

Elementy fizyki cząstek elementarnych

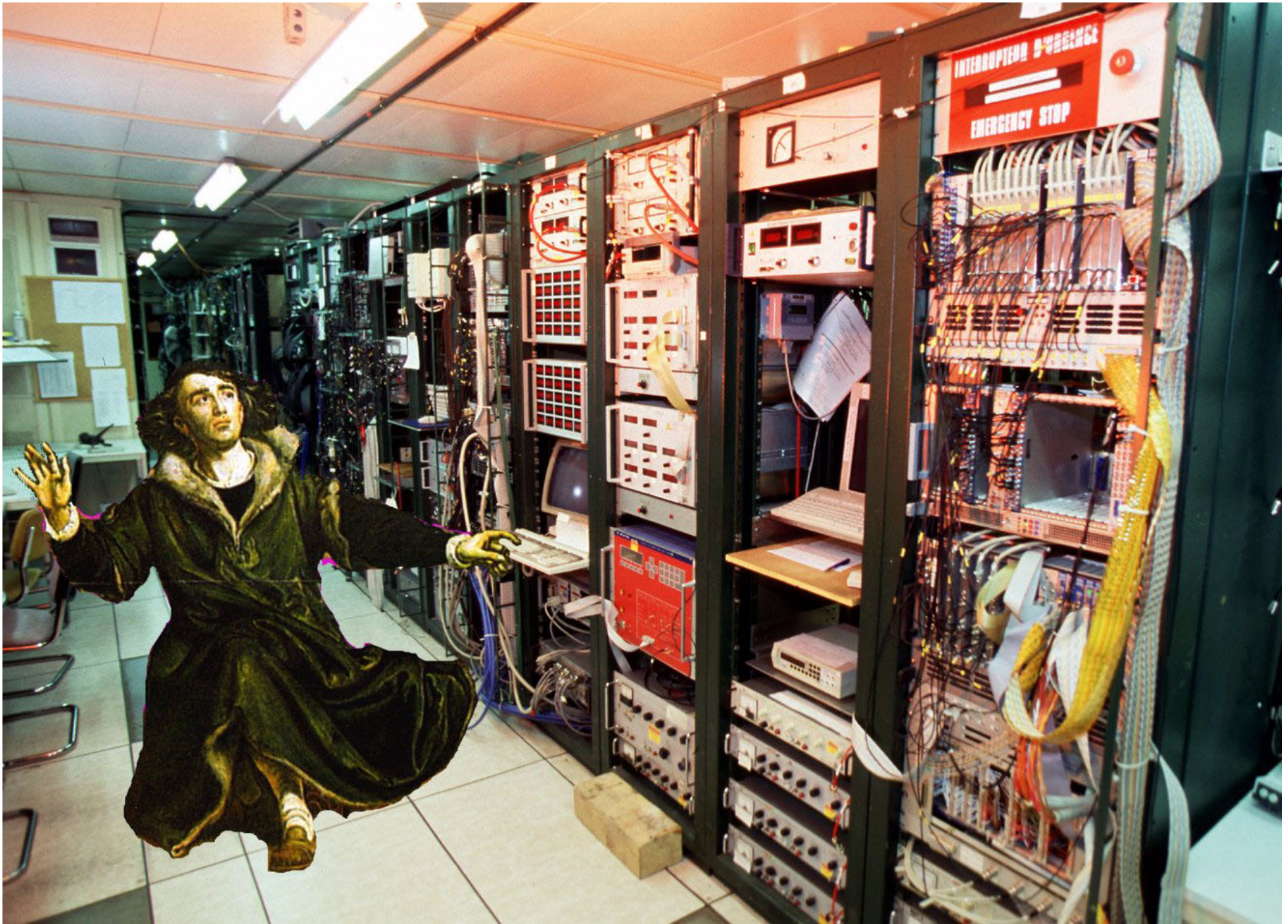
Grzegorz Wrochna

Kosmiczna przyszłość fizyki cząstek

czyli

gdyby Kopernik żył w XXI w.

- astronomia cząstek elementarnych (*astroparticle physics*)
- kosmiczne akceleratory
- detektory cząstek kosmicznych
- błyski gamma
- projekt “ π of the Sky”





ESO-CERN-ESA Symposium on Astronomy, Cosmology and Fundamental Physics

Garching bei München, Germany

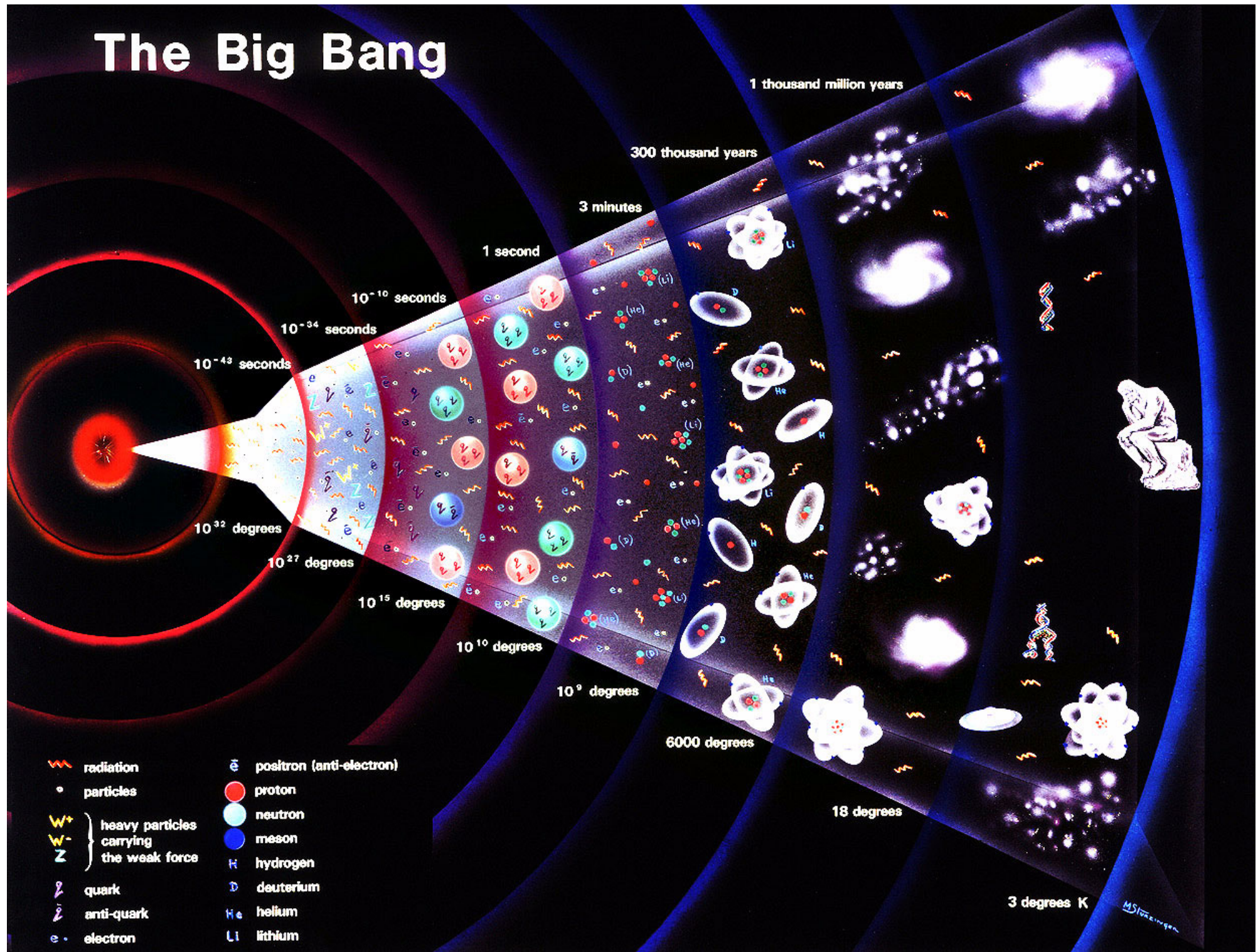
March 4-7, 2002

The connections between Astronomy, Cosmology and Fundamental Physics are well known, and become closer every day. Recent exciting developments in these fields include the structures in the cosmic background radiation, evidence for an accelerating Universe, searches for dark matter candidates, evidence for neutrino oscillations, space experiments on fundamental physics, and discoveries of extrasolar planets. ESO, CERN and ESA are thus involved in scientific endeavours and technologies which overlap considerably. This joint Symposium is the first to be co-organized and co-sponsored by all three organizations.

The symposium is meant to give a broad overview of scientific areas of interest to the communities of the three organizations: current observational cosmology including the microwave background fluctuations and new constraints on the cosmological parameters, searches for dark matter, high energy astrophysics (sources and backgrounds), recent developments and prospects in particle physics, fundamental physics from ground and space, extrasolar planets, and future perspectives at ESO, CERN and ESA.

<http://www.eso.org/gen-fac/meetings/symp2002/>

The Big Bang



- radiation
- particles
- W^+ } heavy particles carrying the weak force
- W^- }
- Z }
- quark
- anti-quark
- e^- electron
- e^+ positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- H hydrogen
- D deuterium
- He helium
- Li lithium

M. Steinhilber

Astronomia a fizyka cząstek

Badaniem najbardziej podstawowych praw przyrody zajmują się

- **astronomia (kosmologia)**
- **fizyka cząstek elementarnych**

W ostatnich latach dziedziny te bardzo zbliżyły się do siebie.

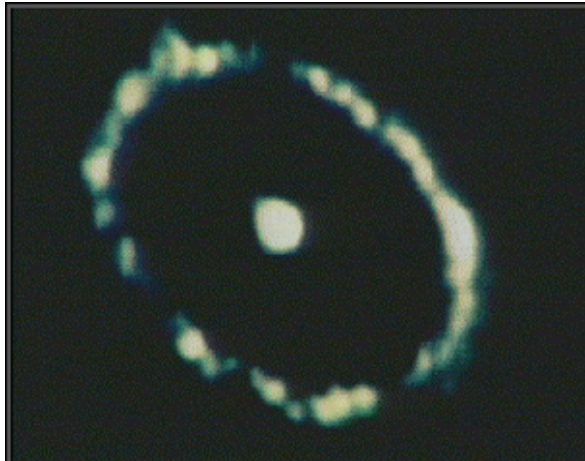
**Fizyka cząstek opisuje prawa rządzące materią na fundamentalnym poziomie,
kosmologia - jak ewoluował Wszechświat pod ich wpływem**

**Eksperymenty fizyki cząstek odtwarzają warunki panujące w młodym Wszechświecie
W kosmosie nie brak źródeł cząstek o gigantycznych energiach.**

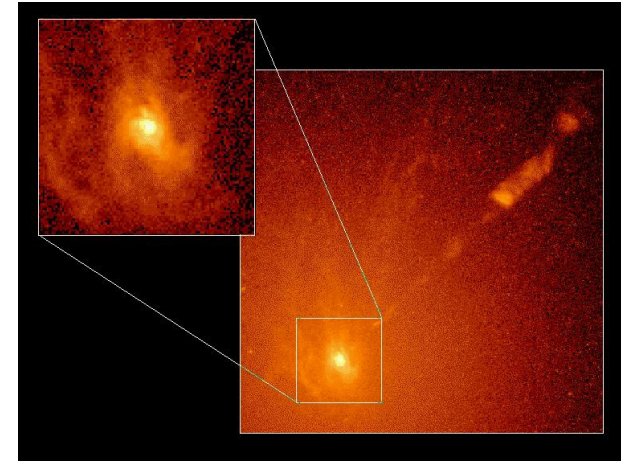
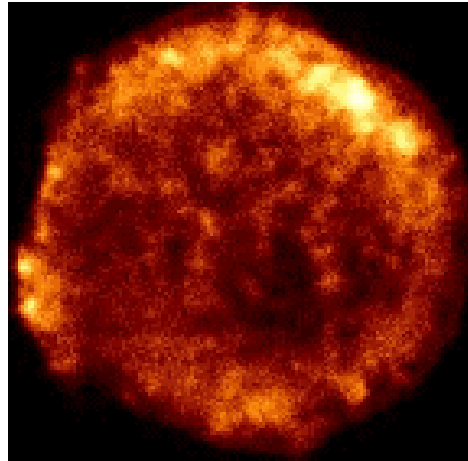
**Wyniki eksperymentów fizyki cząstek są podstawą modeli kosmologicznych.
Wyniki obserwacji astronomicznych są sprawdzianem fizyki cząstek.**

Metody eksperymentalne obu dziedzin zbliżyły się do siebie.
Coraz więcej eksperymentów “z pogranicza”.

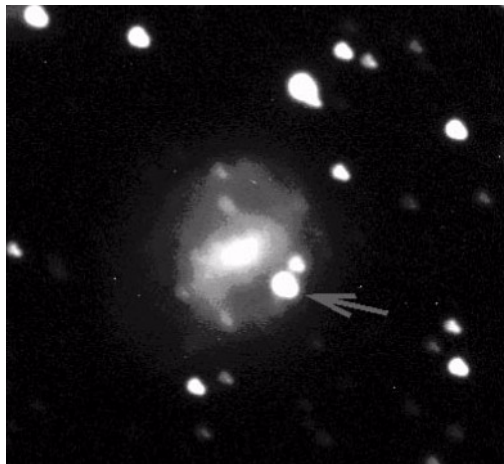
Kosmiczne akceleratory cząstek



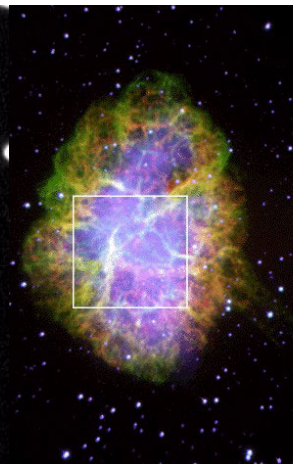
supernowe



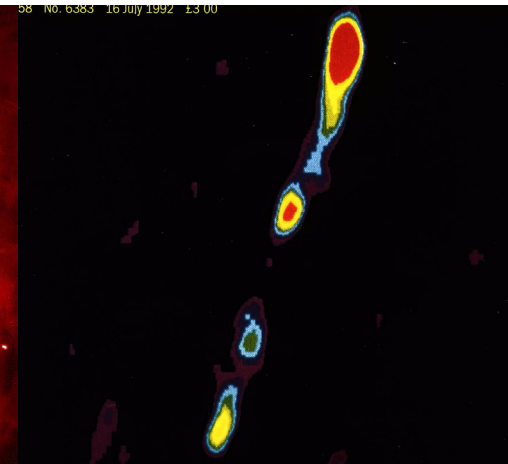
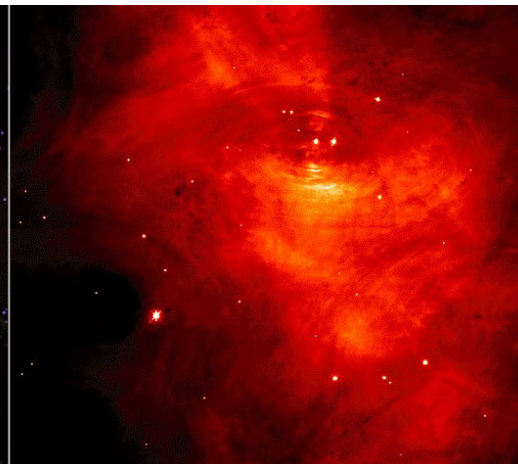
aktywne jądra galaktyk



błyski gamma

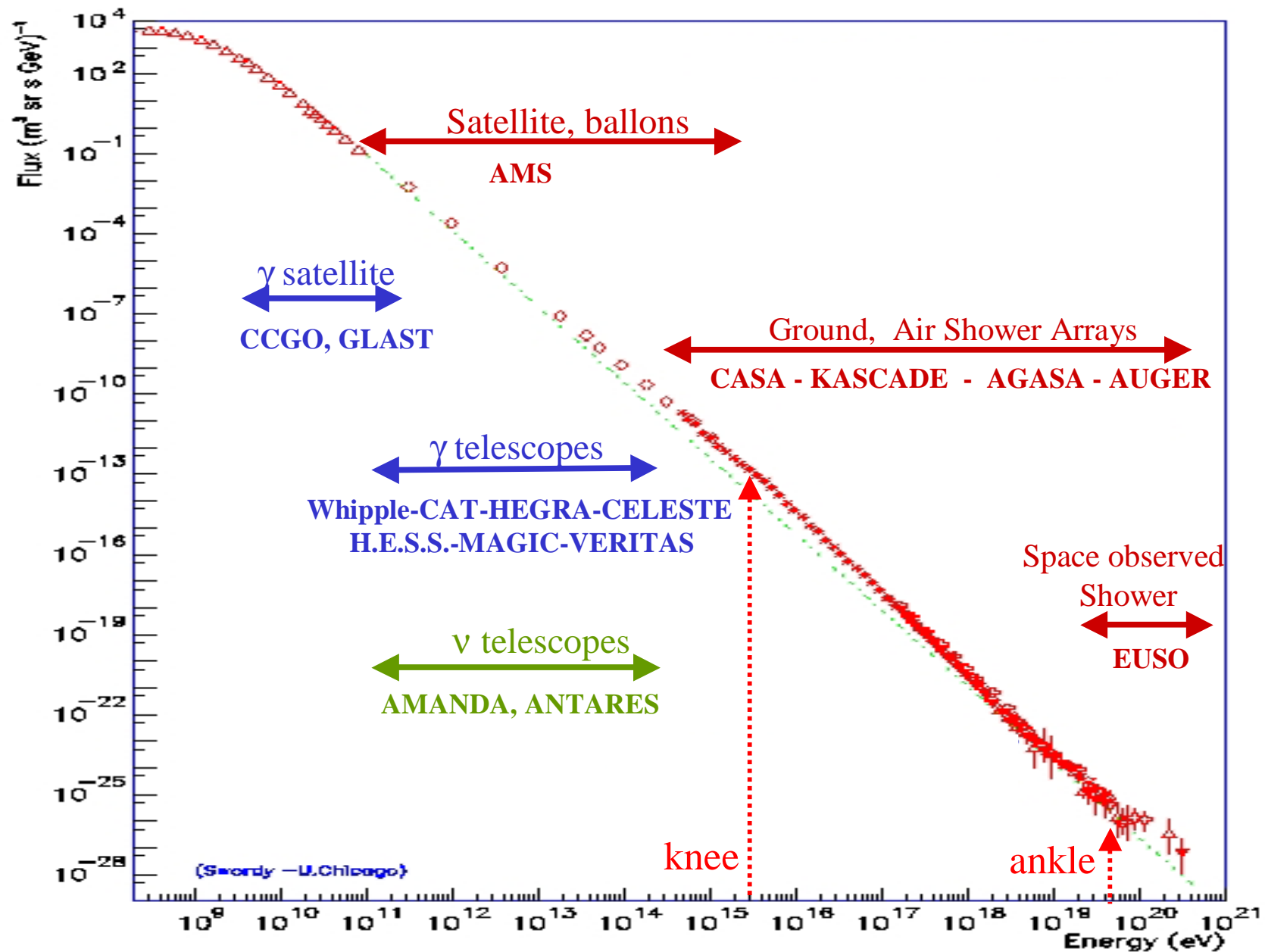


pulsary, pleriony



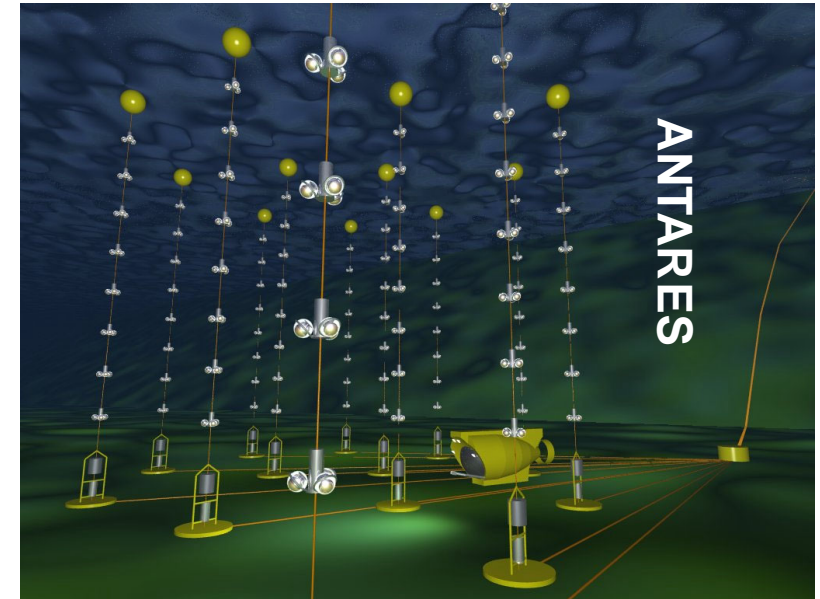
mikrokwazary

Badanie promieni kosmicznych

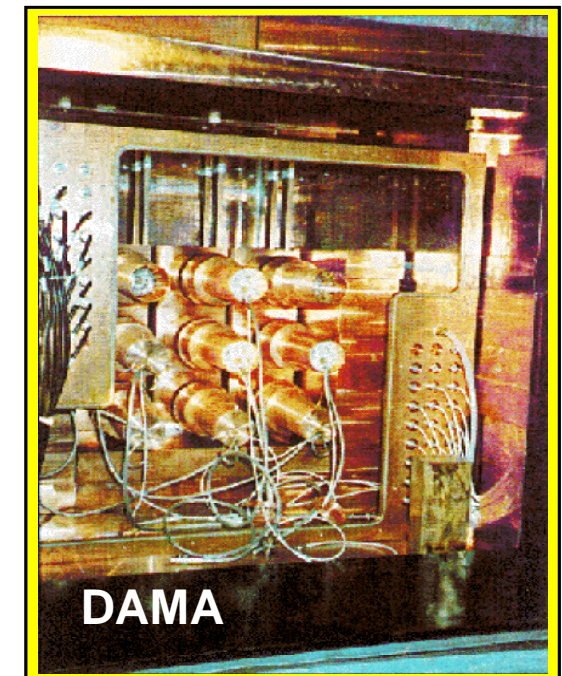
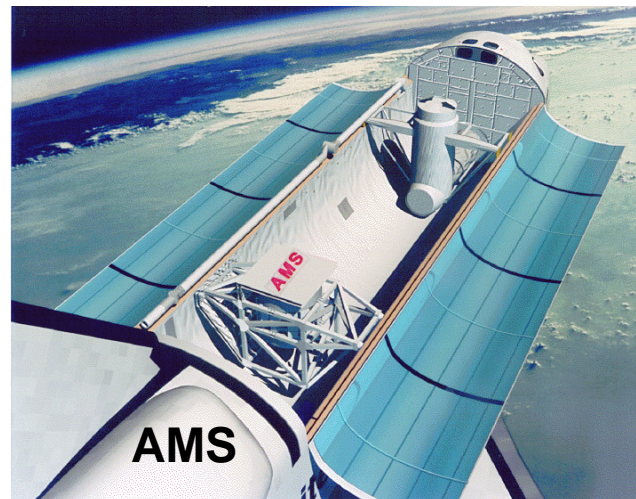


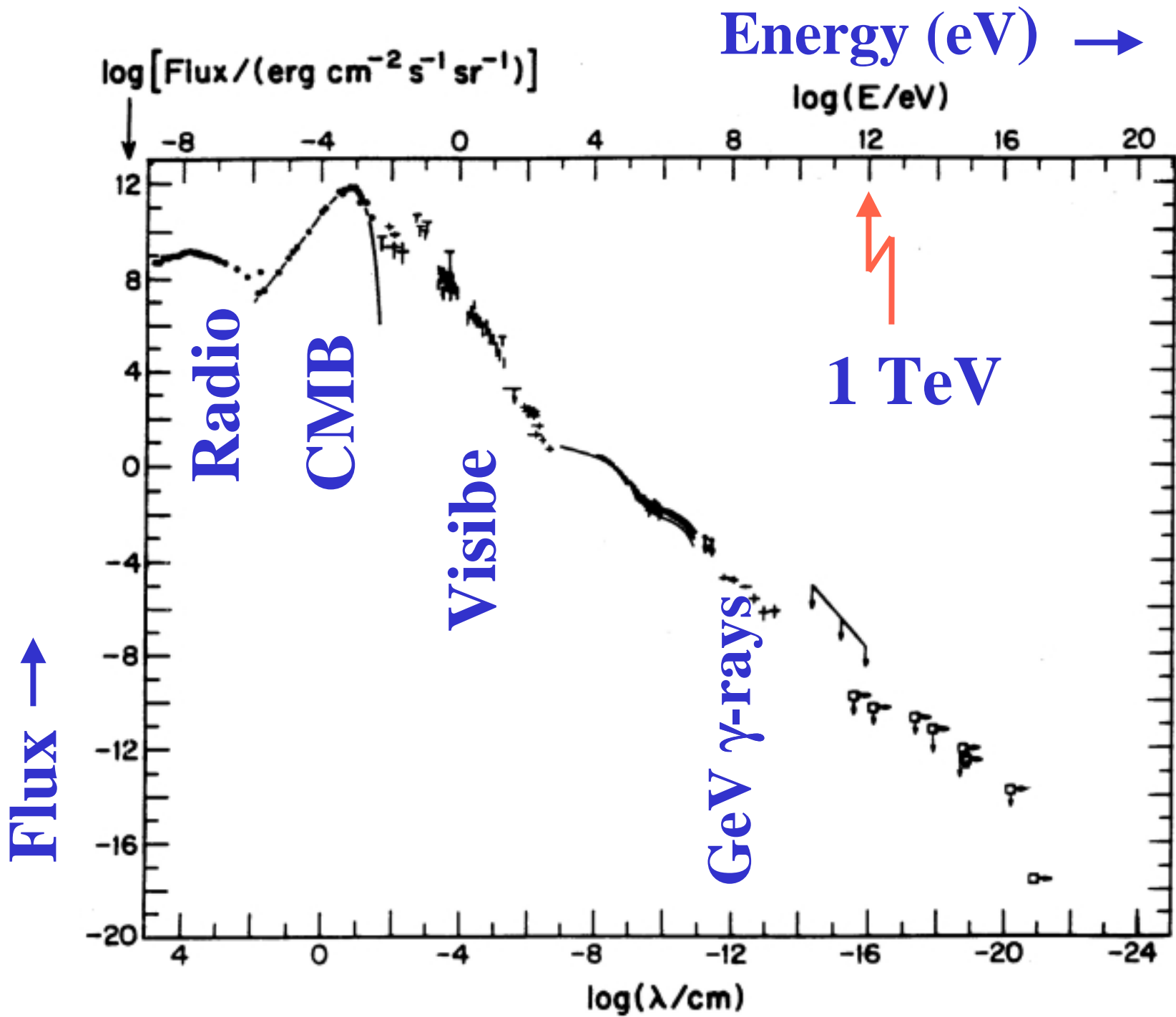
Detektory cząstek kosmicznych

- **Detektory neutrin**
 - Kamiokande, SNO, Amanda, Antares
- **Detektory kaskad atmosferycznych**
 - Agasa, Auger, Cascade



- **Detektory uniwersalne**
 - CosmoLEP, CosmoHERA
- **Detektory WIMPów**
 - DAMA, CDMS
- **Detektory na satelitach**
 - AMS
- **Teleskopy ...**



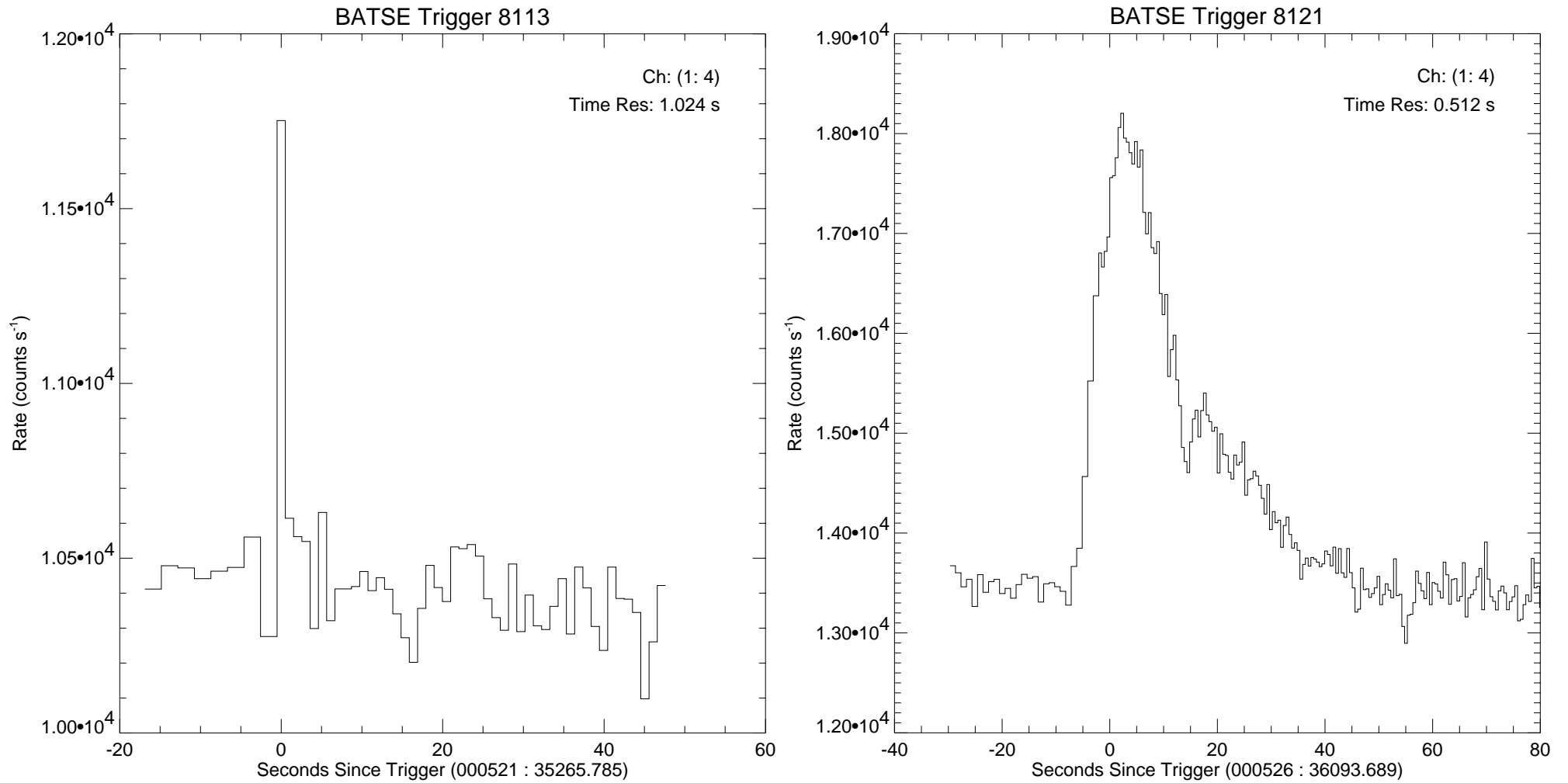


Błyski gamma

ang. Gamma Ray Bursts (GRB)

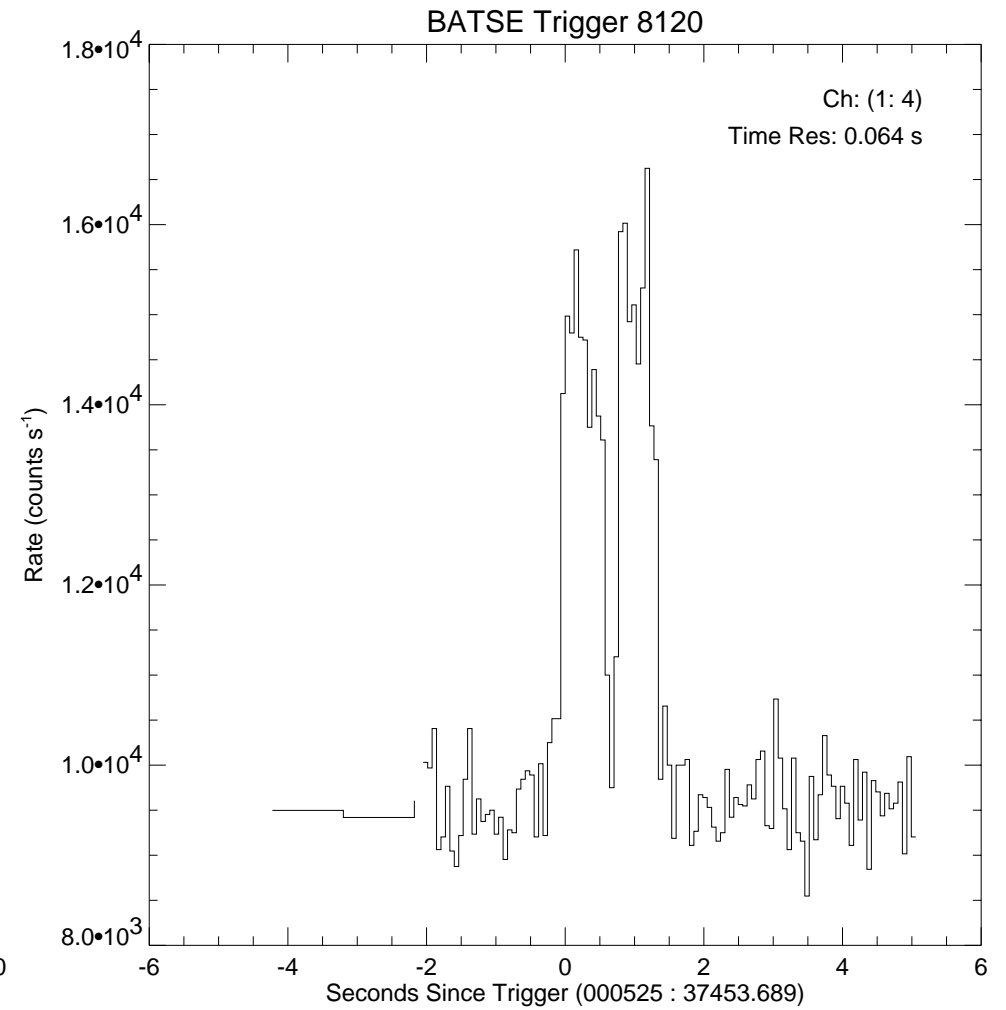
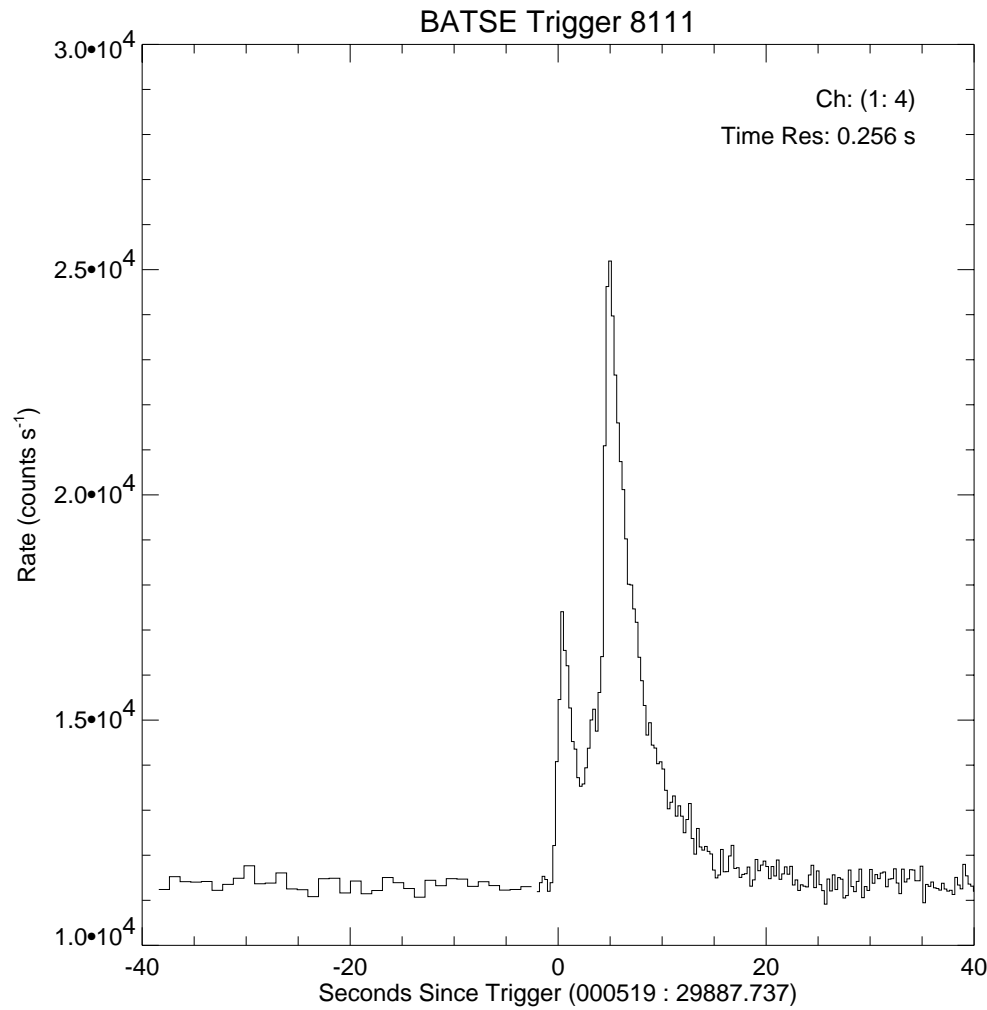
- krótkie (0.1-100s) pulsy promieni gamma z punktowych źródeł na niebie
- odkryte w 1967r. przez satelity szpiegowskie USA
- “świecą” jaśniej niż cała reszta nieba
- największe obserwowane kataklizmy
 10^{51} erg = 10^{44} J = 0.001 $M_{\text{Słońca}} c^2$
- pochodzą spoza Galaktyki
- częstość: ~3 dziennie (obecnie rejestrowane ~3/miesiąc)

Błyski gamma



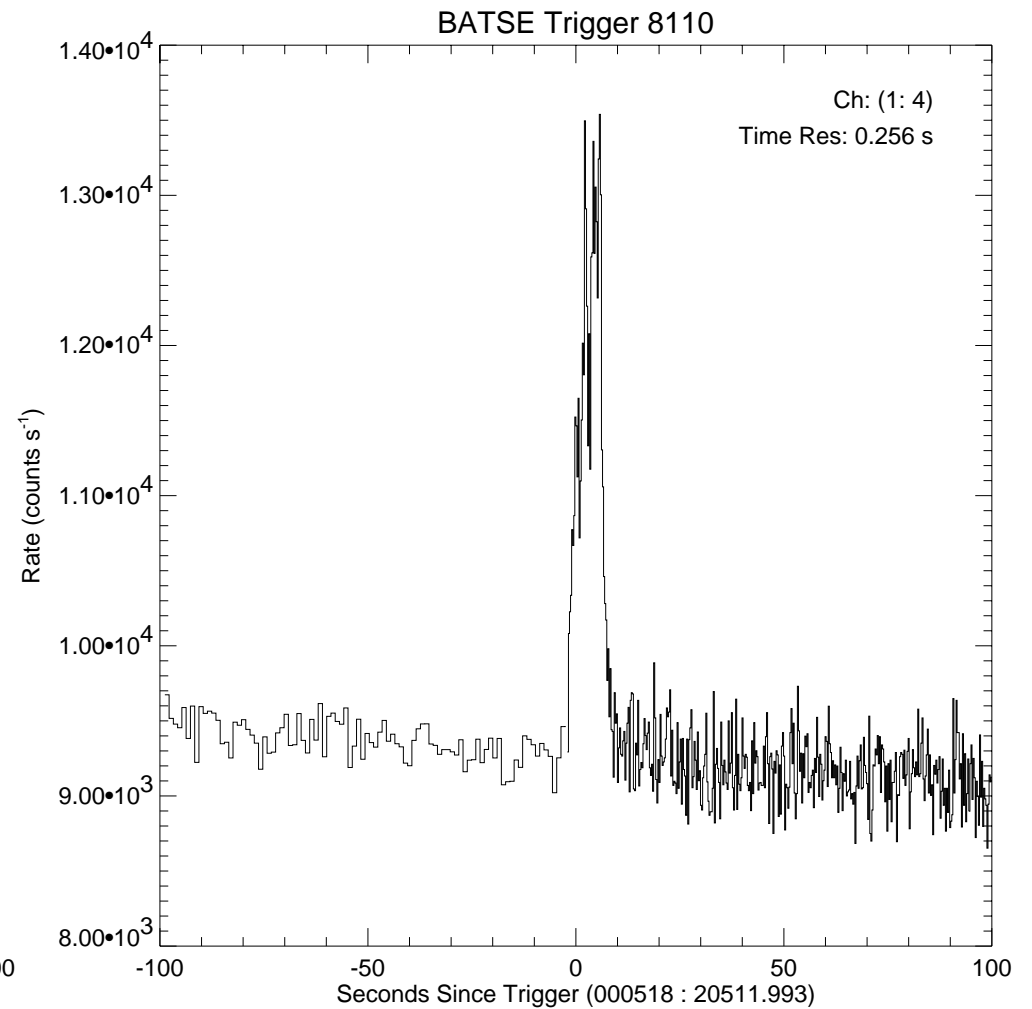
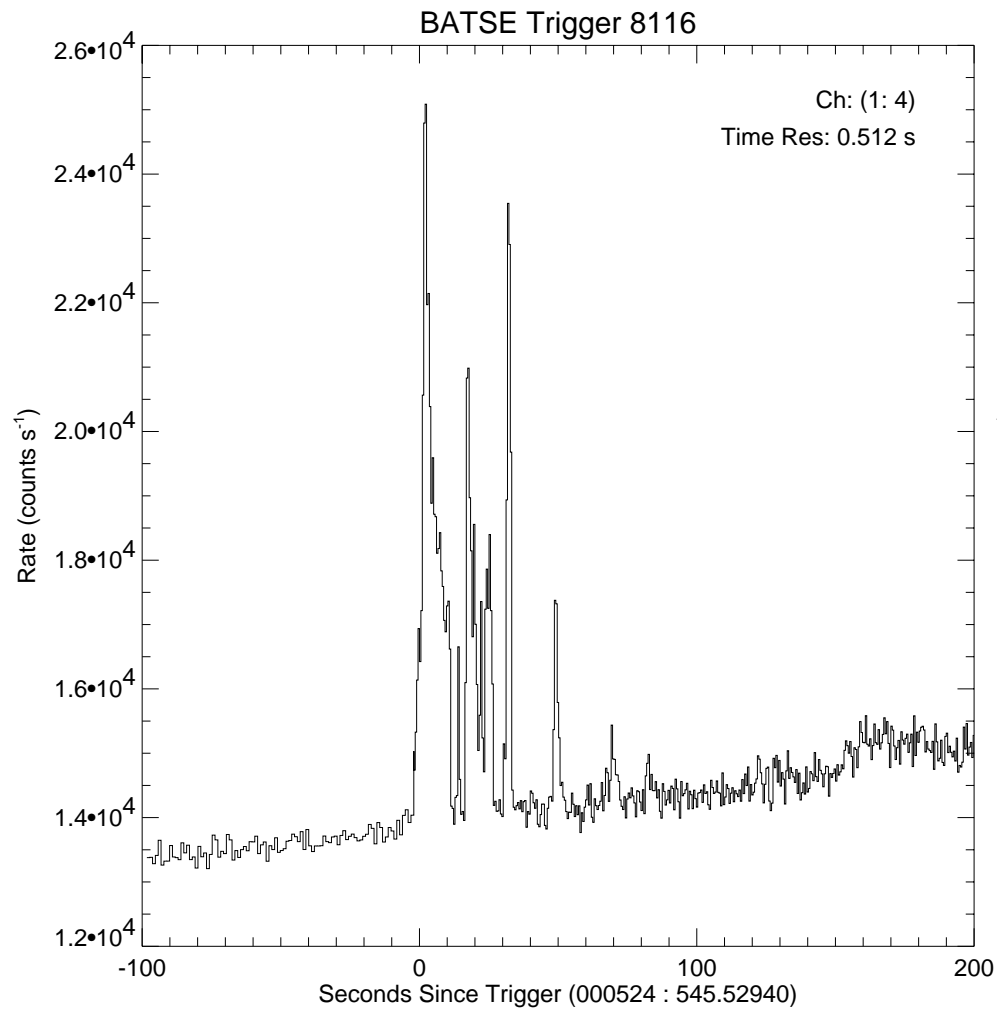
Czas trwania — 0.1-100 s

Błyski gamma



Czasem występują dwa maksima

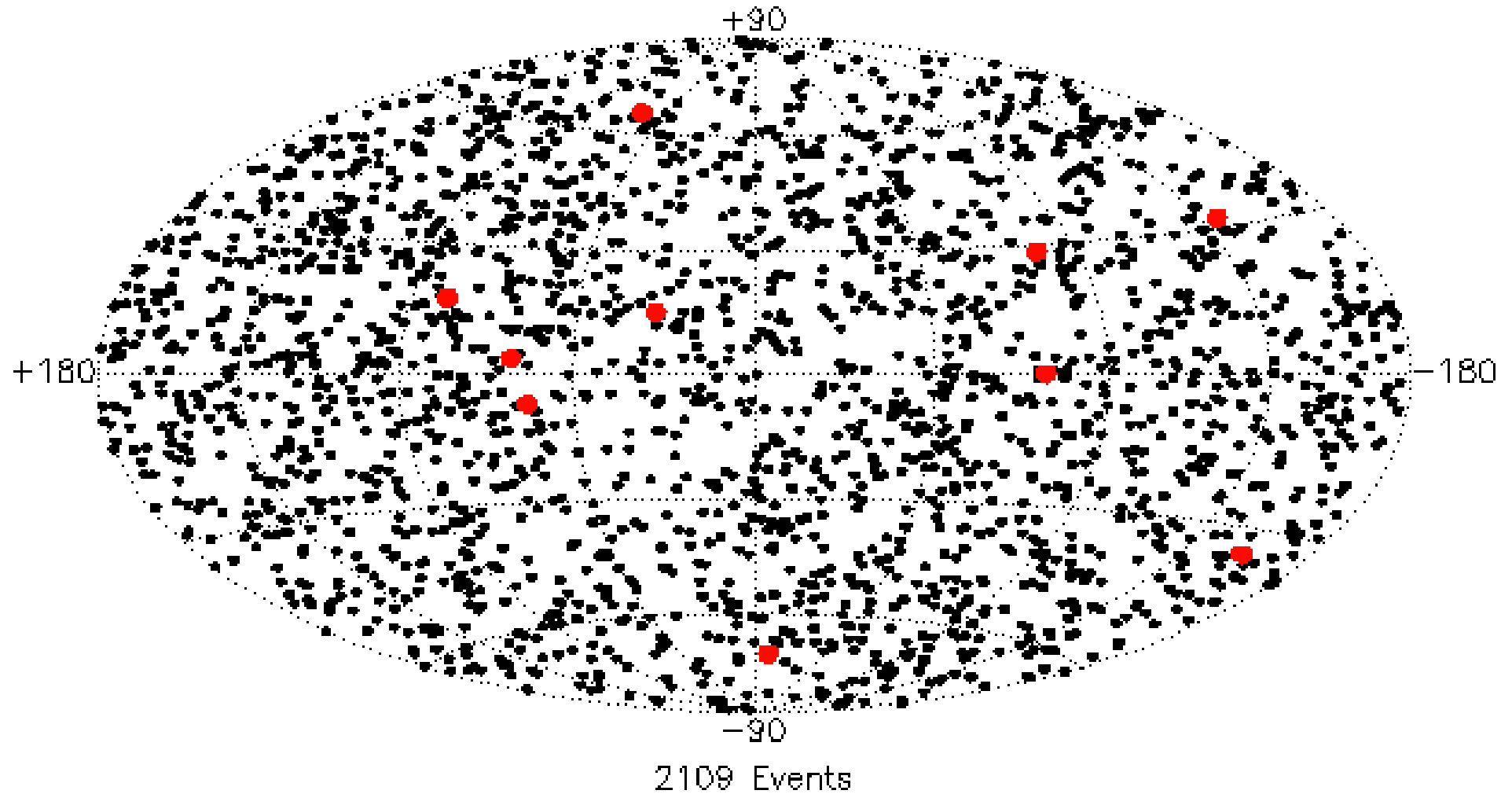
Błyski gamma



Niektóre błyski mają skomplikowaną strukturę i długi czas aktywności

Błyski gamma

Pochodzą spoza Galaktyki



Pochodzenie błysków gamma

Najgorętszy temat astrofizyki:

- ~500 prac rocznie

Hipotezy:

- zderzenie czarnych dziur lub gwiazd neutronowych
- kolaps rotującej gwiazdy neutronowej
- powstanie lub kolaps gwiazdy kwarkowej
- nowa fizyka?

Gwiazda neutronowa zapadająca się do czarnej dziury może przechodzić przez egzotyczne stany materii

- plazma kwarkowo-gluonowa?
- nowe stany stabilne?

Optyczne odpowiedniki błysków gamma

Na ok. 2500 zarejestrowanych błysków jedynie <30 zaobserwowano optycznie

- słaba zdolność rozdzielcza detektorów gamma
- małe pole widzenia i duża bezwładność wielkich teleskopów
- szybki spadek jasności źródła

Prawie wszystkie obserwacje wiele godzin po błysku

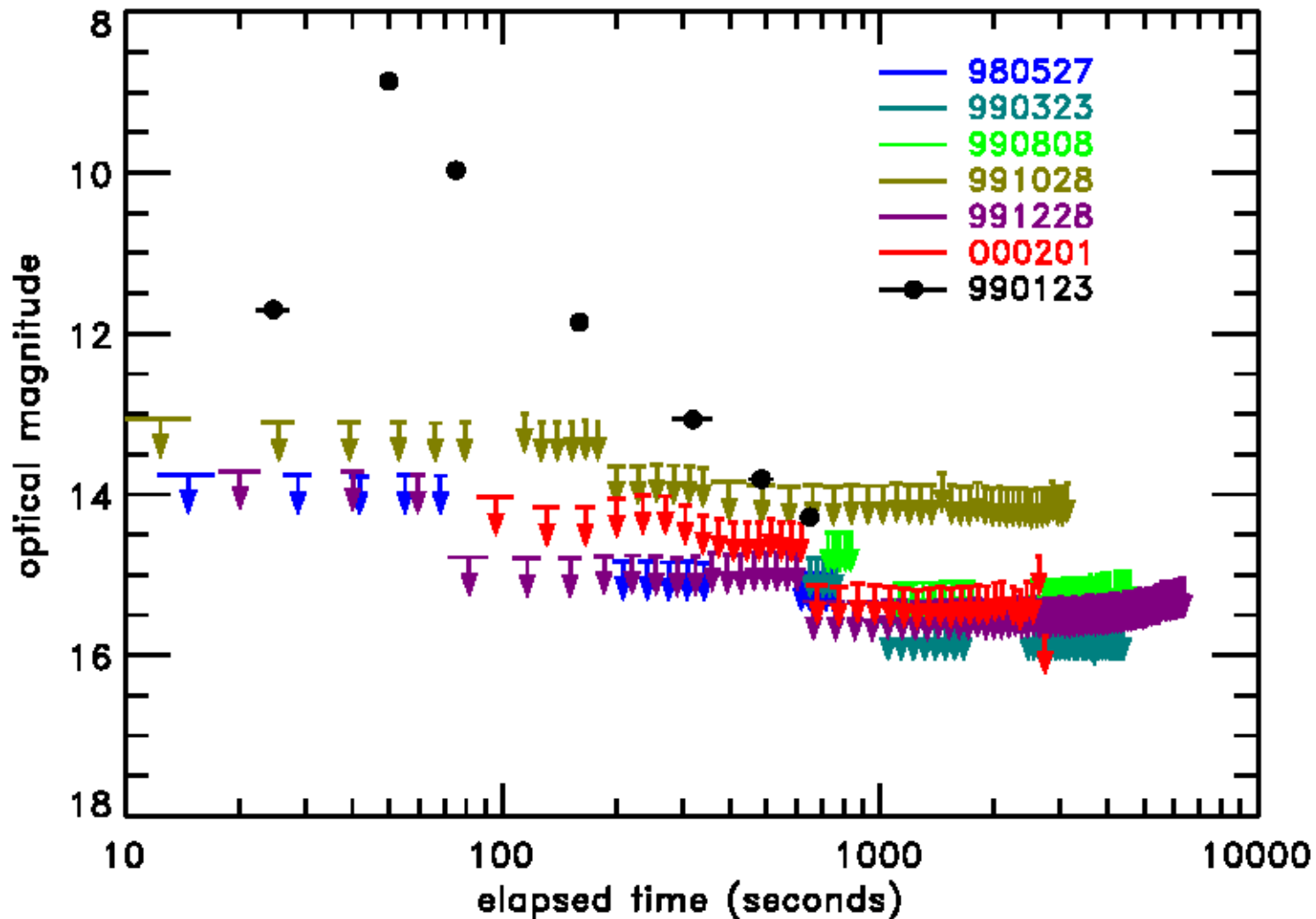
- bardzo słabe obiekty $>20^m$

Skala wielkości gwiazdowych *magnitudo*:

$$m_1 - m_2 = 2.5 \log_{10} (I_2/I_1)$$

- najjaśniejsze gwiazdy: ok. -1^m
- najśłabsze, widoczne gołym okiem: ok. 5^m

ROTSE - optyczna detekcja błysku



Jedyny błysk optyczny zarejestrowany tuż po błysku gamma,

jasność 8.6^m - widoczny przez lornetkę!

ROTSE



Teleobiektywy $\phi=10\text{cm}$

Automatyczny system naprowadzany sygnałem z satelity

Poszukiwanie błysków optycznych

Motywacja:

- kluczowe dla rozwiązania zagadki błysków gamma
- wiele nieudokumentowanych obserwacji okiem
- nowe okno na Wszechświat

Nikt dotąd nie obserwował nieba z rozdzielczością czasową sekund

Dotychczas astronomia zajmowała się raczej stabilnymi obiektami

- wielkie teleskopy - **powolny ruch**
- długa ogniskowa - **małe pole widzenia**
- duża średnica, długie czasy ekspozycji - **daleki zasięg**
- małe strumienie danych - **analiza off-line**

Projekt “ π of the Sky”

Rozwiązania zaczerpnięte z eksperymentów fizyki cząstek

- Stałe monitorowanie ~całego nieba
- Duży strumień danych
- Analiza w czasie rzeczywistym (on-line)
- Wielostopniowy system selekcji (tryger)

“ π of the Sky”

- **16** sprzężonych kamer CCD, każda **2048x2048** piksli
- obiektywy fotograficzne **f=50mm, f/2**
- rozmiar piksela **$\sim 15\mu\text{m}$** , pokrycie kątowe **1'**
- jedna kamera pokrywa **$35^\circ \times 35^\circ$**
- całość pokrywa niebo do **20°** nad horyzontem (**$> \pi$ sterad**)

- pojedyncze “zdjęcie” **128 MB**
- częstość odczytu **$\sim 5\text{s}$**
- strumień danych **$\sim 30 \text{ MB/s}$**

“ π of the Sky”

Mody pracy

- tryger z satelity
- tryger własny
- koincydencja z bliźniaczym urządzeniem
- regularne zdjęcia nieba ($\sim 1/h$)

Algorytmy

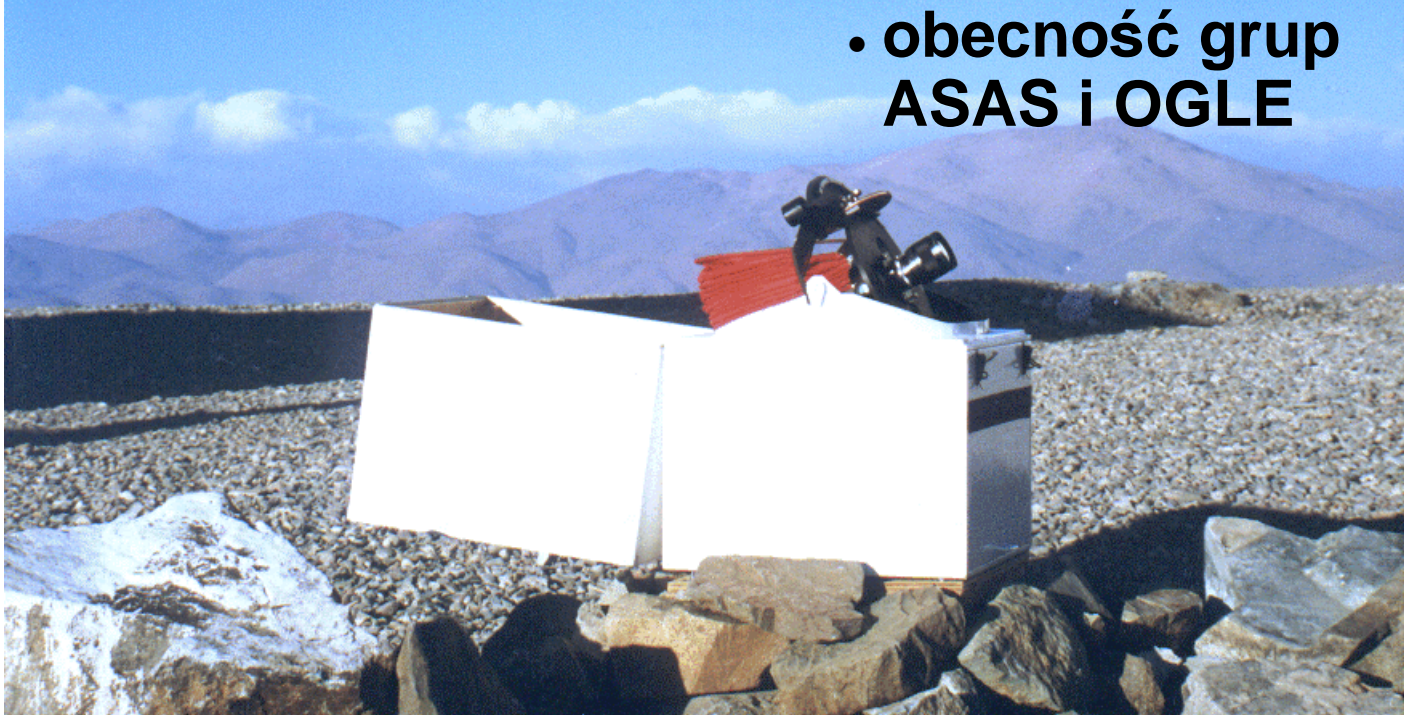
- porównywanie klatek
- rozpoznawanie gwiazd
- wykrywanie zmian (błysków)
- odrzucanie tła
 - samoloty, satelity, błyskawice, meteory, gwiazdy zmienne, świetliki, miony kosmiczne, szum elektroniczny

Lokalizacja “ π of the Sky”

Polskie obserwatorium na Las Campanas w Chile



- duża wysokość
- czyste powietrze
- brak chmur
- zasilanie
- internet
- obecność grup ASAS i OGLE



Plany “ π of the Sky”

- Opracowanie algorytmów w oparciu o dane z kamery ASAS — lato 2002
- Prototyp (jedna kamera) — 6-12.2002
- Testy prototypu — 1-2.2003
- Wykonanie całego systemu — wiosna 2003
- Pierwsze dane — lato 2003

Zapraszam do współpracy!

Grzegorz Wrochna

wrochna@fuw.edu.pl

tel. 628 18 93

pokój 108 w pawilonie IPJ