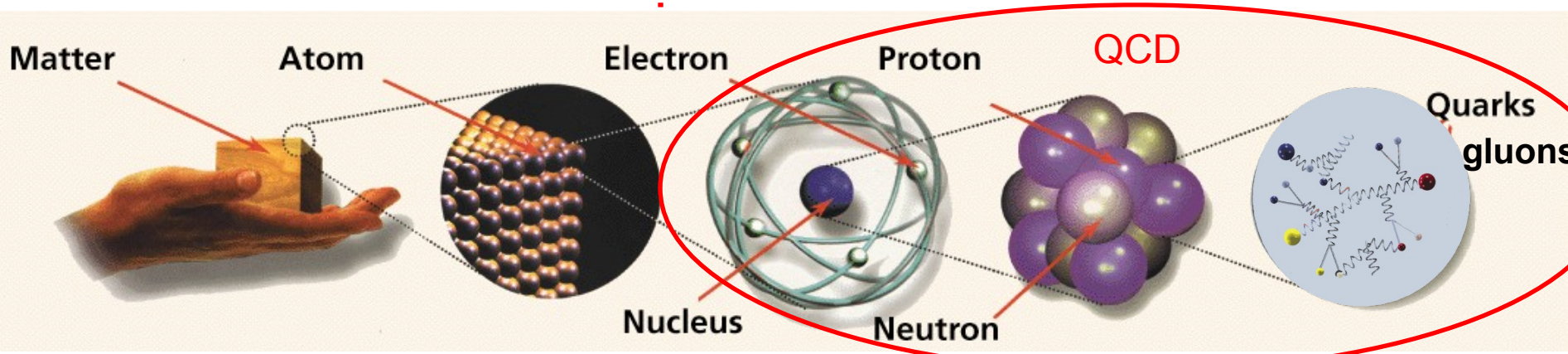
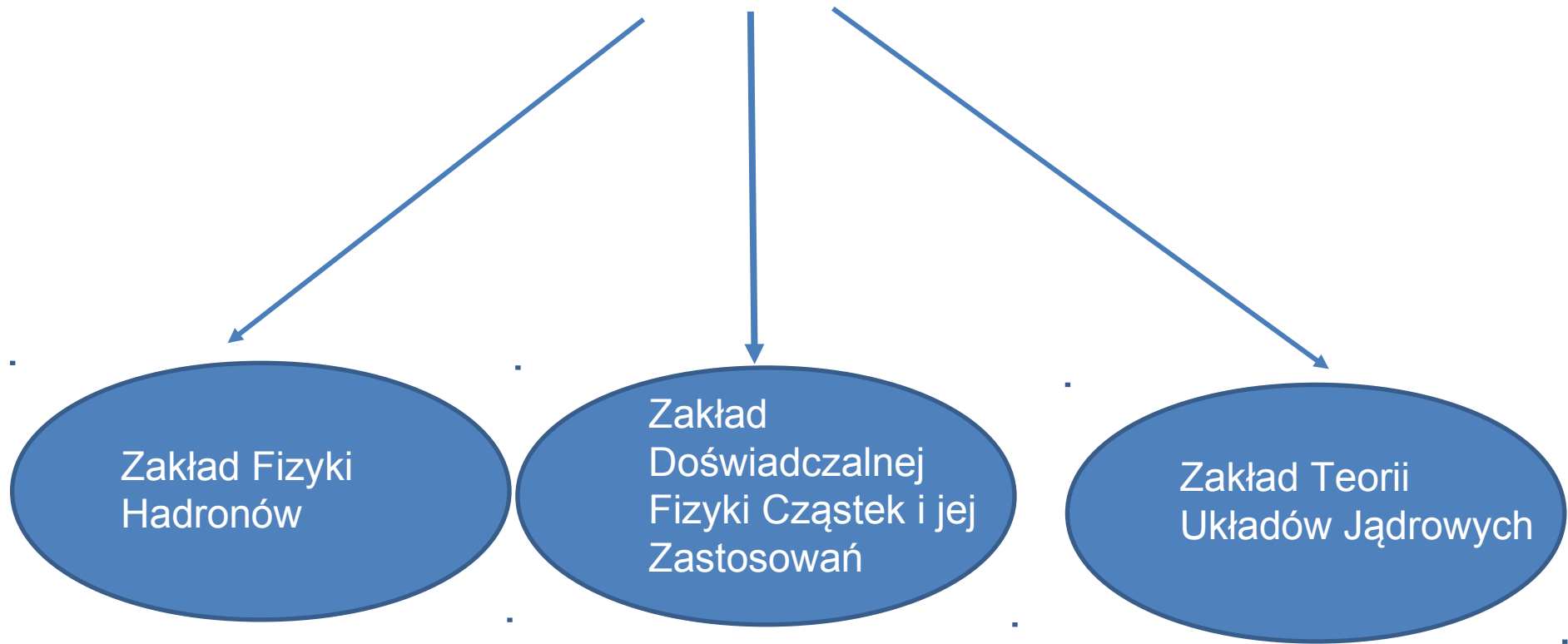


Zespół Zakładów Fizyki Jądrowej



Zakład Fizyki Hadronów

- Badanie struktury hadronów , pochodzenie masy, własności materii jądrowej o dużej gęstości i temperaturze - eksperyment HADES w GSI/FAIR w Darmstadt (Niemcy)
- Spektroskopia hadronów z kwarkami dziwnymi i powabnymi i poszukiwanie stanów egzotycznych – eksperyment PANDA w budowie w GSI/FAIR (2023)
- Zastosowanie wiązek protonowych do leczenia nowotworów

Struktura hadronów

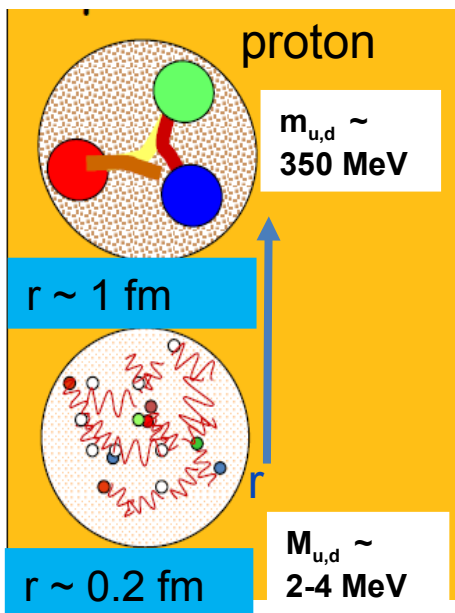
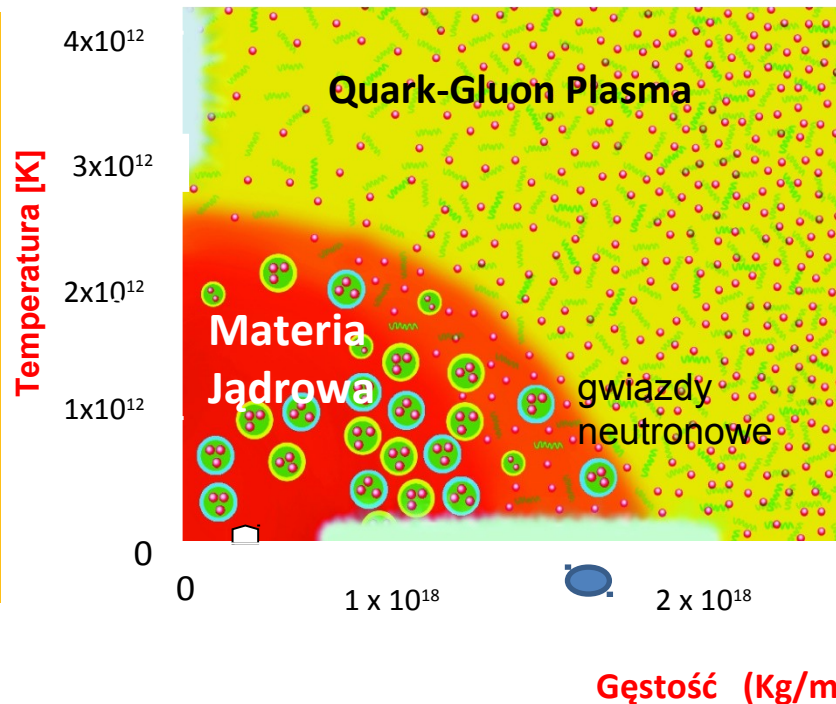
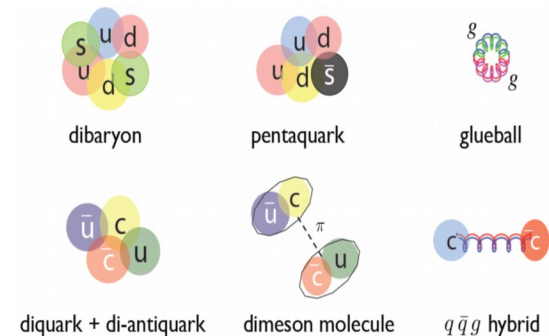


Diagram fazowy materii hadronowej



Stany egzotyczne QCD



GSI (20 km na południe od Frankfurtu n. Menem) - Obecnie

SIS 18

18Tm (1.8 T magnets)

U^{73+} 1.0 GeV/u 10^9 ions/s
protony 4.5 GeV 2.8×10^{13} /s
piony ! 0.5-2 GeV/c

GSI-FAIR

SIS 100

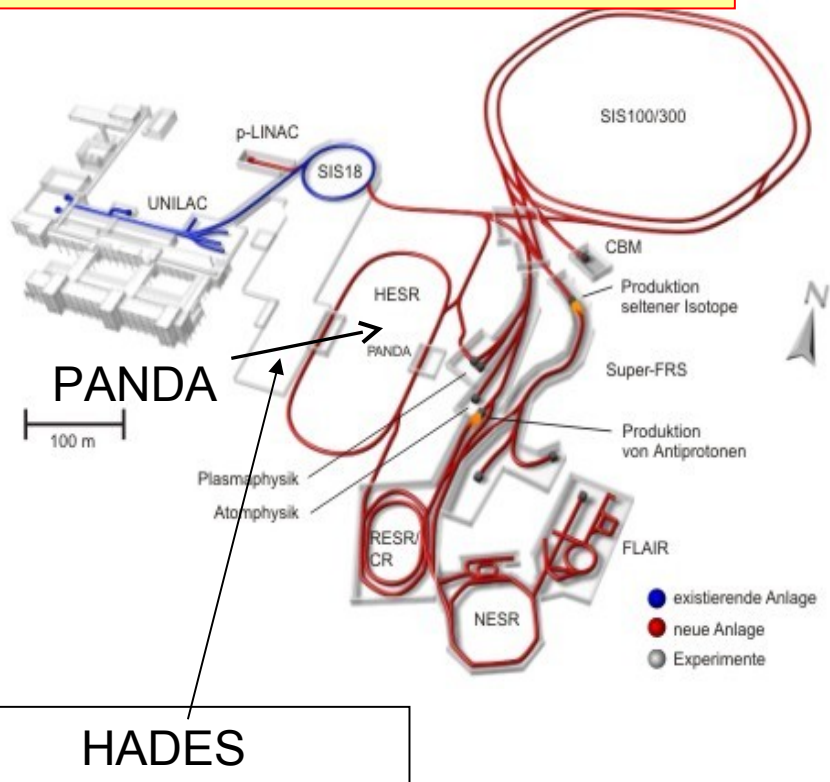
Au do 8-10 GeV/u 10^{12} ions/s
protony do 30 GeV 2.8×10^{13} /s

Wiązki wtórne

Wiązki radioaktywne do 1.5 GeV/u
Antyprotony do 30 GeV

Pierścienie akumulacyjne

HESR: Antyprotony 1.5- 15 GeV



Międzynarodowy Instytut badań Fizyki
Antyprotonów i Ciężkich Jonów- UJ koordynuje
badania polskich grup badawczych

Masa a "energia wiązania"

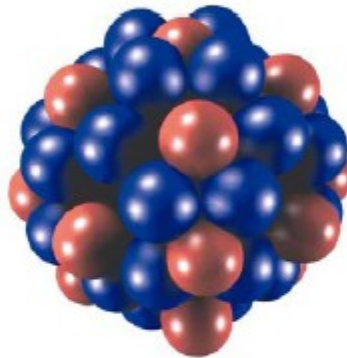
atom
 10^{-10} m



$$M \approx \sum m_i$$

binding energy
effect $\approx 10^{-8}$

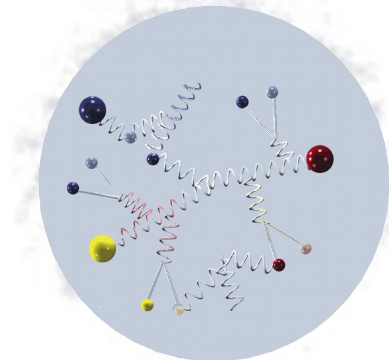
atomic nucleus
 10^{-14} m



$$M \approx \sum m_i$$

binding energy
effect $\approx 10^{-3}$

nucleon
 10^{-15} m



$$M \gg m_i$$

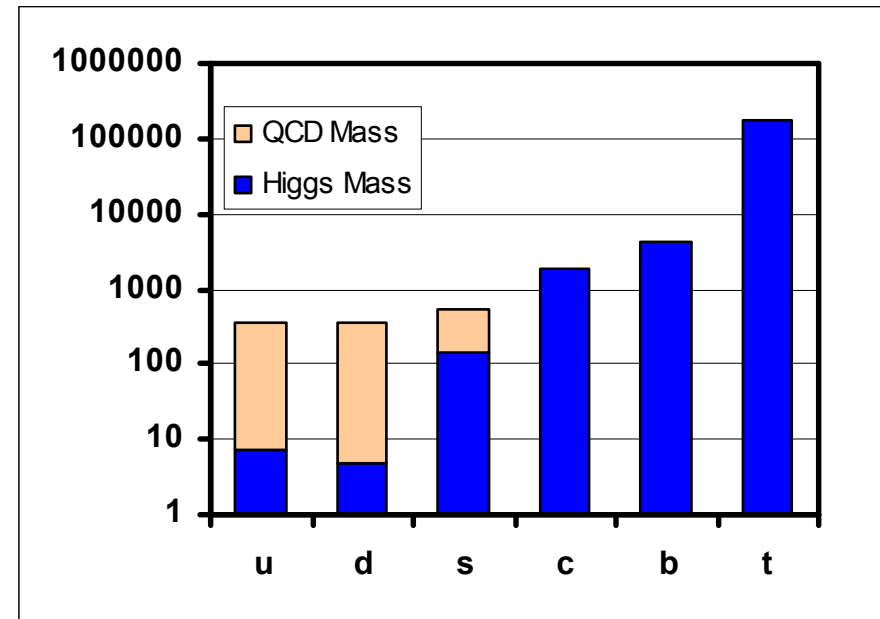
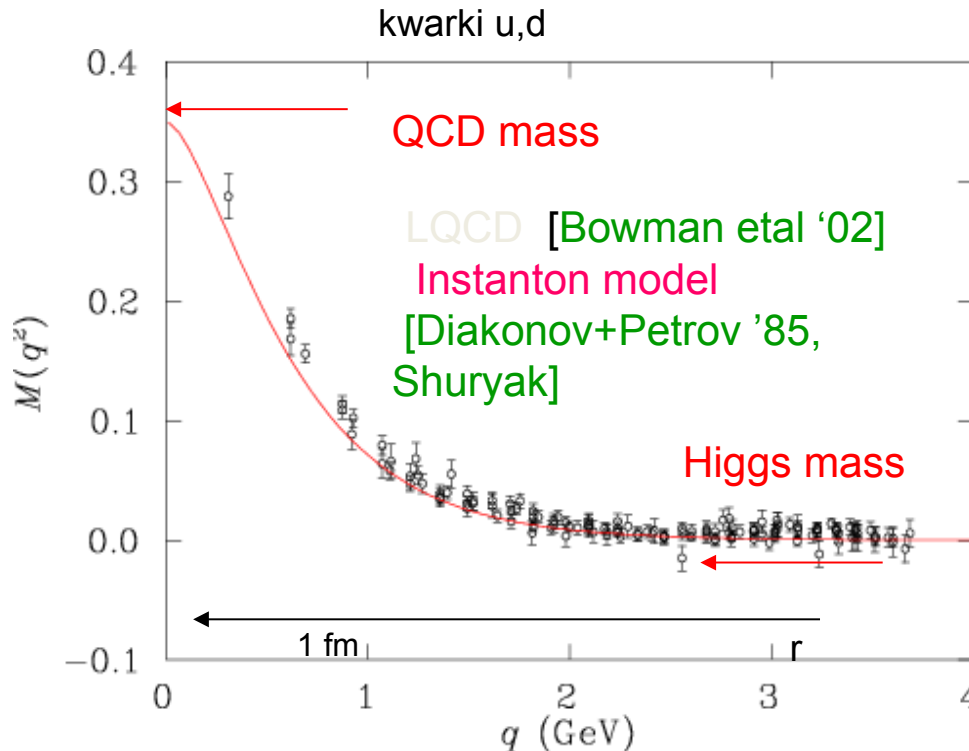
$m_u, d \sim 5 \text{ MeV}$

$M_p = 940 \text{ MeV} \gg 3m_q$!

Masa jest generowana
przez oddziaływanie !

Masy kwarków

- masy ("current") generowane przez oddziaływanie z polem Higgsa
(model standardowy – Higgs to motyw powstania LHC !)
- masy kwarków lekkich (u,d) ("constituent") generowane przez oddziaływanie-
uwięzienie kwarków → **Złamanie Symetrii Chiralnej QCD**

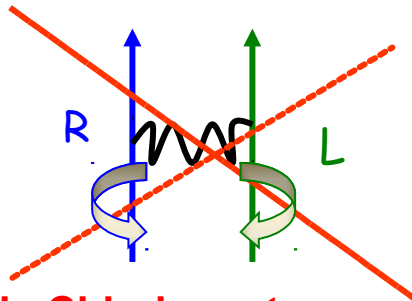


~99% masy (widzialnej) wszechświata
pochodzi od oddziaływania silnego!

Symetria chiralna

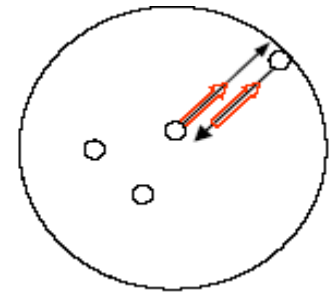
Symetria globalna L_{QCD} dla **bezmasowych** kwarków , oznacza:

→ **oddziaływanie silne zachowuje skrętność (helicity kwarków)**



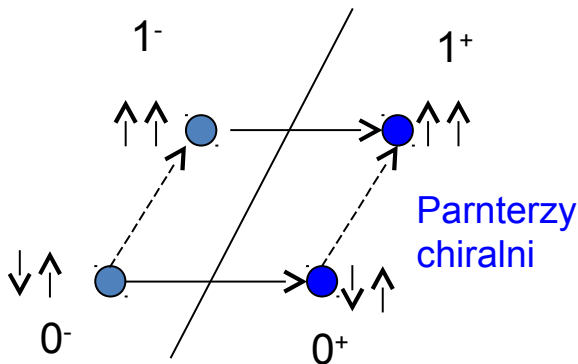
jest złamana
przez uwięzienie!

model "worka"



Symetria Chiralna: stany o przeciwnej parzystości (partnerzy chiralni) powinny mieć taką samą masę:

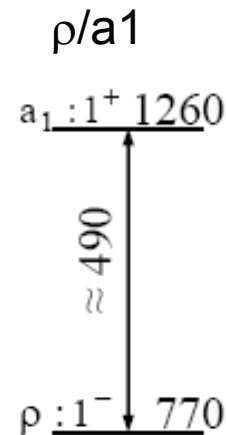
np: mezony:



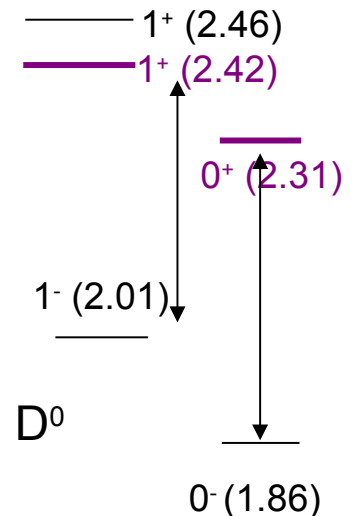
**złamana SC:
masy są różne!**

widma hadronów
przykład:

Mezony ud



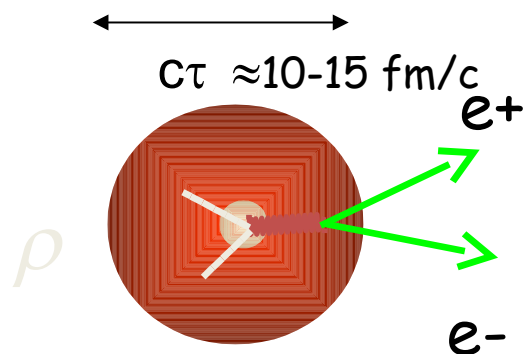
Mezony cu (D)



Metoda pomiaru masy (exp. HADES)

- ✓ Pomiar f. rozkładu masy hadronu w materii jądrowej

Observable: np” krótkożyciowe mezony ρ, ω, ϕ poprzez rozpady dileptonowe e^+e^-



$$m_{e^+e^-} = \sqrt{p_{e^+} p_{e^-}} \sin \frac{\theta_{e^+e^-}}{2}$$

👍 Rekonstrukcja masy w materii poprzez rozpad e^+e^- (lub $\mu^+\mu^-$)

👎 małe prawd. ($\propto \alpha^2$) rozpadu

👎 Duże tło hadronowe

Mezon	Masa [MeV/c ²]	Szerokość Γ [MeV/c ²]	Czas życia $c\tau$ [fm/c]	$\Gamma(V \rightarrow e^+e^-)$ Γ_{tot}
ρ^0	770	150	1.3	4.4×10^{-5}
ω	782	8.4	23.4	7.1×10^{-5}
ϕ	1020	4.4	44.4	3.1×10^{-5}

Te same liczby kwantowe ($J^{PC} = 1^{--}$) co foton !

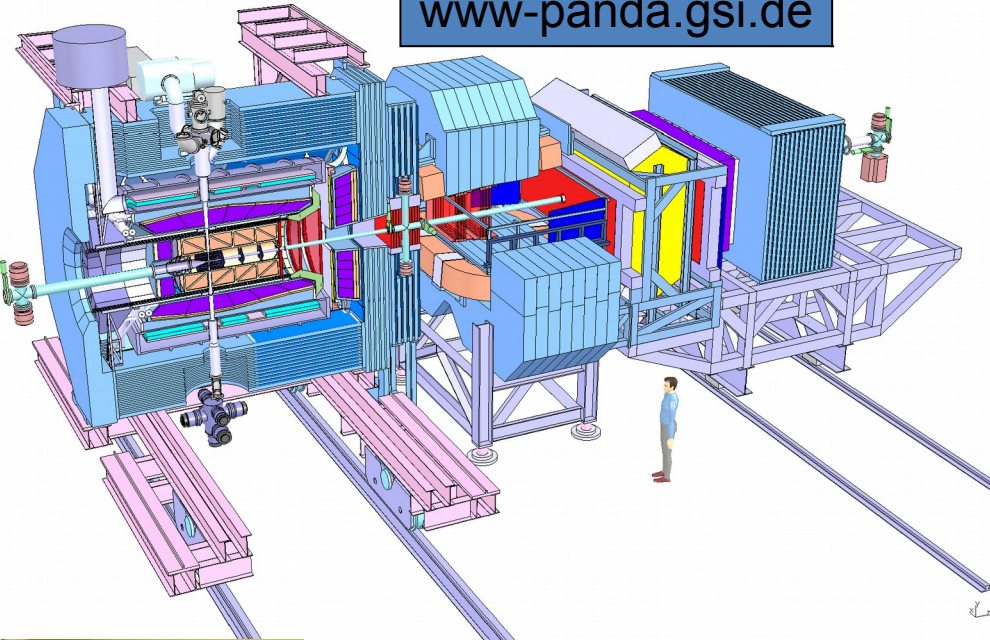
Eksperyment PANDA

Eksperyment PANDA

(antiProton Annihilations at Darmstadt)

od 2023

www-panda.gsi.de



Kontakt: piotr.salabura@uj.edu.pl;
jerzy.smyrski@uj.edu.pl ,
grzegorz.korcyl@uj.edu.pl,
rafal.lalik@uj.edu.pl

Eksperyment HADES

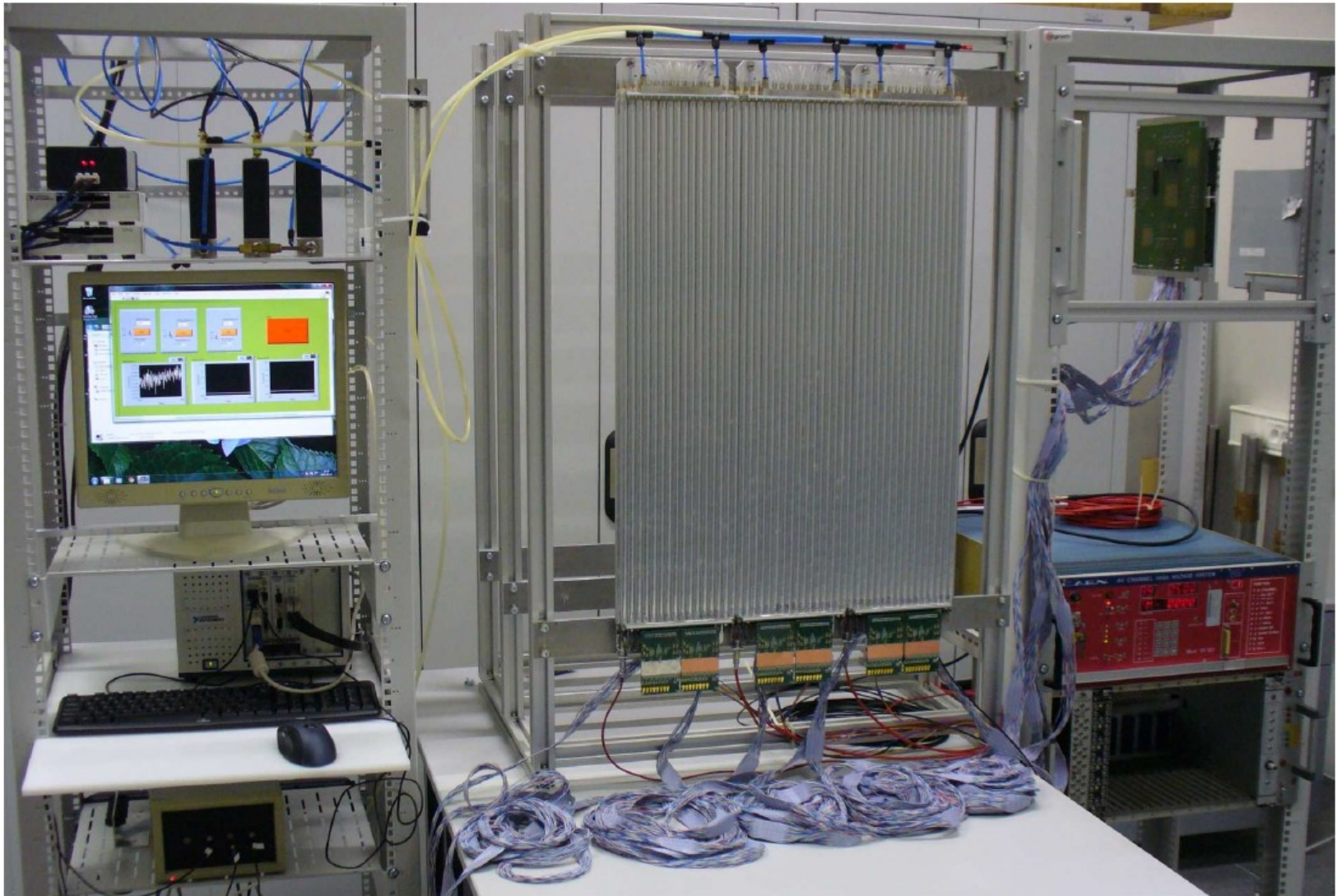
High Acceptance DiElectron
Spectrometer ... w GSI od 2002

www-hades.gsi.de

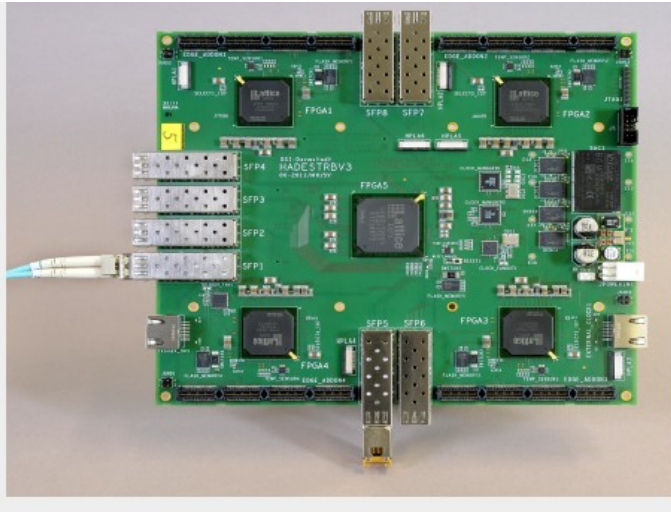


Instrumentarium w eksperymentach fizyki hadronowej

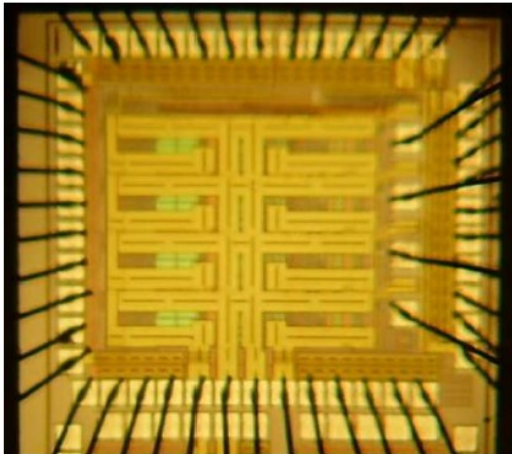
Przykład: Stacje detektorów słomkowych do pomiaru pozycji śladów (precyzja około $150\mu\text{m}$) dla eksperymentu PANDA, HADES



Instrumentarium : dedykowana elektronika odczytu dla detektorów cząstek jonizujących



Płyta TRB



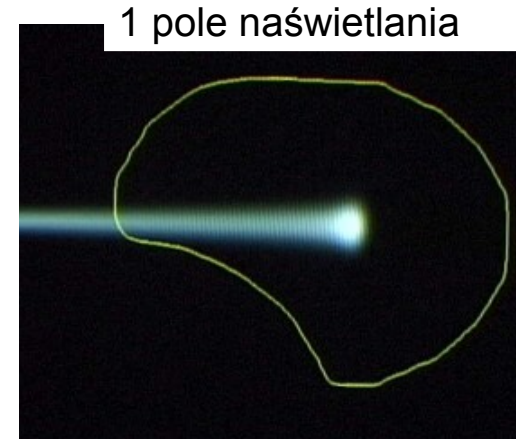
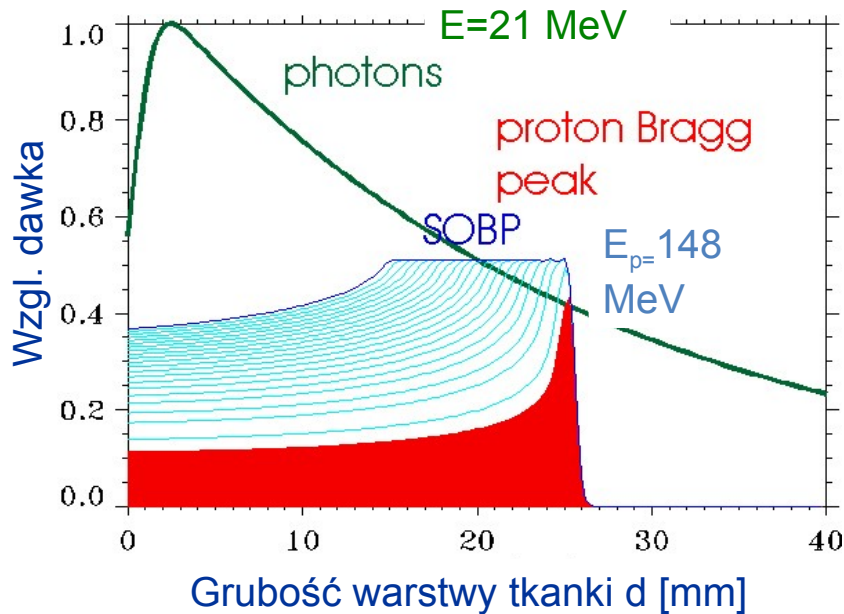
Zdjęcie pod mikroskopem układu ASIC
wyk. w technologii 0.35 μm CMOS

- Uniwersalna Płyta TRB oparta na programowalnych układach FPGA do pomiaru czasu z precyzją do 40 ps z transmisją danych cyfrowych (do 200 MB/s) poprzez GbEthernet
- Układy analogowe ASIC do pomiaru i kształtowania impulsów z detektorów słomkowych
- Algorytmy do wyszukiwania śladów cząstek w detektorach słomkowych w czasie rzeczywistym (układy FPGA z wbudowanymi procesorami – system-on-chip)
- Analiza danych on-line

Zasada terapii zasięgowej wiązkami hadronowymi

- 😊 Wypełnianie dużą dawką obszaru guza poprzez zmianę położenia i(lub) energii wiązki
- 😊 Mała dawka w obszarze zdrowej tkanki
- ☹️ Potrzebny akcelerator + system kontroli

Przykład dla wiązki protonów



Fizyka jądrowa w medycynie

Jak leczyć nowotwory **lepiej?**

Kontekst:

- Terapia protonowa (nowe centrum w Krakowie)
- Metody kontroli procesu naświetleń on-line
- Obrazowanie Prompt Gamma

Cel badań:

- Projekt **SiFi-CC**: budowa układu do monitorowania w czasie rzeczywistym pozycji piku Bragga w terapii protonowej
- Współpraca z RWTH Aachen i CCB Kraków
- <https://bragg.if.uj.edu.pl/sificc>

Możliwe zadania badawcze:

- Testy laboratoryjne komponentów
- Budowa detektora
- Testy przy użyciu wiązki protonów (CCB Kraków, HIT Heidelberg)
- Analiza danych
- Rozwój algorytmów rekonstrukcji obrazu
- Symulacje komputerowe

Mały, kameralny zespół, projekt skrojony do pracy ze studentami fizyki, biofizyki i informatyki

Tematy prac na stronie Zespołu Zakładów Fizyki Jądrowej:

<http://www.zzjf.if.uj.edu.pl/>

TEAM

Pracownicy:

Aleksandra Wrońska (PI)

aleksandra.wronska@uj.edu.pl

Rafał Lalik

Andrzej Magiera

Ming-Liang Wong

Doktoranci:

Majid Kazemi-Kozuni

Katarzyna Rusiecka

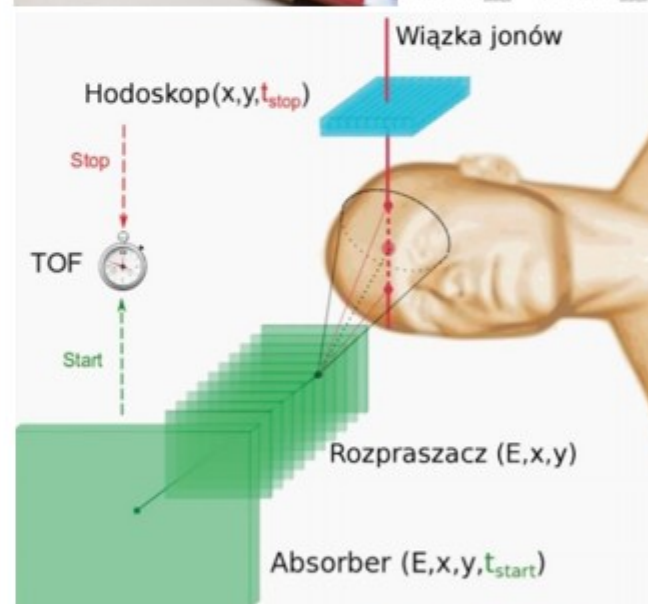
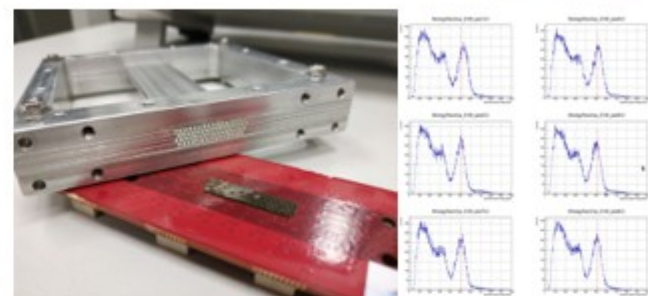
Vitalii Urbanevych

Magdalena Kołodziej

Studenci:

Barbara Kołodziej

Ola Kaszlikowska



**SiFi-CC**

