

Fizyka cząstek i astrofizyka w Departamencie Badań Podstawowych Narodowego Centrum Badań Jądrowych

Piotr Zalewski
w imieniu BP3 i BP4



Od połowy 2014 roku:

Zakład Astrofizyki (BP4)

Pracownia Astrofizyki (Warszawa)

Pracownia Fizyki Promieniowania Kosmicznego (Łódź)

Zakład Fizyki Wielkich Energii (BP3 Warszawa)

Pracownia Eksperymentów Akceleratorowych

Pracownia Fizyki Neutrin

Symposium NCBJ, Świerk 15/06/2015

Xavier Cortada (with the participation of physicist Pete Markowitz),
"In search of the Higgs boson: H -> ZZ", digital art, 2013

079

Cortada

Scientific Goals

- search for short optical transients of astronomical origin
- in particular search for optical flashes accompanying GRB
- study fast variable stars
- participation in multiwavelength observing campaigns
- monitoring activity of blazars and other AGN's

Pi of the sky

2013



2007



Institutions

- Faculty of Physics, University of Warsaw
- Center for Theoretical Physics PAS, Warsaw
- National Centre for Nuclear Research, Warsaw

Partners

- Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada, Spain
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Spain
- San Pedro de Atacama Observatory, Chile
- Institute of Electronic Systems, Warsaw University of Technology
- Space Research Center of the Polish Academy of Sciences, Warsaw

UNIVERSITY OF WARSAW
Center of Theoretical Physics PAS
National Centre for Nuclear Research
Instituto de Astrofísica de Andalucía
PI OF THE SKY NORTH
Polish Ministry of Science and Higher Education
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

NCBJ: T. Batsch, A. Ćwiek, A. Majcher, K. Nawrocki,
M. Sokołowski, G. Wrochna, A. Zdrożny

Symposium NCBJ, Świerk, 15/06/2015

First Searches for Optical Counterparts to Gravitational Wave Transient Candidates

Projekt miał na celu próbę potwierdzenia kandydatów na fale grawitacyjne (wykrytych przez detektory

- LIGO-Virgo) poprzez zaobserwowanie przejścia optycznego, które mogło być z nim powiązane

Podejrzuje się, że wiele przewidywanych źródeł fal grawitacyjnych emituje

- promieniowanie elektromagnetyczne

W celu przeprowadzenia badań zespół badawczy LSC-Virgo (fale grawitacyjne) zaprosił do współpracy około 10. zespołów astronomicznych

- (w tym Pi of the Sky)

Obserwacje optyczne i w falach grawitacyjnych miały miejsce Dec 2009-Jan 2010 oraz Sept 2010-Oct 2010

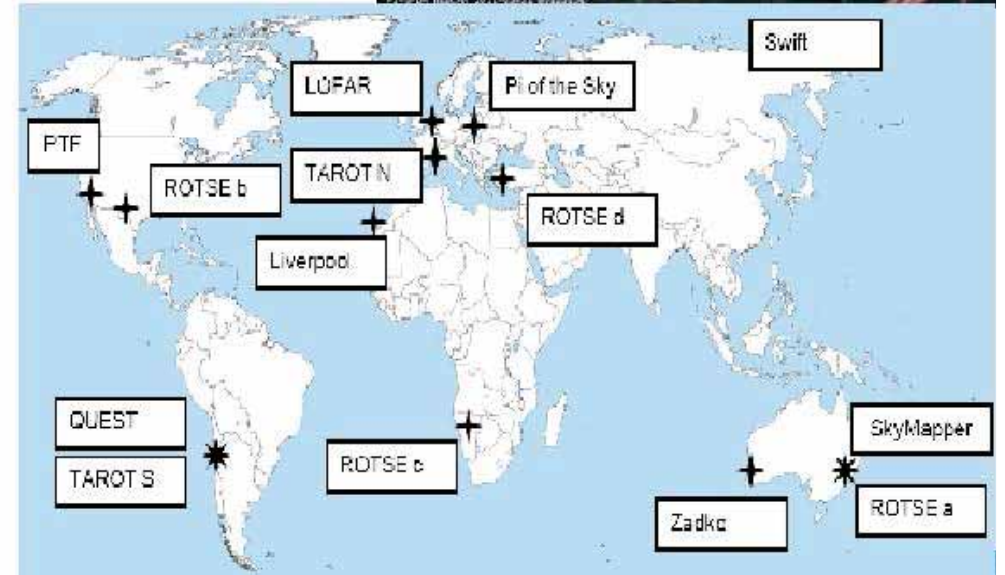
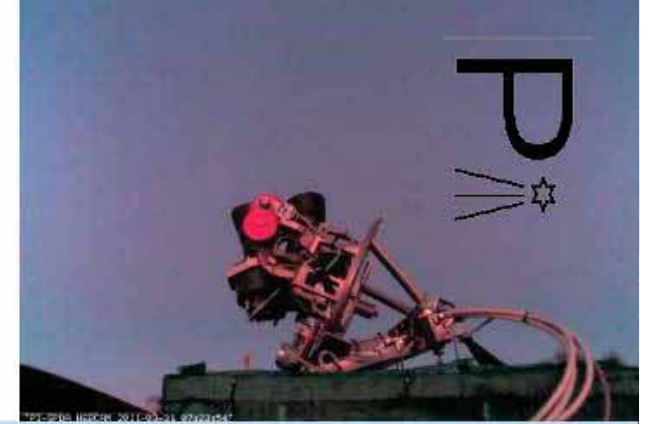
Obserwacje Pi of the Sky były przeprowadzone → w Koczargach Starych w Polsce

Wyniki wykorzystano do przygotowania projektu EM Follow-up dla zaawansowanych detektorów fal graw. o docelowym 10 krotnie większym zasięgu

Pi of the Sky podpisało z LSC-Virgo MOU na udział w projekcie EM Follow-up

23 czerwca 2015 roku o 10:30 na Hożej odbędzie się publiczna obrona rozprawy doktorskiej **Adama Zadroznego**, której promotorem jest **Andrzej Królak**

(→ plakat)

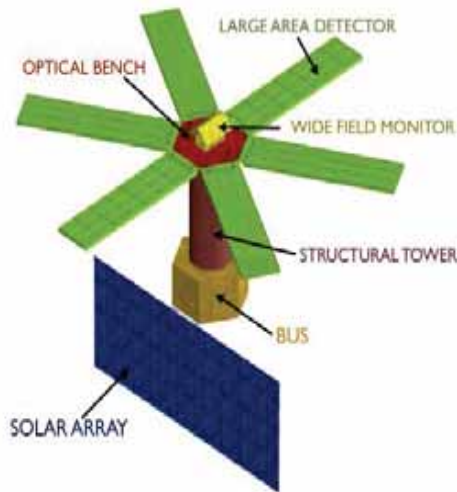


Gwiazdy neutronowe (berstery rentgenowskie), Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) Large Observatory for X-ray Timing (LOFT)



Piotr Zalewski
w imieniu BP3 i BP4

Large Observatory for X-ray Timing



Przygotowywany jest propozal na konkurs M4 ESA.

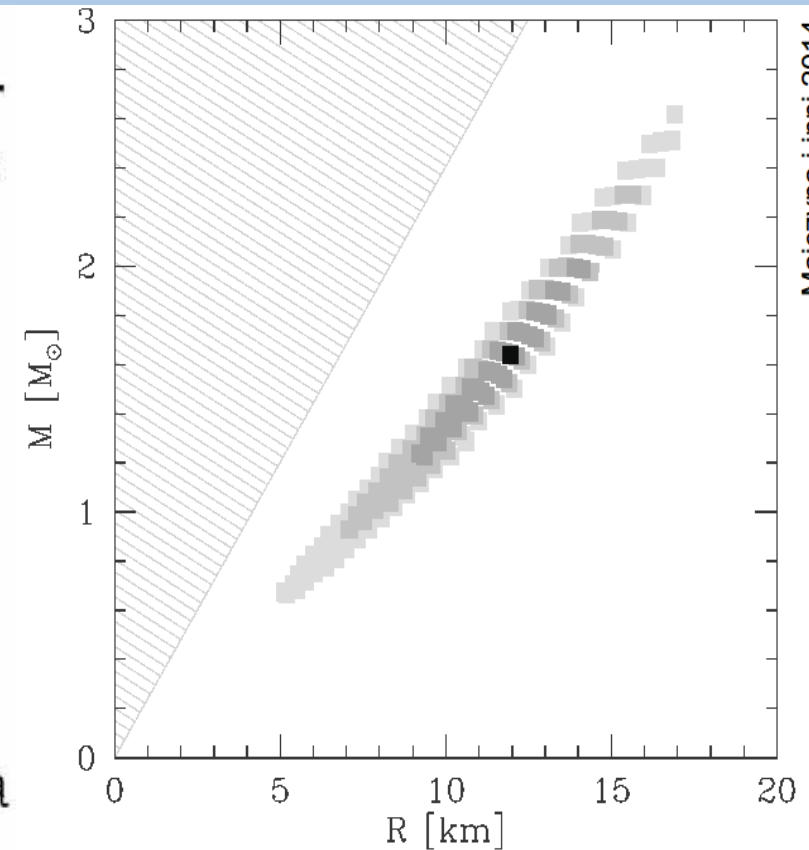
Jeśli projekt zostanie zaakceptowany satelita zacznie swą działalność w 2026r.

Zaangażowanych jest kilkadziesiąt instytucji naukowych z 23 krajów, w tym także z Polski.

Analiza widm i zmienności czasowej obiektów w zakresie rentgenowskim.

Obszary zainteresowań:

- równanie stanu super gęstej materii
- akrecja w silnym polu grawitacyjnym
- gwałtowne zjawiska np. wybuchy bersterów, magnetarów czy gwiazd nowych
- zjawiska związane z rozrywaniem pływowym towarzysza i jego akrecją na obiekt zwarty
- błyski gamma
- poszukiwanie nowych obiektów jasnych w zakresie rentgenowskim



Majczyna i inni 2014

Rys. 1 Wyznaczenie masy i promienia gwiazdy neutronowej na podstawie symulowanego widma z satelity LOFT. Szare obszary - kontury 1, 2 i 3 σ , ciemny kwadrat - poszukiwana wartość $M = 1.64 M_{\odot}$ i $R = 11.95\text{km}$.

NCBJ: Agnieszka Majczyna

(→ plakat)

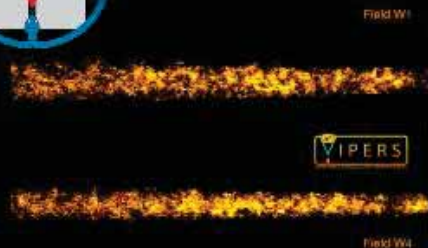
Grupa Kosmologii **Obserwacyjnej**



NASA Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE): satelitarny przegląd całego nieba w podczerwieni. 563 mln obiektów! Pracujemy nad algorytmem samouczącym, który dokona automatycznej klasyfikacji danych WISE. Galaktyki WISE posłużą do testów kosmologicznych, badań własności i ewolucji galaktyk i kwazarów.

Analiza własności i grupowania zawierających pył, aktywnych gwiazdotwórczo galaktyk obserwowanych przez podczerwonego satelitę AKARI.

Nasze specjalności: algorytmy samouczące do klasyfikacji danych, analiza grupowania różnych populacji galaktyk, począwszy od obiektów aktywnie formujących gwiazdy po stare, wyewoluowane galaktyki.



Międzynarodowy przegląd spektroskopowy VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS): najlepsza istniejąca mapa Wszechświata sprzed 7 mld lat w 3D! Nasz zespół uczestniczy w pomiarach i klasyfikacji spektroskopowej źródeł oraz analizie fizycznej obserwowanych galaktyk, gwiazd i kwazarów.

Szereg publikacji opartych na danych z tego przeglądu: klasyfikacja, właściwości, struktura wielkoskalowa zaskakująco podobna do obserwowanej w lokalnym Wszechświecie.

Grupa Kosmologii Obserwacyjnej



Przeglądu VUDS (VIMOS Ultra Deep Survey): pierwszy tak duży spektroskopowy przegląd galaktyk o $2 < z < 5$.

Badanie właściwości grupowania galaktyk przeprowadzone po raz pierwszy w historii na danych spektroskopowych dla wysokich przesunięć ku czerwieni $z > 2$.

VIMOS VLT Deep Survey (VVDS): przegląd galaktyk w szerokim zakresie przesunięć ku czerwieni $0 < z < 5$. Finalne dane opublikowane w 2014 roku.

Badanie właściwości i grupowania galaktyk.



Podsumowanie:

- Udział w 5 międzynarodowych projektach (WISE, AKARI, VVDS, VIPERS, VUDS) , współpraca z wieloma innymi.
- Dwa projekty misji kosmicznych zgłoszonych do ESA (European Space Agency).
- Publikacje w renomowanych czasopismach (Astronomy & Astrophysic)

Analiza danych mionowych z Wielkiego Detektora Śladowego w KASCADE-Grande w aspekcie badania składu masowego p.k. oraz testowania modeli oddziaływań - **nasza wyłączna odpowiedzialność we Współpracy**

- Przygotowanie publikacji kolaboracyjnej do Astroparticle Physics nt. rozkładów poprzecznych gęstości mionów (czeka na akceptację Edytora w wydawnictwie)
- Realizacja grantu NCBJ – P. Łuczaka
Badanie składu masowego i testowanie modeli w oparciu o dane z detektora śladowego mionów (→ plakat)
- Badania składu masowego metodą obliczania $\langle \ln A \rangle$ z rozkładów pseudorapidity mionów (przewidziana publikacja)



KASCADE
Karlsruhe Shower Core
and Array Detector

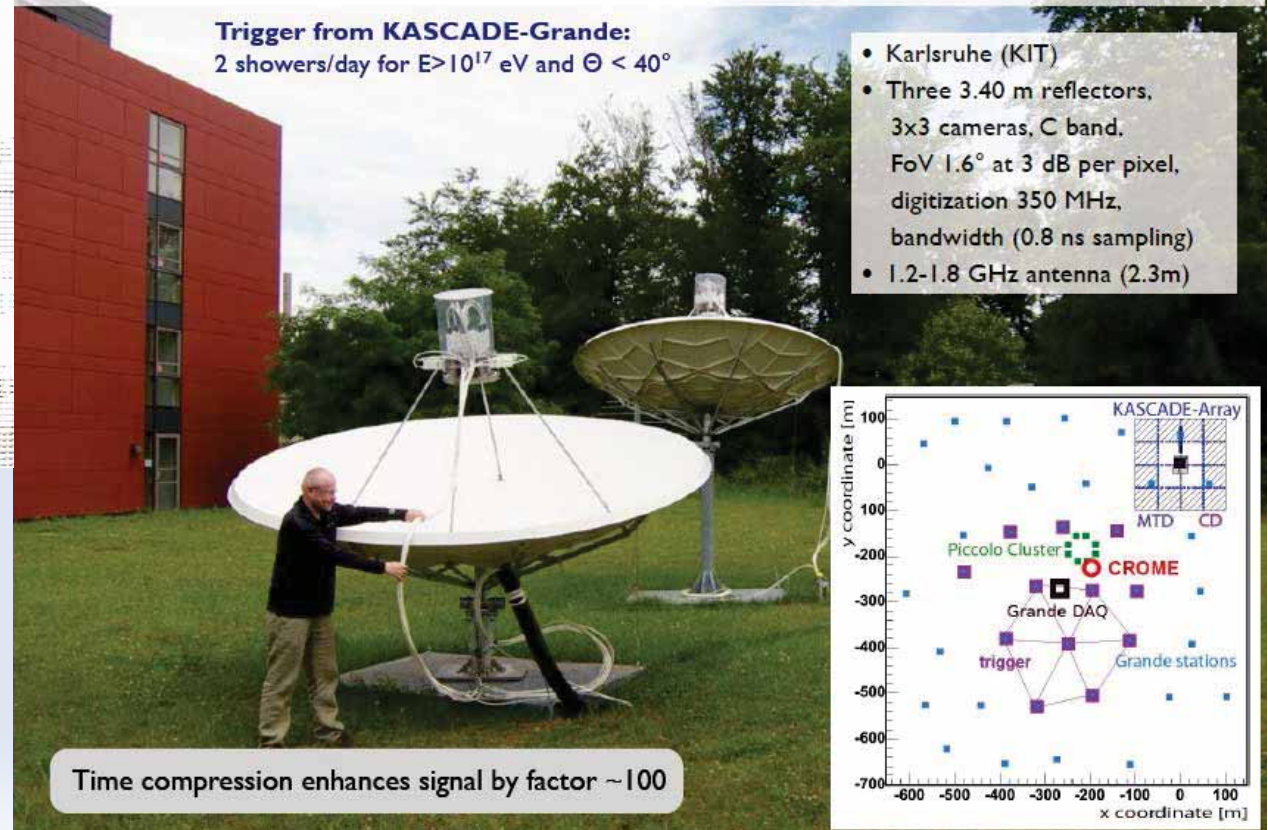
Paweł Łuczak,
Janusz Zabierowski



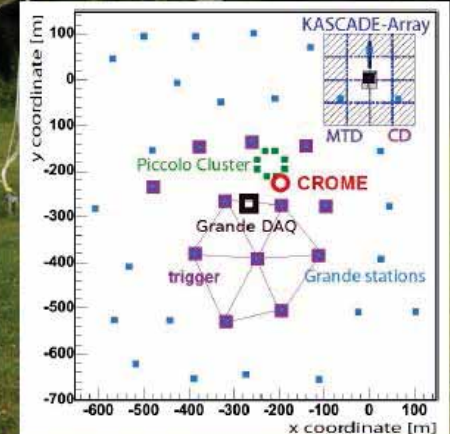
**KASCADE - Grande,
LOPES, CROME**

CROME (Cosmic Ray Observation by Microwave Emission)

Trigger from KASCADE-Grande:
2 showers/day for $E > 10^{17}$ eV and $\Theta < 40^\circ$



- Karlsruhe (KIT)
- Three 3.40 m reflectors, 3x3 cameras, C band, FoV 1.6° at 3 dB per pixel, digitization 350 MHz, bandwidth (0.8 ns sampling)
- 1.2-1.8 GHz antenna (2.3m)



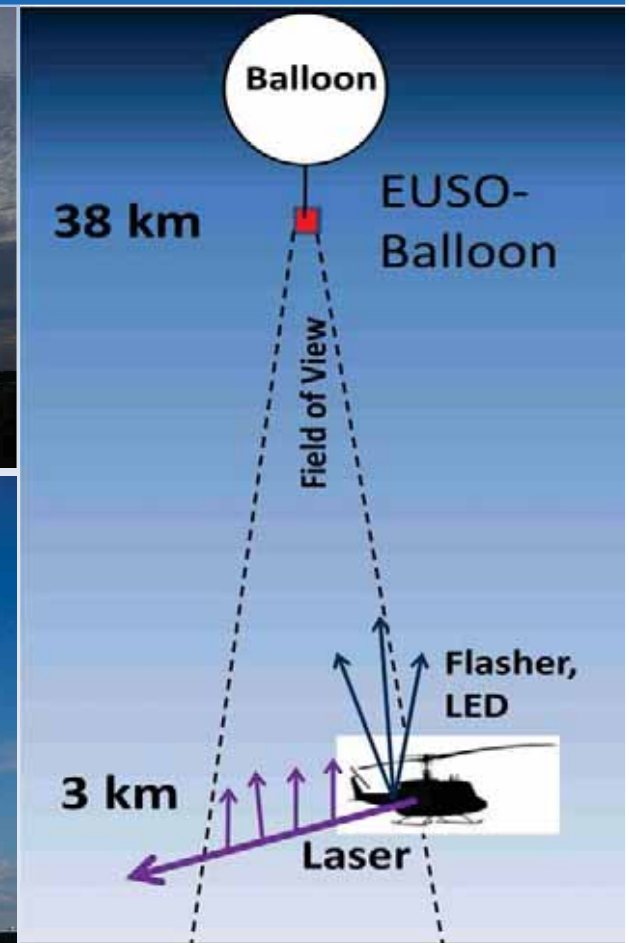
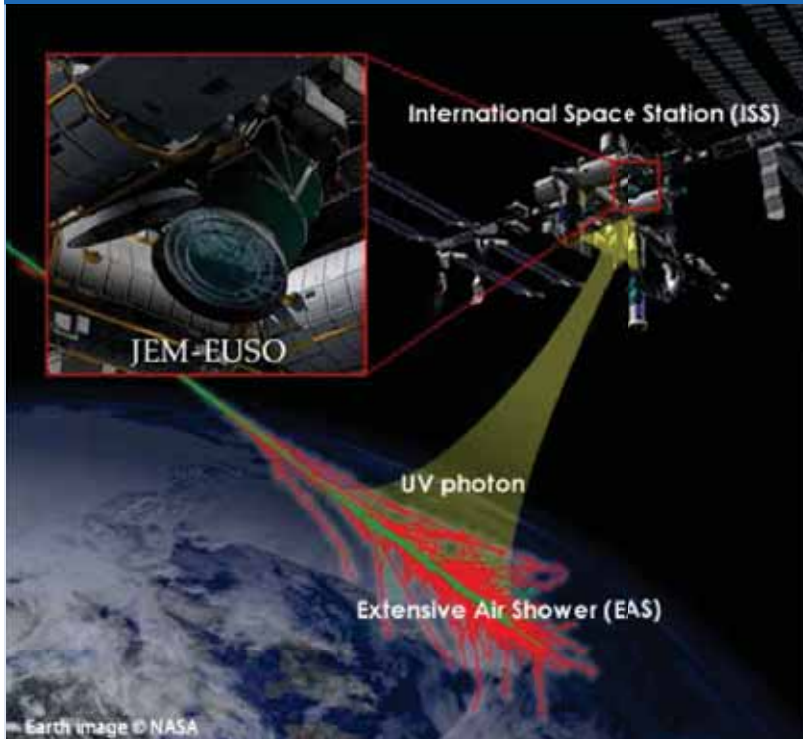
Time compression enhances signal by factor ~ 100

JEM-EUSO, EUSO-Balloon, EUSO-TA

Extreme Universe Space Observatory onboard Japanese Experiment Module



Piotr Zalewski
w imieniu BP3 i BP4



Z, Plebaniak,
J. Karczmarczyk,
J. Szabelski, B. Szabelska,
T. Tymieniecka, T. Wibig

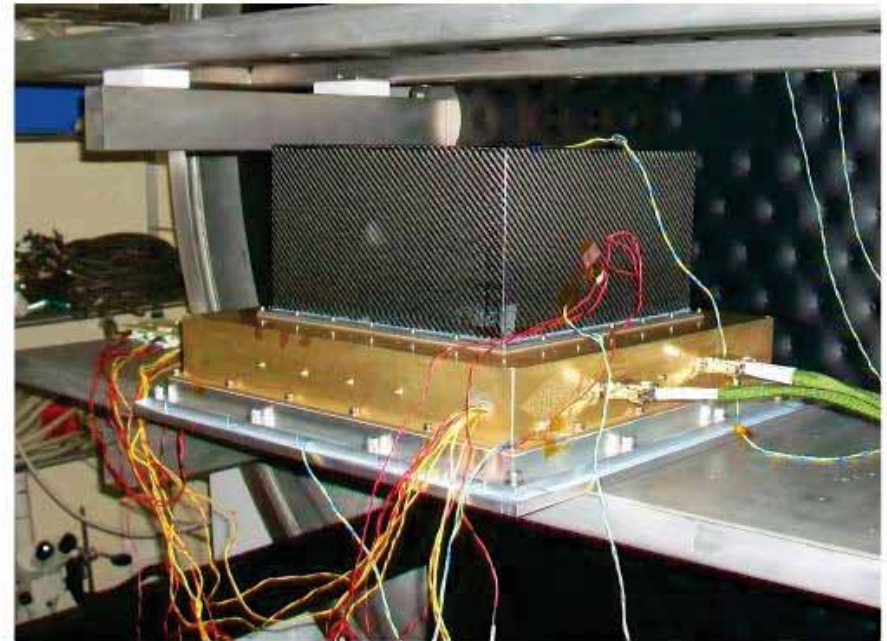
(→ plakat)

POLAR

- **Międzynarodowy satelitarny eksperyment**
- **Comptonowski polarymetr dedykowany do pomiaru polaryzacji fotonów gamma w zakresie 50-500keV pochodzących z rozbłysków gamma (ang. Gamma Ray Burst)**
- **Detektor będzie umieszczony na chińskiej stacji kosmicznej Tiang Gong II (start w 2016)**
- **Planowany czas trwania misji 3 lata**

Jacek Szabelski,
Teresa Tymieniecka,
Anna Zwolińska

(→ plakat)





Program **COMPASS-II** zatwierdzony przez CERN Research Board na okres pięcioletni, tzn. co najmniej do 2017 r.

Spin structure of the nucleon

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Delta\Sigma + \Delta G + L_q + L_g$$

$$\Delta\Sigma(Q^2 = 3\text{GeV}^2) = 0.30 \pm 0.01 \pm 0.02$$

[Phys. Lett. B 647,8 (2007)]

polarised target

Two 30mm and one 80 cm long target cells (two 80cm long cells at 2003-2004) with opposite polarisation

material	90% (deuterium) / 10% (nitrogen)
polarisation	~90% (~92%)
absorption factor for electrons of production	~25% (~44%)

Maximum forward energy reach

ΔG from longitudinal double spin asymmetries

Double spin asymmetry is measured by scattering polarised μ beam on longitudinally polarised target.

Glauk asymmetry is extracted by tagging photons/gluon beam (PDP)

Results shown below were obtained with the use of several alternative and weighted method of background subtraction PDP process tagged by selecting charged mesons (Open Charm method), by selecting high- p_T hadron pairs (high- p_T method) or using weighting only (all- p_T method)

Open Charm result has been obtained with the use of NLO QCD calculations

$$\frac{\Delta G}{G} = -0.13 \pm 0.15 \pm 0.15$$

[Phys. Rev. D 87 (2013) 092016]

The largest statistical precision has been obtained for the all- p_T method

$$\frac{\Delta G}{G} = 0.113 \pm 0.058 \pm 0.035$$

[PoS (DIS2014) 211]

Azimuthal asymmetries for exclusive ρ^0 and ω production on transversely polarised proton and deuteron targets

Hard Exclusive-Meson Production process is used to access General Parton Distributions

$$F_1^{\rho^0}(x, \xi, t), F_2^{\rho^0}(x, \xi, t), F_3^{\rho^0}(x, \xi, t), E_1^{\rho^0}(x, \xi, t), E_2^{\rho^0}(x, \xi, t)$$

example of asymmetry $A_{FB}^{\rho^0}$

Agreement on General Parton Distributions $F_1^{\rho^0}$ related to virtual meson currents, of meson and gluon

$\Rightarrow A_{FB}^{\rho^0}$ for transversely polarised proton and deuteron is small

\Rightarrow reasonably agreement with predictions of the GPD model of Collins et al. [EPJ CB (2009) 300]

\Rightarrow small values expected due to approximate cancellation of contributions from GPDs $F_1^{\rho^0}$ and $F_2^{\rho^0}$ and due to $F_3^{\rho^0} \approx -F_2^{\rho^0}$ - virtual meson currents of a pair of quarks of similar magnitude and opposite signs as predicted by Lattice QCD

Cel:

- badanie uogólnionych rozkładów partonów **GPDs** poprzez pomiary „twardych” procesów ekskluzywnych: $\mu p \rightarrow \mu p \gamma$ (DVCS) oraz $\mu p \rightarrow \mu p M$ ($M = \rho^0, \omega, \phi, \pi^0, \eta, \dots$)

udział grupy w budowie detektora protonów odrzutu (**CAMERA**) oraz elektromagnetycznego kalorymetru o dużej akceptacji kątowej (**ECAL0**)

- badanie zależnych od pędu poprzecznego rozkładów partonów **TMDs** poprzez pomiary procesu Drell-Yana dla poprzecznie spolaryzowanej tarczy $\pi^- p \rightarrow \mu^+ \mu^- X$

- pomiar **polaryzowalności** naładowanych **pionów** i **kaonów** w reakcjach Primakowa $\pi(K) \gamma^* \rightarrow \pi(K) \gamma$ (prawie-rzeczywisty γ^* z ciężkiego jądra (Ni) tarczy)

Współpraca COMPASS przewiduje rozszerzenie tematyki eksperymentu

Electromagnetic polarisabilities of the charged pion

Magnitudes of electric and magnetic polarisabilities, α_E and β_M , of the π meson in an external electromagnetic field characterize rigidity of quark-antiquark system bound by the strong force

2-loop QCD prediction:

$$\alpha_E = -A_e = (8.7 \pm 1.0) 10^{-4} \text{fm}^3, \quad \alpha_M = B_e = (8.2 \pm 0.10) 10^{-4} \text{fm}^3$$

Measured at COMPASS using Primakoff process in scattering of 160 GeV μ^- beam on (nucleated) Ni target

measured parameters with error bars

$$\alpha_E = (10 \pm 0.3 \text{stat}) 10^{-4} \text{fm}^3$$

consistent with 0, to significant systematic level

$$\alpha_M = (2.0 \pm 0.6 \text{stat} \pm 0.7 \text{sys}) 10^{-4} \text{fm}^3$$

[PRL 114 (2015) 092002]

2-loop ChPT prediction $\alpha_E = 2.0 \pm 10^{-4} \text{fm}^3$ - expectation from ChPT confirmed within the uncertainties

Important test of low-energy QCD

Sivers effect for gluons as an indication of gluon orbital angular momentum

Sivers-asymmetry **chromodynamic lensing**

Sarkisid model connects the Sivers effect (azimuthal asymmetry of hadrons produced by scattering mesons on transversely polarised targets) with the gluon General Parton Distribution \tilde{H}^g via Final State Interactions (FSI). Mesons Sivers effect can constrain GPD \tilde{H}^g - measure gluon orbital motion. Sivers effect for gluons results for proton and deuteron targets:

$$A_{1T}^{\pi^+ p}(\beta=0) = -0.25 \pm 0.09(\text{stat.}) \pm 0.08(\text{sys.})$$

$$A_{1T}^{\pi^+ d}(\beta=0) = -0.14 \pm 0.15(\text{stat.}) \pm 0.06(\text{sys.})$$

Zbieranie danych:

2012 (Primakow i GPD), 2013 brak wiązki (upgrade LHC), 2014 (Drell-Yan)

Skład osobowy grupy NCBJ: Wojciech Wiślicki, Izabela Balwierz (doktorantka finansowana UJ), Marcin Berłowski (od lipca 2014)

Eksperyment na wiązkach przeciwbieżnych e^+e^- $\sqrt{s}=1020$ MeV (rezonans ϕ) + analiza starych danych, Laboratori Nazionali di Frascati

Tematyka badawcza w NCBJ:

- interferometria KL-KS
- regeneracja KS w materii
- rozpady $\eta \rightarrow \pi\gamma\gamma$

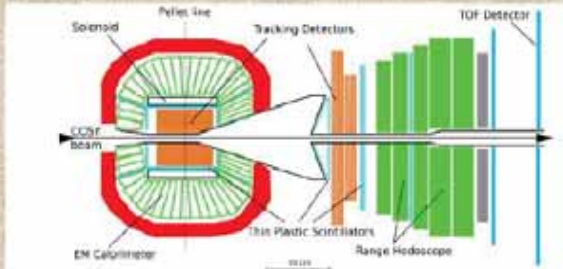
Publikacje: 3 w PLB + jedna wysłana

2 seminaria na UW (1 eksperymentalne i 1 teoretyczne)

Eksperyment WASA-at-COSY



- Wide Angle Shower Apparatus
- Cooler Synchrotron znajdujący się w Forschungszentrum Jülich (od 2006)
- Zaprojektowany do badania procesów produkcji mezonów i ich rozpadów w oddziaływaniach hadronowych
- Wewnętrzna wiązka p/d o pędzie do 3.7 GeV/c (chłodzenie stochastyczne i elektronowe)
- Gęsta tarcza kropelkowa p/d



Charge symmetry breaking in $dd \rightarrow 4\text{He } \pi^0$ with WASA-at-COSY
Phys.Lett. B739 (2014) 44

Measurement of the $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ Dalitz plot distribution
Phys.Rev. C90 (2014) 4, 045207

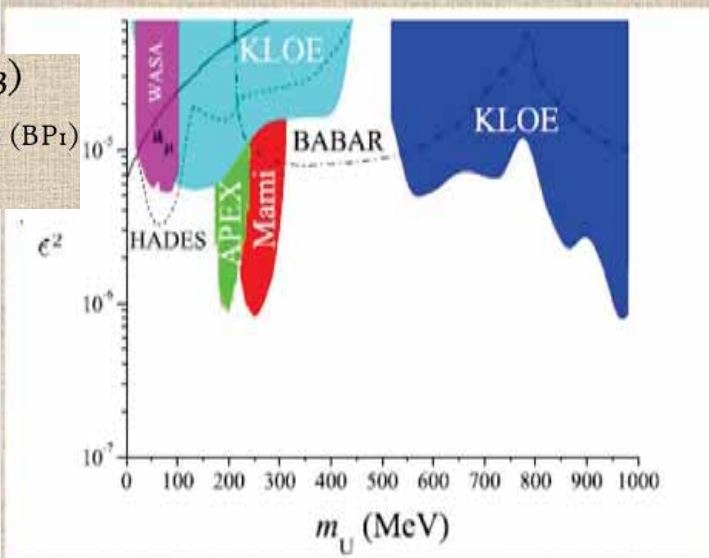
Evidence for a new resonance from polarized neutron-proton scattering
Phys.Rev.Lett 112 (2014) 202311

Cross section ratio and angular distribution of the reaction $p+d \rightarrow 3\text{He} + \eta$ at 48.8 MeV and 59.8 MeV excess energy
Eur.Phys.J. A50 (2014) 100

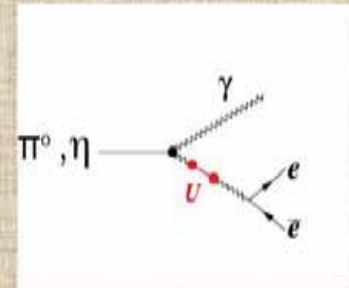
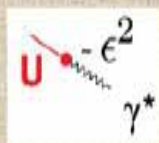
Dark photon/U boson searches in WASA

J. Stepaniak, M. Berłowski, D. Pszczel (BP3)
 W. Augustyniak, B. Mariański, A. Trzciniński, P. Żuprański (BP1)
 J. Zabierowski (BP4)

Exclusion plot (C.Bloise, Meson 2014)



Search for a dark photon in the $\Pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$
Phys.Lett. B726 (2013) 187-193



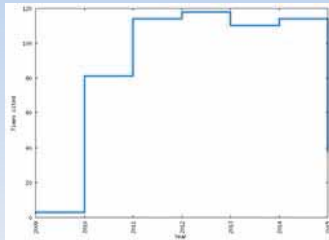
ZEUS & DELPHI



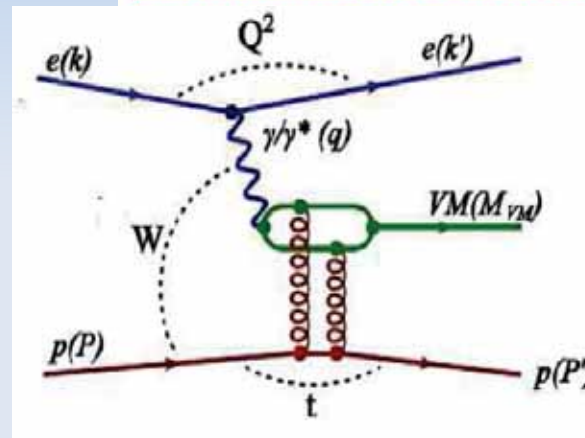
Piotr Zalewski
w imieniu BP3 i BP4

H1 & **ZEUS** Collaborations (BP3: Marek Adamus, BP4: Paweł Pluciński, Teresa Tymieniecka) **Combined Measurement and QCD Analysis of the Inclusive e⁺- p Scattering Cross Sections at HERA**

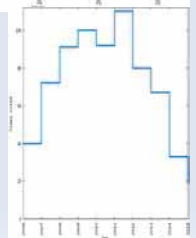
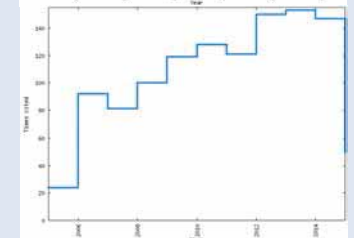
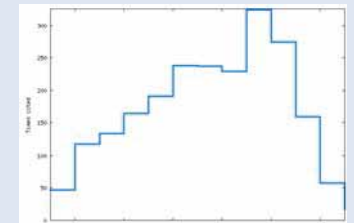
DOI: 10.1007/JHEP01(2010)109 (591 cytowań)



Pomiar fotoprodukcji mezonów wektorowych J/ψ i ψ(2s) przez eksperyment ZEUS.



Marek Adamus



ALEPH & **DELPHI** & L3 & OPAL and (appropriate) LEP Working Groups
(NCBJ: Michał Bluj, [Ryszard Gokiel], Julia Hoffman, Krzysztof Nawrocki,
Ryszard Sosnowski, Marek Szczekowski, Maria Szeptycka, Piotr Zalewski)

Search for the standard model Higgs boson at LEP

DOI: 10.1016/S0370-2693(03)00614-2 (2219 cytowań)

Precision electroweak measurements on the Z resonance

DOI: 10.1016/j.physrep.2005.12.006 (1181 cytowań)

Search for neutral MSSM Higgs bosons at LEP

DOI: 10.1140/epjc/s2006-02569-7 (705 cytowań)

Direct Photons, Temperature and Dynamics of the Quark-Gluon Plasma in the ALICE Experiment at the LHC

Podist Kurashvili for the ALICE Collaboration
National Centre for Nuclear Research



Quark-Gluon Plasma

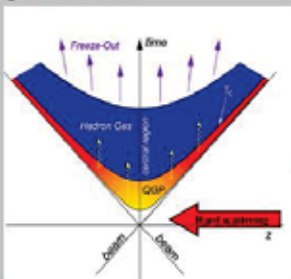
The ALICE experiment is aimed to study the Quark-Gluon Plasma (QGP) which is the state of matter at extremely high temperature with a broken QCD confinement.

Predicted temperature of the transition to the QGP is approximately 170 MeV. Deconfined quarks and gluons could exist in the hot Universe at the very first instants after the Big Bang and at the later stages of the evolution inside the superdense neutron stars.

The QGP can also be created artificially in the present-day powerful particle colliders.

Direct photons in the heavy-ion collisions

The heavy-ion collisions create hot expanding fireball ("little Big Bang") which goes through several phases including initial thermalization, hot QGP phase, hadron gas and freeze-out.



Various phases of the quark matter at different stages of heavy-ion collision on Minkowski space-time diagram.

Photons are created at all stages of the fireball expansion. They interact weakly with the hadron surroundings and almost freely escape from the fireball carrying information about the temperature and dynamics of the QGP at the space-time point of their emission. The ALICE experiment is designed for precise measurements of low- p_T (up to 10 GeV/c) photons abundantly present in the radiation of the hot matter fireball.

ALICE experimental setup and photon detection

The ALICE is a dedicated experiment designed to study heavy-ion collisions. The measurement of low- p_T photons is performed in the Time Projection Chamber (TPC) based on the conversion of photons to electron-positron pairs and Photon Spectrometer (PHOS) which is the detector of calorimeter type.



The setup of the ALICE LHC experiment.

In studying the direct photons a background from decays of unstable particles (π^0 , η , ω , η') needs to be evaluated. In order to extract the direct photons one uses statistical approach based on the estimation of the double ratio defined as

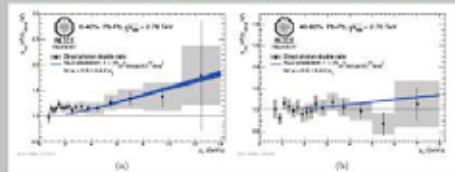
$$R = \frac{\gamma_{incl} / \pi^0_{meas}}{\gamma_{decay} / \pi^0_{param}} \approx \frac{\gamma_{incl}}{\gamma_{decay}}$$

where π^0_{meas} and π^0_{param} are the measured neutral pion spectrum and its parametrization, respectively.

The value $R > 1$ signals the presence of direct photons.

Measured double ratio

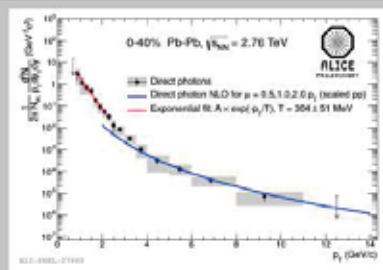
During the first period of Large Hadron Collider operation the ALICE measured 20 million Pb-Pb collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV. We present the results of direct photon analysis found by the photon conversion method.



Photon double ratio in central (a) and peripheral (b) Pb-Pb collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV. The perturbative QCD predictions are shown as blue bands, their widths refer to uncertainty in factorization scale.

The double ratio distributions display a clear excess of direct photons over the spectrum of prompt photons produced in high-energy parton interaction prior to the thermalization stage. The excess can be interpreted due to existence of thermal photons emitted by the hot medium.

Estimation of temperature



Direct photon spectrum in central (0-40%) PbPb collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV.

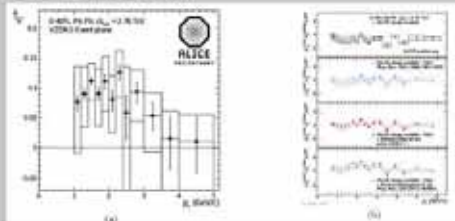
The temperature was estimated by fitting the direct photon spectrum by the exponential function in the interval $0.9 < p_T < 2 \text{ GeV}/c$. The actual result, 304 MeV is 40% higher than that from RHIC at $\sqrt{s} = 200 \text{ GeV}/c$ and the observed growth agrees with the theoretical expectations.

Elliptic flow of direct photons

The flow of direct photons serves as an input to study of the dynamics of collective expansion at early stages of the collision. It is found from the difference of measured inclusive and estimated decay photon flows:

$$v_2^{\gamma,dir} = \frac{v_2^{inc} R - v_2^{dec}}{1 - R}$$

The figure below shows a non-vanishing elliptic flow of direct photon at $p_T < 3 \text{ GeV}$, its magnitude is comparable to that of hadrons produced at the later stage of the collision.



Elliptic flow observed in direct photon production (a) and its comparison with different models of photon emission (b).

Zderzenia relatywistycznych jonów i fizyka plazmy kwarkowo-gluonowej

ALICE

Andrzej Deloff, Tadeusz Dobrowolski, Iryna Ilkiv, Podist Kurashvili, Krzysztof Redlich, Teodor Siemiarczuk, Grzegorz Stefanek, Grzegorz Wilk

CMS

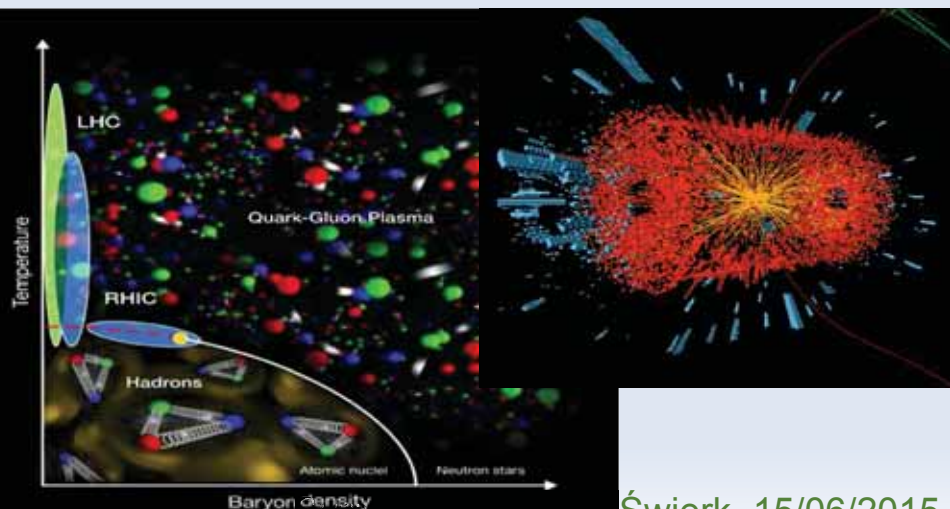
Helena Białkowska, Bożena Boimska (→ plakat)

NA49

Helena Białkowska, Bożena Boimska, Stanisław Mrówczyński

zespół

Katarzyna Deja, Stanisław Mrówczyński

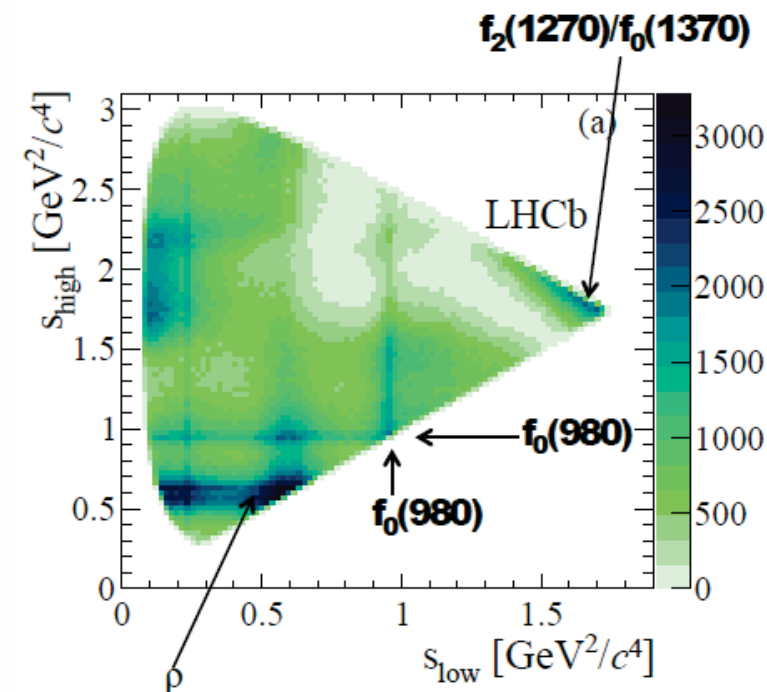


Członkowie

V.Batozskaya (doktorantka), K.Klimaszewski, K.Kurek (BP2),
D.Melnychuk (BP1), M.Szczekowski, A.Ukleja, W.Wiślicki

Tematy badawcze

- Poszukiwania łamania symetrii CP w wielociałowych rozpadach mezonów D
 - Zastosowanie niezależnej od podziału na przedziały metody kNN
- Pomiar łamania symetrii CP w rozpadach mezonów B
 - Analiza kanału $B_S \rightarrow J/\psi(ee)\phi$
- Poszukiwania cząstek egzotycznych
 - Hybrydy powabne



Metoda najbliższych sąsiadów kNN



W celu porównania D^+ i D^- definiujemy test statystyczny T:

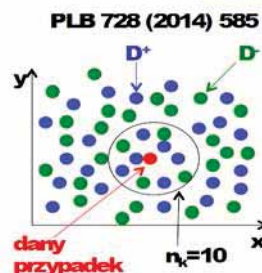
$$T = \frac{1}{n_k(n_+ + n_-)} \sum_{i=1}^{n_+ + n_-} \sum_{k=1}^{n_k} I(i, k)$$

Dla każdej cząstki (D^+ i D^-) zliczamy ile jest cząstek tego samego typu wśród n_k najbliższych sąsiadów:

$I(i, k) = 1$ - ten sam znak (D^+D^+ , D^-D^-)

$I(i, k) = 0$ - znak przeciwny (D^+D^-)

T jest średnią liczby cząstek tego samego znaku w zmieszanej próbce cząstek i antycząstek



Zmierzoną wartość T porównujemy z wartością oczekiwaną i wyznaczamy p-value dla hipotezy braku asymetrii CP



- Rozpad jest Singly Cabbibo Suppressed
- Kontrybucja od diagramów drzewowego i pingwinowego
- Gdy amplitudy drzewowa i pingwinowa interferują z różnymi fazami otrzymamy łamanie CP:

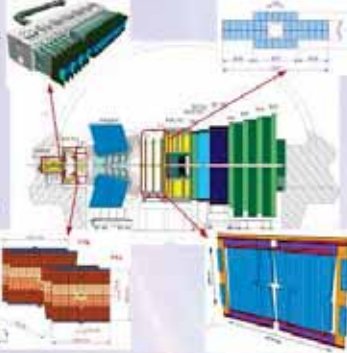
$$A_{CP} \sim |A_1| |A_2| \sin(\phi_1 - \phi_2) \quad \sin(\delta_1 + \delta_2)$$

weak *strong*

The LHCb tracking system

Vertex Locator (VELO)

- Precise measurement of interaction vertex
- 21 stations in each half-circular shaped silicon microstrip modules
- Each module consist of 2 sensors with r-φ geometry
- Retractable from the beam
- Closest measurement to beam at 7 mm
- Best hit resolution - 4 μm for a 40 μm strip pitch



Inner Tracker (IT)

- Measurement of high momenta tracks in range 3.3-η-5
- 3 stations with 4 boxes each
- 4 silicon microstrip layers per station (0°, +5°, -5°, 0°)
- 1.2% of acceptance (30% of particles)
- Hit resolution - 50 μm for a 190 μm strip pitch

Outer Tracker (OT)

- Measurement of tracks in range 2-η-5.3
- Straw tube drift chambers
- 3 stations with 4 layers each (0°, +5°, -5°, 0°)
- Counting gas: Ar/CO₂/O₂ (70/28.5/1.5)
- Hit resolution - 205 μm for a 5.25 mm straw pitch

Tracker Turicens (TT)

- Improves momentum resolution
- Crucial for particles decaying outside the VELO
- Silicon microstrip detector
- 4 layers (0°, +5°, -5°, 0°)
- Hit resolution - 53 μm for a 183 μm strip pitch

Detectors Alignment

Detectors elements could be aligned with six degrees of freedom:

- 3 translations
- 3 rotations

Stations, layers and modules can be aligned independently

Number of elements to be aligned	
VELO	86
IT	125
TT	64
OT	496

Detector elements can be constrained to their nominal, survey or previously aligned position

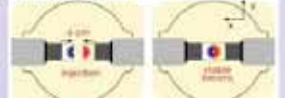
Alignment of the tracking system

Alignment in Run 1

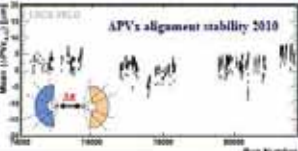
- Simplified track reconstruction in HLT with respect to offline reconstruction
- HLT and offline were run with different alignment and calibration
- Trigger output rate 5 kHz
- Final alignment and calibration provided for the end of the year data reprocessing

VELO alignment

- VELO open during LHC filling
- VELO closed at the beginning of each fill when beam declared stable



- Vertex constraint applied for the 2 half alignment
- Excellent IP (11.6 μm at high p_T) and PV resolution (σ_x - 13 μm and σ_y - 70 μm for 25 tracks)
- 2 half alignment stability within mechanical precision:
 - x: RMS 3.7 μm; max var. 8.9 μm
 - y: RMS 2.5 μm; max var. 3.6 μm



Tracker alignment

- Run after the VELO (whose position is used as a constraint)
- Mass and vertex constraints used to minimize shearing effect
- Time variation of the alignment constants:
 - Translations within 100 μm
 - Rotations within 1 mrad
- Alignment rather stable; observed long range variations
- Activity on the detector during technical stops requires an alignment update
- Mass resolution stable within 5-10% with the final alignment

Alignment in Run 2

- Increase trigger output (5 -> 12.5 kHz)
- Maximize the selection efficiency and purity, e.g. tighter selection and FID criteria
- Minimize differences in the track reconstruction
- Alignment and calibration evaluated online
- Some analyses will be performed directly on the exclusive trigger output (e.g. cross section -early measurements)
- Automatic procedure is required



- Run track
- 2 minima
- Estimated

- Detect VELO, IT, TT, OT
- VELO align
- Perform
- Update
- Tracker align
- Align with
- Evaluated
- Updated
- Expected

- High
- More
- High

Kalman Filter Fit in the alignment method

Minimization of χ^2 , based on residuals of reconstructed tracks, w.r.t. alignment parameters and track parameters

$$\Delta \vec{\alpha} = -[\Sigma \frac{\partial \vec{r}}{\partial \vec{\alpha}}]^T V^{-1} (V - HCH^T)^{-1} [\Sigma \frac{\partial \vec{r}}{\partial \vec{\alpha}}]^T$$

Alignment procedure using the Kalman Filter Fit:

- Align multiple detectors at once
- Iterative procedure

Advantages:

- Correctly take multiple scattering and energy loss into account
- Use magnetic field information
- Mass and vertex constraints can be applied, in addition to the canonical constraint:

$\vec{\alpha}$ - Alignment parameters

\vec{r} - Residual

H - Derivative of residual w.r.t. track parameters

V - Covariance matrix of measurement coordinates

C - Covariance matrix for track parameters

$V - HCH^T$ - Covariance matrix of residuals after track fit

Aim:

- Alignment accuracy better than hit resolution to achieve the best detector performance: momentum resolution 3-4%, IP resolution of 11.6 μm

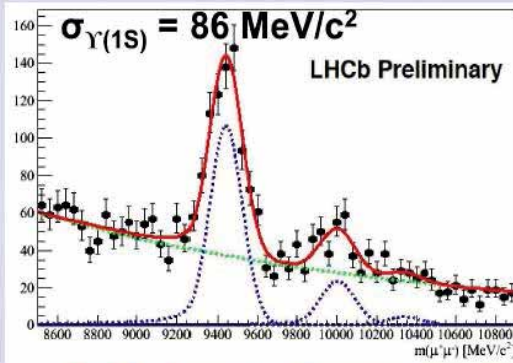
Alignment of



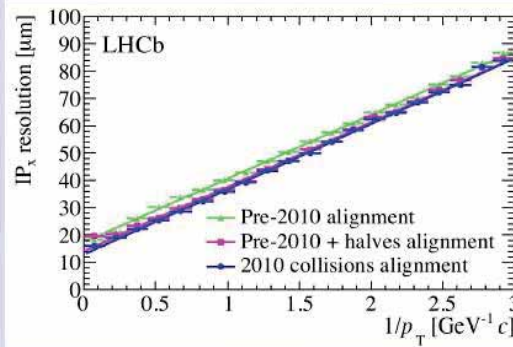
Preliminary align



Alignment effect on physics performance

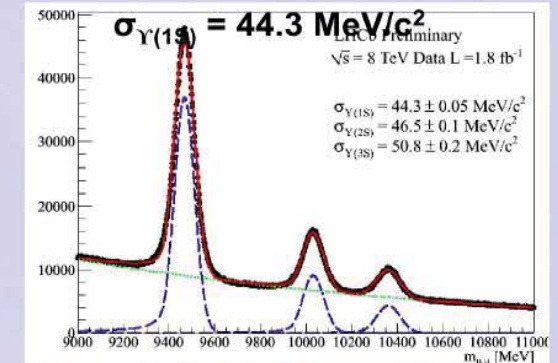


Preliminary alignment

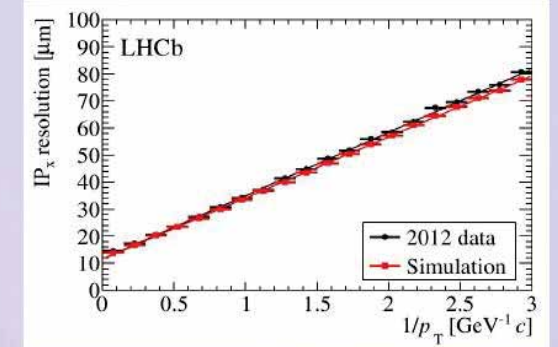


First full alignment

$$\sigma_{IP}(\text{high } p_T) = 14.0 \mu\text{m}$$



Latest alignment



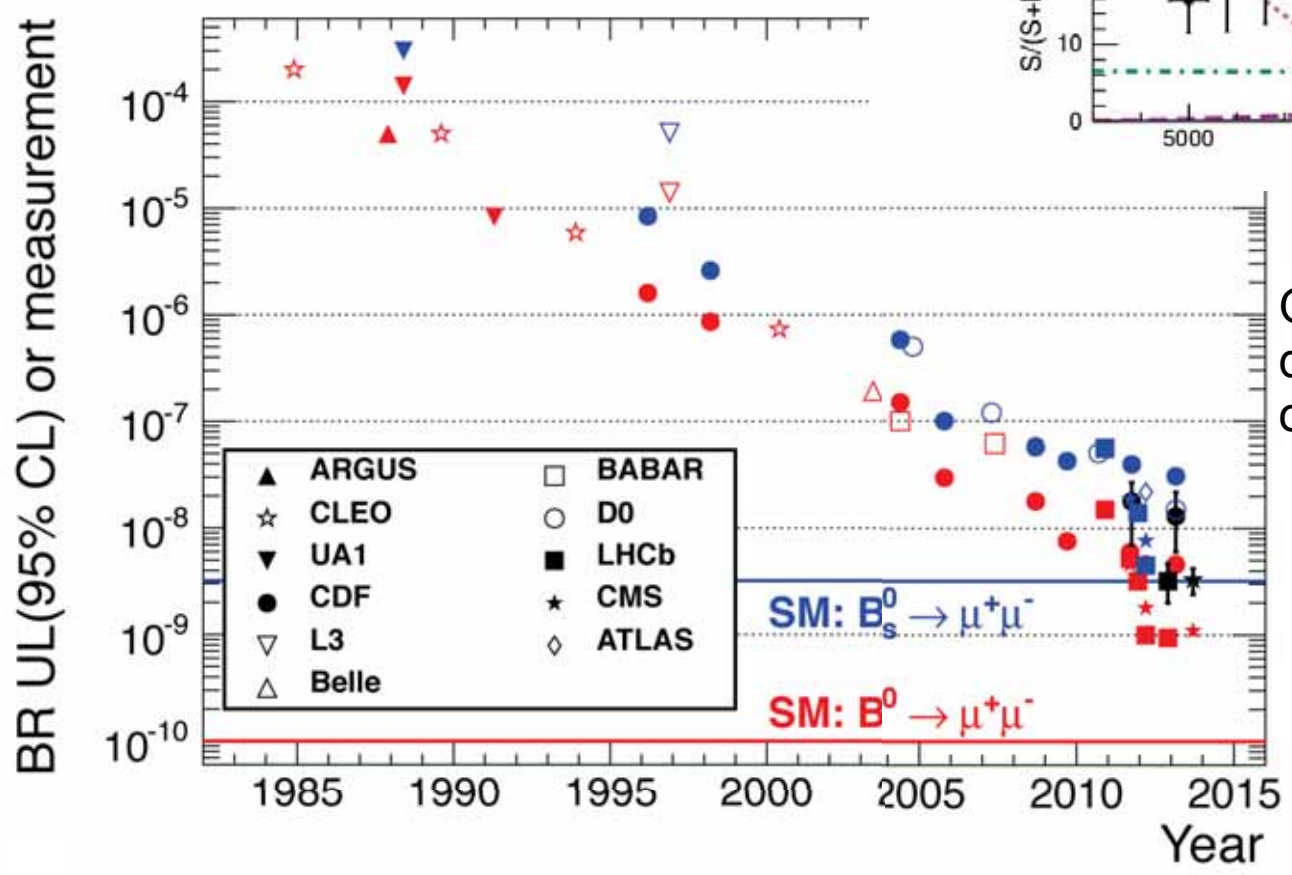
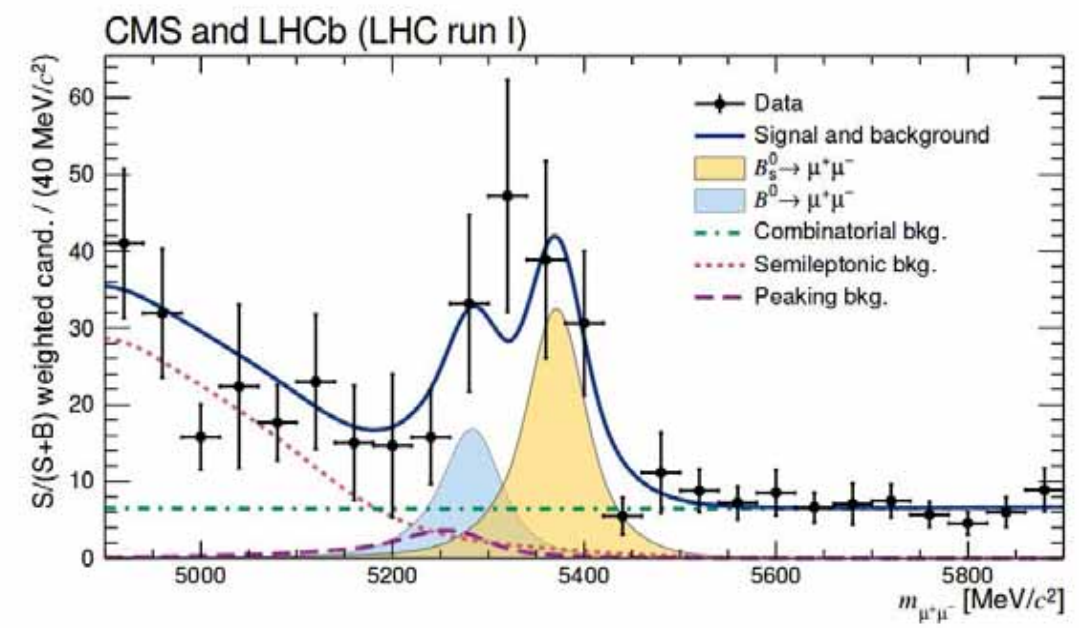
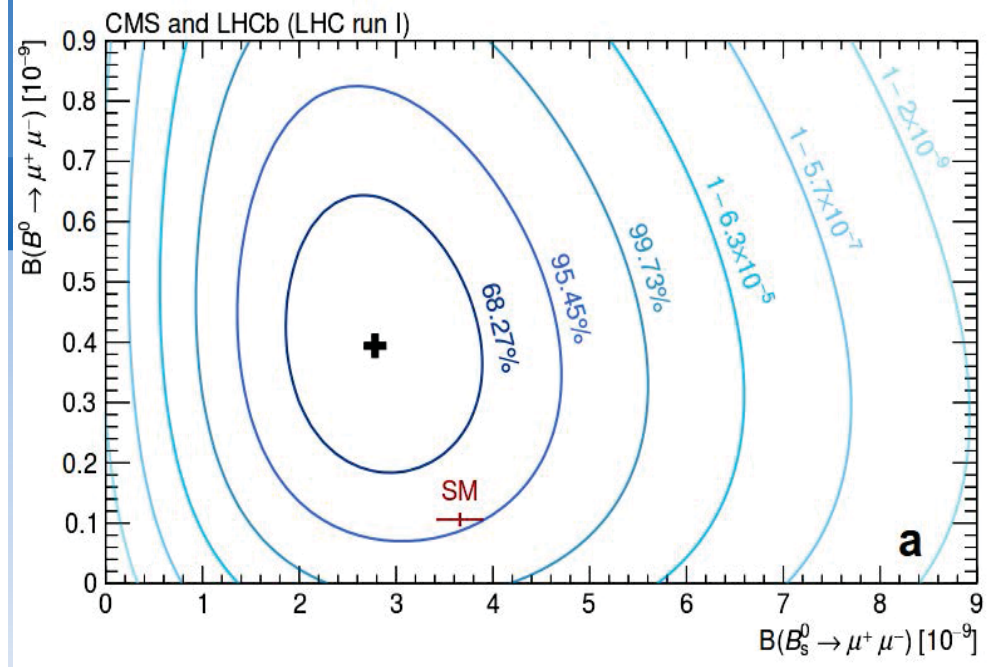
Latest alignment

$$\sigma_{IP}(\text{high } p_T) = 11.6 \mu\text{m}$$



Piotr Zalewski
w imieniu BP3 i BP4

LHCb & CMS obserwacja $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$



Observation of the rare $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ decay from the combined analysis of CMS and LHCb data

DOI: 10.1038/nature14474

$$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) = (2.8_{-0.6}^{+0.7}) \times 10^{-9}$$

$$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) = (3.9_{-1.4}^{+1.6}) \times 10^{-10}$$



The muon trigger in the CMS data taking

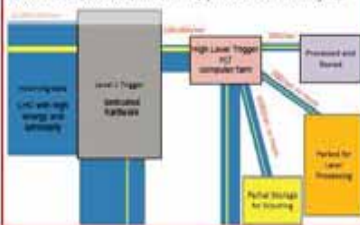
Warsaw Group involvement

NCBJ Symposium, 15th June, 2015

NCBJ: Helena Bialkowska, Bożena Boimska, Michał Bluj, Maciej Górski, Małgorzata Kazana, Michał Szeleper, Piotr Zalewski,
University of Warsaw (12 people), Warsaw University of Technology (2 people)

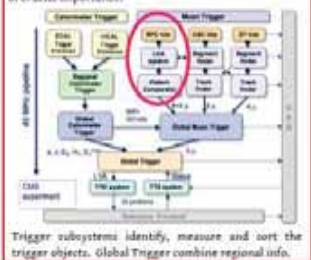
Data taking in CMS

LHC investigate Higgs sector and "new physics". CMS searches for rare events hidden in the LHC data. The selection of interesting events is crucial. Two step trigger system works in CMS. Level-1 & HLT reduce # of p-p interactions from 2x10¹¹ Hz (input) down to about 100 Hz (recorded) and 100 Hz ("parked" for later analysis).



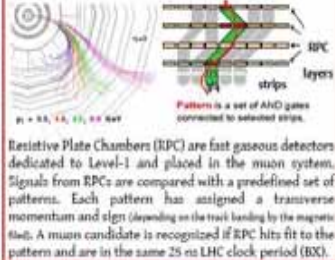
L1 Muon Trigger

Interesting events may be hidden in an enormous background (500 leptons/sec). Triggering with leptons is of crucial importance.



PAC - Pattern Comparator

Level-1 PAC Trigger system based on RPC chambers was designed and build and it operating by Warsaw Group.



L1 RPC Trigger System

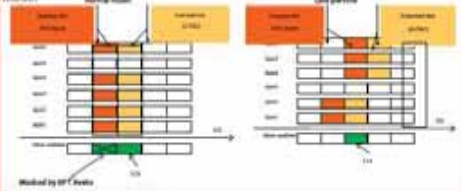
Designed and build by Poland, Finland and Italy.

The system operates on RPC data, it is composed of link system, fibers, splitters, readout system, PAC trigger and a set of sorters.



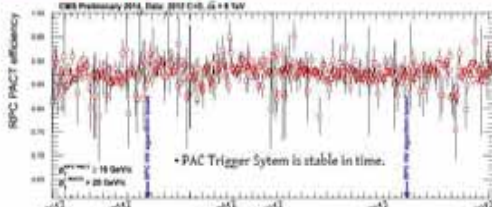
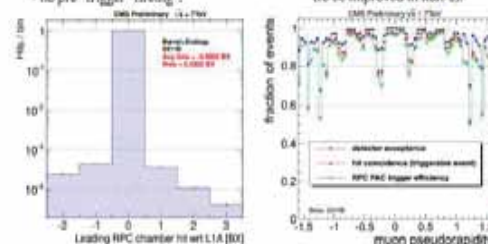
Triggering on slow muons

The flexible design of the PAC Trigger allowed for a special modification of PAC algorithm for triggering on "slow muons" - exotic particles which can be late than muons even by 1RX. The trigger worked in the 50 ns LHC collision mode.

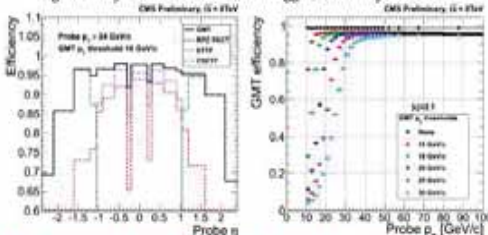


PAC Trigger Performance in 2010-2012

- Excellent chamber and trigger timing.
- Outstanding synchronization - no pre-trigger "firing".
- Good efficiency in barrel.
- Moderate in endcaps (to be improved in Run-2).



* PAC Trigger as a part of CMS Level-1 system allows to improve significantly overall (Global Muon Trigger) efficiency and rate.



Supported by Polish National Science Centre

Grant no. UMO-2014/14/M/ST2/00428 and 2014/15/B/ST2/03998



Physics of Higgs boson with the CMS detector



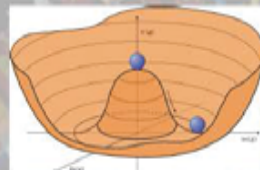
Michał Bluj for the CMS Warsaw group

Supported by Polish National Science Centre grant no. UMO-2014/13/B/ST2/00543

Brout-Englert-Higgs mechanism

Problem

Mass terms for electro-weak bosons (mediators of interactions, vector fields) and fermions (matter) not allowed by the gauge symmetry the Standard Model, but observed experimentally.



Solution (BEH mechanism)

Introduce a scalar field with a nontrivial potential with vacuum state breaking the gauge symmetry (spontaneous symmetry breaking). Interaction with the scalar field is interpreted as mass.

Consequences

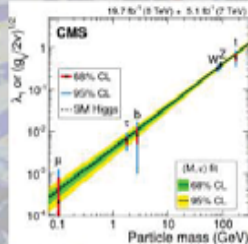
Presence of a new (scalar) field which is neither "interaction" (gauge boson) nor "matter" with non-zero vacuum expectation value. It manifests as mass of particles and presence of Higgs boson(s).

After discovery

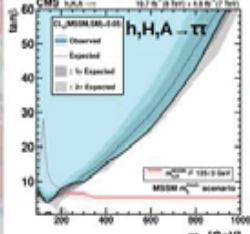
LHC Run-1 data (2011+12): 5/fb (7TeV) + 20/fb (8TeV)

Study of properties

- Search for all (accessible) decay modes; only bosonic decays ($H \rightarrow \gamma\gamma/ZZ/MW$) with significance of $\sim 5\sigma$
- Measure mass, $m_H = 125.02 \pm 0.30 \text{ GeV}$, and width $\Gamma < 22 \text{ MeV}$ ($\Gamma_{SM} = 4.1 \text{ MeV}$)
- Measure couplings (precision of 10-30%)
- Look for non-standard decays, etc.



All deviation from the Standard Model would be interesting!



Search for new Higgses
New Higgs bosons are predicted by many extensions of the Standard Model including Minimal Supersymmetric Standard Model (MSSM). To date (LHC Run-1) no sign of additional Higgs boson(s) is found.

Discovery

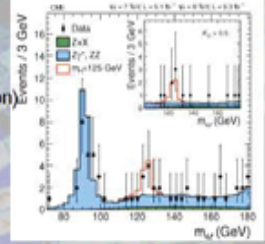
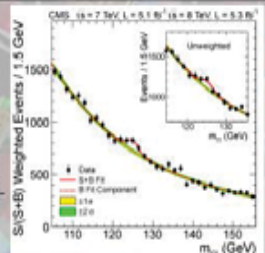
On 4 July 2012 the ATLAS and CMS collaborations announced discovery of a Higgs boson

- 5/fb (7TeV) + 5/fb (8TeV)
- Discovery thanks to combination of two channels with highest resolution ($\sim 1\%$ in m_H):

- $H \rightarrow \gamma\gamma$
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

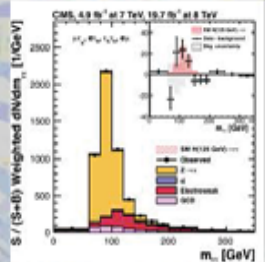
⇒ Important role of muon triggers (Warsaw contribution)

New era started!



H to tau tau decay

- Observation of the $H \rightarrow \tau\tau$ decay (fermionic) – an important test of compatibility with the Standard Model
- Relatively high $\text{Br}(H \rightarrow \tau\tau) = 6\%$ for $m_H = 125 \text{ GeV}$ and reasonable purity = detectable at LHC



• Observation with significance of 3.2σ (3.8σ when combined with $H \rightarrow b\bar{b}$) ⇒ Evidence for the direct coupling of the Higgs boson to down-type fermions (Nature Physics 10, 557)

• Significant contribution of Warsaw group

- CP parity of the Higgs boson can be determined by measurement of spin correlation in the $H \rightarrow \tau\tau$.
- Decays into tau leptons interesting also in a frame of extended models (e.g. MSSM)

(1) CMS Warsaw group

- National Centre for Nuclear Studies (NCBJ)
- Faculty of Physics, University of Warsaw (FUW)
- Institute of Electronic Systems, Warsaw University of Technology (ISE) (associate)

For details visit: <http://cms.fuw.edu.pl>

References

CMS Higgs public results
twiki.cern.ch/twiki/bin/view/CMSPublic/PhysicsResultsHIG



NCBJ: Helena Białkowska, Bożena Boimska, Michał Bluj, Maciej Górski, Małgorzata Kazana, Michał Szeleper, Piotr Zalewski,
University of Warsaw (12 people), Warsaw University of Technology (2 people)

Online taking in CMS	L1 Muon Trigger	FAC - Pattern Classifier
-----------------------------	------------------------	---------------------------------

Brout-Englert-Higgs mechanism **Discovery**

Warszawska Grupa CMS → Konsorcjum CMS-Polska

NCBJ: Helena Białkowska, Bożena Boimska, Michał Bluj, Tomasz Fruboes, Maciej Górski, Małgorzata Kazana, Krzysztof Nawrocki, Katarzyna Romanowska-Rybińska, Michał Szeleper, Piotr Traczyk (urlop bezpłatny), Piotr Zalewski
Uniwersytet Warszawski (12 osób), Politechnika Warszawska (dwóch elektroników)

Mionowy podsystem wyzwalający wykorzystujący komory RPC oraz prace nad *Overlap Muon Track Finder* → plakat

Fizyka bozonu Higgsa: kanał rozpadu na leptony tau, dążenie do określenia liczb kwantowych bozonu Higgsa → plakat

Poszukiwanie nowych cząstek ze szczególnym uwzględnieniem modeli przewidujących ciemną materię w postaci supersłabo oddziałujących cząstek (ang. *SWIMPs* np. gravitino)

oraz:

Fizyka ciężkich jonów → plakat

Rozpraszanie WW (Michał Szeleper, postępowanie habilitacyjne w toku)

LHC rozpoczęło zderzanie protonów przy energii 13 TeV !!!
Przekroje czynne na „twardą fizykę” wzrosły o pół rzędu wielkości!



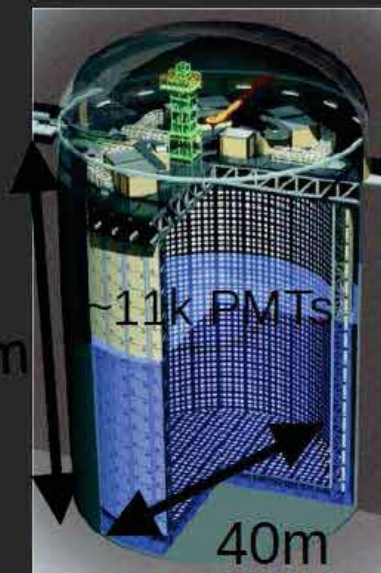
Warszawska Grupa Neutrinowa



Instytucja	Ludzie	Tematyka
NCBJ	szef: Ewa Rondio profesorowie: 3 (Ewa Rondio, Joanna Stepaniak, Maria H. Szeptycka) adiunkci: 6 (Katarzyna Kowalik, Justyna Łagoda, Piotr Mijakowski, Paweł Przewłocki, Robert Sulej, Joanna Zalipska) doktoranci: 3 (Monireh Kabirnezhad, Aleksander Kiliński, Katarzyna Frankiewicz)	T2K – badanie oscylacji neutrin akceleratorowych, pomiary przekrojów czynnych na oddziaływanie neutrin NA61 – pomiary produkcji hadronów w oddziaływaniu p-C na potrzeby eksperymentu T2K Super-Kamiokande – poszukiwanie Ciemnej Materii ICARUS – rozwój techniki detekcyjnej neutrin z wykorzystaniem ciekłego Argonu LAGUNA – R&D oscylacje neutrin akceleratorowych na długiej bazie w Europie KM3NeT/ORCA – <i>nowość!</i> od X.2014, astrofizyka neutrin, oscylacje
Uniwersytet Warszawski	szef: Danuta Kiełczewska profesorowie: 1 adiunkci: 2 doktoranci: 2	
Politechnika Warszawska	szef: Krzysztof Zaremba profesorowie: 1 adiunkci: 2 doktoranci: 2	

Główny eksperyment: Tokai2Kamioka (T2K)

- Tokai2Kamioka: neutrinowy eksperyment z długą bazą (295km)
- Neutrino produkowane w laboratorium J-**PARC** w Tokai (30GeV wiązka protonowa rozprasza się na grafitowej tarczy)
- Bliski detektor (**ND280**) 280m od punktu produkcji mierzy wiązkę nieprzeoscyłowaną
- Detektor daleki: **Super-Kamiokande**, wielki detektor Czerenkowa w kopalni Kamioka bada efekty oscylacji



detektor wodny Super-Kamiokande

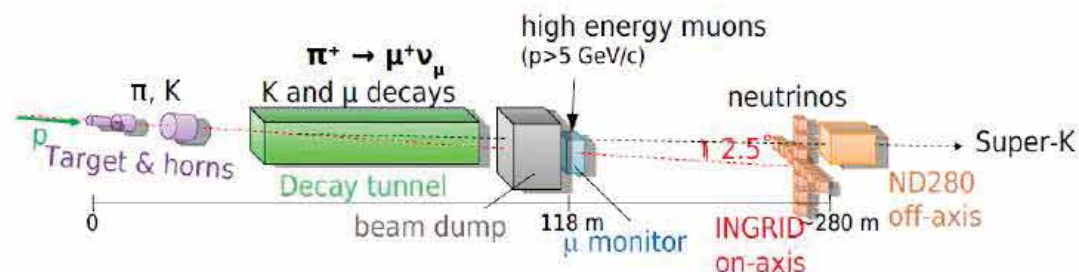
- w działaniu od 1996 r.
- detektor bada neutrino słoneczne, kosmiczne, atmosferyczne, akceleratorowe, poszukuje również rozpadu protonu



Główny cel: badanie oscylacji neutrin

- znikanie neutrin mionowych
- pojawianie się neutrin elektronowych

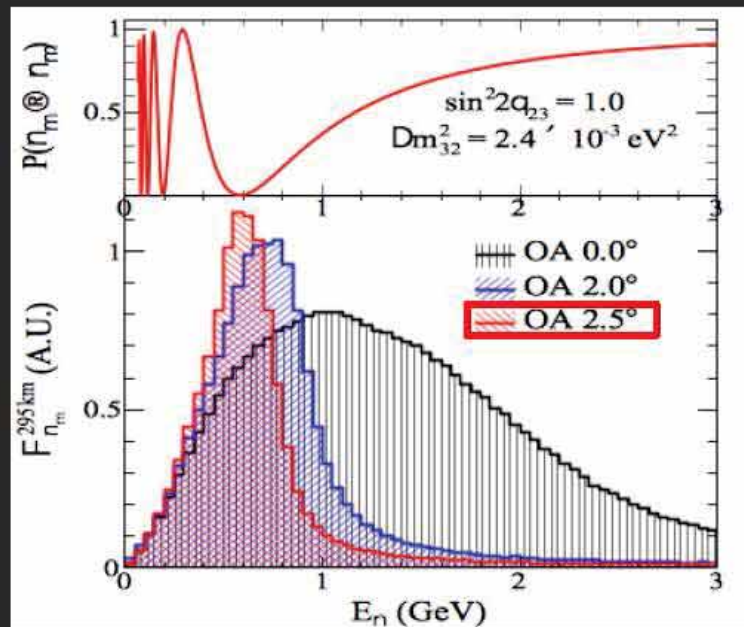
wiązka neutrin w J-PARC



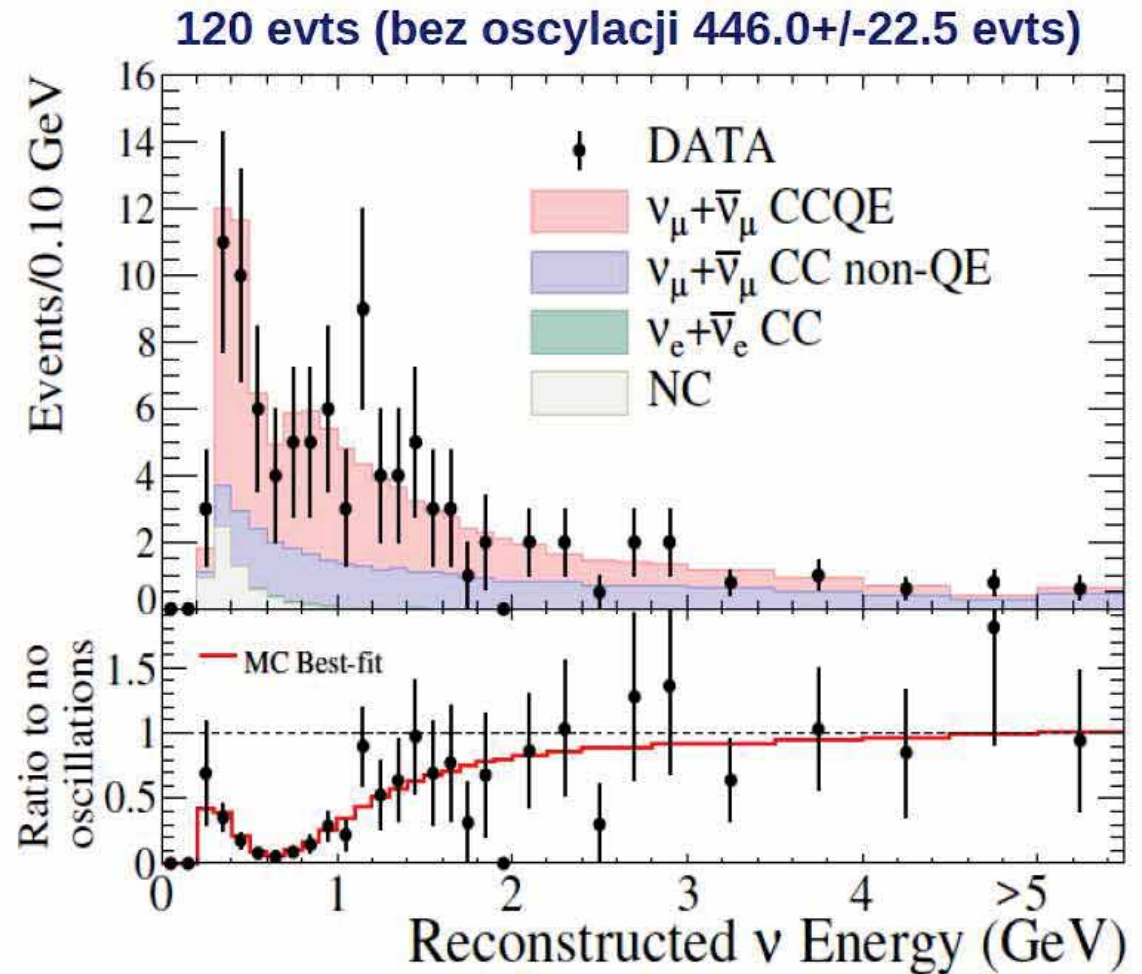
- 7 osób z NCBJ zaangażowanych w projekt
- zaangażowanie od 2006, zarówno przy bliskim jak i dalekim detektorze

Główne osiągnięcie 2014 : precyzyjny pomiar θ_{23}

- “Precise Measurement of the Neutrino Mixing Parameter θ_{23} from Muon Neutrino Disappearance in an Off-axis Beam”, Phys. Rev. Lett. Vol. 112 (2014) 181801
- Run1-4 (2010-2013)
- 6.57×10^{20} POT
- Wiązka neutrin typu OFF-axis o maksimum energii ~ 0.6 GeV

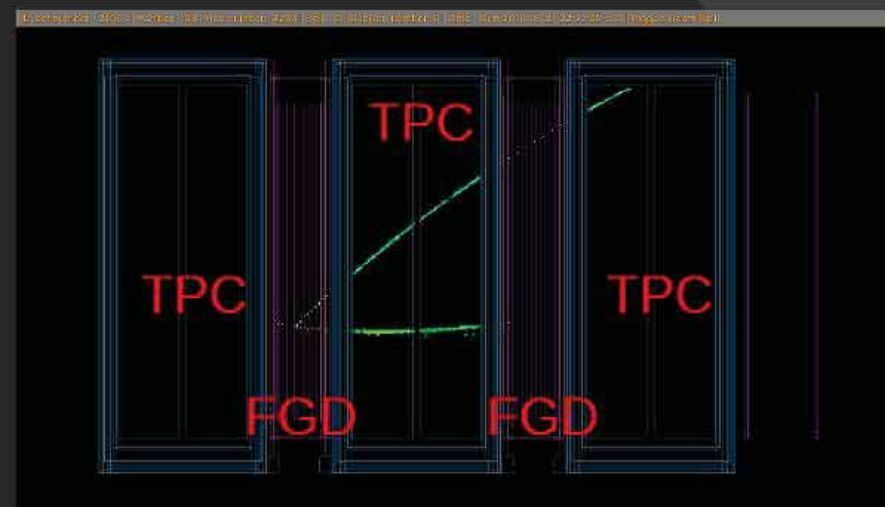
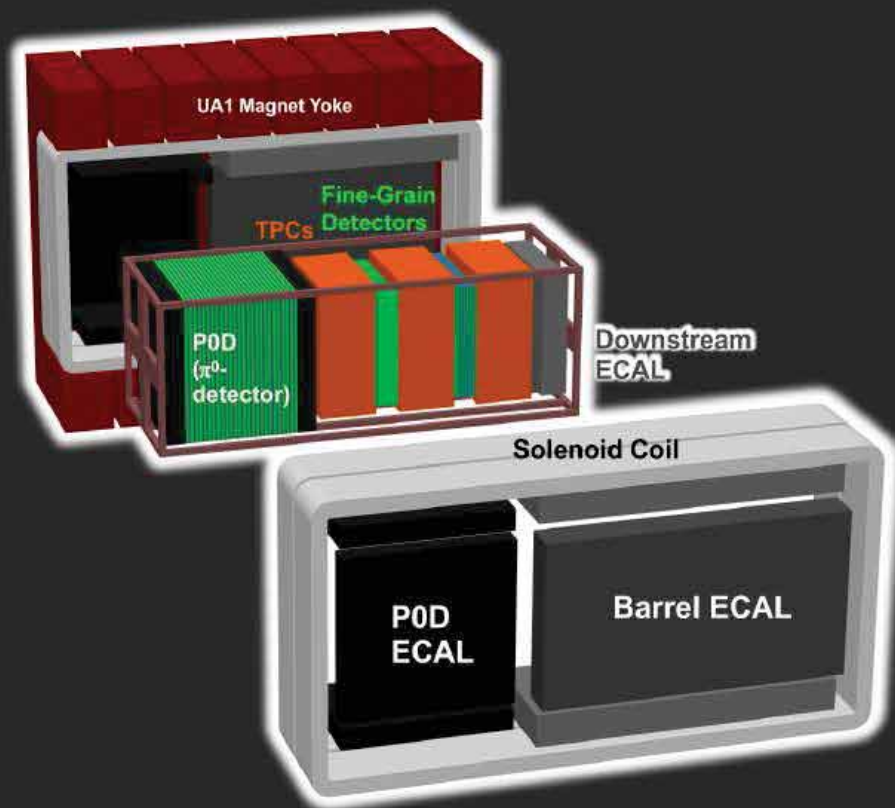


**konceptcja wiązki OFF-axis
Monte Carlo**



**dane – przypadki oddziaływań neutrin z
produkcją jednego mionu w dalekim detektorze**

ND280 – bliski detektor T2K



- **Detektory FGD** – tarcza dla oddziaływań neutrin, identyfikacja pionów i protonów
- **Detektory TPC** – identyfikacja i rekonstrukcja pędu

Rola ND280:

- ▢ monitorowanie wiązki
- ▢ pomiary przekrojów czynnych
- ▢ pomiar energii neutrin mionowych w wiązce nieoscyłowanej, oszacowanie wkładu od neutrin elektronowych

Rola ND280 w analizie oscylacyjnej:

- Zwiększenie precyzji oszacowania spektrum wiązki (zewnątrzne ograniczenia mamy także z eksperymentu NA61)
- Więzy na parametry związane z przekrojami czynnymi

Wszystko to jest używane do obliczenia liczby przypadków w dalekim detektorze

Główne osiągnięcie 2014: precyzyjny pomiar θ_{23}

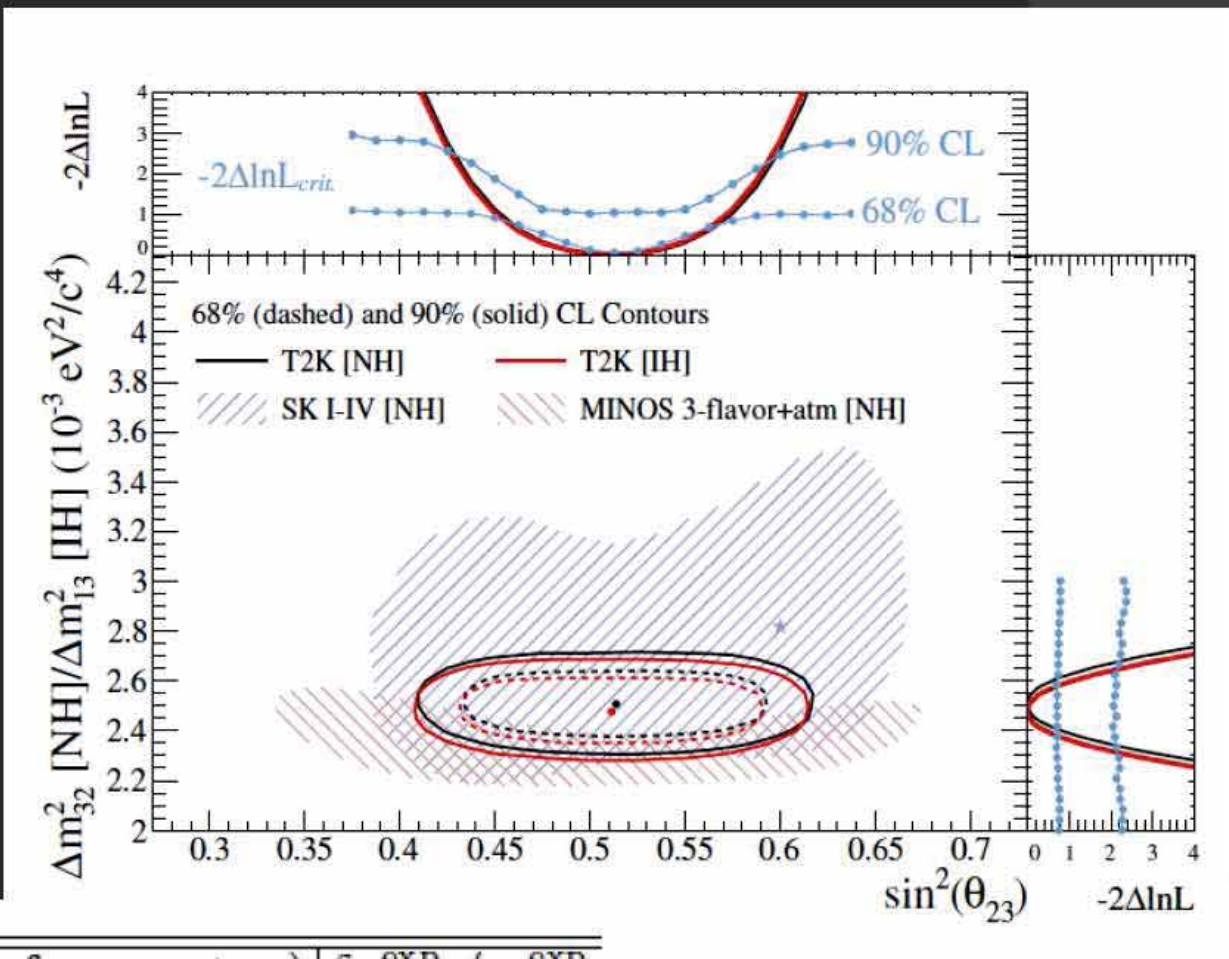
θ_{23} najbardziej precyzyjny pomiar na świecie!

- Wyznaczenie parametrów oscylacji przez 'maximum likelihood fit' do danych z dalekiego detektora
- niezbędna znajomość strumienia neutrin przed oscylacjami z detektora bliskiego

**NH(IH) $\sin^2(\theta_{23}) = 0.514$
 $+0.055 / -0.056$ (0.511 ± 0.055)**

**NH $\Delta m_{232}^2 = 2.51 \pm 0.1 \times 10^{-3}$
 eV^2/c^4**

**IH $\Delta m_{213}^2 = 2.48 \pm 0.1 \times 10^{-3}$
 eV^2/c^4**



Source of uncertainty (number of parameters)	$\delta n_{SK}^{exp} / n_{SK}^{exp}$
ND280-independent cross section (11)	4.9%
Flux and ND280-common cross section (23)	2.7%
SK detector and FSI+SI systematics (7)	5.6%
$\sin^2(\theta_{13})$, $\sin^2(\theta_{12})$, Δm_{21}^2 , δ_{CP} (4)	0.2%
Total (45)	8.1%

bez ND280: 21,8%
ND280: tutaj nasz wkład

Warszawska Grupa Neutrinowa – podsumowanie



- ▣ Uczestniczymy w wiodących eksperymentach:
 - T2K (+NA61): oscylacje neutrin (NA61: Katarzyna Kowalik)
 - Super-Kamiokande: ciemna materia 2 niezależne analizy: Piotr Mijakowski, Katarzyna Frankiewicz

- ▣ Główne osiągnięcie 2014: precyzyjny pomiar θ_{23} w eksperymencie T2K
 - znaczne zaangażowanie J.Łagoda (koordynator grupy ND280 NuMu), P.Przewłocki, J.Zalipska

- ▣ R&D
 - ICARUS: technologia wykorzystania ciekłego argonu w detekcji neutrin

- ▣ Plany włączenia się w nowe projekty: ustalenie hierarchii mas neutrin, zbadanie łamania CP w oddziaływaniach ν (Hyper-K, LBNF, ORCA), astrofizyka neutrin (KM3Net)

Podsumowanie

**Szerokie spektrum badań na najwyższym poziomie,
przeważnie we współpracy z najważniejszymi światowymi ośrodkami**

- **automatyczne przeglądy nieba w poszukiwaniu odpowiedników optycznych gwałtownych zjawisk (GRB, poszukiwanie fal grawitacyjnych)**
- **kosmologia i astrofizyka obserwacyjna (WISE, AKARI, VVDS, VIPERS, VUDS, LOFT, POLAR)**
- **badanie wielkich pęków atmosferycznych (z ziemi i z kosmosu)**
- **precyzyjne pomiary za pomocą dedykowanych urządzeń (KLOE, WASA)**
- **COMPASS – wiwisekcja protonu, analiza danych eksperymentu ZEUS**
- **relatywistyczne jony, plazma kwarkowo-gluonowa (ALICE, CMS, NA49)**
- **łamanie symetrii kombinowanej CP – LHCb**
- **badanie sektora Higgsa, poszukiwanie nowych cząstek (CMS)**
- **poszukiwanie przejawów istnienia ciemnej materii (Super-Kamiokande, CMS)**
- **fizyka neutrin (T2K, Super-Kamiokande, ICARUS, LAGUNA/LBNO, również NA61/SHINE, KM3NeT/ORCA)**