

**Badania promieniowania kosmicznego
o energiach powyżej 1E15 eV
- przegląd prac z ECRS 2012.**



Jacek Szabelski
Zakład Fizyki Promieniowania Kosmicznego
Narodowego Centrum Badań Jądrowych
Łódź
<http://ncbj.u.lodz.pl>

Plan:

- **Historia – 100 lat**

- **23. ECRS 2012:**

 - Promieniowanie kosmiczne – oddziaływania, wysokie energie**

 - Badania w zakresie $1E15 - 1E19$ eV**

 - Najwyższe energie**

 - Projekty**

- **JEM-EUSO**

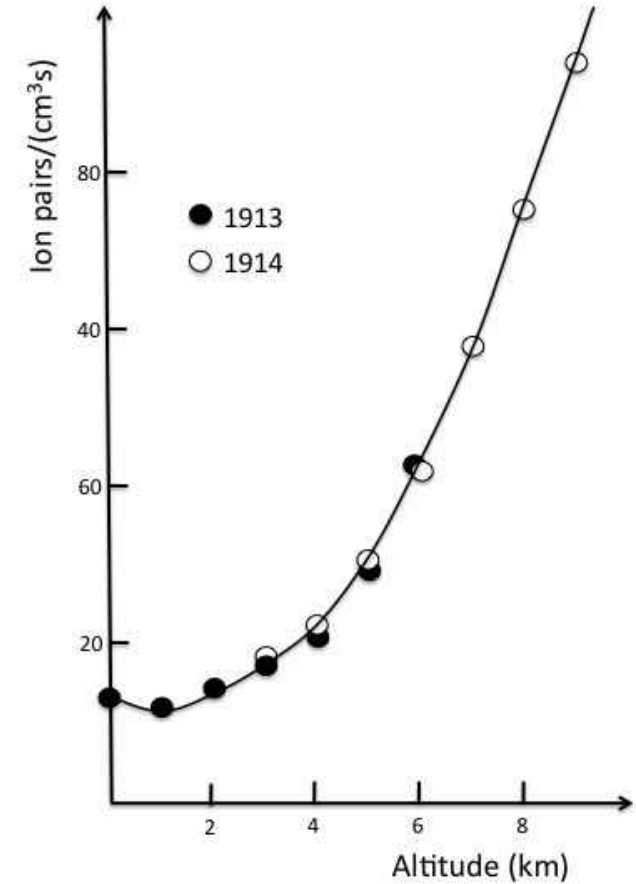
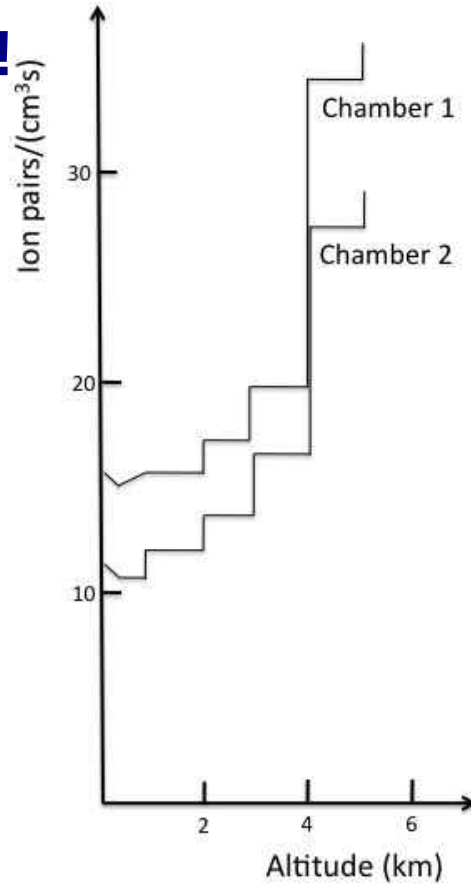
Odkrycie promieniowania kosmicznego 1912 – 100 lat

Victor Francis Hess
(1883-1964)
loty balonowe



Cosmic ray discovery - 1912

Radiation level increases with altitude !!



Cosmic rays: Increase of ionization with height as measured by Hess in 1912 and by Kolhörster in 1913 and 1914

Alessandro De Angelis (wikimedia)

Cosmic ray discovery – 1912

what was known at the time (radiation):

- X – rays (Wilhelm Roentgen, 1895)
- radioactivity (Henri Becquerel 1896)
Maria Skłodowska-Curie & Piotr Curie 1898)

methods - ionization measurements:

- discharging electrometer (T. Wulf electrometer),
- scintillation flashes (e.g. ZnS:Ag),
- Photographic plates



100 years ago

Measurements made to check whether all radiation observed in Nature is from heavy natural elements

measurements of radiation level:

- Eiffel Tower (Theodore Wulf 1911)
- Lake, sea and underground (Domenico Pacini 1911)
- balloon (Victor Hess - 1912)

Extensive Air Shower Discovery - 1938

What was known:

- quantum mechanics (1927)
- Geiger-Muller counters (Hans Geiger, Walther Muller, 1928)
- first accelerators (John Douglas Cockcroft, Ernest Thomas Sinton Walton, 1932)
- local cascade measurements - coincidence (Bruno Rossi, 1930)
- cascade theory (Hans Bethe, W. Heitler, 1934)

Electronic engineer/physicist Roland Maze, PhD student of prof. Pierre Auger was asked to test and develop anticoincidence circuit. Groups of 2, 3 or 4 G-M counters were separated up to 20m. Still receiving coincidence.

Interpretation of P. Auger was accurate: shower energy range $10^{12} - 10^{13}$ eV. (papers by Pierre Auger, Roland Maze, Therese Grivet-Meyer, June 8, 1938, and by Pierre Auger, Roland Maze, July 18, 1938)

Pierre
Auger



Roland
Maze

Particle physics from Cosmic Ray measurements

**e⁺ predicted by P.A.M. Dirac (1928)
observed by Dimitry Skobelcyn in CR (1929)
discovered by Anderson (1932)**

**muon not predicted at all
observed by Neddermeyer (1936),
discovered by J.C.Street and E.C.Stevenson (1937)
(originally missed with pions)**

pions discovered by Cecil Powell (1947)

kaons discovered by George Rochester and Clifford Charles Butler (1947)

hiper-nuclei first observed by Marian Danysz and Jerzy Pniewski (1952)

Later, new particles were produced in accelerator experiments.

Promieniowanie kosmiczne – 100 lat !

Astrofizyka (pierwotne promieniowanie kosmiczne):
trwałe cząstki o dużych energiach
nietermiczny rozkład energii cząstek
zakres energii do ok. $1e20$ eV (czy jest granica ?)

Trwałe cząstki:

protony, jądra, elektrony, fotony gamma, neutrina,
antyprotony, pozytony

Wtórne promieniowanie kosmiczne:

Wtórne energetyczne cząstki w atmosferze

wytworzone przez pierwotne promieniowanie kosmiczne:

zjawiska koherentne: WPA (wielkie pęki atmosferyczne PK)

kaskady fotonów gamma, elektronów/pozytonów,
mionów i hadronów

miony

promieniowanie kosmiczne: główne problemy

Źródła promieniowania kosmicznego:

- Astrofizyczne źródła
- Fizyczne/astrofizyczne mechanizmy przyspieszania

**Własności oddziaływań wielkich energii
(fizyka energii przekraczających możliwości akceleratorów)**

ECRS – European Cosmic Ray Symposium

23. ECRS – Moskwa, 3 – 7 lipca 2012 r.

Rapporteur's talk – Poster reviewing PRC_2 session:

Primary Cosmic Rays II ($E > 10^{15}$ eV)

Jacek Szabelski

National Centre for Nuclear Research

Cosmic Ray Physics Division

ul. Uniwersytecka 5, PL-90-137 Łódź, Poland

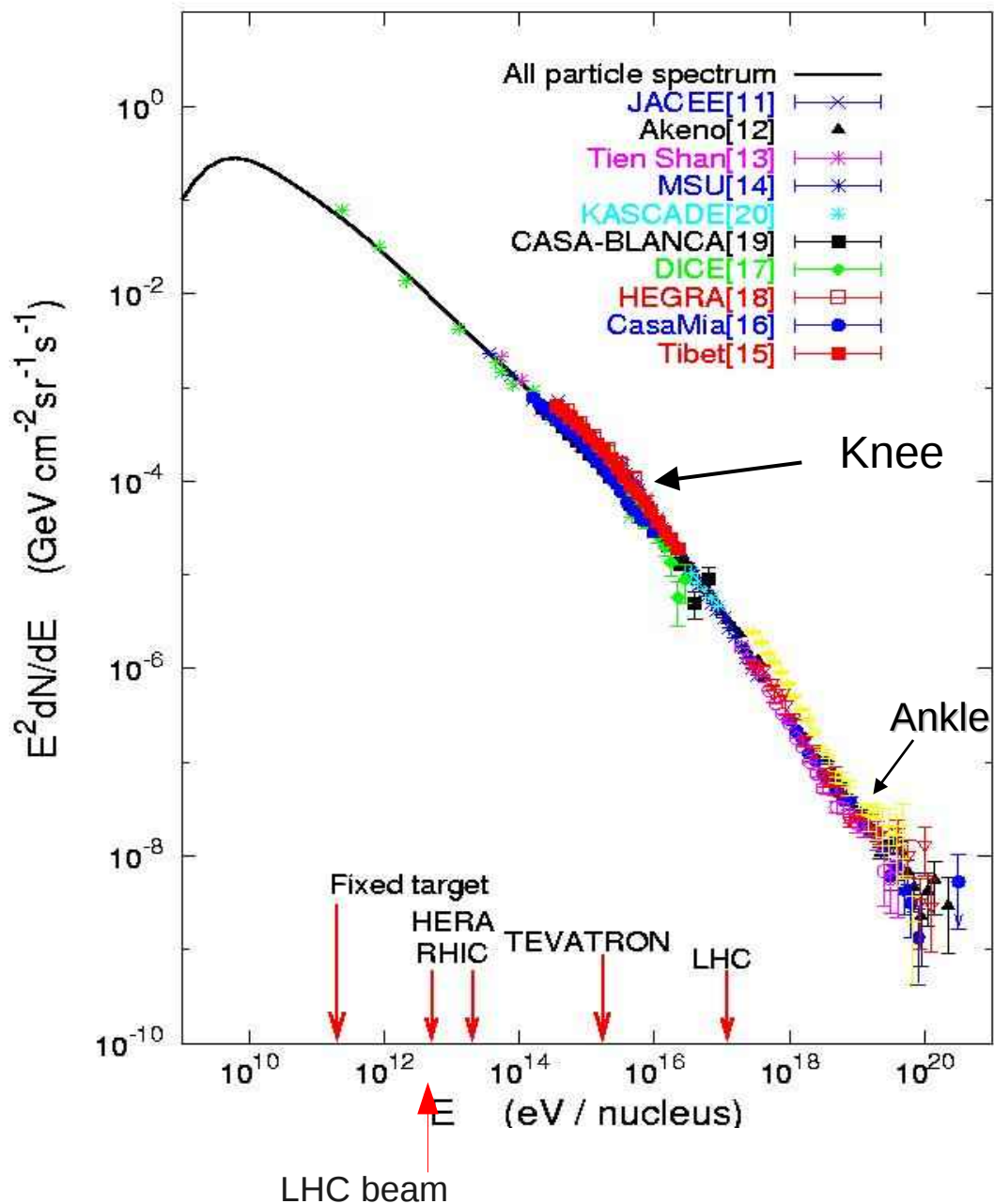
J.Szabelski@ncbj.gov.pl

Przegląd dotyczył 42 prezentacji

Widmo energii promieniowania kosmicznego

Bezpośrednie pomiary
na balonach i satelitach
do ok. $1e15eV$
(ograniczenie przez:
ekspozycję,
ocenę energii)

Powyżej $1e14 eV$
pomiary WPA
(problemy:
określenie masy,
ocena energii);
atmosfera jako tarcza

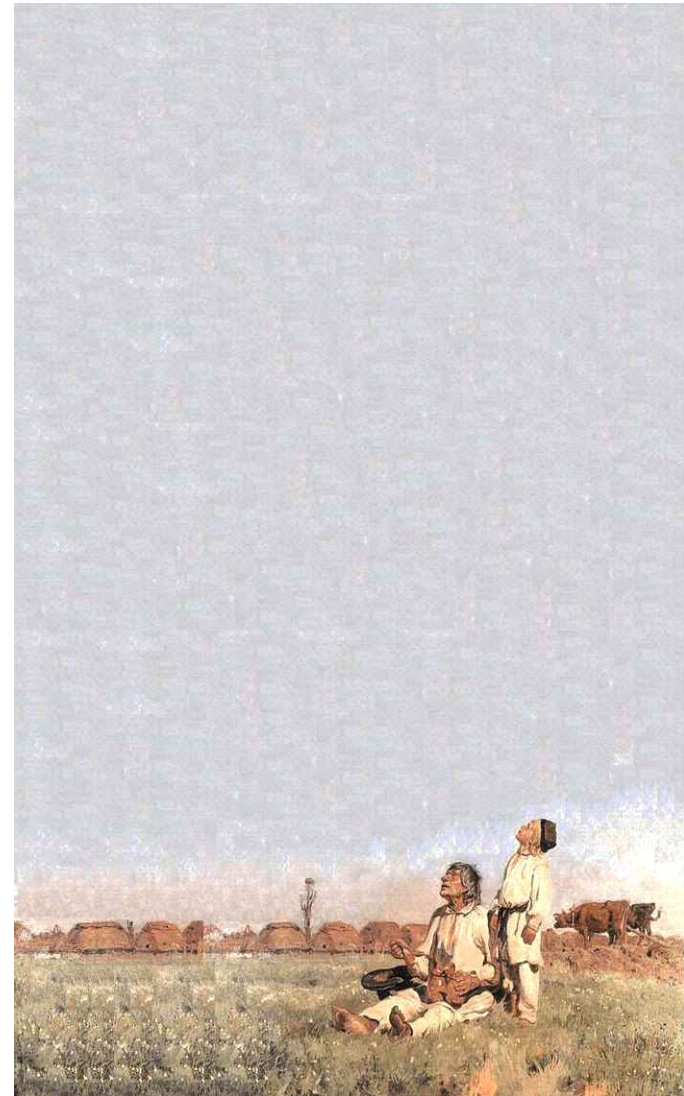


Obserwacje WPA z ziemi (Wielkie Pęki Atmosferyczne)

Atmosfera jest tarczą/detektorem

Cząstki w WPA:

fotony gamma	(10 x Ne)
elektrony + pozytony	(Ne)
miony	(0.1 x Ne)
hadrony	(0.01 x Ne)
neutrino	



animacja: T.Wibig

Rozwój WPA vs. poziomy obserwacji z ziemi

VR – Volcano Ranch

Ya – Yakutsk

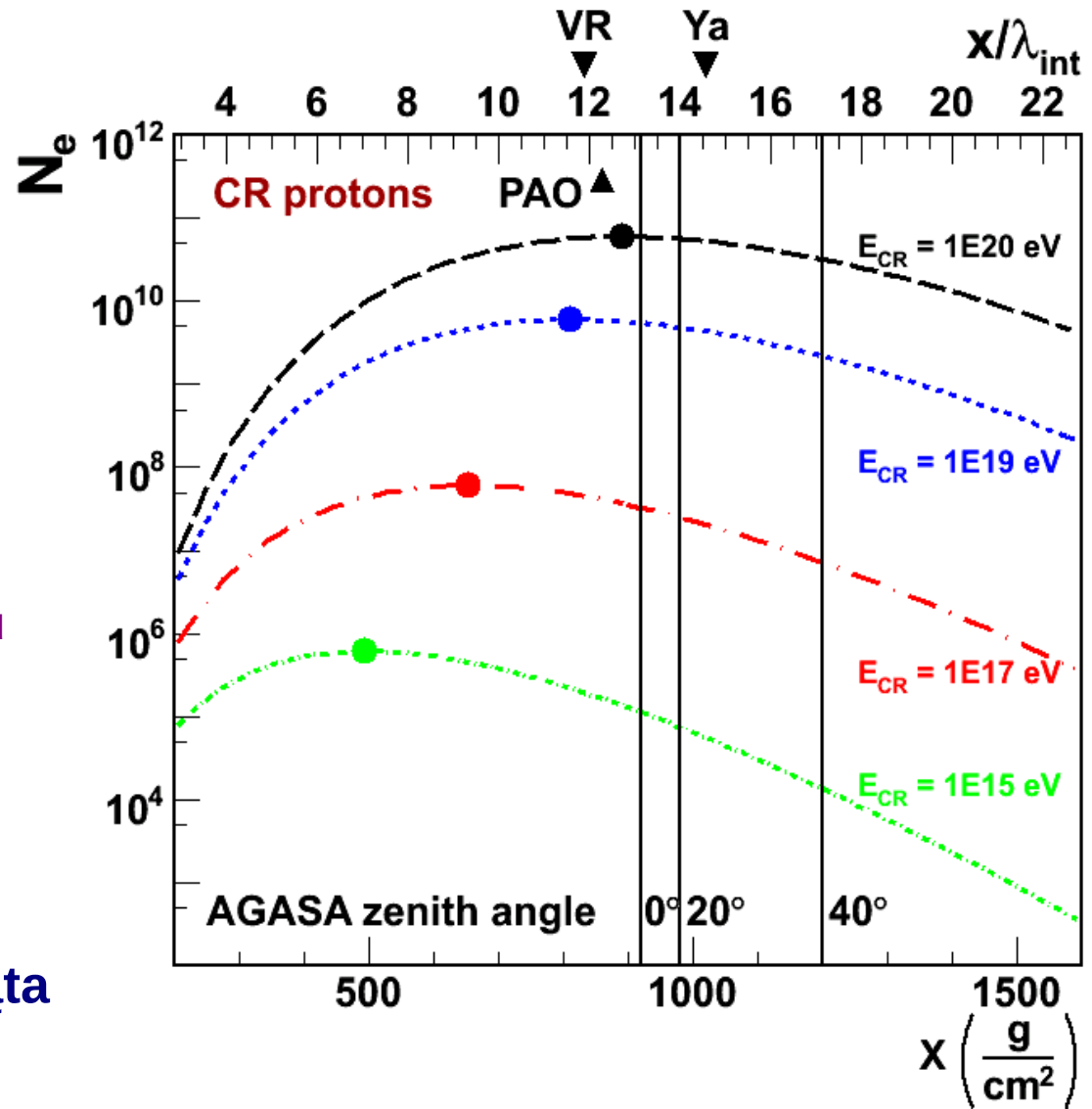
PAO – P. Auger Observatory

Rysunek pokazuje średni rozwój WPA (rozkład Ne);

W rzeczywistości rozwój WPA:

- fluktuuje
- Zależy od masy pierwotnej cząstki
- Interpretacja zależy od modelu oddziaływań

Pomiary WPA z ziemi są na stałej „głębokości” w atmosferze, ale grubość atmosfery/tarczy zależy od kąta zenitalnego (stopień rozwoju WPA)



Atmosfera nie jest jednorodna

Experimental results:

astrophysical targets:

- **spectra, mass composition (are they fixed; to what extent ?)**
 - ✓ **HE interaction models problems**
 - ✓ **experimental problems (EAS multicomponent measurements: gammas, e, muons, Cherenkov, hadrons, radio, microwave)**

high energy physics targets

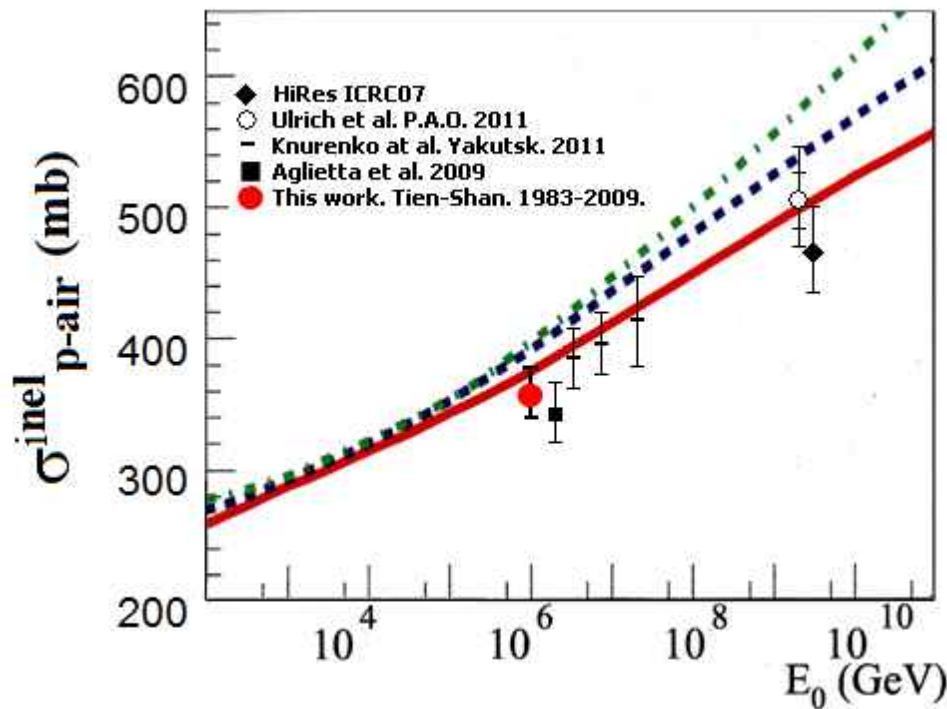
- ✓ **some: to be compared with LHC data**
- ✓ **some indicate necessity of interaction models corrections (valuable results)**

Promieniowanie kosmiczne – oddziaływania, wysokie energie

Tien Shan experimental results on the inelastic proton-air cross-section at 0.5-5 PeV

Nesterova N M

P N Lebedev Physical Institute RAS, Leninsky pr. 53, Moscow, 119991, Russia



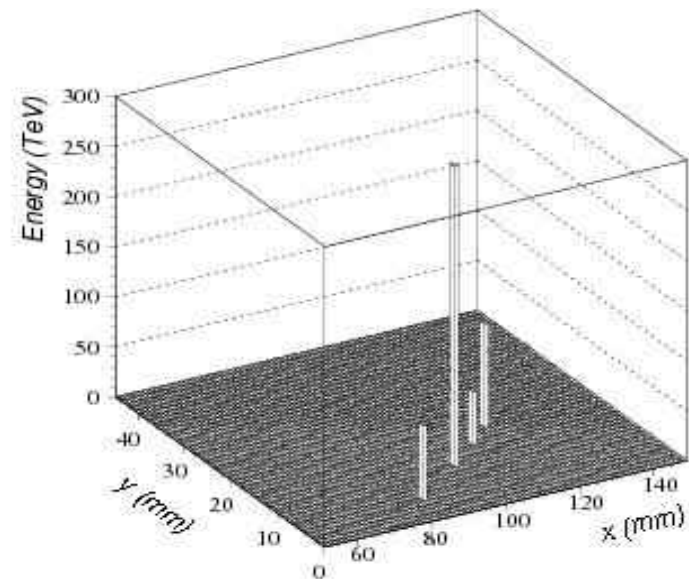
SIBYLL
QGSJET-II-03
QGSJET-II-4

What can we say on h-A interaction fragmentation range at superhigh energies by XREC data?

A Managadze and R Mukhamedshin

Comparison of experimental data and model results demonstrates the necessity of introducing a coplanar particle generation process at E_0 above 10^{16} eV.

Przykład z innego eksperymentu na samolocie Concorde

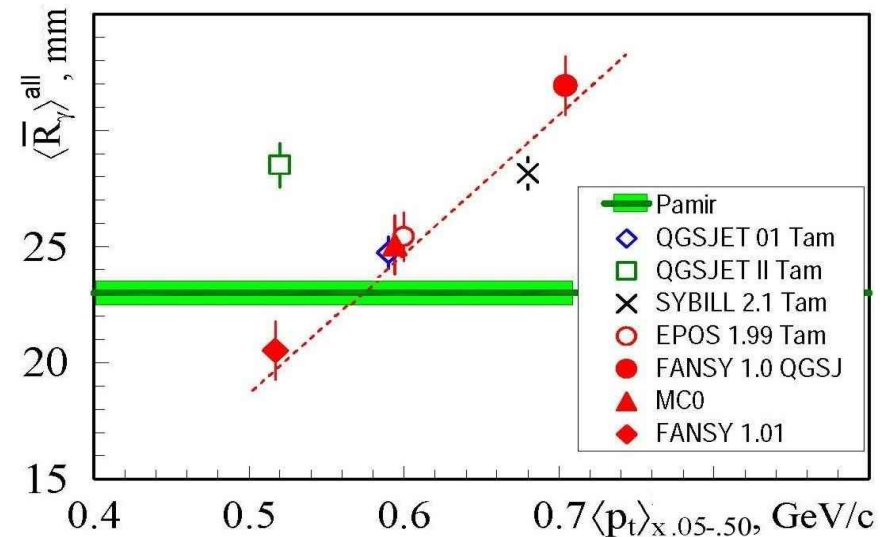


On $p_t(x_L)$ dependence in h-A interactions and lateral features of most energetic particles in EAS cores

J.Kempa, R.A. Mukhamedshin, M.Tamada

Data from emulsion experiment PAMIR at high mountain altitude can not be explained by CORSIKA interaction models.
 Predicted $p_t(x)$ distribution at x values ($\sim 0.05 - 0.25$; most important range for initial EAS development) gives too high p_t values.

measurements \rightarrow



Fizyka oddziaływań cząstek w zakresie energii 1E15 – 1E18 eV jest obecnie badana w LHC w CERNie.

Zderzenia pp (AA) z energiami w układzie CM 7000 – 14000 GeV odpowiadają energiom 2.6E16 – 1.0E17 eV w układzie laboratoryjnym.

Detektory eksperymentów TOTEM i CASTOR (blisko detektora CMS) mierzą cząstki odchylone od wiązki o 3 – 100 mrad (zakres pseudorapidity 3.0 – 6.5) w układzie CM.

Dla cząstek o $x = p^{\text{CM}} / p^{\text{CM}}_{\text{proton beam}} = 0.01$

w układzie laboratoryjnym odpowiada to badaniu cząstek o kątach

0.2 – 6.7 mikro-rad (dla 2.6E16 eV)

0.1 – 3.3 mikro-rad (dla 1.0E17 eV)

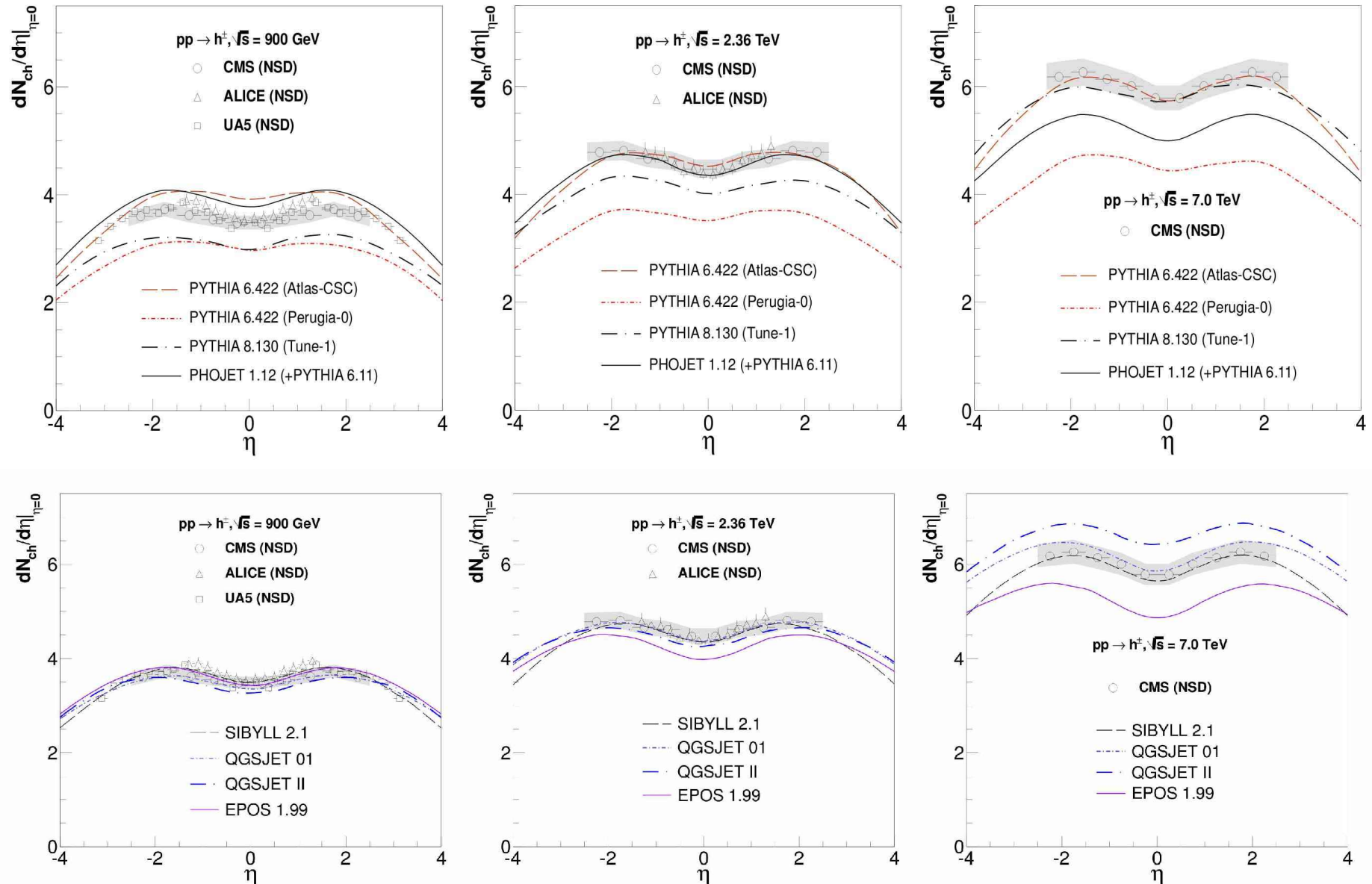
Dla oddziaływań 1 km nad detektorem odchylenie o 1 mikro-rad odpowiada 1mm

MC interaction generators

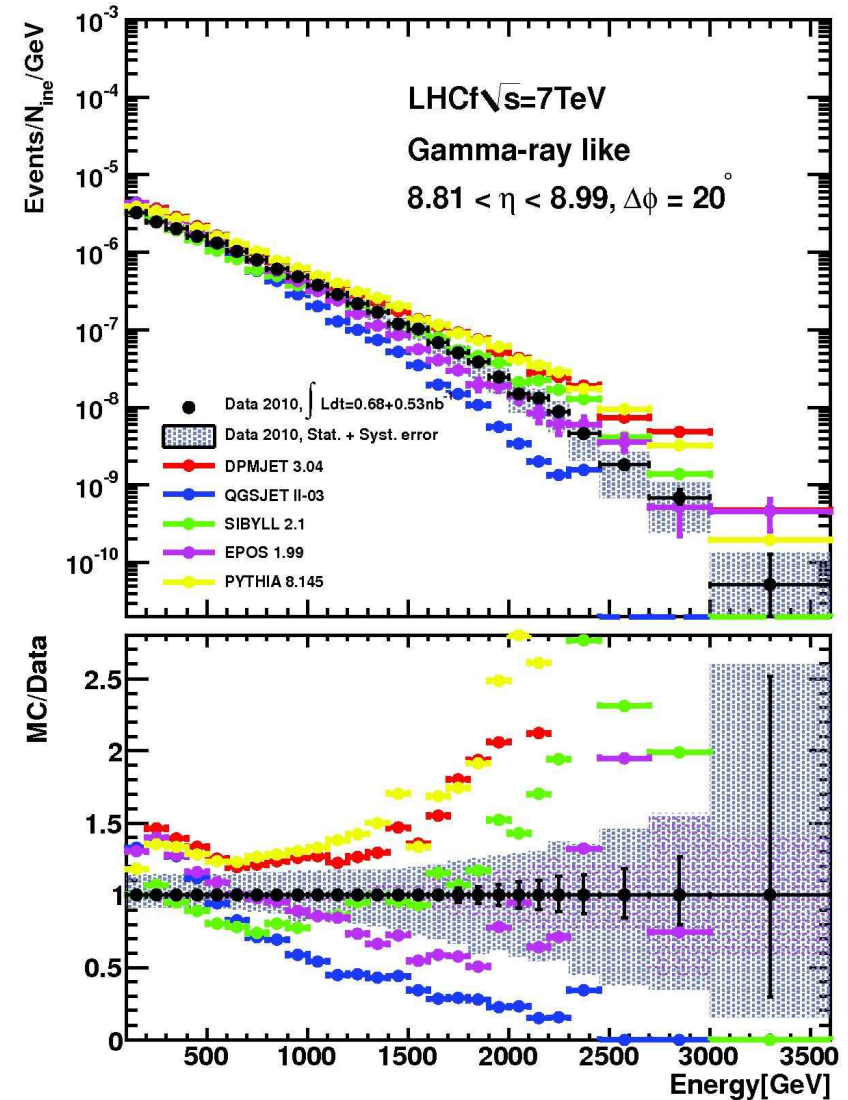
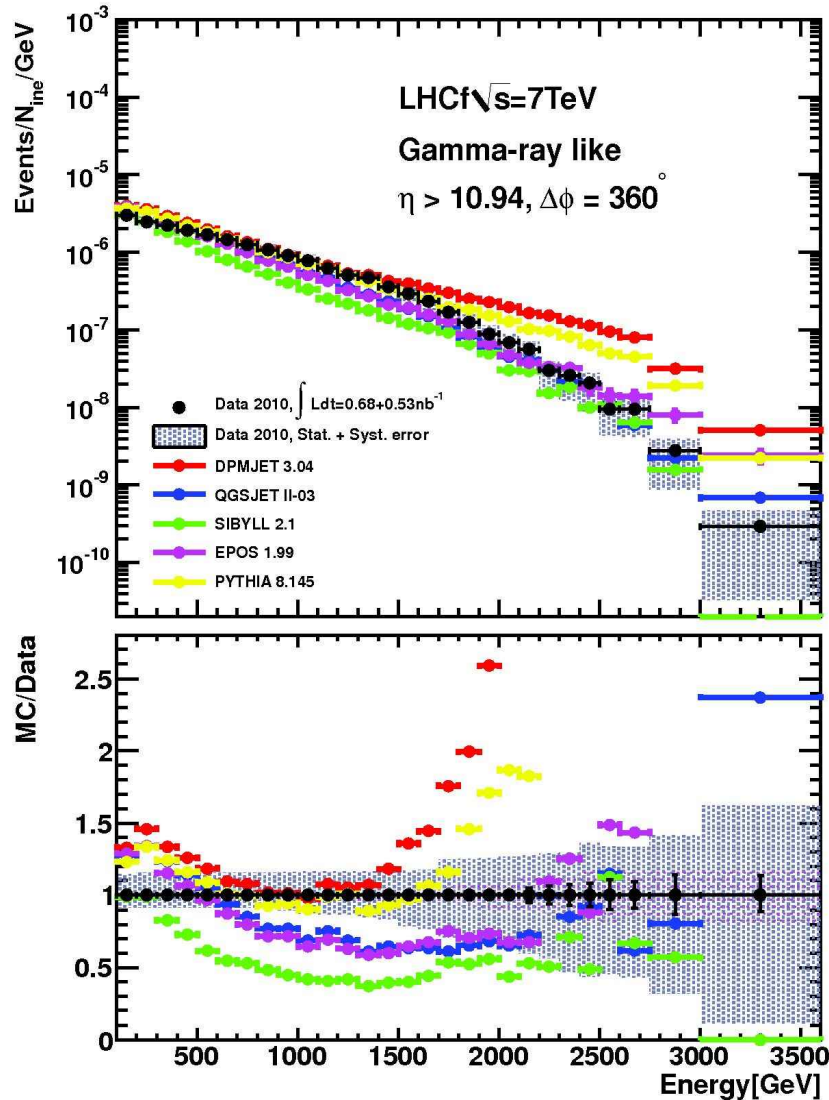
Constraints from the first LHC data on hadronic event generators for ultra-high energy cosmic-ray physics

d'Enterria et al., 2011, arXiv: 1101.5596v3

Rozkłady hadronów (naładowanych)

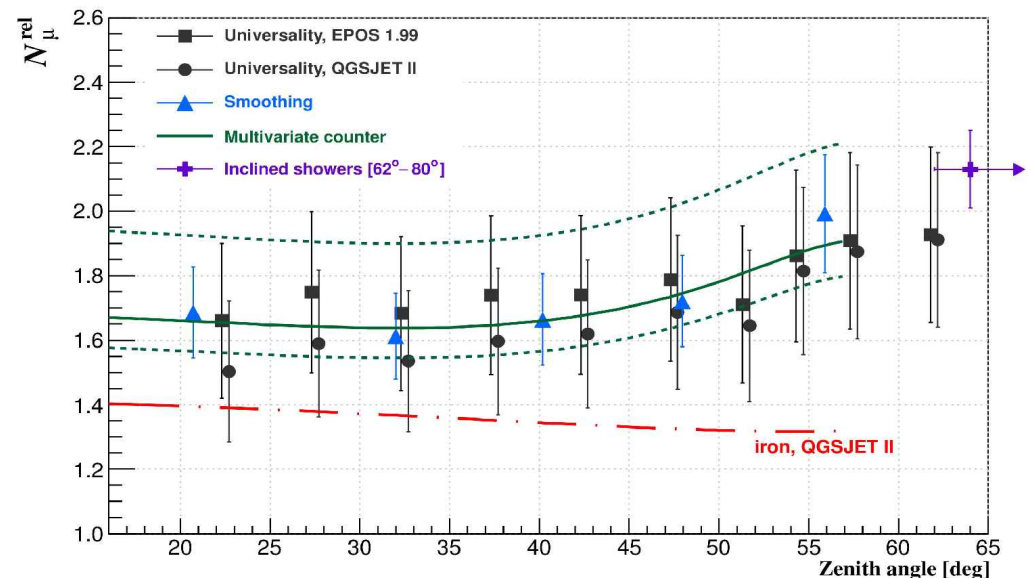


Widma pojedynczych fotonów



Lukas Nellen¹, for the Pierre Auger Collaboration²¹ I de Ciencias Nucleares, UNAM, Circ. Ext. S/N, 04510 Mexico City, Mexico² Av. San Martín Norte 304 (5613) Malargüe, Prov. de Mendoza, Argentina

from the text of the paper:
“We conclude that work is needed
on simulations to describe **physics**
at the highest energies before
we can extract primary composition
reliably.”



**Promieniowanie kosmiczne
o energiach 10^{15} eV – 10^{19} eV
- pomiary widma energii**

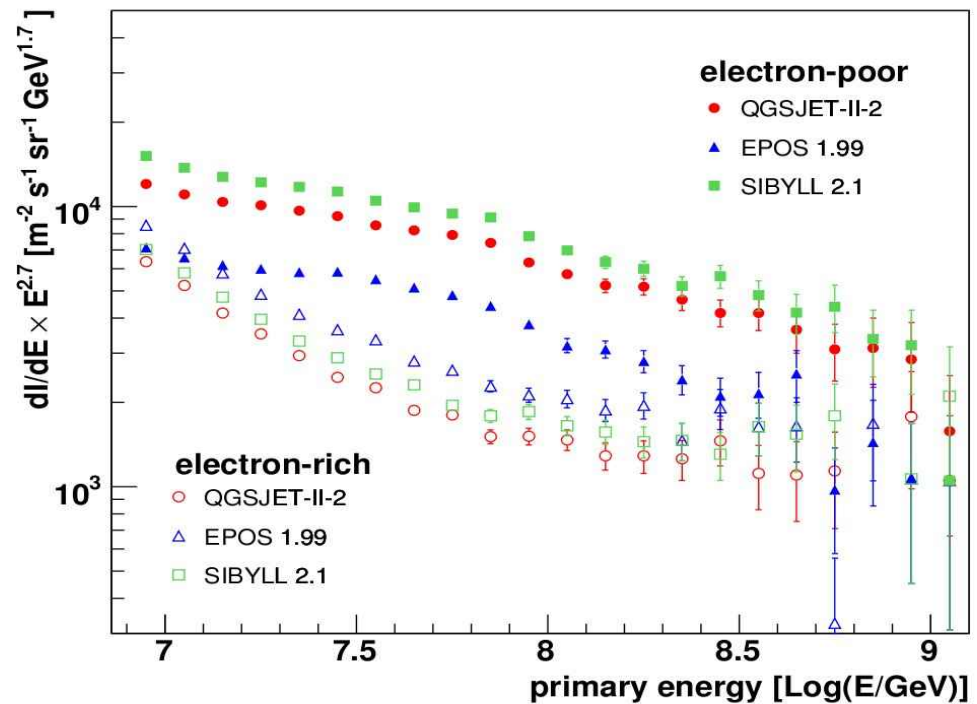
All-particle energy spectrum of KASCADE-Grande based on shower size and different hadronic interaction models

D. Kang et. al for KASCADE-Grande team

KASCADE (KArlsruhe Shower Core and Array DEtector)

“electron-poor” are heavier (more muons)

Results are CORSIKA interaction model dependent !



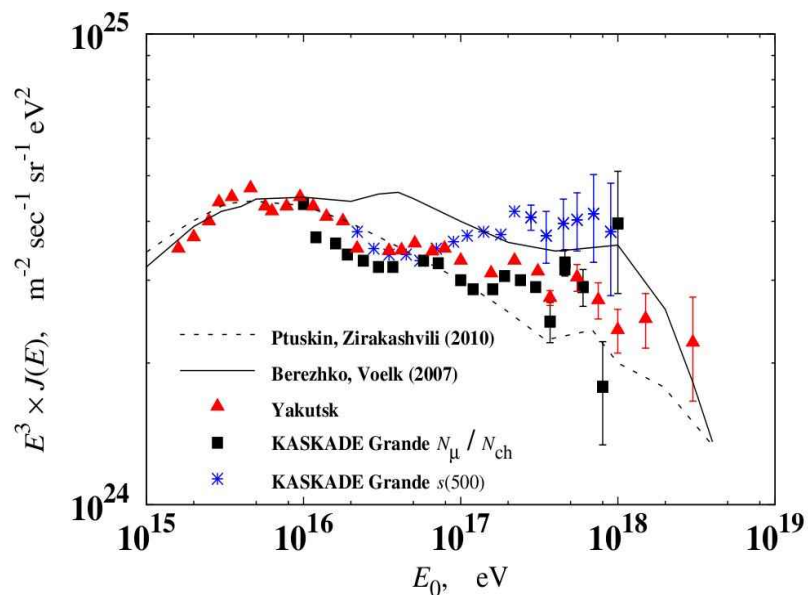
Spectrum and mass composition of cosmic rays in the energy range $10^{15} - 10^{18}$ eV derived from the Yakutsk array data

Stanislav Knurenko, A. Sabourov

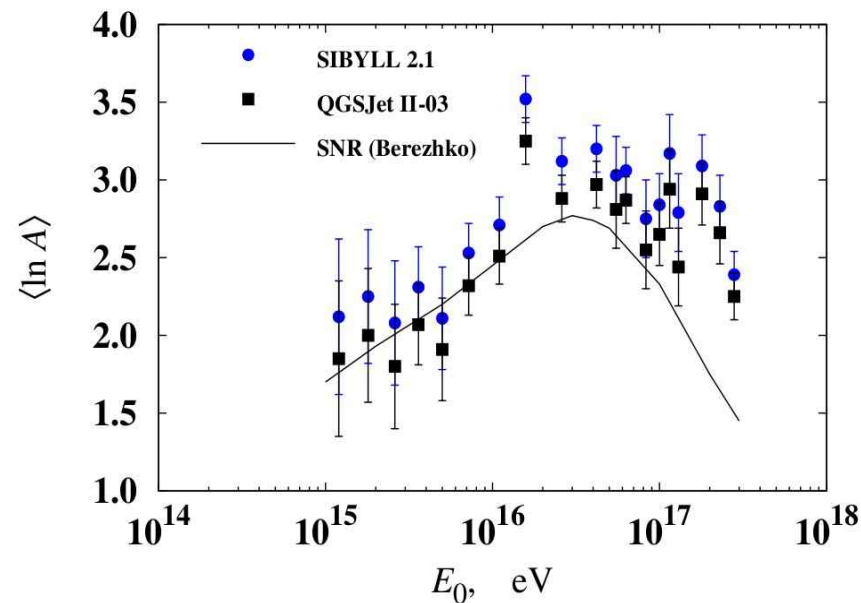
Yu.G. Shafer Institute of cosmophysical research and aeronomy SB RAS

Yakutsk SD + set of Cherenkov detectors.

EAS energy from Cherenkov light density at 150m or 400m.



<ln A> is CORSIKA model dependent

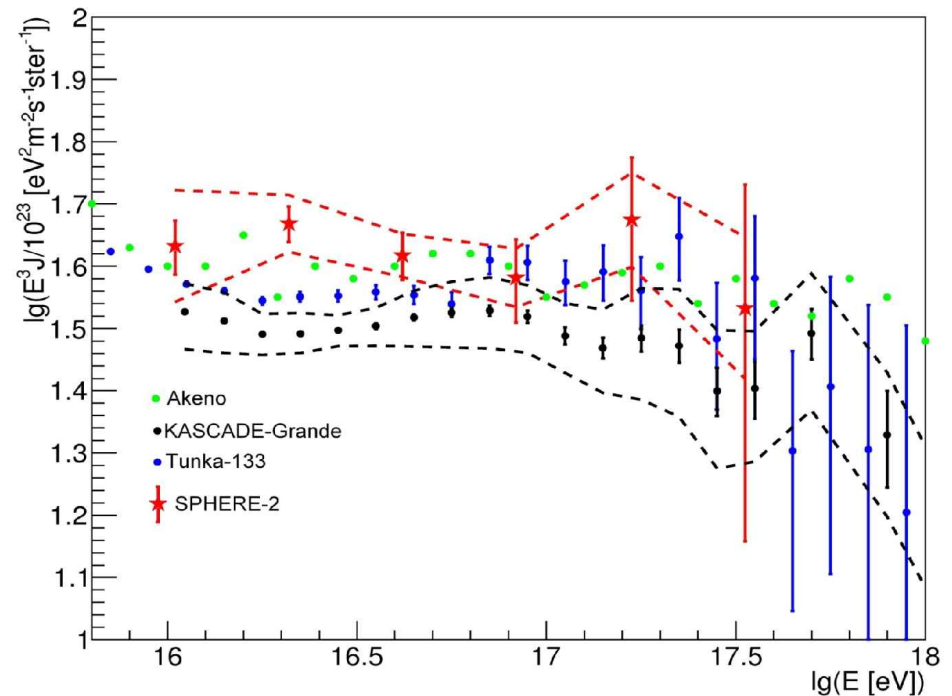


Status of the SPHERE experiment

**A M Anokhina, R A Antonov, S P Beschapov, E A Bonvech, D V Chernov,
T A Dzhatdov, Mir Finger, M Finger, V I Galkin, A S Petkun,
D A Podgrudkov, T M Roganova, S B Shaulov and T I Sysoeva**

**SPHERE is a balloon experiment
to measure EAS Cherenkov light
reflected from the snow.
SPHERE-2 is a recently improved version.**

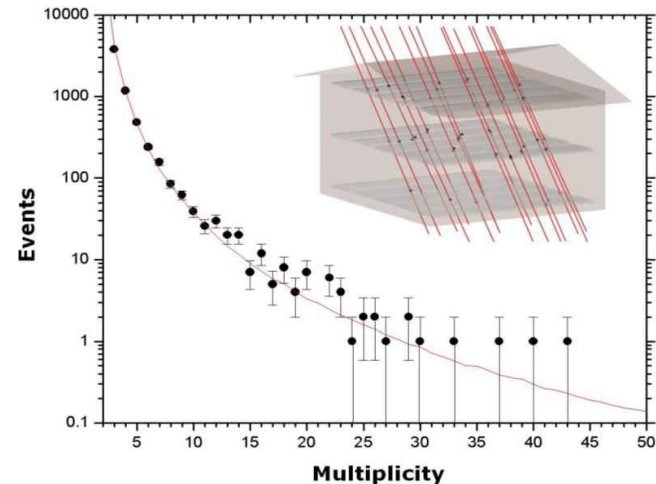
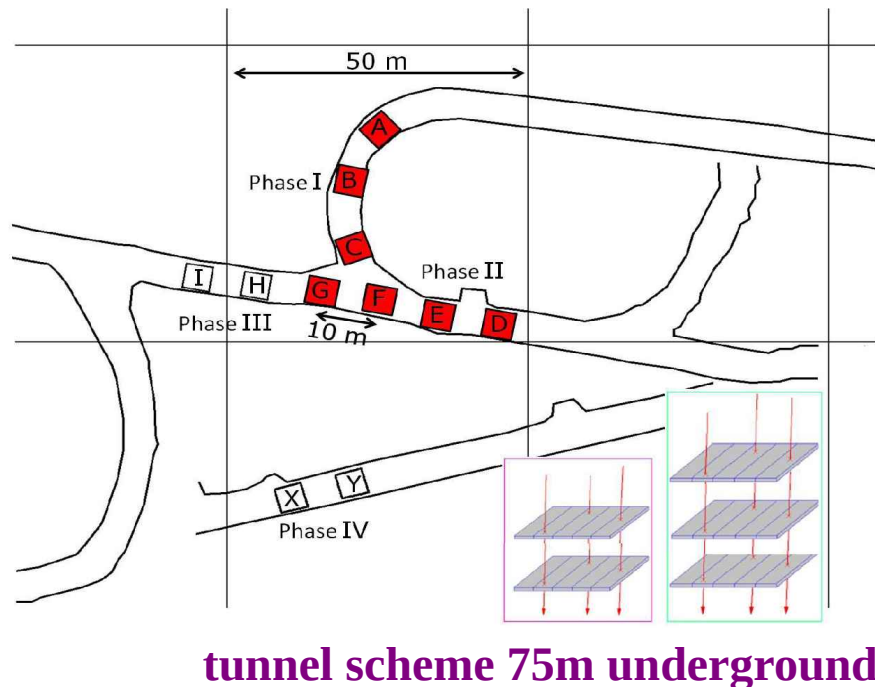
**Figure shows 100 h data
in a form of energy spectrum
in $10^{16} - 5 \cdot 10^{17}$ eV range**



Underground cosmic-ray experiment EMMA

**P Kuusiniemi, L Bezrukov, T Enqvist, H Fynbo, L Inzhechik,
J Joutsenvaara, T Kalliokoski, K Loo, B Lubsandorzhiev, T Monto,
V Petkov, T Rähä, J Sarkamo, M Slupecki, W H Trzaska and A Virkajärvi**

The Experiment with MultiMuon Array (EMMA) is an underground EAS array designed for the measurement of the high-energy muon component ($E_\mu > 50$ GeV). It consists of several muon tracking detectors at the depth of 75 metres (210 m.w.e) in the Pyhäsalmi Mine, Finland

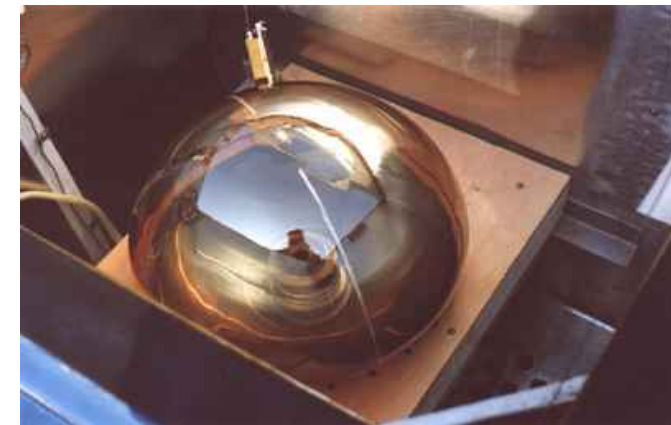
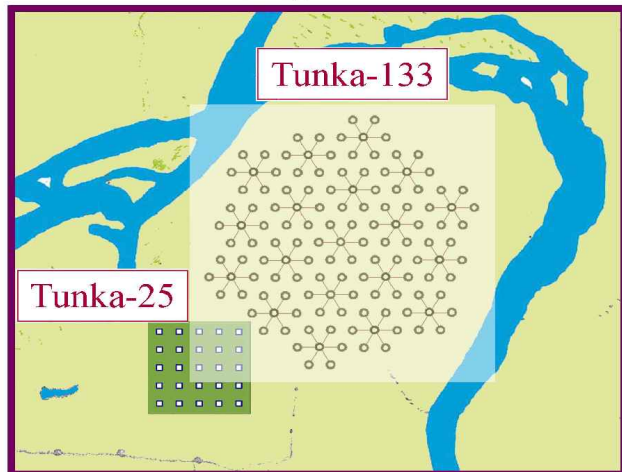


muon multiplicities, 44 days, one station

**drift chambers for muon track measurements
for primary CR mass composition studies**

F G Schröder, D Besson, N M Budnev, O A Gress, A Haungs, Y Kazarina, M Kleifges, A Konstantinov, E E Korosteleva, O Krömer, L A Kuzmichev, R R Mirgazov, A Pankov, V V Prosin, G I Rubtsov, C Rühle, V Savinov, J Stockham, M Stockham, E Svetnitsky, R Wischnewski, A Zagorodnikov

The radio extension (20 antennas) shall start in autumn this year (2012).



51° 48' 35" N
103° 04' 02" E
675 m a.s.l.

Tunka – pomiar prom. Czerenkowa dla WPA w zakresie energii 1E15 – 1E17 eV

Test przydatności pomiarów sygnałów radiowych.

pcr_2_449

How to solve the cosmic ray knee problem?

Yu V Stenkin

**Institute for Nuclear Research
of Russian Academy of Sciences
117312, Moscow, RUSSIA**

**Answer: by measuring soft and hadronic
components of EAS at high altitude.**



**Array of detectors capable to measure
ionizing particles and neutrons was installed
and is now running at the NEVOD (Moscow).**

PRISMA

(PRImary Spectrum Measurement Array)



NEVOD water pool building



The engineering prototype of the wide-field Cherenkov telescope for the Yakutsk array

**A.A. Ivanov, S.P. Knurenko, A.D. Krasilnikov, I.V. Ksenofontov,
Z.E. Petrov, M.I. Pravdin, L.V. Timofeev and I.Ye. Sleptsov
Shafer Institute for Cosmophysical Research & Aeronomy, Yakutsk, Russia**

**New Cherenkov detectors are planned to be added to Yakutsk EAS array
to measure the angular and temporal structure
of the signal connected to EAS longitudinal profile above $E = 10^{15}$ eV**

**Together with other EAS characteristics measured with surface detectors of the array
(e.g. size, age, muons) new detectors would enable to estimate the average mass
composition of CRs from the knee region up to the transition region
between galactic and extragalactic components.**

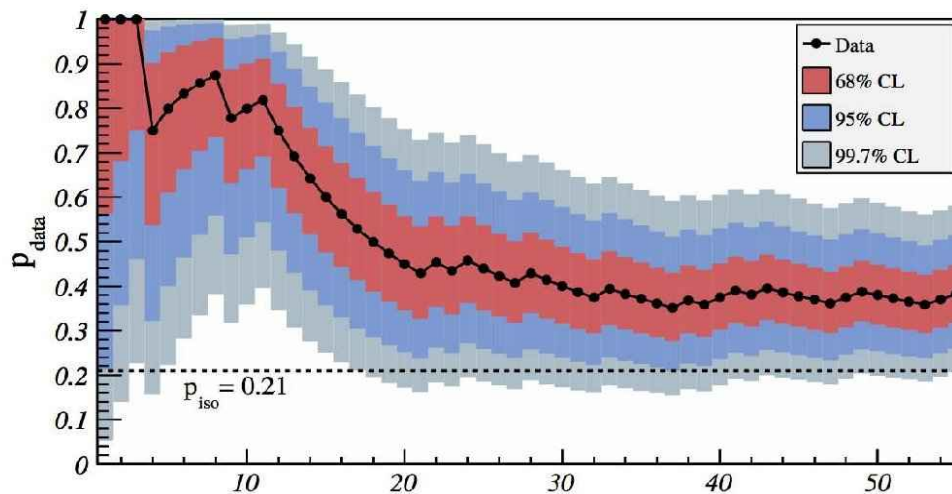
Promieniowanie kosmiczne powyżej 10^{18} eV

Anisotropy studies with the Pierre Auger Observatory

João de Mello Neto¹, for the Pierre Auger Collaboration²

¹Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão
Rio de Janeiro, RJ Brazil

²Observatorio Pierre Auger, Av. San Martín Norte 304, 5613 Malargüe, Argentina



“correlation is stabilizing”

Final sentence in the conclusion:

“Searches for anisotropy using catalogue independent methods were performed and no statistically significant signal was found.”

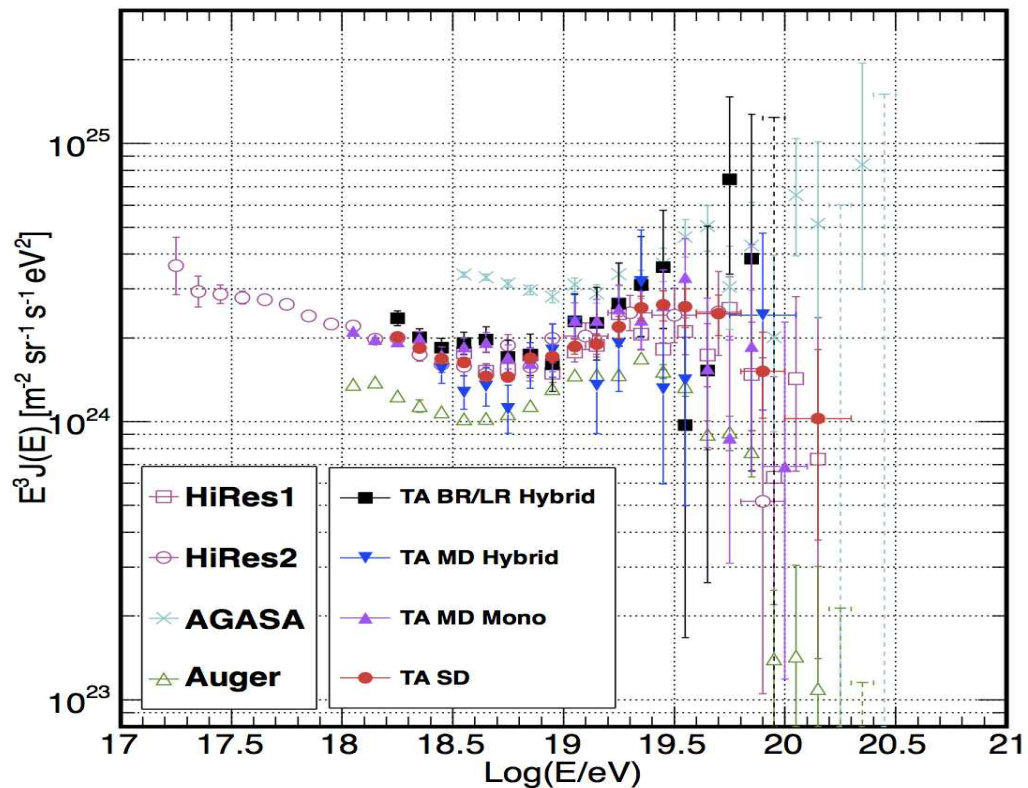
Recent results of the energy spectrum and mass composition from Telescope Array Fluorescence Detector

Daisuke Ikeda

Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Kashiwa, Chiba, Japan

TA: SD 700 km², 3 FDs

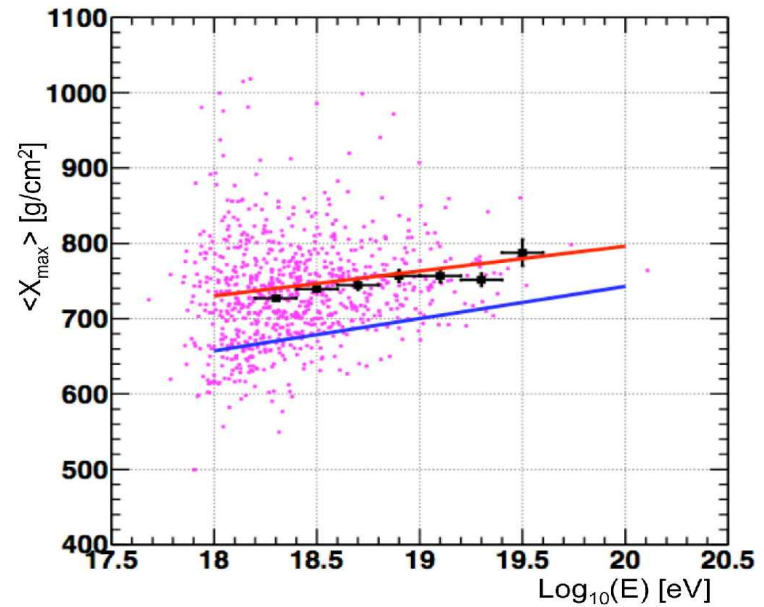
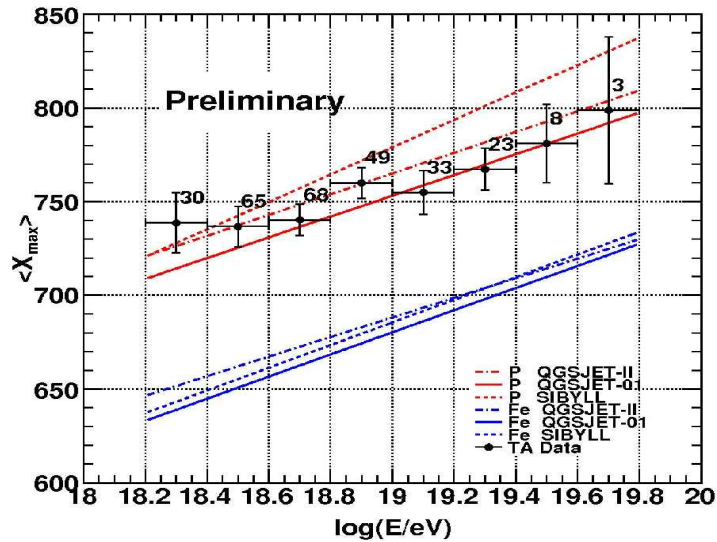
GZK
↓



Recent results of the energy spectrum and mass composition from **Telescope Array** Fluorescence Detector

“The measured mass composition with the TA data is consistent with the proton prediction.”

<X_{max}> distribution (poster)



Atmospheric monitoring at the Yakutsk EAS array

Stanislav Knurenko, A. Sabourov

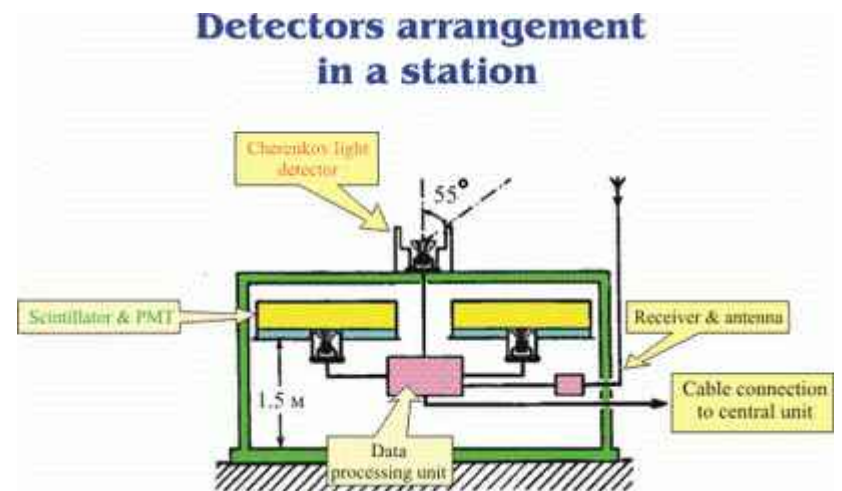
Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS

A station of atmosphere monitoring is operating since 2005.

The structure of this point includes

- the small Cherenkov array,
- a lidar monitoring atmospheric transparency
- and a photometer CE-318, recording aerosol content in the atmosphere.

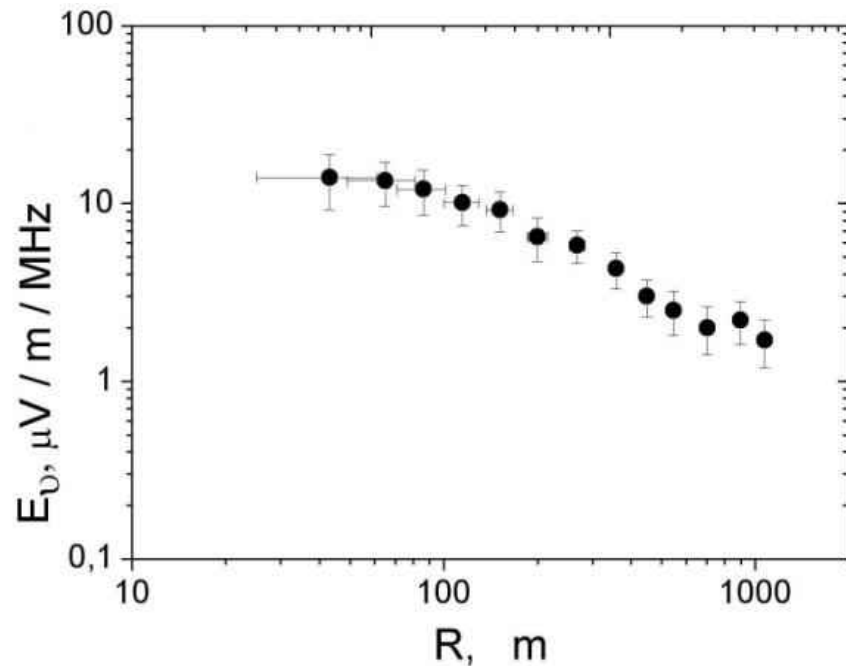
Registration system also includes electric field sensor,
antennas for measuring E- and H-components of electric field.



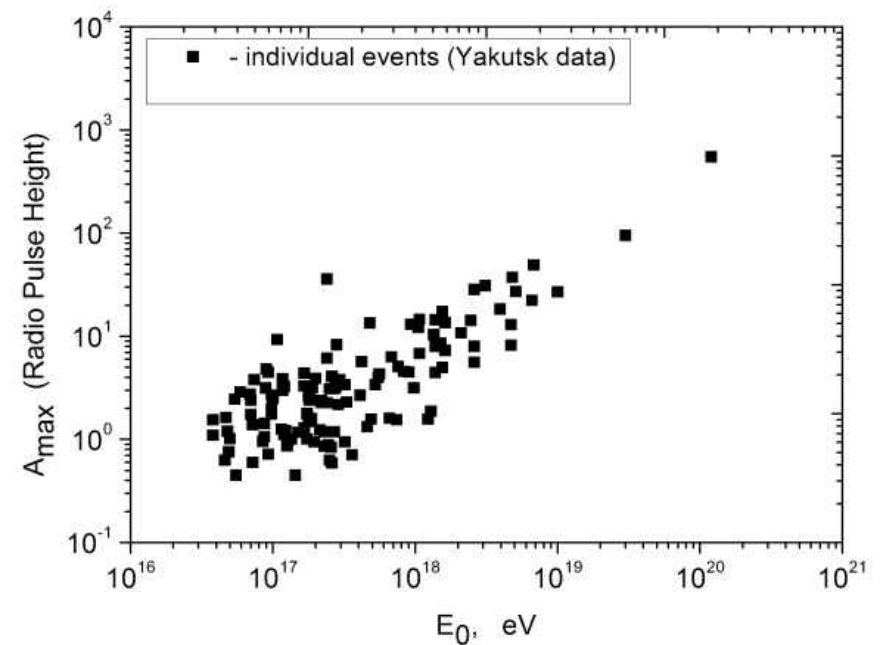
Experimental results of radio observations at the Yakutsk EAS in 2009-2011

S.P. Knurenko, V.I. Kozlov, Z.E. Petrov, M.I. Pravdin

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia



The average spatial distribution of the amplitude of the radio signal.

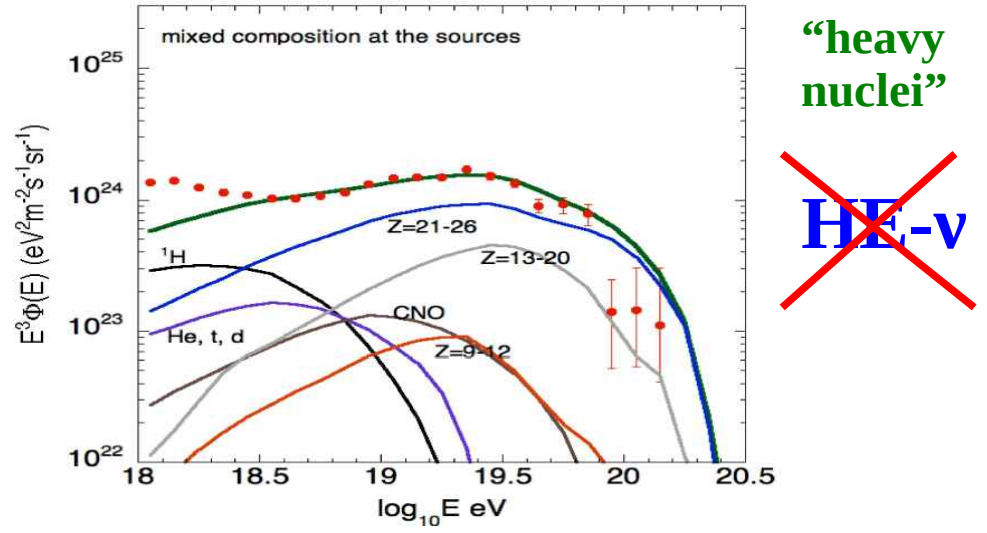
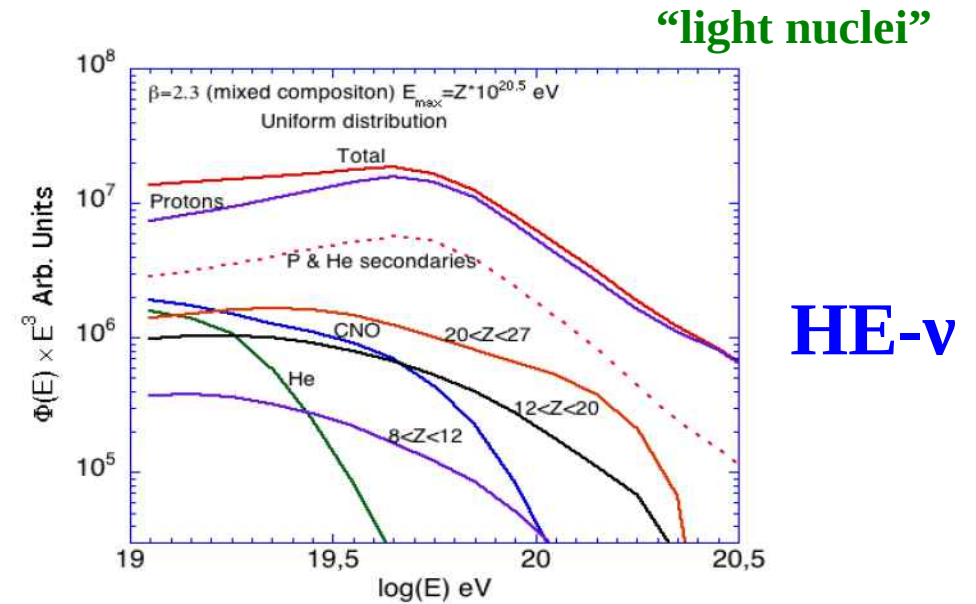
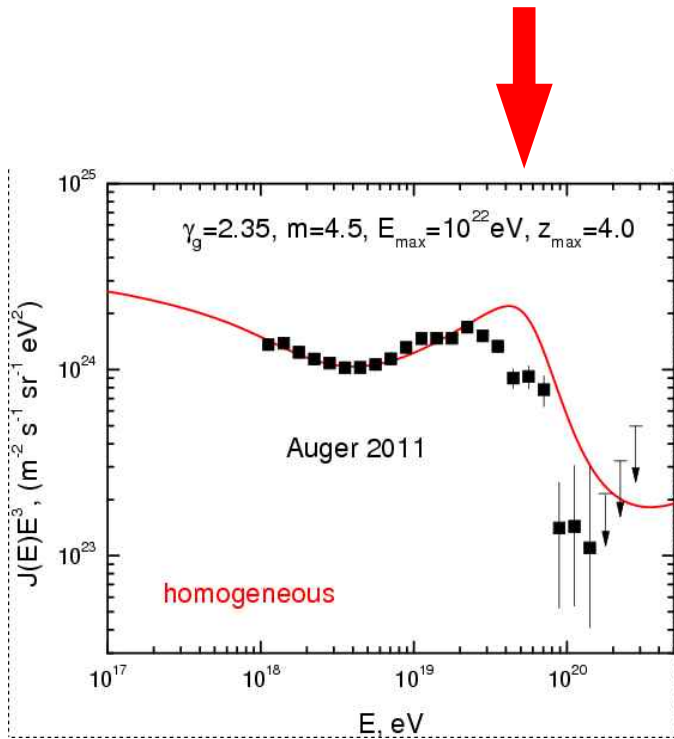


Max radio signal vs. energy (Cherenkov)

Ultra High Energy Cosmic Rays: Observations and Models

S. Grigorieva
 Institute for Nuclear Research of RAS, Russia

Is the suppression in the Auger energy spectrum GZK – cutoff? Answer - NO



Sources of UHECRs in view of the TUS and JEM-EUSO experiments

**N N Kalmykov, B A Khrenov, G V Kulikov and M Yu Zotov
Lomonosov Moscow State University, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics,
Moscow, Russia, 119234**

**Four candidates for astrophysical sources of the highest energy CR
are discussed and compared:**

- **Cluster accretion shocks,**
- **Active galactic nuclei,**
- **Pulsars,**
- **and Gamma-ray bursts.**

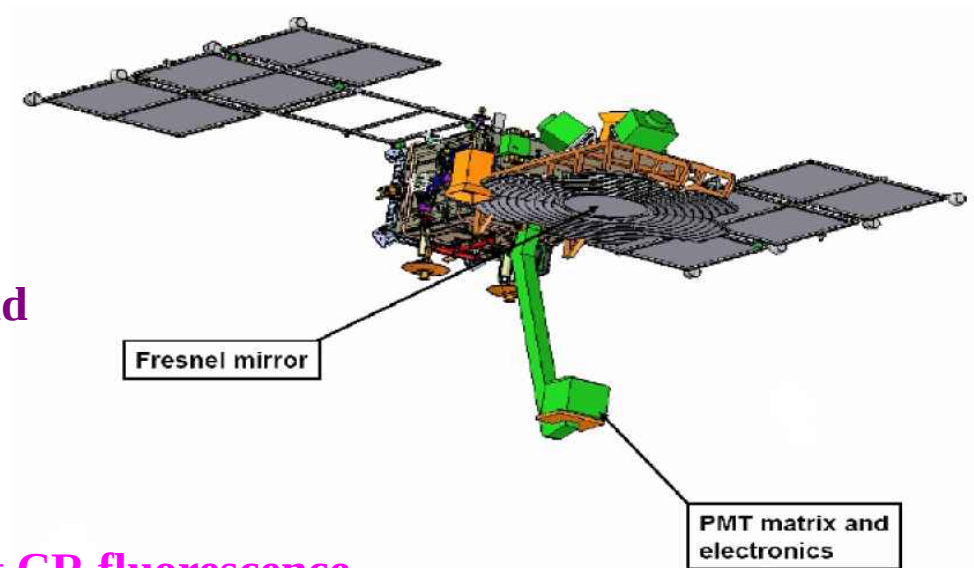
**Satellite experiment projects for UHE CR measurements: TUS and JEM-EUSO
are briefly presented.**

Orbital UHECR detector TUS. Preflight status and test results

**M I Panasyuk, B A Khrenov, G K Garipov, N N Kalmykov, P A Klimov, V S Morozenko,
S A Sharakin, A V Shirokov, I V Yashin,**
Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of M V Lomonosov Moscow State University
L Tkachev, S Biktemerova, A Grinyuk, D Naumov, B Sabirov, A Shalyugin, A Tkachenko,
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia
O A Saprykin, A A Botvinko
Consortium "Space Regatta", Korolev, Moscow Region, Russia
I Park, J Lee, G Na
Physics Department, EWha Woman Univeristy, Seoul, Korea
O Martinez, H Salazar, E Ponce
University of Pueblo, Pueblo, Pueblo, Mexico

Photo detector and electronics consist
of 256 PMT pixels with time resolution $0,8 \mu\text{s}$ and
spatial resolution $5 \times 5 \text{ km}$
(for the initial orbit height of 500 km).

TUS is prepared for space operations as the first CR fluorescence
detector observing atmosphere from the top.



JEM - EUSO

JEM-EUSO

<http://jemeuso.riken.jp>

JEM – Japan Experiment Module

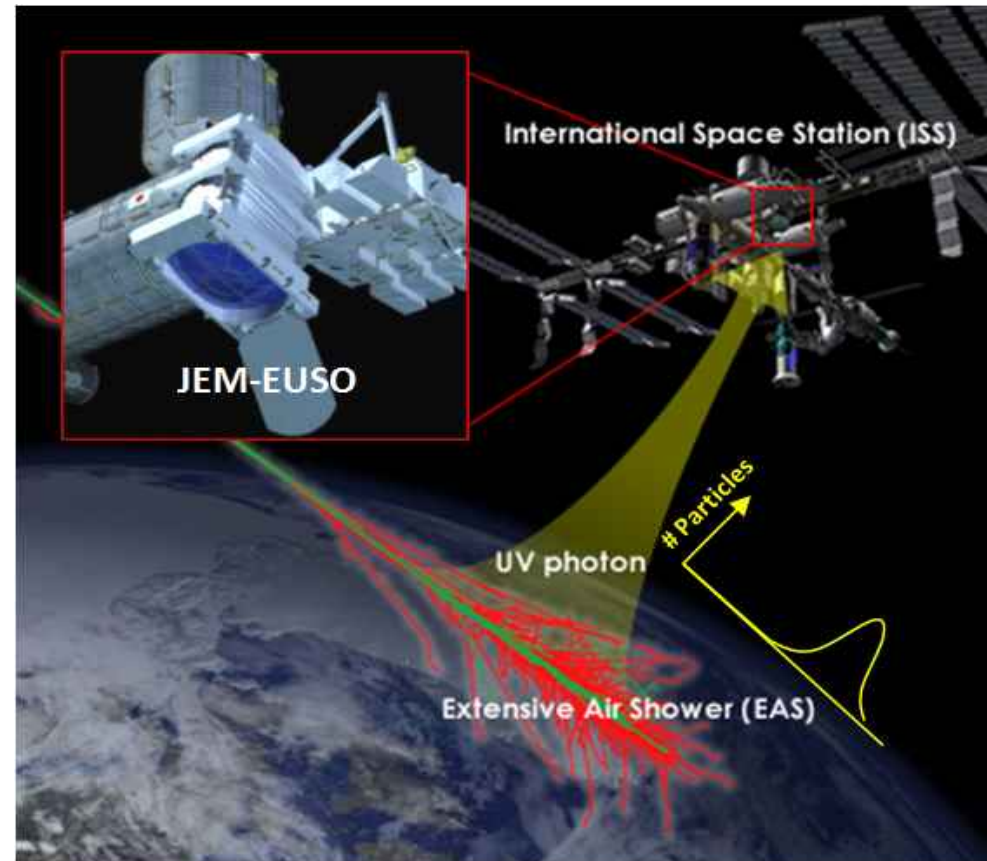
EUSO – Extreme Universe Space Observatory

Główne cele naukowe dotyczą promieniowania kosmicznego najwyższych energii (UHE CR)

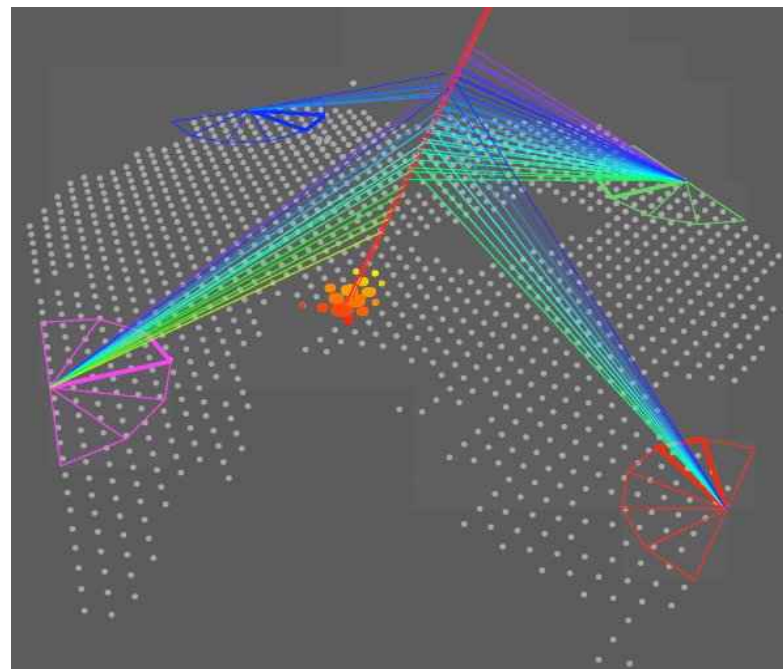
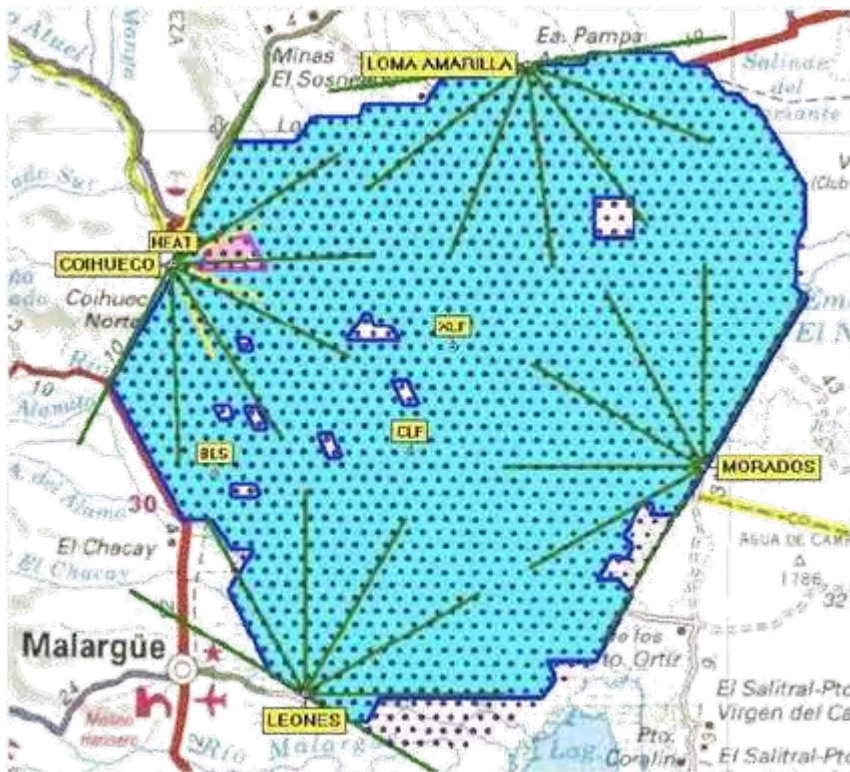
294 uczestników
(czerwiec 2011 r.)

Japonia – 71
USA – 36
Francja – 22
Niemcy – 26
Włochy – 56
Meksyk - 12
Korea – 16
Rosja – 7
Szwajcaria – 6
Hiszpania – 18
Polska - 13
Słowacja – 4
Bułgaria - 7

**planowany start
w styczniu 2017 r.**



PAO – Pierre Auger Observatory (południowa półkula)



pomiary FD & SA

przewidywane: 25 WPA/ rok
($E > 5.5 \cdot 10^{19} \text{eV}$)

FD – tylko bezchmurne, ciemne noce

3000 km²

FD – fluorescence detectors
(detektor fluorescencji)

7000 km² sr yr ($\theta < 60^\circ$)

SA – surface array
(aparatura wielkopękowa)

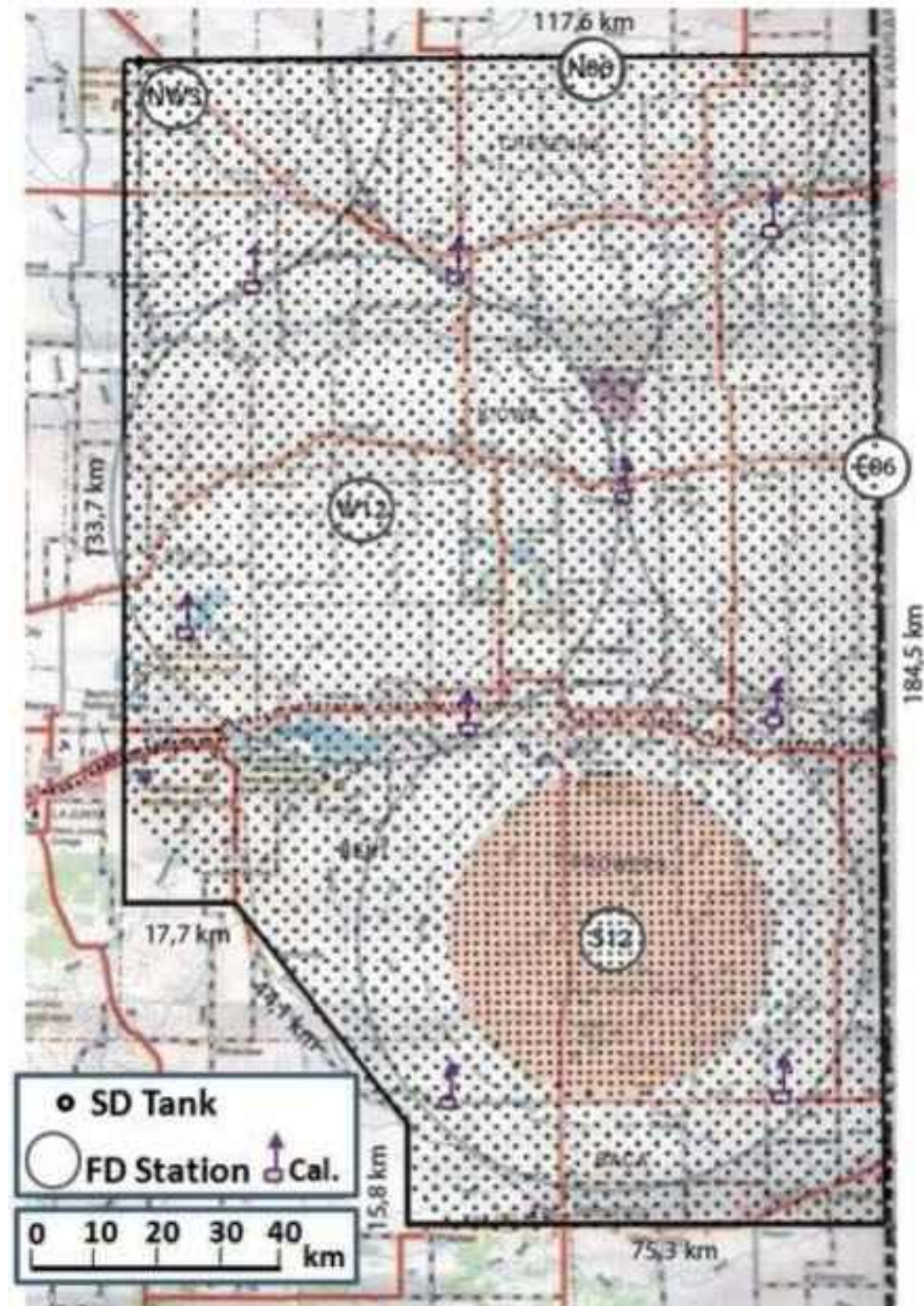
Auger North 20500 km²

północna półkula

$$E_{CR} > 3 \cdot 10^{19} \text{ eV}$$

przewidywane 175 WPA/rok
($E > 5.5 \cdot 10^{19} \text{ eV}$)

początek: 2011/2012



Auger North 20500 km²

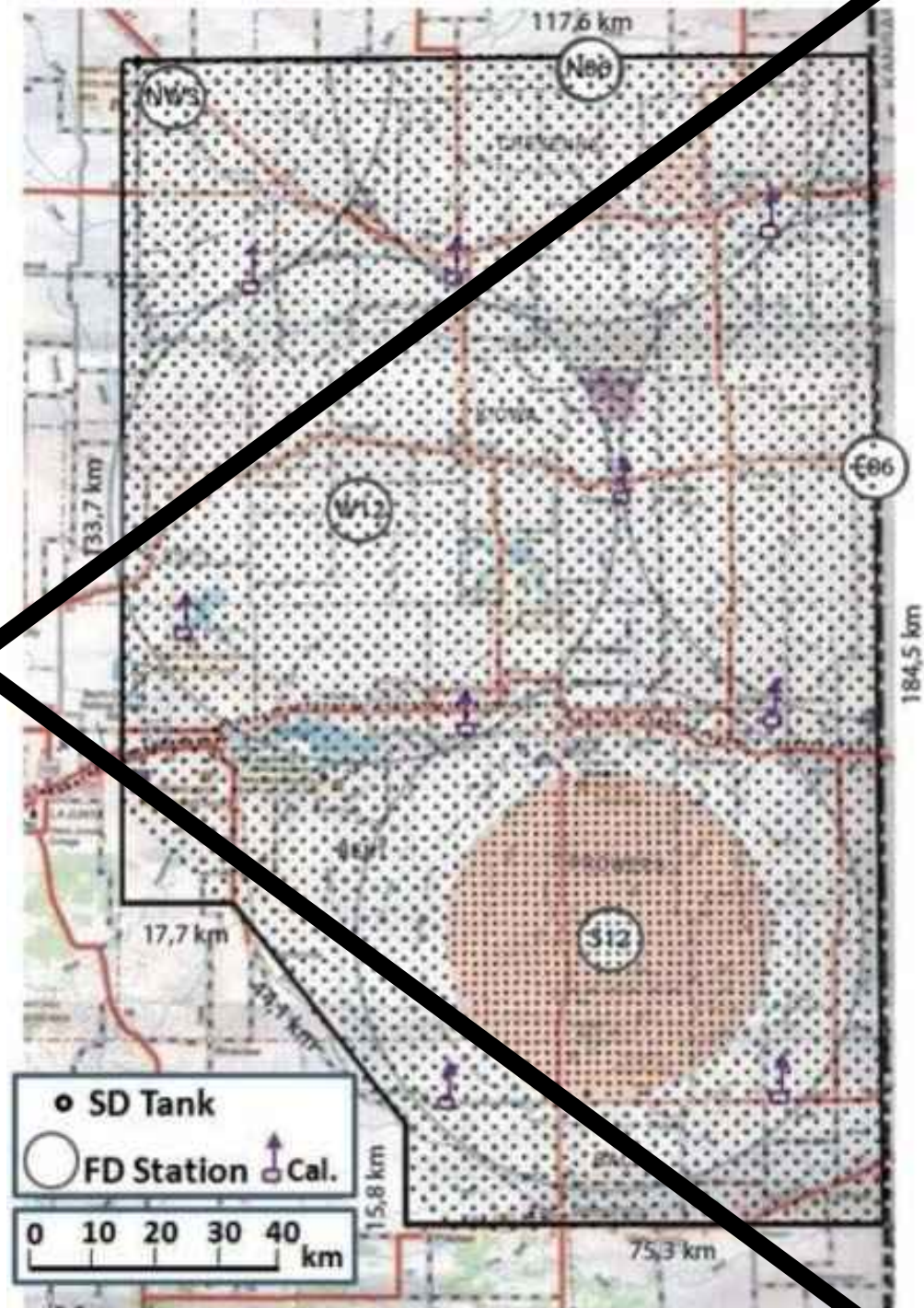
północna półkula

$$E_{CR} > 3 \cdot 10^{19} \text{ eV}$$

przewidywane 175 WPA/rok
($E > 5.5 \cdot 10^{19} \text{ eV}$)

początek: 2011/2012

J.L.Harton, 31st ICRC



**Prowadzone badania z powierzchni Ziemi
(w tym PAO – największy detektor)
sugerują, że potrzeba większej ekspozycji (statystyki/ CG),
aby umożliwić doświadczalne rozwiązanie problemów
poprzez:**

- **Pomiary widma energii (obcięcie GZK)**
- **Pomiary mas pierwotnych cząstek
(źródła i obcięcie GZK)**
- **Pomiary kierunków cząstek
(poszukiwanie źródeł punktowych,
izotropia/anizotropia)**

**Taką możliwość dają
obserwacje i pomiary z przestrzeni kosmicznej !!**

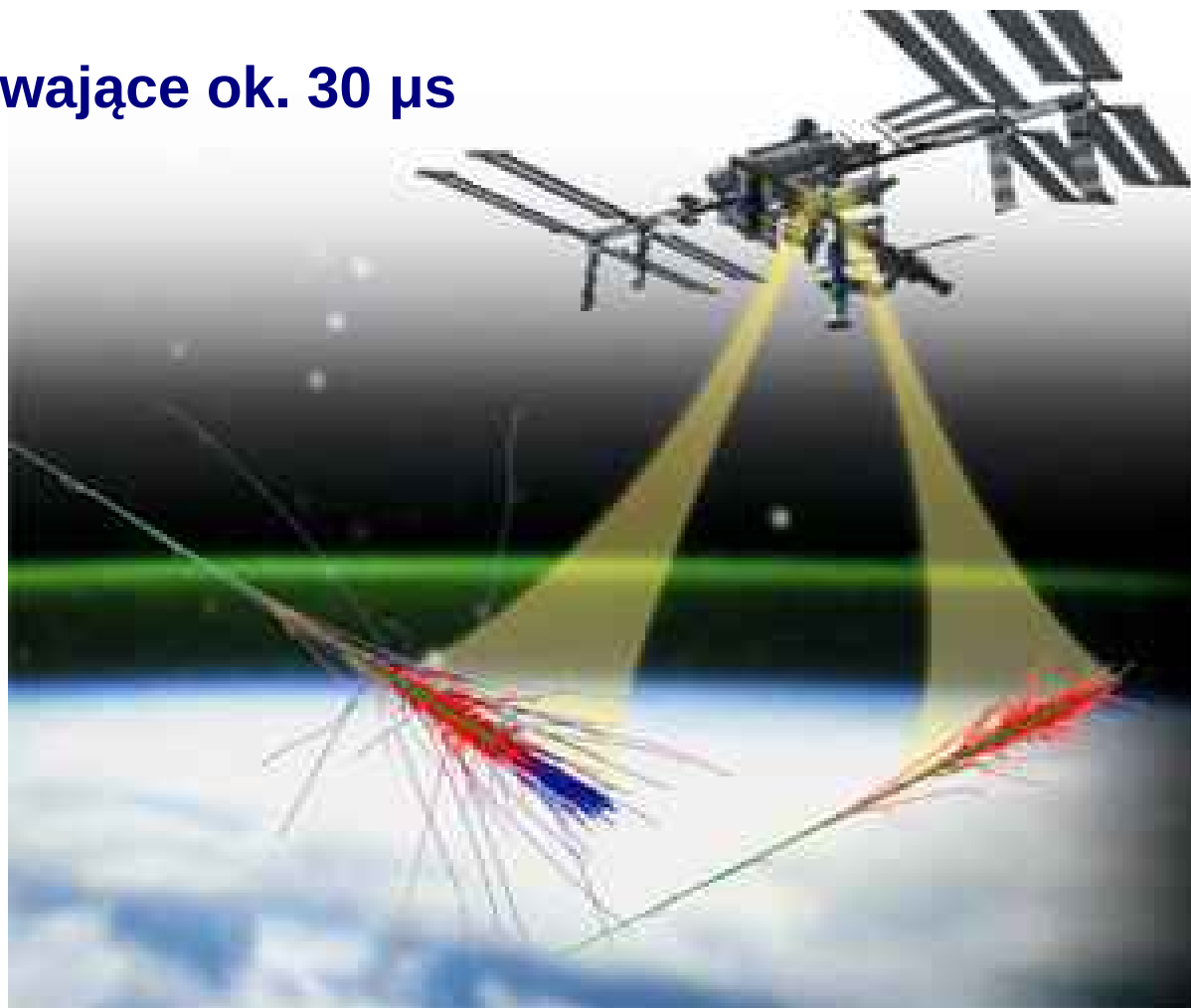
ISS – Międzynarodowa Stacja Kosmiczna– wysokość ok. 400 km

JEM-EUSO: super szybka kamera

400 000 klatek na sekundę

aby „filmować” zjawiska trwające ok. 30 μ s

WPA



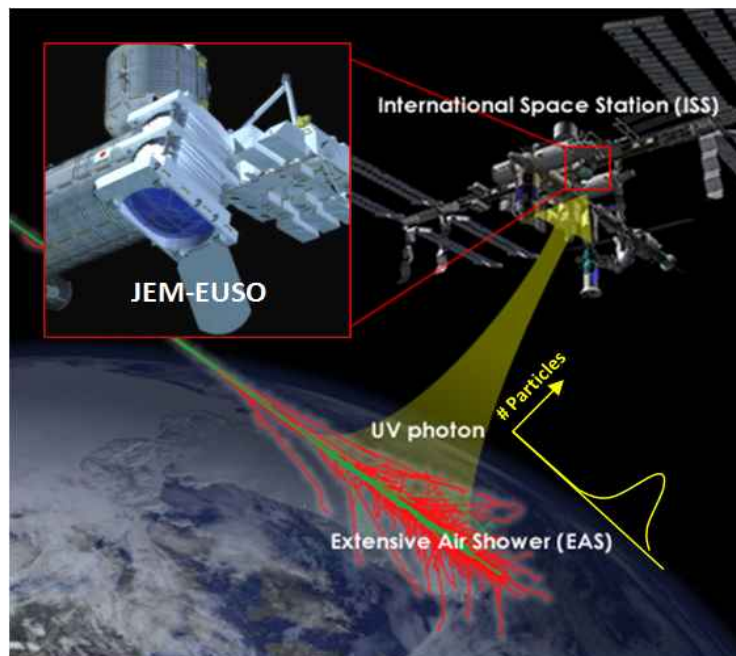
pęk neutrinowy

cząstki WPA wzbudzają N_2 , N_2 emituje światło UV

The JEM-EUSO time synchronization system and EUSO BALLOON Data Processor.

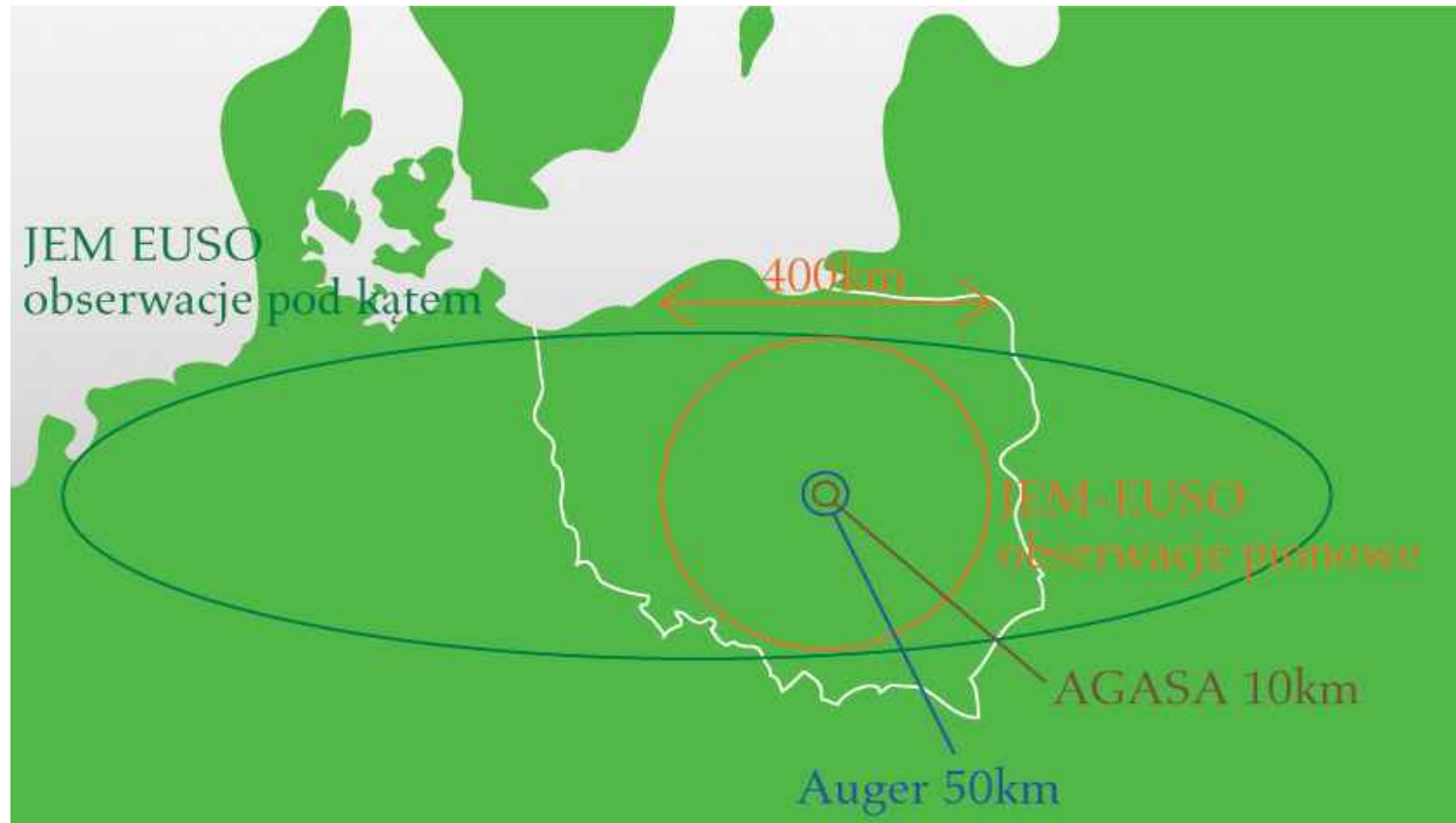
G Osteria and V Scotti for the JEM EUSO Collaboration

JEM-EUSO and its testing version EUSO-Balloon are presented. Diagrams of on board Data Acquisition System, Time Synchronization System, and Data Processing are presented.

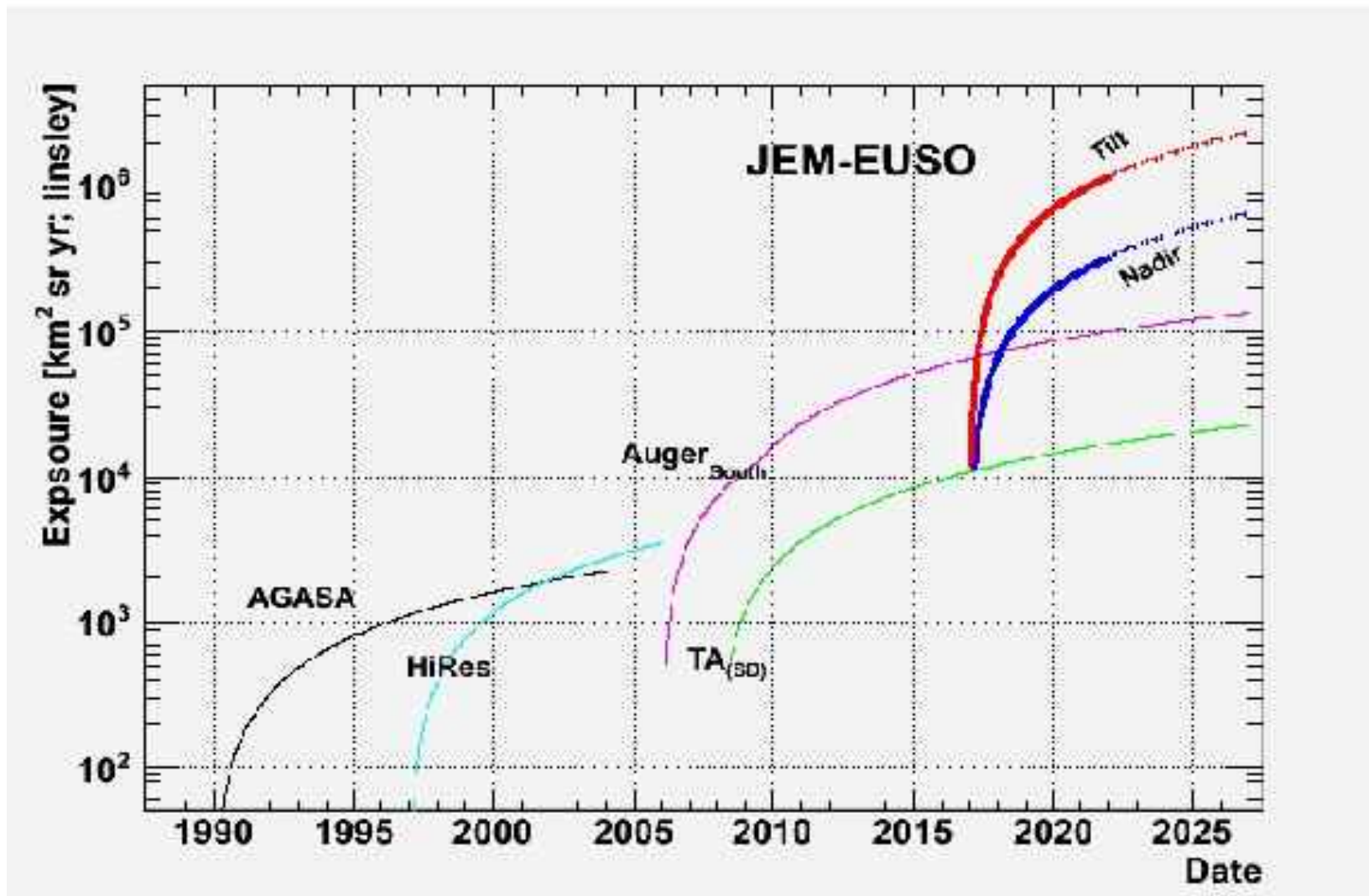


2.5m lens diameter, 2.5 focal surface diameter,
5000 MAPMTs, 300 000 pixels,
single p-e counting,
2.5 μ sec time step (400 000 frames/sec)
2 tonnes, 60° FOV opening angle,
400km diameter of monitored atmosphere,
(500m x 500m angular resolution),
 $2 \cdot 10^{15}$ kg as neutrino target in FOV,
expected from all sky directions:
>1800 EAS events with $E > 7E19eV$,
>450 EAS events $E > 1E20eV$

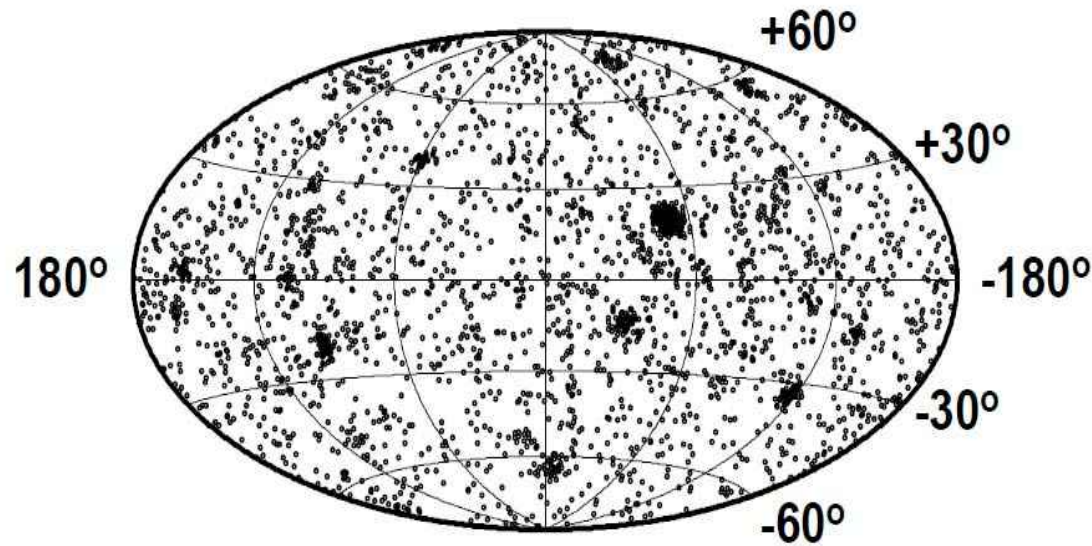
JEM-EUSO: obserwowane obszary („nadir” i „tilt”)



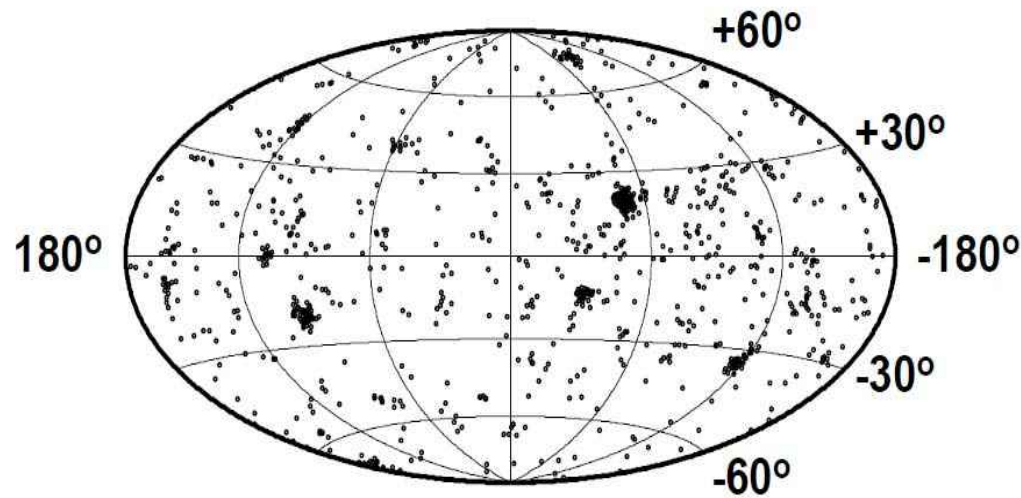
Porównanie ekspozycji



Symulacje zakładające, że AGNs są źródłami PK



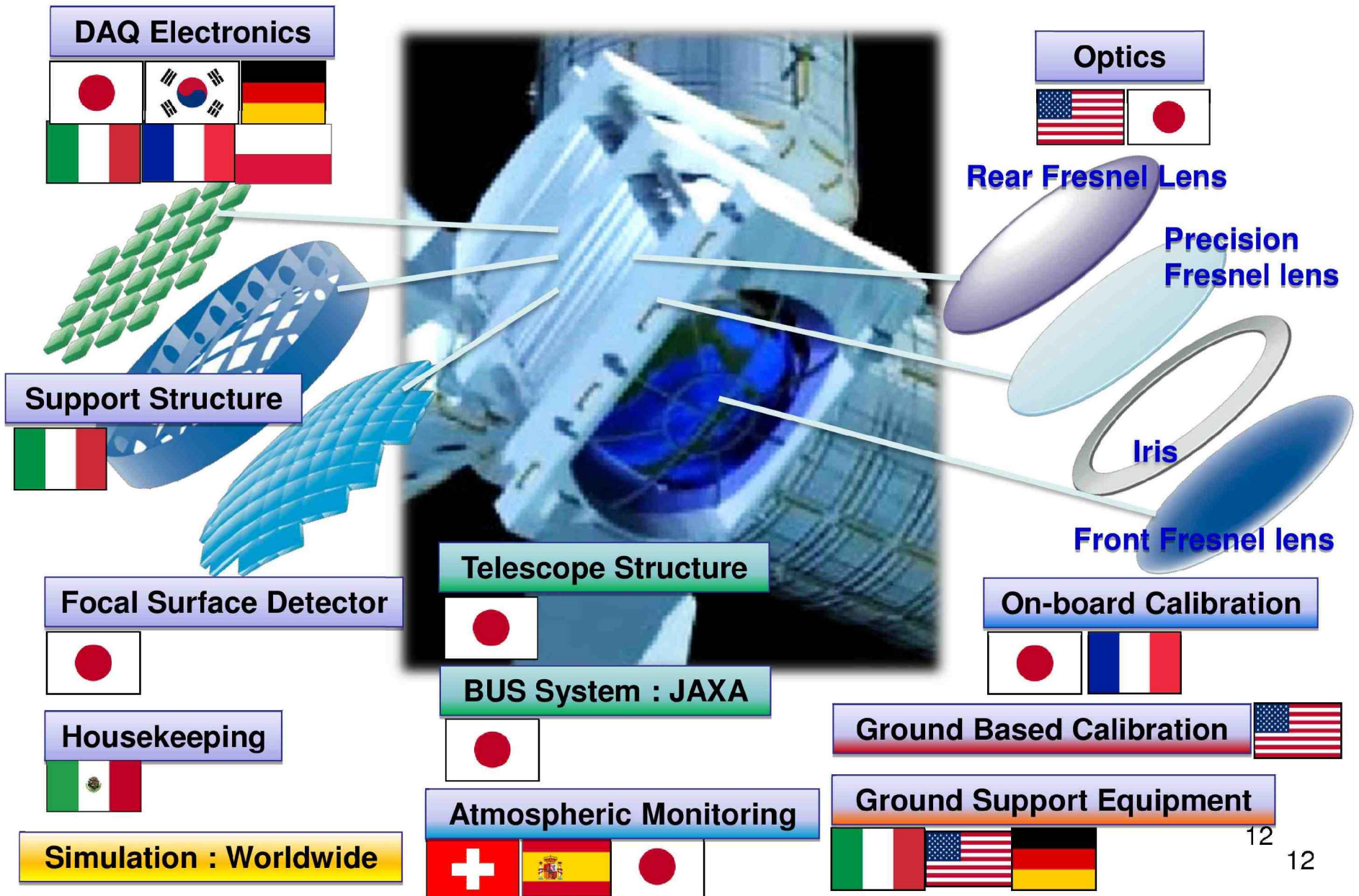
3000 przypadków
 $E > 5 \cdot 10^{19} \text{ eV}$



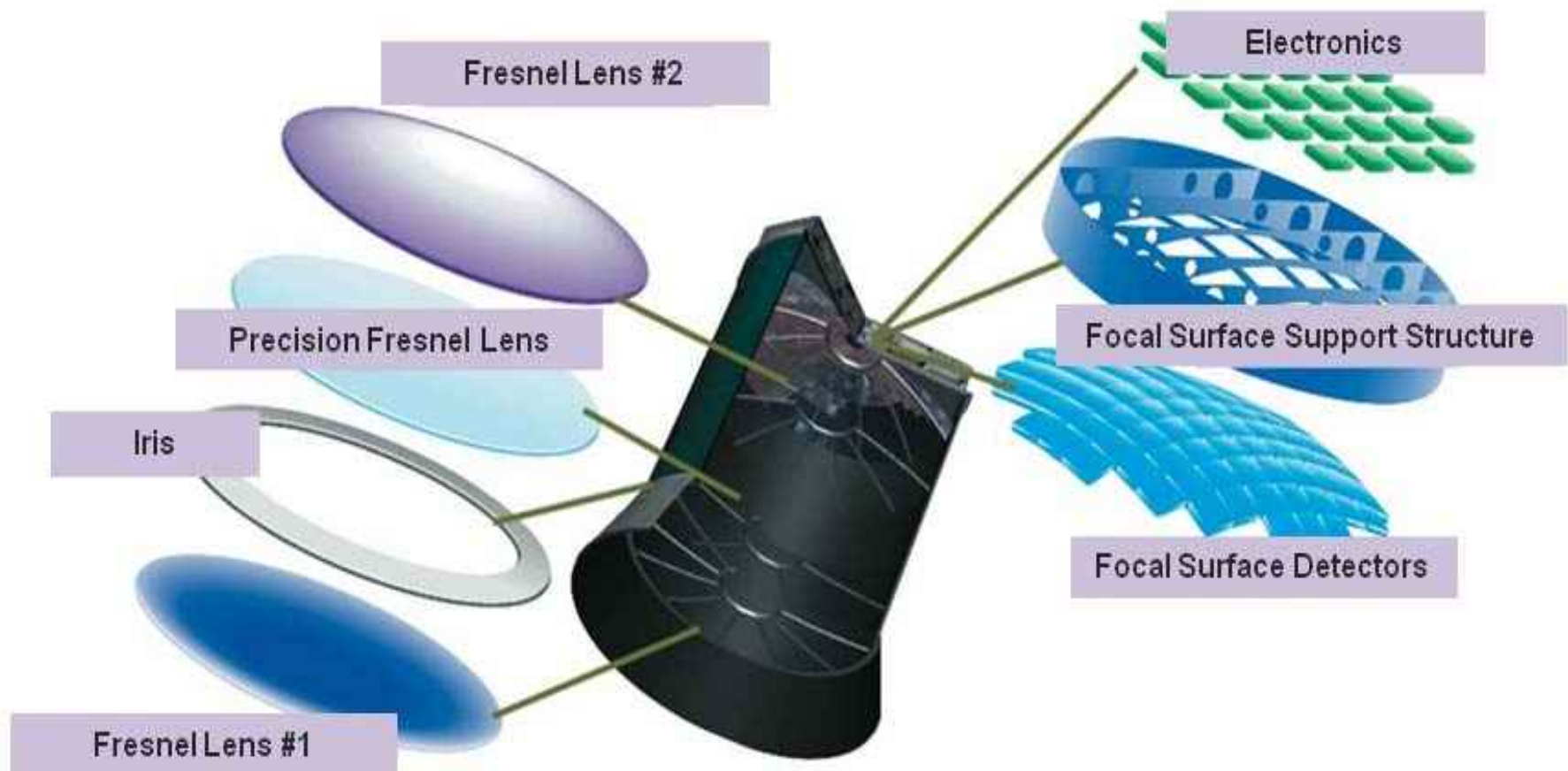
1000 przypadków
 $E > 7 \cdot 10^{19} \text{ eV}$

astronomia cząstek ?

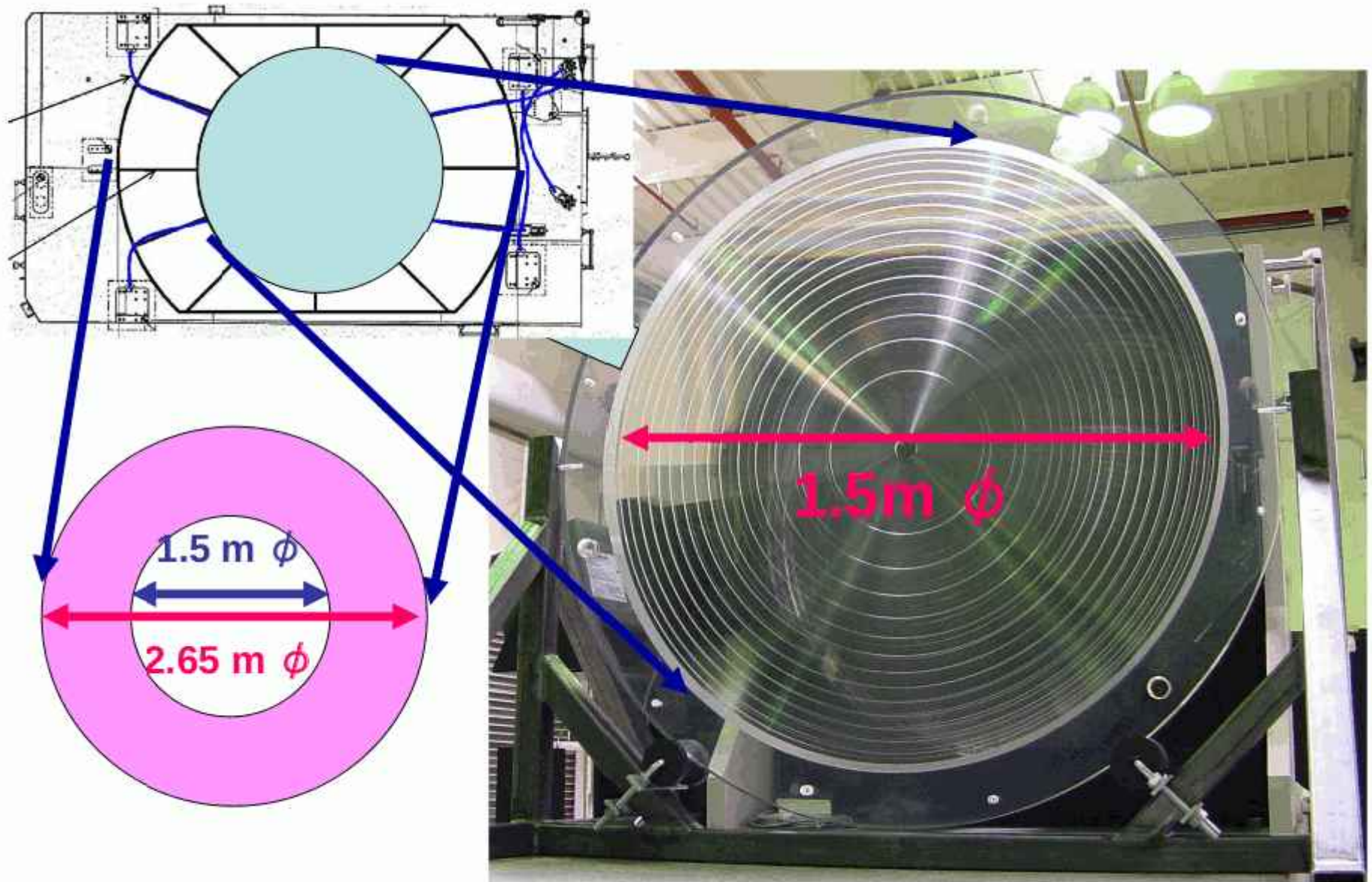
Elementy JEM-EUSO i podział zadań



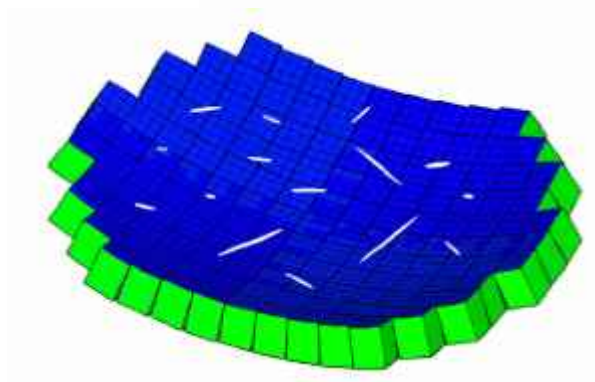
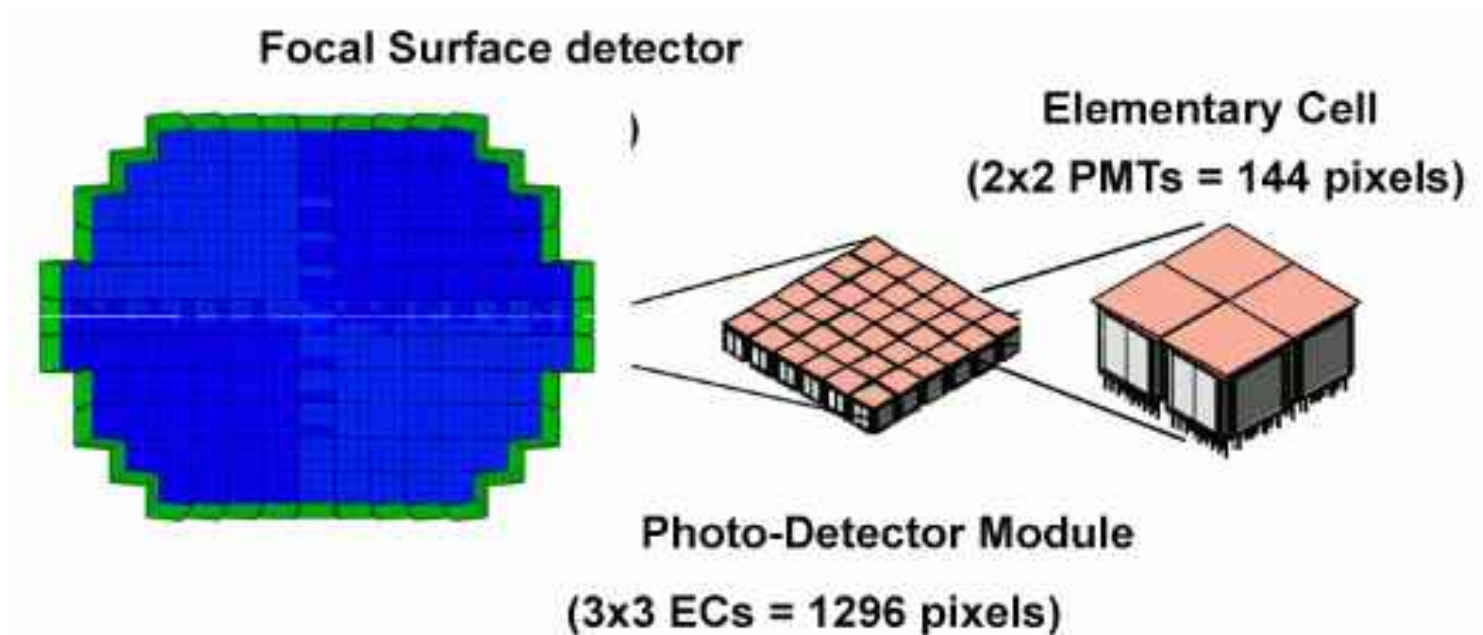
system optyczny – średnica ok. 2.4 m



Soczewki Fresnela



wieloanodowe fotopowielacze układ na powierzchni ogniskowej



FC – Focal Surface = 144 PDM
PDM – Photo-Detector Module = 36 MAPMTs
MAPMT – multi-anode photomultiplier
= 64 pikseli
1 piksel = 500m x 500m
na powierzchni ziemi

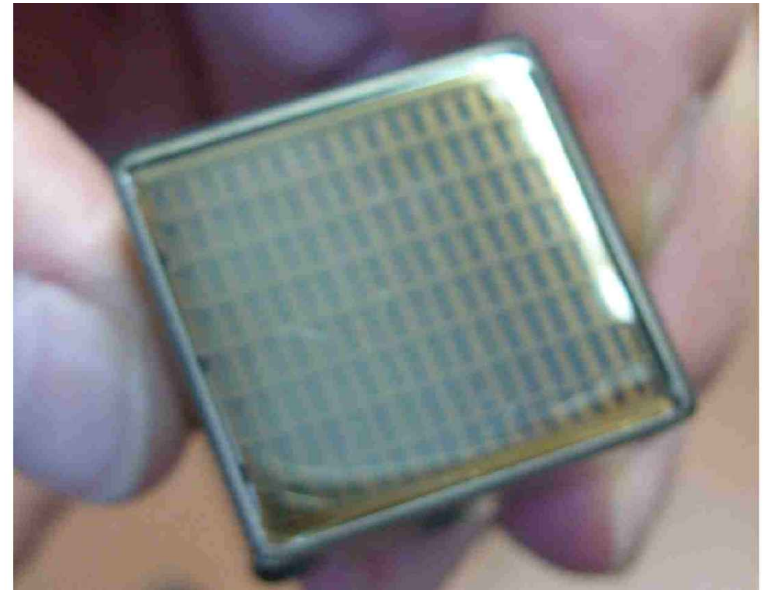
fotopowielacz (PMT)
wieloanodowy fotopowielacz (MAPMT)

foton \rightarrow foto-elektron $\rightarrow 10^6$ elektronów (anoda)



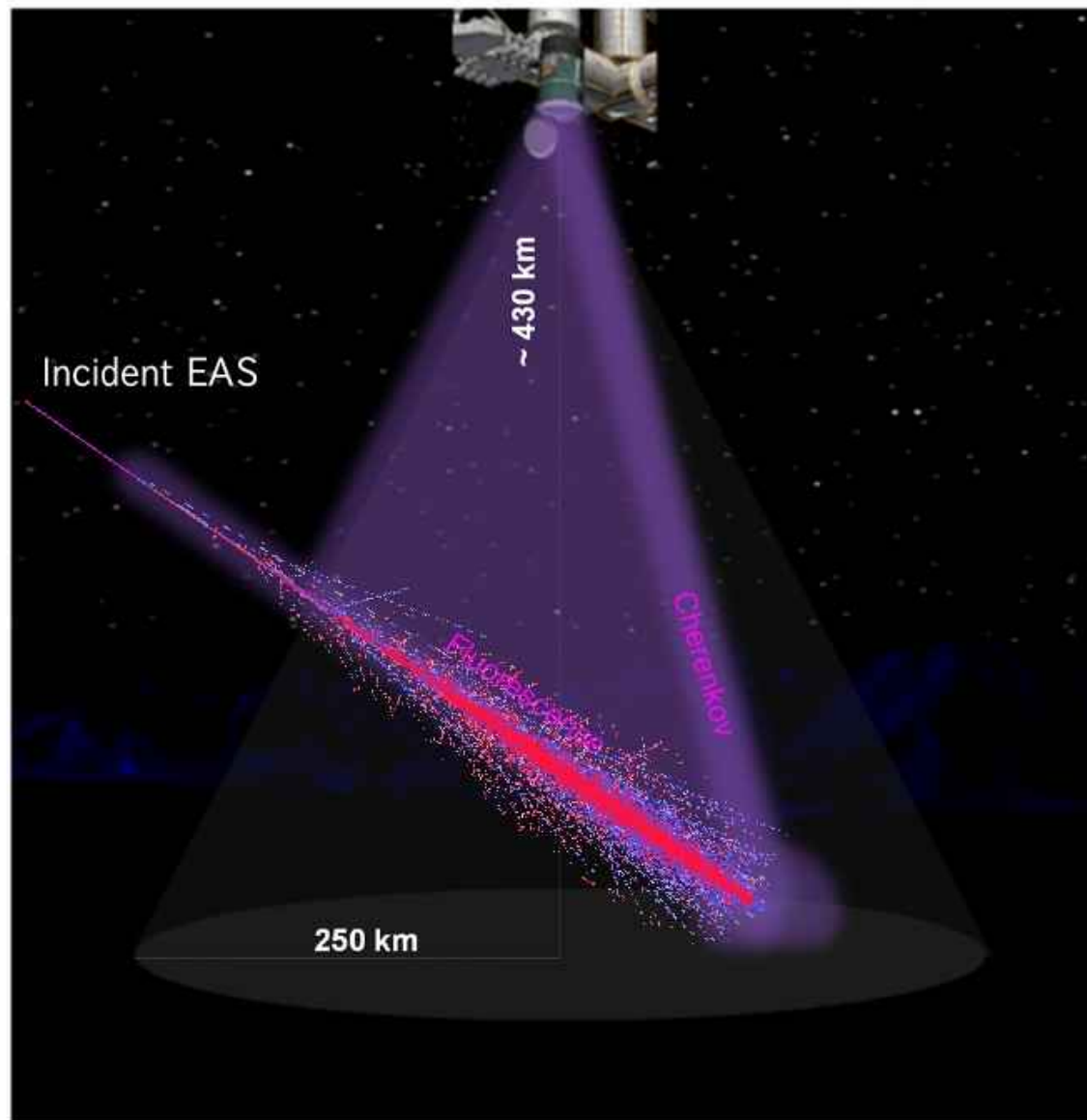
36 anodowy MAMPT

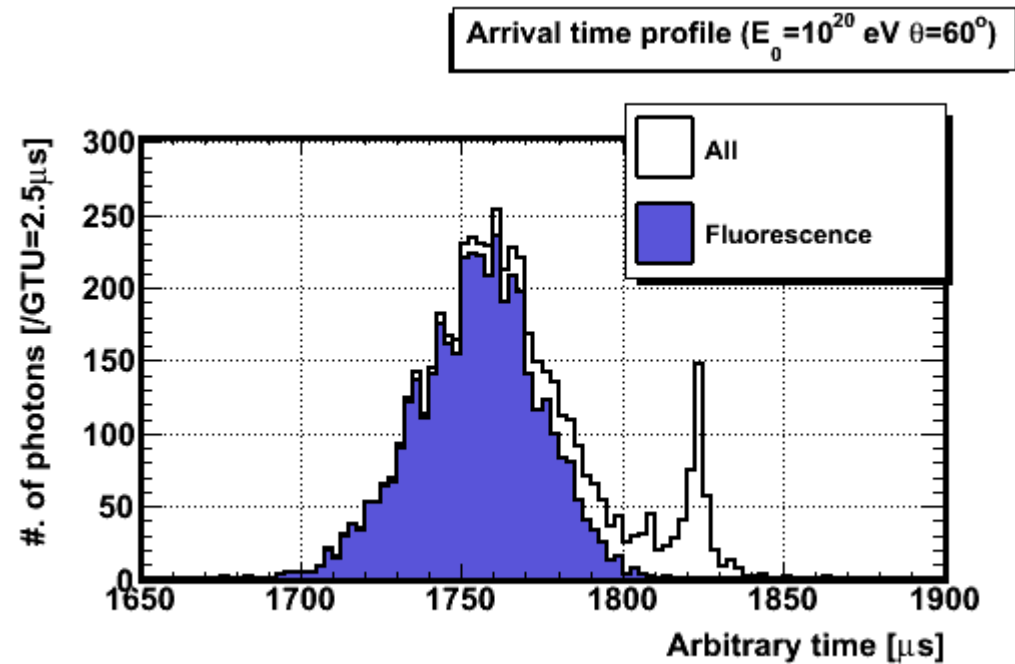
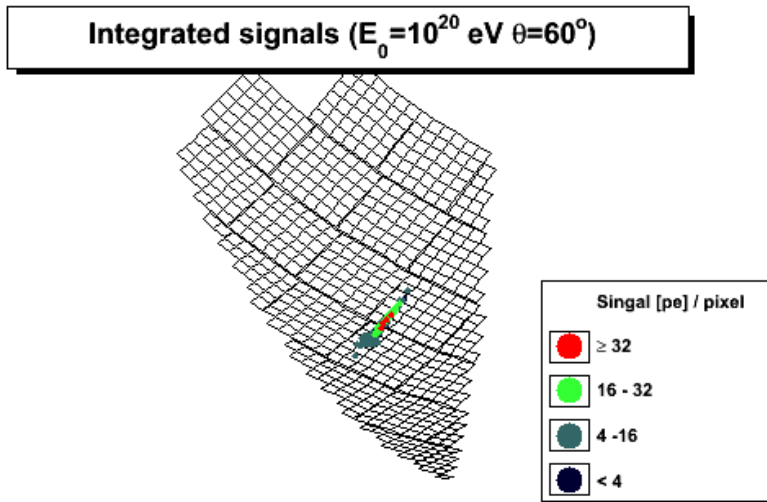
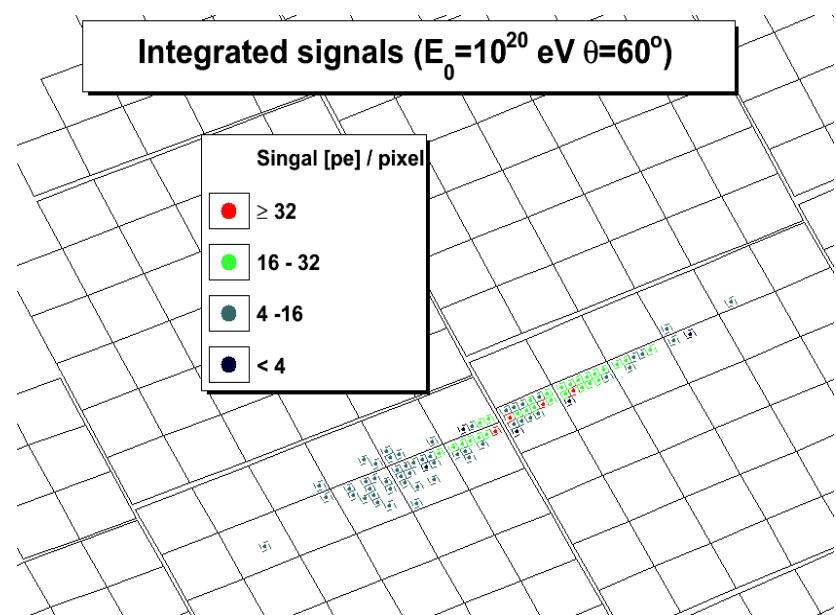
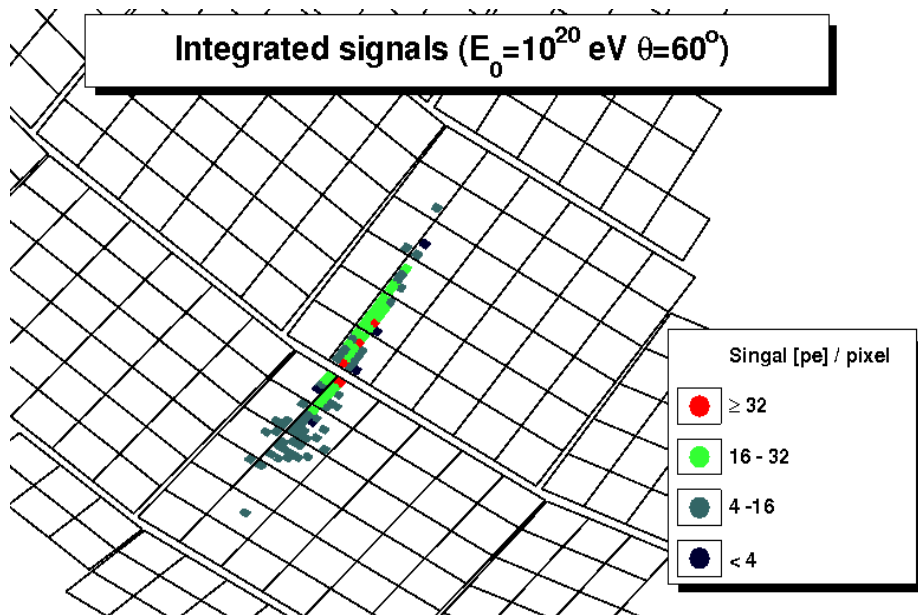
Nowe MAPMT – M64 – 64 anody (piksele)



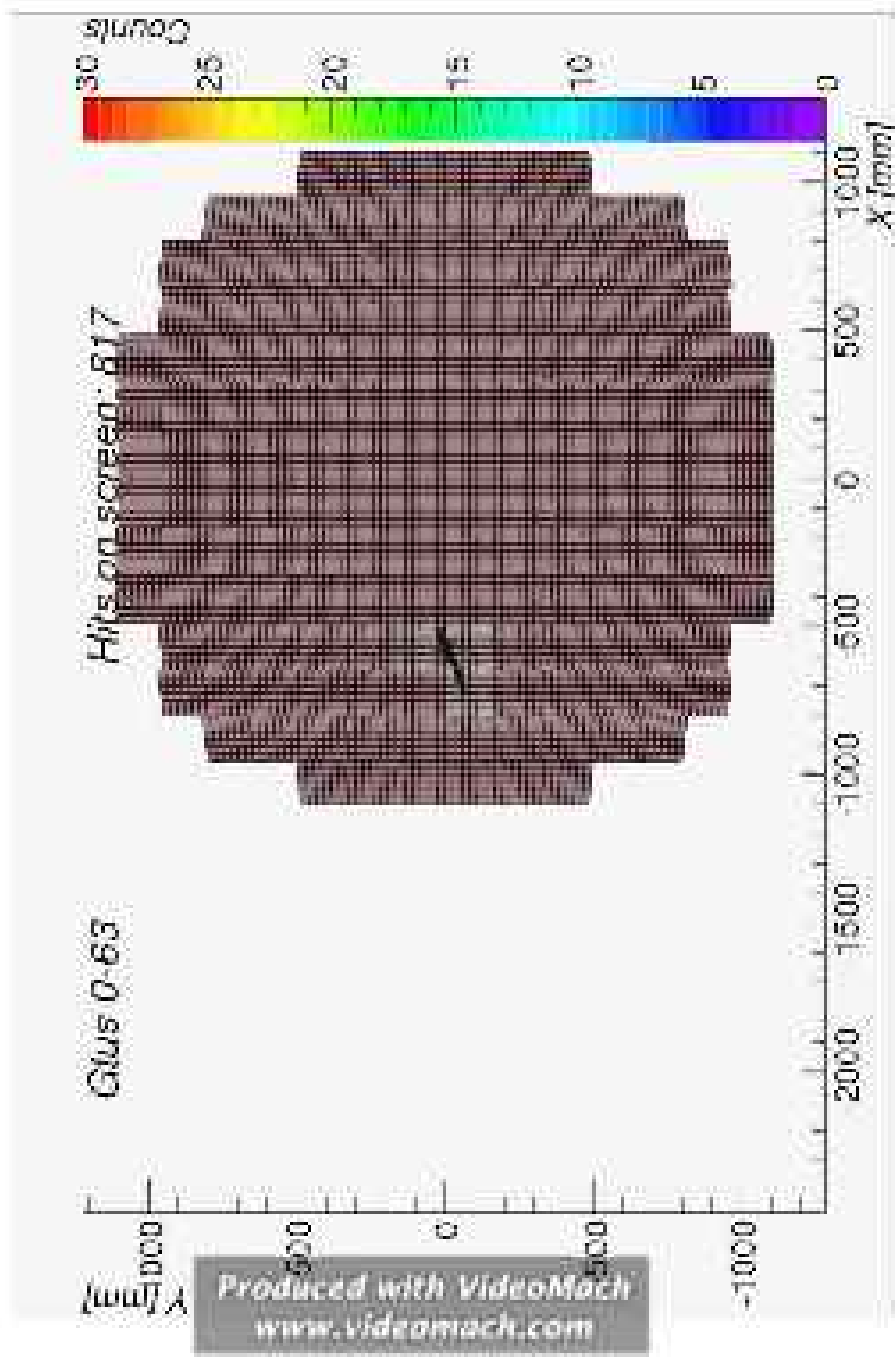
JEM-EUSO Observational Approach

**Kamera TPC
(projekcja czasowa)**



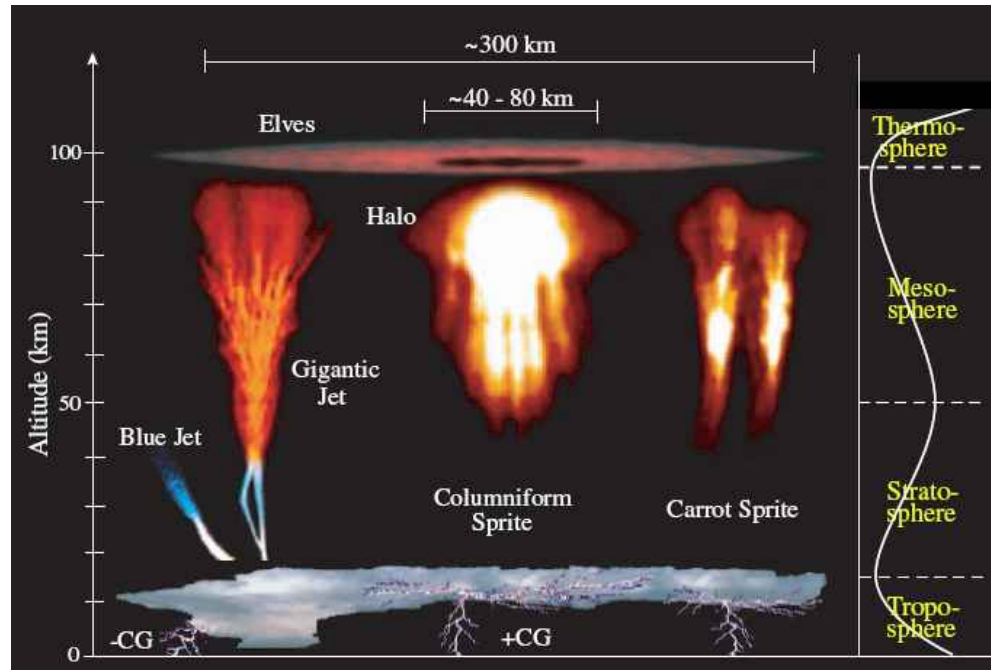


K. Bittermann, KC-Tü



TLE – transient luminous events

Wyładowania atmosferyczne w otwartą przestrzeń



Takie zjawiska trwają 0.5 – 10 milisek

(1 milisek = 400 GTU)

i są niezwykle jasne dla detektorów JEM-EUSO

(grożą uszkodzeniem i zmniejszają czas życia PMT)

80 ms

alt. [km]

90

80

70

60

18 Aug 1999, 05:44:59 UT

University of Alaska CI

1000 fps HSI

Wyoming Infrared Obs.

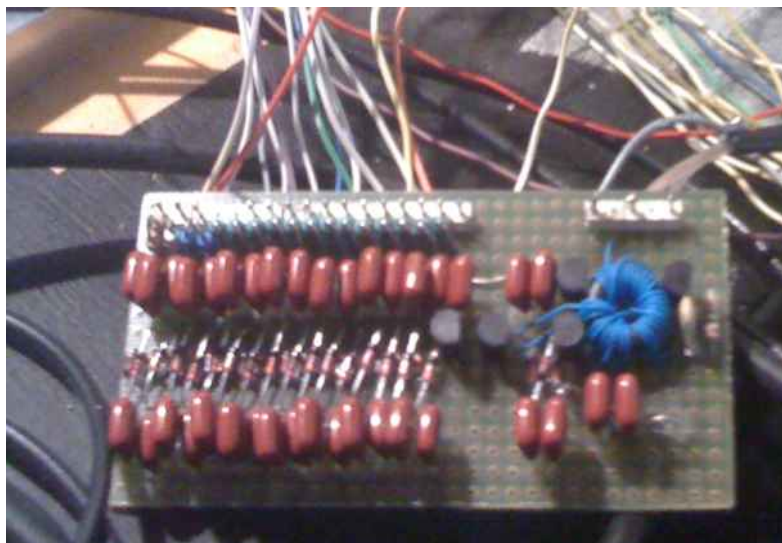
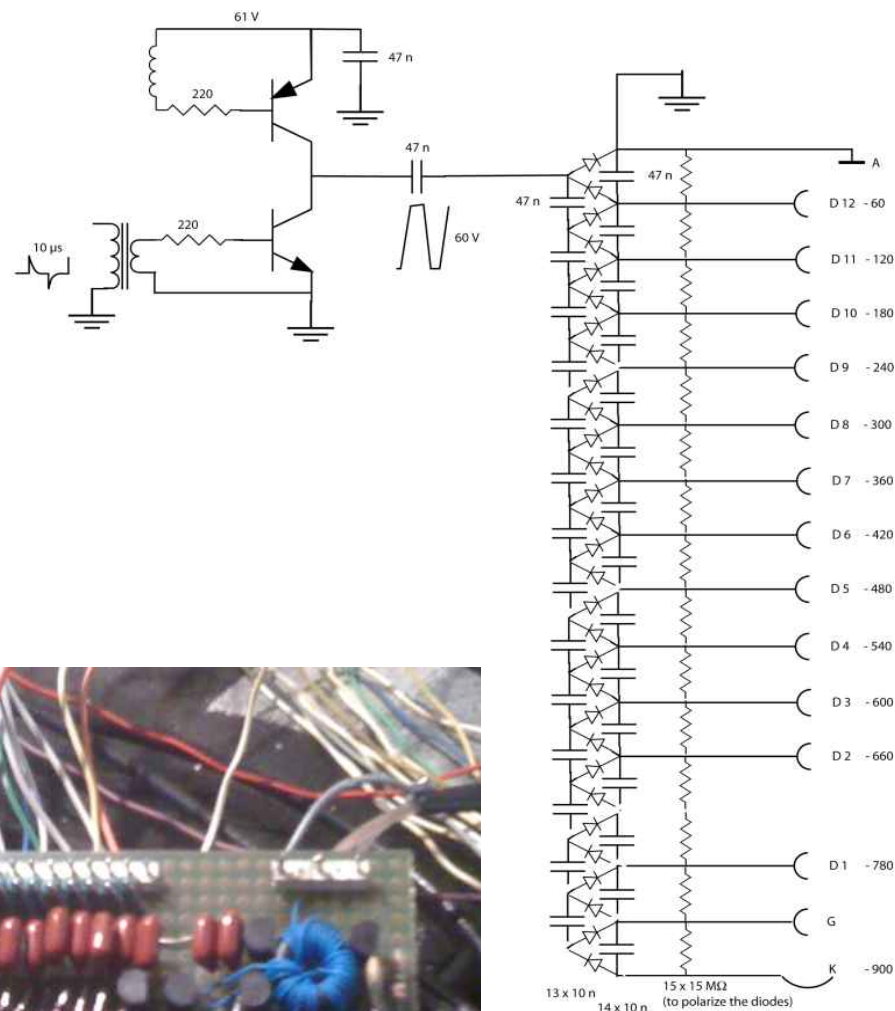
Opracowany, zaprojektowany i wykonany w IPJ w Łodzi Zasilacz wysokiego napięcia (-900 V)

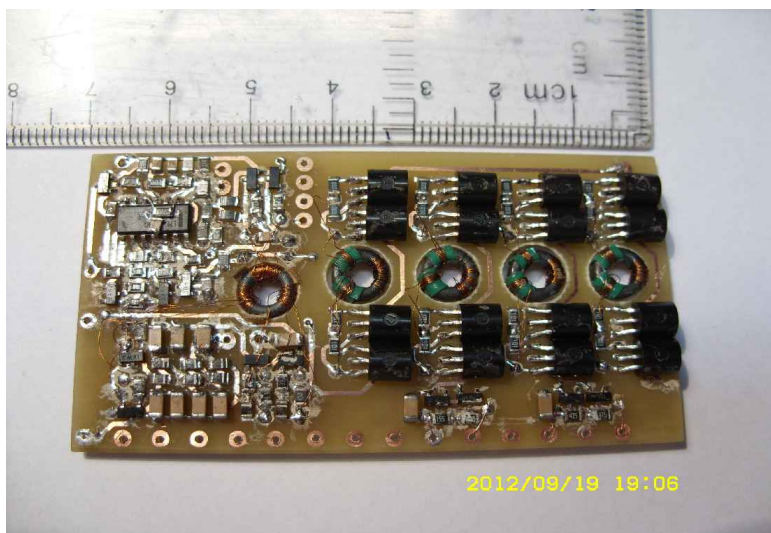
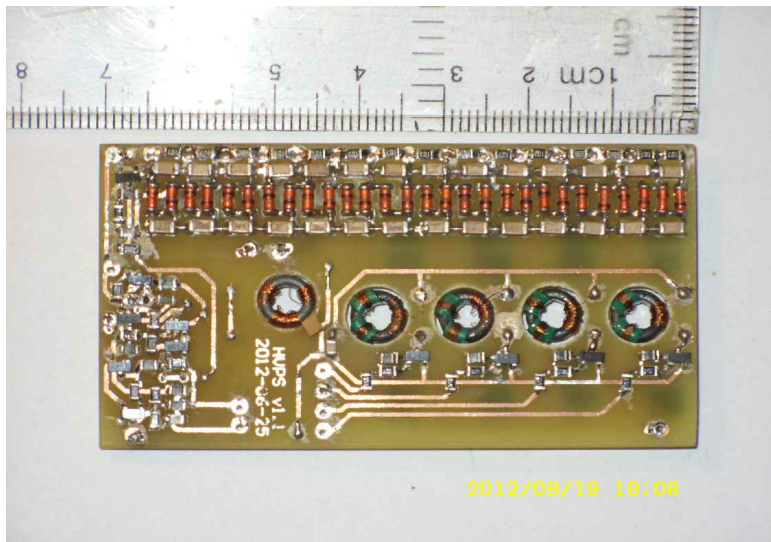
Jeden zasilacz dla 36 MAMPT (PDM)
moc pobierana ok. 40 mW

Każdy fotopowielacz mierzy
ok. $4 \cdot 10^7$ p-e na sekundę

Zasilacze z oporowym dzielnikiem napięcia
dostarczałyby moc ok. 3 kW dla wszystkich
fotopowielaczy – 2 kW ponad limit

Nasze rozwiązanie wymaga 7 W !



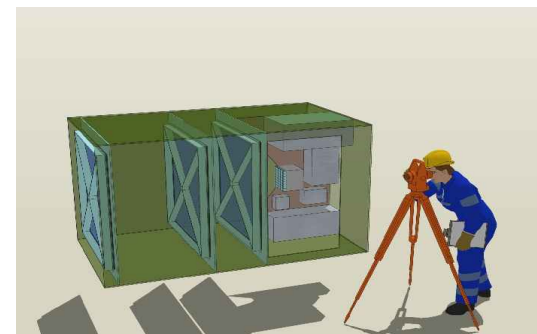




JEM-EUSO

Test JEM-EUSO: EUSO-Balloon

Jednostka pomiarowa JEM-EUSO:
1 PDM (36 fotopowielaczy 64-anodowych)
+ nowa, specjalna optyka,
laser, kamera IR

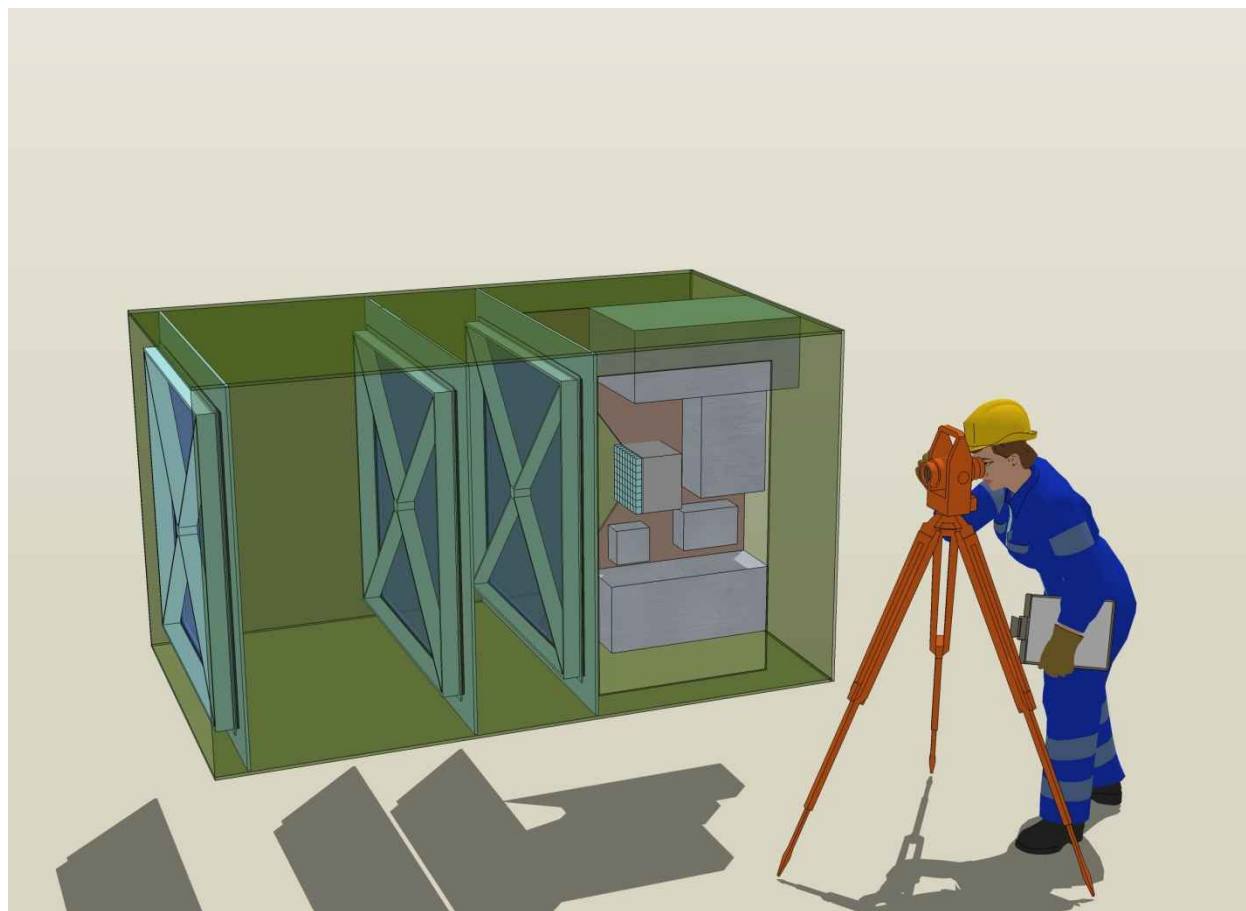


Cele:

- demonstracja metody i techniki pomiarowej
- pełny test modułu JEM-EUSO
- test układów PDM, ASIC, trigger, HV przełączniki i zasilanie w warunkach prawie kosmicznych (znacznie gorszych)

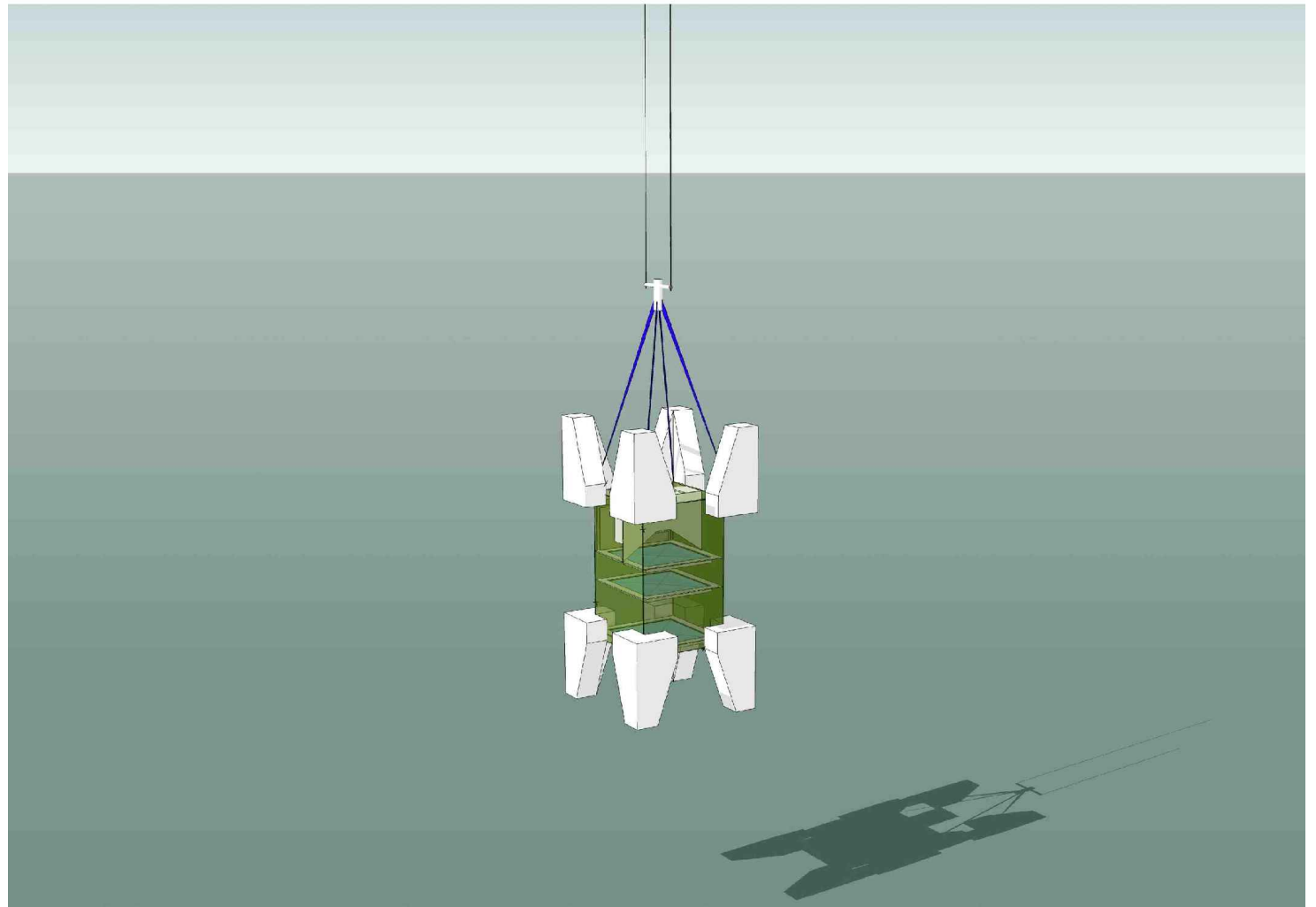
**Pomiar kilku/kilkunastu WPA („z góry”)
+ testowy pomiar tła UV**

EUSO-Balloon - teleskop



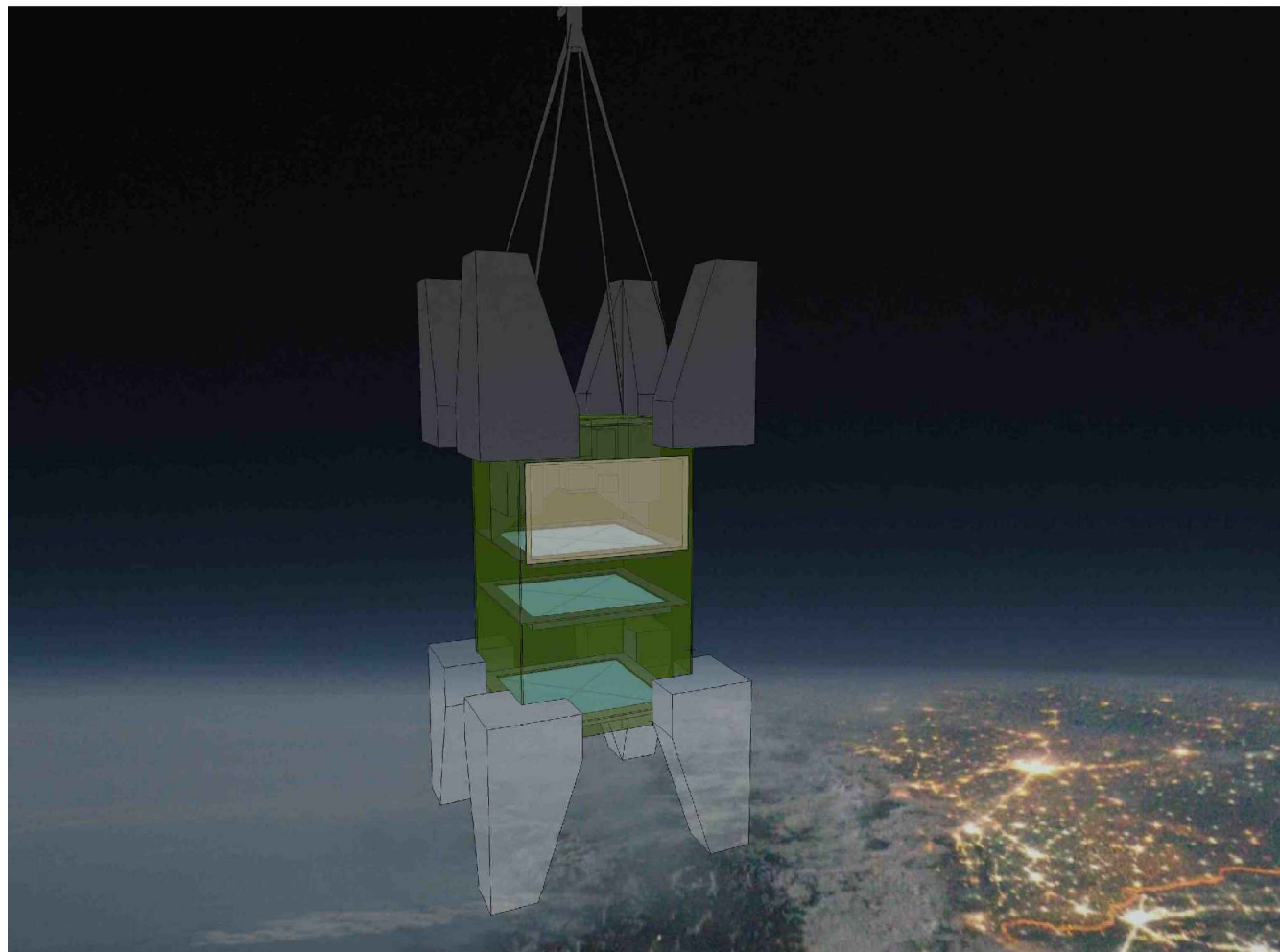
NCBJ – Łódź: układy HV: zasilacze i przełączniki

EUSO-Balloon – teleskop - gondola



EUSO-Balloon – teleskop

wysokość 40 km



EUSO-Balloon



Pierwszy lot: wiosną 2014 z Kiruny (Szwecja)

EUSO TA – test w Utah – Telescope Array

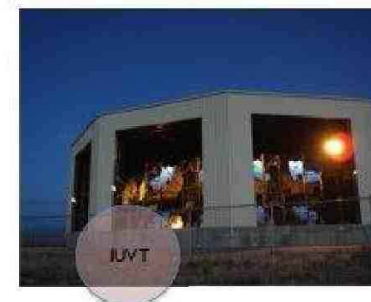
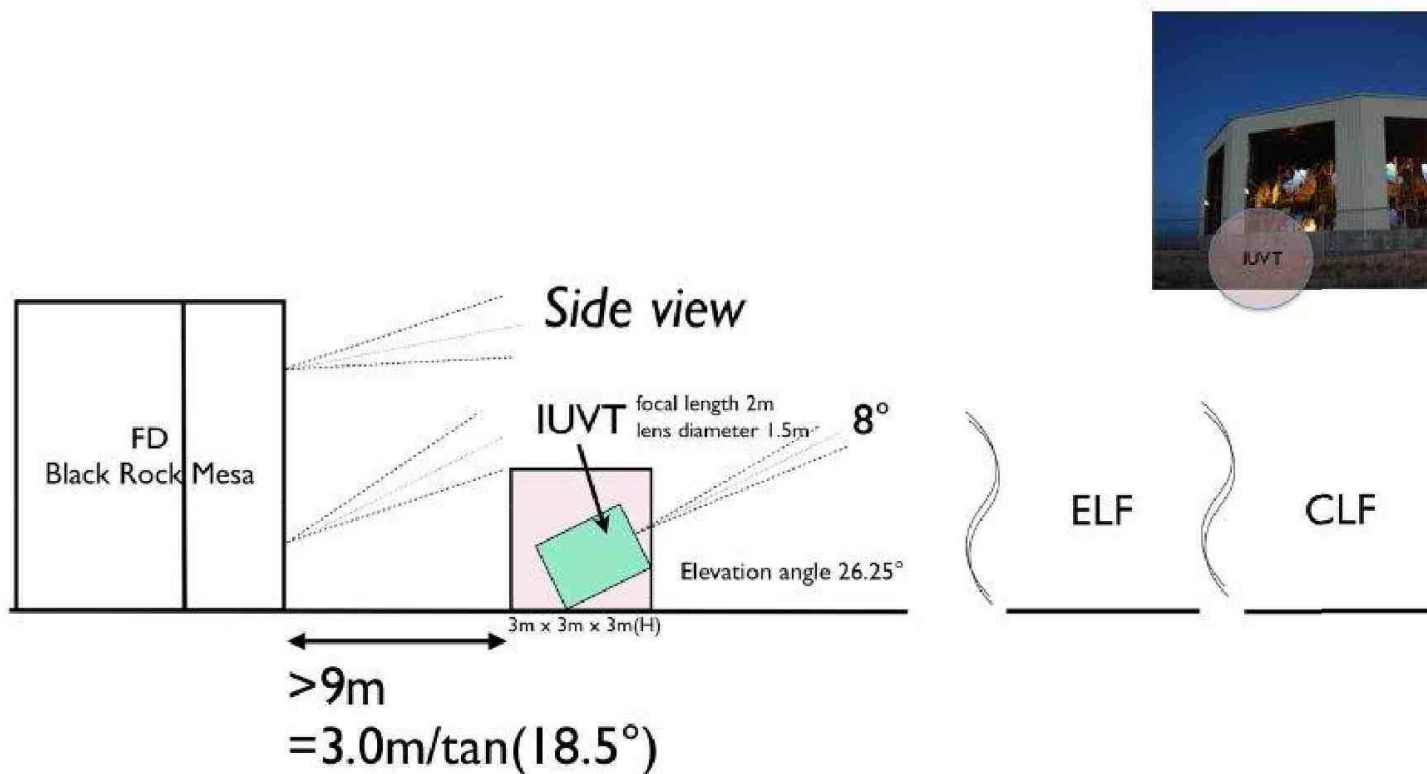
Główne cele/zadania testu:

- Kalibracja poprzez porównanie z FD TA (dla pomiaru tła, NSB – night sky background),
- Zapis danych z błysków lidara i wiązki elektronowej – absolutna kalibracja
- Pomiar kilku WPA w koincydencji z TA.

Planowane są podobne testy z PAO

EUSO TA – test w Utah – Telescope Array

Setup position



Podobnie jak EUSO-Balloon: 36 MAPMT (PDM) i podobna optyka

NCBJ-Łódź: dostarczamy układy wysokiego napięcia (?)

Outline of JEM Exposure Facility

