



**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ**  
**IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO**  
**POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

---

# **Sprawozdanie z działalności naukowej IFJ PAN w 2023 roku**

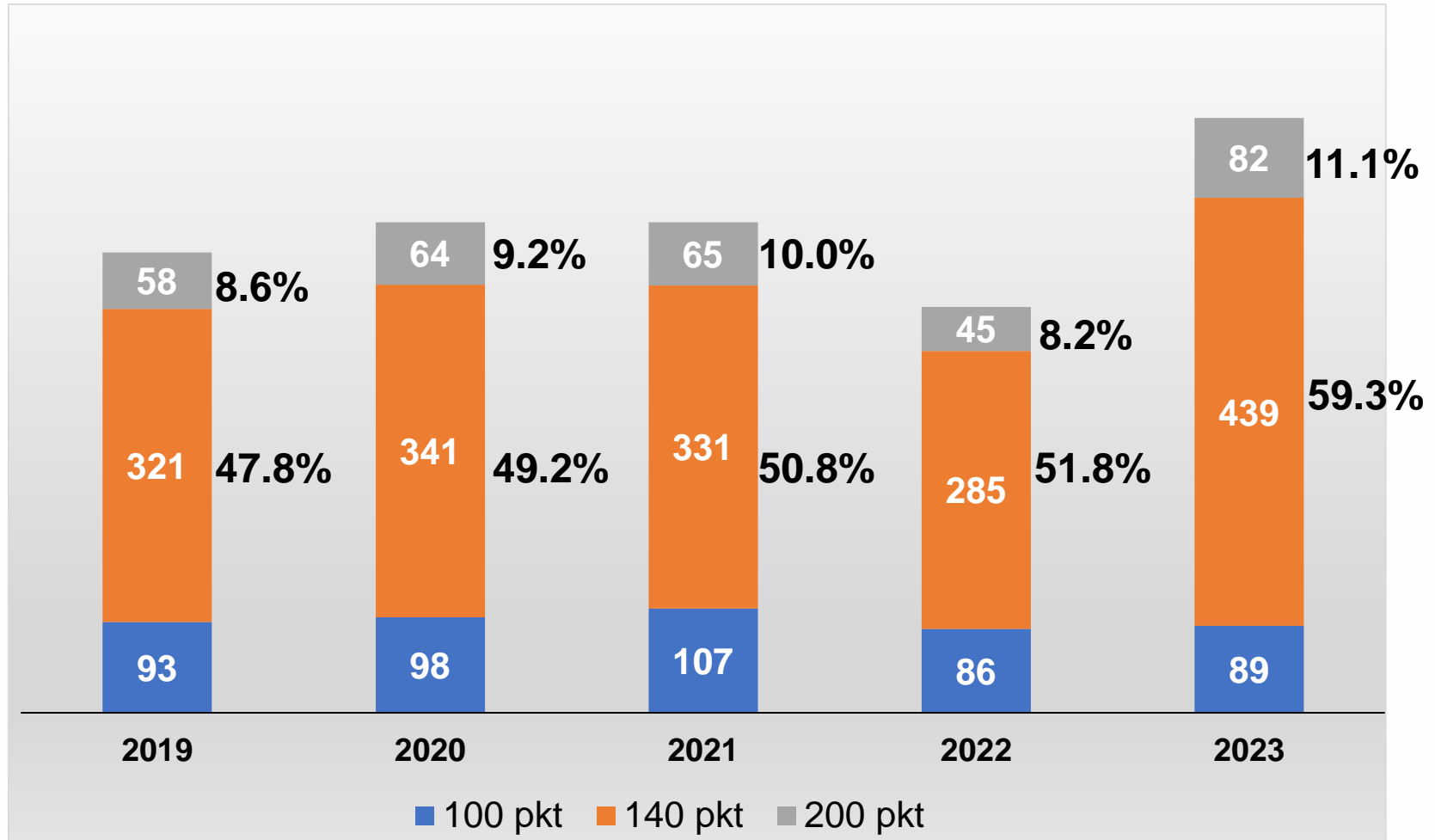
## Działalność naukowa w 2023 r. – Publikacje naukowe



Opublikowano **740** artykułów w czasopismach naukowych zamieszczonych w wykazie czasopism ogłoszonym przez Ministerstwo (łącznie z innymi **817**).



## Działalność naukowa w 2023 r. – Publikacje $\geq 100$ pkt.

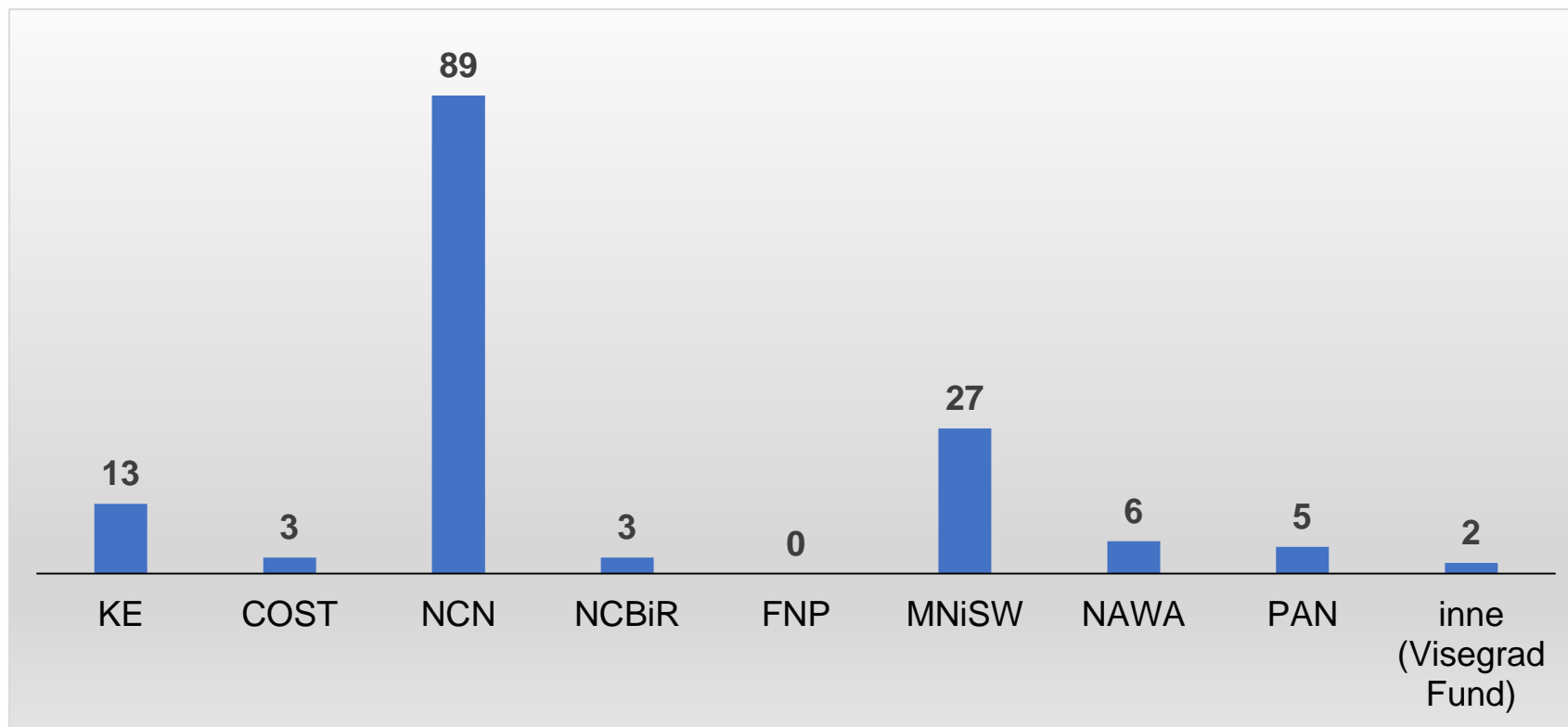




## Działalność naukowa w 2023 r. – Projekty naukowe

46 zadań w ramach działalności statutowej

148 projektów finansowanych zewnętrznie

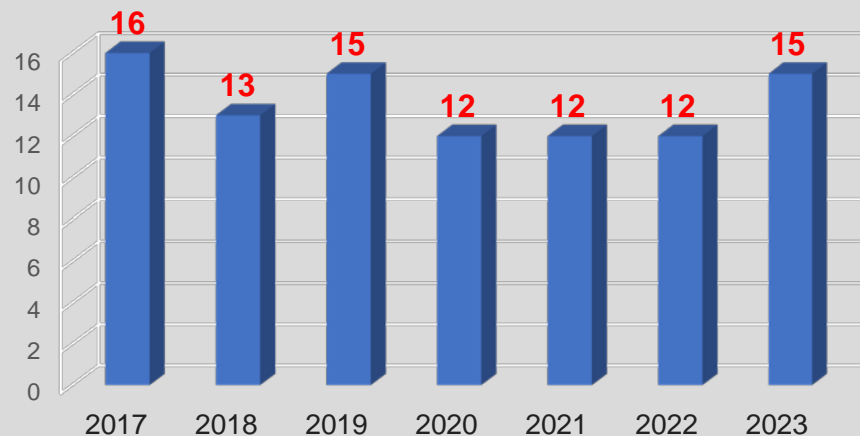


## Działalność naukowa w 2023 r. – Projekty w kolejnych latach

**Krajowe projekty naukowe  
(NCN, NCBiR, FNP, MNiSW, NAWA)**



**Międzynarodowe projekty naukowe  
(KE, F4E, VF, SNF)**



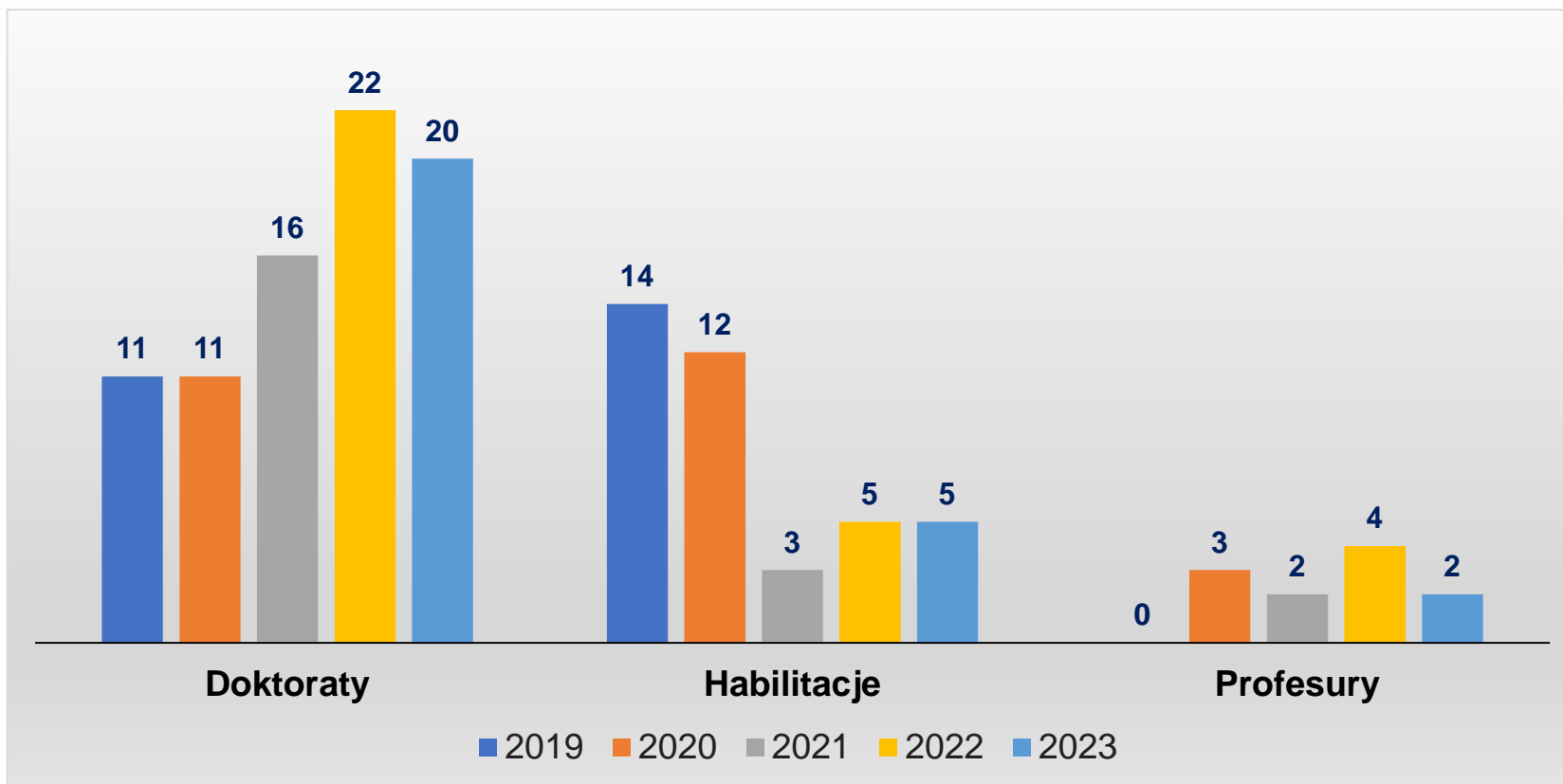


## Działalność naukowa w 2023 r. – Konferencje i Zebrania międzynarodowych projektów





## Stopnie i tytuły naukowe uzyskane w IFJ PAN



Pierwszy nadany stopień dr dla doktoranta KISD.



## Studia doktoranckie MSD + InterDokMed + FCB

### Liczba uczestników studiów doktoranckich (stan na 31.12.2023):

- Międzynarodowe Studia Doktoranckie **MSD: 2**
- Z dniem 30 września 2023 r. roku akademickiego 2023/2024 Środowiskowe Studia Doktoranckie „**Fizyczne, Chemiczne i Biofizyczne Podstawy Nowoczesnych Technologii i Inżynierii Materiałowej**” (FCB) zostały zamknięte - Zarządzenie Dyrektora IFJ PAN Nr 55/2023 z dnia 11 grudnia 2023 r. Zakończenie realizacji projektu NCBiR 2017-2023. **Doktorat w IFJ PAN uzyskało 9 osób.**
- Z dniem 30 września 2023 r. roku akademickiego 2023/2024 Środowiskowe Studia Doktoranckie „**Interdyscyplinarność dla medycyny innowacyjnej**” (InterDokMed) zostały zamknięte – Zarządzenie Dyrektora IFJ PAN Nr 56/2023 z dnia 11 grudnia 2023 r. Zakończenie realizacji projektu NCBiR 2017-2023. **Doktorat w IFJ PAN uzyskało 8 osób.**



## Krakowska Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska (KISD)



### Instytuty PAN:

- Instytut Fizyki Jądrowej jako (jednostka wiodąca)
- Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni
- Instytut Farmakologii
- Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej
- Instytut Mechaniki Górotworu (od 11.2021 r.)
- Instytut Gospodarki Surowcami i Energią (od 01.2022 r.)

### Akademia Górniczo-Hutnicza

- Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej;
- Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki.

### KISD kształci w 6 dyscyplinach:

- nauki fizyczne
- nauki chemiczne
- nauki medyczne
- nauki farmaceutyczne
- inżynieria materiałowa
- inżynieria środowiska, górnictwa i energetyki

## Liczba uczestników Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkoły Doktorskiej KISD (stan na 31.12.2023):

- Ogółem: **108**, w tym **47** w IFJ PAN
- Przyjęci w roku 2023: **25**, w tym **11** do IFJ PAN

**21** (**15** w IFJ PAN) cudzoziemców: Ukraina, Liban, Kanada, Iran, Indie, Czechy, Hiszpania, Turcja, Pakistan, Maroko



## Nagrody i wyróżnienia

**IFJ PAN** sklasyfikowany na **670.** miejscu rankingu **The Center for World University Rankings (CWUR) 2023**, co daje **czwartą pozycję wśród polskich instytucji, a zarazem pierwszą wśród instytutów badawczych** – Ranking tworzony jest w oparciu o kryteria: sukcesy absolwentów i kadry dydaktycznej w międzynarodowych konkursach, zatrudnienie absolwentów na dyrektorskich stanowiskach w firmach o zasięgu globalnym, publikacje w prestiżowych czasopismach naukowych, cytowalność, indeks Hirscha całej instytucji oraz liczbę międzynarodowych patentów.

**Wyróżnienie dla IFJ PAN w kategorii instytutów A+ przyznane podczas Kongresu „Nauka dla Społeczeństwa” przez MEiN** – za działalność na rzecz popularyzacji osiągnięć, które wpływają na rozwój współczesnego społeczeństwa.





## Nagrody i wyróżnienia

„Zasłużony dla Nauki Polskiej Sapientia et Veritas” – Złoty Medal za szczególne zasługi dla szkolnictwa wyższego i nauki – dla **Prof. dr hab. Antoniego Szczurka** za wybitne osiągnięcia w zakresie działalności naukowej, dydaktycznej oraz organizacyjnej.

Nagroda „The European Biophysics Journal Prize 2023” – dla **dr Joanny Zemły, prof. dr hab. Małgorzaty Lekkiej, mgr Joanny Pabijan, dr hab. Katarzyny Pogody** za artykuł naukowy pt.: "Indenting soft samples (hydrogels and cells) with cantilevers possessing various shapes of probing tip", opublikowany w European Biophysics Journal with Biophysics Letters.

## Nagrody i wyróżnienia

**IFJ PAN** wraz z **Krakowską Interdyscyplinarną Szkołą Doktorską** został **laureatem I miejsca w kategorii: „Otwarci na Świat”** w Konkursie Środowiska Doktoranckiego ProDok 2023 organizowanym przez Krajową Reprezentację Doktorantów. Ocenie podlegał zakres wsparcia mobilności i umiędzynarodowienie w podmiocie prowadzącym szkołę doktorską.

Procentowy udział cudzoziemców w KISD: **19,44%**  
Programy związane z umiędzynarodowieniem realizowane w KISD: **NAWA PROM, NAWA STER 2021-2023, NAWA STER 2024-2026.**



Przewodnicząca Rady Samorządu Doktorantów w IFJ PAN,  
mgr Aleksandra Pacanowska

<https://www.ifj.edu.pl/aktualnosci/2023/23-11-22/>



## Nagrody i wyróżnienia

Nagroda Dyrektora IFJ PAN dotycząca działalności naukowej i organizacyjnej – edycje 8-10:

**Dr Joanna Depciuch-Czarny**

**Dr Rafał Maciuła**

**Dr Justyna Miszczyk**

**Dr Maciej Trzebiński**

**Dr Antoni Marcinek**

**Dr Ewa Pięta**

**Dr Natalia Piergies**

## Autoryzacja Prezesa PAA do prowadzenia badań związanych z budową i działalnością elektrowni jądrowych w Polsce



W ramach trwającego w dniu 3 lipca 2023 r. sympozjum Polskiego Konsorcjum Ochrony Radiologicznej (PKOR), zatytułowanego „Ochrona radiologiczna w Polsce wobec wyzwań Polskiego Programu Energetyki Jądrowej - badania, rozwój, kadry” prezes Państwowej Agencji Atomistyki (PAA), Andrzej Głowacki, wręczył dyrektorowi IFJ PAN, Tadeuszowi Lesiakowi, dokument potwierdzający uzyskanie przez IFJ PAN autoryzacji do prowadzenia badań dotyczących przygotowania i eksploatacji elektrowni jądrowych. IFJ PAN jest ósmą jednostką, która otrzymała autoryzację Prezesa PAA.

Przyznana autoryzacja daje Instytutowi możliwość ubiegania się o rolę organizacji wsparcia technicznego dla PAA w procesie licencjonowania i nadzoru nad budową elektrowni jądrowej. Zakres autoryzacji obejmuje dwa obszary:

- ocena stanu radiologicznego środowiska przed lokalizacją, podczas uruchamiania i w okresie eksploatacji elektrowni jądrowej;
- ocena systemów dozymetrii indywidualnej i środowiskowej dla elektrowni jądrowej i pomiarów w jej otoczeniu.



## Popularyzacja nauki

- Małopolska Noc Naukowców – 17. edycja + Konferencja Prasowa
- Naukowcy w szkołach: 19 naukowców i 40 wykładów->3000 uczniów
- Projekty MEiN: „Fizyka kluczem do zrozumienia świata” oraz „Namiot Młodego Naukowca”
- Projekt NAWA: „Międzynarodowa Promocja IFJ PAN przez Filmy Edukacyjne”
- Kanapa Fizyków
- 26. Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik
- Dzień Otwarty dla studentów
- Dzień Dziecka z IFJ PAN
- SPiN DAY 2023; Targi Innowacji INTARG; Targi World Nuclear Exhibition
- Kongres „Nauka dla społeczeństwa”
- International Masterclasses, Hands on Particle Physics
- IFJ PAN Particle Physics Summer Student Programme
- Warsztaty dla Licealistów „ZDOLNI”
- Konkurs „Łowcy Cząstek” – 5. edycja
- Międzynarodowy Turniej Szachowy „Nauka i szachy” – 4. edycja
- Doniesienia prasowe w EurekAlert! – 10 notatek
- Wykłady popularyzatorskie
- Broszura informacyjna IFJ PAN





## Popularyzacja nauki – Współpraca

### **Współpraca z Małopolskim Centrum Nauki COGITEON**

Porozumienie o współpracy zawarte 24 marca 2023 r. w celu wymiany doświadczeń i wzajemnego wsparcia merytorycznego.

### **Współpraca z Generatorem Nauki GEN w Jaśle**

Dnia 31 maja 2023 r podpisano porozumienie mające na celu nawiązanie kontaktu uczniów ze środowiskiem naukowców.

### **Wojewódzki Dom Kultury w Rzeszowie – Podkarpackie Centrum Nauki "Łukasiewicz"**

Porozumienie o współpracy zawarte w dniu 27 listopada 2023 r., w celu wymiany doświadczeń i wzajemnego wsparcie merytoryczne w zakresie popularyzacji nauki, realizacji wspólnych projektów z uwzględnieniem Podkarpackiego Centrum Nauki "Łukasiewicz,,.

### **Kontynuacja współpracy ze Szkołami prowadzonymi przez Powiat Brzeski – od 2021 r.**



## Wybrane osiągnięcia z 2023 roku z Oddziałów Naukowych, CCB i DAI

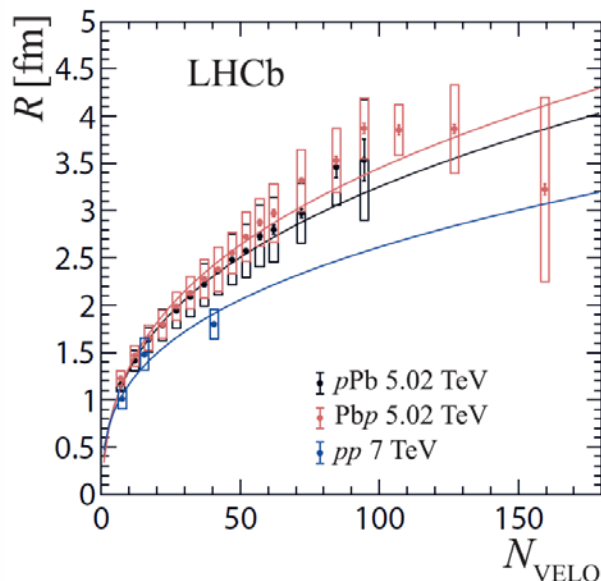
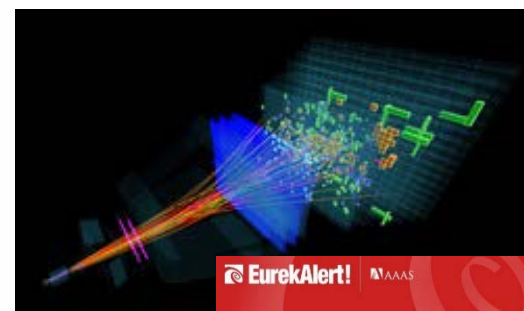
## Badanie korelacji Bosego-Einsteina w małych systemach w eksperymencie LHCb energiach w reżimie nieperturbacyjnym

Badano korelacje Bosego-Einsteina dla pionów emitowanych w zderzeniach

p+Pb i Pb+p i p+p,

zarejestrowanych w eksperymencie LHCb przy energiach  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV i 7 TeV .

Pomiar wykonano w unikalnym obszarze małych kątów względem wiązki eksperymentu LHCb.



Analiza wykonana wyłącznie siłami członków grupy LHCb z IFJ PAN

### Pytanie:

Czy zjawiska kolektywne obserwowane w zderzeniach jądro-jądro, związane z plazmą kwarkowo-gluonową, mogą się pojawiać także w kolizjach mniejszych układów cząstek?

### Wniosek:

Plazma kwarkowo-gluonowa może powstawać w LHC nawet w kolizjach pojedynczych protonów. Źródła emisji cząstek wtórnych w zderzeniach proton-proton wydają się być przy tym mniejsze niż w zderzeniach mieszanych.

Zaobserwowane Skalowanie w formie

$$R \sim \sqrt[3]{N_{VELO}}$$

Wskazuje na zgodność z modelem hydrodynamicznym.

LHCb Collab., R. Aaij, et al.,

*Study of the Bose-Einstein correlations of same-sign pions in proton-lead collisions*, J. High Energy Phys., 09 (2023) 172,

doi: [10.1007/JHEP09\(2023\)172](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2023)172)



## Odkrycie wysokoenergetycznej emisji gamma z pulsara Vela (PSR B8033-45)

- Eksperyment H.E.S.S. (High Energy Stereoscopic System) wykrył emisję gamma z pulsara Vela o rekordowej energii sięgającej 20 TeV, znacznie wykraczającej poza zakres, w którym widma znanych pulsarów gamma wykazują silne obciążenia.



- Odkrycie to kwestionuje współczesne modele mechanizmów generacji promieniowania gamma wysokich energii w pulsarach i jednocześnie otwiera nowe perspektywy w badaniach innych pulsarów w zakresie kilkudziesięciu TeV, pozwalając lepiej zrozumieć procesy przyspieszania cząstek w obiektach o silnym polu magnetycznym.

HESS Collab., R. Zanin, et al.,

*Discovery of a radiation component from the Vela pulsar reaching 20 teraelectronvolts,*

Nature Astron., 7 (2023) 1341-1350, doi: [10.1038/s41550-023-02052-3](https://doi.org/10.1038/s41550-023-02052-3)

## Obliczono przekroje czynne na produkcję mezonów powabnych i neutrin z ich rozpadów semileptonowych dla $p+p$ przy $\sqrt{s}=13$ TeV i dużych wartości rapidity

Uwzględniono mechanizm fuzji gluonowo-gluonowej w podejściu  $k_T$ -faktoryzacji jak i mechanizm wynikający z istnienia tak zwanego wewnętrznego powabu (intrinsic charm) i mechanizm rekombinacji. Uwzględniono również rozpady semileptonowe pionów i kaonów.

Wyliczono rozkłady energetyczne neutrin elektronowych, mionowych i taonowych. Pomiar neutrin, zwłaszcza taonowych, przez grupę FASERn powinien pozwolić podać rozsądne oszacowania na prawdopodobieństwo wewnętrznego powabu w nukleonie.

R. Maciuła, A. Szczurek,  
*Far-forward production of charm mesons and neutrinos at forward physics facilities at the LHC and the intrinsic charm in the proton,*  
Phys. Rev. D, 107 (2023) 034002, doi:  
[10.1103/PhysRevD.107.034002](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.107.034002)

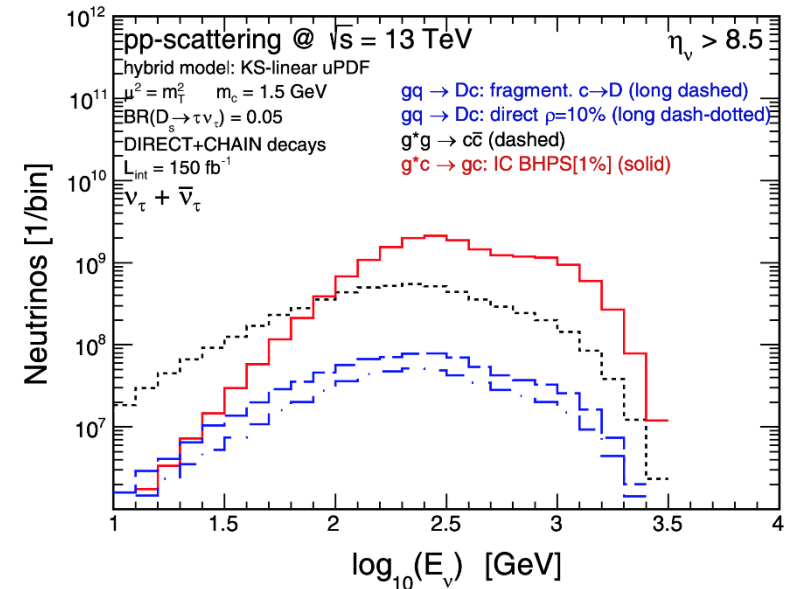


FIG. 16. Energy distribution of tau neutrinos + antineutrinos for  $\eta > 8.5$  (FASER $\nu$ ).



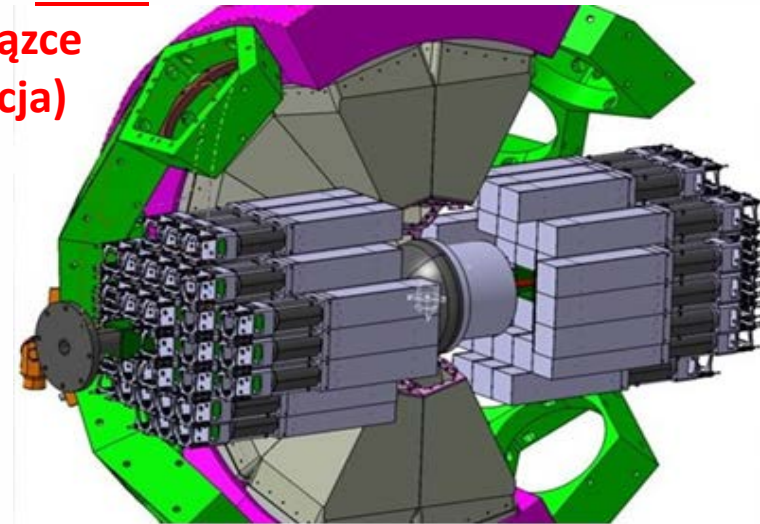
**Zintegrowano układ 72 detektorów kalorymetru gamma PARIS z układem detektorów germanowych nuBall2 na wiązce ciężkich jonów tandemu ALTO w IJClab Orsay (Francja)**

Za pomocą tych instrumentów przeprowadzono 7 eksperymentów, a 3 z nich zaproponowane zostały przez grupę z IFJ PAN. Uzyskane dane są analizowane.

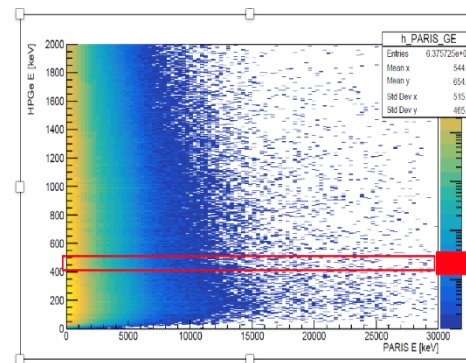
M. Ciemała, M. Kmiecik, A. Maj et al.  
“Links between  $^{80}\text{Sr}$  compound nucleus’ shape and its resonance’s deformation studied with the GDR”

P.J. Napiorkowski, A. Maj et al.,  
„Coulomb excitation of super-deformed band in  $^{40}\text{Ca}$ ”

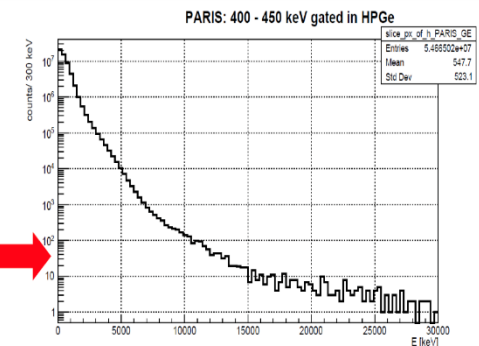
M. Matejska-Minda, P. Bednarczyk et al.  
„Investigation of high spin structures in  $^{44}\text{Ti}$  and  $^{42}\text{Ca}$  via discrete and continuum gamma spectroscopy”



**PARIS@Nu-Ball2**



PARIS – HPGe gamma-gamma matrix



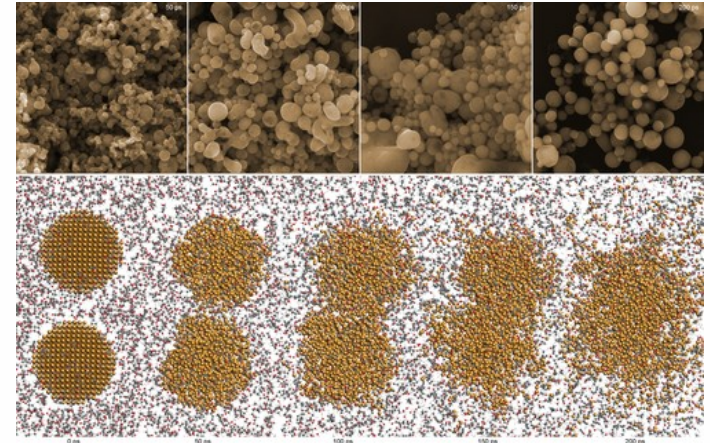
PARIS gamma-ray spectrum gated by discrete gamma-ray range

## Odkrycie mechanizmu powstawania submikronowych heterostruktur podczas naświetlania pulsacyjnym laserem koloidalnych zawiesin nanocząstek

Na przykładzie układów Cu-O kompleksowo zbadano interakcje laser-zawiesina (laserem stapiano zawiesiny), ze szczególnym uwzględnieniem tworzenia faz.

Użycie metod obliczeniowych pozwoliło wyjaśnić mechanizmy procesu zrywania i tworzenia wiązań, co było podstawą do planowania i prowadzenia eksperymentów.

Znaleziono kandydata opartego na związkach miedzi o wysokim potencjale na ogniwo paliwowe utleniające etanol.

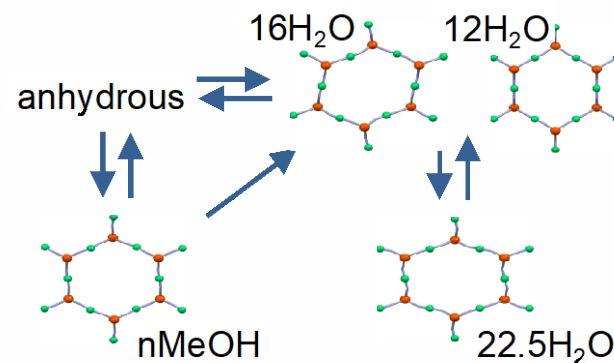
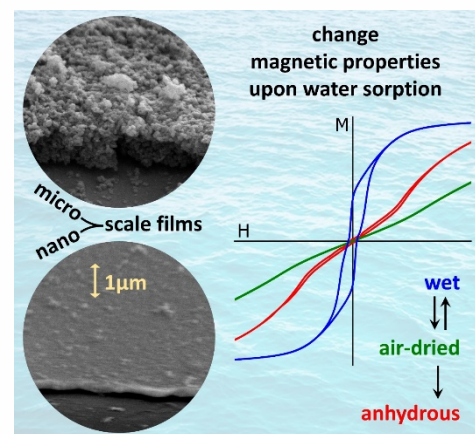


M.S. Shakeri, (Ż. Świątkowska-Warkocka, O. Polit, J. Depciuch, M. Mitura-Nowak, M. Perzanowski) et al., *Alternative Local Melting-Solidification of Suspended Nanoparticles for Heterostructure Formation Enabled by Pulsed Laser Irradiation*, Adv. Funct. Mater., 33 (2023) 2304359, doi: [10.1002/adfm.202304359](https://doi.org/10.1002/adfm.202304359)

## Uzyskanie cienkich warstw łańcuchowego polimeru koordynacyjnego o własnościach solwatomagnetycznych.

Pokazano, że struktury te (cienkie warstwy polimeru koordynacyjnego) wykazują odwracalne zmiany własności magnetycznych podczas odwadniania, jak również termiczne przejście fazowe związane z przeniesieniem ładunku pomiędzy centrami metali.

Odkrycie otwiera możliwość produkcji czujników wilgotności z efektem pamięci magnetycznej.



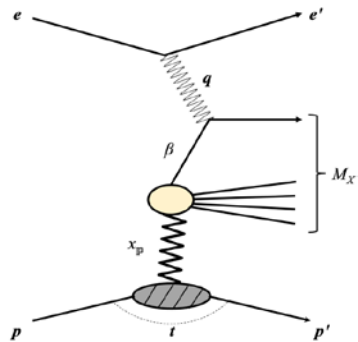
A. Pacanowska, M. Fitta, M. Kozieł, B. Nowicka,  
*Thin Films of Solvatomagnetic CN-Bridged Coordination Polymers: From Micro to Nanoscale,*

*Adv. Mater. Interfaces*, 10 (2023) 2201834, doi: [10.1002/admi.202201834](https://doi.org/10.1002/admi.202201834)

© 2022 Advanced Materials Interfaces published by Wiley-VCH GmbH

## Kwantowomechaniczne splątanie w protonie

Dzięki analizie procesu dyfrakcyjnego pokazano jak narasta splątanie w protonie.

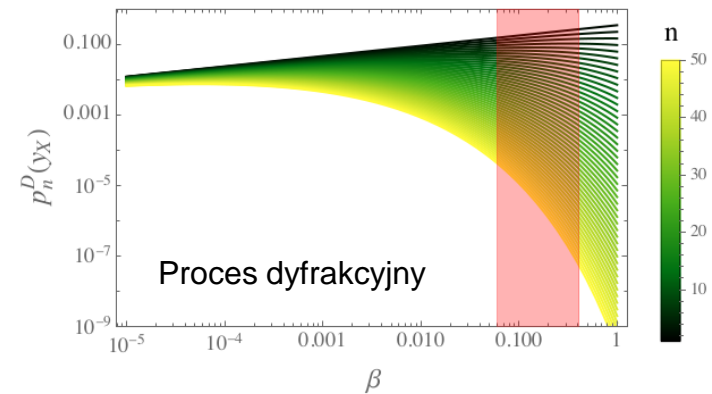


Wyniki pokazują, że proton w wysokich energiach staje się układem maksymalnie splątanym.

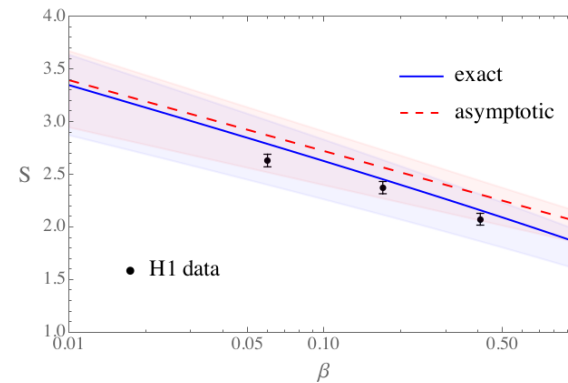
M. Hentschinski, D.E. Kharzeev, K. Kutak, Z. Tu,  
*Probing the Onset of Maximal Entanglement inside the Proton in Diffractive Deep Inelastic Scattering*,  
Phys. Rev. Lett., 131 (2023) 241901, doi:  
[10.1103/PhysRevLett.131.241901](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.131.241901)



Prawdopodobieństwo stanu n-partonowego



Entropia splątania w funkcji pędu kwarku



## Odkrycie prawa rozkładu odległości pomiędzy kolejnymi znakami interpunkcji w tekstach pisanych

Odkryto, że odległości  $k$  pomiędzy kolejnymi znakami interpunkcji w tekstach pisanych wiodących języków europejskich spełniają rozkład Weibulla (uogólnienie rozkładu geometrycznego) z powodzeniem używanego w biologii i inżynierii do analiz przeżycia.

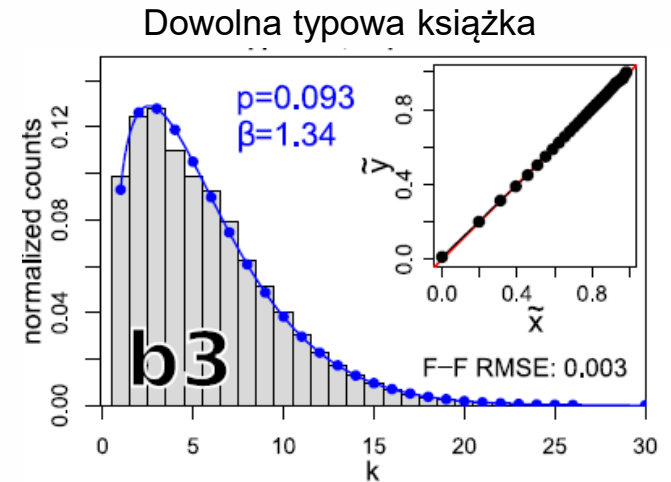
Wyniki posiadają podstawowe znaczenie dla Wielkich Modeli Językowych (LLM) i programów typu ChatGPT

Funkcje hazardu (prawdopodobieństwo warunkowe, że wystąpi znak interpunkcji, jeśli dotąd nie wystąpił)

$$h(k) = \frac{P(k)}{1 - F(k-1)} = 1 - (1-p)^{k^\beta - (k-1)^\beta}$$

wyraźnie rozróżniają języki.

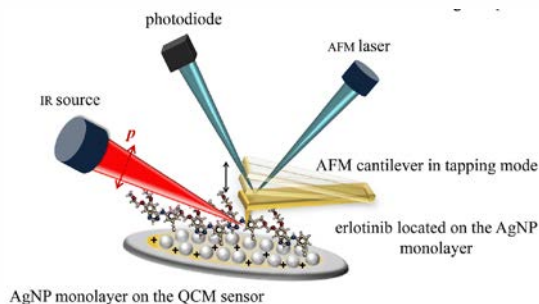
T. Stanisław, S. Drożdż, J. Kwapien,  
*Complex systems approach to natural language*,  
Phys. Rep., 1053 (2024) 1-84, doi: [10.1016/j.physrep.2023.12.002](https://doi.org/10.1016/j.physrep.2023.12.002)



Dwa parametry ( $p$  i  $\beta$ ) tego rozkładu są jednak różne dla różnych języków

## Rozwój i nowatorskie zastosowanie technik nanospektroskopowych - badania biofizyczne oddziaływań molekularnych

Udowodniono istnienie efektu wzmocnienia sygnału na ostrzu AFM w technice AFM-IR, co umożliwiło detekcję pojedynczej warstwy molekuł osadzonych na nanocząstkach metali.

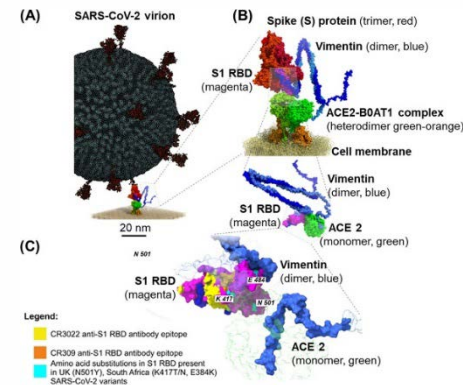


Bardzo ważne z perspektywy oceny systemu lek-nośnik, gdyż dostarcza bezpośredniej informacji, ile cząsteczek leku jest unieruchomionych na nośniku i w jaki sposób zachodzi adsorpcja.

N. Piergies, M. Oćwieja, J. Maciejewska-Prończuk, R. Kosydar, C. Paluszkiwicz, W.M. Kwiatek,  
*Quantitative and qualitative analyses of drug adsorption on silver nanoparticle monolayers: QCM, SERS, and TEIRA nanospectroscopy studies*,  
Nanoscale, 15 (2023) 11693-706, doi: [10.1039/D3NR01218B](https://doi.org/10.1039/D3NR01218B)

Zbadano biofizyczny mechanizm oddziaływania białek powierzchniowych komórek z białkami kolca wirusa SARS-CoV-2.

Udowodniono, że wimentyna obecna na powierzchni komórki jest zaangażowana w patogenezę Covid-19 (stanowi jedną z dróg wejścia wirusa do komórek zwierzęcych).



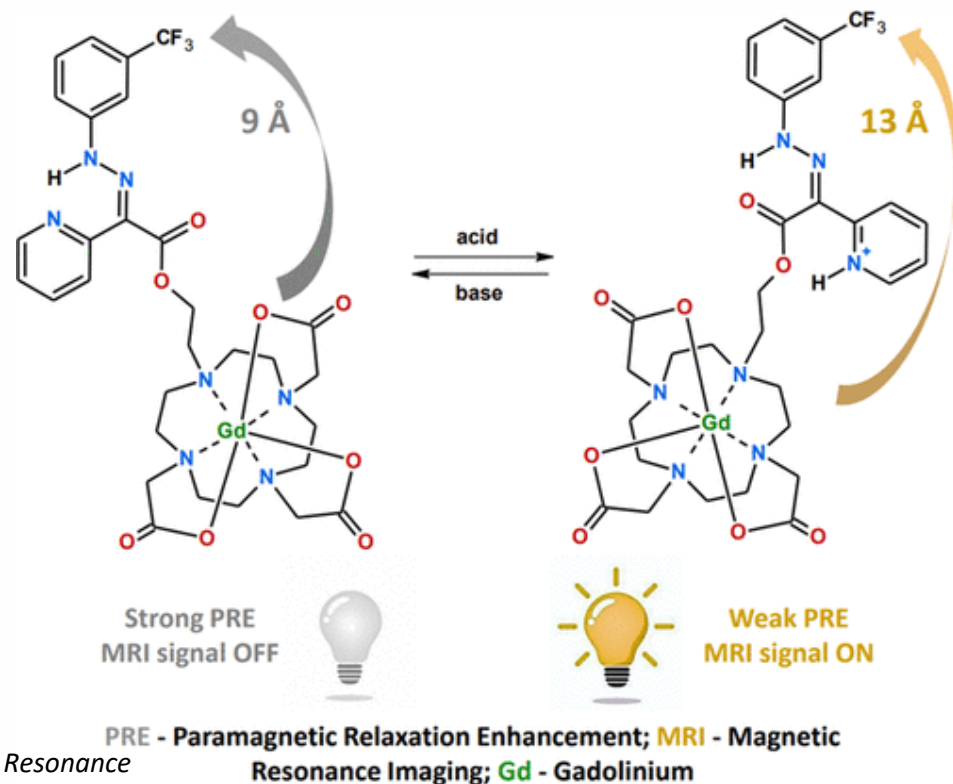
P. Deptuła, K. Fiedoruk, M. Wasilewska, Ł. Suprewicz, M. Cieśluk, P. Żeliszewska, M. Oćwieja, Z. Adamczyk, K. Pogoda, R. Bucki,  
*Physicochemical Nature of SARS-CoV-2 Spike Protein Binding to Human Vimentin*,  
ACS Appl. Mater. Inter., 15 (2023) 34172-80, doi: [10.1021/acsami.3c03347](https://doi.org/10.1021/acsami.3c03347)

## Znalezienie w pełni odwracalnego środka kontrastowego $^{19}\text{F}$ MRI, wrażliwego na pH

Wykazano eksperymentalnie możliwość zastosowania w pełni odwracalnego środka kontrastowego  $^{19}\text{F}$  MRI, wrażliwego na pH.

Środek oparty jest na fluorowanym przełączniku molekularnym z kompleksem paramagnetycznym. Czułość na zmiany pH uzyskiwana jest poprzez zmianę odległości centrum paramagnetycznego od grupy  $\text{CF}_3$ .

Takie podejście stanowi znaczną poprawę w porównaniu z poprzednimi środkami wrażliwymi na pH, które nie były odwracalne.

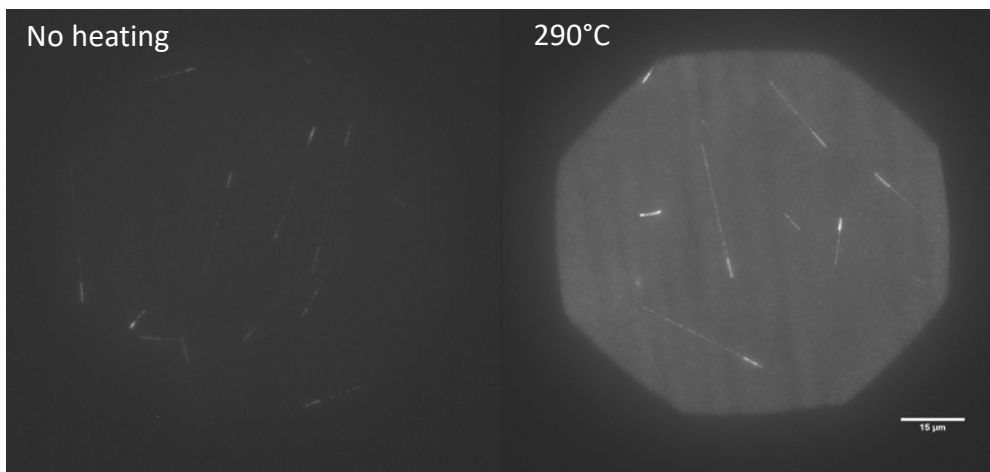


D. Janasik, K. Jasiński, J. Szreder, W.P. Węglarz, T. Krawczyk,  
*Hydrazone Molecular Switches with Paramagnetic Center as  $^{19}\text{F}$  Magnetic Resonance  
Imaging Relaxation Enhancement Agents for pH Imaging,*  
ACS Sens., 8 (2023) 1971-1979, doi: [10.1021/acssensors.3c00080](https://doi.org/10.1021/acssensors.3c00080)

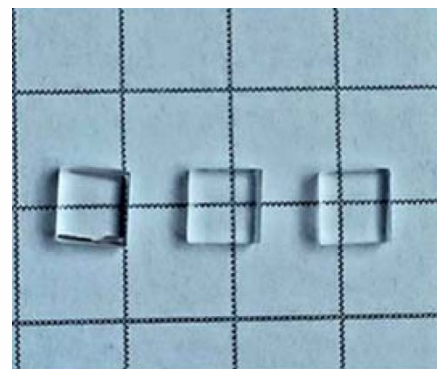
## Odkrycie efektu wzmocnienia jasności fluorescencyjnych śladów cząstek jądrowych w kryształach LiF po ich wygrzewaniu

Przebadano efekt wzmocnienia jasności fluorescencyjnych śladów cząstek jądrowych w kryształach LiF dzięki ich wygrzewaniu do temperatur z zakresu 200–300°C. Proces ten zwiększa intensywność fluorescencji nawet czterokrotnie i pozwala na rejestrację normalnie niewidocznych śladów cząstek naładowanych.

### Fluorescencyjne ślady cząstek w kryształach fluorku litu



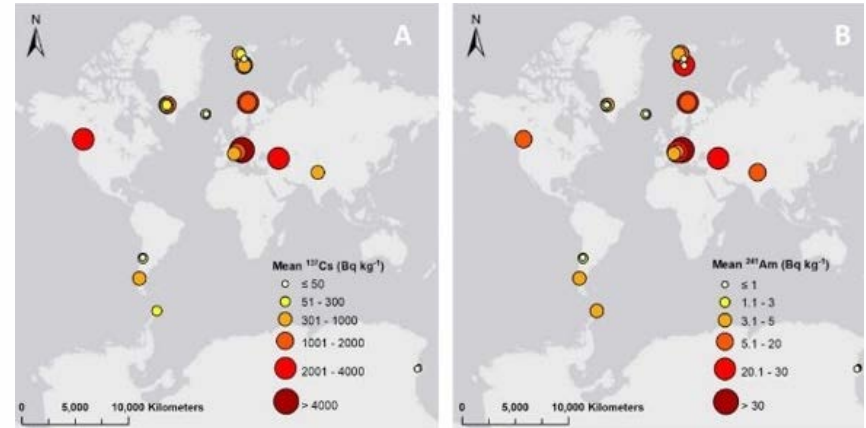
Neutrony termiczne - ślady cząstek wtórnych reakcji z Li-6



M. Sankowska, P. Bilski, B. Marczevska, Y. Zhydachevskyy, *Influence of Elevated Temperature on Color Centers in LiF Crystals and Their Photoluminescence*, *Materials*, 16 (2023) 1489, doi: [10.3390/ma16041489](https://doi.org/10.3390/ma16041489)  
© 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

## Opracowano globalną mapę stężeń aktywności $^{137}\text{Cs}$ , $^{241}\text{Am}$ , $^{210}\text{Pb}$ z 32 lodowców świata

- Po raz pierwszy przedstawiono zmienność przestrzenną zawartości  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  w lodowcach całego świata (bazując na kriokonitach).
- Obserwowane wartości znacząco przekraczają typowe wartości środowiskowe (np. gleby czy osady), o 3-4 rzędy wielkości (np. dla  $^{137}\text{Cs}$  powyżej 10000 Bq/kg).
- Odkrycie podkreśla znaczenie kriokonitów w akumulacji skażeń radioaktywnych w lodowcach górskich.



Rozkład koncentracji  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  w lodowcach Europy, Azji, Ameryki Płn. i Ameryki Płd.

C.C. Clason, (E. Łokas) et al.,  
*Global variability and controls on the accumulation of fallout radionuclides in cryoconite*,  
Sci. Total Environ., 894 (2023) 164902, doi:  
[10.1016/j.scitotenv.2023.164902](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164902)



## *Stanowisko do radioterapii nowotworów oka z wykorzystaniem systemu terapii Proteus 235*

W ramach umowy ze Szpitalem Uniwersyteckim, dotyczącej prowadzenia protonoterapii nowotworów oka z wykorzystaniem opracowanej w IFJ PAN technologii dostarczania wiązki protonowej, prowadzono napromieniania terapeutyczne dla pacjentów Kliniki Okulistyki i Onkologii Okulistycznej Szpitala Uniwersyteckiego.

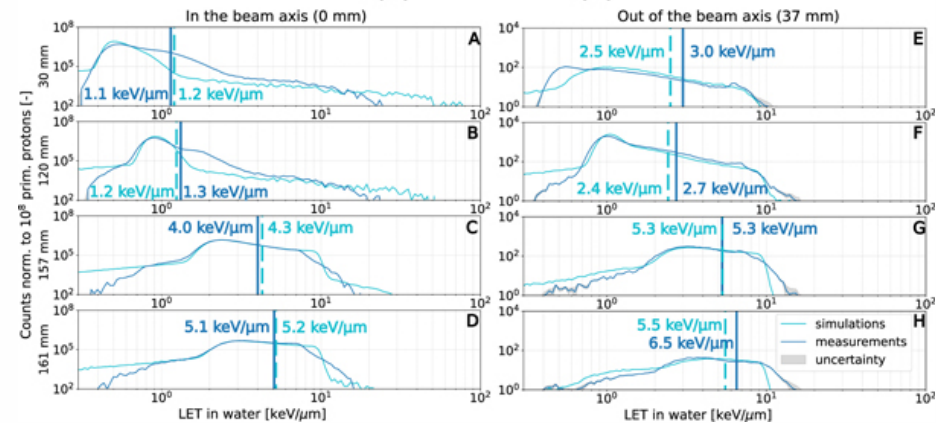
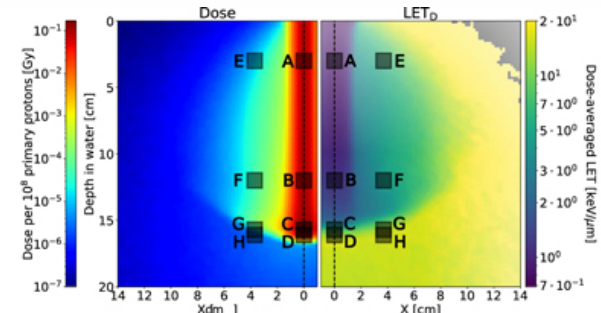
## *Dwa stanowiska terapeutyczne, tzw. „gantry” z wykorzystaniem systemu terapii Proteus 235 – terapia nowotworów zlokalizowanych poza narządem wzroku*

W ramach umowy z Narodowym Instytutem Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie- Państwowym Instytutem Badawczym Oddział w Krakowie (NIO), dotyczącej napromieniania guzów nowotworowych umiejscowionych poza narządem wzroku, prowadzono precyzyjne napromienienie objętości leczonej z użyciem systemu terapii protonowej Proteus 235.



## Nowa metoda charakterystyki mieszanych pól promieniowania

Opracowano metodę charakterystyki mieszanych pól promieniowania z wykorzystaniem półprzewodnikowego detektora pikselowego, TimePix, metod symulacji Monte Carlo oraz metod klasyfikacji typów cząstek opartych o algorytmy sztucznej inteligencji.

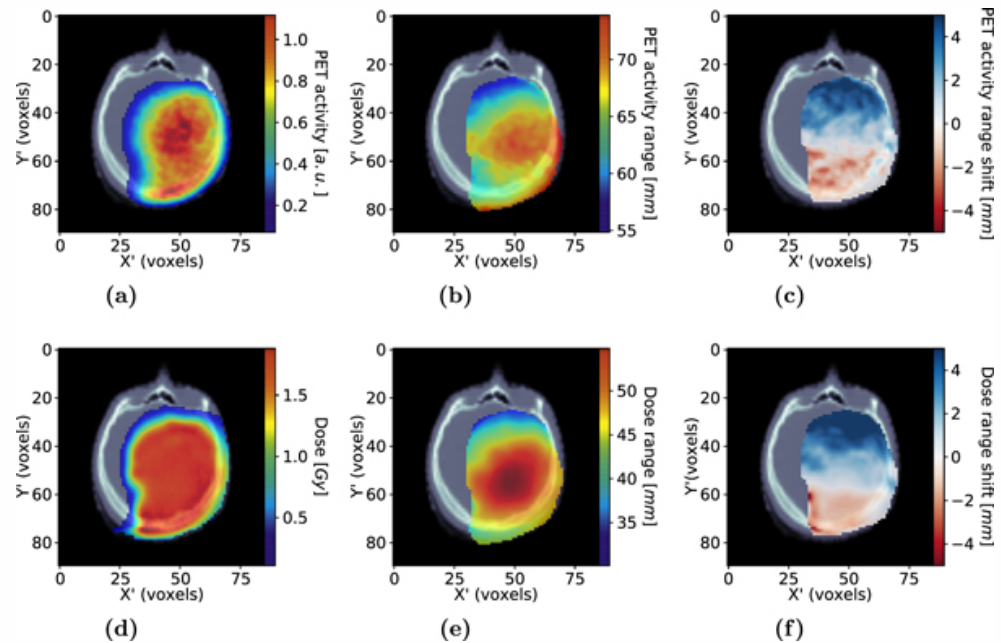


P. Stasica, (R. Kopeć, Ł. Raczyński, A. Ruciński, M. Rydygier, J. Gajewski) et al.,  
*Single proton LET characterization with the Timepix detector and artificial intelligence for advanced proton therapy treatment planning*,  
Phys. Med. Biol., 68 (2023) 104001, doi: [10.1088/1361-6560/acc9f8](https://doi.org/10.1088/1361-6560/acc9f8)

## Nowa metoda detekcji niepewności zasięgu wiązki protonowej

Opracowano metodę detekcji niepewności zasięgu wiązki protonowej oraz jej walidacji za pomocą technologii Jagiellonian Positron Emission Tomography (J-PET), z wykorzystaniem metody symulacji Monte Carlo na podstawie bazy danych ponad stu pacjentów poddanych radioterapii protonowej w ośrodku CCB IFJ PAN.

Otwiera to nowe perspektywy dla badań nad wykorzystaniem techniki PET do oceny „online” jakości dostarczanego leczenia.



K. Brzeziński, (J. Gajewski, R. Kopeć, P. Olko, P. Stasica, A. Ruciński) et al., *Detection of range shifts in proton beam therapy using the J-PET scanner: a patient simulation study*, Phys. Med. Biol., 68 (2023) 145016, doi: [10.1088/1361-6560/acdd4c](https://doi.org/10.1088/1361-6560/acdd4c)



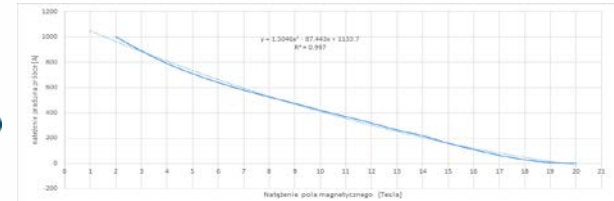
**Wkład rzeczowy IFJ PAN do ESS  
(2022-2026)**

**Zakończono z sukcesem zadanie nr 2**  
**31.12.2023**



- SCHEDULE AIK 8.8 - CONTRIBUTION TO THE LOW AND HIGH POWER TESTS OF RF EQUIPMENT AND TESTING AND INSTALLATION OF Radio Frequency Power Stations IN TS3 AND IN G02.

**Budowa stanowiska do charakteryzacji napięciowo-prądowej nadprzewodników w IFJ PAN**



**Pierwsze pomiary zostały wykonane.**

Obecnie trwają prace rozwojowe systemu pomiarowego.

**GSII IFJ PAN (DAI) at GSI & FAIR**

**Wsparcie i zaprojektowanie metody instalacji dla:**

- ✓ SIS100
- ✓ SFRS
- ✓ Specjalistyczne narzędzia, design, prototypowanie w DAI

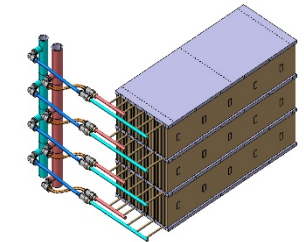
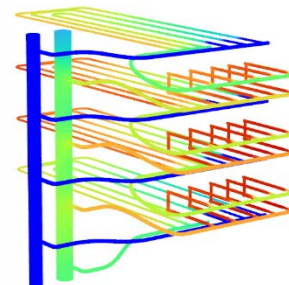


Instalacja SIS100 w tunelu (FAIR)



**Udział IFJ PAN w pracach dla FOCAL- E w CERN**

System chłodzenia – rozpoczęto prace projektowo obliczeniowe oraz prototypowanie.





## Laboratorium Dozymetrii Indywidualnej i Środowiskowej

Laboratorium składa się z dwóch sekcji, z których jedna **wykonuje pomiary dawek indywidualnych i środowiskowych**, natomiast druga testy specjalistycznych urządzeń radiologicznych. Kontrolą dawek objętych jest ok. 50 tys. osób/miejsc pomiarowych. Dodatkowo Sekcja Testów Specjalistycznych wykonuje testy specjalistyczne aparatury rentgenowskiej w placówkach medycznych w Polsce. W 2023 roku prowadzono **testy specjalistycznych aparatów RTG** z zakresu radiologii ogólnej, fluoroskopii, mammografii, tomografii komputerowej, aparatów stomatologicznych, tomografii komputerowej wiązki stożkowej oraz monitorów stosowanych do prezentacji obrazów medycznych. Laboratorium posiada certyfikat akredytacji PCA nr AB 1317.

## Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych

Laboratorium prowadzi wzorcowanie przyrządów stosowanych w ochronie radiologicznej: mierników promieniowania gamma, mierników skażeń promieniotwórczych powierzchni. Laboratorium posiada certyfikat akredytacji PCA nr AP 029.

## Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych

Laboratorium prowadzi **ekspertyzy radiometryczne** materiałów budowlanych, terenów budowlanych, pomiary stężeń radonu w budynkach, glebie i w wodzie, pomiary ekshalacji radonu, kalibracje detektorów pasywnych i aktywnych do pomiarów stężeń radonu, wykłady i szkolenia, projekty zabezpieczeń budynków przed radonem. Laboratorium posiada akredytację PCA o numerze AB 788.

## Laboratorium Analiz Promieniotwórczości

Laboratorium prowadzi **badania stężeń sztucznych substancji gamma-radioaktywnych** dla zewnętrznych zlecniodawców. W 2023 roku wykonano badania próbek różnych materiałów, wykonując oznaczenia:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , oraz  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Laboratorium posiada certyfikat akredytacji PCA nr AB 979.