

# *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 “ $\pi$  of the Sky”

# ***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.

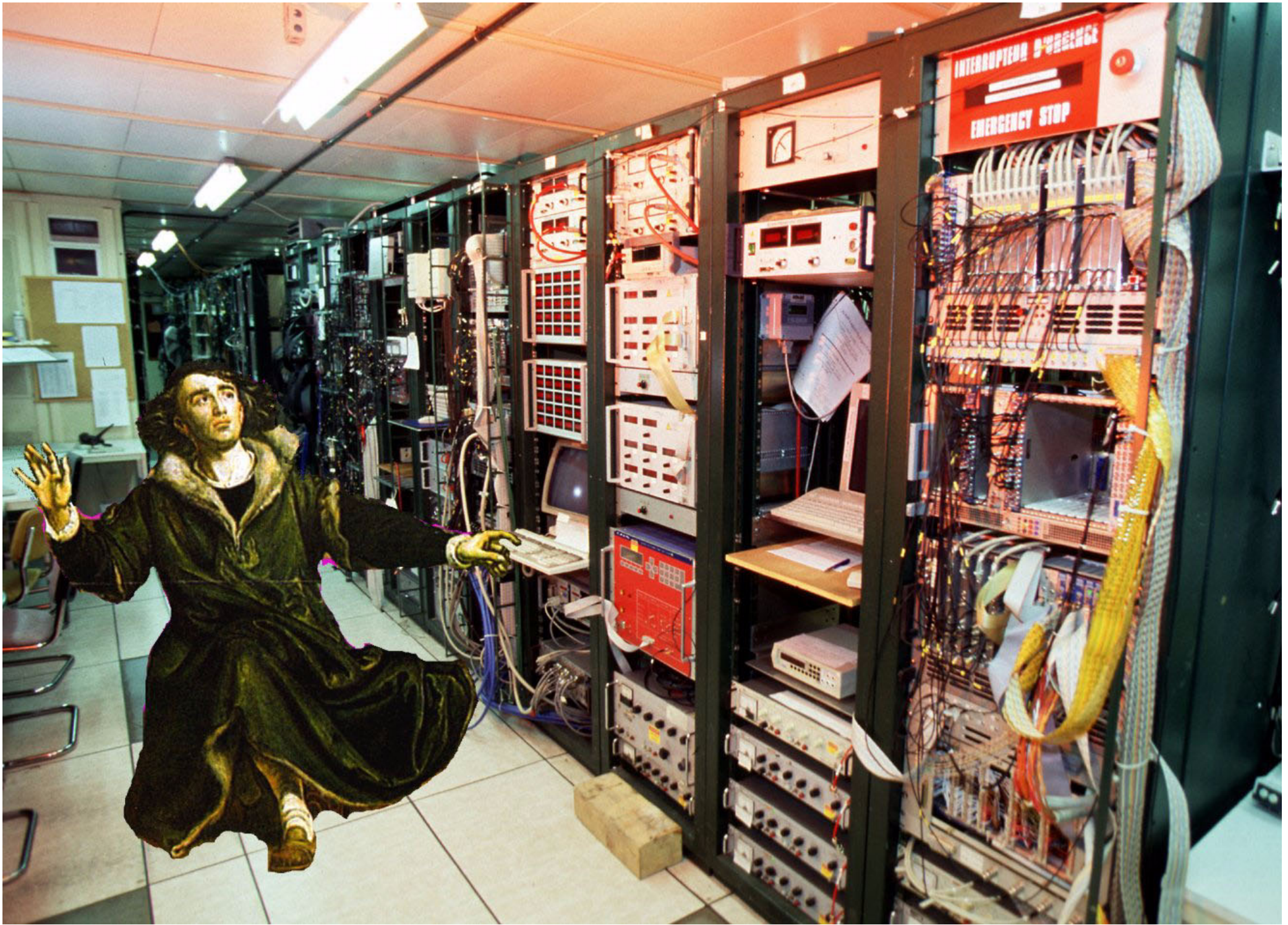
**Fizyka cząstek opisuje prawa rządzące materią na fundamentalnym poziomie,  
kosmologia - jak ewoluował Wszechświat pod ich wpływem**

**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.**

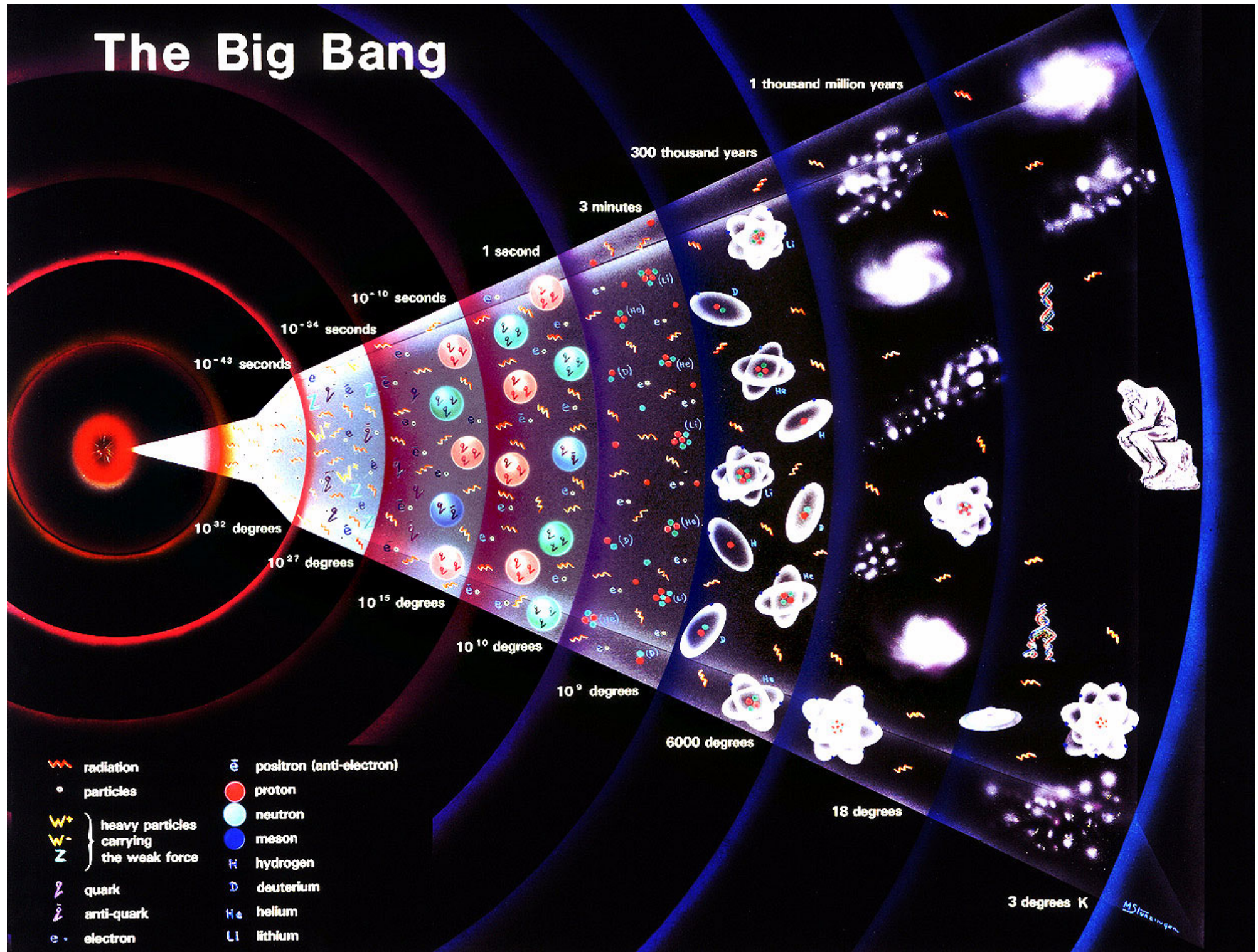
Metody eksperymentalne obu dziedzin zbliżyły się do siebie.  
Coraz więcej eksperymentów “z pogranicza”.























# The Big Bang



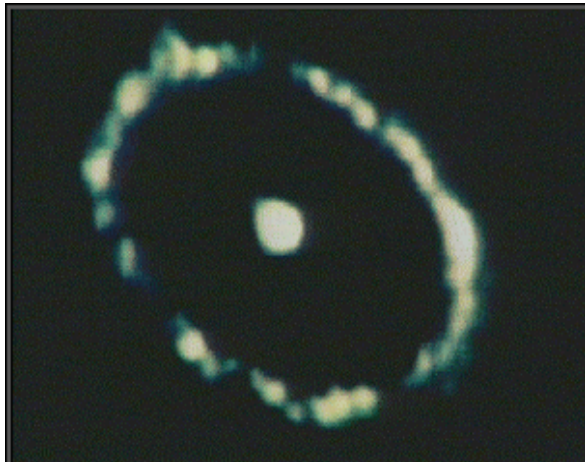
- |   |  |
|---|--|
|  radiation   |  positron (anti-electron) |
|  particles   |  proton                   |
|    heavy particles carrying the weak force |  neutron                  |
|  quark   |  meson                    |
|  anti-quark  |  hydrogen                 |
|  electron  |  deuterium                |
|   |  helium                   |
|   |  lithium                  |

M. Steinhilber

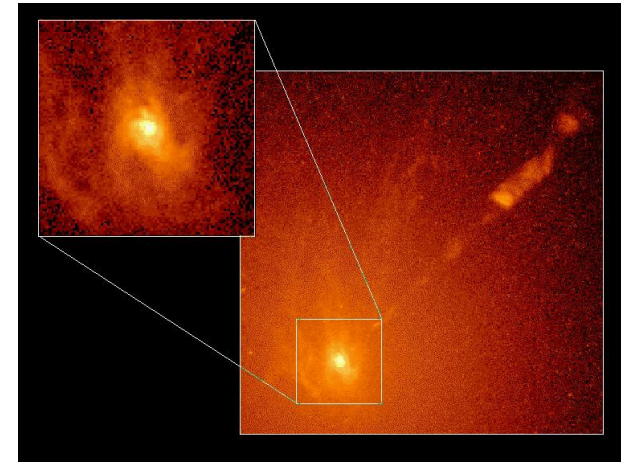
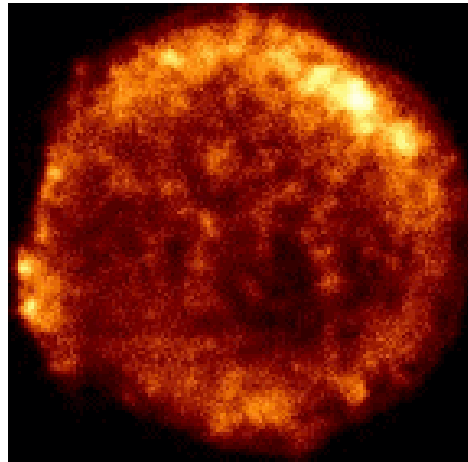


# ***Kosmiczne akceleratory cząstek***

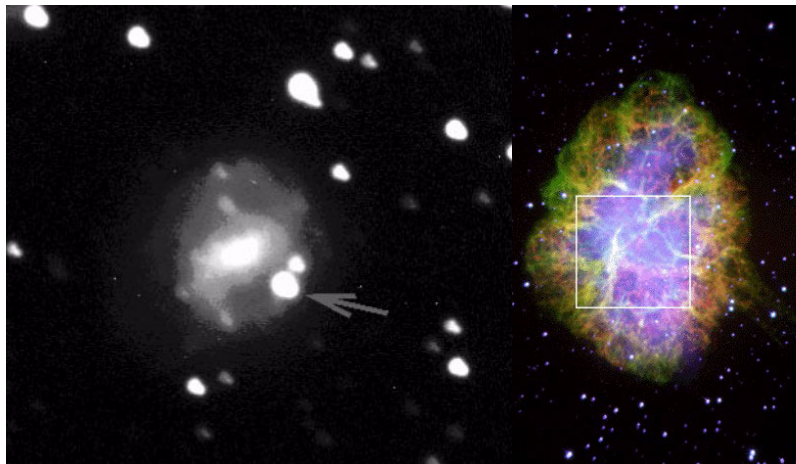
---



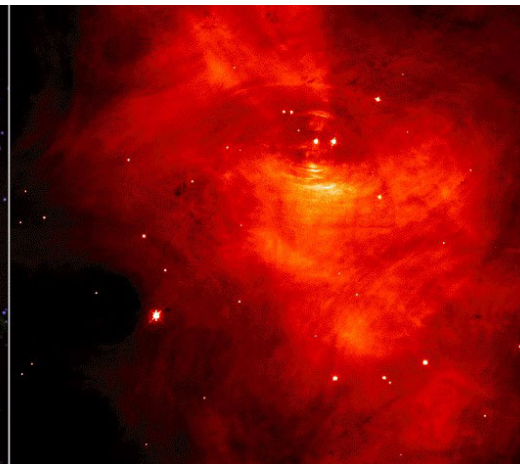
**supernowe**



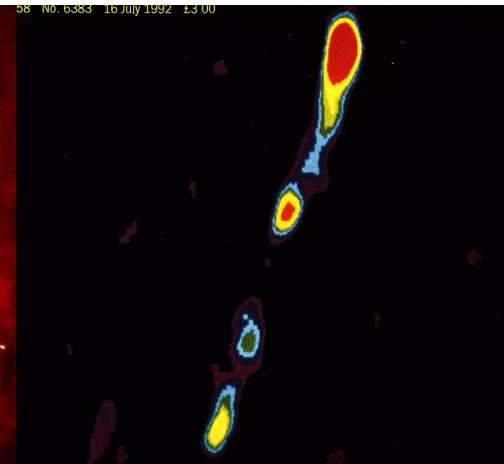
**aktywne jądra galaktyk**



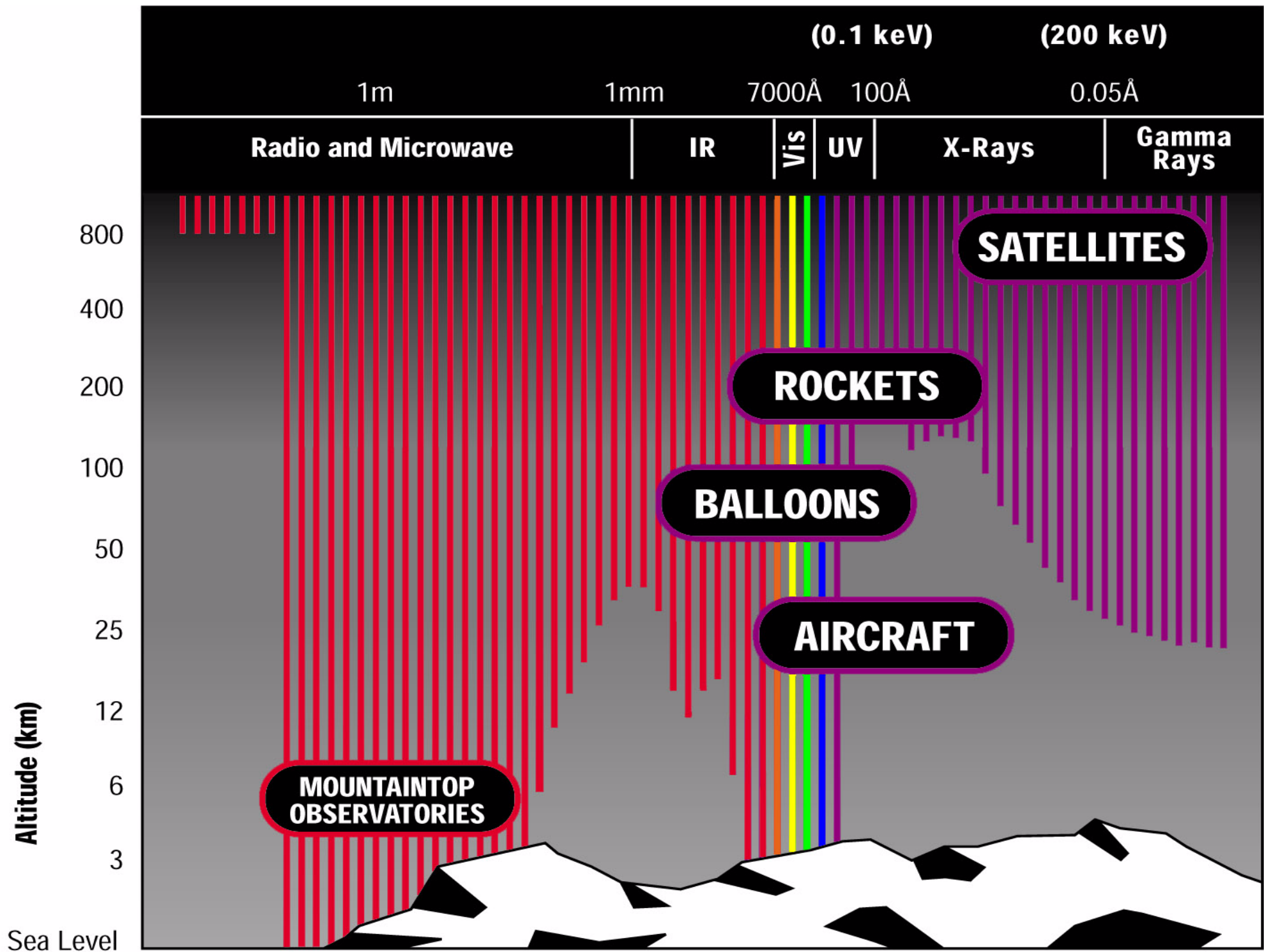
**błyski gamma**



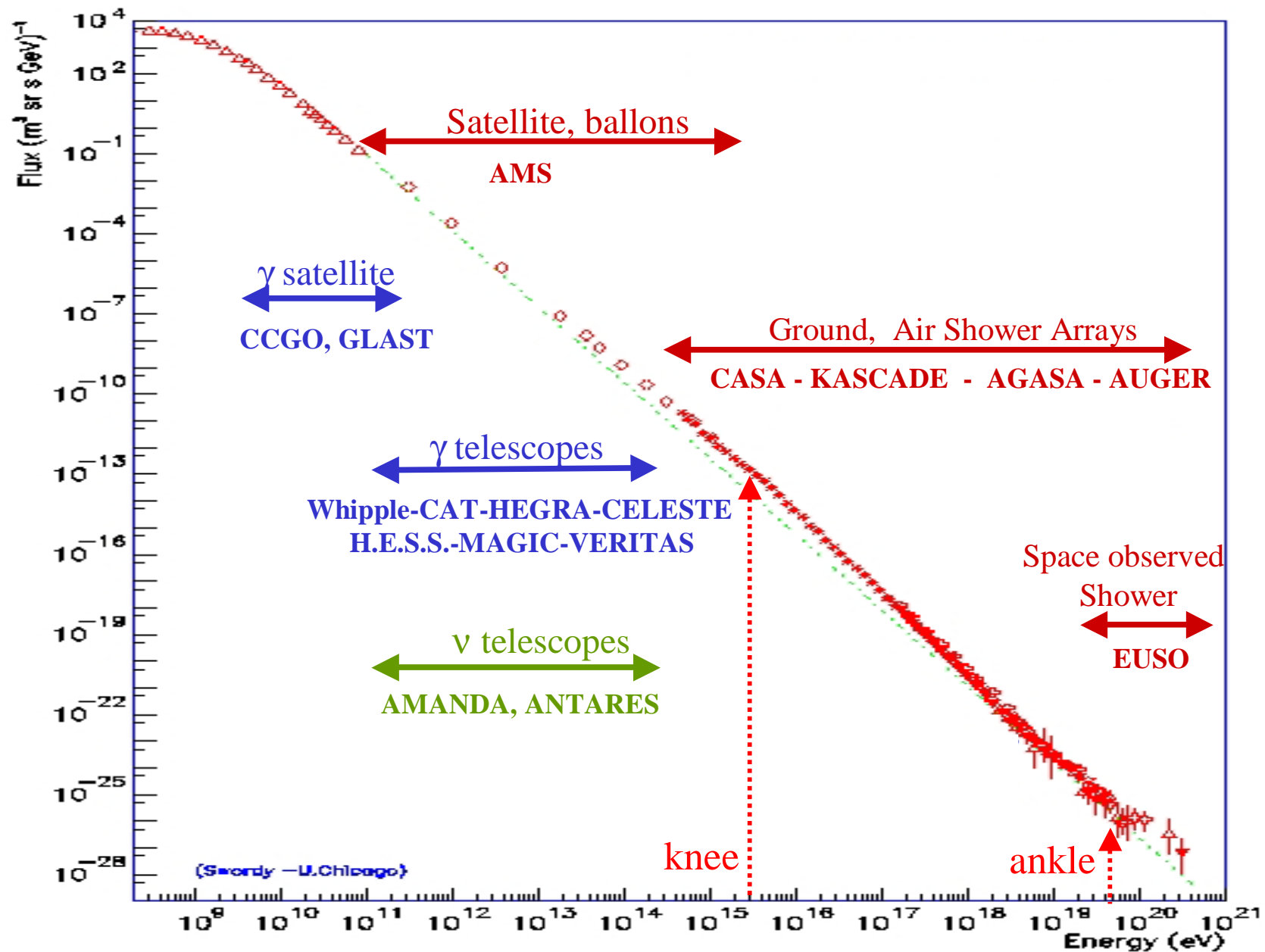
**pulsary, pleriony**



**mikrokwazary**



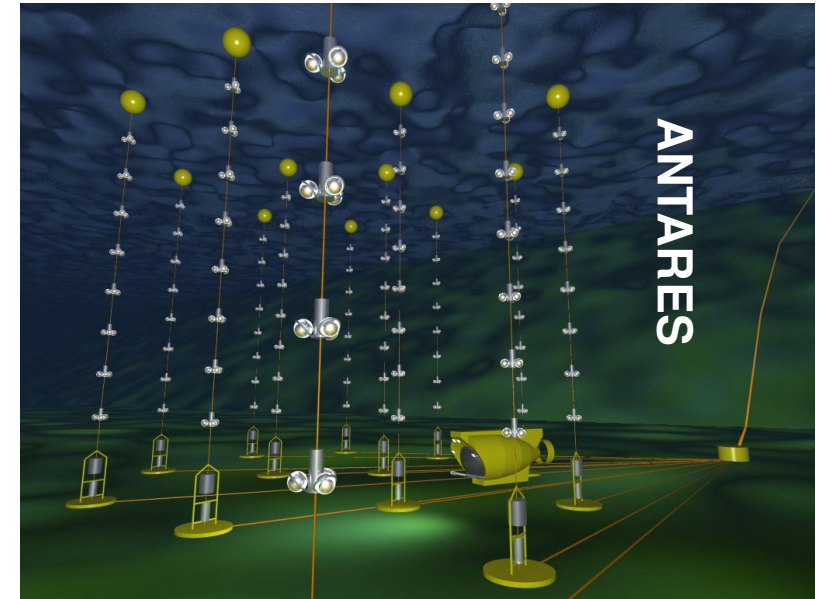
# Badanie promieni kosmicznych



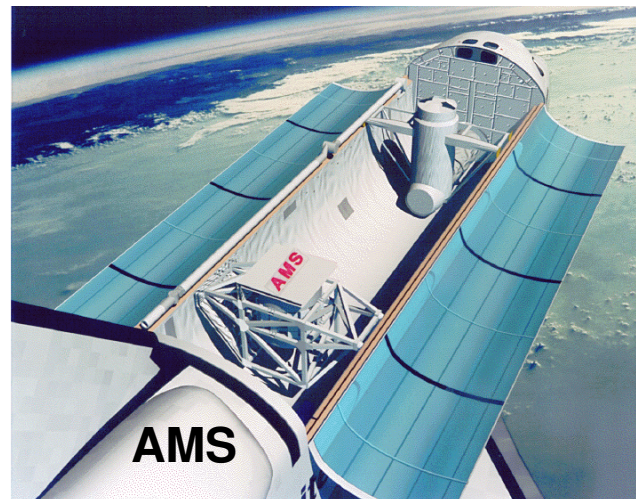


# Detektory cząstek kosmicznych

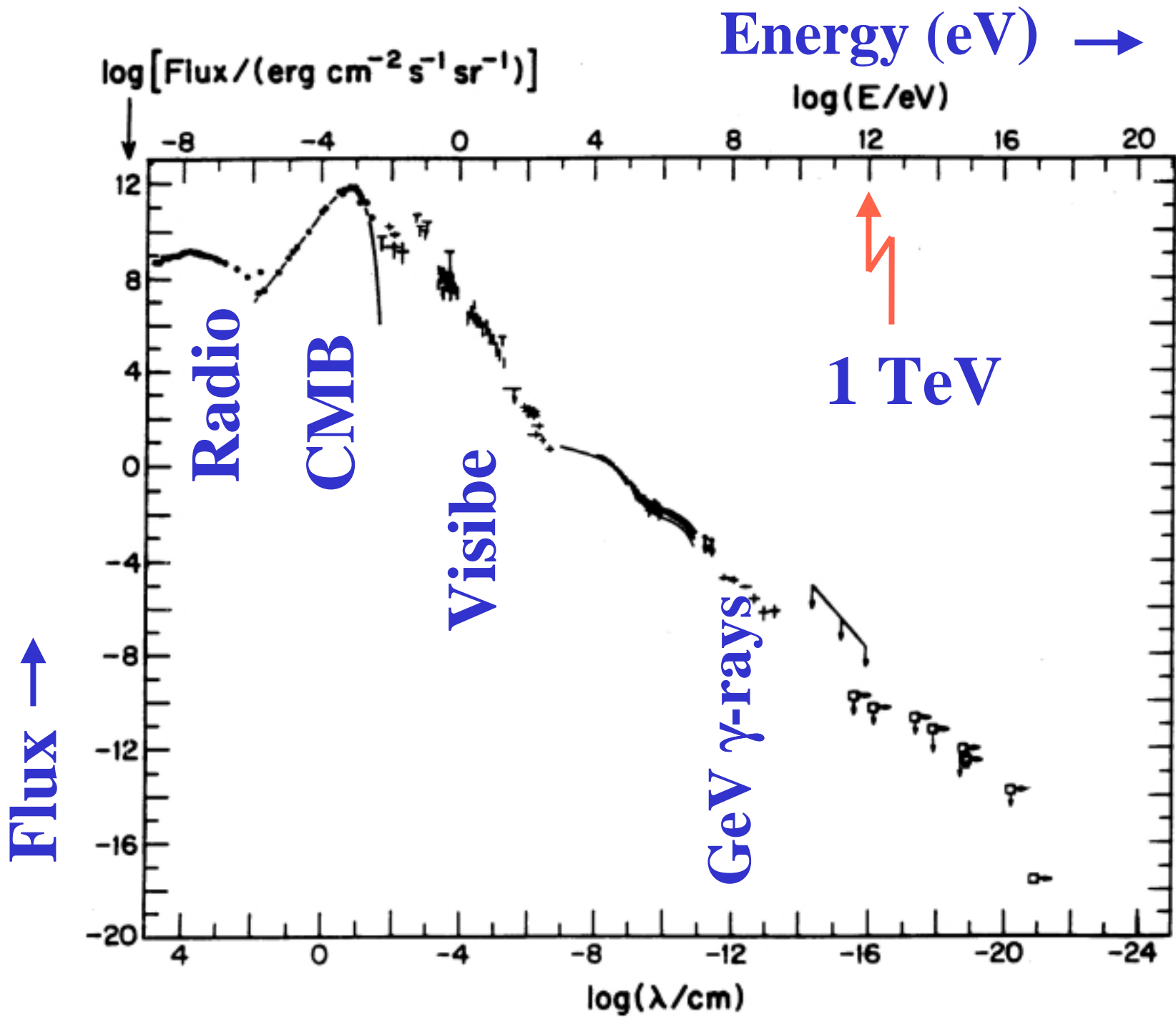
- **Detektory neutrin**
  - Kamiokande, SNO, Amanda, Antares
- **Detektory kaskad atmosferycznych**
  - Agasa, Auger, Cascade



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







# Błyski gamma

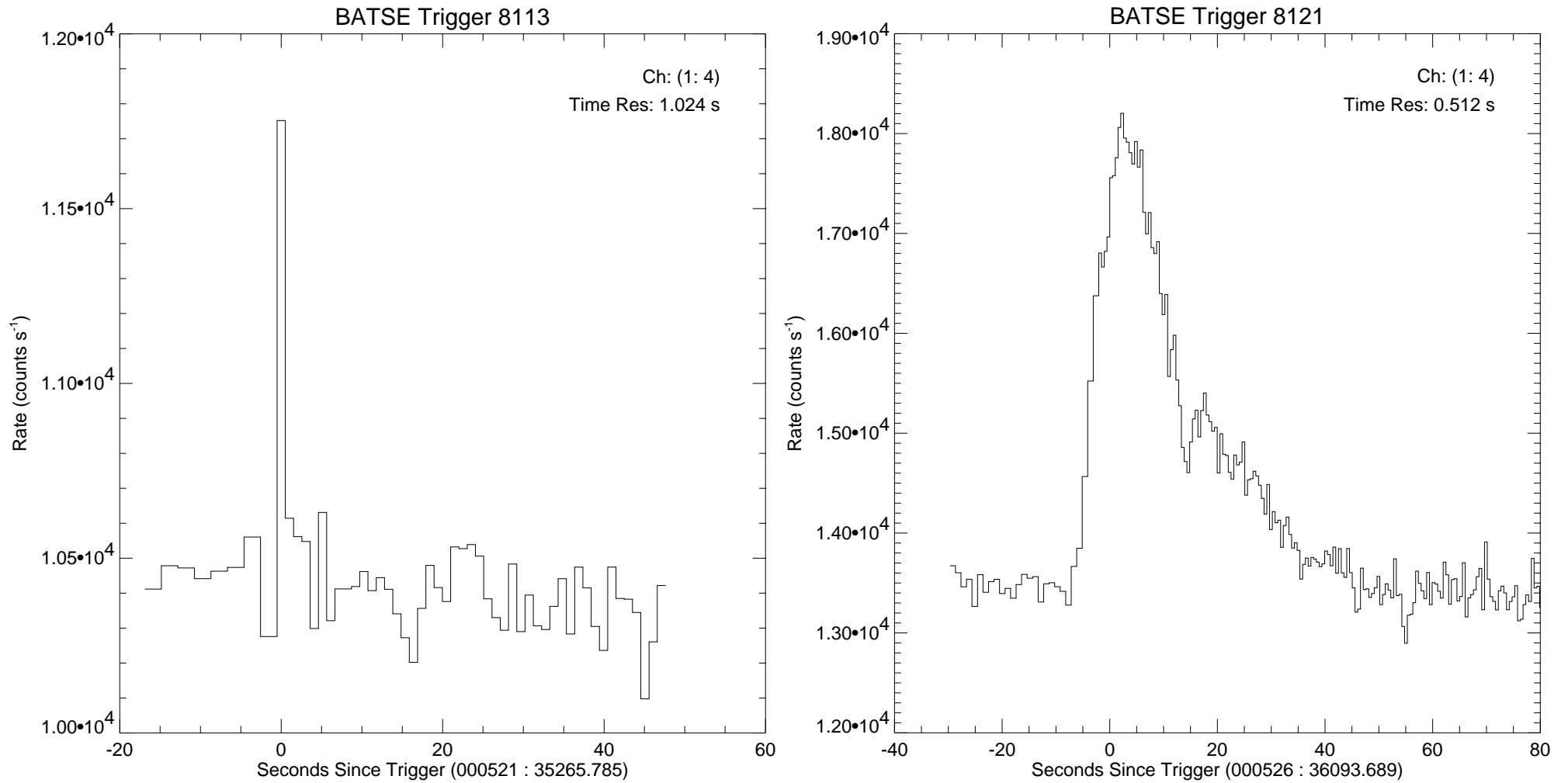
---

*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)

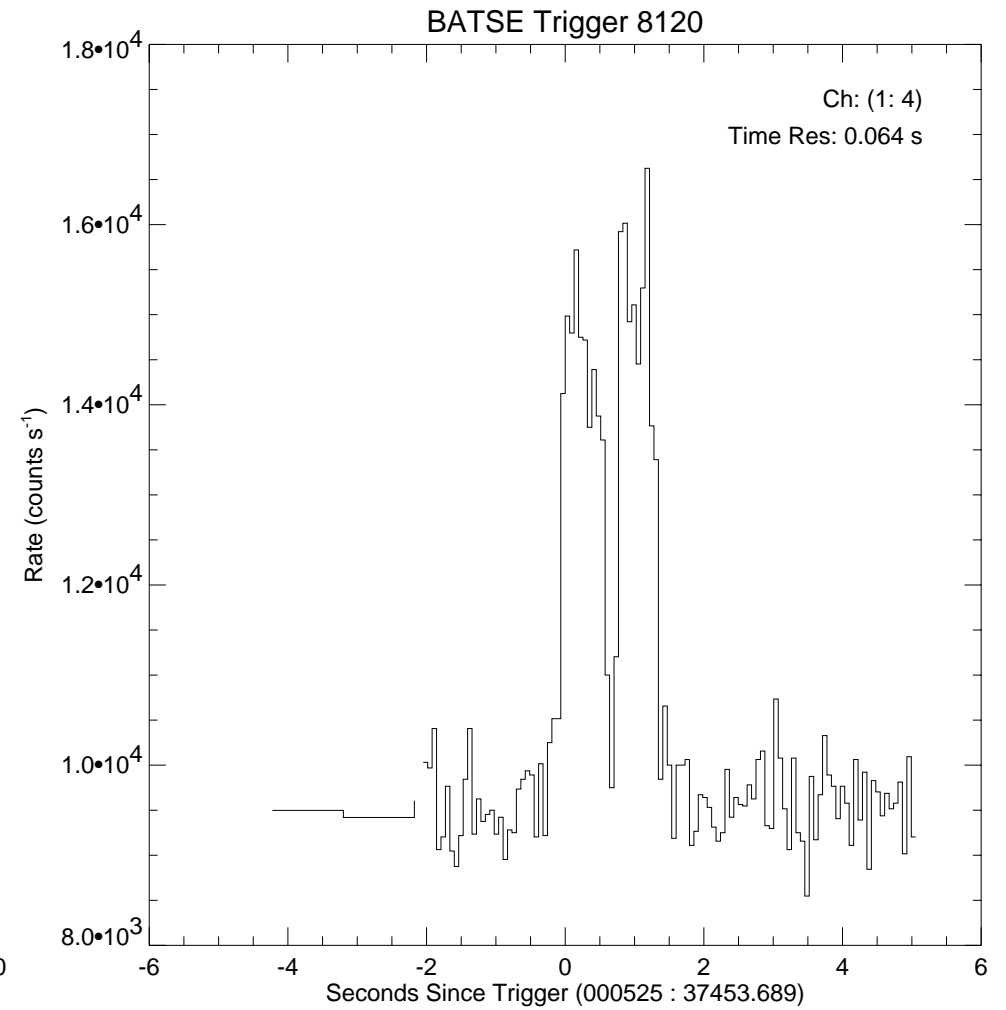
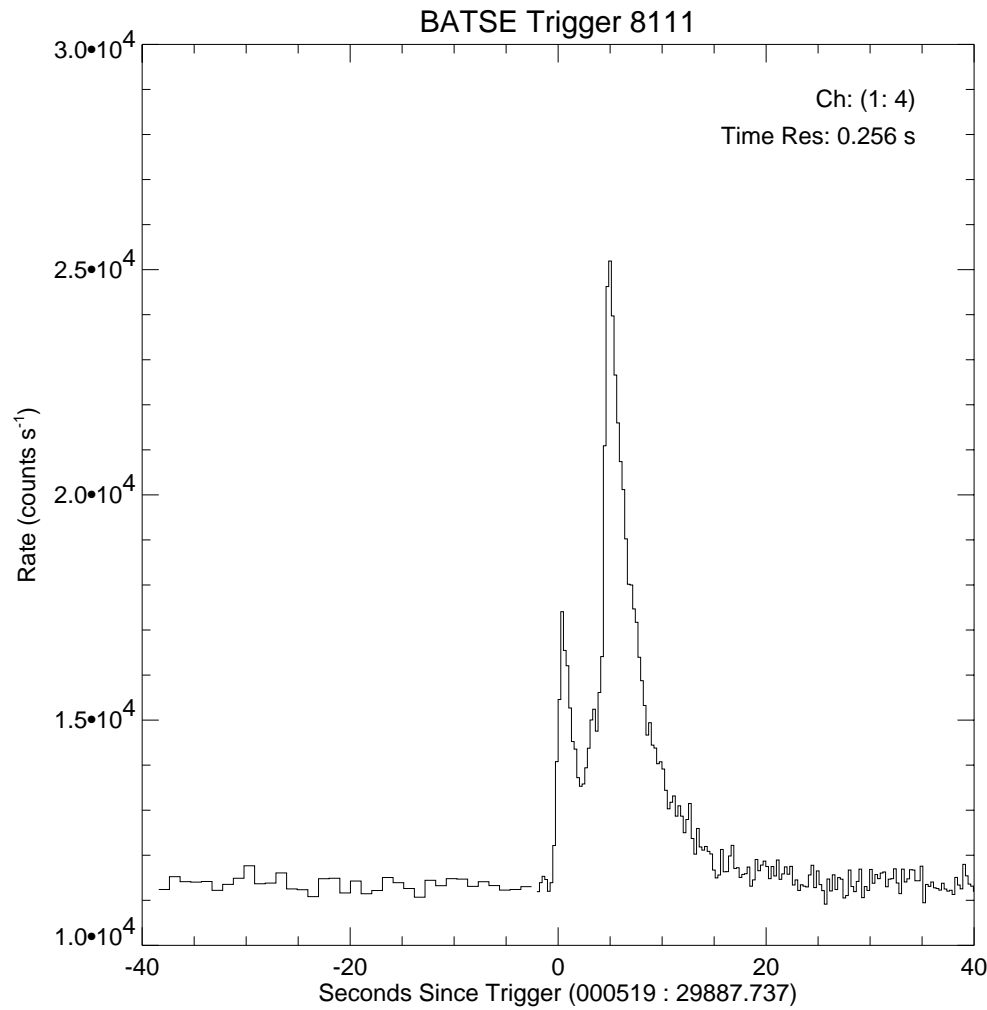


# Błyski gamma



**Czas trwania — 0.1-100 s**

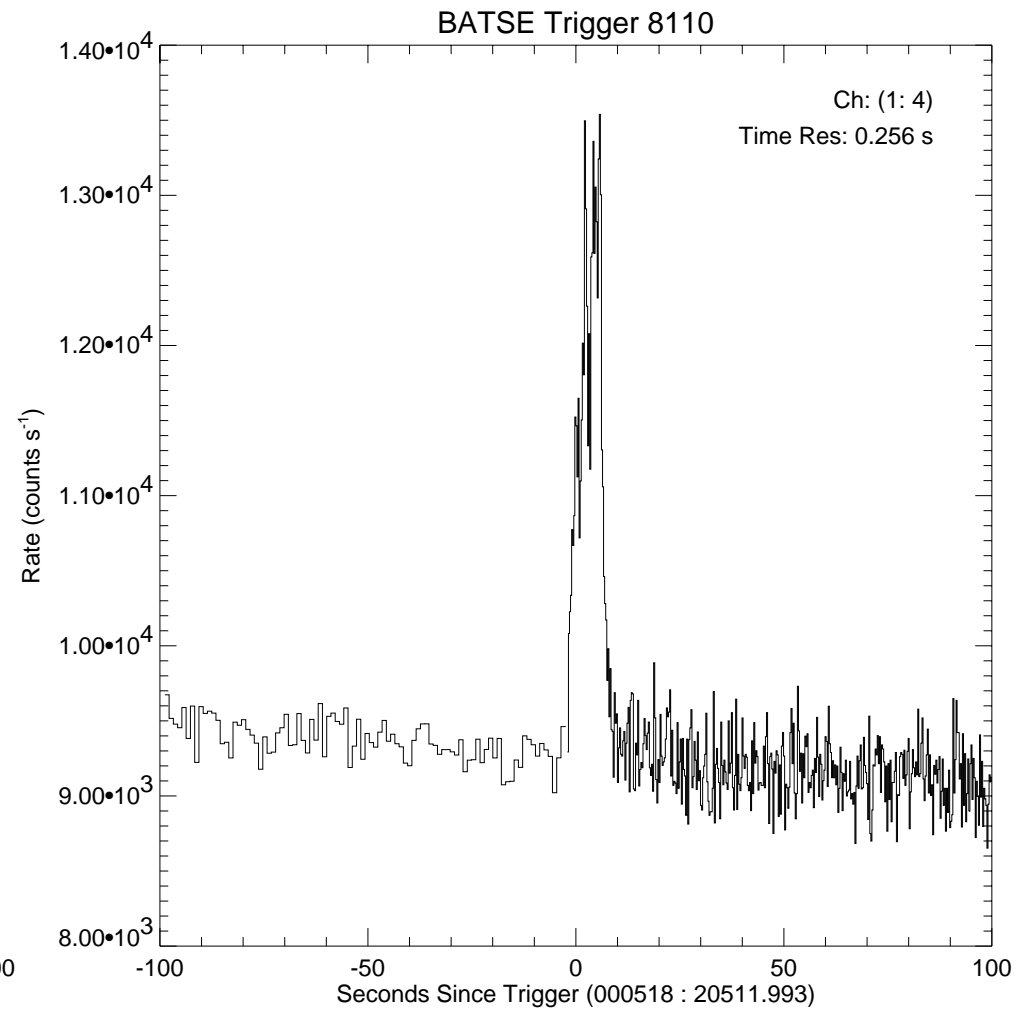
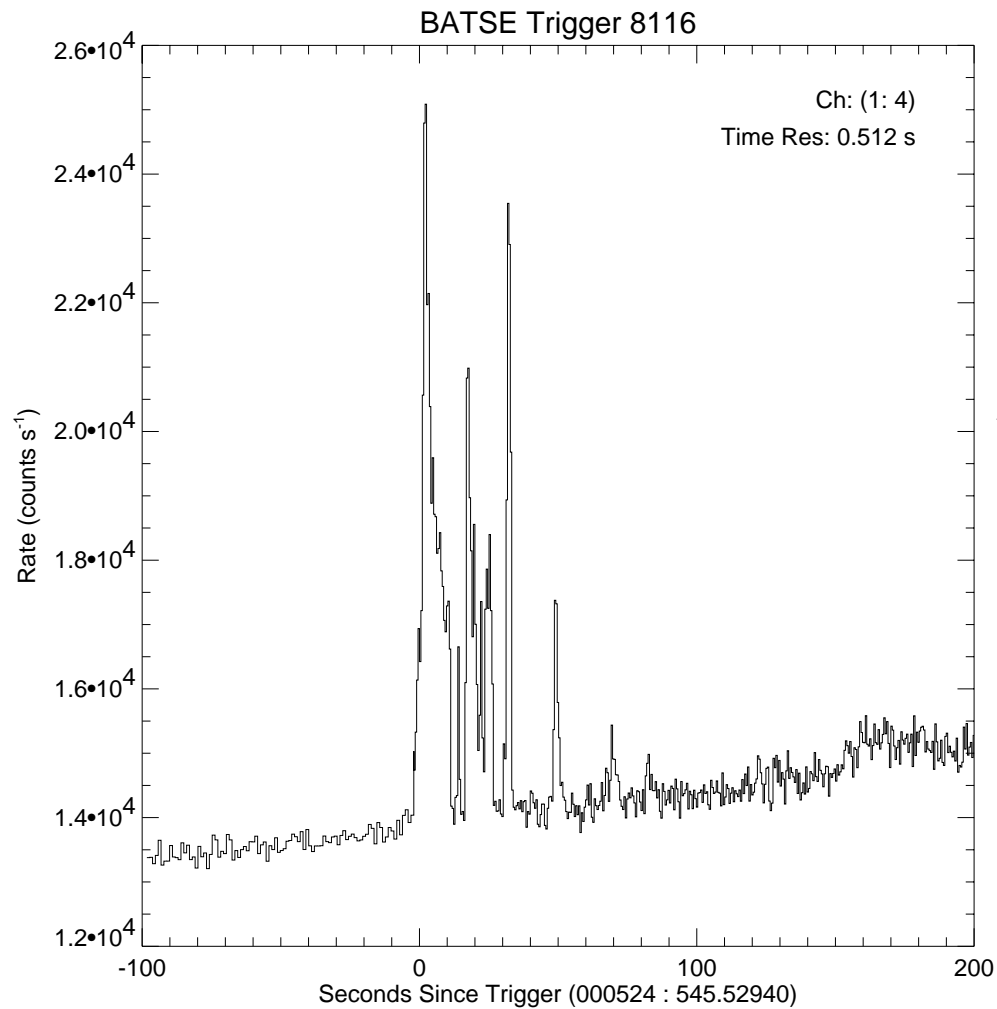
# Błyski gamma



**Czasem występują dwa maksima**



# Błyski gamma

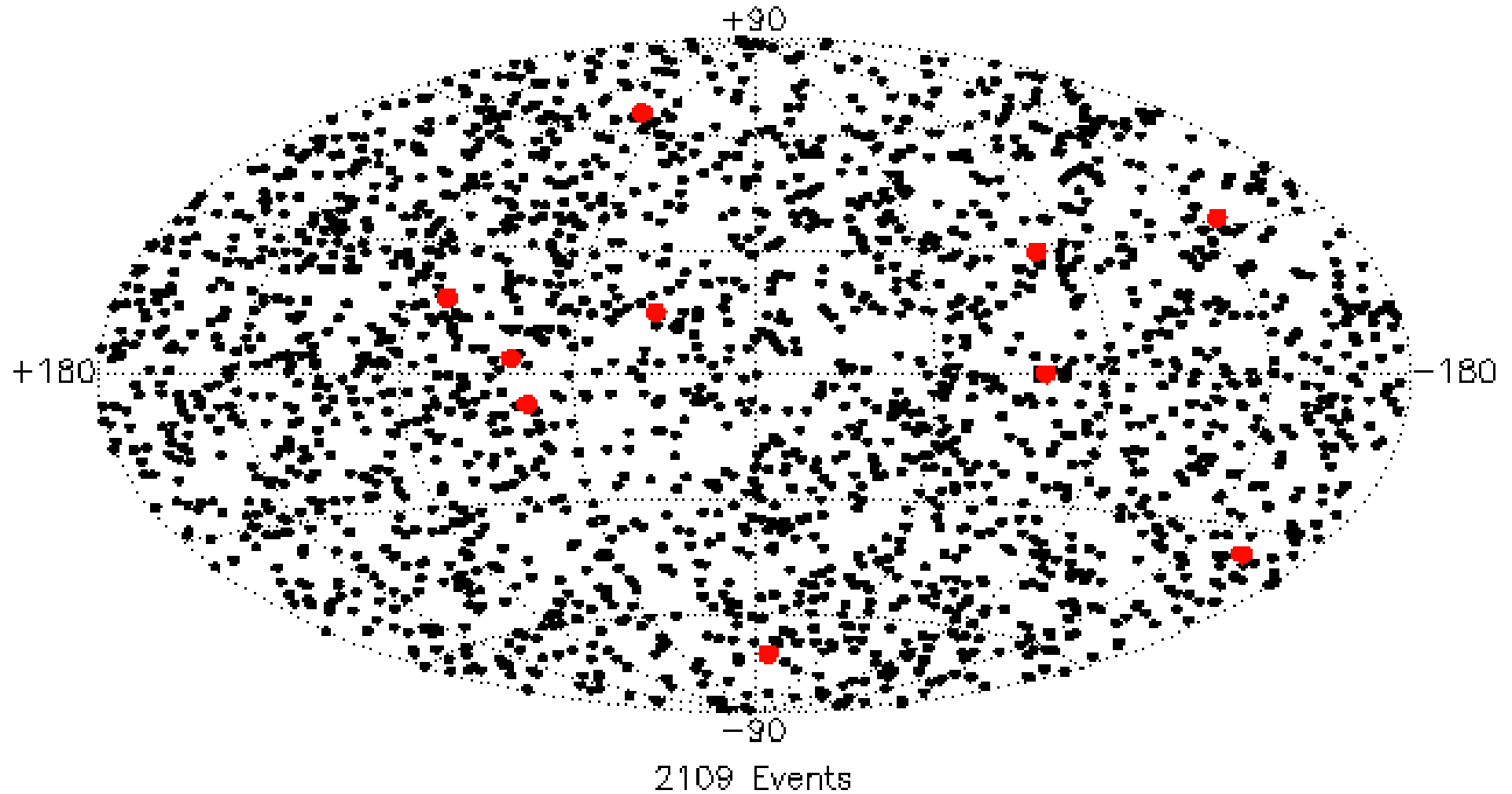


**Niektóre błyski mają skomplikowaną strukturę i długi czas aktywności**

# *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 przejść 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

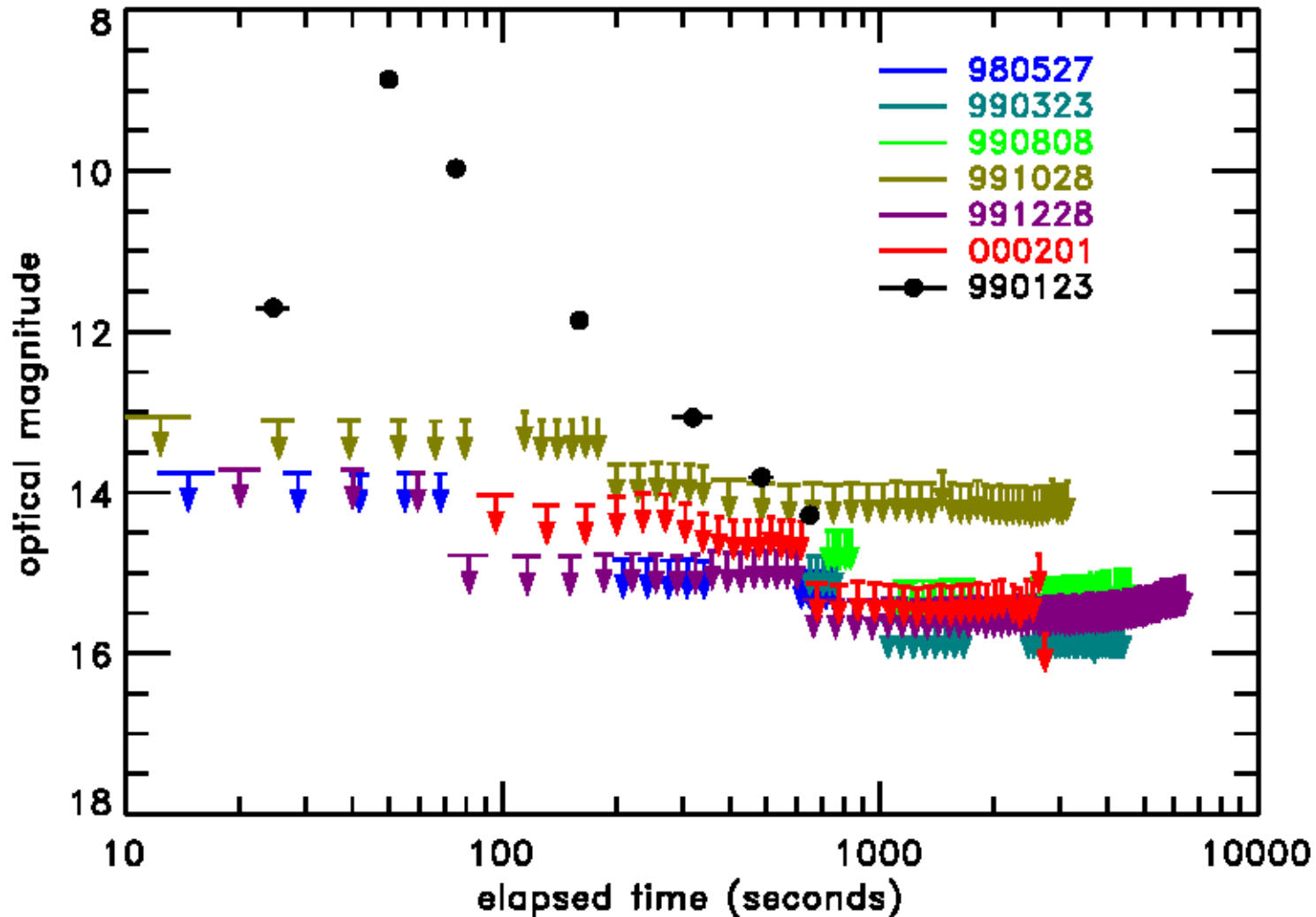
- bardzo słabe obiekty  $>20^m$

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

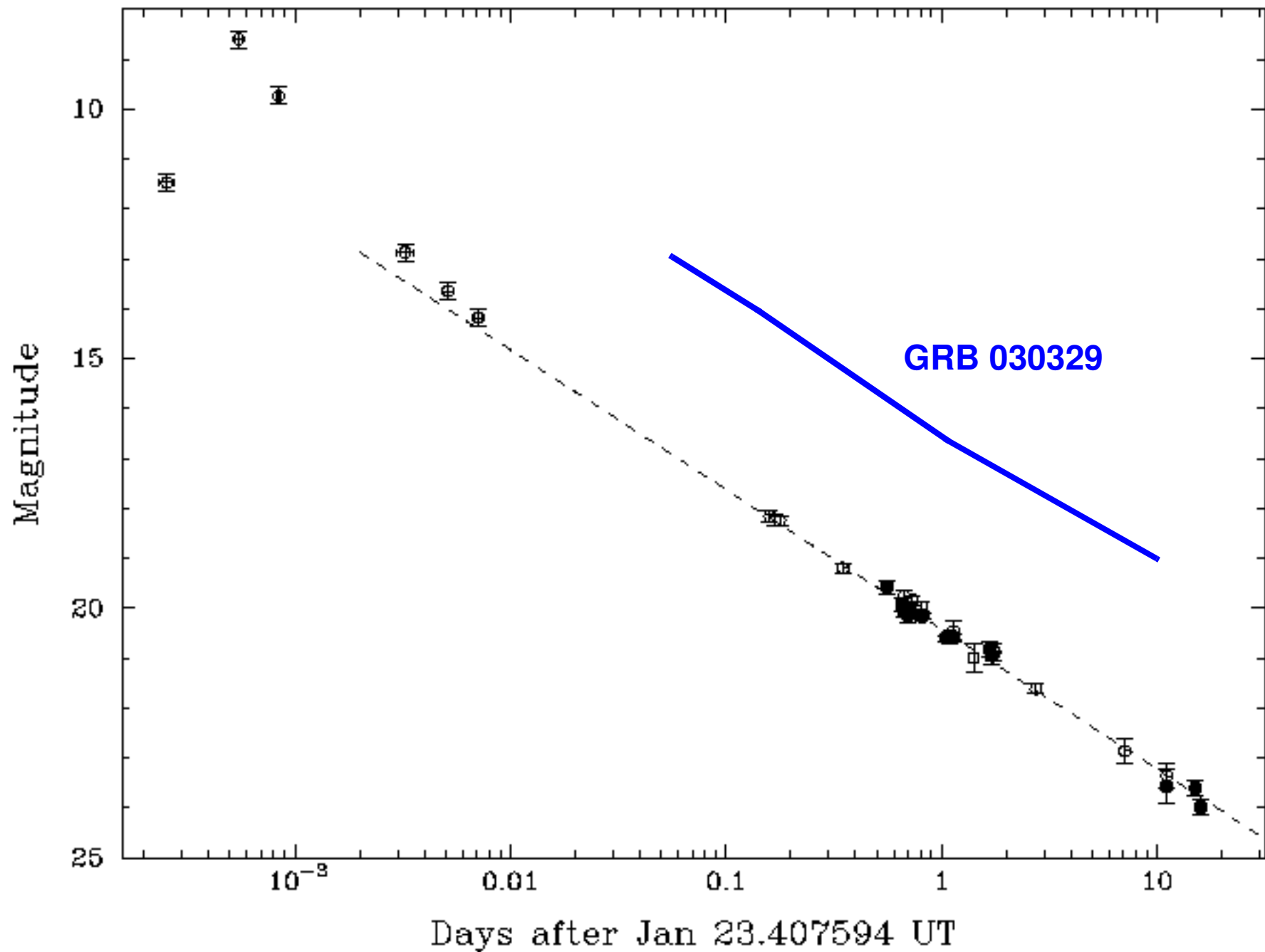


Jedyny błysk optyczny zarejestrowany tuż po błysku gamma,

jasność  $8.6^m$  - widoczny przez lornetkę!



# R-band lightcurve of GRB 990123



# 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 “ $\pi$ 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)



# “ $\pi$ 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  **$20^\circ$**  nad horyzontem ( **$>\pi$  sterad**)
  
- pojedyncze “zdjęcie” **128 MB**
- częstość odczytu  **$\sim 5\text{s}$**
- strumień danych  **$\sim 30 \text{ MB/s}$**

# “ $\pi$ 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

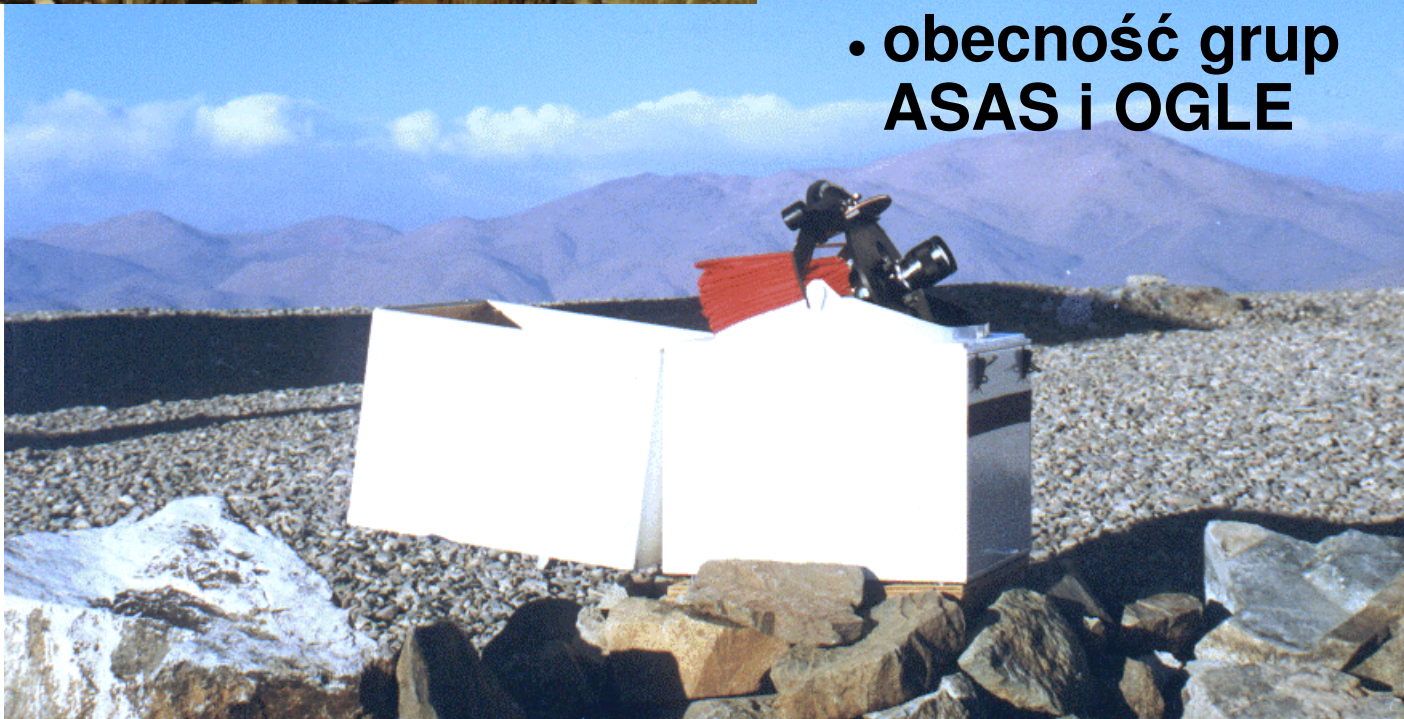
# Lokalizacja “ $\pi$ of the Sky”

---

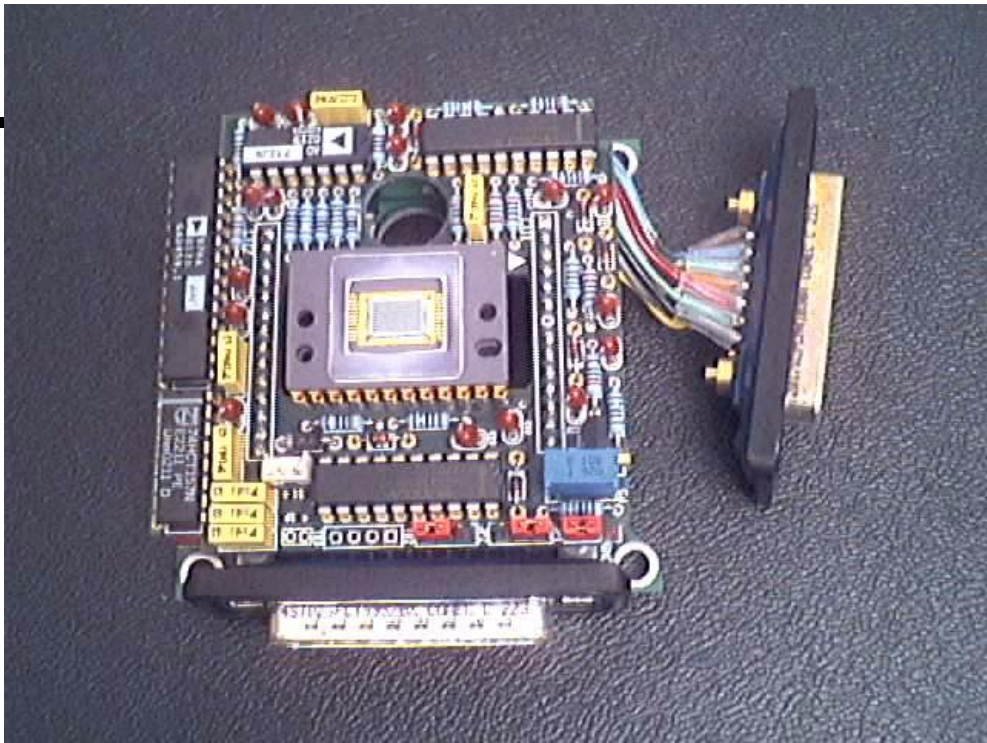
## Polskie obserwatorium na Las Campanas w Chile



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











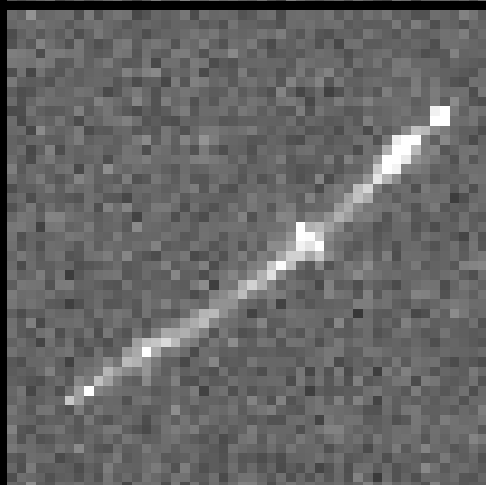
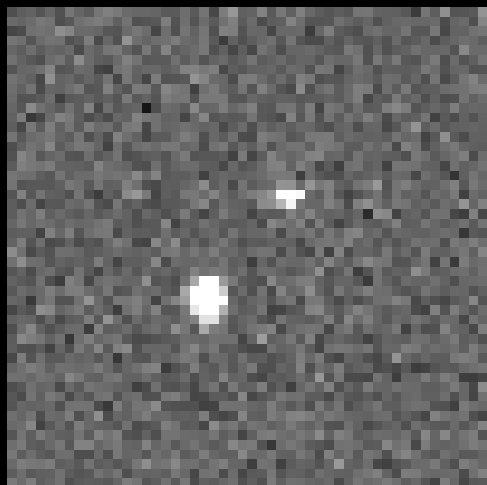
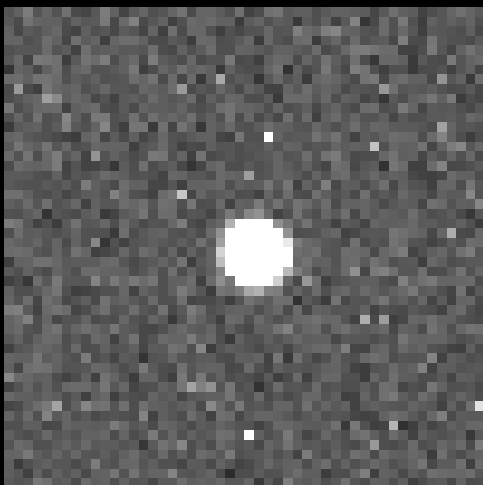
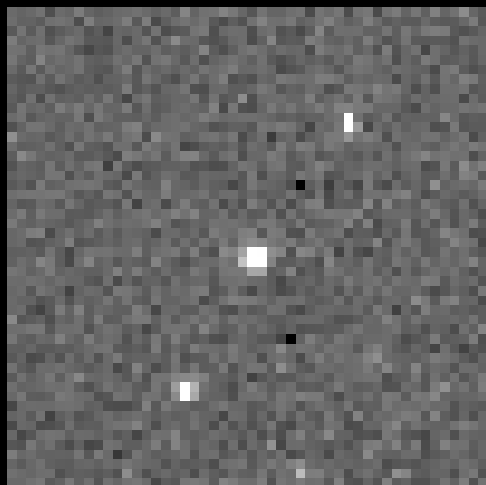
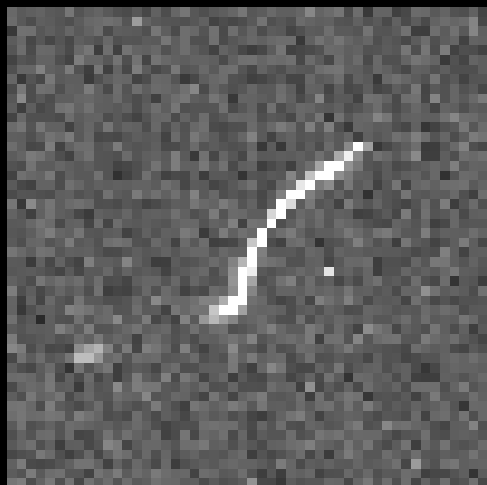




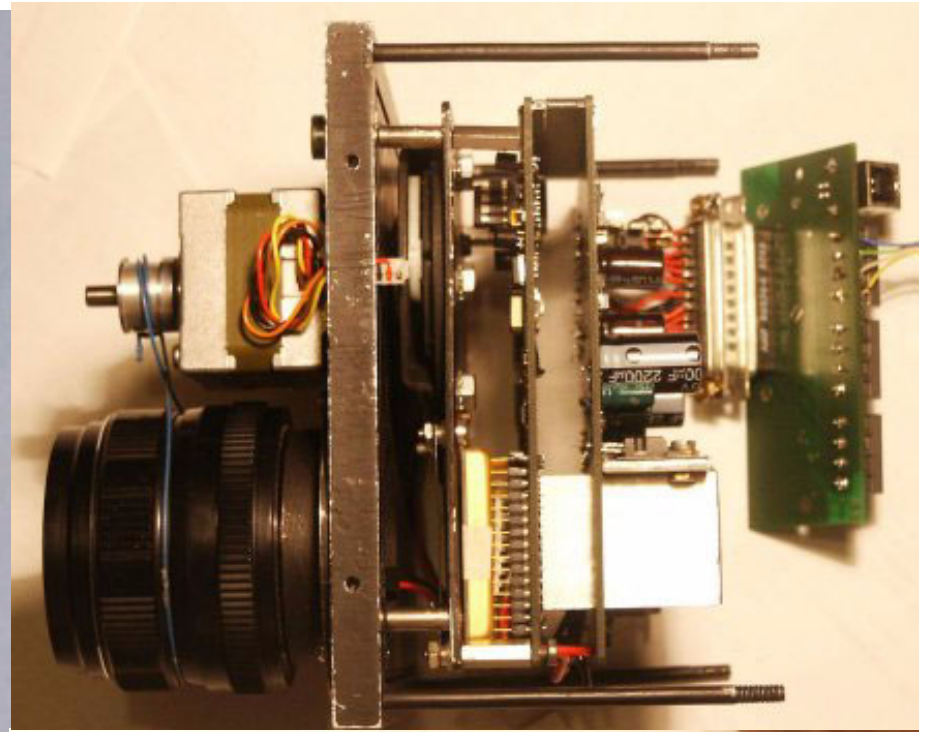
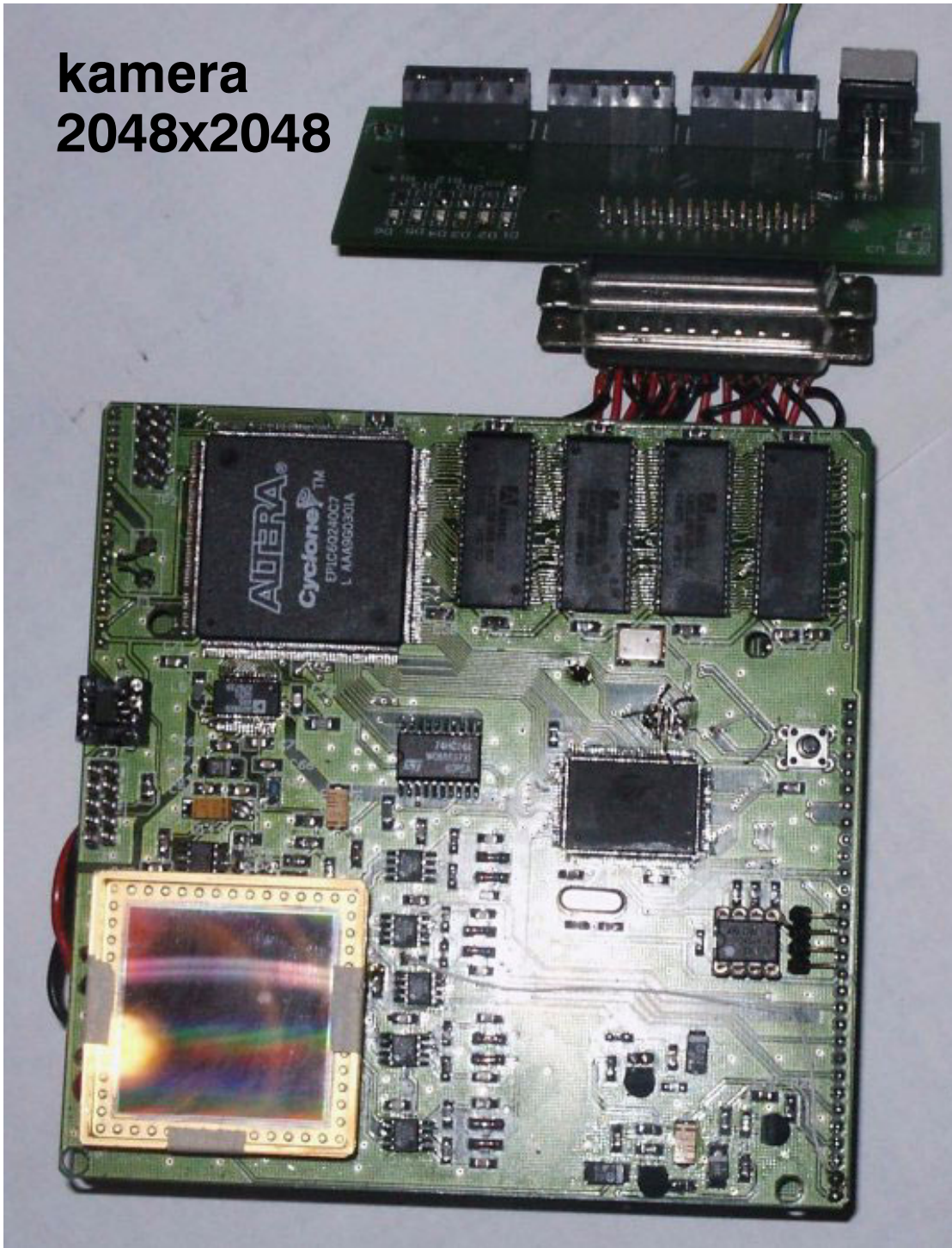








kamera  
2048x2048



# *Stan prac i plany “ $\pi$ of the Sky”*

---

## Stan prac

- Wykonana kamera testowa (768x512)
- Systematyczne zbieranie danych (50 000 klatek)
- Napisany program symulacji błysków
- Dość zaawansowane prace nad algorytmami rozpoznawania i lokalizowania błysków
- Testowany jest program odbierający trygery z satelity
- Trwa uruchamianie kamery (2048x2048)

## Plany

- Testy kamery 2048x2048 w Polsce — 5-6.2003
- Instalacja 2 kamer w LCO — 8-9.2003
- Uruchomienie całego systemu (16 kamer) — 10-11.2003
- Start satelity SWIFT — 12.2003