma, nowe fotodetektory wykorzystywane w technikach scyntylacyjnych w fizyce jądrowej, fizyce wysokich energii i medycynie, a także zastosowania detektorów w szczególności do neutronowej analizy aktywacyjnej w przemyśle i w zwalczaniu terroryzmu.

Ograniczenia energetycznej zdolności rozdzielczej scyntylatorów: w badaniach wykorzystuje się spektrometrię cząstek naładowanych do określenia nieproporcjonalności w obszarze bardzo niskich energii, poniżej 1 keV.

Naukowcy NCBJ po raz pierwszy zastosowali techniki spektrometrii cyfrowej do badań energetycznej zdolności rozdzielczej i nieproporcjonalności w celu lepszego zrozumienia ograniczeń. Prace są prowadzone w współpracy z Wake Forest University w USA oraz Institute for Scintillation Materials w Charkowie, Ukraina.

Charakterystyka fotopowielaczy krzemowych: Typowe pomiary promieniowania gamma odbywają się dwuetapowo: w scyntylatorze promieniowanie wysokoenergetyczne wywołuje sygnał optyczny, który następnie rejestrowany jest przez fotopowielacz zamieniający sygnał optyczny na elektryczny nadający się do odczytania w elektronice odczytującej. Obecnie szeroko wykorzystuje się fotopowielacze krzemowe (SiPM – Silicon Photomultipliers). Naukowcy z NCBJ przeprowadzili szereg eksperymentów mających na celu szeroką charakterystykę SiPM o różnych właściwościach, wskazując ich zalety, a także wady i ograniczenia wynikające z zasady działania. Jako pierwsi opublikowali szczegółowe badania np. nad zależnością rozdzielczości energetycznej od napięcia zasilania i jej optymalizacją. Również jako pierwsi opracowali zastosowanie matryc SiPM 1 i 2 calowych do spektroskopii γ ze scyntylatorami oraz opisali doskonałą rozdzielczość energetyczną ze scyntylatora-

mi LSO, BGO, CsI:Tl. Rys. przedstawia porównanie 3" kryształu NaI(Tl), z odczytem przez 2" x 2" SiPM, z typowymi klasycznymi fotopowielaczami stosowanymi w spektrometrii promieniowania gamma.



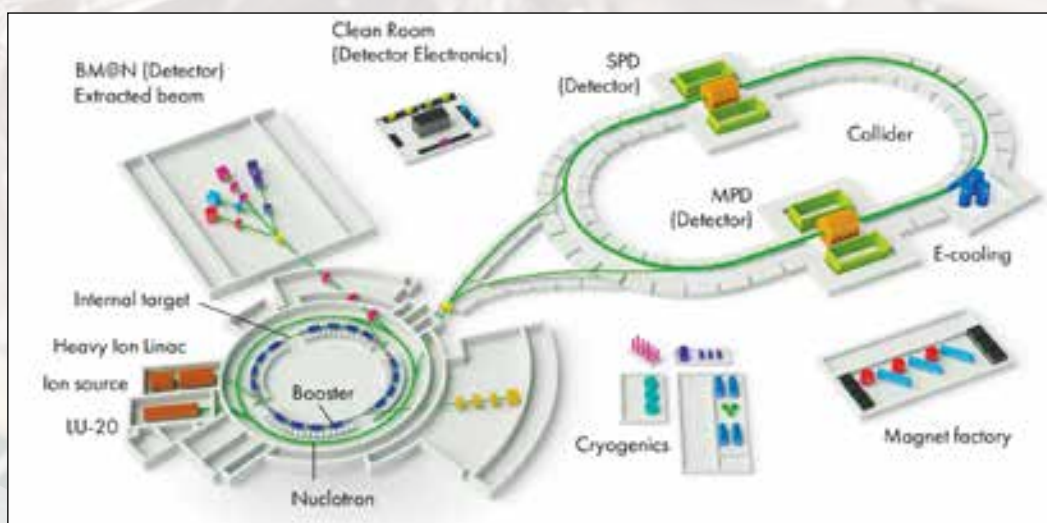
Pierwsza charakteryzacja dużych scyntylatorów OGS (organic glass scintillator) w detekcji prędkich neutronów została uzyskana w NCBJ w ramach współpracy z INFN Legnaro oraz Sandia National Lab, USA. Pokazano znakomite rozróżnianie neutronów i kwantów gamma metodą kształtu impulsu.

Ponadto w Zakładzie prowadzone są prace nad zastosowaniem detektorów typu „phoswich” do detekcji neutronów prędkich i termicznych.

Badania zniszczeń radiacyjnych w fotopowielaczach krzemowych i scyntylatorach wywołane napromienianiem prędkimi neutronami i protonami. W przeprowadzonych badaniach po raz pierwszy pokazano pogorszenie energetycznej zdolności rozdzielczej związane z degradacją fotopowielaczy krzemowych w układzie spektrometrycznym z nienapromienianym scyntylatorem, jako funkcję rosnącej fluencji promieniowania neutronowego lub protonowego (rys. poniżej). Badacze pokazali, że zniszczenia radiacyjne SiPM i degradacja energetycznej zdolności rozdzielczej muszą być brane pod uwagę w pomiarach spektroskopii gamma zawsze, gdy eksperymenty są wykonywane w obszarze wysokiego promieniowania tła. Pokazano, jak malejąca temperatura otoczenia redukuje wpływ zniszczeń radiacyjnych na energetyczną zdolność rozdzielczą układu spektrometrycznego.

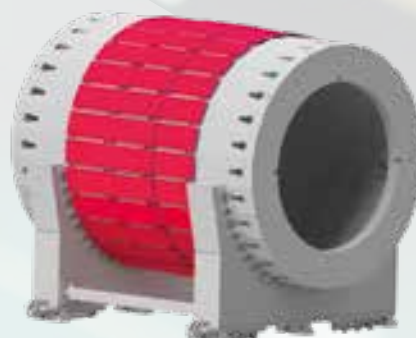


MCORD – detektor promieniowania kosmicznego dla akceleratora NICA



W Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej trwa budowa nowego kompleksu NICA (New Ion Collider Facility) w skład, którego wchodzi zespół akceleratorów produkujących przeciwbieżne wiązki jonów. Jednym z głównych elementów detekcyjnych kompleksu NICA jest wielofunkcyjny multidetektor MPD (Multi-Purpose Detector), który śledzi produkty zderzeń hadron-hadron powstających w punkcie przecięcia przyspieszanych wiązek. Zewnętrzną warstwą multidetektora będzie mionowy detektor promieniowania kosmicznego MCORD (MPD COsmic Ray Detector). Detektor MCORD zostanie zbudowany w całości przez konsorcjum NICA-PL powołane przez kilka polskich instytucji naukowych. Wiodącą rolę w projekcie pełnią naukowcy z NCBJ, których zadaniem jest zaprojektowanie, konstrukcja i testy laboratoryjne detektorów mionowych, a także ich integracja z elektroniką tworzoną przez zespół z Politechniki Warszawskiej. Głównym elementem detekcyjnym detektora będą scyntylatory z tworzywa sztucznego z półprzewodnikowymi fotopowielaczami do odczytu światła. W początkowej fazie projektu prze-

prowadzono pomiary wstępne i symulacje w celu doboru optymalnego kształtu scyntylatorów, konfiguracji fotodetektorów oraz elektroniki odczytu. Na podstawie tych analiz zaproponowano kształt i rozmiar detektora MCORD z uwzględnieniem wymagań użytkowników MPD oraz biorąc pod uwagę wydajność systemu MCORD i koszt jego produkcji. Ostatnim etapem, którym również pokierują naukowcy NCBJ, będzie instalacja pełnowymiarowego detektora MCORD wokół powierzchni MPD w konfiguracji przedstawionej na rysunku.





NOMATEN

Centre of Excellence in Multifunctional Materials
for Industrial and Medical Applications

Celem działania Centrum Doskonałości NOMATEN są badania nad materiałami odpornymi na ekstremalne warunki (wysokie temperatury, korozję, promieniowanie – zwłaszcza neutronowe) do zastosowań w przemyśle jądrowym, energetycznym, chemicznym i innych, a także opracowanie i wytwarzanie nowoczesnych radiofarmaceutyków dla zastosowań w diagnostyce i terapii nowotworów. Partnerami przedsięwzięcia są Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives z Francji (CEA) i Teknologian Tutkimuskeskus VTT z Finlandii.

Rozpoczęty we wrześniu 2018 roku projekt NOMATEN Centre of Excellence rozwija się z godnie z planem. Udało się zbudować silny zespół już ponad 20 naukowców – z czego połowa przyjechała do nas z zagranicy. W funkcjonują już cztery grupy badawcze:

- ▶ Complexity in Functional Materials (lider prof. Mikko Alava, Dyrektor NOMATEN CoE),
- ▶ Material Structure Informatics and Function (lider dr Stefanos Papanikolaou),
- ▶ Functional Properties (lider prof. Łukasz Kurpaska),
- ▶ Radiopharmaceuticals (lider prof. Marek Pruszyński).

Rekrutacja lidera piątej grupy zakończyła się w lipcu 2021 wyborem dr Iwony Jóźwik.

Lista zagadnień, z którymi mierzy się NOMATEN jest bardzo szeroka i pokazuje nasze kompetencje w badaniu nowych stopów metali oraz wykorzystaniu modelowania matematycznego i metod ekspe-

rymentalnych. Agenda badawcza obejmuje m.in.:

- ▶ właściwości mechaniczne stopów wysokiej entropii (High Entropy Alloys) oraz Concentrated Complex Alloys,
- ▶ badanie teoretyczne właściwości termodynamicznych stopów wysokiej entropii (High Entropy Alloys),
- ▶ modelowanie zachowań stopów wysokiej entropii (High Entropy Alloys) jako szkielet metalicznych (Bulk Metallic Glasses),
- ▶ połączenie badań teoretycznych i eksperymentalnych dotyczących nanoindentacji stopów metali, w tym badanie prowadzone wspólnie z laboratorium Oak Ridge, USA,
- ▶ opracowanie metod poszukiwania optymalnej kompozycji stopów wysokiej entropii oraz symulacji odkształceń plastycznych,
- ▶ badania właściwości mechanicznych nowych typów powłok za pomocą metod eksperymentalnych,
- ▶ wpływ napromieniowania na właściwości stopów wysokiej entropii i stali (ODS – utwardzanej dyspersyjnie tlenkami, Eurofer),
- ▶ informatykę materiałową – wykorzystanie sztucznej inteligencji do symulacji oraz użycia danych pochodzących z eksperymentów,
- ▶ rozwój oprogramowania do wykorzystania w informatyce materiałowej,
- ▶ założenie i rozwój grupy badawczej dedykowanej radiofarmaceutykom pod kierownictwem prof. Marka Pruszyńskiego.

Współpracująca z NOMATEN dr Aleksandra Baron-Wiecheć otrzymała w 2020 roku prestiżowy grant programu Marie Skłodowska-Curie Actions



(H2020-MSCA-IF-2020 – 101026899) MagniFiCor. Grant będzie realizowany w NOMATEN MAB w latach 2022-2024, a dotyczy badań zjawisk korozji w połączeniu z badaniami własności mechanicznych różnych materiałów.

NOMATEN rozbudowuje także infrastrukturę badawczą. Dzięki grantowi FNP pozyskano skaningowy mikroskop elektronowy (SEM) i dyfraktometr rentgenowski (XRD). Rozbudowane wyposażenie dodatkowe obu urządzeń pozwala na prowadzenie badań materiałowych. Przykładowo mikroskop zapewnia możliwość obserwacji przy energii elektronów w zakresie od 20 eV do 30 keV, co jest wyjątkowo dużym zakresem. Mikroskop pracuje w układzie ze zogniskowaną wiązką jonów (FIB) wraz z systemem mikroanalizy EDS oraz systemem do dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD). Dyfraktometr rentgenowski umożliwia pomiary w układzie Bragg-Brentano i GXRD (GID) i wyposażony jest w przystawkę umożliwiającą pomiary in-situ w temperaturach powyżej 1200C.

W 2021 roku NOMATEN został laureatem grantu Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej na organizację międzynarodowej konferencji naukowej. Jej celem będzie promowanie tematyki badawczej i infrastruktury naukowej w celu przyciągnięcia talentów z zagranicy do NOMATEN. Przewidywany termin konferencji to połowa 2022 roku, a za jej merytoryczną stronę odpowiada, obok odpowiedniego komitetu, lider grupy badawczej Materials Informatics – Structure and Function w NOMATEN, dr Stefanos Papanikolaou.

Centrum Doskonałości NOMATEN finansowane jest z programu Międzynarodowe Agendy Badawczej MAB PLUS (Nr umowy MAB PLUS/2018/8) Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, współfinansowanego ze środków UE pochodzących z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój oraz z grantu NOMATEN-Teaming for Excellence realizowanego w ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej Horyzont 2020, nr umowy 857470.



Nowe możliwości Laboratorium Badań Materiałowych (LBM)



Badania Laboratorium koncentrują się na charakterystyce strukturalnej i mechanicznej materiałów dedykowanych technologiom jądrowym. Tego typu materiały są eksploatowane w intensywnym strumieniu neutronów, złożonych polach naprężeń o cyklicznym charakterze, w wysokiej temperaturze i bardzo korozyjnych chłodziwach. Z tego względu konieczne jest, by spełniały bardzo rygorystyczne wymagania jakościowe w okresie eksploatacji, który może sięgać nawet kilkudziesięciu lat. Wyposażenie Laboratorium pozwala na monitorowanie właściwości konstrukcyjnych i mechanicznych materiałów poddanych napromienianiu w rdzeniu reaktora. LBM posiada Certyfikat Akredytacji nr AB 025 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) i w ostatnim okresie znacznie rozszerzyło zakres zatwierdzonych testów. Do portfolio eksperymentów prowadzonych w laboratorium dodano kilka metod mechanicznych i strukturalnych.

W latach 2019-2020 w LBM badano m.in. ODS (Oxide Dispersion Stained), RAFM (Reduced Activation Ferritic / Martensitic), AFA (Alumina Forming Alloys), amorficzne powłoki Al_2O_3 , stopy na bazie niklu (mono i polikryształy), stopy cyrkonu i różne

gatunki grafitu jądrowego. Laboratorium specjalizuje się w symulowaniu rzeczywistych warunków użytkowania (temperatura i uszkodzenia radiacyjne) oraz ocenie wpływu tych parametrów na zachowanie badanego materiału. Prace były realizowane w ramach kilku projektów krajowych i międzynarodowych.

Prowadzenie zaawansowanych badań wymaga specjalistycznej aparatury badawczej wysokiego poziomu. Laboratorium dysponuje m.in. spektroskopem Ramana z komorą wysokotemperaturową (do 1000°C) do charakteryzacji strukturalnej materiałów niemetalicznych, spektroskopem emisyjnym do analizy składu chemicznego metali, testerem mikrotwardości Vickersa i mikroskopem metalograficznym. Ponadto przeprowadzono modernizację maszyny wytrzymałościowej INSTRON 8501. Obecnie wiele testów mechanicznych można przeprowadzać w zakresie temperatur od -100°C do 1000°C. Utworzono również nowe laboratorium proszków metalowych, w którym nasi naukowcy prowadzą badania nad mechanicznym stapieniem metali w kontrolowanej atmosferze argonu. Kolejny sprzęt naukowcy otrzymają w 2021 r.



PRELUDIUM na badanie stali umacnianych nowymi tlenkami: Typowym i szeroko stosowanym tlenkiem wzmacniającym stale ODS jest tlenek itru Y_2O_3 . Informacje dotyczące stosowania innych tlenków trudno topliwych są bardzo ograniczone i niepełne. Lukę tę pozwolą zapłacić badania prowadzone w Laboratorium Badań Materiałowych w ramach konkursu Preludium Narodowego Centrum Nauki. Projekt pt. „Wpływ rodzaju tlenku

wzmacniającego na właściwości mikrostrukturalne i mechaniczne stali ODS” przewiduje wytworzenie stali ODS wzmacnianych tlenkiem glinu Al_2O_3 oraz tlenkiem cyrkonu ZrO_2 . Charakterystyka wytworzonych materiałów uwzględni nie tylko podstawowe badania materiałowe, ale również ocenę degradacji materiałów poddanych procesom implantacji jonowej jako symulowanego środowiska promieniowania jonizującego.



Projekt OneNet: jednolita infrastruktura sieci energetycznej dla Europy

Projekt „OneNet” finansowany przez Komisję Europejską został uruchomiony 1 października 2020 r. Ma na celu sprostanie wyzwaniom stawianym Operatorom Sieci Przesyłowych (OSP), Operatorom Sieci Dystrybucji (OSD) i konsumentom na europejskim rynku energii elektrycznej. Sieć elektryczna przechodzi od w pełni scentralizowanego do wysoce zdecentralizowanego systemu. Operatorzy sieci muszą dostosować się do tego zmieniającego się środowiska i dostosować swój obecny model biznesowy, aby uwzględnić szybsze reakcje i elastyczność adaptacyjną. To bezprecedensowe wyzwanie wymagające bezprecedensowego rozwiązania. Projekt OneNet ma na celu opracowanie i zademonstrowanie kluczowych instrumentów europejskiego podejścia do elastyczności energetycznej. Wiele projektów zajmowało się tą kwestią w przeszłości, ale zakres i wielkość OneNet nie ma sobie równych przy całkowitym budżecie przekraczającym

28 mln euro (współfinansowanie Komisji Europejskiej w wysokości około 22 mln euro). Kluczowymi elementami projektu są: definicja wspólnego rynku dla Europy, definicja wspólnej architektury IT i wspólnych interfejsów IT oraz stworzenie urządzeń demonstracyjnych na dużą skalę służących do wdrażania i prezentowania skalowalnych rozwiązań opracowanych w ramach projektu. Te demonstratory są zorganizowane w cztery klastry obejmujące kraje z każdego regionu Europy i testujące innowacyjne przypadki użycia, które nigdy wcześniej nie były walidowane. Do udziału w przedsięwzięciu zachęceni są operatorzy, konsumenci i zainteresowane strony w całej Europie. W tym celu przez cały czas trwania projektu i po jego zakończeniu projekt będzie rozwijał i utrzymywał inicjatywę otwartego forum „GRIFOn”, platformę do swobodnego omawiania wyników ze wszystkimi odpowiednimi interesariuszami spoza projektu i zbierania ich opinii.

System Zefir do planowania transformacji energetycznej

W ramach programu LeadAIR organizowanego przez Forum Energii, aby wspierać samorządy w walce ze smogiem wykorzystywany jest system Zefir, który został stworzony przez Interdyscyplinarny Zakład Analiz Energetycznych (IDEA) w ramach projektu KlastER.

Zefir to nowoczesne narzędzie służące do planowania transformacji energetycznej rozwijanego w ramach projektu Gospostrategi klastrów, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu „Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii”. Dzięki systemo-

wi każda gmina będzie mogła zaplanować inwestycje oraz modernizacje dążące przykładowo do eliminacji smogu, zmniejszenia emisji dwutlenku węgla lub samowystarczalności energetycznej. System pozwala nie tylko na samodzielną parametryzację technologii czy uruchomienie własnych obliczeń, ale również na interaktywną wizualizację wyników. Gmina otrzymuje szczegółowy i holistyczny plan działań, pokazujący: koszty, efekty ekonomiczne oraz środowiskowe wykonania zaplanowanych celów rozwoju energetyki rozproszonej na poziomie całego obszaru oraz każdego zintensyfikowanego budynku indywidualnie.



Chronos: optymalne wykorzystanie energii

NCBJ podpisało umowę o współpracy z Klastrem Zgorzeleckim (ZKlaster). Celem współdziałania ma być opracowanie nowych modeli biznesowych wykorzystujących elastyczność klastra energii, a także implementacja i rozwój inteligentnego systemu sterowania Chronos stworzonego i rozwijanego w Interdyscyplinarnym Zakładzie Analiz Energetycznych IDEA w NCBJ. Naukowcy wykonają analizę ekonomiczną metod grafikowania źródeł elastyczności – odbiorców, których potrzeby można świadomie kształtować i dostawców, u których można zmieniać poziom wykorzystania zainstalowanej mocy – oraz magazynów energii. Będzie też wykonywana analiza udziału podmiotów w rynkach energii, opty-

malizacji mocy przyłączeniowej i innych elementów istotnych dla schematów sterowania. Wynikiem współpracy – poza oczywistymi oszczędnościami dla zgorzeleckich odbiorców – będzie rozwój Systemu Chronos, który umożliwi Klastrom Energii optymalne ekonomicznie wykorzystanie posiadanych źródeł energii i posiadanej elastyczności w oparciu o algorytmy predykcyjne działające i komunikujące się z infrastrukturą klastra z wyprzedzeniem dobowym oraz w czasie rzeczywistym. Twórcy systemu wskazują na potencjalne duże oszczędności jakie można uzyskać dzięki jego wykorzystaniu i zabiegają o wprowadzenie go do powszechnego użytku przez inne zainteresowane podmioty.

Wpływ aktywności Słońca na awarie energetycznych linii przesyłowych

Geoefektywność zjawisk wywołanych przez Słońce przejawia się między innymi wpływem na infrastrukturę energetyczną poprzez wyindukowane geomagnetycznie prądy (ang. geomagnetically induced currents, GIC). Naukowcy z **Zakładu Energetyki Jądrowej i Analiz Środowiska NCBJ, Uniwersytetu Matematyczno-Przyrodniczego w Siedlcach, AGH i Centrum Badań Kosmicznych PAN** przeprowadzili analizę ilościową liczby awarii w elementach infrastruktury energetycznej południowej Polski, które mogą mieć związek ze zjawiskami pogody kosmicznej. Przeanalizowano dwa przedziały czasowe bardzo różnych poziomów aktywności słonecznej (SA) w trakcie 24-go cyklu aktywności słonecznej: w roku 2010 w fazie wcze-

snego wzrostu SA, w pobliżu minimum słonecznego i w roku 2014 w fazie maksimum słonecznego. Okazało się, że liczba awarii jest dwa razy większa w okresie styczeń – lipiec 2014 r. niż w 2010 r.

Wzrost liczby awarii sieci elektrycznych zbiega się w czasie ze wzrostem aktywności geomagnetycznej odzwierciedloną we wzroście zaburzeń pola geoelektrycznego odzwierciedlonych w GIC. Sugeruje to powiązanie z efektami pogody kosmicznej. Opóźnienie pojawienia się wzrostu liczby awarii sieci elektrycznych może być związane z pewnym skumulowanym efektem wynikającym ze stanów przejściowych i ich propagacji w sieci dystrybucyjnej.



Kolejna faza prac projektowych reaktora badawczego HTGR

Narodowe Centrum Badań Jądrowych oraz Ministerstwo Edukacji i Nauki podpisały umowę na realizację kolejnej partii prac projektowych wysokotemperaturowego reaktora chłodzonego gazem. W wydarzeniu, które odbyło się 12 maja 2021 r. w Otwocku-Świerku, uczestniczyli Minister Edukacji i Nauki Przemysław Czarnek, Minister Klimatu i Środowiska Michał Kurtyka oraz dyrektor Narodowego Centrum Badań

Jądrowych Krzysztof Kurek. Umowa przewiduje, że w ciągu trzech lat w Narodowym Centrum Badań Jądrowych zostaną przygotowane warunki do wybudowania w Polsce badawczego reaktora wysokotemperaturowego. NCBJ opracuje projekt podstawowy takiego urządzenia na wstępnym poziomie szczegółowości. Ministerstwo Edukacji i Nauki przeznaczy na to odpowiednie środki.



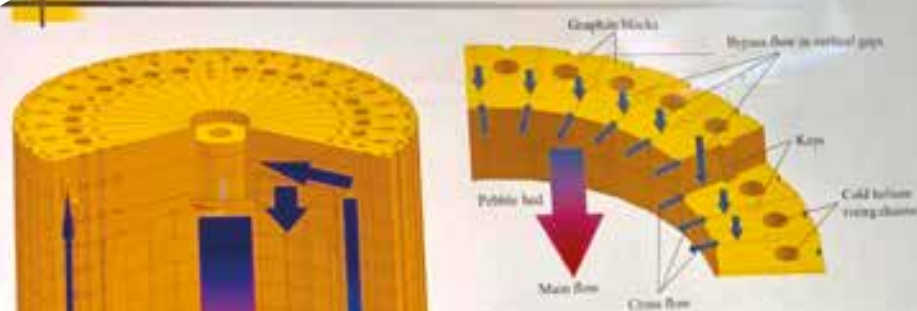
Gospostrateg GoHTR

Projekt GOSPOSTRATEG-HTR to pierwszy krok do wdrożenia technologii wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych (HTR – High Temperature Reactors) w Polsce. Projekt jest realizowany przez konsorcjum: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ). Projekt obejmuje takie zadania jak opracowanie metod diagnostyki i badań materiałów konstrukcyjnych oraz urządzeń do wykonywania badań w rdzeniu, badanie i analizę wybranych aspektów chemicznych produkcji i wykorzystania paliwa TRISO w reaktorze jądrowym, a także analizę niezbędnych zmian otoczenia prawnego i potencjalnych korzyści jed-

nostek społeczno-gospodarczych i przemysłowych oraz polskiej gospodarki. W fazie B nastąpi przygotowanie procesu licencjonowania (certyfikacji) reaktorów HTGR na przykładzie reaktora badawczego, przygotowanie projektów regulacji prawnych dla realizacji inwestycji HTR; opracowanie strategii w aspekcie społecznym, ekonomicznym i przemysłowym projektu, pilotaż procedur testowych wykorzystania materiałów konstrukcyjnych do projektowania reaktora HTR, w tym badania w rdzeniu reaktora Maria. Przygotowane też zostaną założenia techniczno-ekonomiczne do budowy bloku produkcji paliwa dla reaktorów wysokotemperaturowych.



Ceramic internals



Gemini+: rekomendacje koncepcji reaktora wysokotemperaturowego

Celem projektu Gemini+ (w ramach H2020 – Euratom) było dostarczenie projektu koncepcyjnego wysokotemperaturowego układu kogeneracji jądrowej do dostarczania pary technologicznej do przemysłu, ram licencyjnych dla tego systemu oraz biznesplanu dla demonstracji na pełną skalę. Wybrane rozwiązanie reaktora wykorzystuje koncepcję rdzenia w postaci bloków grafitowych z osobnymi otworami do

umieszczenia wypasek paliwowych oraz otworami do przepływu chłodziwa – helu. Gorący hel kierowany jest do generatora pary, a następnie schładzany do cyrkulatora i z powrotem do reaktora. Wytwarzana para jest przetwarzana w obiegu wtórnym ciepłowni z małą turbiną – generatorem i reboilerem, w którym wytwarzana jest para dla użytkownika końcowego. Moc netto sięga nawet 165 MWth.



Online Hot Reactors Summer School

W dniach 1-5 czerwca 2020 roku zorganizowano pierwszą międzynarodową szkołę pt. "Hot Reactors Summer School". Zdalna formuła szkoły pozwoliła na rozszerzenie tematyki m.in. o europejski projekt „Gemini+” dotyczący technologii reaktora wysokotemperaturowego HTGR i o koncepcję reaktora na neutronach prędkich chłodzonego gazem o nazwie „Allegro” opracowywaną przez centrum doskonałości V4G4 działającego w ramach Grupy Wyszehradzkiej.

Szkoła jest realizowana jako element interdyscyplinarnych studiów doktoranckich o charakterze międzynarodowym utworzonych w październiku 2018 roku w ramach projektu “Nowe koncepcje reaktorów jądrowych i analiz bezpieczeństwa

dla Programu Polskiej Energetyki Jądrowej” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (POWR.03.02.00-00.I005/17). Celem projektu jest utworzenie interdyscyplinarnego zespołu młodych kadr badawczych zajmujących się zaawansowanymi koncepcjami i technologiami przyszłej generacji IV reaktorów jądrowych (stąd akronim projektu „phd4gen”), który mógłby także praktycznie wspierać rozwój polskiej energetyki jądrowej, a przynajmniej posiadać kompetencje do oceny nuklearnych technologii przyszłości. Głównymi technologiami będącymi przedmiotem studiów są technologia reaktora wysokotemperaturowego chłodzonego gazem HTGR oraz koncepcja reaktora dwupłynowego DFR.



Niezwykłe precyzyjne obliczenia struktury poziomów energetycznych wolframu

Naukowcy wykonali niesłychanie precyzyjne obliczenia poziomów energetycznych i przejść kwantowych pomiędzy dziesiątkami tysięcy poziomów energetycznych jonów wolframu – jednego z najważniejszych materiałów konstrukcyjnych przyszłych reaktorów termojądrowych.

W diwertorze – układzie zlokalizowanym na jednej z wewnętrznych ścian reaktora termojądrowego, magnetycznego – są zakrzywane tory jonów cięższych pierwiastków „zanieczyszczających” plazmę. Przekierowane jony grzezną w specjalnych tarczach, oddając im swoją energię, która odprowadzana jest przez systemy chłodzenia.

W przypadku reaktora ITER jako materiał płyty diwertora wybrano wolfram, który jest metalem o najwyższej temperaturze topnienia, ma dużą odporność termiczną i niski współczynnik erozji, a także niską tzw. retencję trytu. Jednak pomimo niskiego współczynnika erozji jony wolframu mogą migrować do struktur plazmowych, w szczególności tych tworzących się w sąsiedztwie płyty diwertora. Spektroskopia atomowa jonów wolframu daje unikalną możliwość poznania właściwości takich struktur plazmowych

oraz procesów atomowych prowadzących do ich powstawania. Naukowcy z NCBJ przedstawili wyniki obszernych obliczeń przeprowadzonych dla ponad 27 tysięcy poziomów atomowych jonów ośmiokrotnie zjonizowanych atomów wolframu oraz dla ponad 300 milionów przejść między nimi. W obliczeniach zastosowano relatywistyczną wielokonfiguracyjną metodę Diraca-Hartree-Focka. Bogata struktura spektroskopowa kilkakrotnie zjonizowanych atomów wolframu jest wynikiem możliwości występowania jonów w wielu stanach atomowych, leżących często blisko siebie, między którymi mogą zachodzić różne przejścia radiacyjne (w tym tzw. przejścia wzbronione). Analiza skomplikowanej struktury poziomów energetycznych jonów wolframu wymagała użycia precyzyjnych narzędzi teoretycznych i prowadzenia zaawansowanych analiz, np. analizy wpływu tzw. wirtualnych korelacji elektronowych na energię wzbudzonych stanów atomowych jonów. Przeprowadzone obliczenia w sposób istotny uzupełniają bazę danych spektroskopowych przyczyniając się do dalszego rozwoju diagnostyk rentgenowskich i diagnostyk w zakresie ultrafioletu próżniowego dla struktur plazmowych tworzących się w sąsiedztwie płyty diwertora.

Bezpieczna praca reaktora Maria

Prezes Państwowej Agencji Atomistyki (PAA), jako organ regulacyjny, zatwierdził Raport oceny okresowej bezpieczeństwa (PSR, z ang. Periodic Safety Review) reaktora badawczego MARIA. Celem ocen okresowych jest weryfikacja poziomu bezpieczeństwa obiektu poprzez szczegółową analizę istotnych dla eksploatacji obiektu zagadnień. Pod uwagę wzięto m.in. stan elementów wchodzą-

cych w skład reaktora, wpływ na środowisko oraz ocenę procedur. Przegląd wykazał, że w reaktorze spełniane są wszelkie standardy dotyczące bezpieczeństwa i zarekomendowana została jego dalsza eksploatacja. Na podstawie analiz zagadnień tematycznych opracowany został raport zawierający podsumowanie przeglądu oraz program modernizacji i działań naprawczych.



Mikrosfery z MARII dla chorych na raka wątroby

Reaktor MARIA jest jednym z głównych ośrodków napromieniania mikrosfer zawierających radioaktywny holm, które są stosowane w terapii nowotworów wątroby. Technologia opracowana w NCBJ na zlecenie firmy Quirem Medical – globalnego producenta mikrosfer terapeutycznych QuiremSpheres – służy pacjentom w kilkunastu wyspecjalizowanych klinikach w Europie.

Mikrosfery o średnicy ok. 30 mikrometrów wykonane z polilaktydu holmu (polimeru kwasu mlekowego) służą do miejscowej radioterapii, głównie w przypadku nowotworów wątroby. Na etapie produkcji umieszcza się w nich stabilny izotop holm-165, który poprzez bombardowanie neutronami można przekształcić w radioaktywny izotop holm-166. Holm-166 ma bardzo przydatne właściwości. Jego czas życia jest stosunkowo krótki (ok. 27 godzin). Rozpadając się, emituje promieniowanie beta o energii ok. 2 MeV, które jest w stanie niszczyć komórki rakowe.

Zespół naukowców pracujących w reaktorze MARIA we współpracy z firmą Quirem Medical przystąpił do opracowania technologii napromieniania mikrosfer holmowych. Mikrosfery z polilaktydu są bardzo wrażliwe – ich degradacja może rozpocząć się już po osiągnięciu 60° C. Zadanie wymagało dostosowania infrastruktury reaktora, a także wypracowania nowych rozwiązań technologicznych. Udoskonalono układ chłodzenia umieszczanych w reaktorze zasobników. Konieczne było także umieszczenie w rdzeniu reaktora specjalnych detektorów promieniowania monitorujących warunki napromieniania i stworzenie systemu sterowania procesem komputerowo.

Obecnie w reaktorze MARIA napromienia się folki z mikrosferami na potrzeby ponad 100 pacjentów rocznie. Są one wykorzystywane w kilkunastu klinikach rozszaniach po całej Europie.

Badanie przepływów chłodziwa

W ramach współpracy z University of Illinois w Urbana-Champaign (UIUC) naukowcy prowadzą eksperymenty dotyczące niestabilności w niskociśnieniowych pętlach cyrkulacji naturalnej w reaktorach jądrowych. Został stworzony wielowymiarowy zestaw danych dotyczący niestabilności dwufazowej w naturalnym obiegu niskiego ciśnienia w oparciu o bezpośredni, przejściowy pomiar lokalny.

Projekt doktorski realizowany w NCBJ został nominowany przez międzynarodowe stowarzyszenie NUGENIA do zaprezentowania w konkursie dla młodych naukowców na cyklicznej światowej konferencji FISA 2019 / EuradWaste'19. Dotyczy on badania wpływu turbulencji w przepływającym materiale chłodzącym na bezpieczeństwo reaktorów jądrowych. Projekt zakłada sprawdzenie modeli uproszczonych i ewentualnie zaproponowanie ich poprawy

na podstawie porównania z modelem zaawansowanym zweryfikowanym eksperymentalnie.

Jedna z prac doktorskich wykonanych w NCBJ poświęcona została zjawisku wyschnięcia ścianki elementu paliwowego, które może wystąpić w reaktorach BWR, prowadząc do radykalnego obniżenia sprawności chłodzenia. Analizie poddano podstawy teoretyczne kodu systemowego CATHARE-3 wykorzystywanego do oszacowań efektów zjawiska. Zaproponowano modyfikacje równań fenomenologicznych i przeanalizowano niepewności obliczeń otrzymanych za pomocą modelu użytego do symulacji zjawisk odrywania i osadzania kropelek wody na ściankach elementu paliwowego. Zidentyfikowane zostały parametry przepływu odpowiadające dużym i małym niepewnościom. Dla potrzeb tych analiz stworzono oryginalny kod systemowy DARIA.



DLA MEDYCYNY I NAUKI: POLATOM

Oferta OR POLATOM

Ośrodek Radioizotopów POLATOM jest znanym na całym świecie dostawcą wysokiej jakości radiofarmaceutyków i zestawów diagnostycznych dla medycyny nuklearnej oraz liczącym się producentem produktów radiochemicznych dla klientów na całym świecie. Nasze produkty eksportujemy do ponad 70 krajów. POLATOM jest głównym polskim producentem radiofarmaceutyków i innych produktów promieniotwórczych.

Obecny pakiet handlowy POLATOM obejmuje:

- ▶ Szeroką gamę zestawów scyntygraficznych do znakowania ^{99m}Tc do badania narządów i diagnostyki nowotworów,
- ▶ Preparaty radioaktywnego jodu-131 do diagnostyki i leczenia chorób tarczycy,
- ▶ Preparaty do paliatywnego leczenia przerzutów do kości,
- ▶ Generatory radionuklidów $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$,
- ▶ Prekursory do przygotowania terapeutycznych radiofarmaceutyków,
- ▶ Przemysłowe źródła zamknięte,
- ▶ Radioaktywne roztwory wzorcowe,
- ▶ Odczynniki radiochemiczne,
- ▶ Szeroką gamę specjalnych preparatów promieniotwórczych dostosowanych do potrzeb,
- ▶ Akcesoria i serwis dla jednostek medycyny nuklearnej:
 - ▶ kalibrację i serwis kalibratorów dawek,
 - ▶ instalację i konserwację sprzętu izotopowego,
 - ▶ przeładunek i transport materiałów promieniotwórczych.

Działania POLATOM we wszystkich obszarach spełniają normy europejskie i międzynarodowe; w za-

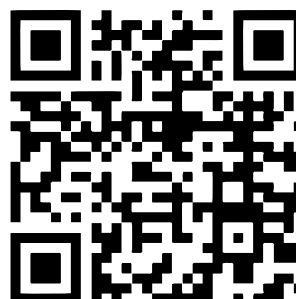


kresie systemu zapewnienia jakości POLATOM posiada normę PN-EN/ISO 9001:2015-10.

Jej standard produkcji radiofarmaceutycznej jest potwierdzony Certyfikatem GMP, a kwalifikacje w zakresie laboratorium metrologii promieniowania jonizującego potwierdzone Certyfikatem Akredytacji Laboratorium Wzorcującego wg PN-EN/ISO 17025.

W 2020 r. NCBJ przygotował krótki film prezentujący OR POLATOM. Jest on dostępny publicznie na kanale instytutu na YouTube:

<https://youtu.be/WqnYdnNFamg>





CERAD

Laboratoria i infrastruktura o powierzchni 2500 m² o wartości prawie 117 mln zł, powstają w NCBJ, w ramach projektu współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej pn. Centrum Projektowania i Syntezy Radiofarmaceutyków Ukierunkowanych Molekularnie – CERAD. Z każdym miesiącem widać postęp prac budowlanych. Nowopowstałe budynki wyposażone zostaną w najwyższej klasy urządzenia badawcze i produkcyjne, ale najważniejszym z nich będzie cyklotron przyspieszający protony i cząstki alfa do energii 30 MeV oraz deuterony do energii 15 MeV. Dysponowanie jednym z najnowocześniejszych na świecie akceleratorów tego typu pozwoli NCBJ na wytwarzanie izotopów promieniotwórczych



takich jak ⁸⁹Zr czy ²¹¹At. OR POLATOM będzie mógł wytwarzać nowe innowacyjne radiofarmaceutyki do diagnostyki i terapii, oparte na aktywnych biologicznie ligandach działających na poziomie komórkowym i molekularnym.

Trwają intensywne prace nad cyklotronem, który już niebawem stanie w murach powstającego laboratorium „CERAD”. Dostawcą urządzenia jest belgijska firma IBA (Ion Beam Applications S.A.).

Międzynarodowe porównanie pomiarów aktywności roztworu promieniotwórczego ⁵⁵Fe

W latach 2019-2020 Ośrodek Radioizotopów POLATOM przeprowadził międzynarodowe, kluczowe porównanie pomiarów stężenia promieniotwórczego roztworu ⁵⁵Fe. Celem porównania było sprawdzenie – po 14 latach od poprzedniego międzynarodowego porównania – kompetencji pomiarowych laboratoriów z różnych krajów, określenie wartości referencyjnej porównania kluczowego (KCRV) oraz wsparcie walidacji Rozszerzonego Międzynarodowego Systemu Referencyjnego (ESIR) w BIPM we Francji. Pomiary w POLATOM wykonano stosując posiadany Państwowy Wzorzec Aktywności Promieniotwórczej Radionuklidów. POLATOM rozesłał

uczestnikom roztwór ⁵⁵Fe do pomiaru oraz dodatkowo serię źródeł gotowych do pomiaru w butelkach polietylenowych zawierających ciekły scyntylator zmieszany z roztworem radioaktywnym. Wykonano analizę wyników pomiarów z 12 ośrodków uczestniczących we współpracy z ENEA-INMRI (Włochy). Większość z nich wykorzystała metodę TDCR (Triple-to-Double Coincidence Ratio), opracowaną w Świerku w 1979 r. Wyniki uzyskane przez wszystkie ośrodki z wyjątkiem jednego były zgodne w granicach niepewności pomiarów. Po analizie i dyskusji z uczestnikami określono wartość referencyjną KCRV z odchyleniem standardowym 0.23 %.



16 milionów PLN na badanie terapii tandemowej

Projekt pt. „Zastosowanie terapii tandemowej LutaPol/ItraPol ($^{177}\text{Lu}/^{90}\text{Y}$ -DOTATATE) jako skutecznego narzędzia w leczeniu nowotworów neuroendokrynnych” otrzymał ponad 16 mln zł wsparcia. Naukowcy z NCBJ zrealizują badania we współpracy z Wojskowym Instytutem Medycznym, Centrum Onkologii – Instytutem MS-C, Świętokrzyskim Centrum Onkologii, Szpitalem Uniwersyteckim w Krakowie oraz Collegium Medicum UJ.

LutaPol oraz ItraPol to dwa radiofarmaceutyki

opracowane i produkowane w OR POLATOM, które w 2014 roku zostały nagrodzone tytułem „Polski Produkt Przyszłości Jednostki Naukowej”. Ich zastosowanie w terapii tandemowej, czyli łączącej jednocześnie działanie tych dwóch leków, różniącymi się energiami promieniowania oraz różnymi zasięgami w tkankach, może pozwolić na leczenie nowotworów endokrynnych, które nie kwalifikują się do leczenia operacyjnego. NCBJ jest jedynym wnioskodawcą wyróżnionym w konkursie Agencji Badań Medycznych, który nie jest uniwersytetem medycznym lub szpitalem.

Multisom – Wielowariantowe formułacje peptydu DOTA-TATE

Peptydowa receptorowa terapia radioizotopowa (PRRT) przy użyciu znakowanych radioaktywnie analogów somatostatyny, takich jak peptyd DOTA-TATE, to metoda celowanego leczenia pacjentów z rozszanymi guzami neuroendokrynnymi (NET). W zależności od rodzaju guza wykorzystywany do leczenia peptyd znakowany jest jednym izotopem lub wykorzystuje się leczenie skojarzone (połączenie wysokoenergetycznego emitera beta ^{90}Y i ^{177}Lu o niższej energii). Rośnie zainteresowanie izotopami teragnostycznymi np. ^{44}Sc – wykorzystywany w technice PET lub ^{47}Sc – stosowany w terapii.

Celem projektu Multisom było opracowanie różnych formułacji farmaceutycznych peptydu DOTA-TATE, które mogłyby posłużyć do otrzymywania radiofarmaceutyków z różnorodnymi radioizoto-

pami. Dużym atutem zestawu jest możliwość przygotowania radiofarmaceutyku w miejscu podania, co znacząco polepszy dostępność leczenia.

Opracowane zestawy do sporządzania radiofarmaceutyków oceniono na podstawie wydajności znakowania radioizotopem, uzyskanej czystości radiochemicznej i pH końcowego produktu. Wyniki potwierdziły wysoką jakość, o czym świadczą m.in. wysoka wydajność znakowania (>98%). Badania wykazały, że zestaw MultiSom opracowany przez POLATOM może być skutecznie znakowany izotopami ^{177}Lu , ^{90}Y , ^{44}Sc i ^{47}Sc . Gdy radioizotop spełnia wymagania GMP (Good Manufacturing Practice) gotowy radiofarmaceutyk z peptydem DOTA-TATE można przygotować bezpośrednio przed podaniem, spersonalizowany dla każdego pacjenta.



Skuteczniejsze metody diagnostyki NEN dzięki znacznikom TECANT

Nowotwory neuroendokrynne (NEN) to heterogenna grupa nowotworów biologicznie charakteryzujących się nadekspresją receptorów somatostatyn (głównie podtypu drugiego – SSTR2) na błonach komórkowych. Istnieją techniki obrazowania, wykorzystujące radiofarmaceutyki wiążące się z SSTR2, które umożliwiają przewidywanie i ocenę odpowiedzi na zastosowane leczenie NEN. Niedawno wykazano, że nowe radiofarmaceutyki oparte na antagonistach SSTR2 zapewniają lepszą wizualizację zmiany nowotworowej niż te stosowane dotychczas (np. DOTA-TATE lub DOTA-TOC), ponadto wykazują również ogromne możliwości zastosowania w obrazowaniu PET oraz terapii.

W ramach projektu ERA-PerMed „TECANT” porównano w badaniach przedklinicznych dwa peptydy dwa peptydy będące antagonistami SSTR2 i przeznaczone do znakowania izotopem ^{99m}Tc : TECANT 1 na bazie antagonisty LM3 i TECANT 2 na bazie BASS. Pod uwagę wzięto właściwości farmakologiczne in vitro oraz in vivo w celu wyboru najlepszego kandydata do badań klinicznych. Zbadano m.in. biodystrybucję, wychwyt komórkowy oraz stabilność. Przeprowadzono również badania MicroSPECT / CT, które potwierdziły wcześniejsze wyniki i wskazały [^{99m}Tc]Tc-TECANT 1 jako bardziej atrakcyjny znacznik SSTR2. Po testach toksyczności, w 2021 roku zaplanowano wieloośrodkowe badanie kliniczne.

Nov-GenTech – produkcja ^{99m}Tc za pomocą akceleratora

Technet 99m to najczęściej używany izotop w medycynie nuklearnej. Powstaje w generatorach, gdzie źródłem technetu-99m jest inny izotop promieniotwórczy, molibden-99, otrzymywany z uranu napromienianego m.in. w NCBJ w reaktorze jądrowym MARIA. Starzenie i zmniejszanie się liczby produkcyjnych reaktorów jądrowych, a także rosnące koszty produkcji spowodowały wzrost zainteresowania alternatywnymi metodami otrzymywania ^{99m}Tc np. poprzez napromienianie tarcz w akceleratorach. W OR POLATOM opracowano metodę bezpośredniej produkcji ^{99m}Tc w oparciu o protony przyspieszane w cyklotronach (np. takim powstającym w projekcie CERAD) i reakcję

$^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99m}\text{Tc}$. Naukowcy zaproponowali także wykorzystanie bardziej dostępnego akceleratora liniowego i reakcji fotojądrowej $^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$. W NCBJ opracowano wydajną metodę wytwarzania tarczy z ^{100}Mo do napromieniowania w akceleratorze liniowym. Zoptymalizowano proces rozpuszczania tarczy molibdenowej o masie ok. 10 g, a także opracowano metodę separacji ^{99m}Tc od dużego nadmiaru molibdenu. Bazując na nowo opracowanej żywicy ekstrakcyjnej, wykazującej wysoką selektywność w stosunku do ^{99m}Tc , zaproponowano innowacyjny układ generatora odwróconego umożliwiającego separację ^{99m}Tc od ^{99}Mo o niskiej aktywności właściwej.



PolFEL – postępy projektu

Polski laser na swobodnych elektronach, będzie mógł wytwarzać spójne promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali sięgającej 55 nanometrów, a więc wchodzącej po części w zakres ultrafioletu próżniowego. Badacze będą mieli do dyspozycji także promieniowanie o większej długości fali, w tym terahercowe i podczerwone. Dużym atutem tego urządzenia będzie możliwość pracy w trybie fali ciągłej.

W konstrukcji PolFEL można wydzielić cztery zasadnicze elementy: źródło elektronów wyposażone w nadprzewodzącą fotokatodę, cztery nadprzewodzące kriomoduly przyspieszające elektrony do energii osiągającej maksymalnie 180 MeV, trzy linie undulatorowe, w których elektrony będą emitować fotony poruszając się 'slalodem' w niejednorodnym, specjalnie ukształtowanym polu magnetycznym, oraz stanowiska eksperymentalne – trzy, do których będą wyprowadzone wiązki fotonów i jedno wykorzystujące wiązkę elektronów.

Stan zaawansowania prac prowadzonych przez konsorcjum PolFEL przy udziale instytucji współpracujących (połowa 2021)

- ▶ Przygotowano projekt koncepcyjny urządzenia.
- ▶ Określono wymagania dla budynków laboratoryjnych PolFEL.
- ▶ Zaawansowano projekty linii eksperymentalnych
 - ▶ Zaprojektowano znaczą część linii VUV.
 - ▶ Opracowano założenia teoretyczne do projektu linii udostępniającej fotony o energii od kilkudziesięciu keV do MeV, opartego na zjawisku wstecznego rozpraszania Comptona.
 - ▶ Zaprojektowano sposób wyprowadzenia wiązki THz z obszaru wiązki elektronowej.
- ▶ Przygotowano Projekt Ochrony Radiologicznej.



- ▶ Zbadano podłoże pod kątem wibracji, w oparciu o model teoretyczny i opracowano zasady ochrony antywibracyjnej.
- ▶ Zakontraktowano nadprzewodzące kriomoduly przyspieszające wykonane w technologii TESLA (firma RI Research Instruments).
- ▶ Wykonano projekt kriogeniki helowej.
- ▶ Przygotowano postępowania przetargowe na wykonanie:
 - ▶ prac budowlanych związanych z kriogeniką,
 - ▶ układu dystrybucji helu ciekłego w tunelu akceleratora,
 - ▶ układu chłodziarki i skraplarki helowej.
- ▶ Zaprojektowano kriomodul działu elektronowego wraz z koncepcją laboratorium lasera wyzwalającego i komorą wprowadzenia wiązki lasera wyzwalającego do kriomodulu działu i doprowadzenie jej do fotokatody.
- ▶ Wykonano projekt koncepcyjny kolektora wiązki elektronowej i zaawansowano prace projektowe nad urządzeniami optyki elektronowej.
- ▶ Zaawansowano opracowanie założeń elementów układu diagnostyki elektronów (profil, pozycja, prąd, energia, straty mocy).
- ▶ W oparciu o pozyskane dodatkowe fundusze rozszerzono założenia projektu m.in. o:
 - ▶ laboratorium do badań nad technologią budowy całkowicie nadprzewodzących wyrzutni elektronów,
 - ▶ stację badań biomedycznych wyposażoną m.in. w układy obrazowania SNOM,
 - ▶ stanowisko testowe kriomodulów przyspieszających.



Nadprzewodząca fotokatoda

Ilość światła generowanego w laserze zależy w dużym stopniu od wydajności zastosowanej katody dostarczającej elektrony. Naukowcy NCBJ opracowują nowatorską nadprzewodzącą fotokatodę, dzięki której budowany obecnie polski laser na swobodnych elektronach PolFEL będzie mógł efektywnie pracować w modzie fali ciągłej, wyróżniając się tym na tle innych tego typu urządzeń na świecie. Specjalna "hybrydowa" fotokatoda będzie składała się z cienkiej warstwy ołowiu umieszczonej na podłożu z niobu

o wysokiej czystości. Oba te materiały są nadprzewodnikami w niskich temperaturach. Do wytworzenia cienkiej warstwy ołowiu na podłożu niobowym naukowcy wykorzystali m.in. działło plazmowe IBIS - unikatowe urządzenie, zaprojektowane i wykonane w Świerku, pozwalające na modyfikację powierzchni za pomocą oryginalnej technologii z wykorzystaniem wieloprętowego iniektora plazmowego. PolFEL będzie najprawdopodobniej pierwszym FELem wykorzystującym nadprzewodzącą wyrzutnię elektronową.

Undulatory PolFEL

Undulatory są kluczowymi elementami lasera na swobodnych elektronach, w których energia wiązki elektronowej jest zamieniana na spójne promieniowanie elektromagnetyczne. Jednym z koniecznych warunków zachodzenia akcji laserowej, jest zachowanie maksymalnego przekrywania się wiązki fotonowej oraz elektronowej w obszarze undulatorów. Warunek ten narzuca wymagania na precyzję konstrukcji undulatora, oraz kontrolę położenia obu wiązek. W NCBJ, przy wsparciu partnerów, trwają równoległe prace nad

zaprojektowaniem i wytworzeniem trzech różnych typów undulatorów odpowiednio dla zakresu energii fotonów: VUV, IR, THZ. Undulatory wyposażone będą w unikatową sekwencję magnesów neodymowych ułożoną w konfiguracji macierzy Halbacha. Dużym wyzwaniem są też założenia projektowe budynku akceleratora i ograniczenia wynikające z kompaktowości urządzeń w tunelu akceleratora. Konstruktorzy skłaniają się do konstrukcji modułowej undulatorów i opracowania odpowiedniej procedury montażowej.

Nowe laboratorium laserowe

W nowym laboratorium stworzonym w Świerku zainstalowano system laserowy generujący impulsy femtosekundowe (około 300fs) wysokiej mocy. Najsilniejsza wiązka laserowa ma moc szczytową w impulsie większą niż 1GW. System posiada dodatkowy moduł laserowy zwany Optycznym Wzmacniaczem Parametrycznym, który pozwala na płynne przestrajanie długości fali promieniowania laserowego od głębokiego ultrafioletu do bliskiej podczerwieni. Powyższy układ laserowy pozwoli między innymi na przeprowadzenie badań z zakre-

su interakcji światło-materia, testowanie modułów optycznych przekształcających laserowy impuls gaussowski z zakresu głębokiego ultrafioletu, testowanie modułu optycznego do Wstecznego Rozpraszania Comptona, testowanie układów optycznych spektroskopii pompa-sonda oraz testowanie Skaningowego Mikroskopu Pola Bliskiego (SNOM - Scanning Near-field Optical Microscope), który pozwoli obrazować próbki (biologiczne lub meta-materiały) w zakresie promieniowania terahercowego ze złamaniem limitu dyfrakcyjnego.



Polski akcelerator na granicy UE

Na kolejowym przejściu granicznym Kuźnica Białoostocka-Grodno zainstalowano urządzenie rentgenowskie do prześwietlania wagonów kolejowych, zbudowane z wykorzystaniem rozwiązań wypracowanych w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. Sercem systemu o nazwie Canis jest akcelerator elektronów o przełączanej energii 6 i 9 MeV wyprodukowany przez Zakład Aparatury Jądrowej NCBJ. W jego konstrukcji wykorzystano oryginalne rozwiązania opatentowane przez naukowców ze Świerca.

Canis służy do w pełni zautomatyzowanego skanowania pociągów przejeżdżających przez zewnętrzną granicę Unii Europejskiej. Dzięki technologii naprzemiennej emitowania promieniowania rentgenowskiego niskiej i wysokiej energii, skaner ma zdolność rozróżniania materiałów o różnej liczbie atomowej umożliwiając identyfikację materiałów organicznych i nieorganicznych. Pozwoli to celnikom na szybkie wykrywanie nielegalnych towarów, materiałów wybuchowych, narkotyków, broni palnej itp. Będzie też możliwe wykrywanie skrytek i dodatkowych elementów konstrukcyjnych wszystkich typów i rodzajów wagonów towarowych i kontenerów.

W systemach radiograficznych i kontroli CARGO, do rozpędzania elektronów używa się akcelero-

rów. Serce akceleratora to struktura przyspieszająca. W akceleratorze tego typu ma ona zwykle ok. 1 metra długości i przyspiesza elektrony do energii od kilku do kilkunastu megaelektronowoltów. Produkcja struktur przyspieszających to skomplikowany proces wymagający precyzji i dokładności do setnych części milimetra przy obróbce detali wnek rezonansowych, a następnie przy ich łączeniu w procesie lutowania. Z tego powodu na świecie jest tylko kilku producentów tego typu urządzeń.

Identyfikacja przewożonych materiałów odbywa się w systemie Canis na podobnej zasadzie jak w lotniskowych skanerach bagażu. Wykorzystuje się wiązki skanujące o dwóch różnych energiach, które w różny sposób są rozpraszane lub pochłaniane przez prześwietlane materiały o różnych gęstościach. W systemach akceleratorowych dużą trudność stanowi uzyskanie wiązek o dwóch różnych energiach prześwietlających ten sam obszar niemal w tym samym czasie, natomiast system Canis wykorzystuje opatentowane przez NCBJ rozwiązanie konstrukcyjne, które pozwala na zmianę energii skanującej wiązki wielokrotnie w ciągu zaledwie sekundy. Pozwala to na płynny przejazd wagonów przez obszar skanowania zgodnie z wymaganiami stawianymi przez celników.



Projekt CentriX – nowa jakość w radiografii przemysłowej

Dzięki projektowi **CentriX** na terenie NCBJ powstają cztery laboratoria, których działalność skupi się na szerokim spektrum badań związanych z promieniowaniem jonizującym.

Największą częścią projektu jest **Laboratorium Fast-X**. W laboratorium powstają stanowiska wyposażone w źródła promieniowania e-, X oraz n oraz nowoczesne detektory obrazujące, w znacznej mierze oparte o technologie opracowane w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. Uzupełnieniem własnych, unikalnych rozwiązań, będą najnowocześniejsze urządzenia rentgenowskie i detektory dostępne na światowym rynku. Laboratorium pozwoli wykonywać specjalistyczne badania radiograficzne i tomograficzne m.in. w obszarze wysokich energii, wysokich rozdzielczości oraz ultrawysokich prędkości w aplikacjach takich jak precyzyjne badanie obiektów wielkogabarytowych, identyfikacja materiałowa oraz nagrywanie filmów rentgenowskich z prędkością 100 tys. klatek na sekundę. Z kolei produkowane przez modułowy akcelerator wiązki neutronów prędkich wykorzystywane będą do neutronowej radiografii przemysłowej oraz do badań nad nowymi izotopami dla medycyny.



Laboratorium Systemów Detekcyjnych zajmie się badaniami promieniowania jonizującego: naturalnego oraz wytwarzanego w sposób sztuczny. Do badania promieniowania naturalnego o bardzo małej intensywności dedykowane jest stanowisko symulujące warunki jego występowania składające się z modelowych bloków, które odpowiadać będą wzorcom chemicznym np. Si, Al, Ca. Powstają tu także prototypowe urządzenia, a także laboratorium badające promieniowanie jonizujące wytwarzane sztucznie.

Stanowisko Badania Struktur Przyspieszających służyć będzie optymalizacji procesu wytwarzania miedzianych struktur przyspieszających.

Laboratorium Nieniszczących Badań Materiałowych będzie zajmowało się ultraszybkimi i niedestrukcyjnymi badaniami strukturalnymi materiałów za pomocą zakupionego w projekcie konfokalnego mikroskopu ramanowskiego.

Prace związane z uruchomieniem laboratoriów CentriX zostaną zakończone w 2021 roku.



Granty i projekty realizowane w NCBJ

W NCBJ co roku w trakcie realizacji jest sto kilkadziesiąt różnorodnych grantów i projektów finansowanych ze źródeł polskich, europejskich i pozaeuropejskich. Największe z nich to projekty inwestycyjne warte dziesiątki milionów euro - CERAD, PolFEL, CentriX i Nomaten. Wiele projektów

jest realizowanych w krajowych lub międzynarodowych konsorcjach. Efektem pracy niektórych z nich także zostały poświęcone wcześniej dedykowane notatki. Szczególnie cieszą nas bardzo liczne granty pozyskiwane przez naszych naukowców – indywidualnie lub jako liderzy większych zespołów.

Niektóre ostatnio uzyskane granty badawcze

HARMONIA Agnieszka Pollo, VIPERS i dalej: ewolucja galaktyk w strukturze wielkoskalowej Wszechświata. Celem projektu jest wykorzystanie jedynej na świecie ogromnej trójwymiarowej „mapy” Wszechświata sprzed 8 mld lat, stworzonej dzięki pomiarom projektu VIPERS – VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey. Dzięki niej znane są nie tylko położenia w przestrzeni ok. 90 000 oddległych galaktyk z okresu, kiedy Wszechświat był dwa razy młodszy niż dziś, ale też pojawia się możliwość badania ich własności fizycznych. W projekcie naukowcy będą te galaktyki mierzyć, ważyć, porównywać, klasyfikować przy użyciu najnowszych metod uczenia maszynowego... i porównywać zarówno z naszymi pobliskimi galaktykami, jak znacznie oddleglejszymi. Dzięki temu zamierzają dowiedzieć się, jakie ścieżki ewolucyjne i jakie procesy doprowadziły do powstania dzisiejszych typów galaktyk.

SONATA-BIS, Przemysław Matkiewicz, Kwantowe pochodzenie kosmologicznej ekspansji oraz pierwotnych struktur we Wszechświecie. W projekcie badamy rozszerzenie standardowego modelu kosmologicznego o fazę kosmologicznej kontrakcji (t.j. kurczenia się przestrzeni), która poprzedza obecną ekspansję. Wszechświat staje się bardzo mały i gęsty, a następnie odbija się do ekspansji dzięki tzw. efektom kwantowym pola grawitacyjnego. Uwzględnienie efektów kwantowych poprawia równania OTW i prowadzi do nieosobliwej dynamiki wszechświata. Użyjemy zaproponowany model do wyznaczenia dokładnych przewidywań dotyczących pierwotnych fal grawitacyjnych,

których pomiar jest celem wielu obecnie trwających lub planowanych eksperymentów.

SONATA BIS, Justyna Łagoda, Precyzyjne pomiary oscylacji neutrin w ulepszonym eksperymencie T2K. Eksperyment T2K przygotowuje się do wkroczenia w drugą fazę. Remontowany i ulepszany jest daleki detektor, który uzyska wyższą czułość, szczególnie na oddziaływania antyneutrin. Wzmocniona zostanie również intensywność wiązki neutrin. Wcześniej trzeba włożyć wiele pracy w zrozumienie działania ulepszonych detektorów (symulacje, kalibracja, określenie błędów systematycznych), rekonstrukcję zarejestrowanych oddziaływań i ich selekcję, a także zrozumienie procesów stanowiących tło dla poszukiwanego przez nas sygnału. Niezbędne jest rozwijanie narzędzi informatycznych, takich jak algorytmy rekonstrukcji zdarzeń i metody selekcji (w tym uczenie maszynowe), a także zaawansowanych metod statystycznych, pozwalających szybko i efektywnie porównywać dane z modelami dla wielkich ilości zdarzeń i wielu parametrów modeli. Projekt dotyczy uczestniczenia w rozwoju takich narzędzi i analizie danych za ich pomocą.

SONATA BIS, Katarzyna Małek, ASTROdust: wyczerpujący opis atenuacji pyłu w galaktykach na podstawie miliona galaktyk obserwowanych przez satelitę Herschel. Głównym celem projektu jest statystyczne zbadanie tłumienia pyłu w galaktykach i jego zależności od typów galaktyk w różnych epokach kosmicznych. Do badań posłużą bezprecedensowo wielka próbka miliona galaktyk



zaobserwowanych w podczerwieni przez satelitę Herschel. Realizatorzy planują skonstruować prawidłowe krzywe tłumienia dla różnych typów galaktyk i zbadać, jak zmieniały się z czasem w ciągu ostatnich 10 mld lat. Doprowadzi to do ponownego oszacowania podstawowych własności fizycznych galaktyk aktywnych gwiazdotwórczo i dostarczy nowych narzędzi astronomom, którzy się tymi fascynującymi obiektami zajmują.

SONATA, Jan Jakub Ostrowski, Kosmologia bez teorii zaburzeń. Projekt ma trzy główne etapy. Pierwszy to próba aplikacji dokładnych, niejednorodnych rozwiązań równań Einsteina do charakterystycznych fragmentów Wszechświata takich jak np. pustki albo gromady galaktyk. Drugim etapem byłoby zbudowanie z tych fragmentów opisu całościowego, np. poprzez uśrednianie (to dotąd nierozwiązany problem teoretyczny). W trzecim etapie planuję modelowanie propagacji światła w otrzymanym modelu, co pozwoliłoby na konfrontacje przewidywań z obserwacjami i prawdopodobnie ubogaciło nasze zrozumienie zjawisk i koncepcji związanych np. z pojęciami ciemnej materii i ciemnej energii.

SONATA, Paweł Sznajder, Badanie trójwymiarowej struktury nukleonu w planowanym zderzaczu elektron-jon. Autor zaproponował spójny program badawczy dążący do lepszego zrozumienia struktur hadronowych. Program ten opiera się na użyciu formalizmu uogólnionego rozkładu partonów (GPD) - owocnej teorii powstałej na bazie QCD w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Zaplanowano poddanie analizie produkcję mezonów, uwzględnienie efektów jądrowych i stanów początkowych, opracowanie nowego generatora Monte

Carlo dedykowanego procesom ekskluzywnym oraz opracowanie tzw. metod przeważania. Projekt ma ogromne znaczenie dla przyszłego zderzacza elektron-jon (EIC), który powstanie w USA.

OPUS, William Pearson, Zderzenia galaktyk: tworzenie gwiazd w czasie najpotężniejszych kolizji we Wszechświecie. W projekcie, przy wykorzystaniu nowych obserwacji z przeglądu Kilo-Degree Survey (KiDS), autor zamierza określić, jak tempo tworzenia się gwiazd zmienia się w kolejnych etapach procesu zderzenia galaktyk. Będzie to bezprecedensowy projekt badawczy, wykorzystujący najnowsze, niedawno opracowane metody oparte na technikach uczenia maszynowego i najnowsze osiągnięcia w dziedzinie sztucznej inteligencji (SI). Pozwoli to dokładnie określić czas, jaki pozostał do zderzenia dwóch pobliskich galaktyk lub jaki minął od rozpoczęcia procesu ich kolizji. W wyniku projektu stworzone zostaną katalogi czasów zlewania się galaktyk, a opracowany w ramach projektu algorytm SI zostanie opublikowany.

OPUS, Kenji Shinozaki, Poszukiwanie makroskopowej ciemnej materii za pomocą naziemnych i kosmicznych kamer o wysokiej czułości. Nuklearyty są rodzajem hipotetycznych cząstek ciemnej materii zwanej „dziwną materią kwarkową”. Naukowcy sądzą, że można je poszukiwać w obserwacjach podobnych do obserwacji meteorów. Projekt zakłada poszukiwania nuklearytów w ramach działań eksperymentów Mini-EUSO oraz DIMS. Grupa DIMS planuje zbudować cztery automatyczne kamery i obserwować meteory, szczególnie te pochodzące spoza Układu Słonecznego. W ramach projektu zostanie dodana kolejna kamera ustawiona na wyszukiwanie nuklearytów.



OPUS, Andrzej Sandacz, Eksperyment COMPASS – badanie wewnętrznej trójwymiarowej struktury nukleonu.

Celem projektu jest doświadczalne badanie wewnętrznej, trójwymiarowej struktury nukleonu na poziomie jego elementarnych składników za pomocą badań QCD, które wykraczają poza powszechnie stosowany dotychczas opis jednowymiarowy. Opis trójwymiarowej struktury nukleonu jest możliwy albo w ramach formalizmu TMD (ang. Transverse Momentum Dependent distributions) lub w ramach formalizmu GPD (ang. Generalised Parton Distributions). W projekcie rozkłady TMD i GPD będą badane na podstawie pomiarów trzech procesów: ekskluzywnej produkcji mezonów i fotonów w głęboko nieelastycznym rozpraszaniu muonów (tematyka GPD), semi-inkluzywnym głęboko nieelastycznym rozpraszaniu mionów na poprzecznie spolaryzowanych deuteronach (tematyka TMD) oraz produkcji par mionów w procesie Drelli-Yana w rozpraszaniu pionów na nukleonach (tematyka TMD). Pomiary będą prowadzone w ramach Współpracy COMPASS w CERN-ie za pomocą rozpraszania wysoko energetycznych mionów – lub mezonów π na nukleonach.

PRELUDIUM, Sebastian Trojanowski, Aksjonowa ciemna materia w scenariuszach z niską temperaturą podgrzania Wszechświata po okresie inflacji kosmologicznej. Sebastian Trojanowski jest jednym z czterech pomysłodawców nowego eksperymentu przy Wielkim Zderzaczu Hadronów, nazwanego FASER, który będzie się koncentrował na poszukiwaniu śladów od tzw. nowej fizyki, wykraczającej poza naszą dotychczasową wiedzę na temat materii, jak również będzie analizował właściwości najbardziej nieuchwytnych spośród dotychczas znanych nam cząstek, tzw. neutrin. W swoich badaniach, dr Trojanowski zajmuje się też zagadnieniem tzw. ciemnej materii, która jest jednym z dominujących składników

otaczającego nas Wszechświata, choć jej natura pozostaje nadal zagadkowa.

PRELUDIUM, Tomasz Kwiatkowski, Zastosowanie modeli turbulentnych typu LES i hybrydowych dla precyzyjnych predykcji przepływu chłodziwa i wymiany ciepła w ściśle upakowanych kasetach paliwowych. Głównym celem zaproponowanych badań jest walidacja i/lub kalibracja dostępnych i powszechnie stosowanych modeli turbulencji występujących w przepływie chłodziwa reaktorów jądrowych. Wdrożenie tego projektu pozwoli określić, na ile dobre są obecnie stosowane modele turbulentne niskiego rzędu w odniesieniu do modelowania przepływu chłodziwa i wymiany ciepła w ściśle upakowanych kasetach paliwowych. Autor przewiduje, że w konsekwencji zaproponowany zostanie zestaw tzw. najlepszych praktyk, tzn. wskazań jak takie analizy należy przeprowadzać.

PRELUDIUM BIS, Andrzej Kupść, Jak zaobserwować łamanie symetrii CP w rozpadach hiperonów. Autor wniosku i przyszły promotor doktoranta, któremu zostanie on powierzony, przewiduje, że w ramach grantu zostanie opracowana nowa metoda badania symetrii CP dla procesów z udziałem barionów zawierających kwark dziwny, gdzie naruszenie symetrii CP nie zostało do tej pory stwierdzone eksperymentalnie. Metoda ta powinna wykorzystywać pary barion-antybarion wytworzone w wyniku anihilacji pary elektron-pozytron albo proton-antypoton w jednym z planowanych obecnie eksperymentów. Do opracowania metody zostaną użyte dane zebrane w eksperymencie BESIII w Pekinie. Stany barionów wytwarzanych w takich anihilacjach są splątane kwantowo (co oznacza, że występują korelacje pomiędzy stanem kwantowym barionu i antybarionu), a ich spiny są spolaryzowane.



100% naszych projektów na Polskiej Mapie Infrastruktury Badawczej

Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego opublikował w 2020 r. listę strategicznych infrastruktur badawczych umieszczonych na Polskiej Mapie Infrastruktury Badawczej. Wśród 70 zaaprobowanych projektów znalazło się 7 propozycji przygotowanych przez naukowców z Narodowego Centrum Badań Jądrowych. Są wśród nich cztery projekty nowych krajowych struktur badawczych i trzy projekty udziału polskich naukowców zgrupowanych w konsorcjach kierowanych przez NCBJ w przedsięwzięciach międzynarodowych.

Wśród nowych infrastruktur krajowych umieszczonych na Mapie znalazła się rozpoczęta już inwestycja budowy **polskiego lasera na swobodnych elektronach PolFEL** i jego rozbudowa w drugim etapie poszerzająca znacznie możliwości badawcze. Drugą propozycją NCBJ jest **budowa przy reaktorze jądrowym MARIA nowego laboratorium badawczego** pozwalającego efektywnie wykorzystać powstający w reaktorze silny strumień neutronów m.in. do badań materiałowych i biologicznych. Badaniom i syntezie nowych materiałów przeznaczonych do pracy w warunkach ekstremalnych, a także w medycynie ma służyć kolejny projekt **NOMATEN CoRE**. W zamyśle wnioskodawców będzie to istotne uzupełnienie utworzonego niedawno Centrum Doskonałości NOMATEN o własne, ulokowane w Świerku laboratoria badawcze. W projektowanych laboratoriach ma być możliwe wytwarzanie, modyfikowanie i wszechstronne badanie nowych materiałów o unikalnych właściwościach. Ostatnim, ale może najważniejszym projektem nowej krajowej infrastruktury badawczej planowanej w NCBJ jest europejski eksperymentalny wysokotemperaturowy reaktor jądrowy chłodzony gazowym helem **EUHTER**, którego budowa miała by

stanowić wstęp do wprowadzenia technologii reaktorów wysokotemperaturowych do europejskiego przemysłu.

Wśród przedsięwzięć międzynarodowych umieszczonych na liście strategicznych infrastruktur badawczych powstających z udziałem polskich naukowców, i koordynowanych przez NCBJ, znalazły się dwa zaawansowane już i kontynuowane przedsięwzięcia oraz jeden dopiero przygotowywany projekt.

Przedsięwzięcia już zaawansowane to badania i rozbudowa infrastruktury europejskiego rentgenowskiego lasera na swobodnych elektronach **European XFEL** w Hamburgu oraz udział w obserwacjach Wielkiego Teleskopu do Synoptycznych Przeglądów Nieba (**the Large Synoptic Survey Telescope**), powstającego w Chile. Zupełnie nowym przedsięwzięciem jest projekt eksperymentu **Hyper-Kamiokande**. Eksperyment ten ulokowany w Japonii ma istotnie poszerzyć naszą wiedzę na temat neutrin – najsłabiej poznanych dotychczas cząstek Modelu Standardowego.

Naukowcy z NCBJ uczestniczą również w pracach konsorcjów koordynowanych przez inne jednostki, których projekty także znalazły się na Mapie. Jest to m.in. **udział w eksperymentach CERN**, czy w projektach **budowy infrastruktur informatycznych** zgłoszonych przez AGH i PCSS (ICB PAN).

Pełna lista wybranych projektów znajduje się na stronie MEiN.

Umieszczenie projektu na Polskiej Mapie Infrastruktury Badawczej nie gwarantuje automatycznie jego finansowania, ale istotnie zwiększa szanse przy staraniu się o uzyskanie niezbędnych środków.



Pikniki i festiwale

Popularyzatorzy nauki i edukatorzy z NCBJ uczestniczą w wielu imprezach na terenie całej Polski. Najważniejsze z nich to Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, Festiwal Nauki w Warszawie, Piknik Nauki EKSPLOKACJE w Rzeszowie i Śląski Festiwal Nauki w Katowicach. Uczestniczyliśmy także w Rodzinnym Pikniku Nauki w Otwocku, Wszechnicy Inżynierskiej SITMN w Głogowie, spotkaniu popularnonaukowym „Na podbój przestworzy” w Bydgoszczy i w Sejneńskich Spotkaniach z Nauką. Nasi pracownicy przygotowali także seminarium dla nauczycieli fizyki szkół ponadpodstawowych w WODN w Sieradzu, warsztaty w ramach konferencji projektu CREDO, CREDO Workshop 2019 w Krakowie oraz wykład dla nauczycieli na seminarium programu Bogolubowa-Infelda w Poznaniu. Na przygotowywanych przez nas zajęciach i pokazach opowiadamy o promieniowaniu jonizującym i jego powszechnej obecności w życiu każdego człowieka. Uczestnicy mogą obserwować ślady promieniowania naturalnego

w komorze mgłowej, a także zbadać aktywność wielu promieniotwórczych przedmiotów i substancji codziennego użytku. Promieniowanie kosmiczne prezentowane jest z wykorzystaniem liczników mionowych Cosmic Watch. Wyjątkową atrakcją jest możliwość obejrzenia bogatej galerii VR trójwymiarowych zdjęć Reaktora MARIA. Specjalną atrakcją naszego stoiska na **warszawskim Pikniku Naukowym w 2019** byli goście z Hamburga, którzy opowiadali o laserze na swobodnych elektronach European XFEL, którego współwłaścicielem jest NCBJ. XFEL to dwukilometrowy akcelerator elektronów, które rozpędzone trafiają dalej w odpowiednio ukształtowane pole magnetyczne i oscylując w nim, emitują promieniowanie laserowe o dobrze kontrolowanych parametrach. Na stoisku znajdowały się dwa zestawy VR pozwalające zwiedzającym na wirtualny spacer po tunelu European XFEL i po stacji badawczej FXE. Pokazano również wielkoformatową mapę ośrodka DESY, ukazującą jak ogromne to przedsięwzięcie.

Wykłady popularne

NCBJ zaproponowało pracownikom instytutu niebędącym pracownikami badawczymi, udział w godzinach pracy krótkich w popularnych wykładach poświęconych zagadnieniom badanym przez naszych naukowców. Przed pandemią udało się zorganizować

11 takich spotkań. Była w nich mowa m.in. o cząstkach, wielkich eksperymentach, reaktorach, akceleratorach, detektorach i plazmie. Wykłady zainaugurowali członkowie dyrekcji NCBJ. Nagrania z wykładów zostały udostępnione na kanale YouTube instytutu.



Fizyczne ścieżki 2019 i 2020

Organizowany wspólnie przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych i Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk konkurs „Fizyczne ścieżki”, co roku wylania najzdolniejszych uczniów siódmych i ósmych klas szkoły podstawowej oraz uczniów szkół ponadpodstawowych w trzech kategoriach: esej, pokaz zjawiska fizycznego i praca naukowa.

Edycja 2018/2019 odbywała się podobnie jak w latach poprzednich. Finaliści mieli również okazję zapoznać się z działalnością Instytutu i zwiedzić reak-

tor jądrowy MARIA. Otrzymali nagrody finansowe sponsorowane przez Samorząd Województwa Mazowieckiego oraz nagrody rzeczowe, które ufundowali Miasto Otwock, Powiat Otwocki i organizatorzy konkursu. Laureaci otrzymali także indeksy na wydział fizyki Uniwersytetu w Białymstoku, Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Uniwersytetu Warszawskiego. Rok później w edycji 2019/2020 z powodów pandemicznych finał został przeniesiony do sieci. Mimo zdalnego trybu konkursu jak co roku zgromadził wielu młodych pasjonatów fizyki oraz ich opiekunów.

Popularyzacja online

Pandemia pokrzyżowała plany organizatorów imprez popularyzujących naukę, ale mimo ograniczeń naukowcy znaleźli sposoby by dotrzeć do szerokiej publiczności.

Pokonując trudności związane z pandemią wirusa sars-cov-2 wprowadziliśmy do naszej oferty edukację zdalną. Na pierwszy w czasie pandemii warszawski Festiwal Nauki w 2020 r. NCBJ przygotował specjalny wykład-prezentację na temat Ciemnej strony Wszechświata. Nagranie oczywiście zostało zaprezentowane w internecie.

Na bieżąco oferujemy chętnym warsztaty dla szkół, wykłady oraz szkolenie dla nauczycieli prowadzone za pośrednictwem Internetu. W ofercie Naszego Działu Edukacji i Szkoleń znalazły się warsztaty

online dla szkół, wykłady online, szkolenie online dla nauczycieli, a nawet zajęcia laboratoryjne w formie online. Ta ostatnia oferta kierowana jest do klas szkół ponadpodstawowych, które chciałyby wzbogacić prowadzone w szkole lekcje o zajęcia laboratoryjne w formie transmisji za pośrednictwem Internetu. Zajęcia przeprowadzane są przy pomocy aparatury znajdującej się w unikatowym w skali europejskiej naszym Laboratorium Fizyki Atomowej i Jądrowej. Oferowane zajęcia pozwalają na zapoznanie się z aparaturą używaną w laboratorium oraz obserwację zjawisk z zakresu fizyki jądrowej m.in. właściwości i oddziaływania promieniowania jonizującego z materią. Podczas zajęć przewidujemy wprowadzenie teoretyczne, prezentację aparatury i stanowiska, przeprowadzenie doświadczenia oraz omówienie otrzymanych wyników.



Nowi profesorowie

W latach 2019-2020 grono profesorów instytutu powiększyło się o 21 nowych osób

- ▶ **Dr Mikko Alava** został wybrany dyrektorem Centrum Doskonałości NOMATEN i dołączył do zespołu NCBJ jako profesor instytutu
- ▶ **Prof. dr hab. Marek Biesiada** dołączył do zespołu Zakładu Astrofizyki w Departamencie Badań Podstawowych NCBJ (DBP)
- ▶ **Dr hab. Konrad Górski** dołączył do zespołu Interdyscyplinarnego Zakładu Analiz Energetycznych
- ▶ **Dr hab. Janusz Kocik** dołączył do Departamentu Eksploatacji Obiektów Jądrowych i został kierownikiem Działu Badań Biochemicznych

17 naukowców instytutu uzyskało w latach 2019-2020 stopień doktora habilitowanego. Byli to:

- ▶ **Tolga Altinoluk** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Produkcja cząstek i korelacje w podejściu Kondensatu Szkla Kolorowego (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Paweł Bielewicz** z Zakładu Astrofizyki DBP. Tytuł osiągnięcia: Obserwacyjne ograniczenia na topologię Wszechświata (habilitacja w CAMK)
- ▶ **Michał Bluj** z Zakładu Fizyki Wielkich Energii DBP. Tytuł osiągnięcia: Od rekonstrukcji leptonu tau do obserwacji rozpadów bozonu Higgsa na pary tau-tau w eksperymencie CMS przy LHC (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Piotr Goldstein** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Uogólnienia ciągle testu Painleve (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Ernest Grodner** z Zakładu Fizyki Jądrowej DBP. Tytuł osiągnięcia: Weryfikacja hipotezy naruszenia jądrowej symetrii chiralnej (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Kamila Kowalska** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Status supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w świetle danych z Wielkiego Zderzacza Hadronów (habilitacja w NCBJ).
- ▶ **Łukasz Kurpaska** z Laboratorium Badań Materiałowych w Departamencie Fizyki Materiałowej. Tytuł osiągnięcia: Wpływ temperatury i stopnia zdefektowania na właściwości funkcjonalne wybranych materiałów stosowanych w przemyśle jądrowym (habilitacja w Akademii Górniczo-Hutniczej)



- ▶ **Katarzyna Małek** z Zakładu Astrofizyki DBP. Tytuł osiągnięcia: Klasyfikacja i modelowanie widm energetycznych galaktyk obserwowanych w podczerwieni (habilitacja na Uniwersytecie Jagiellońskim)
- ▶ **Przemysław Małkiewicz** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Konstrukcja, analiza i interpretacja kwantowej dynamiki klasycznie osobliwych układów kosmologicznych (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Katarzyna Nowakowska-Langier** z Zakładu Technologii Plazmowych i Jonowych Departamentu Fizyki Materiałowej. Tytuł osiągnięcia: Kształtowanie struktury powłok w aktywnej plazmie niskotemperaturowej w wybranych metodach PAPVD (habilitacja na politechnice Warszawskiej)
- ▶ **Marek Rabiński** z Zakładu Fizyki Detektorów i Diagnostyki Plazmy Departamentu Aparatury i Technik Jądrowych. Tytuł osiągnięcia: Badania dynamiki plazmy w rozwoju metody IPD impulsowego nakładania pokryć w inżynierii powierzchni (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Jacek Rożynek** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Nukleony w gęstej i gorącej materii jądrowej. (habilitacja w NCBJ). Jacku! Bardzo nam Ciebie brakuje!
- ▶ **Jacek Rządkiewicz** z Departamentu Aparatury i Technik Jądrowych. Tytuł osiągnięcia: Rozwój metod analizy wysokorozdzielczych widm rentgenowskich powstających podczas procesów zderzeniowych, procesów hamowania i w strukturach plazmowych oraz projektowanie warunków dla zarejestrowania procesu wzbudzenia jądra poprzez wychwyt elektronu (habilitacja w NCBJ).
- ▶ **Enrico Sessolo** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Sygnały ciemnej materii w modelach Nowej Fizyki (habilitacja w NCBJ)
- ▶ **Piotr Tulik** z Zakładu Metrologii Radiologicznej i Fizyki Biomedycznej Departamentu Eksploatacji Obiektów Jądrowych. Tytuł osiągnięcia: Rekombinacyjny wskaźnik jakości promieniowania – zastosowania przy wykorzystaniu promieniowania jonizującego w procedurach medycznych (habilitacja na Politechnice Warszawskiej)
- ▶ **Jakub Wagner** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Badania ekskluzywnej produkcji cząstek w procesach z dużą skalą czasopodobną (habilitacja w NCBJ).
- ▶ **Paweł Ziń** z Zakładu Fizyki Teoretycznej DBP. Tytuł osiągnięcia: Opis zjawisk wywołanych przez kwantowe i termiczne fluktuacje w układach ultrazimnych gazów atomowych (habilitacja w NCBJ).



Kształcenie doktorantów w NCBJ

NCBJ oraz Instytut Chemii i Technologii Jądowej podpisały umowę o prowadzeniu wspólnej szkoły doktorskiej. Dyrektorzy instytutów, profesorowie Andrzej Chmielewski i Krzysztof Kurek podpisali stosowną umowę. Studenci będą mogli uzyskać stopień doktora w dziedzinie fizyki lub chemii. W założeniach programowych przedsięwzięcia zapisano m. in. „Potrzeba powołania szkoły doktorskiej przez dwie jednostki naukowo-badawcze: Narodowe Centrum Badań Jądowych (NCBJ) i Instytut Chemii i Techniki Jądowej (ICHTJ) istnieje od dawna. Wynika ze wspólnej historii instytutów sięgającej lat 50. XX wieku, komplementarności prowadzonych w nich badań, a ostatnio ze wzrastających potrzeb gospodarki i nauki oczekujących specjalistycznego kształcenia kadr dla Programu Polskiej Energetyki Jądowej (PPEJ) i stale rozwijających się zastosowań promieniowania jonizującego. Konieczne jest także wzmocnienie kadr w polskiej nauce w związku ze wzrastającą jej pozycją w globalnej przestrzeni badawczej i naciskiem kładzionym na innowacje. Zarówno instytucje badawcze i uniwersytety, jak i jednostki administracji państwowej, wdrażające programy związane z atomistyką, oczekują wykształconych pracowników posiadających szeroką wiedzę interdyscyplinarną w zakresie fizyki i chemii jądowej. Uzdolnieni absolwenci studiów doktoranckich posiadający pogłę-

bioną wiedzę specjalistyczną w zakresie zarówno fizyki jądowej, astrofizyki, jak i radiochemii, chemii radiacyjnej czy radiobiologii znacząco zasila polską kadrę naukową. Globalizacja badań naukowych i otwarta przestrzeń badawcza w Europie dają gwarancję pracy nie tylko w kraju, ale również w licznych instytucjach zagranicznych.”

Studenci będą otrzymywać stypendia, których minimalna wysokość określa ustawa. Po dwóch latach, po pozytywnej ocenie wyników nauki studenta, wysokość jego stypendium doktoranckiego zostaje podwyższona, co także regulują przepisy. Oba instytuty stosują stawki wyższe od minimalnych.

Równolegle w NCBJ prowadzone są studia doktoranckie dla studentów, którzy rozpoczęli je przed zmianą przepisów w tym zakresie, oraz:

Interdyscyplinarne Studium Doktoranckie Radfarm w ramach projektu: Radiofarmaceutyki dla ukierunkowanej molekularnie diagnostyki i terapii medycznej

Interdyscyplinarne studia doktoranckie PHD-4GEN prowadzone w ramach projektu „Nowe koncepcje reaktorów i analiz bezpieczeństwa dla Programu Polskiej Energetyki Jądowej”



Akceleratorowa metoda produkcji ^{99}Mo . Pierwszy staż zagraniczny RadFarm

Molibden-99, ulegający rozpadowi jądrowemu do technetu-99m, to główny izotop stosowany w medycynie nuklearnej. Otrzymywany jest przede wszystkim w reaktorach jądrowych, takich jak polski reaktor badawczy MARIA w Narodowym Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Otwocku-Świerku. Produkcja tego izotopu w reaktorach jądrowych ma jednak istotne ograniczenia, dlatego naukowcy poszukują nowych sposobów efektywnego wytwarzania molibdenu-99, na przykład wykorzystując do tego akceleratorzy. Nad tym zagadnieniem pracuje także doktorant RadFarm, który buduje w NCBJ eksperymentalne stanowisko do produkcji ^{99}Mo wiązką elektronów z akceleratora liniowego. Kluczową z punktu widzenia pracy reakcją jądrową, prowadzącą do powstawania molibdenu-99, jest emisja neutronu przez jądro molibdenu-100 zawartego w materiale tarczowym,

wymuszona wysokoenergetycznym fotonem uderzającym w tarczę. Wiązka fotonów niezbędna do zajścia tej reakcji jądrowej, wytwarzana jest w wyniku hamowania pierwotnie przyspieszonych w akceleratorze elektronów, na jądrach atomowych tarczy konwersji wykonanej z np. tantalu lub wolframu.

Wyjazd stażowy do Canadian Isotope Innovations dał możliwość polskiemu doktorantowi wzięcia udziału w eksperymencie przeprowadzonym Canadian Light Source w ramach projektu IAEA. W eksperymencie przeprowadzonym w CLS naświetlanie tarczy zawierającej molibden-100 odbywało się w liniowym akceleratorze elektronów o energii wiązki 35 MeV, a w NCBJ budowany jest obecnie akcelerator o energii 30 MeV, a więc podobny do dostępnego w laboratorium CLS.

Diamantowy Grant dla studenta FUW na badania w NCBJ

Student Wydziału Fizyki UW został laureatem Diamantowego Grantu. Projekt nagrodzony Diamantowym Grantem jest zatytułowany „Poprawki pętlowe i faktoryzacja w procesie ekskluzywnej produkcji par fotonów o dużej masie niezmienniczej”. Celem pracy jest obliczenie poprawek pętlowych w procesie produkcji dwóch fotonów w reakcji foton + proton: $p\gamma \rightarrow p\gamma\gamma'$, przy zastosowaniu perturbacyjnej chromodynamiki kwantowej. Osiągnięte wyniki posłużą do udowodnienia twierdzenia o faktoryzacji w przypadku procesów produkcji dwóch cząstek. Twierdzenie to, stosowane z po-

wodzeniem w procesach produkcji jednej cząstki, jest jednym z podstawowych narzędzi pozwalających na zinterpretowanie danych i opis struktury protonu i innych cząstek zbudowanych z kwarków i glonów. Dodatkowo przewidywania numeryczne dla analizowanego procesu mogą mieć duże znaczenie w przygotowywaniu przyszłych eksperymentów w wiodących laboratoriach, np. w JLab, COMPASS, LHC oraz powstającym w Stanach Zjednoczonych Electron Ion Collider (EIC) czyli zderzaczu elektronowo-jonowym, nad którym pracują także naukowcy z NCBJ.



Strategia HR – „HR Excellence in Research”

W 2019 r. Narodowe Centrum Badań Jądrowych otrzymało prestiżowe wyróżnienie HR Excellence in Research. Komisja Europejska przyznaje to wyróżnienie instytucjom, które przyczyniają się do zwiększenia atrakcyjności warunków pracy naukowców w Unii Europejskiej i zapewniają pracownikom przejrzysty proces rekrutacji, stabilność zatrudnienia oraz możliwość rozwoju kariery zawodowej. Komisja Europejska wspiera instytucje wdrażające postanowienia Europejskiej Karty Naukowca i Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych i promuje takie instytucje wśród organizacji międzynarodowych i badaczy jako podmioty zapewniające najlepsze warunki pracy i rozwoju.

Wyróżnienie „HR Excellence in Research” jest zobowiązaniem do stosowania **standardów HRS4R** i ciągłego doskonalenia. Planem NCBJ jest stworzenie atrakcyjnego miejsca dla ludzi z pasją i naukowców z całego świata.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Wyróżnienie HR Excellence in Research nie jest przyznawane na zawsze. Instytucje posiadające ten tytuł są systematycznie ewaluowane pod kątem utrzyma-

nia standardów przyjętych przez Komisję Europejską. Najbliższe sprawozdanie i podsumowanie realizacji działań oraz aktualizacja dotychczasowego planu odbędą się we wrześniu 2021 r.

Strategia HR

W okresie 2019-2021 zgodnie z harmonogramem planu działań (Action Plan) zrealizowano szereg akcji na rzecz rozwoju kadr naukowych. Utworzona została **Strategia HR dla NCBJ** dotycząca pracowników NCBJ zatrudnianych na stanowiskach naukowych i badawczo technicznych. Określono w niej pożądane wartości kultury organizacyjnej w odniesieniu do osób, zespołów i departamentów badawczych Instytutu. Strategia HR określa także najważniejsze kierunki działań NCBJ w obszarach doskonalenia zarządzania zasobami ludzkimi w odniesieniu do pracowników naukowych: tj. wspieranie i wzmacnianie postaw odpowiedzialności zarówno w odniesieniu do realizacji planów badawczych, jak i do praktycznego stosowania 40 zasad opisanych w Europejskiej Karcie Naukowca, które po części dotyczą samych pracowników naukowych, a po części stanowią zobowiązanie instytucji naukowej jako pracodawcy.

Obszarem, nieustannie usprawnianym jest proces rekrutacji, którego głównym celem jest ułatwienie zatrudniania najlepszych kandydatów na stanowiska naukowe zgodnie z Polityką OTM-R w NCBJ. Polityka rekrutacji OTM-R odnosi się do wszystkich stanowisk naukowych oraz do wszystkich potencjalnych kandydatów niezależnie od stopnia zaawansowania kariery i oczekiwanych oraz posiadanych stopni naukowych.



Program Future Leaders

Wdrożony został **program szkoleniowo-rozwojowy typu „talent management” adresowany do przyszłej kadry naukowej NCBJ „Future Leaders”**. Program ten trwał od maja 2020 r. do marca 2021 r. Z departamentów naukowo-badawczych NCBJ zgłoszono 15 osób, które wzięły udział w cyklu warsztatów szkoleniowych. Uczestnicy opracowali i realizowali indywidualne plany rozwoju kompetencji potrzebnych liderowi (takich jak zarządzanie sobą i swoją karierą, kierowanie zespołem/grupą badawczą, inne umiejętności przywódcze). Pracowali też indywidualnie z zaproszonymi

do programu piętnastoma mentorami. Ważnym elementem programu była praca w 3-osobowych zespołach projektowych, rezultaty będą wykorzystywane i wdrażane w przyszłości. Treścią projektów było m.in. doskonalenie sposobów kierowania projektami i zespołami.

Jako jeden z efektów programu planowana jest otwarta dla wszystkich liderów NCBJ platforma wymiany doświadczeń (best practice sharing). Rekrutacja do II edycji programu Future Leaders rozpocznie się w II połowie 2021.

Struktura zatrudnienia



do 34 roku życia

między 35 a 44 lata

między 45 a 54 lata

między 55 a 64 lata

powyżej 65 roku życia



NOWE MIEJSCA, NOWE JEDNOSTKI

Hoża to już historia

Ostatni profesorowie wynieśli ostatnie biurka z dotychczasowego pawilonu NCBJ przy ul. Hożej 69. Obecnie nasze warszawskie zakłady mieszczą się przy ul. Pasteura 7 na uniwersyteckim Kampusie Ochota. Konkretnie na drugim, czwartym i piątym piętrze budynku dzielonego z Wydziałem Fizyki i innymi jednostkami Uniwersytetu Warszawskiego.

W nowej lokalizacji, podobnie jak na Hożej, znalazły siedzibę zakłady Departamentu Badań Podstawowych

NCBJ: Zakład Fizyki Jądrowej (BP1), Zakład Fizyki Teoretycznej (BP2), Zakład Fizyki Wielkich Energii (BP3) i Zakład Astrofizyki (BP4). Pasteura 7 w Warszawie to nie jedyna lokalizacja NCBJ poza Świerkiem: Pracownia Promieniowania Kosmicznego Zakładu Astrofizyki NCBJ zlokalizowana jest w Łodzi.

Uległy też zmianie warszawskie numery telefonów pracowników instytutu. Aktualne numery można sprawdzić na stronach YP widocznych jedynie z komputerów połączonych w sieci NCBJ.

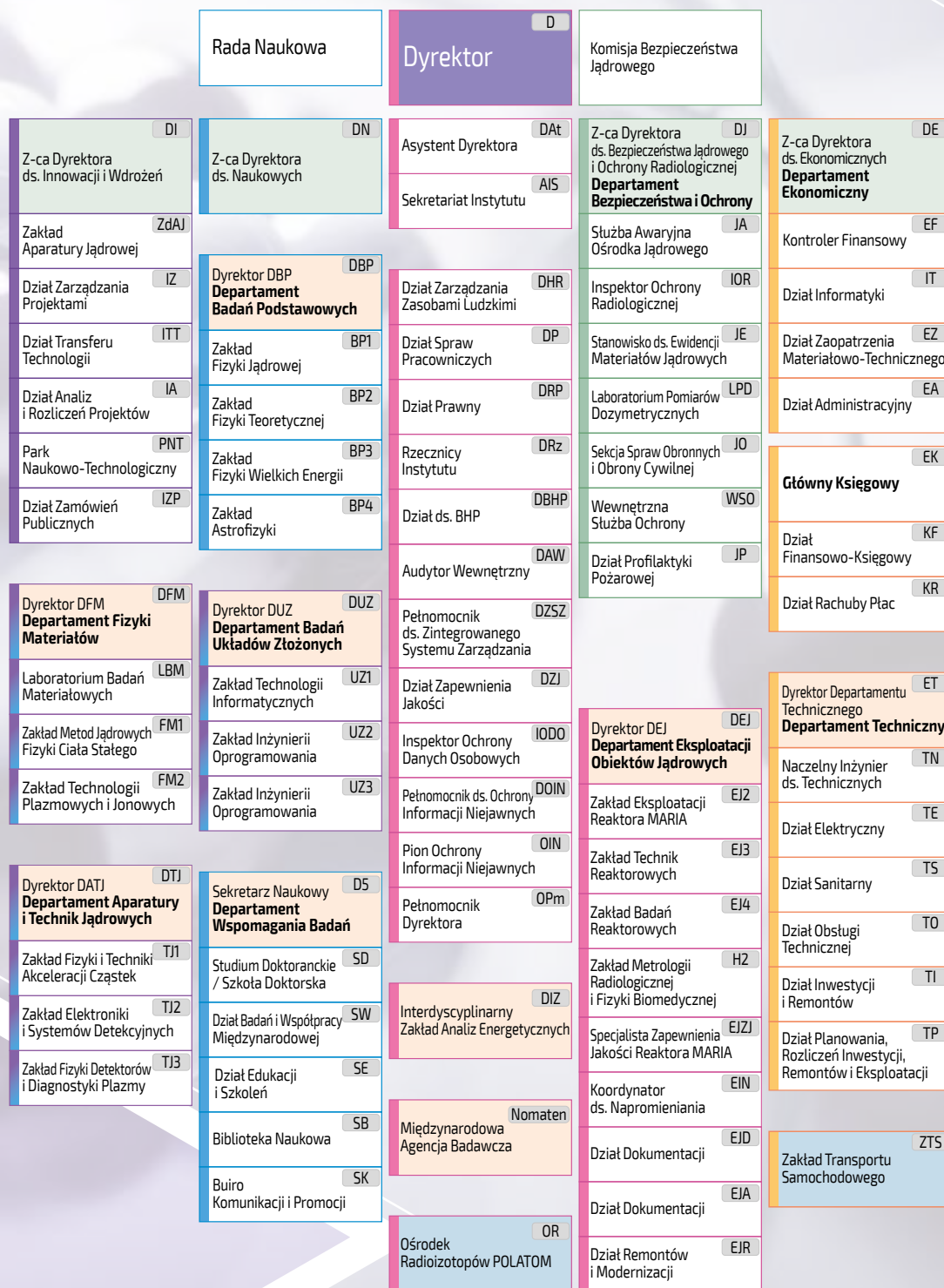
Zakład Inżynierii Oprogramowania

W Departamencie Badań Układów Złożonych utworzono nowy Zakład Inżynierii Oprogramowania. Zajmuje się on rozwojem algorytmów i oprogramowania naukowego wymagających dużych mocy obliczeniowych. Praca zakładu głównie nakierowana jest na rozwój i utrzymanie oprogramowania dedykowanego dla istniejącego w NCBJ super komputera (Centrum Informatyczne Świerk). Opracowywane rozwiązania

obejmują zagadnienia Uczenia Maszynowego (ML) i Sztucznej Inteligencji (SI), High Performace Computing (HPC), Cloud Computing oraz opracowywanie usług SaaS oraz PaaS. Zakład prowadzi działalność naukowo-badawczą i techniczną w tych dziedzinach. Pracownicy Zakładu zaangażowani są w multidyscyplinarne projekty badawcze w szczególności w zastosowaniu w diagnostyce medycznej.



Schemat organizacyjny





CERTYFIKATY I AKREDYTACJA

- ▶ **Certyfikat J-2358/4/2021** dla NCBJ OR POLATOM w zakresie: projektowanie, produkcja, sprzedaż produktów izotopowych oraz radiofarmaceutyków, serwis aparatury izotopowej, usługi transportowe i spedycyjne materiałów promieniotwórczych. POLATOM spełnia wymagania PN-EN ISO 9001:2015-10. Okres ważności: od 2021-03-20 do 2024-03-19.
- ▶ **Certyfikat** Nr AP 120 Akredytacji Laboratorium wzorującego, wydany przez Polskie Centrum Akredytacji. Laboratorium spełnia wymagania norm PN-EN ISO/EIC 17025:2018-02. Akredytacji udzielono 19.12.2008 r. oraz przedłużono w dniu 18.12.2024 r.
- ▶ **Certyfikat GMP** wydany przez GIF dla NCBJ – jako wytwórcy spełniającego Dobre Praktyki Wytwarzania zawarte w Dyrektywie 2003/94/EC w ramach operacji wytwórczych (Produkty sterylne, Pakowanie, Badania w kontroli jakości).
- ▶ **Certyfikat GMP** wydany przez GIF – potwierdza, że wytwórca spełnia wymagania Dobrej Praktyki Wytwarzania zawarte w Dyrektywie 2003/94/EC w zakresie operacji wytwórczych (postaci płynne o małej objętości, kapsułki). Termin kontroli 09.04.2019 r. (ważny przez okres 3 lat).
- ▶ **Zezwolenie GIF** nr 195/0348/15 na rzecz NCBJ na wytwarzanie lub import produktu leczniczego z dnia 28.03.2021 r.
- ▶ **Zezwolenie GIF** na prowadzenie hurtowni farmaceutycznej (nr NZOH.5100.2.2020. MG.4) z dnia 17.02.2020 r. – Produkty lecznicze prowadzone dla ludzi.
- ▶ **Certyfikat** nr M-34/3/2021, Zakład Aparatury Jądrowej, PN-EN ISO 13485: 2016-04, prace badawczo-rozwojowe, projektowanie, produkcja, instalowanie, sprzedaż urządzeń wysokiej techniki wyrobów do wytwarzania i używania promieniowania jonizującego w medycynie; ważny do 21.01.2022 r.



- ▶ **Certyfikat** nr W-63/10/2019, Zakład Aparatury Jądrowej, spełnia wymagania zawarte w art. 11, ust. 2 Ustawy z dnia 29.11.2000 r. o obrocie z zagranicą towarami, technologiami i usługami o znaczeniu strategicznym dla bezpieczeństwa państwa a także dla utrzymania międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa w zakresie: wywóz, transfer wewnątrznijny, usługa pośrednictwa, pomoc techniczna, przywóz, tranzyt towarów, technologii i usług o znaczeniu strategicznym, ważny do 21.01.2022 r.
- ▶ **Certyfikat** nr J-2569/3/2019, Zakład Aparatury Jądrowej, PN-EN ISO 9001:2015–10, prace badawczo rozwojowe, projektowanie, produkcja, instalowanie, sprzedaż i serwis urządzeń wysokiej techniki, w tym wyrobów do wytwarzania i używania promieniowania jonizującego w nauce i przemyśle, ważny do 21.01.2022 r.
- ▶ **Certyfikat Akredytacji** Laboratorium Badawczego nr AB 025, Laboratorium Badań Materiałowych, spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02; Akredytacja AB025 pozostaje w mocy – wystawiono 8 lipca 2020 r. Status akredytacji oraz aktualność zakresu akredytacji Laboratorium można potwierdzić na stronie internetowej PCA www.pca.gov.pl
- ▶ **Certyfikat Akredytacji** Laboratorium Badawczego Nr AB 567, LPD, Dział Pomiarów Skażeń, spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, Akredytacja AB567 pozostaje w mocy - wystawiono 29 lipca 2019 r.
- ▶ **Certyfikat Akredytacji** Laboratorium Wzorcującego Nr AP 070, Dział Kalibracji Aparatury Dozymetrycznej, spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, Akredytacja AP 070 pozostaje w mocy – wystawiono 03 lipca 2019 r.



NCBJ jest polską jednostką naukową kategorii A+

Publikacje

- ▶ ponad 500 recenzowanych publikacji w 2020 roku
- ▶ h-index >184
- ▶ 10. miejsce w Europie Południowej i Wschodniej w rankingu „Nature Index 2016 Rising Stars”

Projekty i granty (wrzesień 2021)

NCBJ uczestniczy w 124 projektach współfinansowanych ze źródeł międzynarodowych i krajowych (9.2021):

- ▶ 21 projektów w ramach programu Unii Europejskiej Horyzont 2020
- ▶ 34 granty z Narodowego Centrum Nauki
- ▶ 6 grantów z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
- ▶ 29 projektów finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
- ▶ 12 projektów w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, EFS
- ▶ 22 projekty finansowane z innych źródeł

Pracownicy, kadra naukowa (2020)

- ▶ około 1200 zatrudnionych
- ▶ ponad 80 profesorów i doktorów habilitowanych
- ▶ około 250 osób z tytułem doktora
- ▶ ponad 250 osób ze stopniem inżynierskim
- ▶ około 300 osób poniżej 35 roku życia

Siedziba NCBJ w Otwocku-Świerku (20 km na południowy wschód od centrum Warszawy)

- ▶ powierzchnia ponad 40 ha
- ▶ jądrowy reaktor badawczy MARIA – 30 MW, $>10^{14}$ neutronów/cm²s
- ▶ zakład produkcji radiofarmaceutycznej,
- ▶ zakład produkcji akceleratorów,
- ▶ Centrum Informatyczne Świerk (CIŚ) – prawie 1,5 PFLOPS, ponad 200 terabajtów RAM, 26 petabajtów przestrzeni dyskowej i ok. 16 petabajtów w robocie taśmowym
- ▶ laboratoria badawcze i konstrukcyjne z unikalnymi urządzeniami
- ▶ szkoła doktorska
- ▶ centrum edukacji – wizyty, wykłady i laboratoria dla uczniów, instytucji i ogółu społeczeństwa
- ▶ Park Naukowo-Technologiczny – powierzchnia użytkowa 3500 m²

WSPÓŁPRACE BADAWCZE



