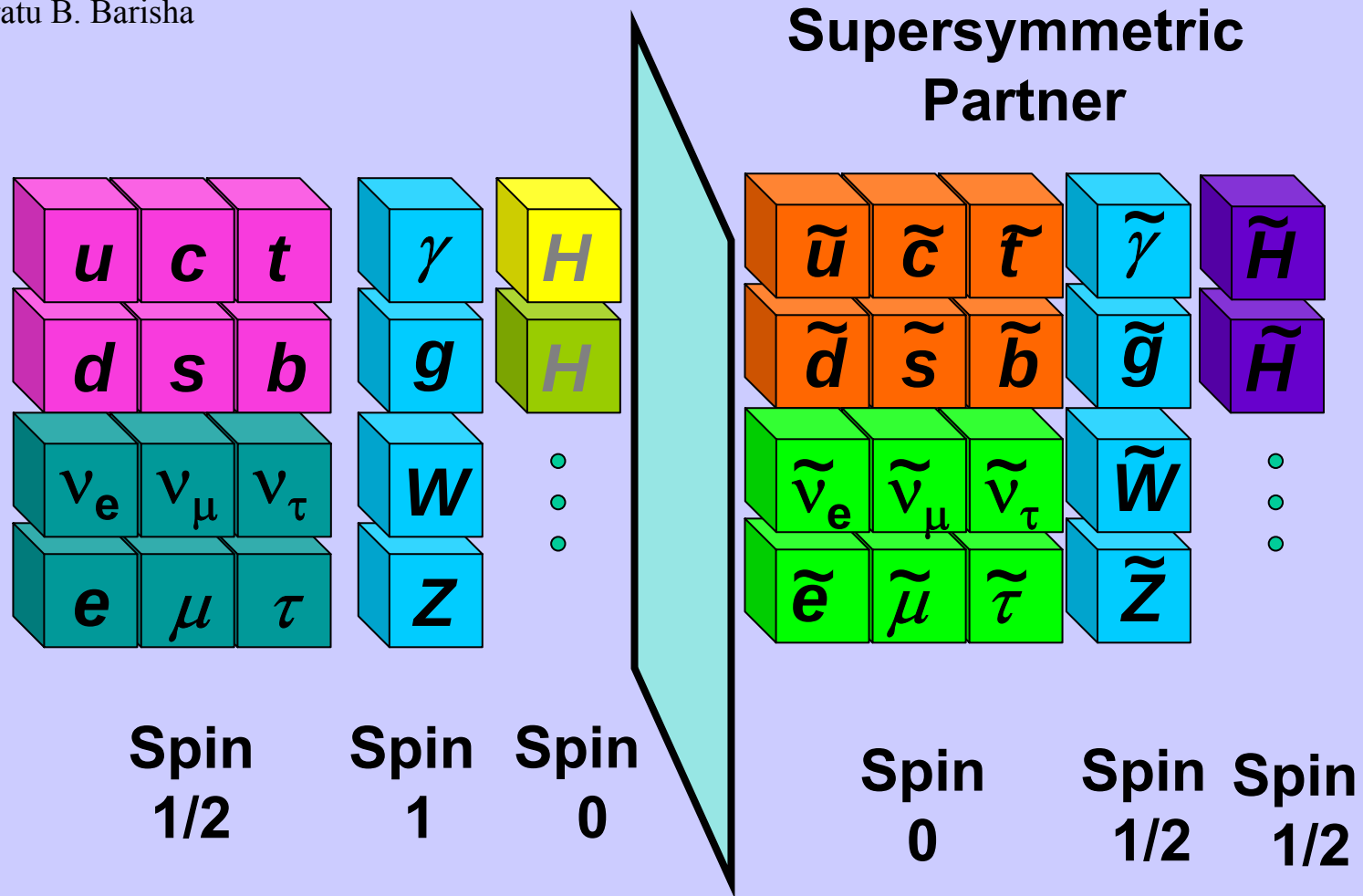


Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

- **Co nas interesuje?**
 - Składniki materii, ich oddziaływania, rozpady....
- **Co mierzymy?**
 - Ładunek, energię, pęd, masę (prędkość), topologię,...
- **Jak mierzymy?**
 - Poprzez oddziaływania cząstek z detektorami...
- **Rozwój historyczny metodyki**
 - Promieniowanie kosmiczne, klisze fotograficzne
 - Akceleratory, promieniowanie kosmiczne, rejestracja fotograficzna
 - Akceleratory, promieniowanie kosmiczne, detektory „bezfilmowe” (elektronika i komputery)
- **Eksperymenty**
 - Promieniowania kosmicznego (Super-K, MAGIC,)
 - Na stałej tarczy (NA11/NA32, NA49, COMPASS,)
 - Na akceleratorach o zderzających się wiązkach (DELPHI, BELLE, CDF, **ATLAS**/CMS, LHCb, ALICE,)

Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

Z referatu B. Barisha



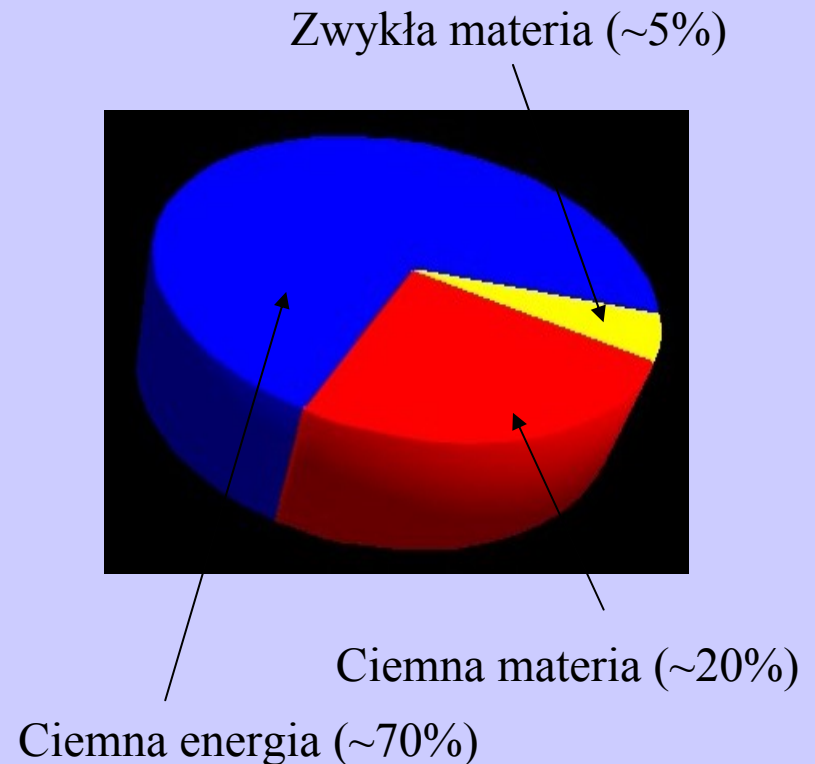
Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE



Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

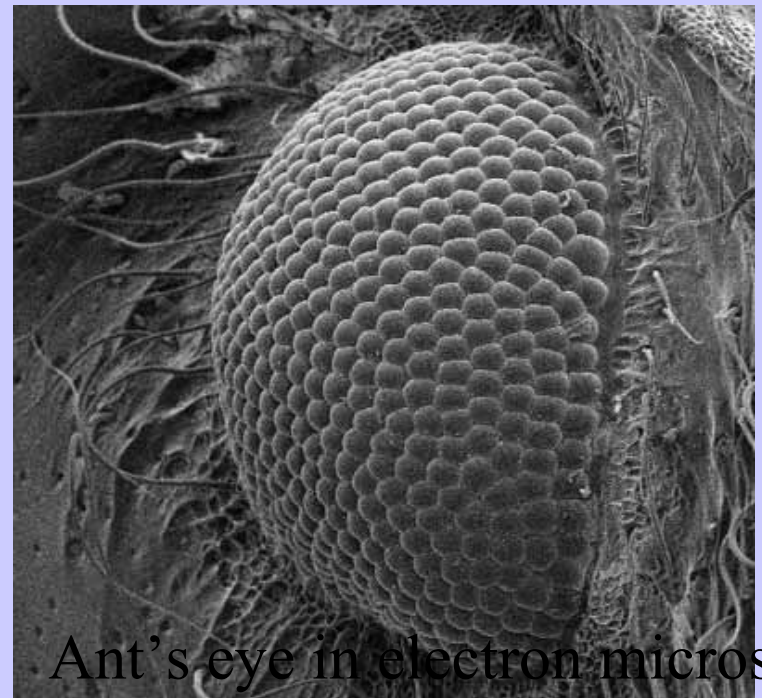
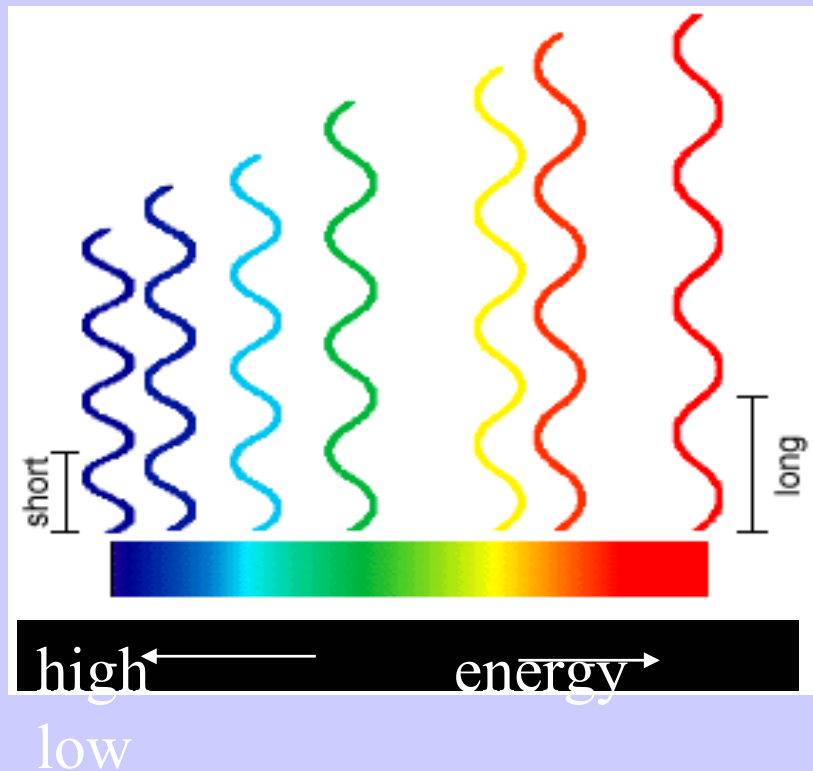
Z referatu M. Kutschery

- „Niedorzeczny” Wszechświat
 - Świecąca materia:
 - Słońce: jedna spośród
~200 000 000 000 gwiazd w
Drodze Mlecznej
 - Droga Mleczna: jedna spośród
~100 000 000 000 galaktyk
 - zaledwie 0.5% masy we
Wszechświecie
 - 99.5% masy niewidoczne
 - w tym 4% materii barionowej
 - 25% materii wywierającej
grawitację
 - 70% energii próżni wywierającej
antygravitację



Dlaczego energia jest ważna?

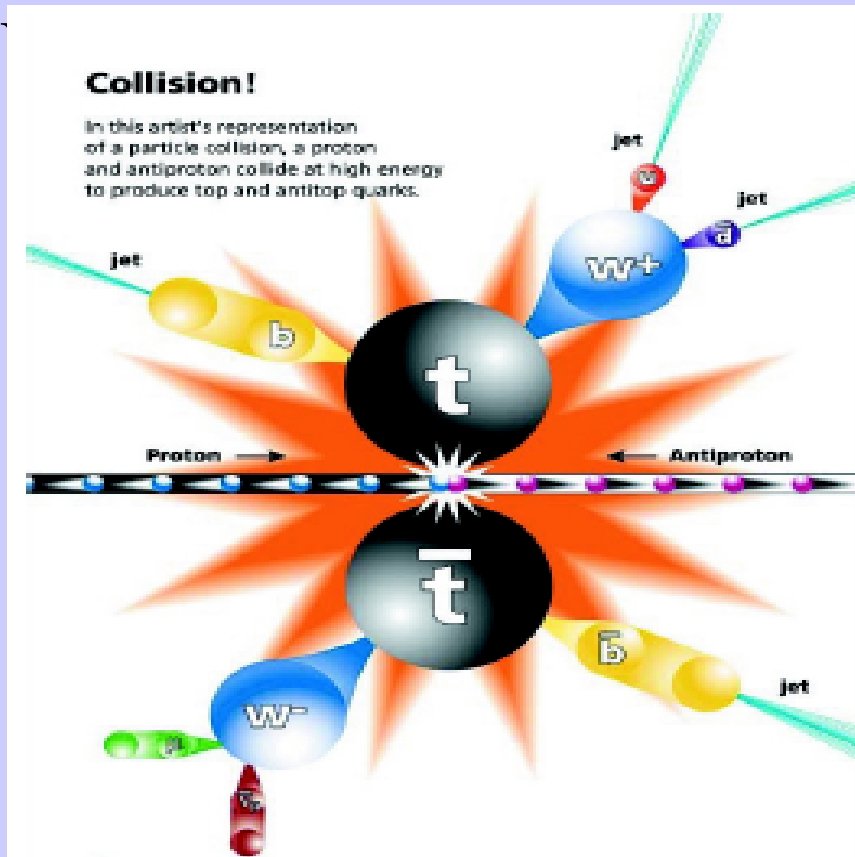
- Im wyższa energia, tym krótsza długość fali
- Wyższa energia pozwala na zobaczenie szczegółów



Ant's eye in electron microscope

Dlaczego energia jest ważna?

- Duża energia oznacza również dużą masę; a więc możemy wrócić do początków

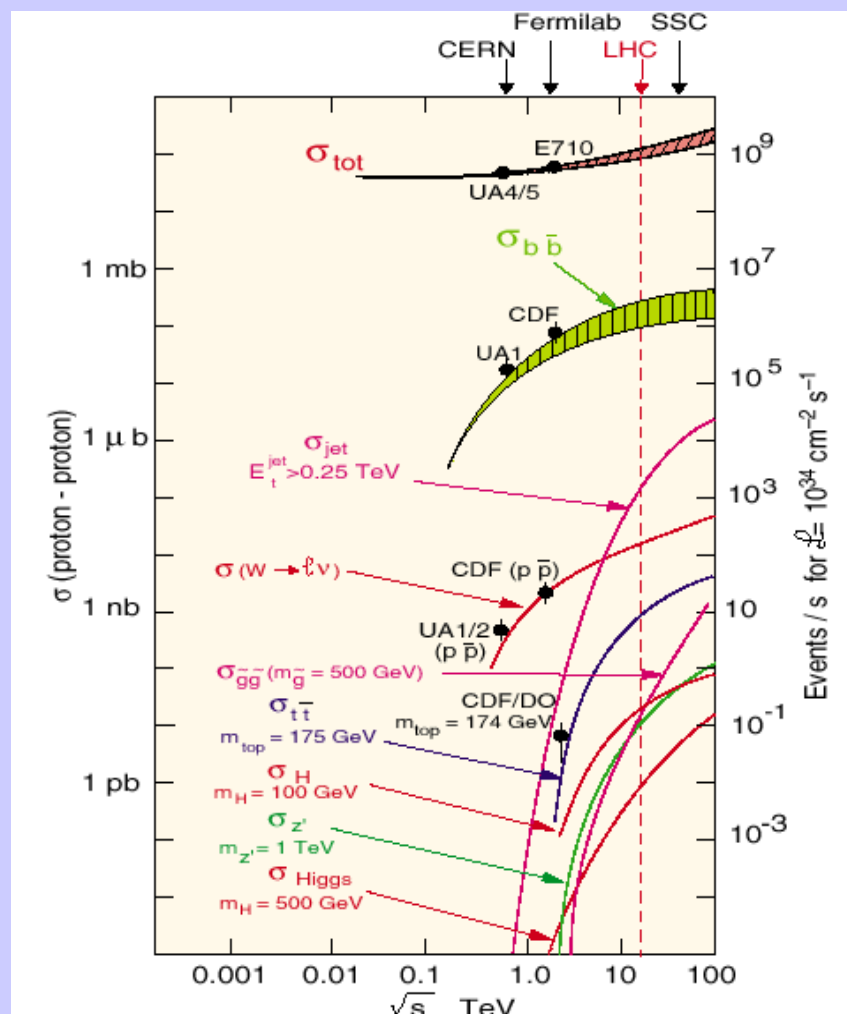


$$E = mc^2$$

z wykładu P. Oddone

Dlaczego energia i „światłość” są ważne?

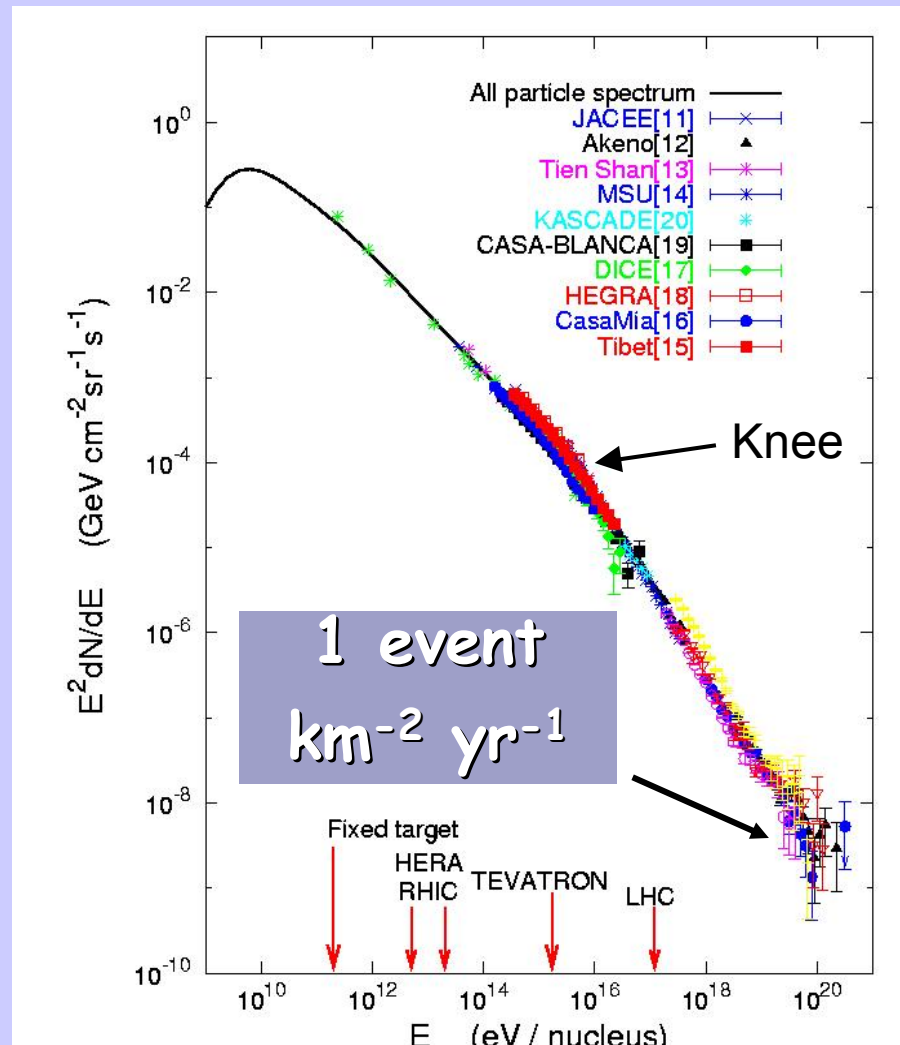
- Prawdopodobieństwo zajścia nowych, „ciekawych” zjawisk rośnie z energią
- Interesujące nas przypadki zdarzają się b. rzadko:
 prawdopodobieństwo ich pojawienia się jest na poziomie $10^{-4} - 10^{-11}$ wszystkich oddziaływań (jeden ciekawy przypadek na 10 miliardów „trywialnych” zdarzeń!)
 - > „poszukiwanie igły na ogromnym polu siana...”



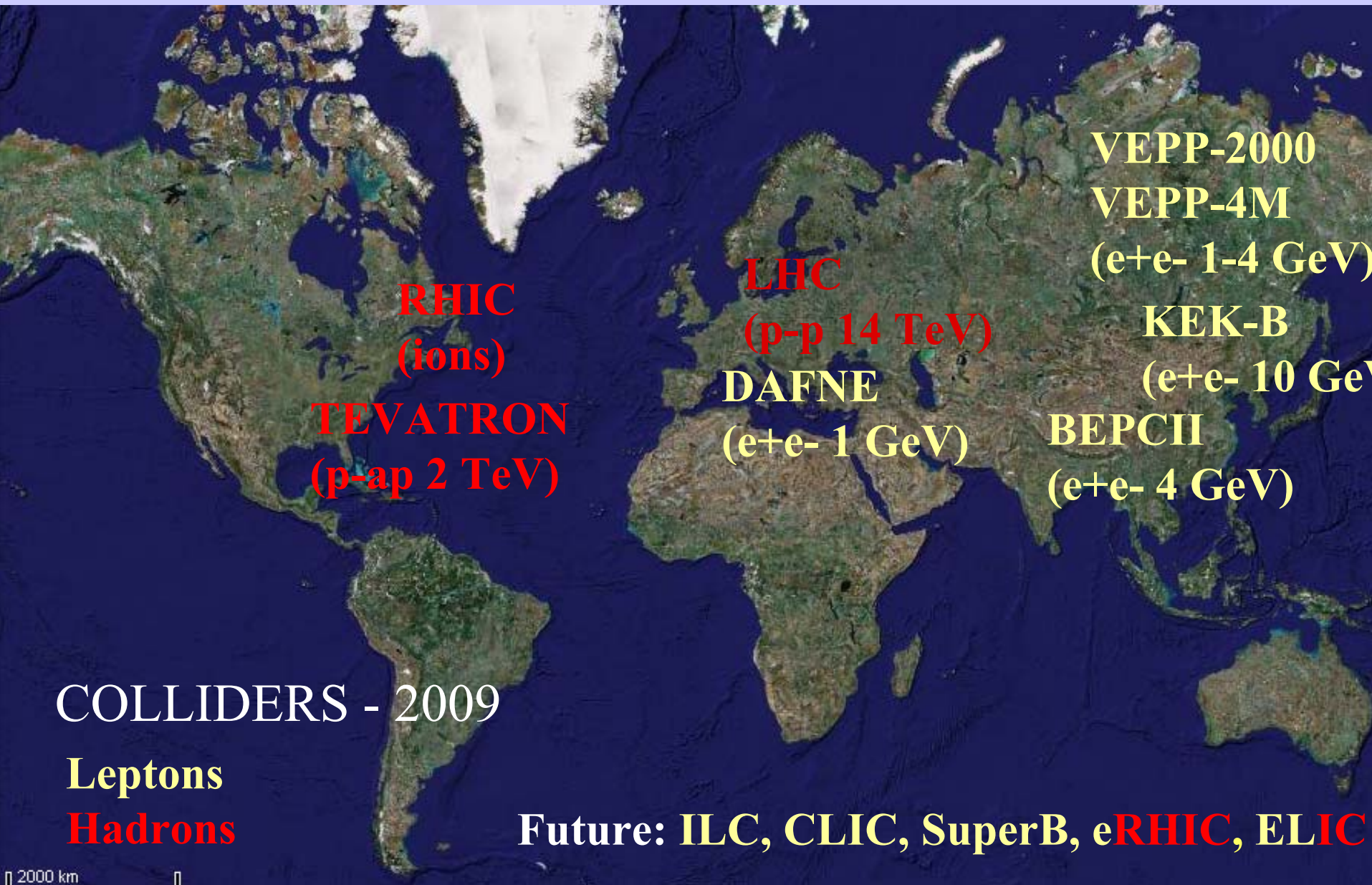
Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

Cosmic rays
and LHC

at LHC
 10^9 events/s !

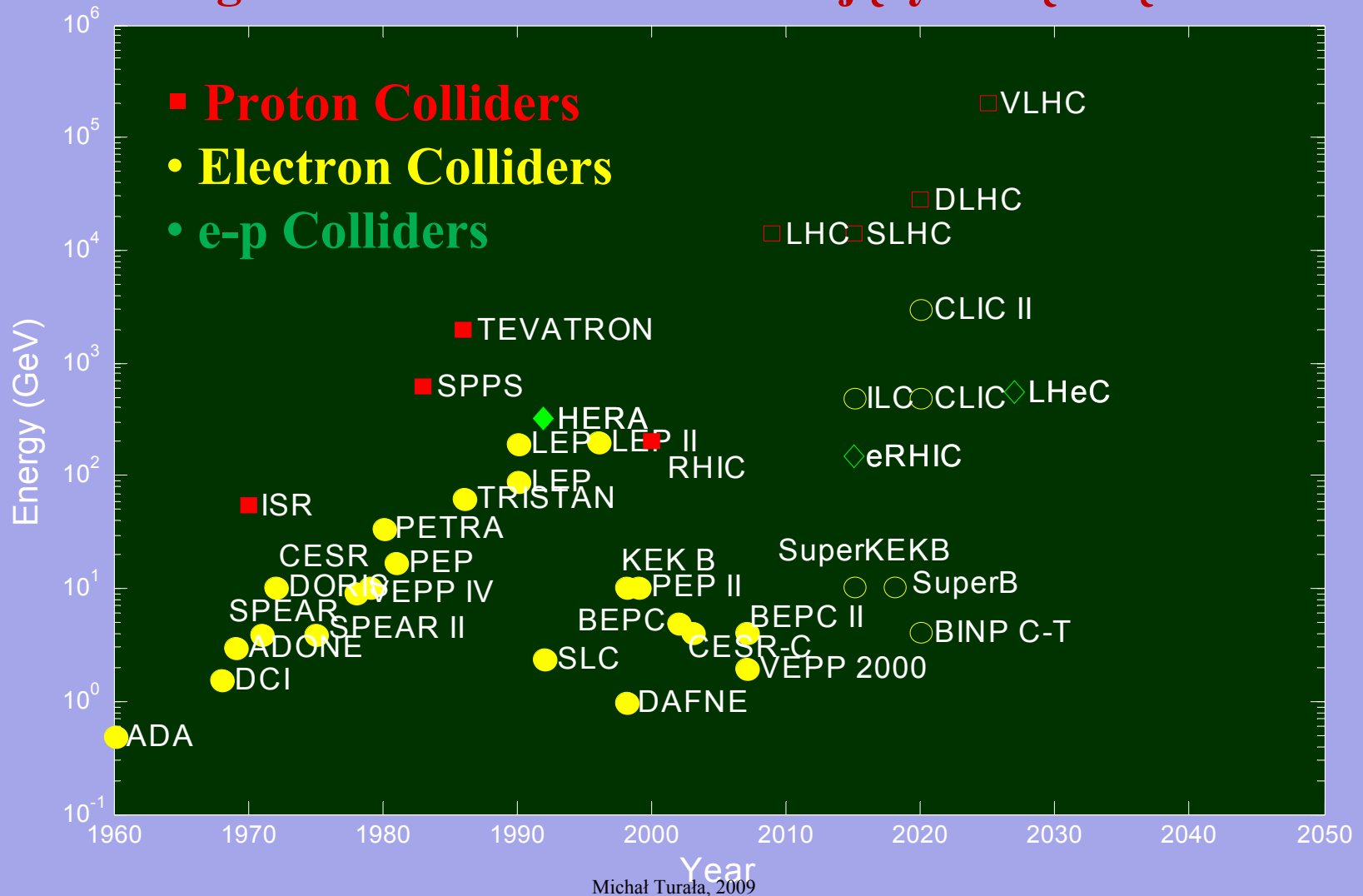


Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE



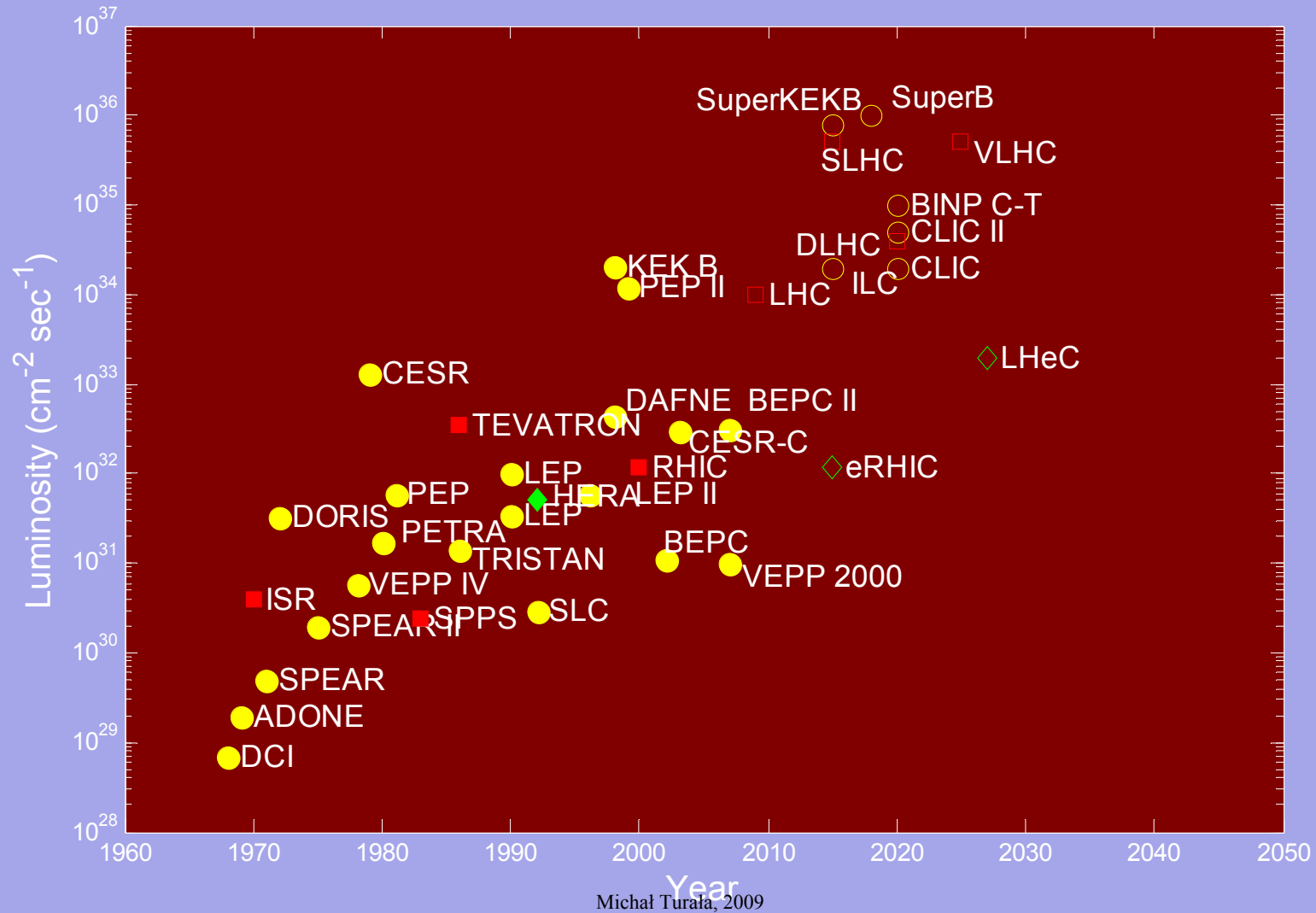
Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

Energie akceleratorów o zderzających się wiązkach



Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

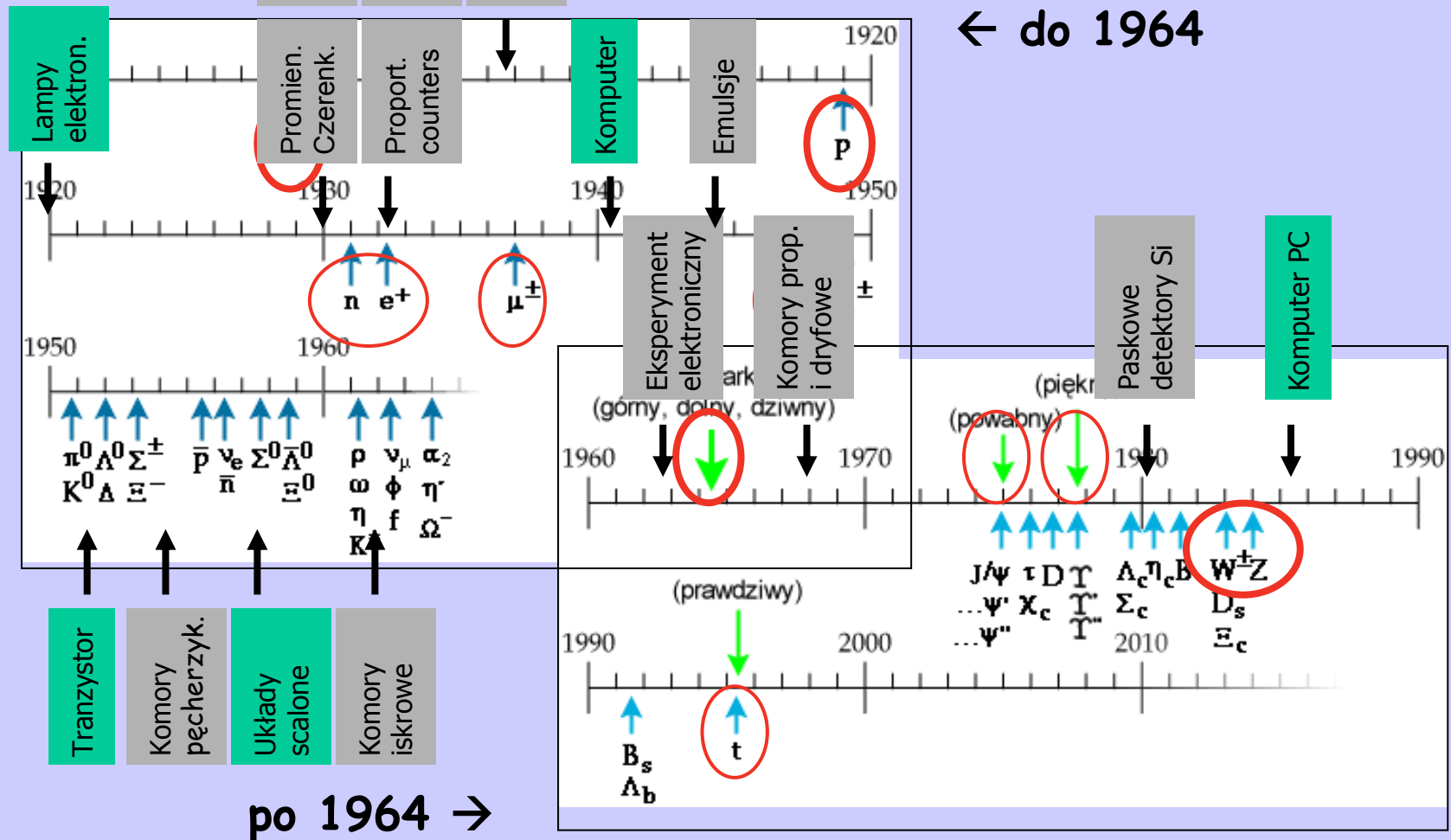
Światłość akceleratorów o zderzających się wiązkach



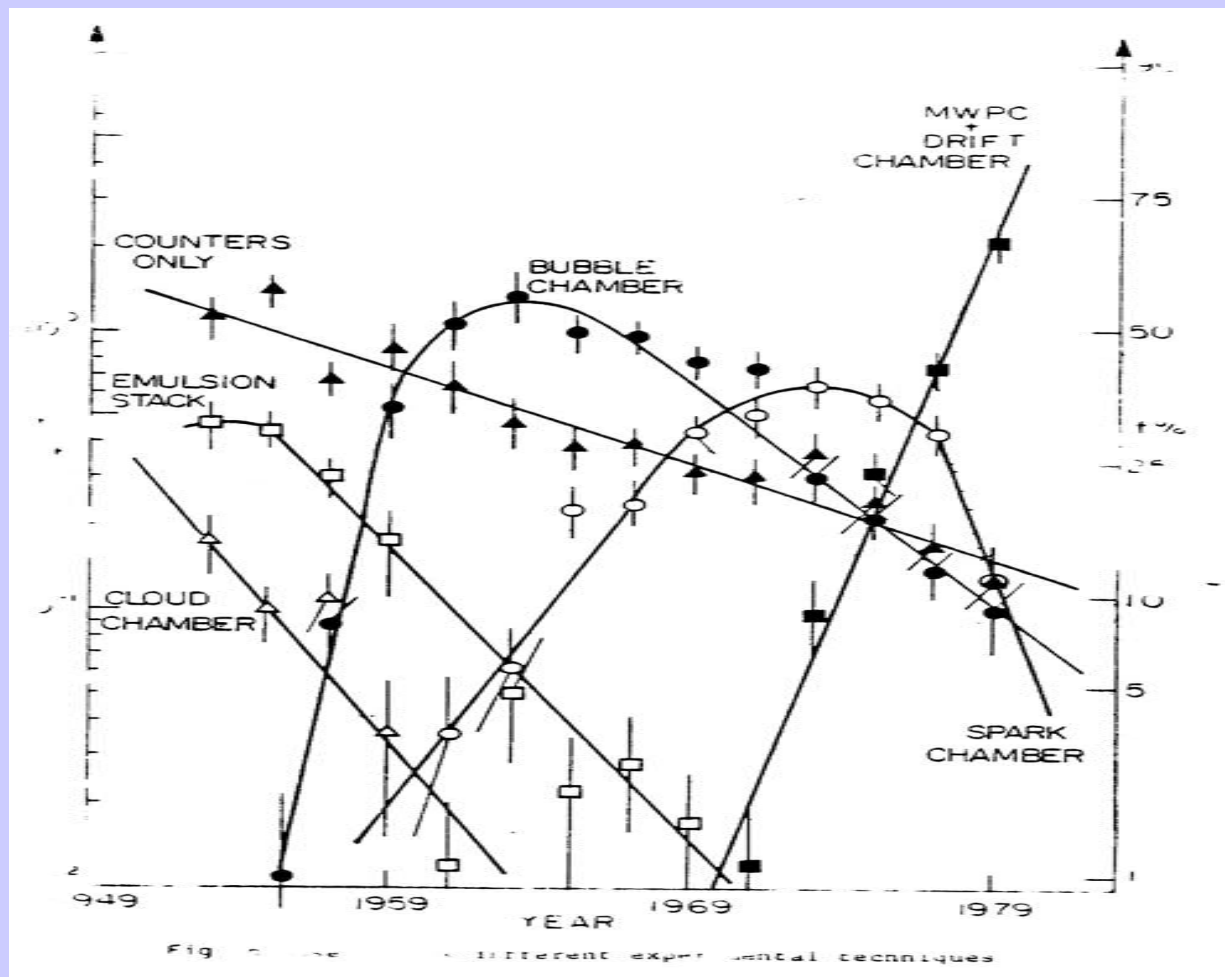
Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych

FWE

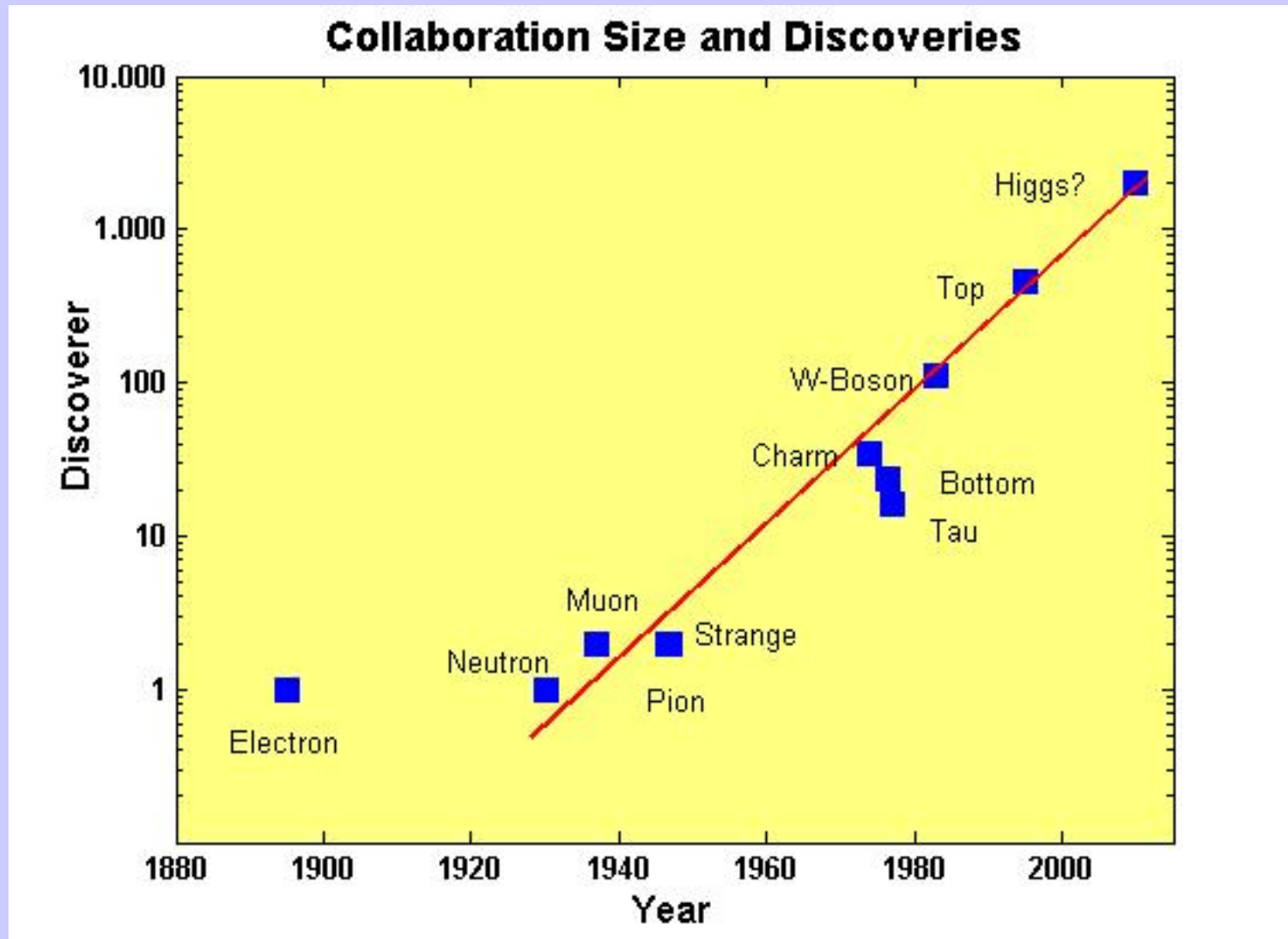
Krótka historia cząstek



Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE



Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE



Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE



Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

- **Oddziaływania cząstek z materią**
 - Elektromagnetyczne
 - straty na jonizację,
 - promieniowanie hamowania,
 - anihilacja, produkcja par, rozpraszanie Comptona,
 - promieniowanie Czerenkowa,
 - promieniowanie przejścia,
 - foto-efekt,
 - długość radiacyjna,
 - rozpraszanie wielokrotne ..
 - Silne
 - przekroje czynne,
 - średnia droga zderzenia,
 - średnia droga absorpcji, ..
 - Particle Data Group „booklet”
 - niezastąpiony pomocnik....

Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

- **Modelowanie eksperymentu (prof. P. Malecki)**
 - Metody Monte Carlo
 - Symulacja eksperymentu
- **Pomiar wierzchołków oddziaływania**
 - Precyzyjne detektory krzemowe
 - Detektory wierzchołków
- **Pomiary pędów cząstek**
 - Spektrometry magnetyczne
 - Detektory pozycyjne
 - Scyntylicyjne
 - Gazowe
 - Krzemowe
- **Identyfikacja cząstek**
 - Pomiary czasu przelotu (ToF)
 - Pomiary strat jonizacyjnych (dE/dX)
 - Promieniowanie Czerenkowa
 - Promieniowanie przejścia

Wybrane zagadnienia technik doświadczalnych FWE

- **Pomiar energii cząstek**
 - Kalorymetry elektromagnetyczne
 - Krysztály (NaJ, CsJ, PbWO)
 - Kalorymetry z absorberami
 - Kalorymetry hadronowe
- **Elektronika dla detektorów**
 - Układy wejściowe
 - Odporność na promieniowanie
- **Systemy akwizycji danych**
 - Wstępna selekcja przypadków
 - Akwizycja danych
 - Standardy
 - Monitorowanie eksperymentu „on-line”
- **Analiza danych doświadczalnych (prof. P. Malecki)**

Eksperymenty FWE

- **Eksperymenty promieniowania kosmicznego**
 - Pod powierzchnia ziemi: Super-Kamiokande, ICARUS,
 - Na powierzchni ziemi: MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov detector), Pierre Auger Observatory
 - W przestrzeni kosmicznej: AMS, GLAST
- **Eksperymenty na stałej tarczy (w CERN)**
 - NA11/NA32 (produkcja cząstek powabnych),
 - NA49 (oddziaływania ciężkich jonów),
 - COMPASS (Compact Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy)
- **Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)**
 - DELPHI na akceleratorze LEP w CERN
 - BELLE na akceleratorze B-factory w KEK
 - CDF na akceleratorze Tevatron w Fermilab
 - ATLAS/CMS, LHCb, ALICE na akceleratorze LHC w CERN

Eksperymenty promieniowania kosmicznego

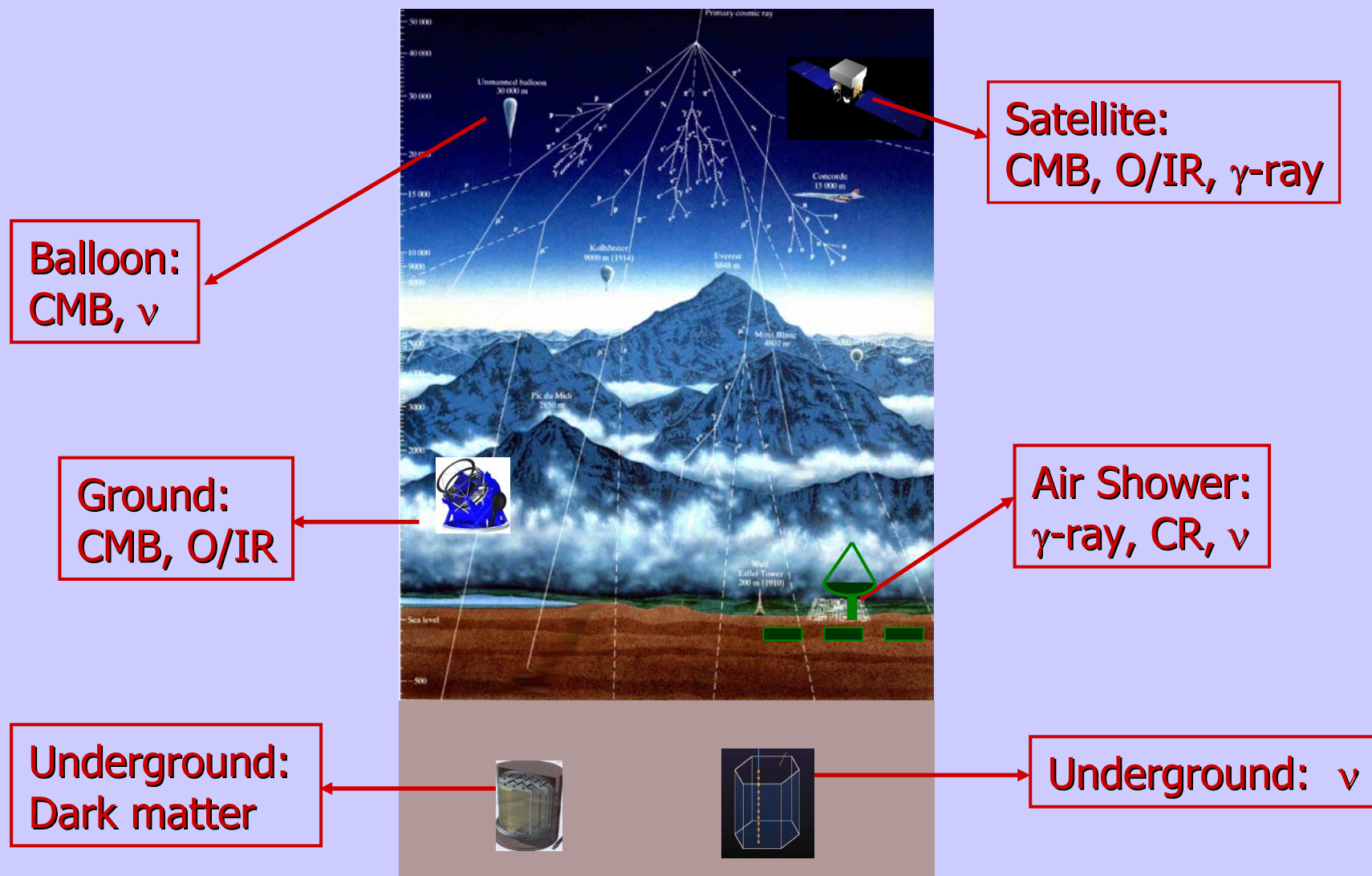
- **Czego szukamy ?**

- Wiele otwartych pytań: natura promieniowania kosmicznego?, ciemna materia?, ciemna energia?, właściwości neutrino?, struktura galaktyk?, itp.
- Przestrzeń kosmiczna źródłem najbardziej energetycznych cząstek (nawet 10^{20} eV!)

- **Pomiary**

- Bezpośrednio w przestrzeni kosmicznej (np. AMS – Alpha Magnetic Spectrometer, GLAST – Gamma-Ray Large Area Space Telescope...).
- Efekty wtórne, „kaskady”, na powierzchni ziemi (HEGRA, MAGIC, Auger, itd..)
- Pomiary kosmicznych neutrino pod powierzchnią ziemi (Super-Kamiokande)

Eksperymenty promieniowania kosmicznego



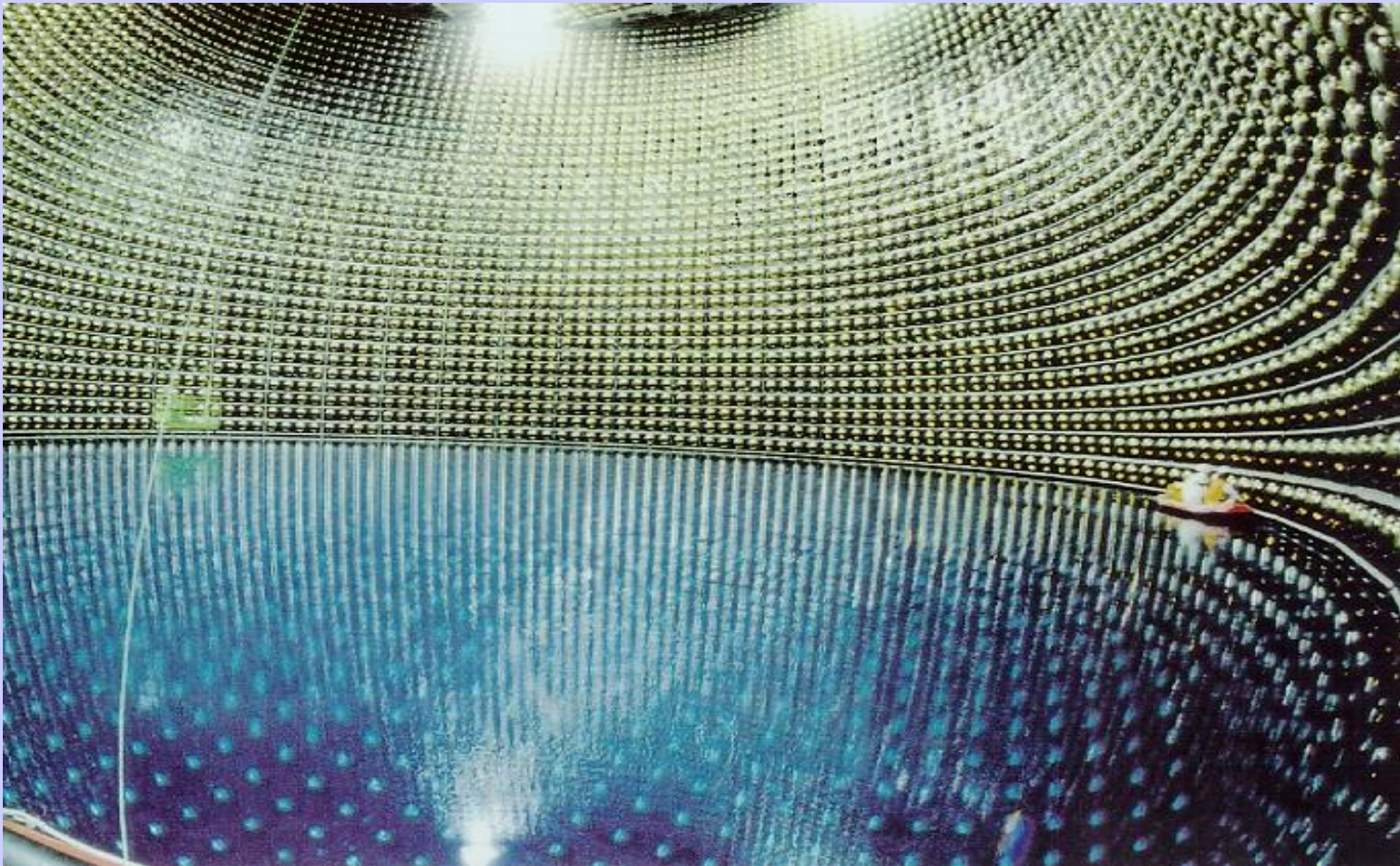
SUPER-KAMIOKANDE

(A Large Water Cerenkov Detector for Cosmic Particles)

- **Fizyka**
 - Oddziaływania neutrino
 - Rozpad protonu
- **Detektor (rozbudowany eksperyment Kamiokande)**
 - Cylinder o rozmiarach $H = 41,4 \text{ m}$ x $D = 39,3 \text{ m}$
 - 50 000 ton czystej wody (30 000 ton w części centralnej, 18 000 ton jako aktywna osłona przed mionami i promieniowaniem z otaczających skał)
 - 12 200 fotopowielaczy (o średnicy 50 cm), czułych na promieniowanie Czerenkowa; próg rejestracji – 5 MeV, energetyczna zdolność rozdzielcza – 2,5% przy 1 GeV
 - Lokalizacja – 1000 m pod powierzchnią ziemi, w kopalni Mozumi Kamioka, Japonia
- **Rezultaty**
 - Obserwacja ok. 50 000 oddziaływań neutrino na rok
 - Obserwacja oscylacji neutrino

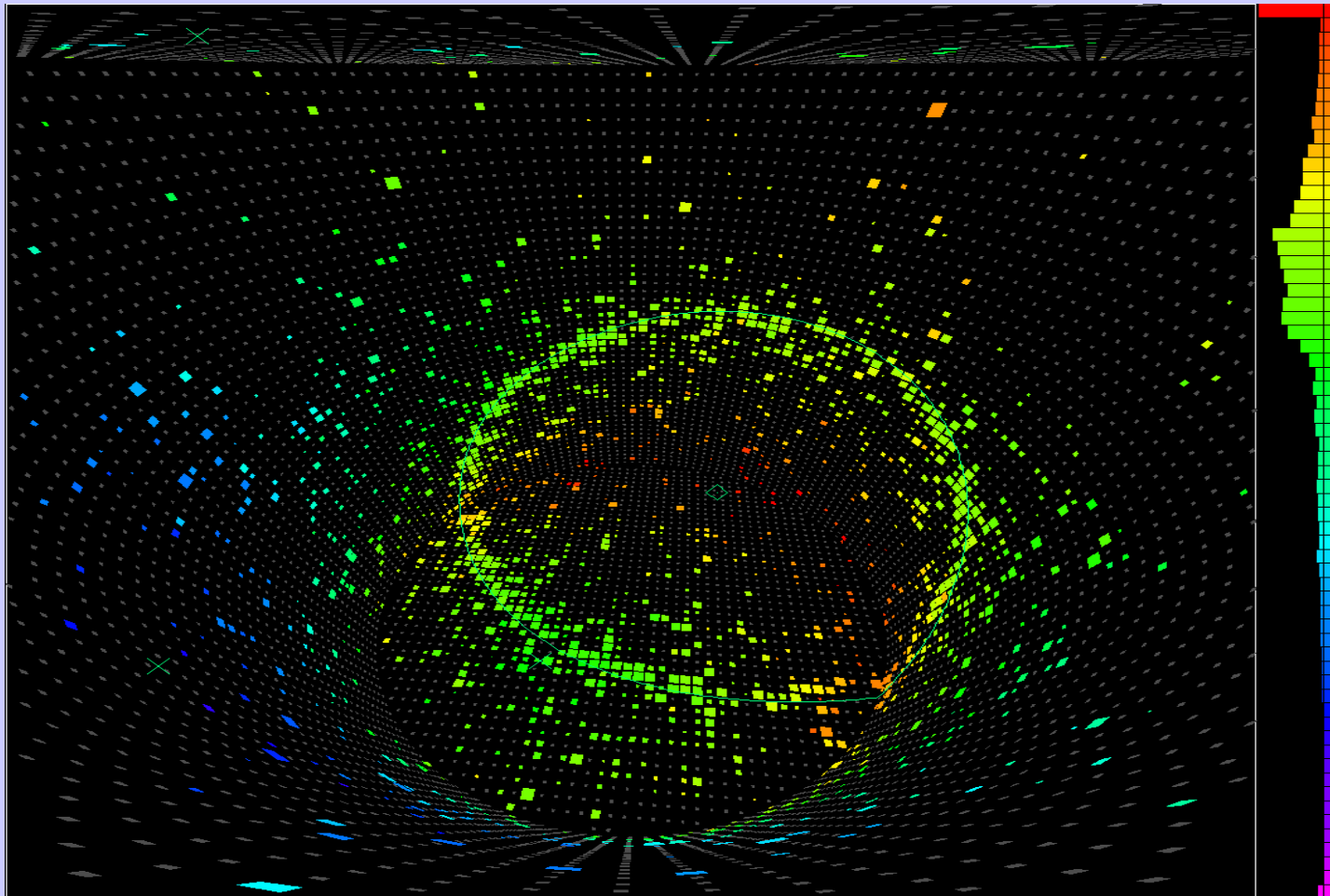
SUPER-KAMIOKANDE

(A Large Water Cerenkov Detector for Cosmic Particles)

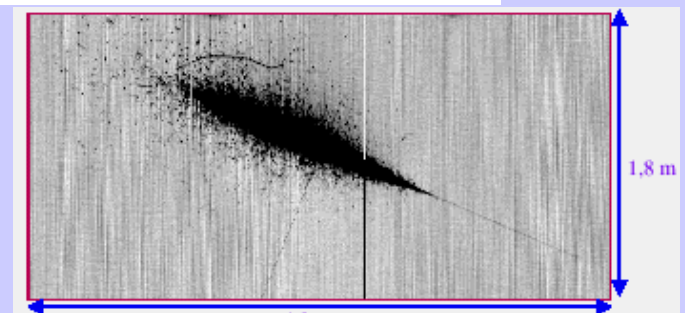
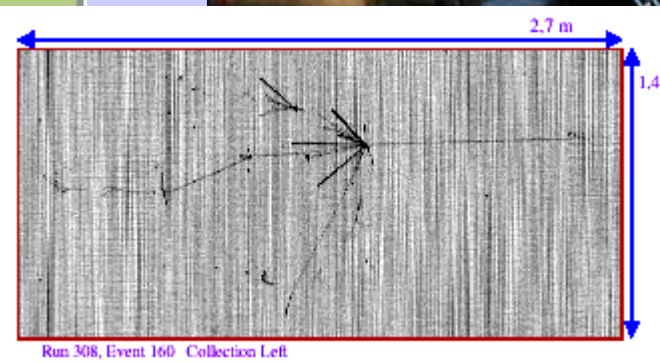
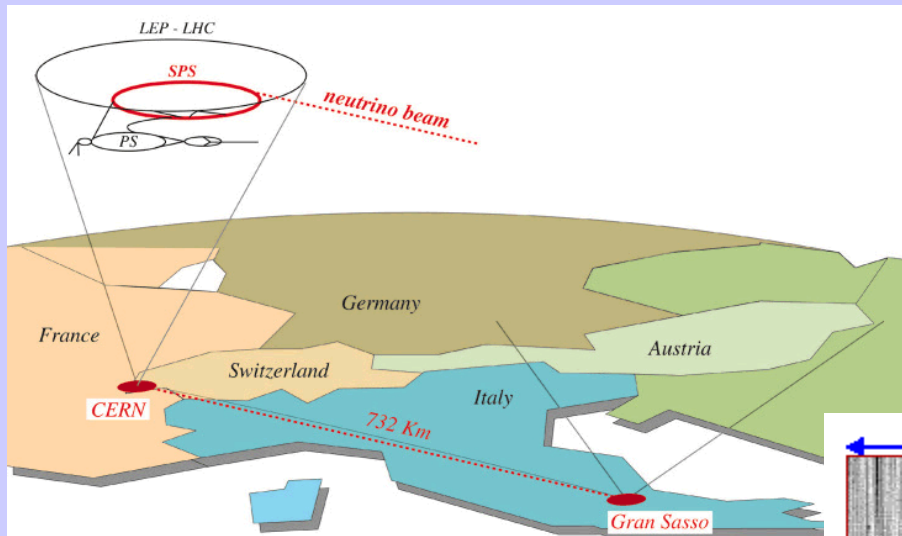


SUPER-KAMIOKANDE

(A Large Water Cerenkov Detector for Cosmic Particles)



Eksperyment ICARUS w Podziemnym Laboratorium Gran Sasso



MAGIC

(Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov detector)

- **Fizyka**

- Obserwacja wysokoenergetycznych kwantów gamma (> 300 GeV), będących bezpośrednimi nośnikami informacji z bardzo odległych obiektów (promieniowanie gamma wędruje bez odchylenia w polach magnetycznych)

- **Metoda**

- Obserwacja wtórnej kaskady promieniowania Czerenkowa za pomocą Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope (IACT)

- **Aparatura**

- Lustro o powierzchni 234 m^2 , obserwowane przez „kamerę” złożoną z 577 fotopowielaczy z szybkim odczytem; próg czułości ok. 30 GeV
- Lekka konstrukcja pozwala na szybkie skierowanie aparatury w pożądanym kierunku
- Umieszczona na Roque de los Muchachos, na wysie La Palma, na wysokości ok.. 2500 m, z dala od zamieszkałych obiektów

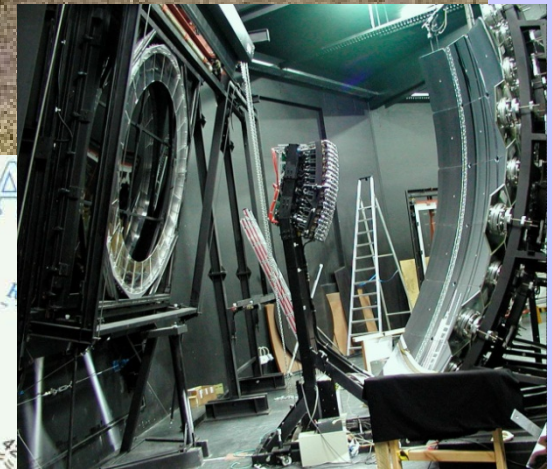
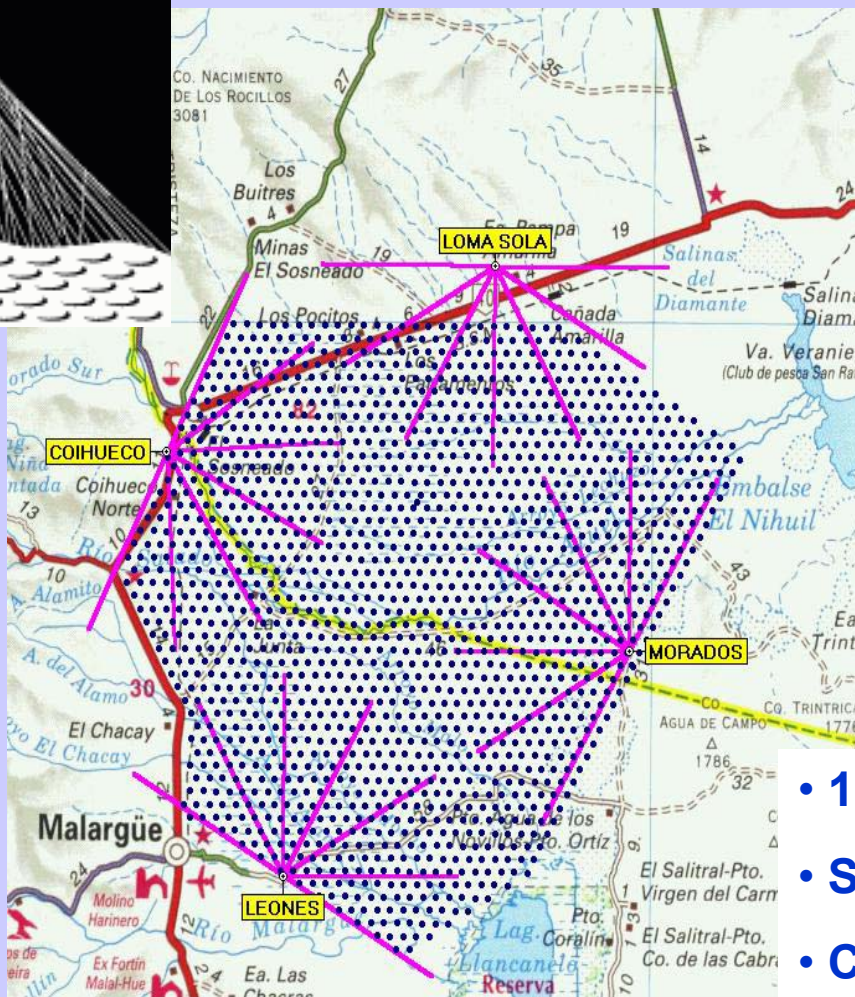
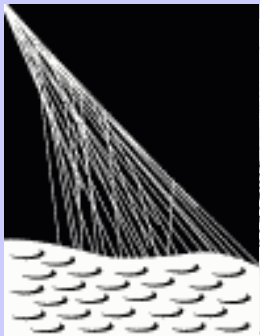
MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov detector)



Ulokowany w La Palma (Wyspy Kanaryjskie); powierzchnia luster ok. 240 m^2 , potrzebuje tylko 22 s na pełny obrót (śledzi za źródłem rozbłysków gamma)

Pierre Auger Observatory

(eksperyment promieniowania kosmicznego)

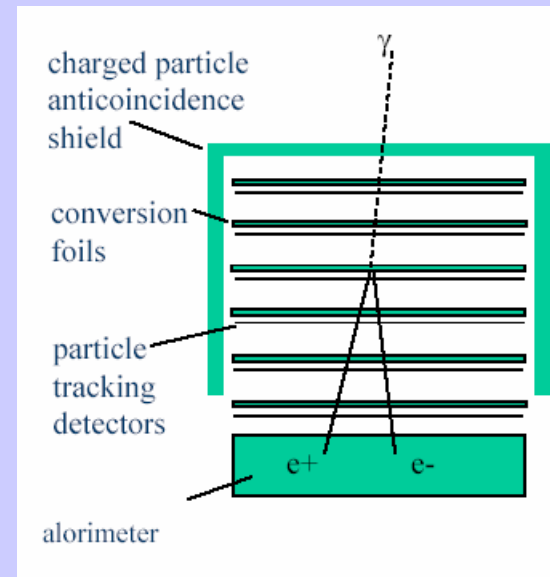
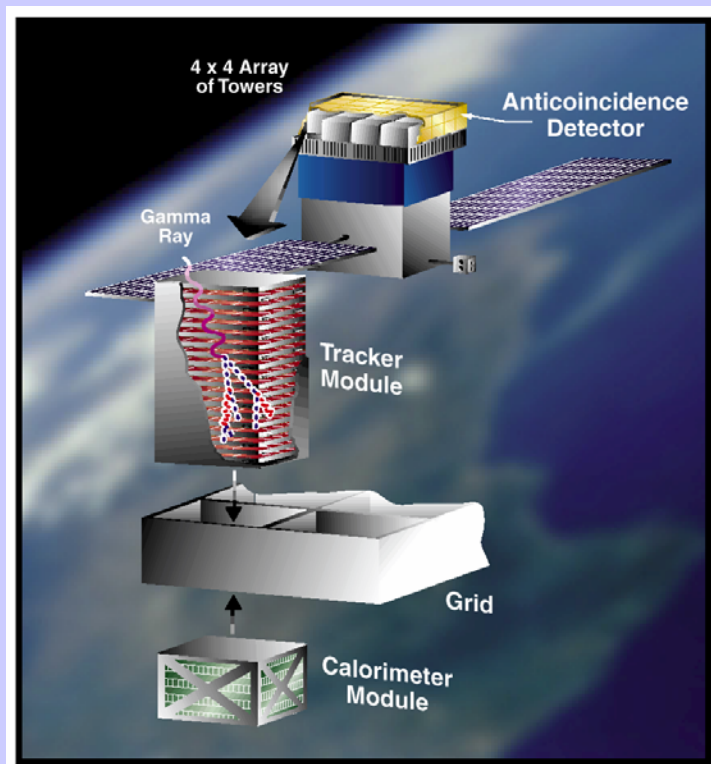


- 1600 detektorów – 3000 km²
- Separacja detektorów 1500 m
- Centralny kampus w Malargüe

GLAST (Gamma Ray Large Space Telescope)

GLAST -> FERMI

H. F-W. Sadrozinski, GLAST, a Gamma Ray Large Area Space Telescope, Nucl. Instr. Meth, A466 (2001), 292



Tracking

- Si strip detectors
- pitch 228 μm
- $\sim 10^6$ channels

AMS (ALFA Magnetic Spectrometer)

AMS (ALPHA Magnetic Spectrometer)

Y-H. Chang, The AMS Silicon Tracker
Nucl. Instr. Meth., A466 (2001), 282

- Rigidity ($dR/R \approx 2\%$ for 1 GeV Protons) with Magnet
- Signed Charge (dE/dx)
- 8 Planes, $\sim 6\text{m}^2$
- Pitch (Bending): $27.5\mu\text{m}$
- Pitch (Non-Bending): $104\mu\text{m}$

