Badanie promieni kosmicznych oraz astrofizycznych neutrin – eksperymenty Pierre Auger i Baikal-GVD

Jarosław Stasielak
IFJ PAN

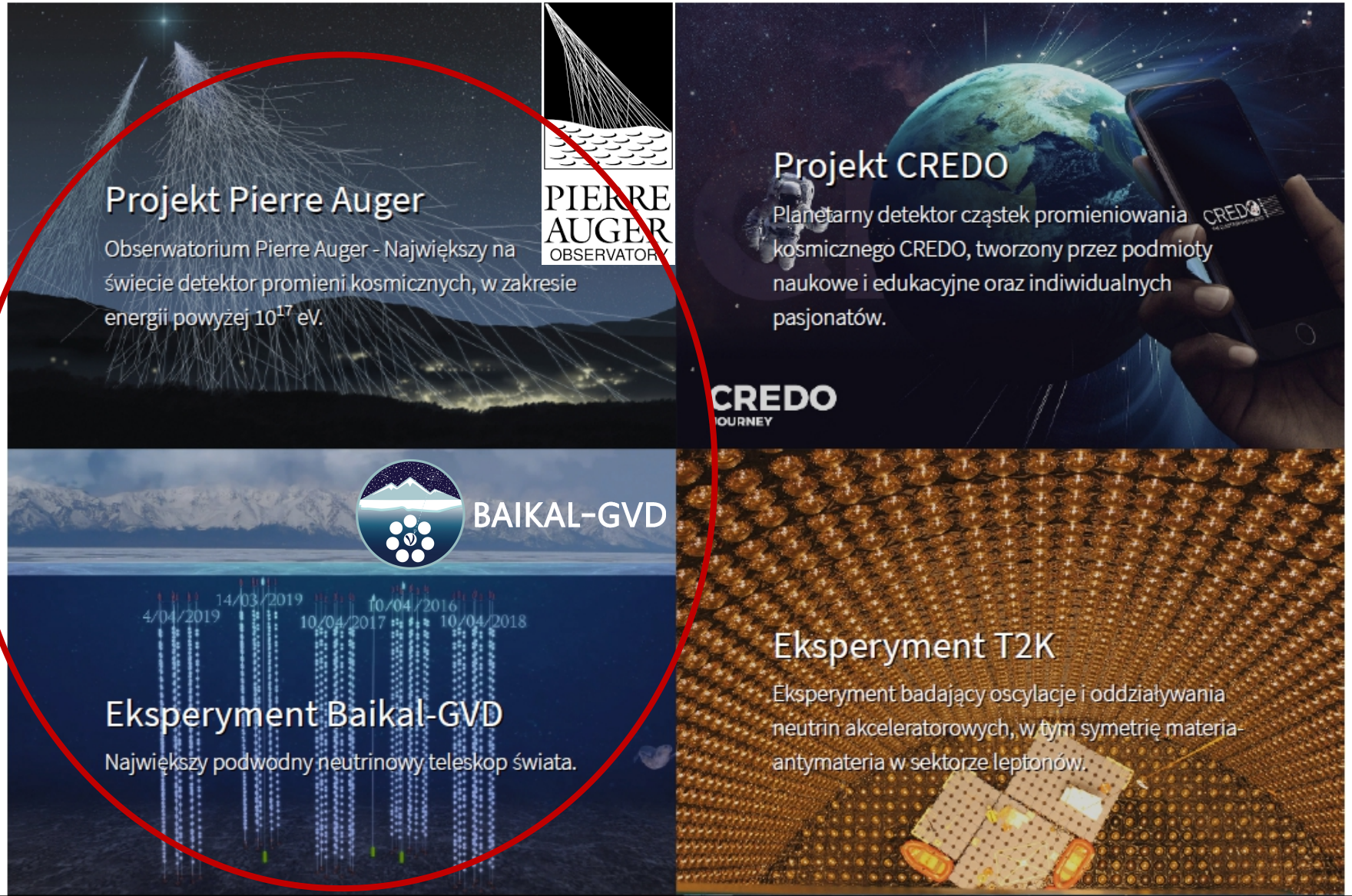
PIERRE AUGER OBSERVATORY

BAIKAL-GVD

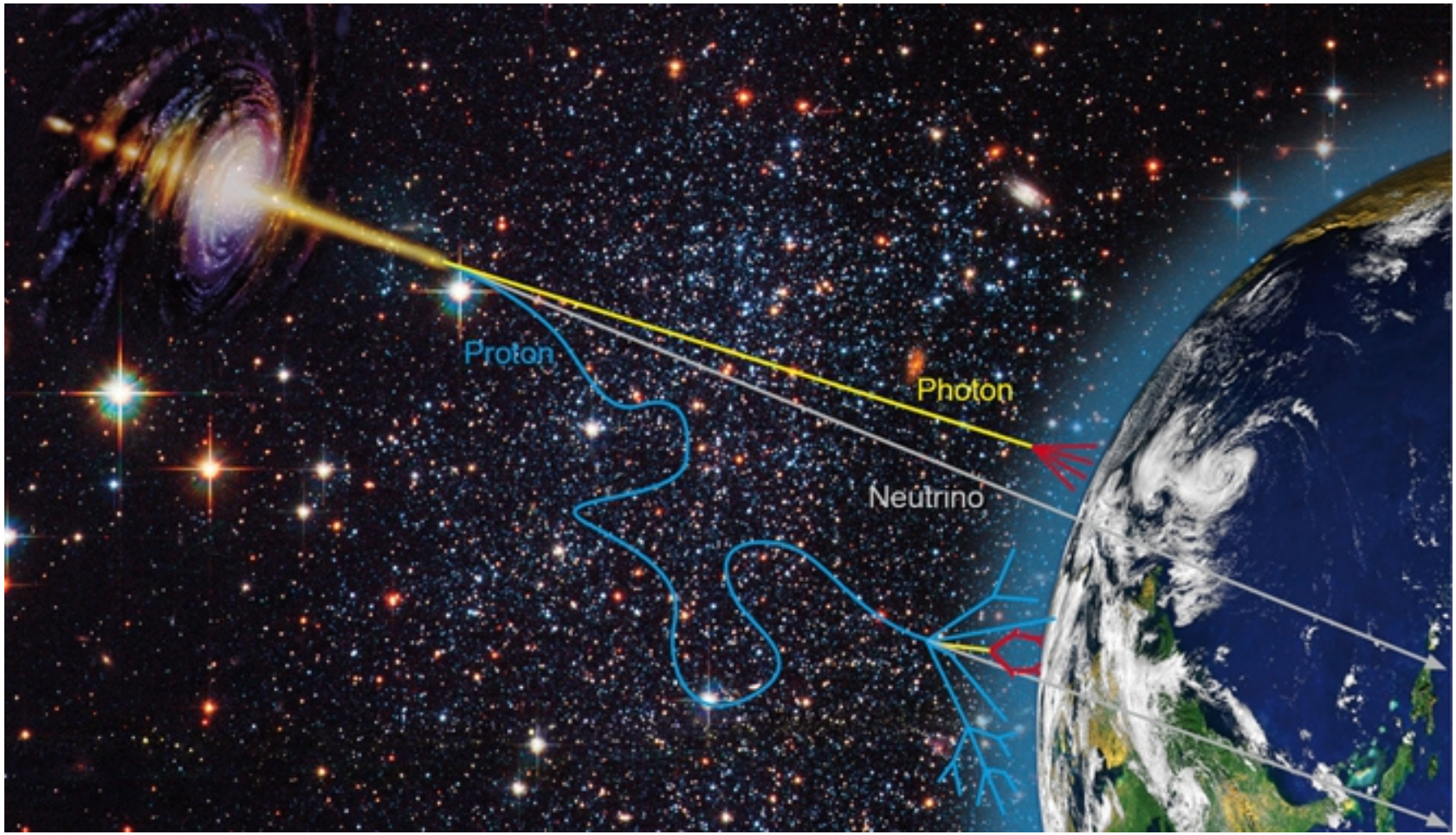
INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Dzień Otwarty IFJ PAN, 18 czerwca 2021

Zakład Promieni Kosmicznych i Neutrin (NZ15)



Kosmiczni posłańcy



- Eksperymenty Pierre Auger i Baikal-GVD polegają na obserwacji "kosmicznych posłańców", jakimi są promienie kosmiczne najwyższych energii oraz neutrina emitowane przez różne obiekty astrofizyczne.
- Pozwala to na badanie najgwałtowniejszych zjawisk zachodzących we Wszechświecie.

Obserwatorium Pierre Auger

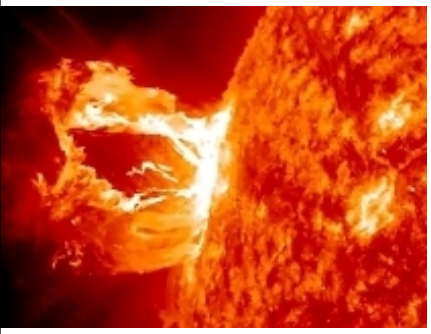
...

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

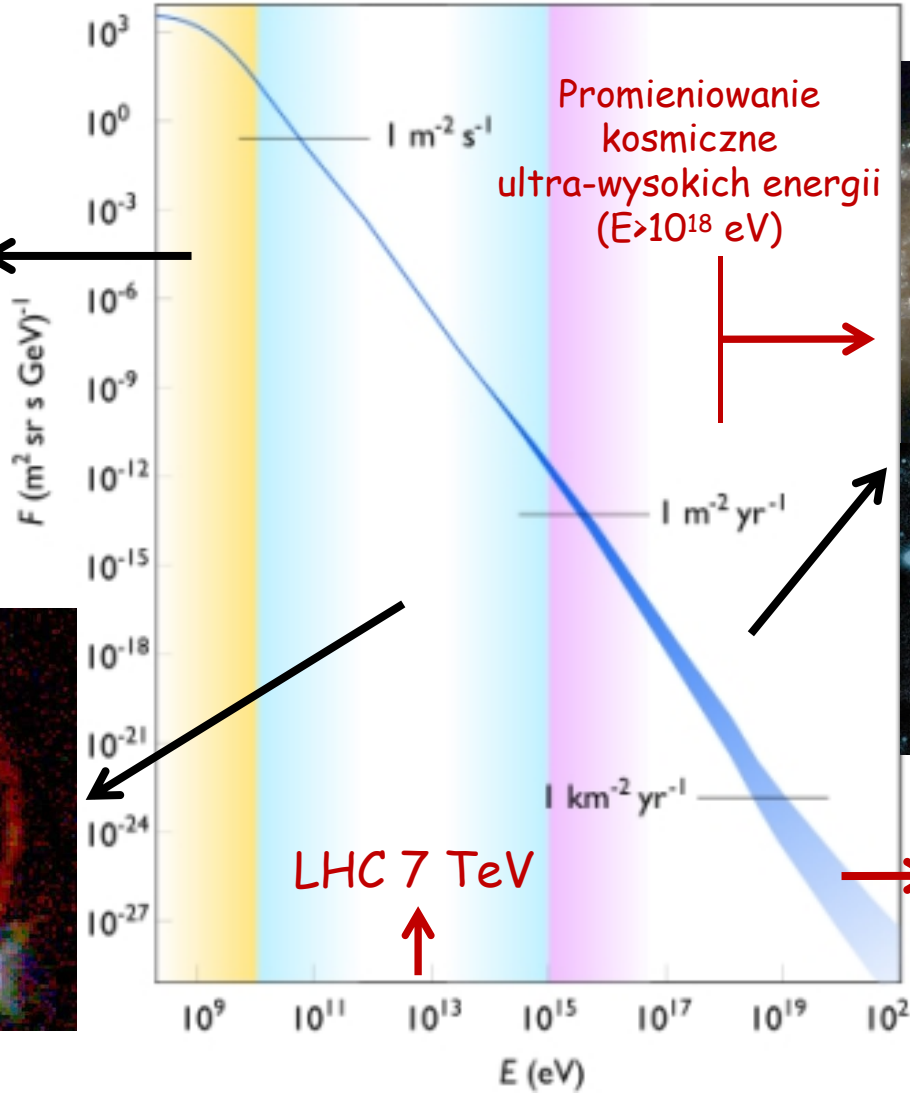
PIERRE AUGER OBSERVATORY

„Promienie kosmiczne" - cząstki przybywające do Ziemi z głębi Kosmosu
(protony, jądra atomów, neutrina, fotony, neutrony)

Słońce



supernowe



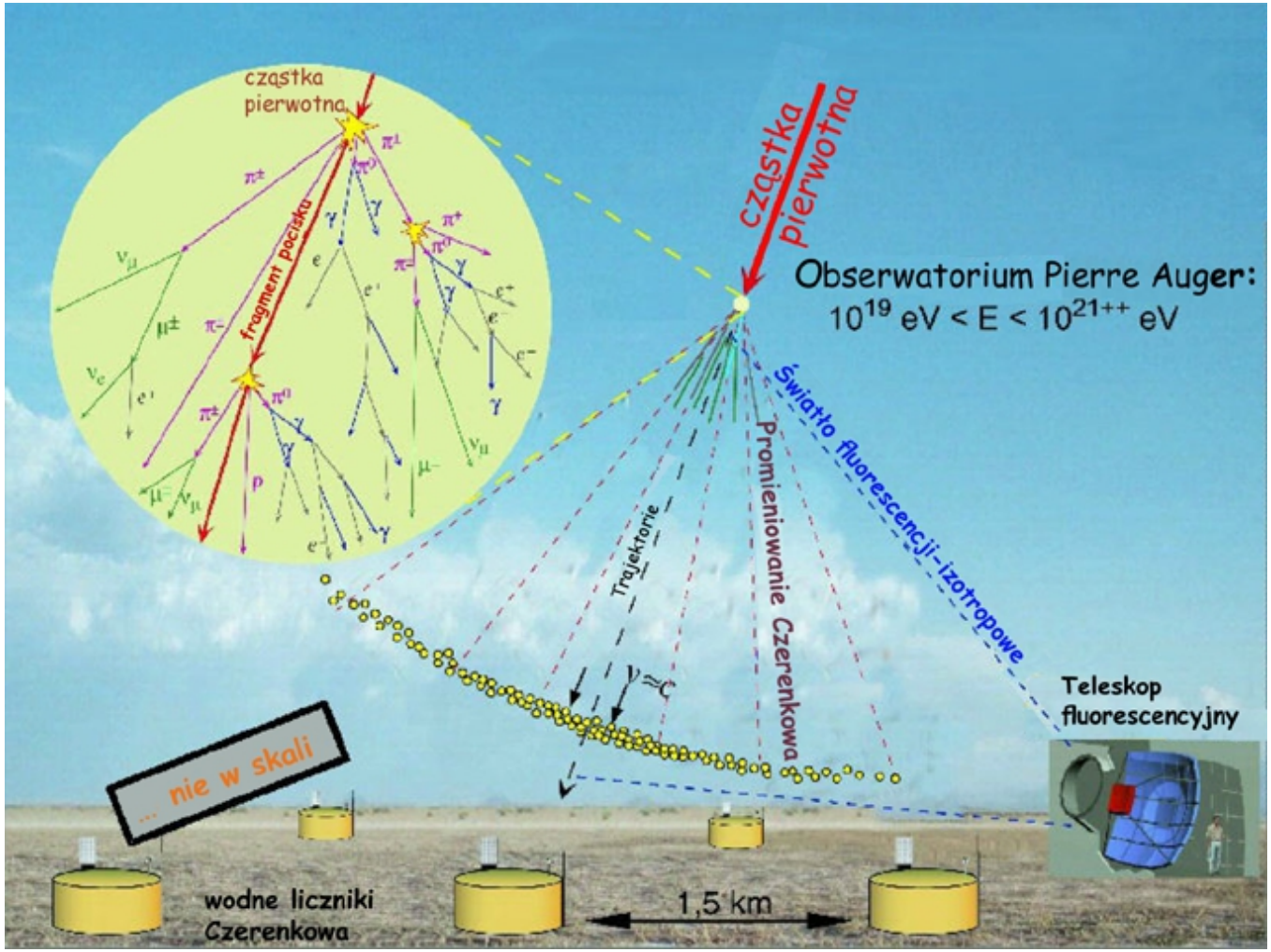
Promieniowanie kosmiczne ultra-wysokich energii ($E>10^{18}$ eV)

LHC 7 TeV

$E>10^{20}$ eV, strumień:
1 cząstka/km^2/1000 lat
(w celu obserwacji niezbędna jest sieć detektorów rozmieszczona na ogromnym obszarze)

Żeby przyspieszyć proton do energii 10^{20} eV w technologi LHC niezbędny byłby akcelerator o rozmiarach orbity Merkurego!!!

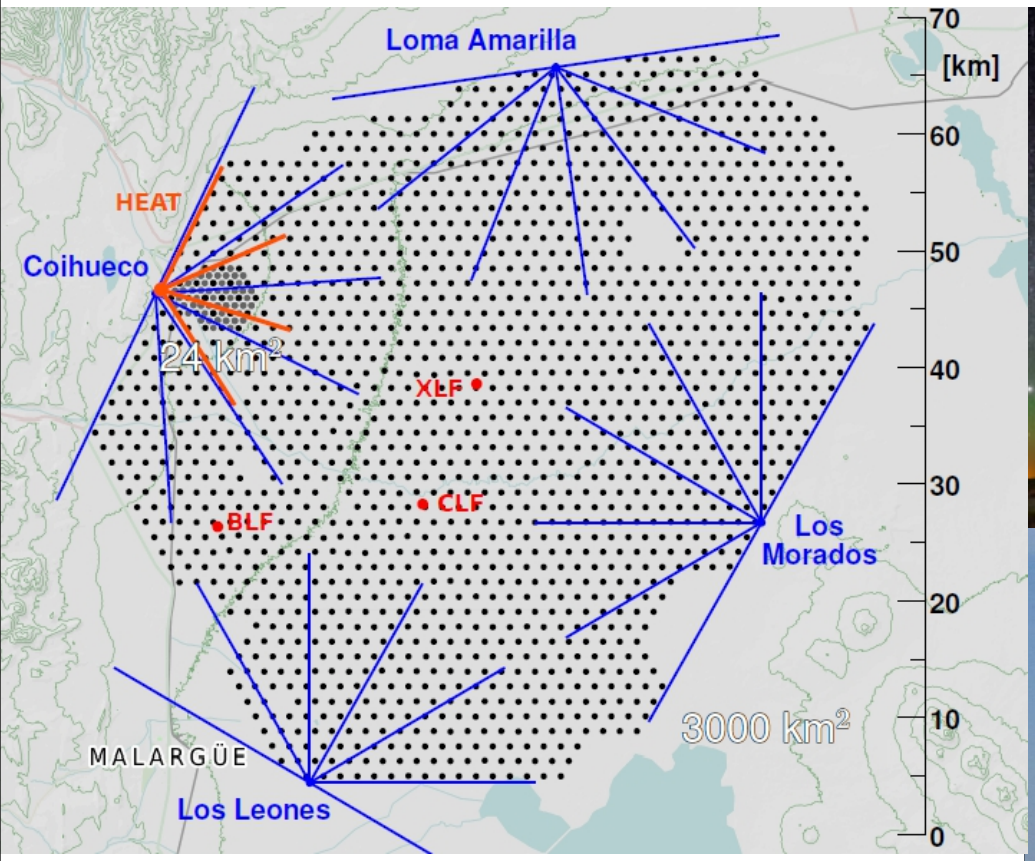
Wielkie pęki atmosferyczne - pośrednia obserwacja promieni kosmicznych ultra-wysokich energii

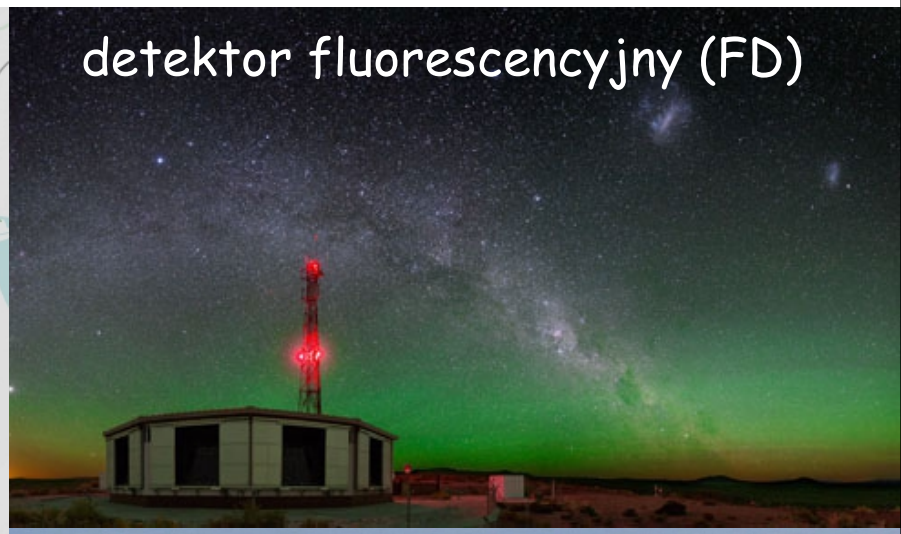


Wielki pęk atmosferyczny – kaskada cząstek wtórnych wytworzona w atmosferze przez wysokoenergetyczną pierwotną cząstkę promieniowania kosmicznego, liczba cząstek w kaskadzie ~ 10^{11}

Obserwatorium Pierre Auger - największy detektor promieni kosmicznych ultra-wysokich energii

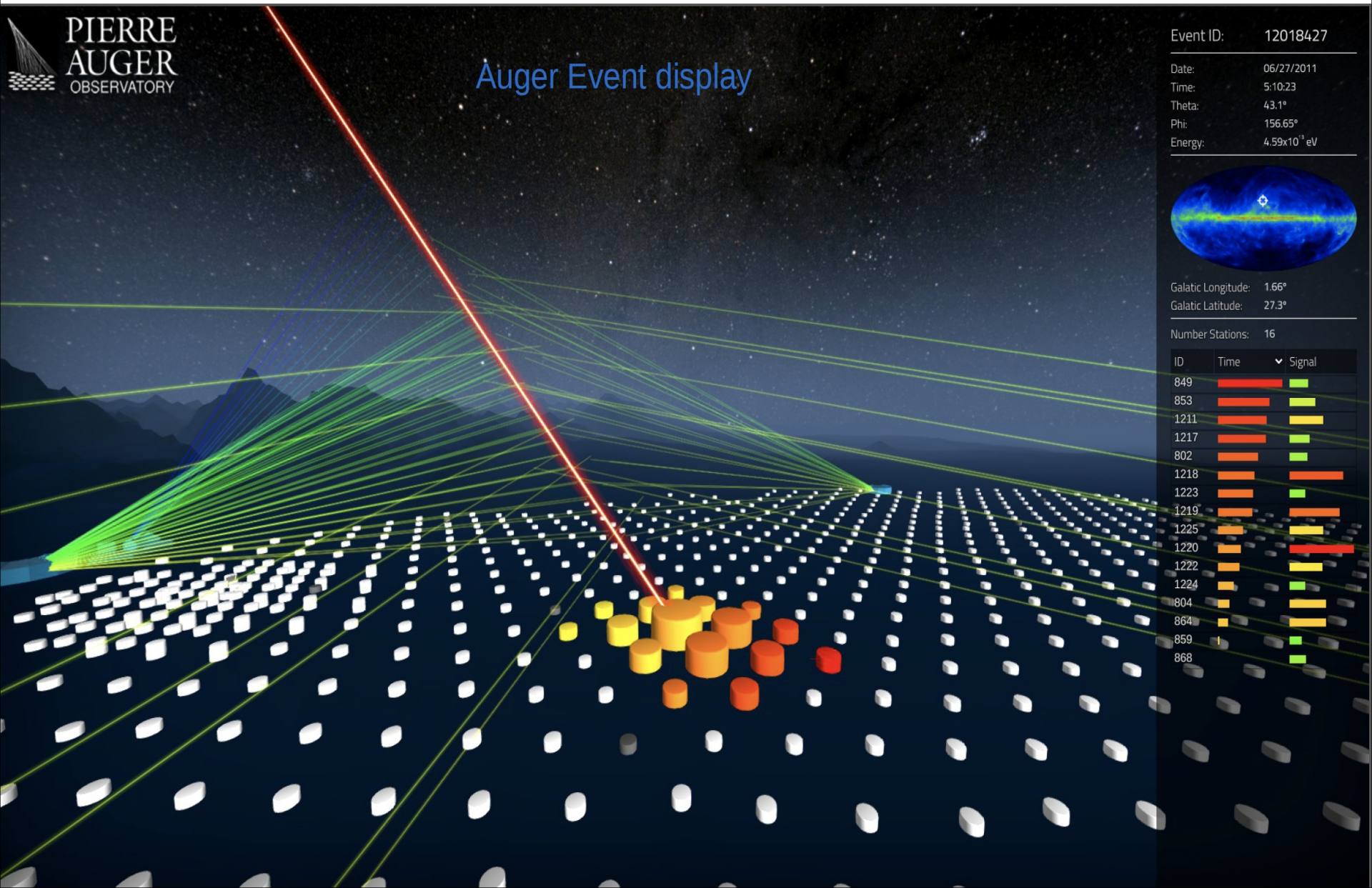
Główne cele: **skład masowy** **widmo energii** **źródła**





- lokalizacja: Argentyna
- 1660 stacji SD, 3000 km², równoważne pow. trójkąta Kraków-Tarnów-Nowy Sącz
- 27 teleskopów FD

Hybrydowa detekcja wielkiego pęku (przez SD i FD)

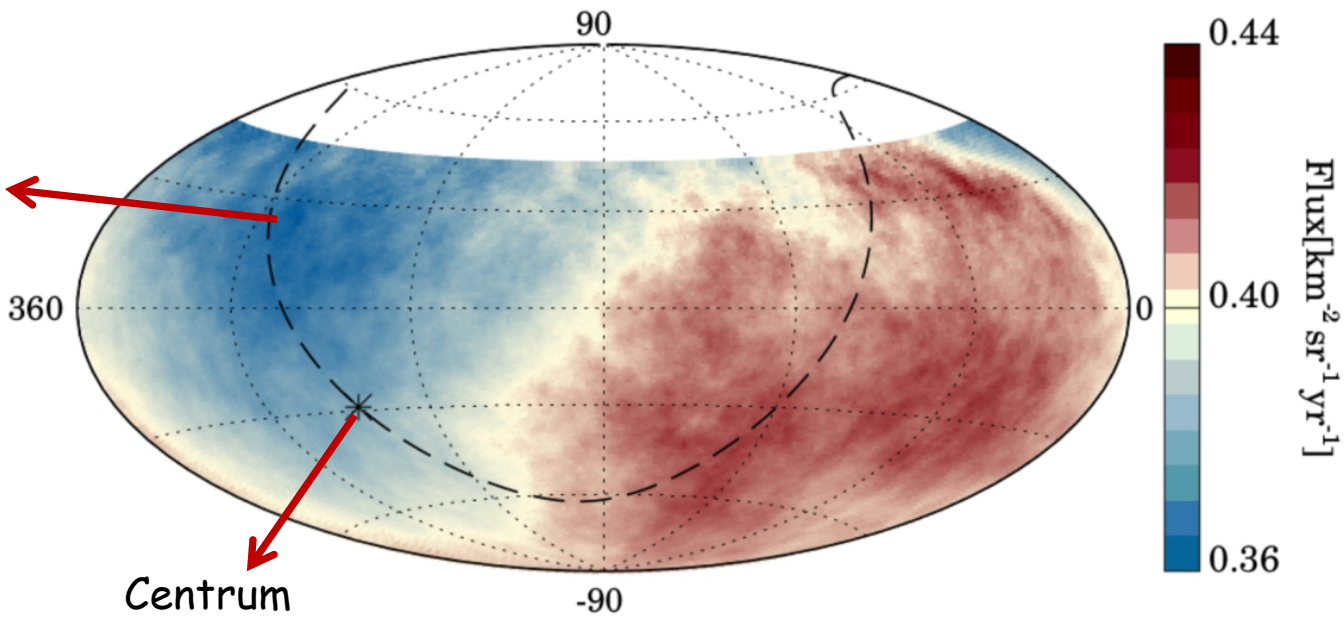


Wykrycie po raz pierwszy anizotropii dipolowej w rozkładzie kierunków promieni kosmicznych najwyższych energii

physicsworld TOP 10 BREAKTHROUGH 2017

Pierre Auger Collaboration, Science 357, 1266 (2017)

płaszczyzna galaktyczna

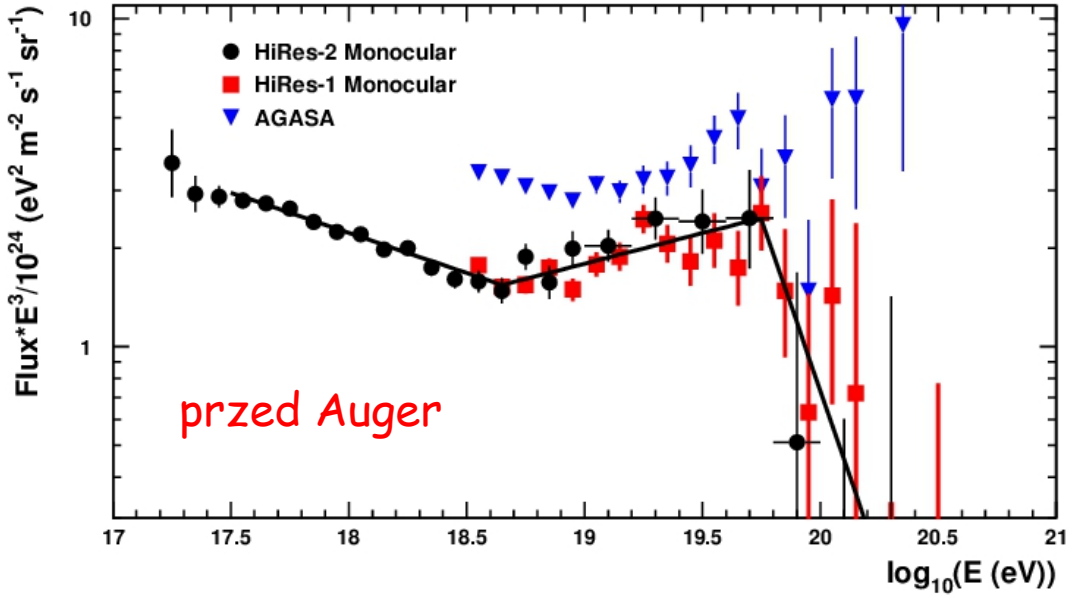


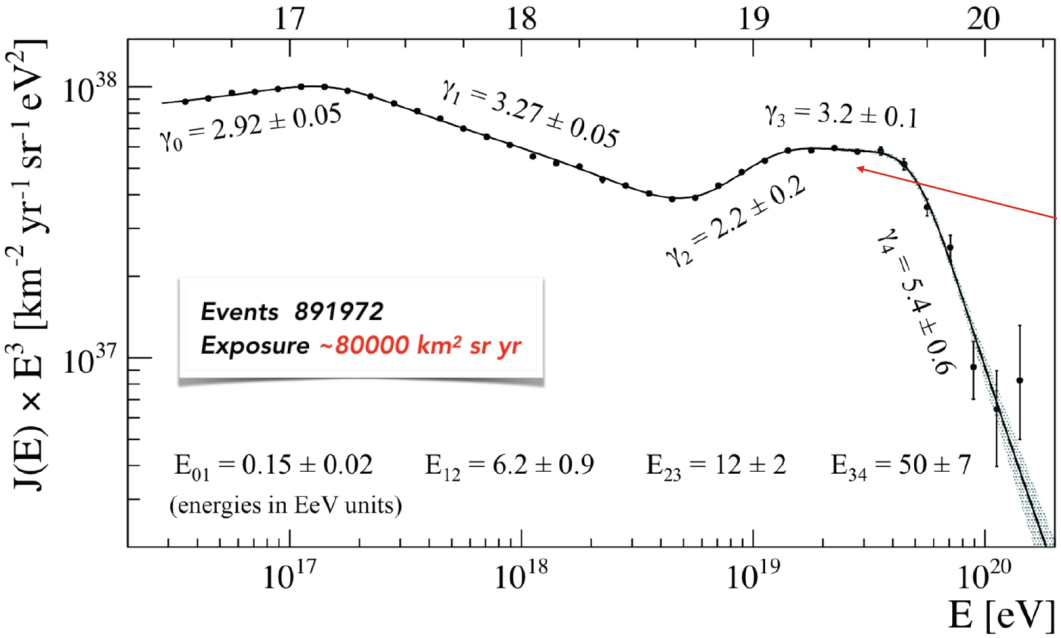
Centrum Galaktyki

mapa nieba

- Pozagalaktyczne pochodzenie promieni kosmicznych powyżej 1-2 EeV

Precyzyjny pomiar widma energii przez Auger





- Stłumienie widma potwierdzone.
- Natura stłumienia widma pozostaje wciąż nieznana:
  - efekt propagacji promieni kosmicznych?
  - kres wydajności źródeł?
- Niezbędny dokładny pomiar składu masowego, np. poprzez pomiar liczby mionów w wielkich pękach!!!

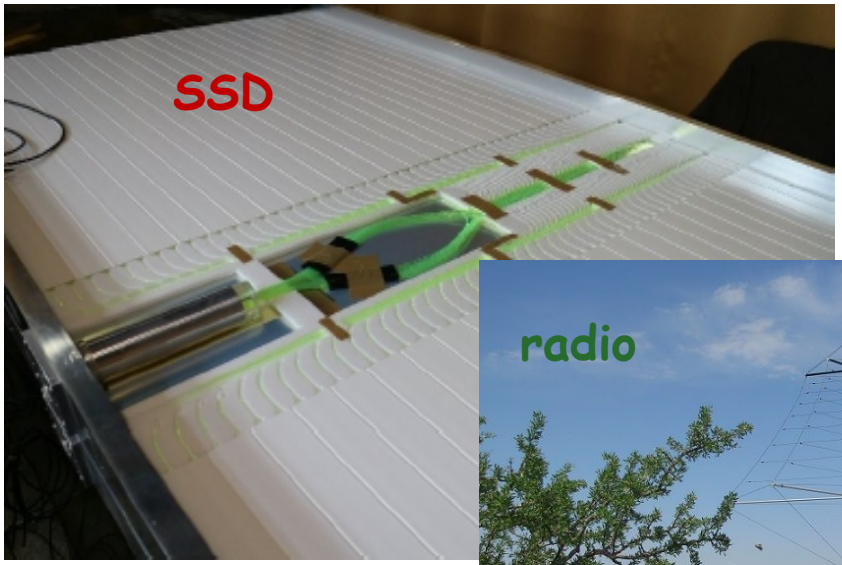
...trudno jest zbudować spójny obraz pochodzenia promieni kosmicznych ultra-wysokich energii oraz natury stłumienia ich widma energii.

- pilna potrzeba rozbudowy obserwatoriów promieni kosmicznych pozwalająca na dokładniejsze wyznaczanie składu masowego.

Rozbudowa Obserwatorium Pierre Auger - projekt AugerPrime

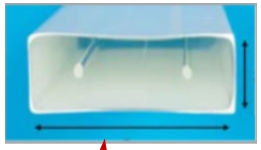
Główne komponenty: uzupełnienie sieci detektorów powierzchniowych (SD)

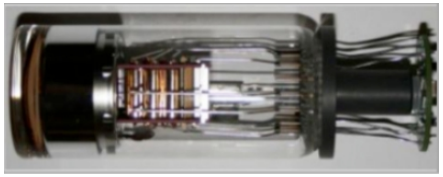
- o detektory scyntylacyjne (SSD) oraz
- o stacje radiowe (**największy detektor radiowy świata!!!**)



Schemat detektora scyntylacyjnego (SSD)

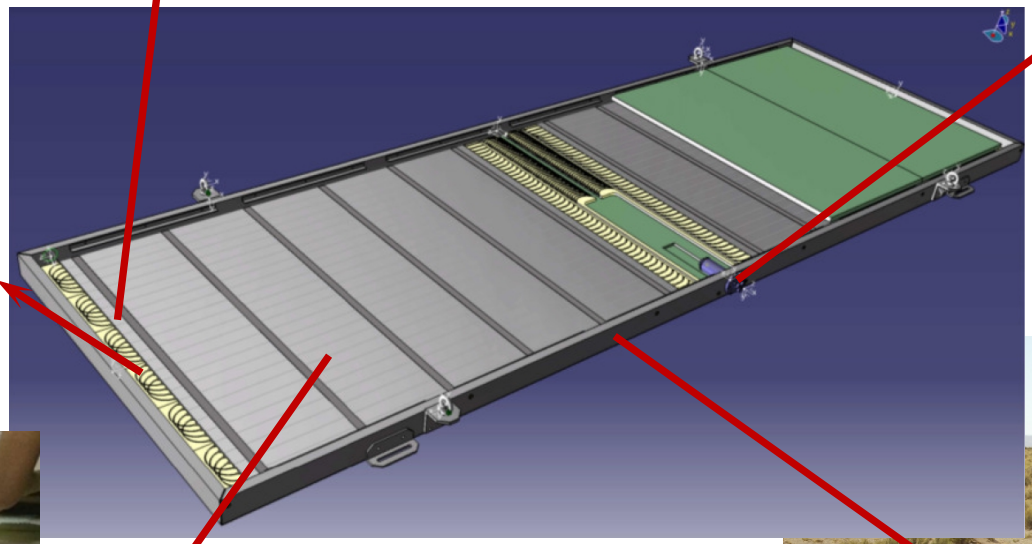
listwa scyntylacyjna z 2 wydrążonymi otworami, widok z boku





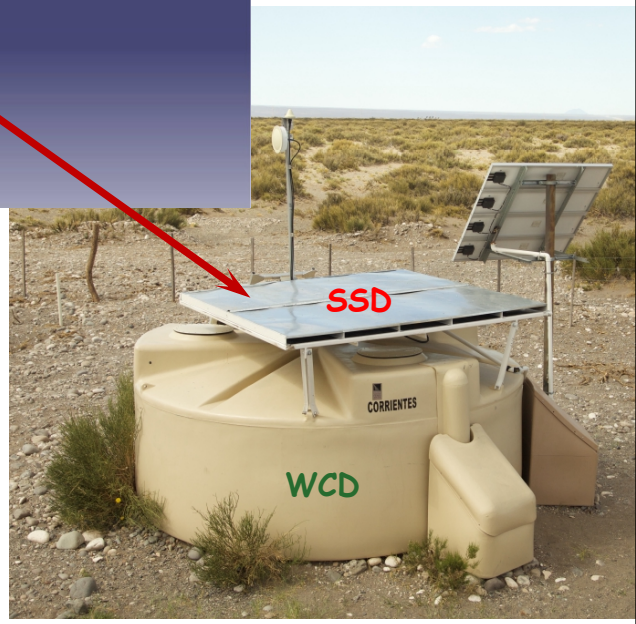
PMT

SSD



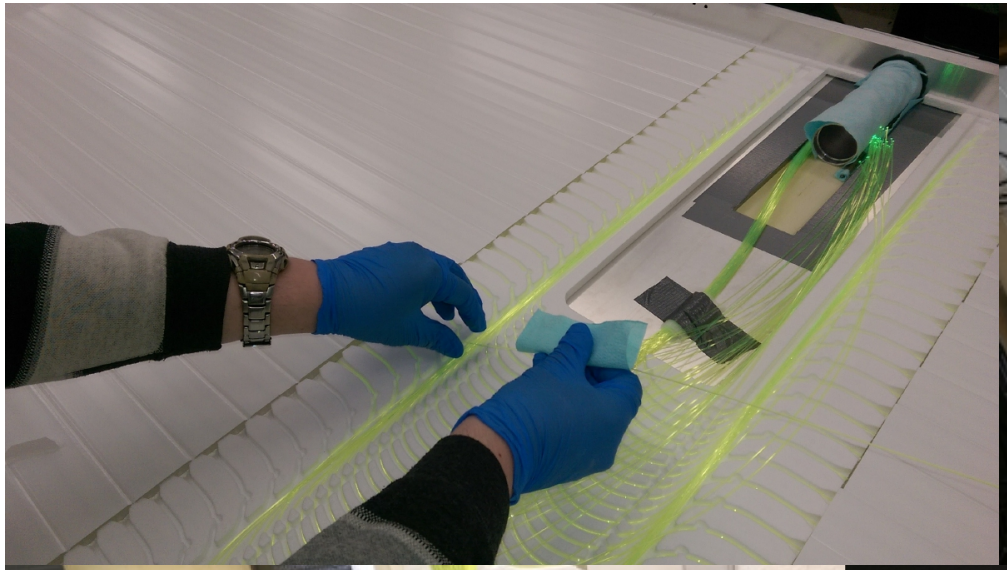
Listwy scyntylacyjne 160x5x1 cm, całkowita powierzchnia 3.8 m^2

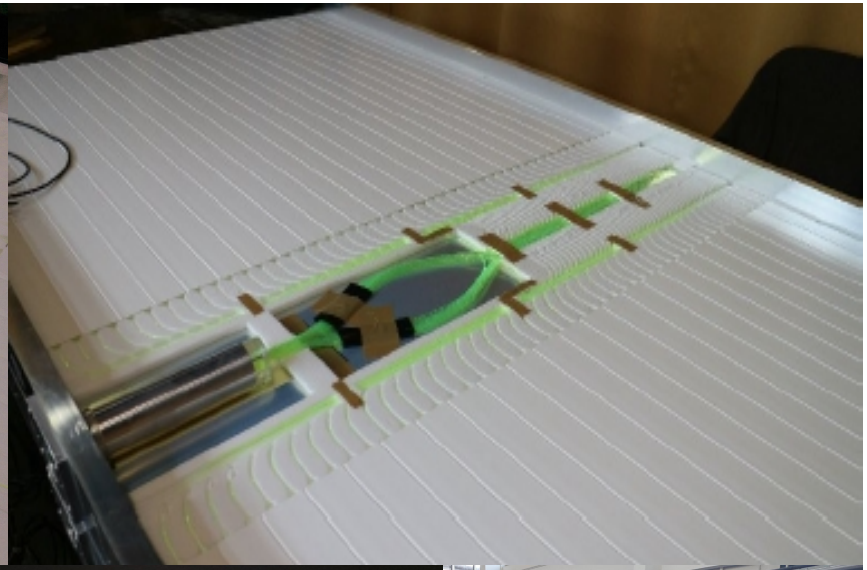
aluminiowa obudowa

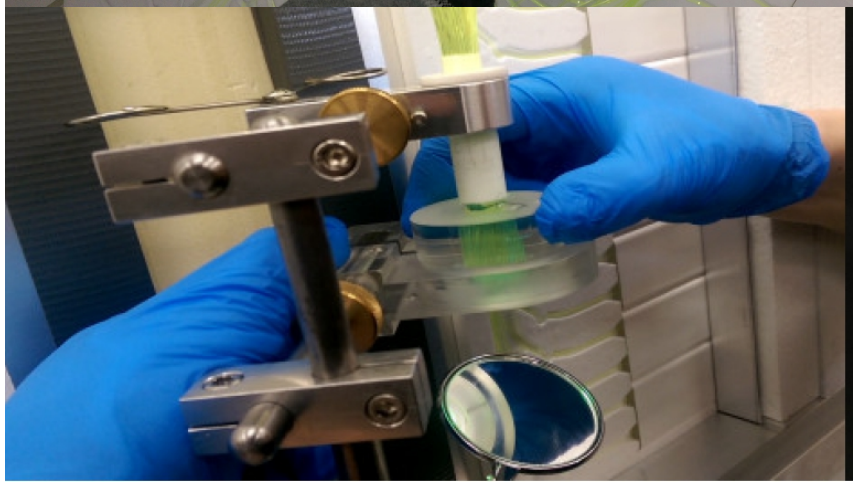


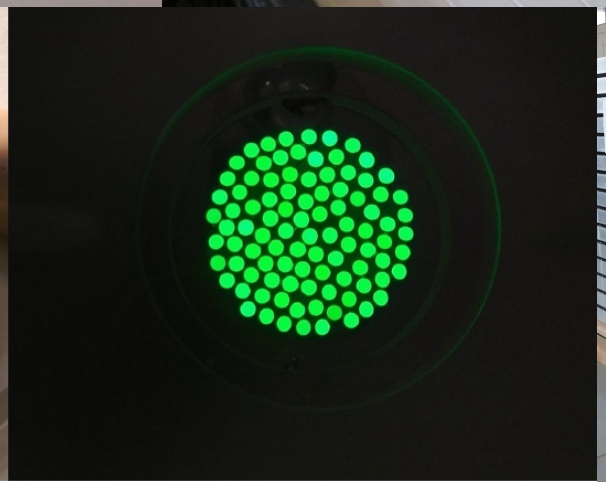
Detektor scyntylacyjny (SSD)

- Montaż i testy 228 z około 1500 wszystkich detektorów SSD odbywały się w IFJ PAN

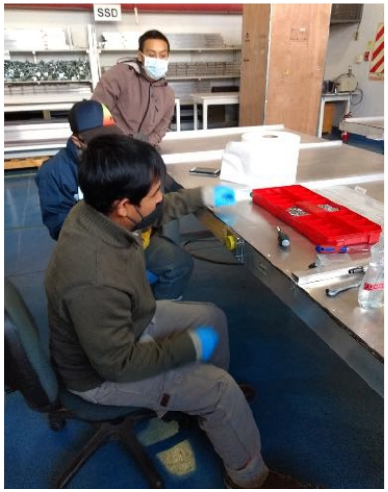


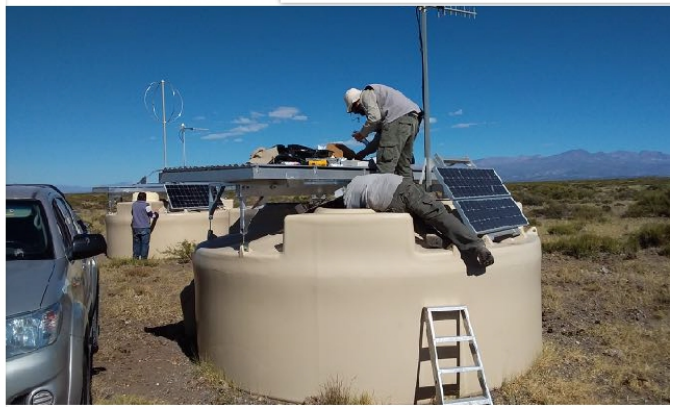




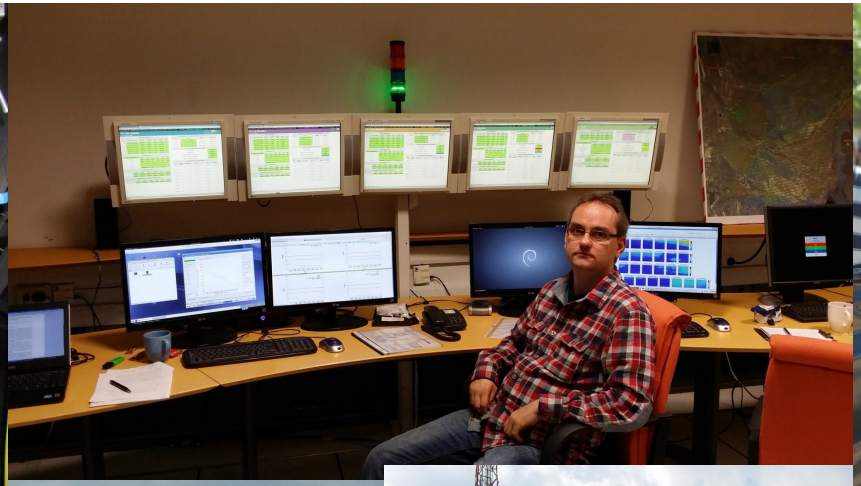


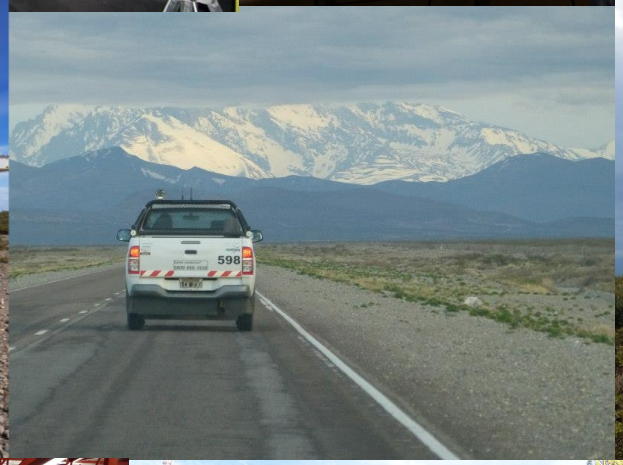
- Modernizacja obserwatorium Pierre Auger w toku.
- Planowane zakończenie prac w 2022 roku.





- Udział w eksperymencie Pierre Auger wiąże się z licznymi wyjazdami do Argentyny na spotkania robocze oraz na dyżury akwizycji danych.





Zainteresował Cię nasz eksperyment?

https://auger.ifj.edu.pl

- Zapraszamy do pracy w naszym zespole.
- Oferujemy możliwość pisania prac dyplomowych, magisterskich i doktorskich w zakresie analizy danych w ramach projektu Pierre Auger.

Kontakt:
dariusz.gora@ifj.edu.pl, +48 12 662 8406

Teleskop Baikal-GVD

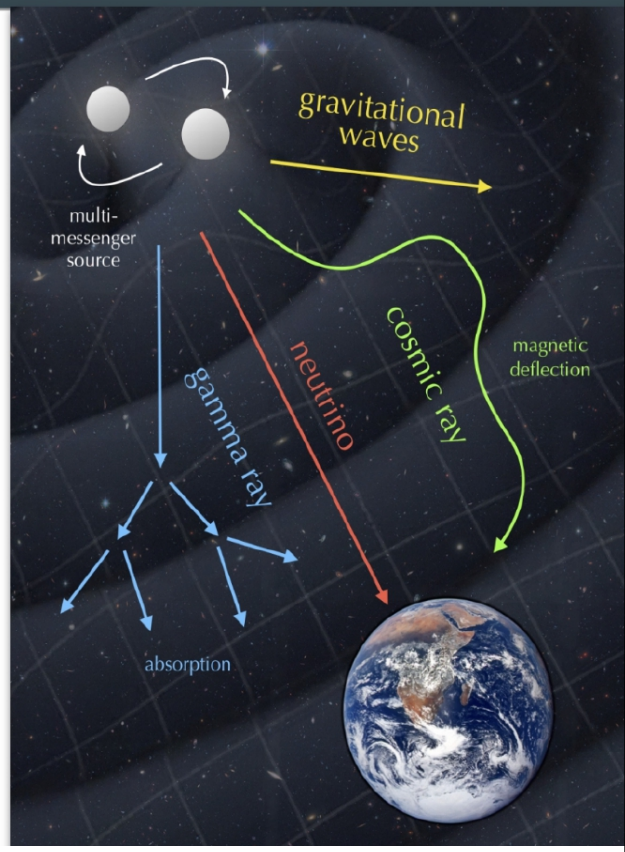
...

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

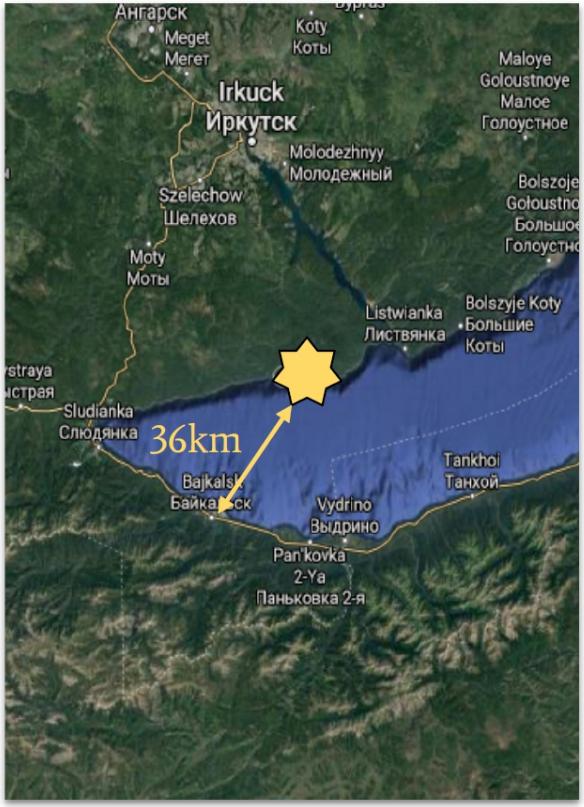
BAIKAL-GVD

Neutrina

- Cząstki o mało znanej naturze, oddziałują bardzo słabo - a więc bardzo rzadko.
  - Neutrino może np. przelecieć na wskroś przez Ziemię i w ogóle tego nie odczuć!
- Neutrino jest neutralne - podróżuje przez Wszechświat po linii prostej i może wskazywać położenie swojego źródła.
- Ale: aby je wykryć - potrzeba wielkich detektorów.



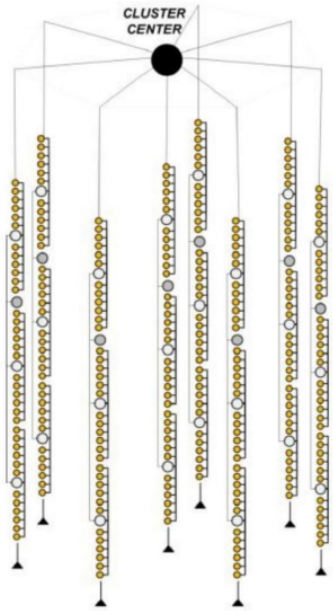
Jezioro Bajkał

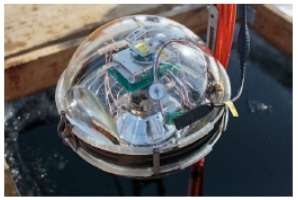


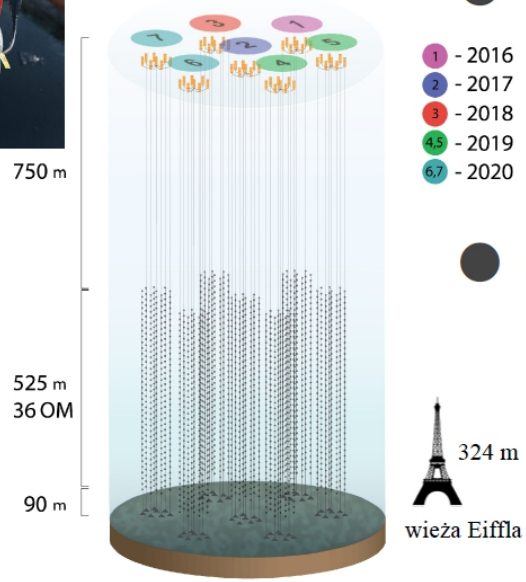
- Eksperyment Baikal-GVD poszukuje źródeł neutrin kosmicznych o bardzo wysokich energiach.
- Pomysł: woda jeziora Bajkał jako część detektora neutrinowego.
- Jezioro Bajkał na Syberii (jedyne 5000 km stąd) ma czystą, słodką wodę i jest bardzo głębokie (ponad 1 km).
- A nie można np. w Morzu Śródziemnym?
  - Można, ale:
  - Bajkał zamarza w zimie - można zamontować aparaturę z poziomu lodu, nie trzeba używać floty.
  - W Morzu Śródziemnym powstaje taki detektor ale idzie to bardzo, bardzo powoli...

Zimowa ekspedycja - udział fizyków z IFJ PAN

Detektor (obecna efektywna objętość 0.4 km^3, nadal w rozbudowie, największa czułość 0.1 TeV-100 PeV)







- Teleskop Baikal-GVD ma budowę modułową.
  - Składa się z klastrów umieszczonych głęboko (~1 km) w wodach jeziora Bajkał, co zmniejsza tło związane z atmosferycznymi mionami.
- Każdy klaster jest funkcjonalnie niezależny.
  - Zawiera 8 pionowych lin nośnych z przyczepionymi modułami optycznymi.
  - Moduły optyczne rejestrują błyski światła.
  - Błyski te to promieniowanie Czerenkowa emitowane przez cząstki powstałe w wyniku oddziaływania neutrina z podłożem skalnym lub wodą.

- **Możliwość obserwacji południowej półkuli nieba przy energiach neutrin < 1 PeV.**

Advertisement

Jesteście potrzebni!

- Krakowska grupa eksperymentu Baikal-GVD jest na etapie budowy i rozwoju,
- Poszukujemy młodych, odważnych ludzi do pracy w naszym zespole,
- Oferujemy możliwość pisania u nas prac magisterskich i doktorskich, ale także - inżynierskich i licencjackich.
- I Ty możesz przyłożyć rękę do budowy teleskopu neutrinowego!

Kontakt:
pawel.malecki@ifj.edu.pl, +48 12 662 8023.

Zapraszamy na naszą stronę internetową (zakład NZ15)

https://auger.ifj.edu.pl

Kontakt:
dariusz.gora@ifj.edu.pl
+48 12 662 8406

Kontakt:
pawel.malecki@ifj.edu.pl
+48 12 662 8023