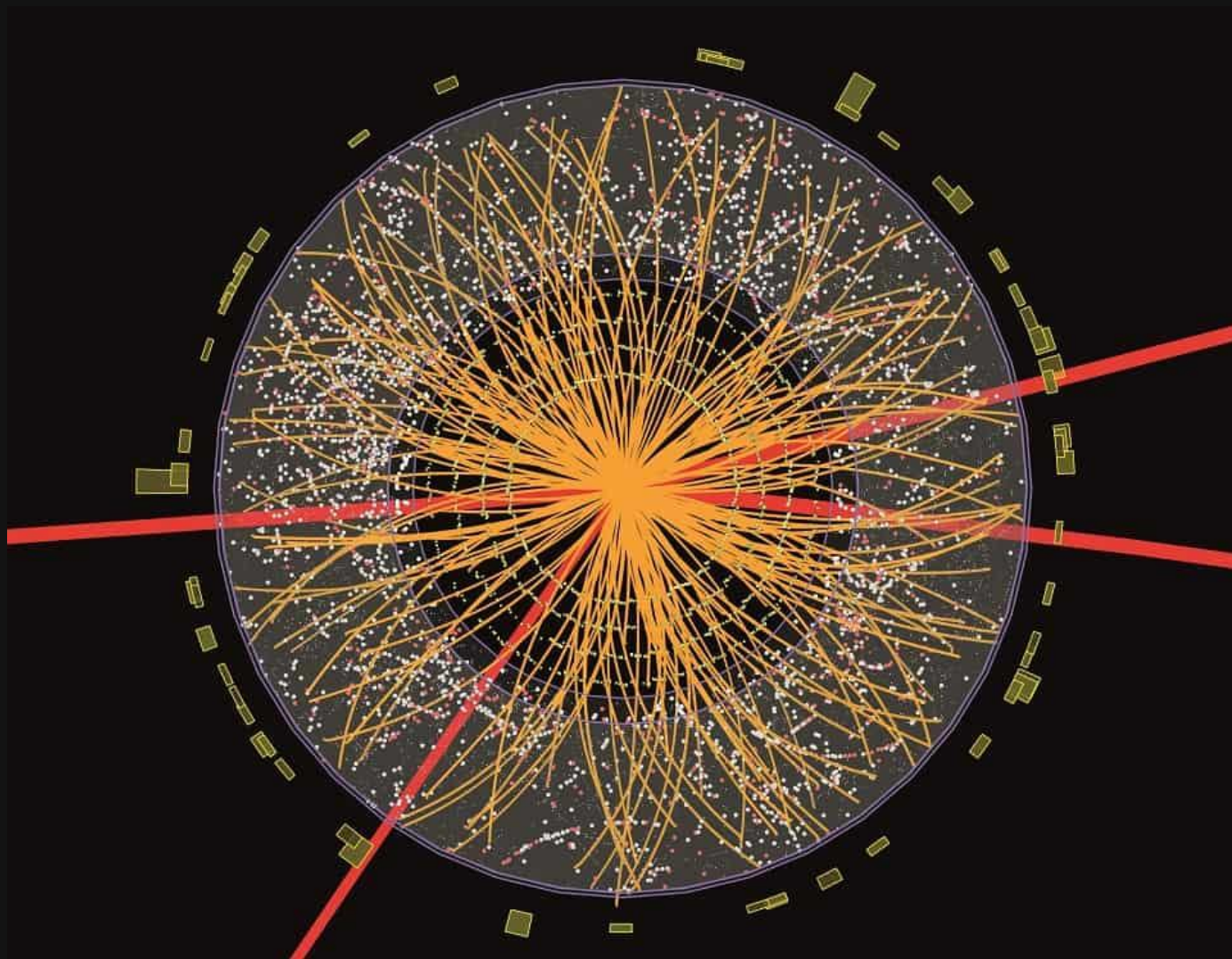


Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek



<https://physicsworld.com/a/was-the-discovery-of-the-higgs-boson-the-pinnacle-for-high-energy-physics-at-cern/>

Badania i dydaktyka

Tomasz Szumlak, 03.12.2025

Podstawowe zagadnienia i cele badań

$$\frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi$$

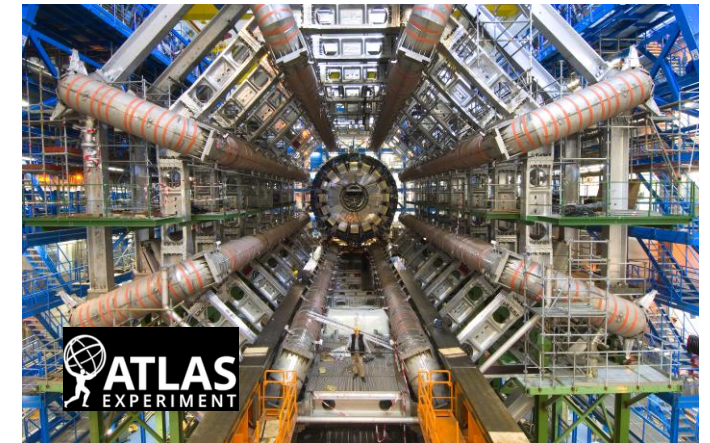
let's play with the indices

$$\partial^\mu = g^{\mu\nu} \partial_\nu$$
$$\frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi = \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \partial_\mu \phi \partial_\nu \phi$$
$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\alpha \phi)} = \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \left\{ \frac{\partial(\partial_\mu \phi)}{\partial(\partial_\alpha \phi)} \partial_\nu \phi + \partial_\mu \phi \frac{\partial(\partial_\nu \phi)}{\partial(\partial_\alpha \phi)} \right\}$$
$$\frac{\partial(\partial_\mu \phi)}{\partial(\partial_\alpha \phi)} = \delta_\mu^\alpha \quad \frac{\partial(\partial_\nu \phi)}{\partial(\partial_\alpha \phi)} = \delta_\nu^\alpha$$
$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\alpha \phi)} = \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \{ \delta_\mu^\alpha \partial_\nu \phi + \partial_\mu \phi \delta_\nu^\alpha \}$$

Badanie składników materii i ich oddziaływań

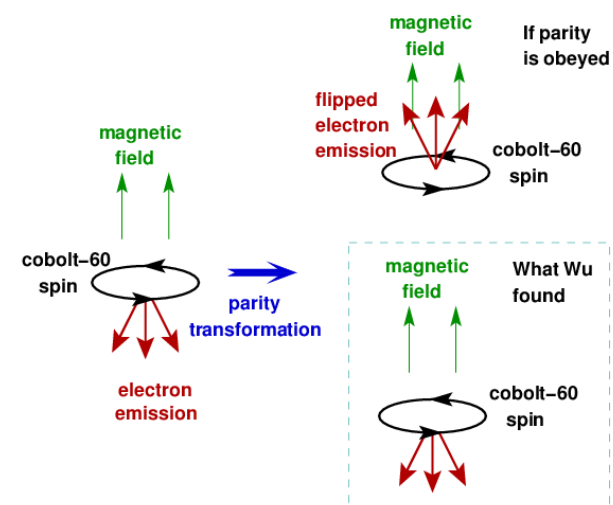
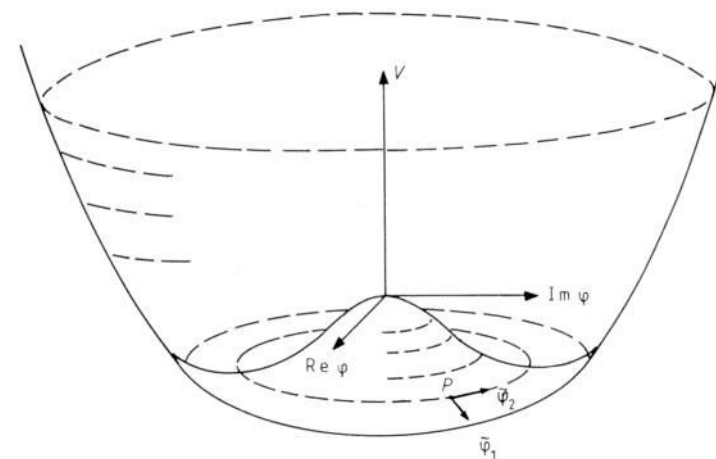
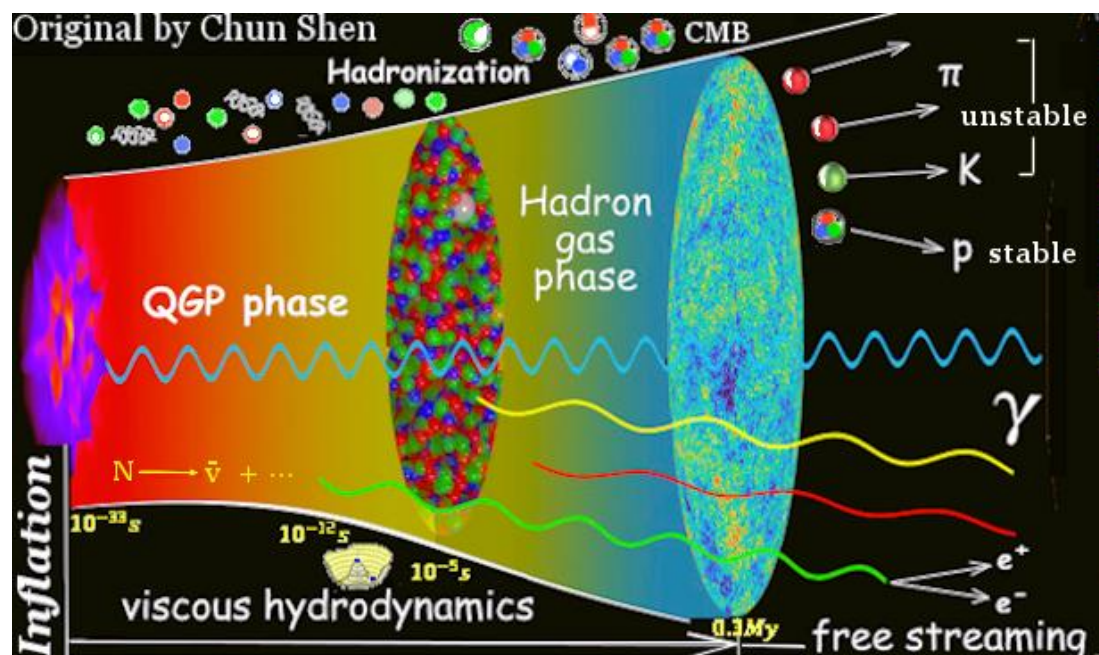
Fizyka wysokich energii bada fundamentalne składniki materii i ich wzajemne oddziaływania oraz „oferuje” poznanie podstawowych praw natury, które rządzą wszechświatem

Fizyka wysokich energii poszukuje odpowiedzi na pytania dotyczące powstania i ewolucji wszechświata – bliskie związki z astrofizyką



Badanie asymetrii materii i anty-materii

Eksperymenty badają asymetrię między materią a antymaterią, co jest kluczowe dla zrozumienia wszechświata.



Globalne współprace w CERN (oraz innych ośrodkach)

Międzynarodowa współpraca naukowa

Naukowcy i inżynierowie z różnych krajów współpracują w CERN, łącząc wiedzę i doświadczenie dla wspólnych celów badawczych.

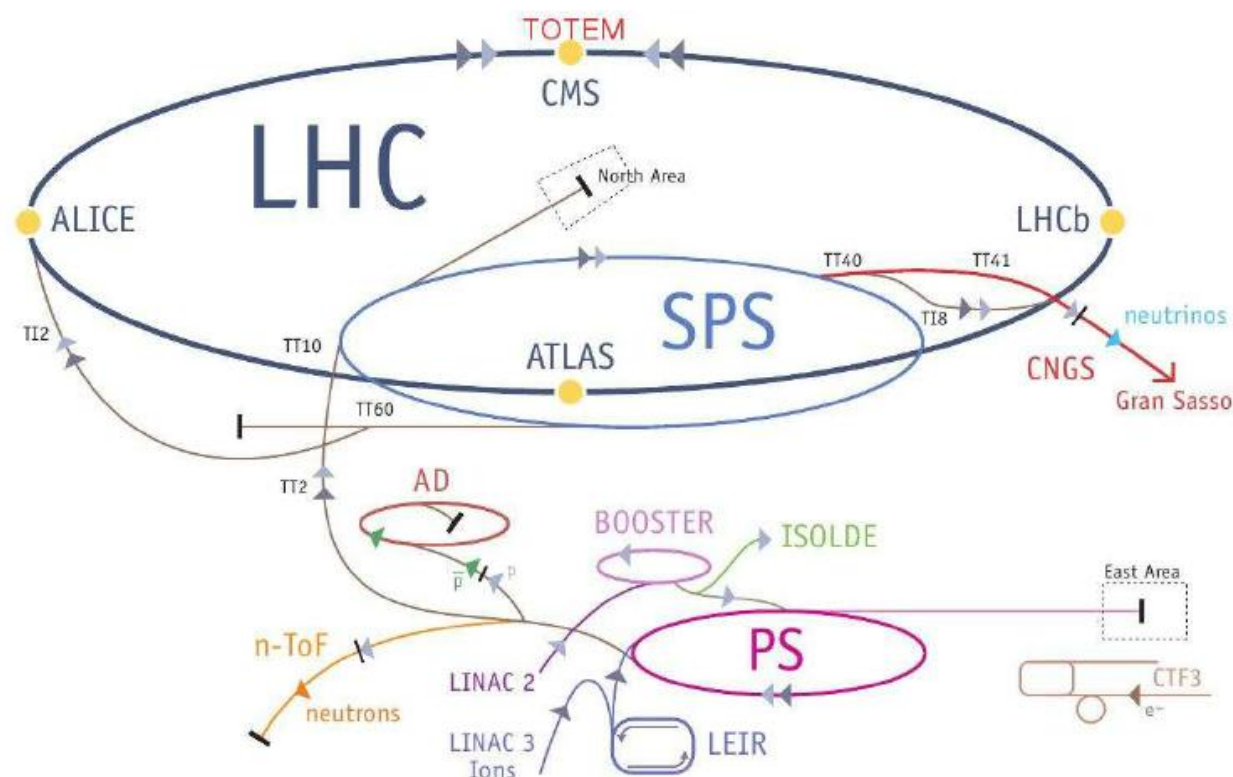
Realizacja skomplikowanych eksperymentów

Globalna współpraca umożliwia przeprowadzanie zaawansowanych eksperymentów fizycznych wymagających dużych zasobów, wiedzy oraz czasu!

Projekt LHC powstał pod koniec lat 70tych XX w. Budowa i uruchomienie to lata 2007 – 2009, kompleks LHC będzie zbierać dane do 2040 roku

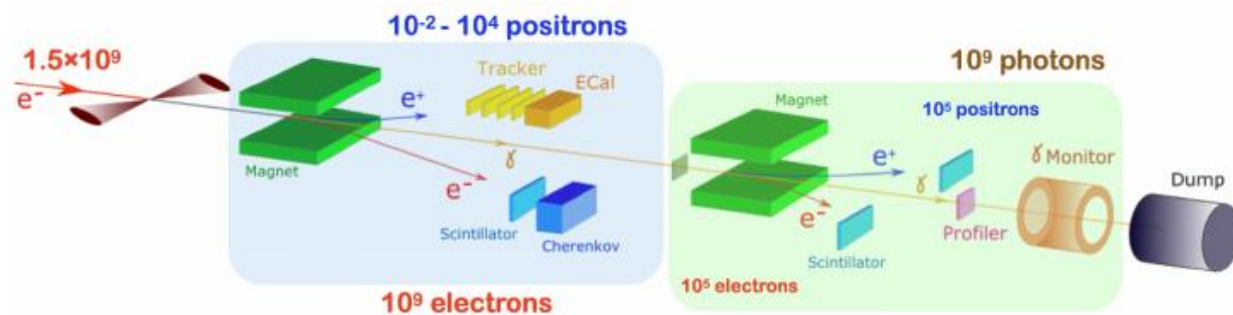
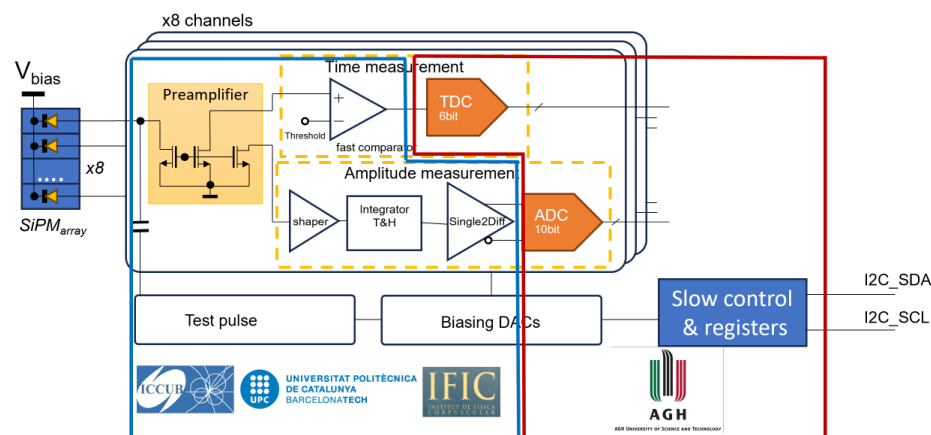
Wymiana wiedzy i technologii

CERN umożliwia efektywną wymianę innowacyjnych technologii i wyników badań między krajami i instytucjami.



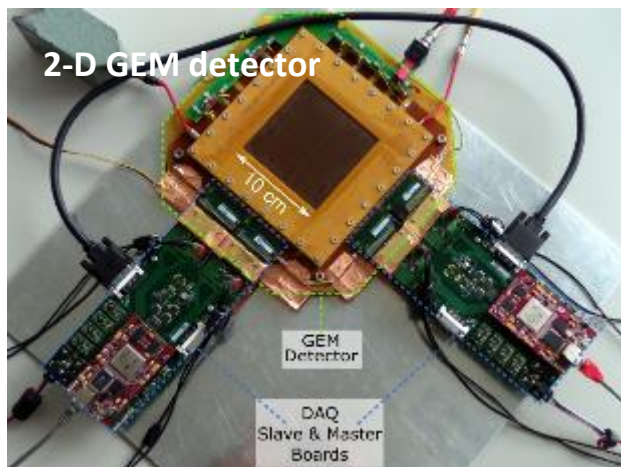
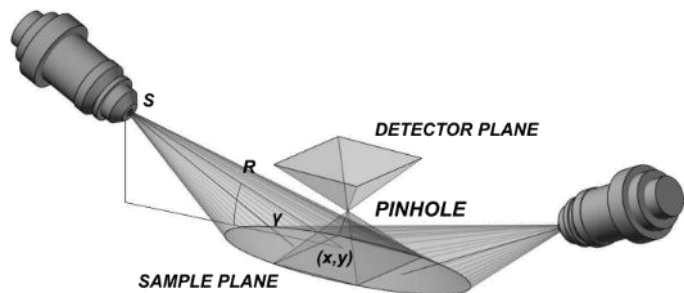
<https://www.nature.com/articles/s42254-024-00758-5>

- The group develops detector systems, with main focus on front-end electronics = ASICs in CMOS 28,65,130nm, for several experiments/collaborations: **LHCb**, **LUXE**, **PANDA**, **HADES**, **CMS**, **DRD6**, **DRD7**. Examples of recent large projects.
- SciFi and Magnet Station detectors for LHCb Upgrade at LHC, CERN
- Ecal electromagnetic calorimeter for LUXE experiment at DESY

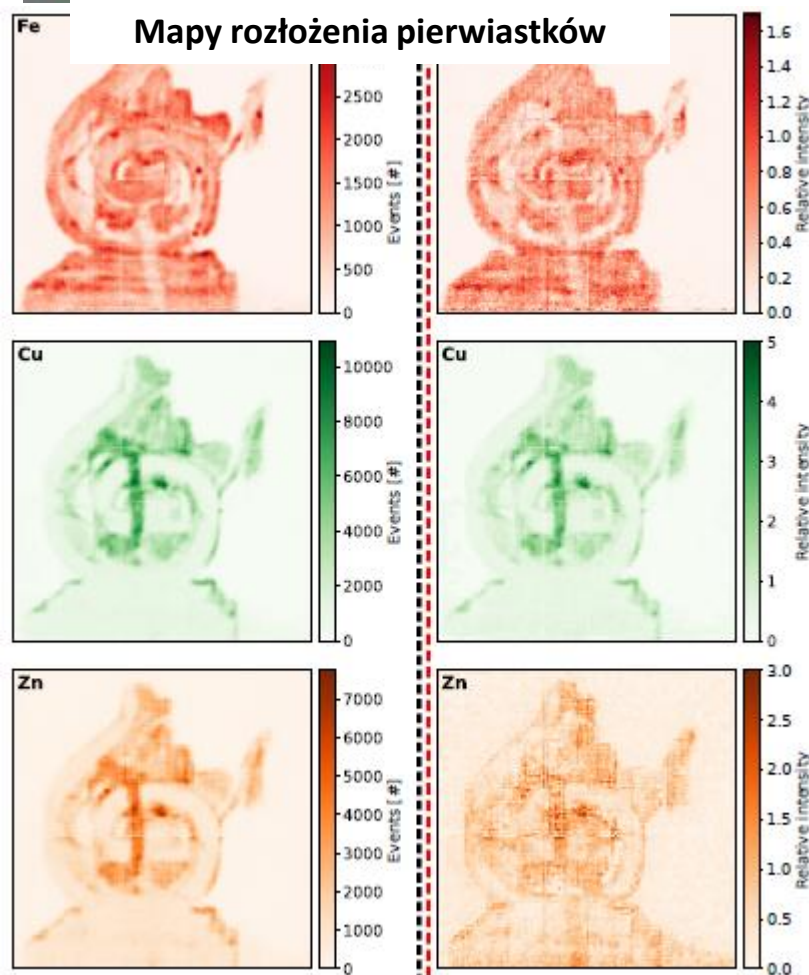
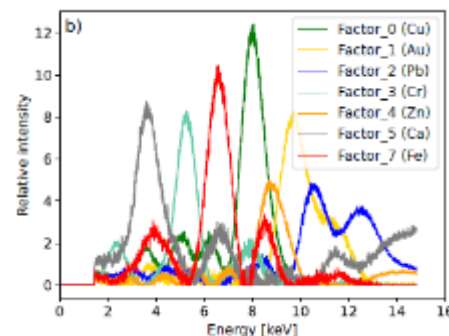


- AGH is co-responsible for PACIFIC++ ASIC – 64-channel chip in CMOS 65nm technology, for the readout of SciFi and MagnetStation detectors
- AGH is co-responsible for ECal development, in particular the front-end, DAQ and several analyses

Full-field XRF imaging



Rzeczywistość zaawansowanych metod analizy



Modernizacja detektora ATLAS

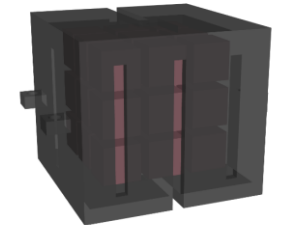
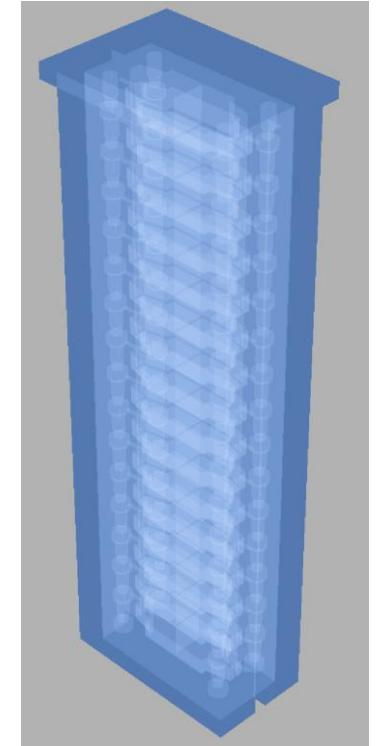
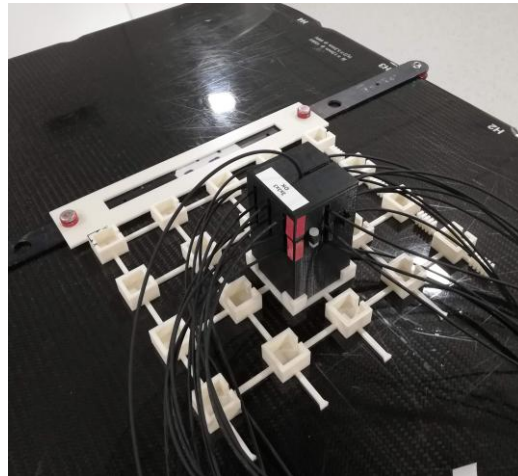
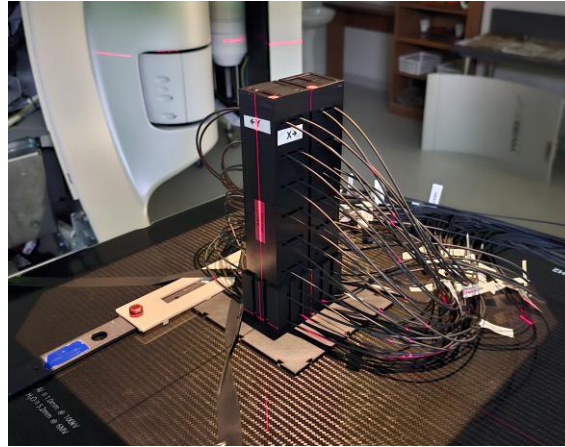
- Opracowanie odpornych na promieniowanie i pole magnetyczne przetworników DC-DC do zasilania detektorów krzemowych w detektorze ATLAS.
- Projekt obejmujący szereg zaawansowanych technologii elektronicznych i informatycznych.



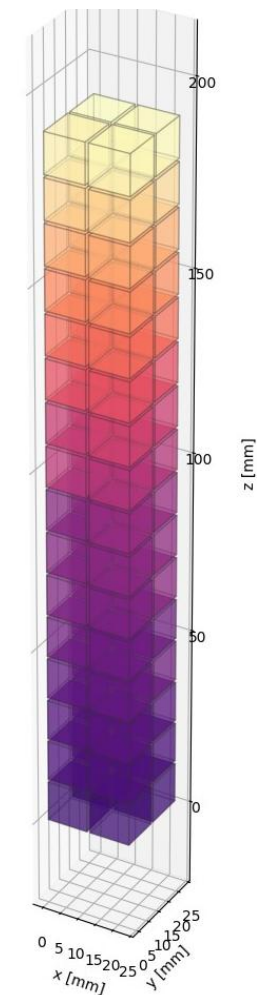
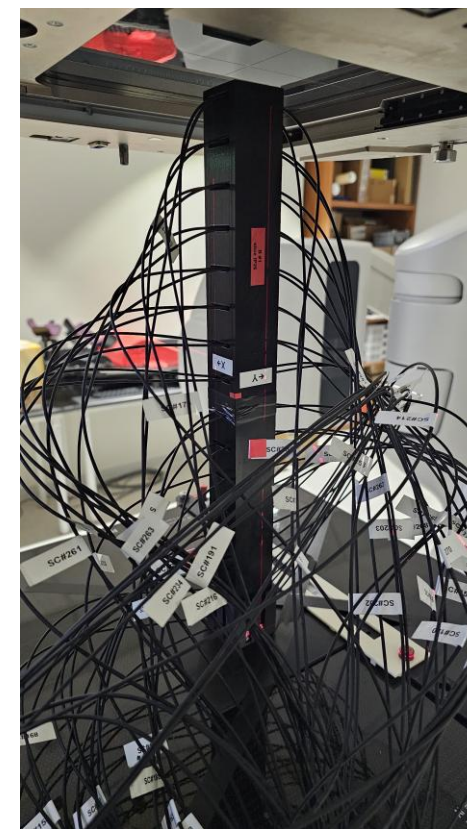
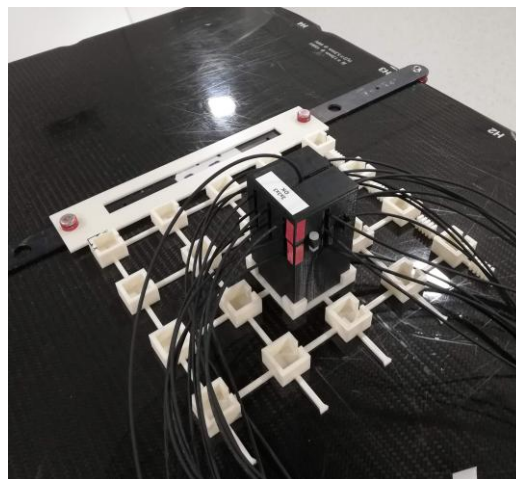
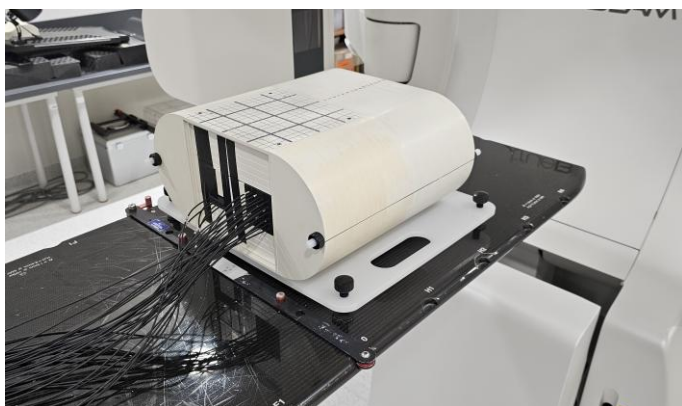
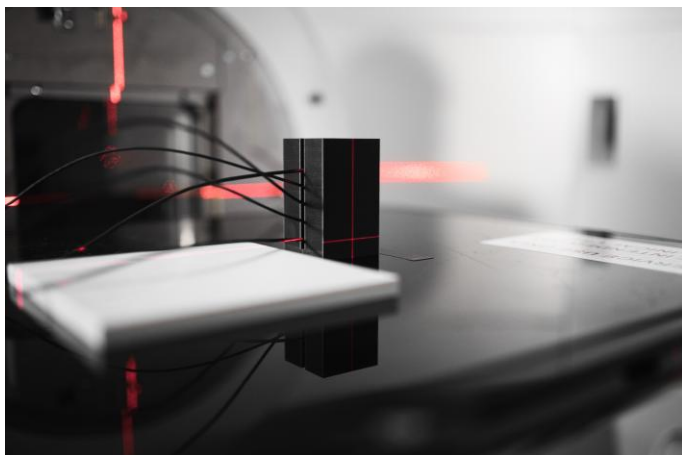
Rzeczywistość nowych technologii detektorowych

- Detektory do detekcji promieniowania X
- Krzemowe detektory pozycjoczułe
- Detektory pozycjoczułe CdTe
- Detektory LGAD do detekcji miękkiego promieniowania X (< 1keV)
- Współpraca z firmami Bruker AXS i SINTEF

agh.edu.pl



Fantomy Dose-3DF – terapia fotonowa



Gaseous detectors

Gas radiation detectors are instruments that detect ionizing radiation through gas ionization. When charged particles or photons interact with the gas volume, they create electron-ion pairs.

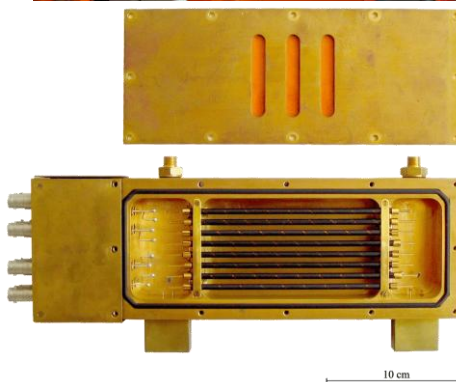
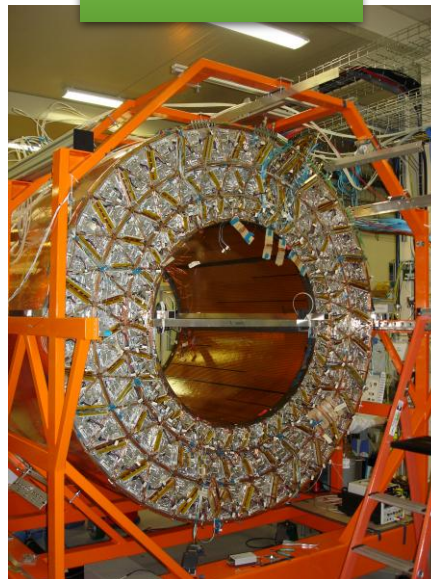
Common types include:

- Multi-Wire Proportional Chambers (MWPC)
- Gas Electron Multipliers (GEM)
- Micro-Pattern Gaseous Detectors (MPGDs)
- Time Projection Chambers (TPC)

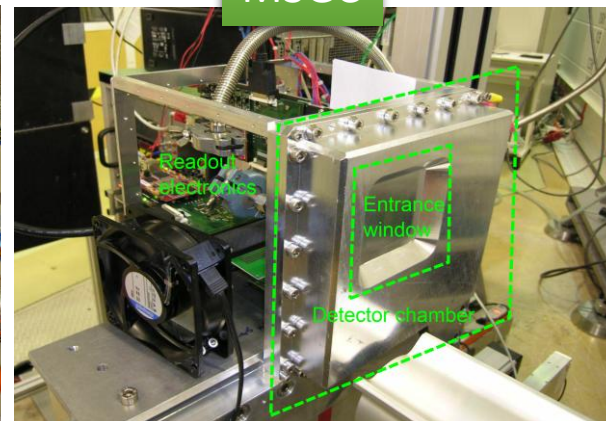
RD51/DRD1 Collaboration at CERN focused on developing advanced MPGDs. It brought together ~100 institutes to share expertise and resources, establish common production facilities.

DRD1 is the successor collaboration, part of CERN's new detector R&D structure, continuing the MPGD development work with broader scope including novel gas detector concepts and applications beyond particle physics (medical imaging, homeland security, etc.).

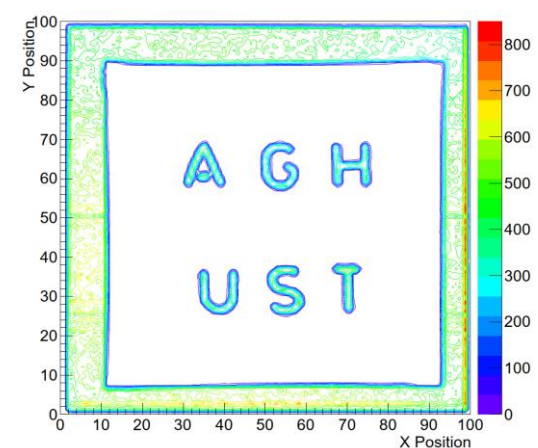
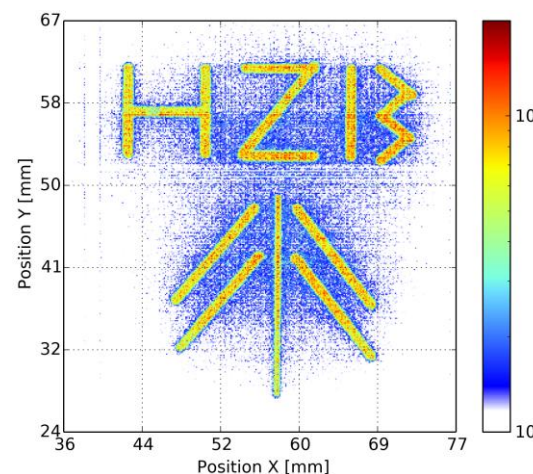
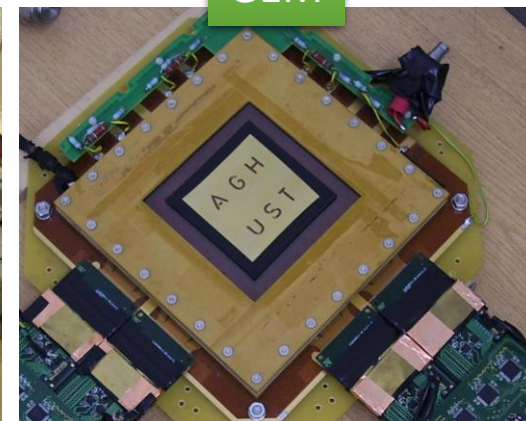
TRT - Straws



MSGC

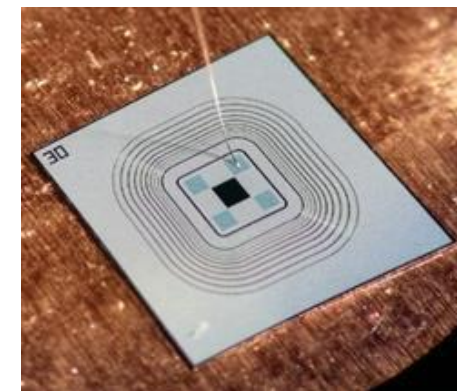


GEM



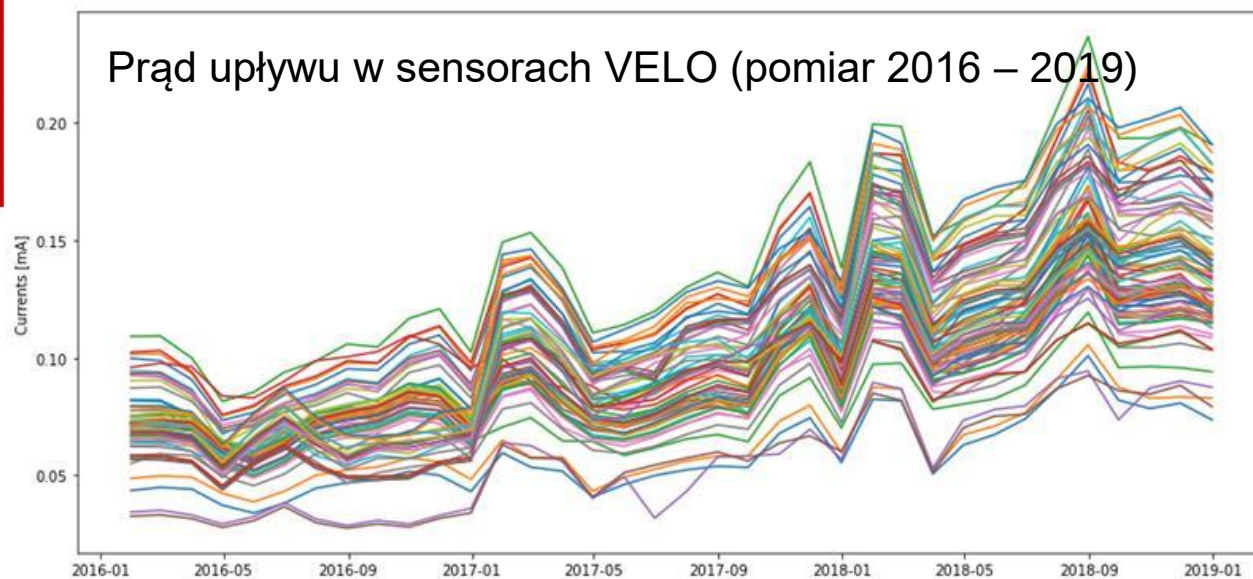
Detektory krzemowe DRD3

- Struktura krzemu zmienia się pod wpływem padającego promieniowania.
- Detektory krzemowe na LHC ulegają stopniowej degradacji, ich działanie musi być monitorowane.
- Dla przyszłych eksperymentów FWE konieczne jest opracowanie nowych sensorów.

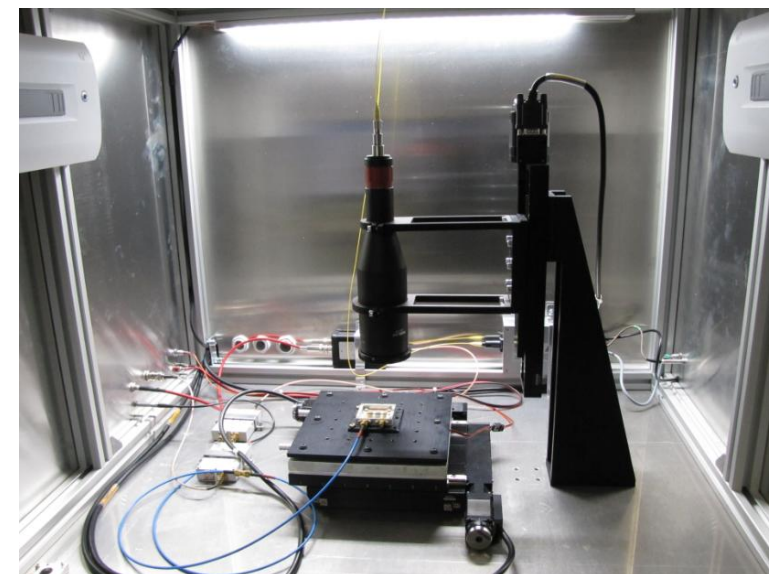


sensor

Prąd upływu w sensorach VELO (pomiar 2016 – 2019)



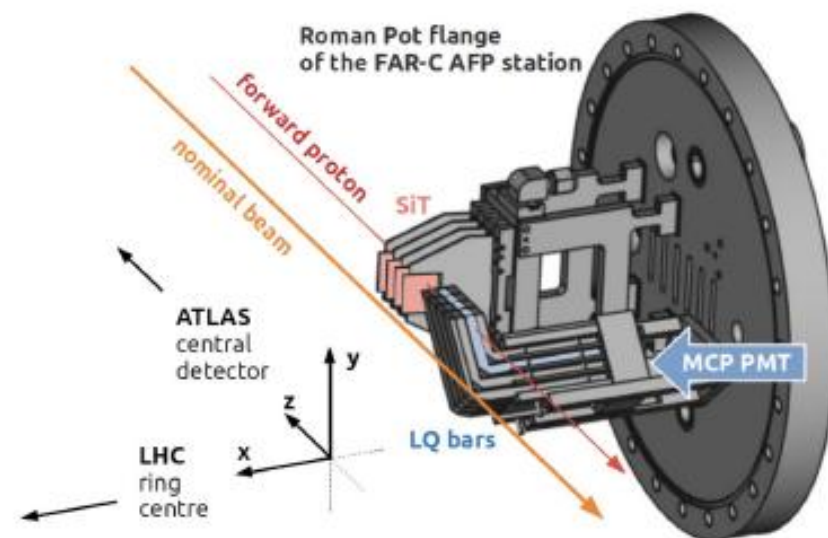
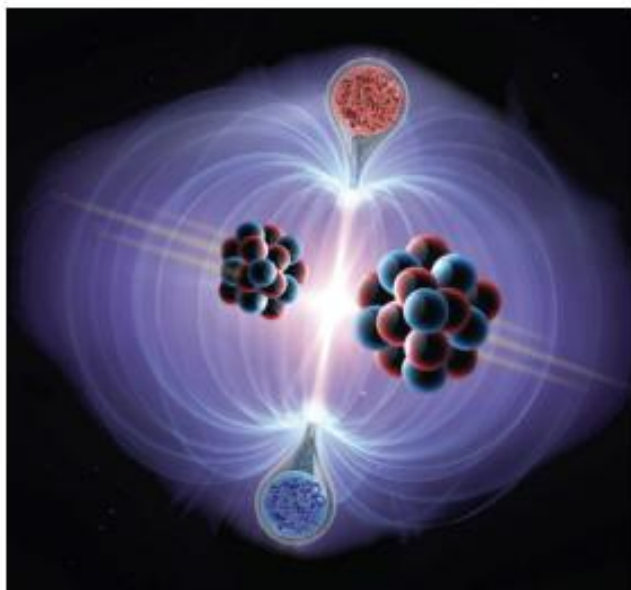
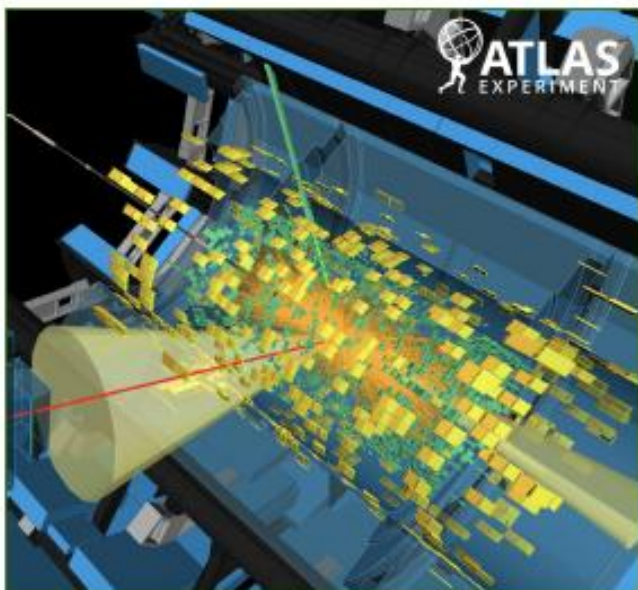
Transient Current Technique
(WFiIS, D11)



Analizy fizyczne w eksperymencie ATLAS

więcej informacji [TUTAJ](#)

- **Studia zderzeń ciężkich jonów (Pb+Pb)**
 - Próbkowanie plazmy kwarkowo-gluonowej (nowy stan materii)
 - Pomiary wykorzystujące obiekty o dużych pędach/masach (np produkcja par kwarków szczytowych), a także korelacje między-cząsteczkowe
- **Fizyka tzw zderzeń ultraperyferycznych dla oddziaływań Pb+Pb**
 - Produkcja ekskluzywnych par leptonów, fotonów (rozpraszanie światła na świetle), a także potencjalnych cząstek “egzotycznych” (np monopoli magnetycznych)
- **Fizyka dyfrakcyjna w zderzeniach proton-proton**
 - Tagowanie rozproszonych protonów za pomocą dedykowanych detektorów “do przodu”



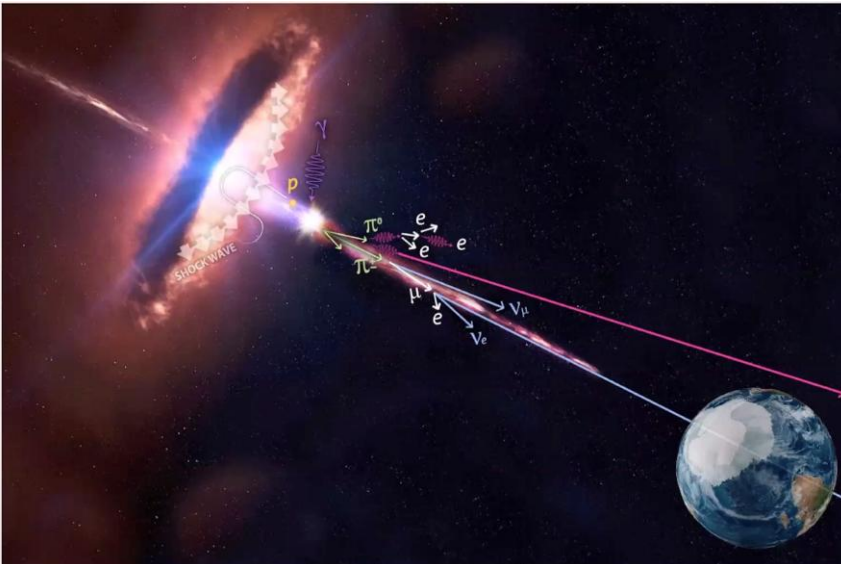
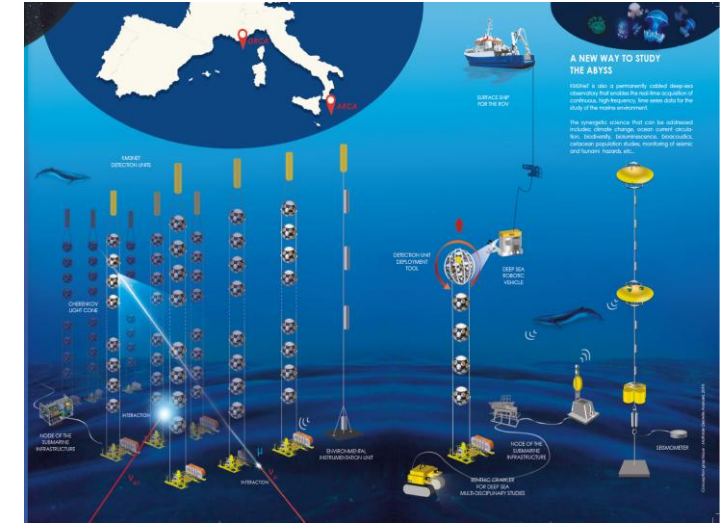
Eksploracja wszechświata w teleskopie neutrinowym nowej generacji KM3NeT



Kosmiczni łowcy – cosmic catchers

W głębinach wód Morza Śródziemnego:

- ARCA 1 km³ (1Gton), głębokość 3,5 km
- ORCA 0.007 km³ (7Mton), głębokość 2,5 km
- Planowany jest trzeci teleskop akustyczny w wodach greckich
- Neutrino działają jak **kosmiczny system wczesnego ostrzegania**, informując nas o dramatycznych wydarzeniach w gwiazdach zanim zobaczymy je w świetle



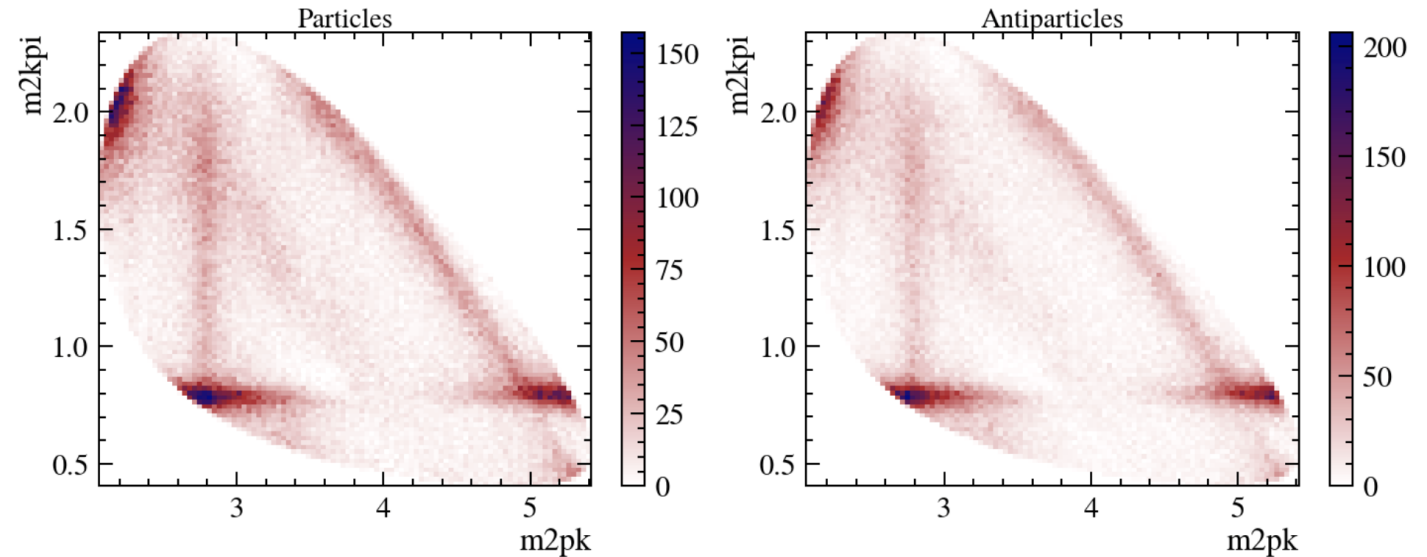
Czym się zajmujemy?

- Akustyczna detekcja neutrin przez efekt termoakustyczny
- Rozpoznawanie przypadków mion vs neutrino, tor vs kaskada, typów neutrin przy wykorzystaniu technik ML
- Identyfikacja obiektów astronomicznych za pomocą neutrin
- Generatywne modele AI do symulowania danych przy różnych konfiguracjach detektora w Europejskiej Chmurze Otwartej Nauki

Czarodzieje – charmers

Pomiary łamania CP w rozpadach czarmowych barionów

- Subtelne efekty poniżej 0.1 – 1‰
- Metody: binowana, kNN, Testu Energetycznego, KDE i nienadzorowane techniki ML
- Selekcja przypadków
- Generacja zdarzeń przy użyciu Tensor Flow



Dydaktyka

Fizyka Techniczna

2025/2026, Studia magisterskie inżynierskie II stopnia, Stacjonarne

Opis kierunku

Semestr 1

Semestr 2

Semestr 3

^ Oddziaływania i detekcja cząstek

Suma godzin kontaktowych: 330

22

Wstęp do eksperymentalnej fizyki
wysokich energii

Wykład: 45
Ćwiczenia laboratoryjne: 15
Zajęcia seminaryjne: 15

6

Analiza danych

Wykład: 26
Ćwiczenia audytoryjne: 10
Ćwiczenia laboratoryjne: 10

4

Model Standardowy

Wykład: 30
Ćwiczenia laboratoryjne: 14

4

Wybrane zagadnienia fizyki detektorów

Wykład: 15
Ćwiczenia laboratoryjne: 15

2

Dydaktyka

Fizyka Techniczna

2025/2026, Studia magisterskie inżynierskie II stopnia, Stacjonarne

Opis kierunku

Semestr 1

Semestr 2

Semestr 3

^ Oddziaływania i detekcja cząstek	Suma godzin kontaktowych: 165	11
Metody inteligentnej analizy danych	Wykład: 15 Ćwiczenia laboratoryjne: 15	3
Elektronika w systemach detekcji cząstek	Wykład: 30 Ćwiczenia laboratoryjne: 30	4
Wstęp do kwantowej teorii pola	Wykład: 15 Ćwiczenia laboratoryjne: 15	4

Dydaktyka

Fizyka Techniczna

2025/2026, Studia magisterskie inżynierskie II stopnia, Stacjonarne

Opis kierunku

Semestr 1

Semestr 2

Semestr 3

^ Oddziaływania i detekcja cząstek

Suma godzin kontaktowych: 45

3

Modern trigger systems

Wykład: 30

3

Ćwiczenia laboratoryjne: 15

Rozwój kompetencji w zakresie programowania, elektroniki i AI

Praca zespołowa

Współpraca w grupie sprzyja rozwijaniu umiejętności technicznych i wymianie wiedzy między członkami zespołu.

Programowanie

Nauka programowania jest kluczowa dla rozwoju nowoczesnych technologii i rozwiązań AI.

Elektronika i układy

Projektowanie układów elektronicznych uczy praktycznych umiejętności inżynierskich cenionych w przemyśle.

Sztuczna inteligencja

Stosowanie metod AI umożliwia tworzenie inteligentnych systemów i automatyzację procesów.