

4.10.2002

Grzegorz Wrochna
Instytut Problemów Jądrowych

Między fizyką cząstek a astronomią

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



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

Garching bei München, Germany

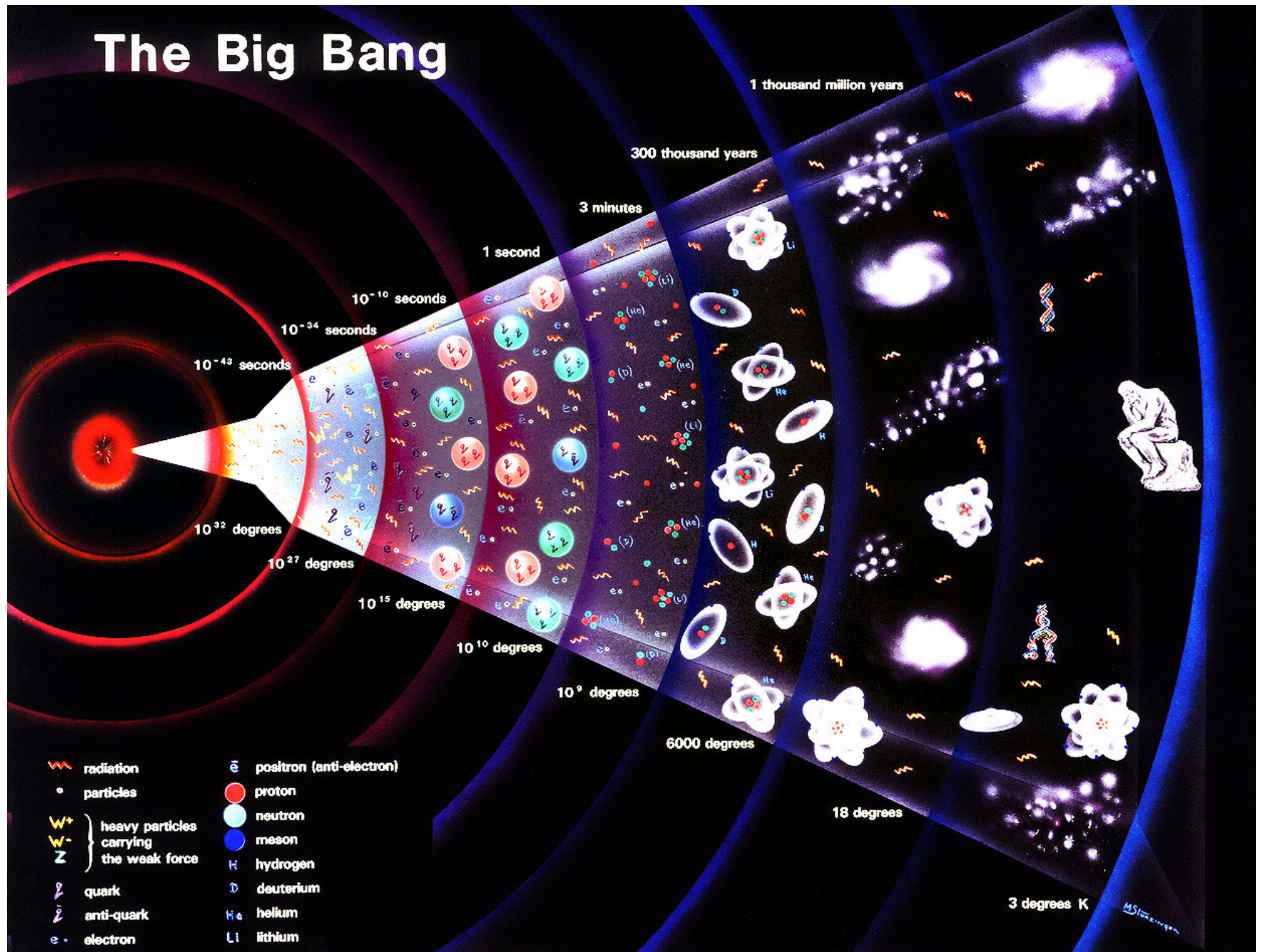
March 4-7, 2002

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



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.

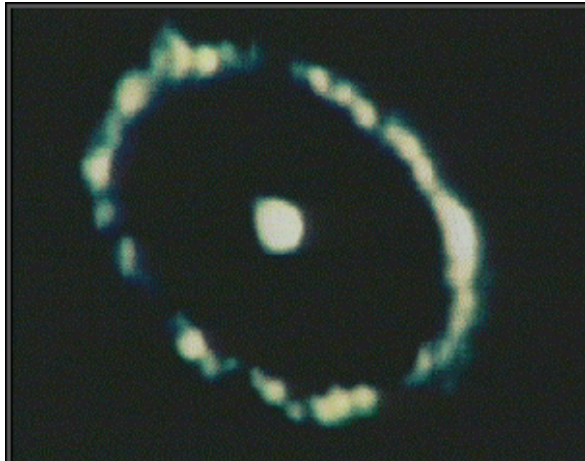
Fizyka cząstek opisuje prawa rządzące materią na fundamentalnym poziomie,
kosmologia - jak ewoluował Wszechświat pod ich wpływem

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

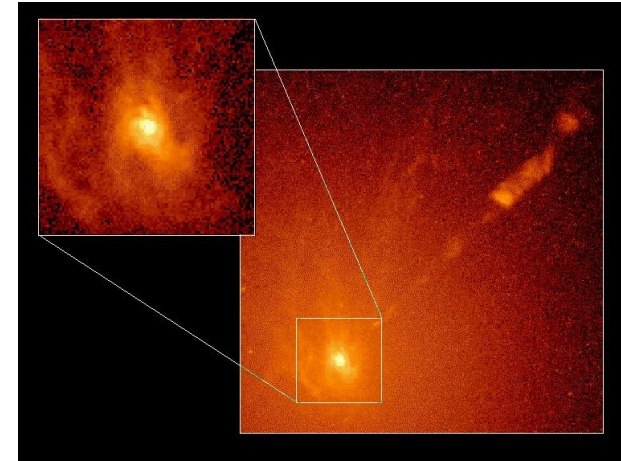
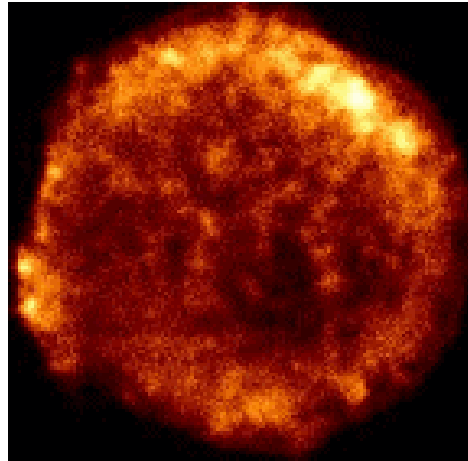
Wyniki eksperymentów fizyki cząstek są podstawą modeli kosmologicznych.
Wyniki obserwacji astronomicznych są sprawdzianem fizyki cząstek.

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

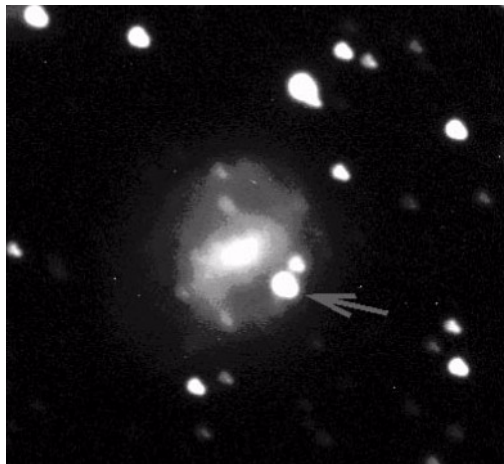
Kosmiczne akceleratory cząstek



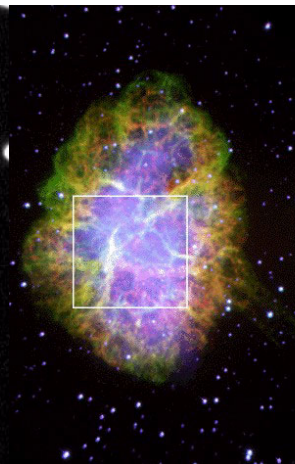
supernowe



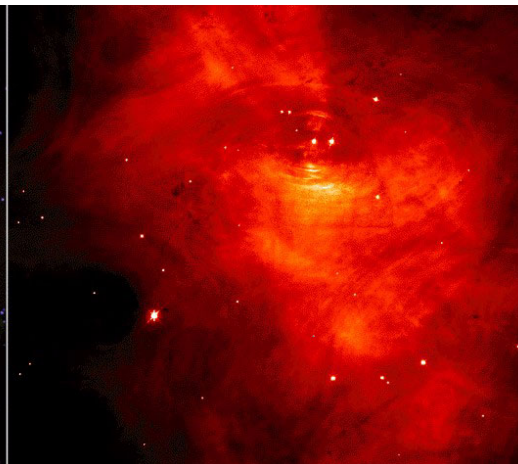
aktywne jądra galaktyk



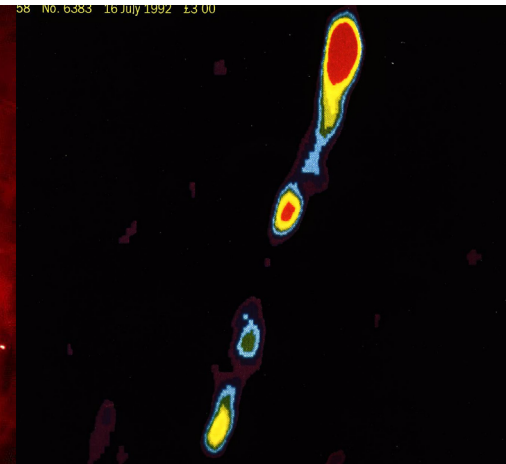
błyski gamma



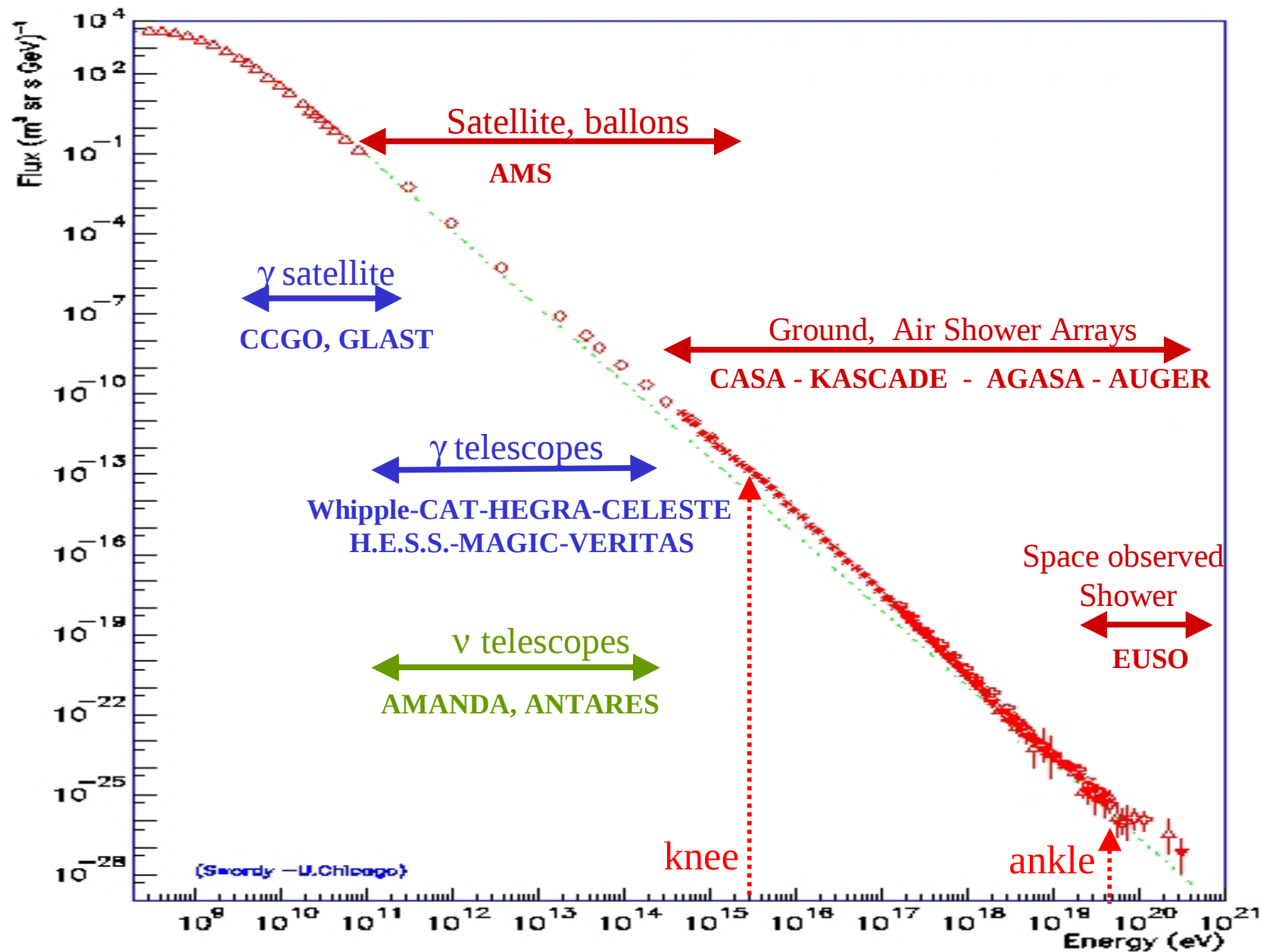
pulsary, pleriony



mikrokwazary

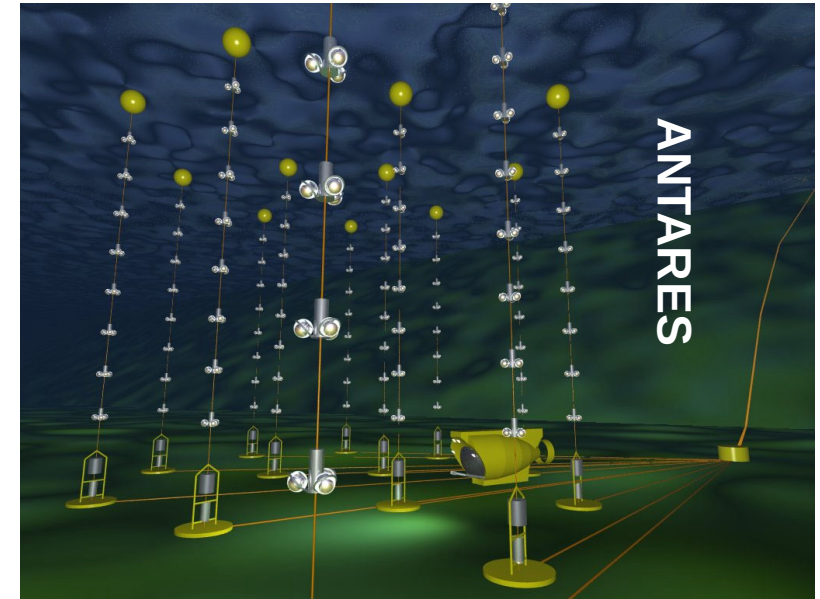


Badanie promieni kosmicznych

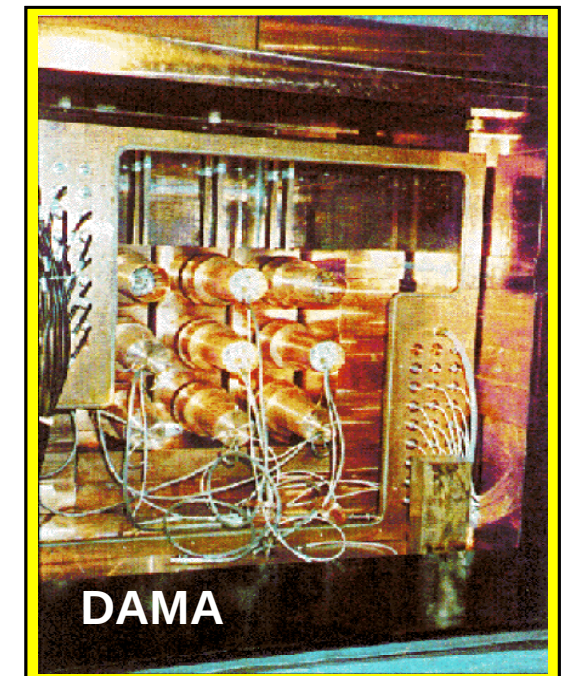
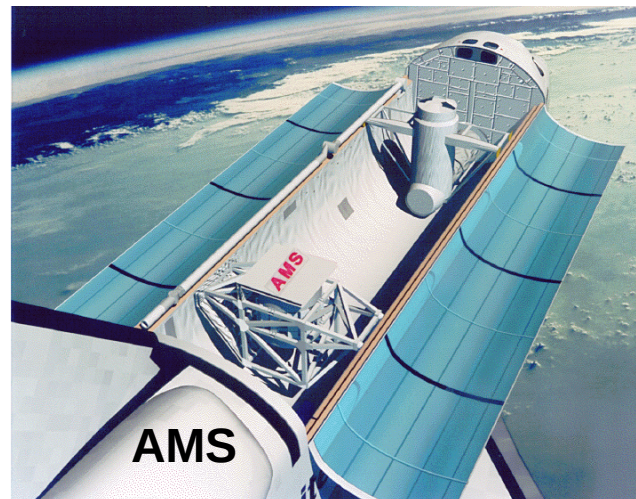


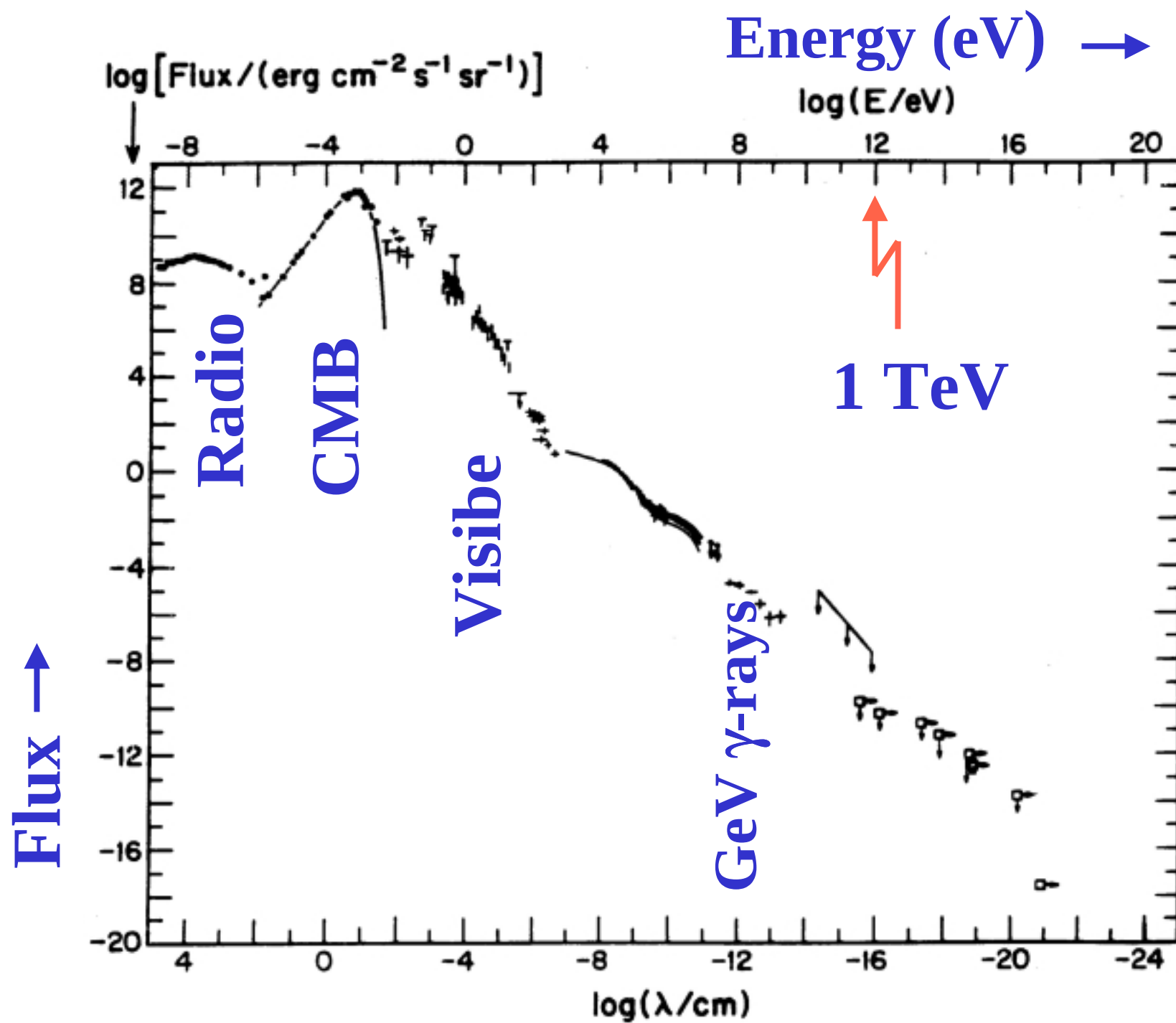
Detektory cząstek kosmicznych

- **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 ...**



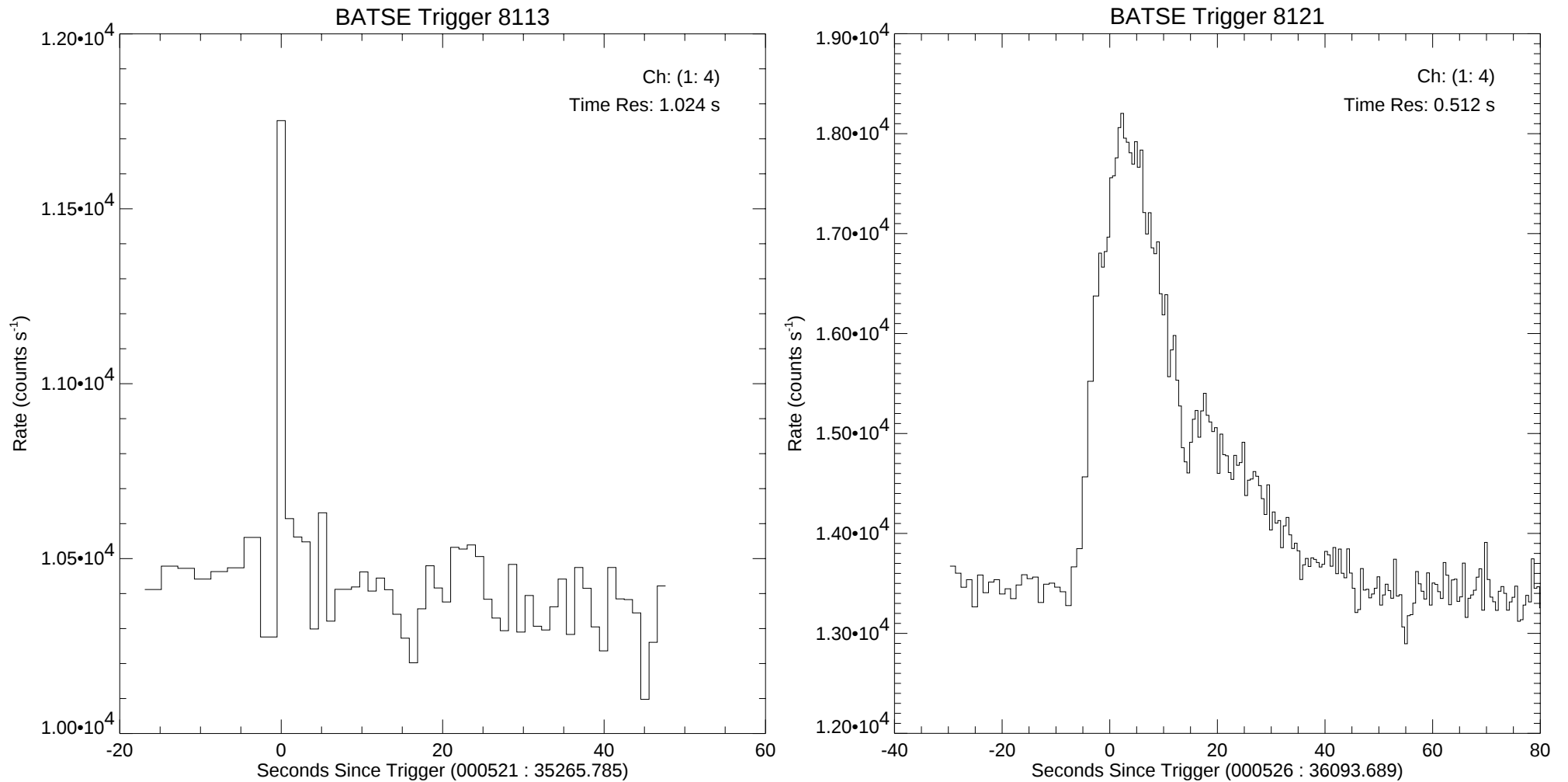


Błyski gamma

ang. Gamma Ray Bursts (GRB)

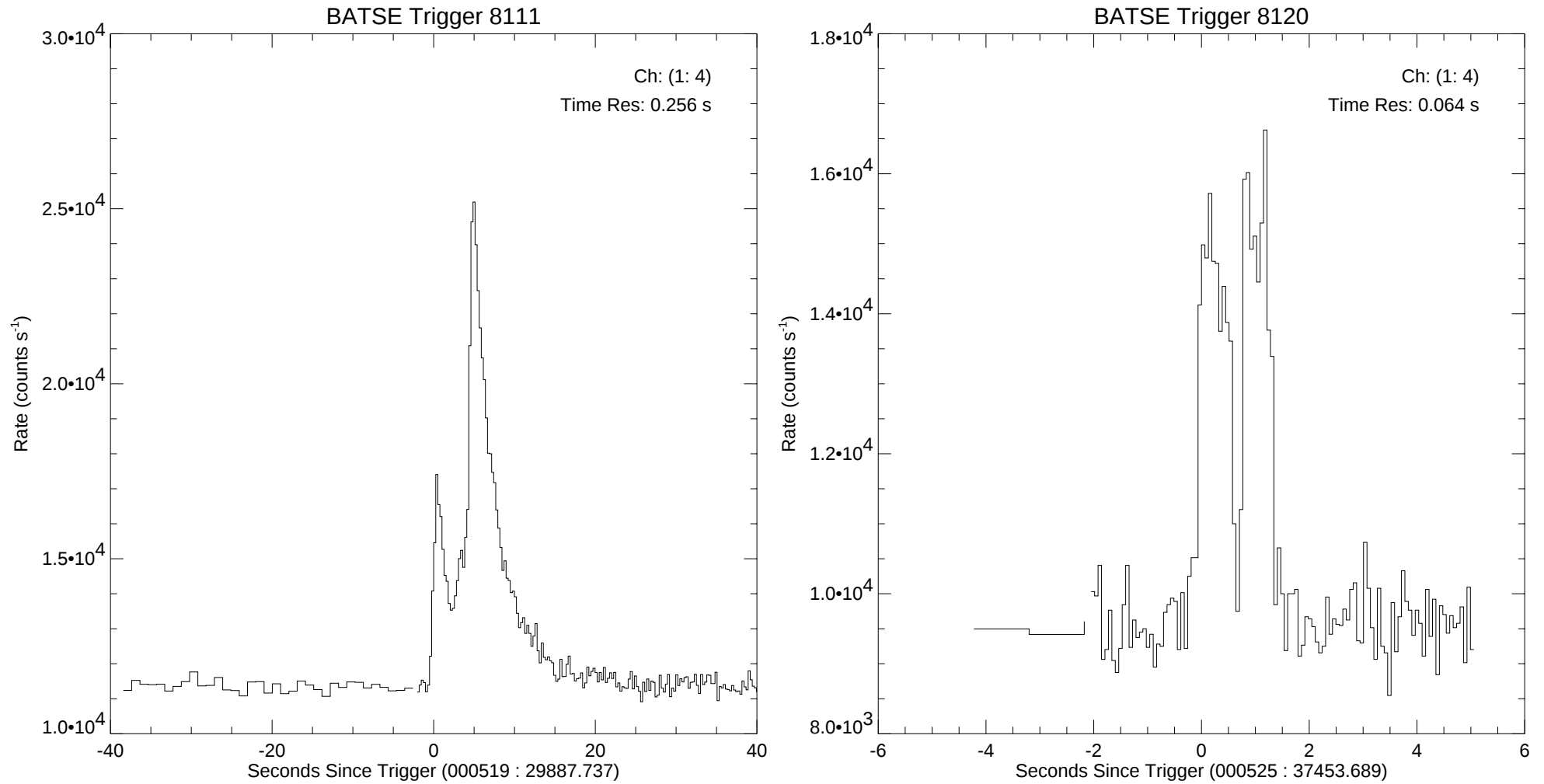
- krótkie (0.1-100s) pulsy promieni gamma z punktowych źródeł na niebie
- odkryte w 1967r. przez satelity szpiegowskie USA
- “świecą” jaśniej niż cała reszta nieba
- największe obserwowane kataklizmy
 $10^{51} \text{ erg} = 10^{44} \text{ J} = 0.001 M_{\text{Słońca}} c^2$
- pochodzą spoza Galaktyki
-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

Błyski gamma



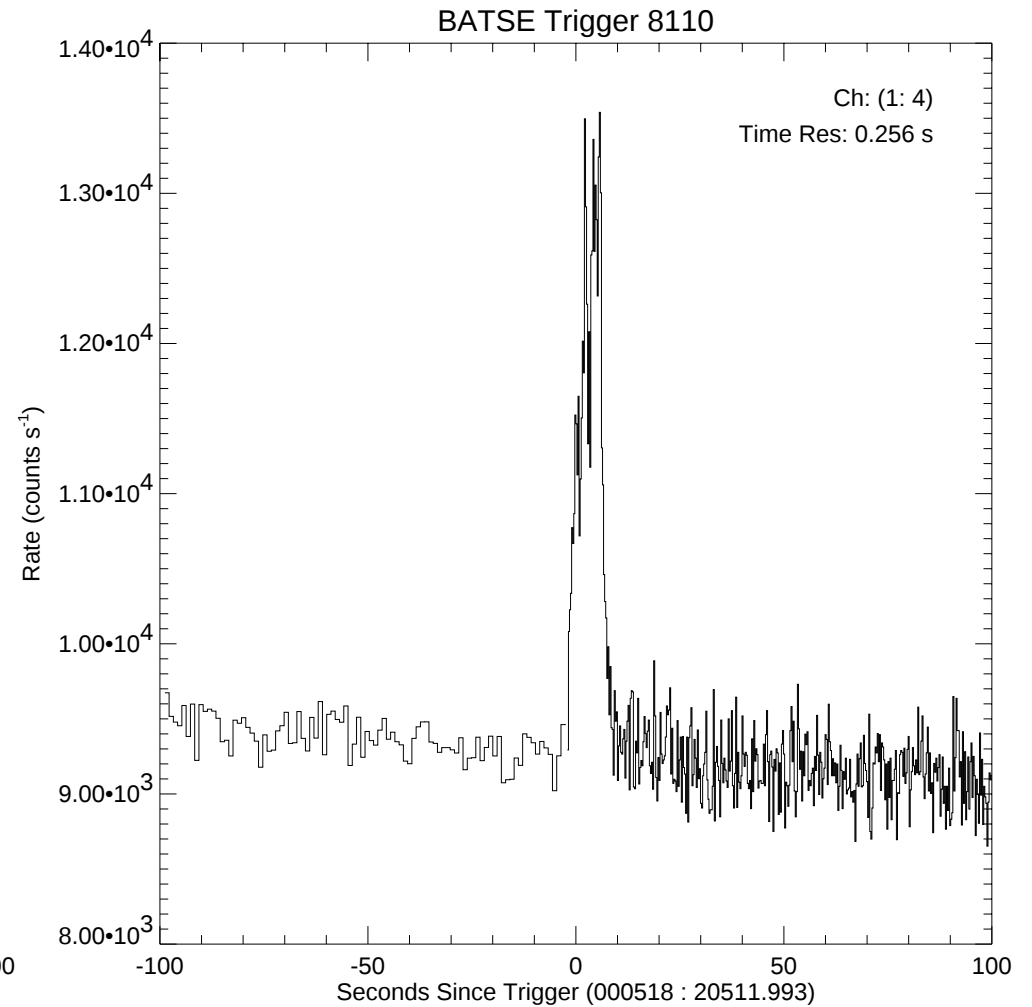
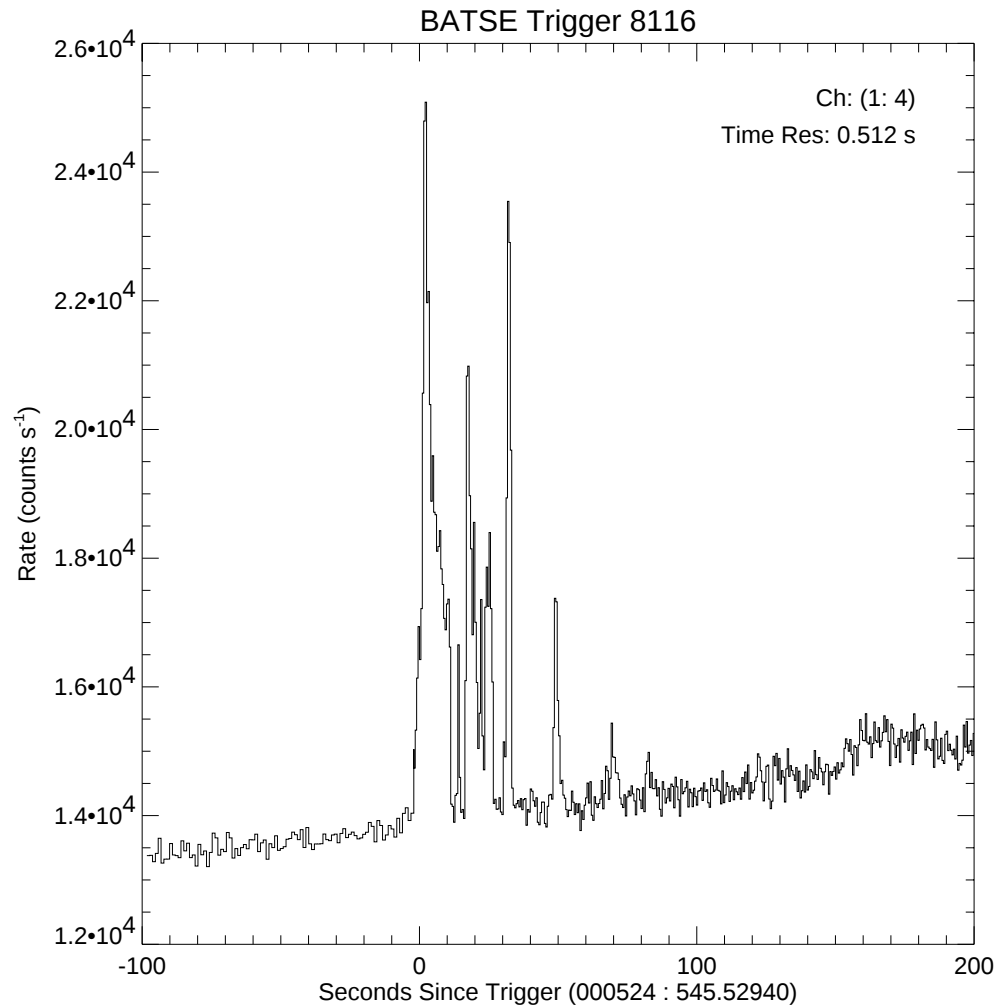
Czas trwania — 0.1-100 s

Błyski gamma



Czasem występują dwa maksima

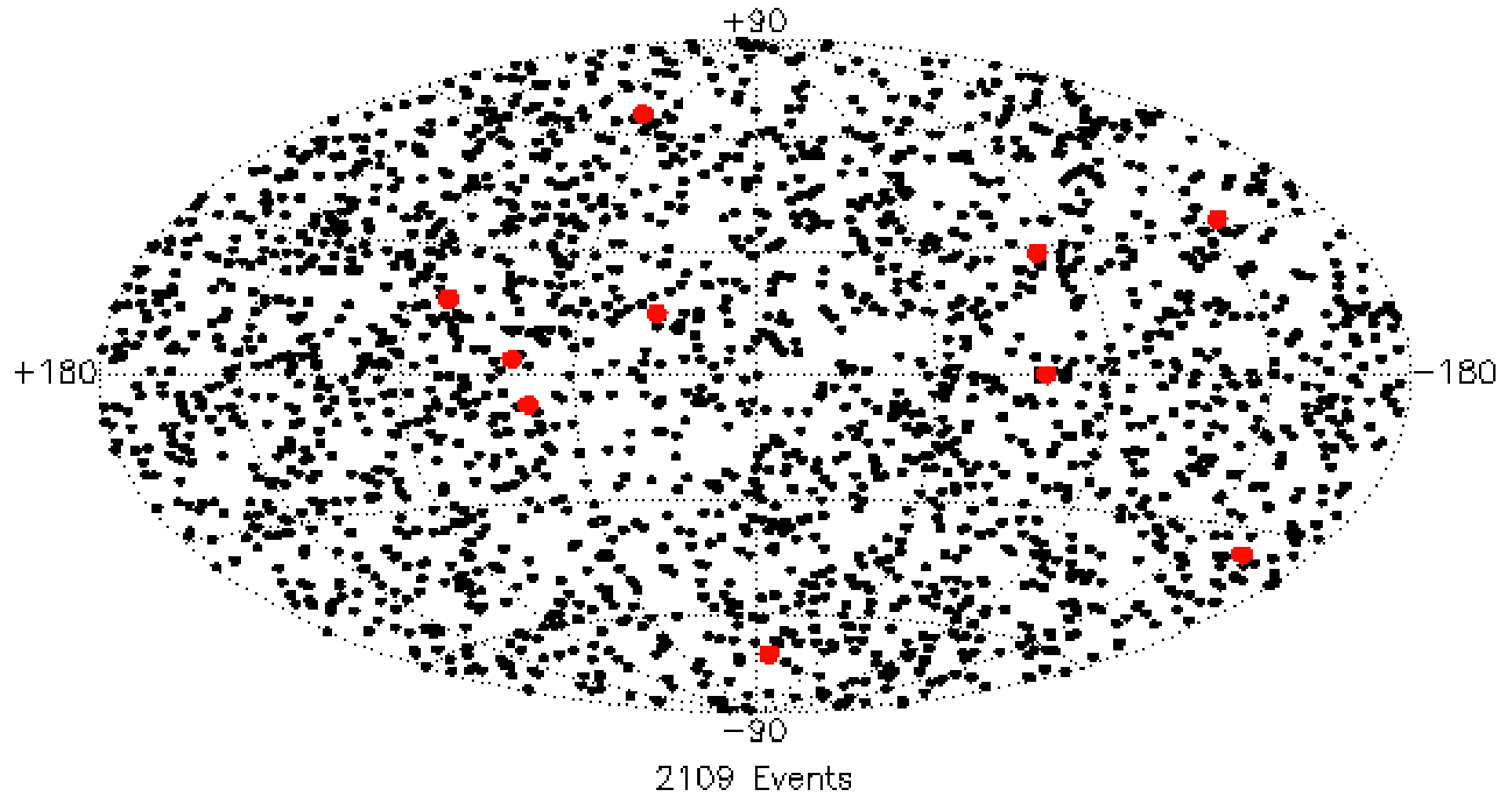
Błyski gamma



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

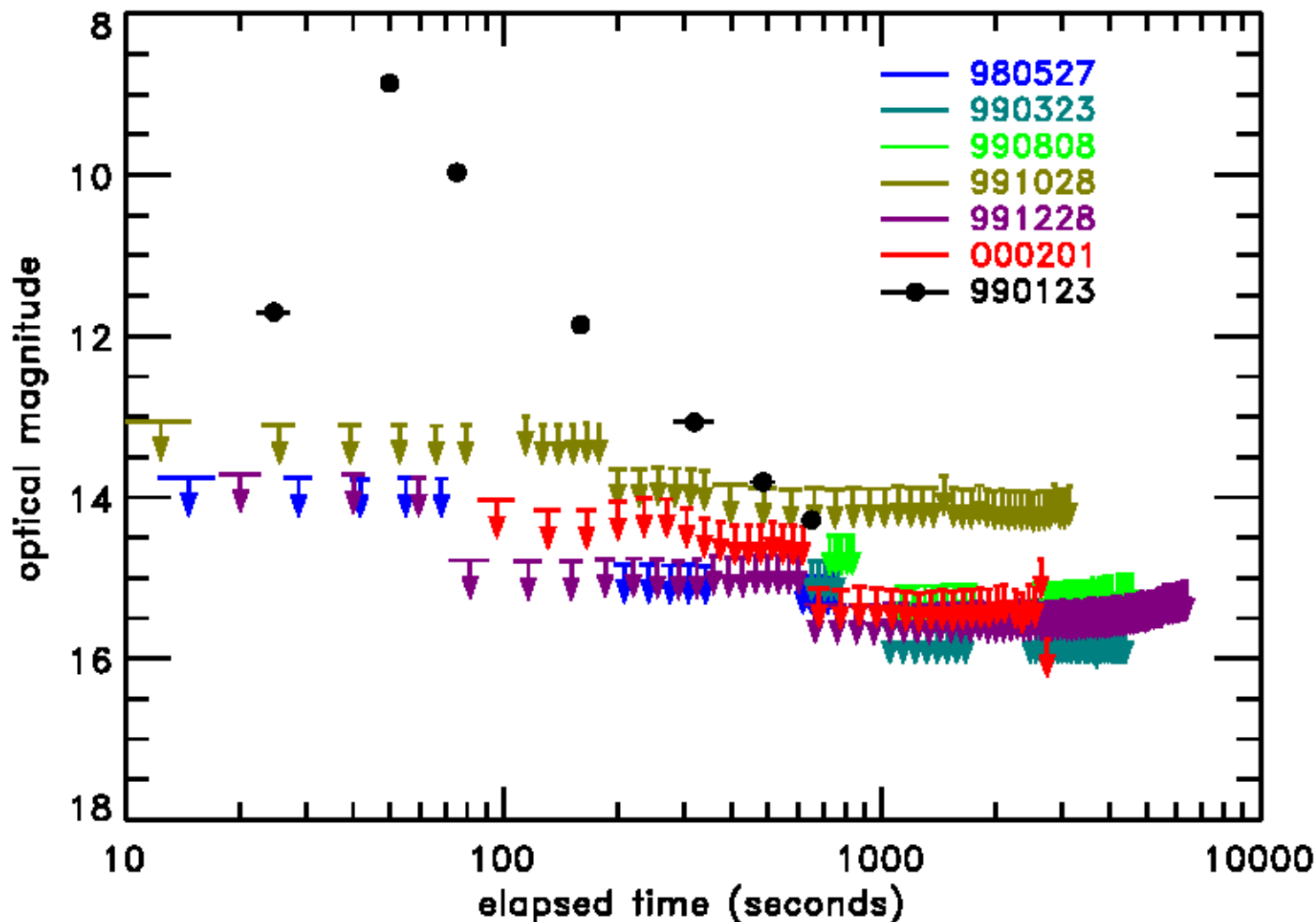
- bardzo słabe obiekty $>20^m$

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 piksla **$\sim 15\mu\text{m}$** , 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

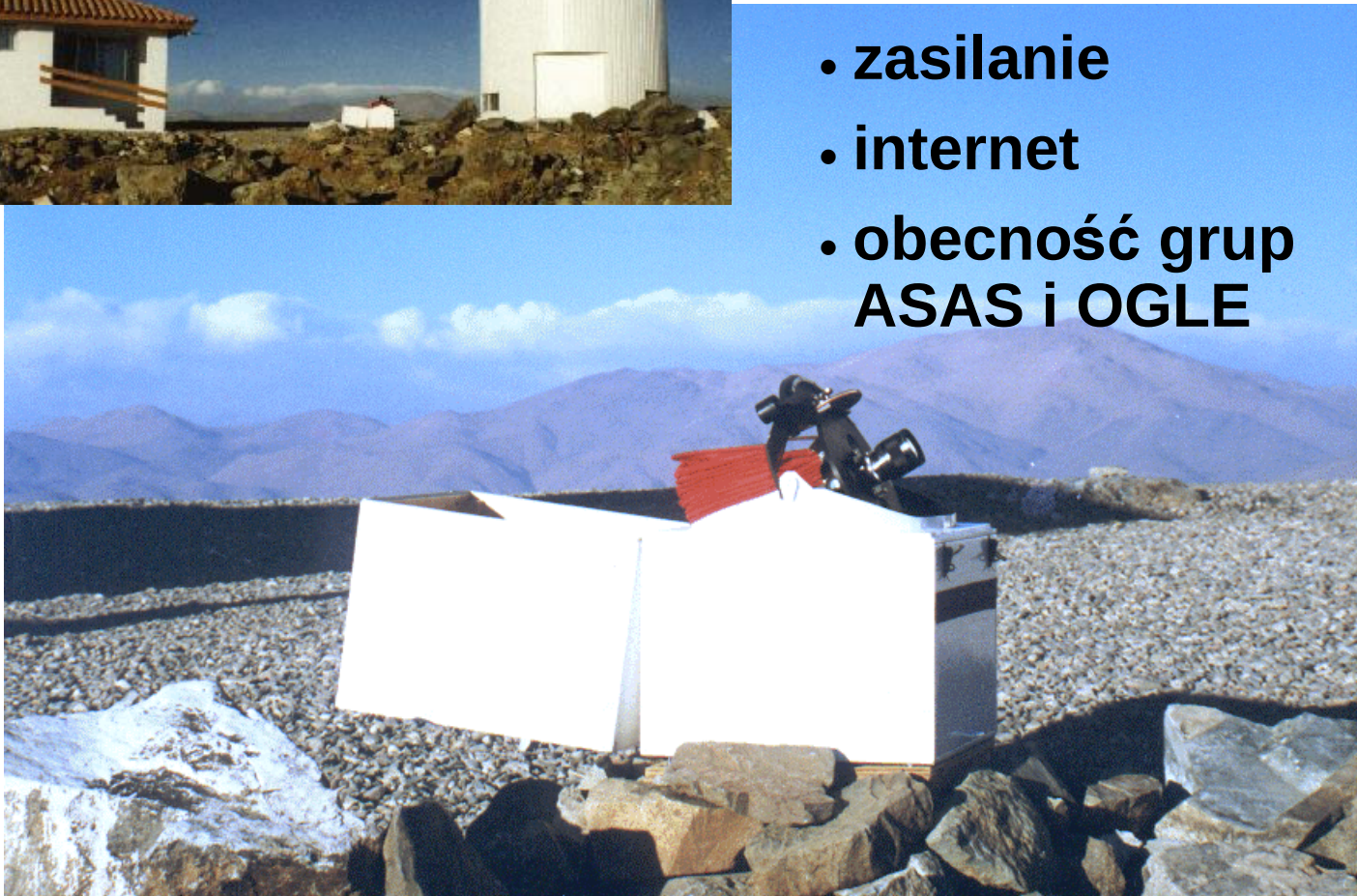
- porównywanie klatek
- rozpoznawanie gwiazd
- wykrywanie zmian (błysków)
- odrzucanie tła
 - samoloty, satelity, błyskawice, meteory, gwiazdy zmienne, świetliki, miony kosmiczne, szum elektroniczny

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



Konkurencja “ π of the Sky”

Physics Today 7/2002 przedstawia listę projektów poszukujących optycznych odpowiedników GRB:

- Robotic Optical Transient Search Experiment (ROTSE)
- Rapid Eye Mount (REM)
- Telescope a Action Rapide pour les Objects Transitoires (TAROT)
- Super Livermore Optical Transient Imaging Systems (Super-LOTIS)
- Rapid Telescopes for Optical Response (RAPTOR)

Wszystkie wykorzystują ten sam koncept:

mały, automatyczny teleskop, podążający za trygerem z satelity
(RAPTOR przewiduje self-trigger w skali 1 minuty)

“ π of the Sky” to układ **nieruchomy**, monitorujący **non-stop** ~całe niebo
 $\Rightarrow$ **ujemny** czas reakcji na tryger z satelity, **self-trigger** w skali **5s**

	π of the Sky	inne
pole widzenia	$>\pi$	40°x40°
czas reakcji	-20 s	>+10 s
zdolność rozdzielcza	5 s	30 s
zasięg	11-12 ^m	13-16 ^m

Współpraca “ π of the Sky”

G. Wrochna (IPJ) — *pomysł*

L. Mankiewicz (CFT) — *kontakty z astronomami*

M. Sokołowski (doktorant IPJ) — *algorytmy*

A.F. Żarnecki (IFD UW) — *expression of interest*

W. Zabołotny, K. Poźniak, R. Romaniuk (ISE PW) — *elektronika + oprogramowanie*

R. Sałański, A. Kalicki, M. Jegier, M. Husejko (studenci ISE PW)

K. Kierzkowski (IFD UW) — *elektronika*

Warsztat IPJ — *mechanika*

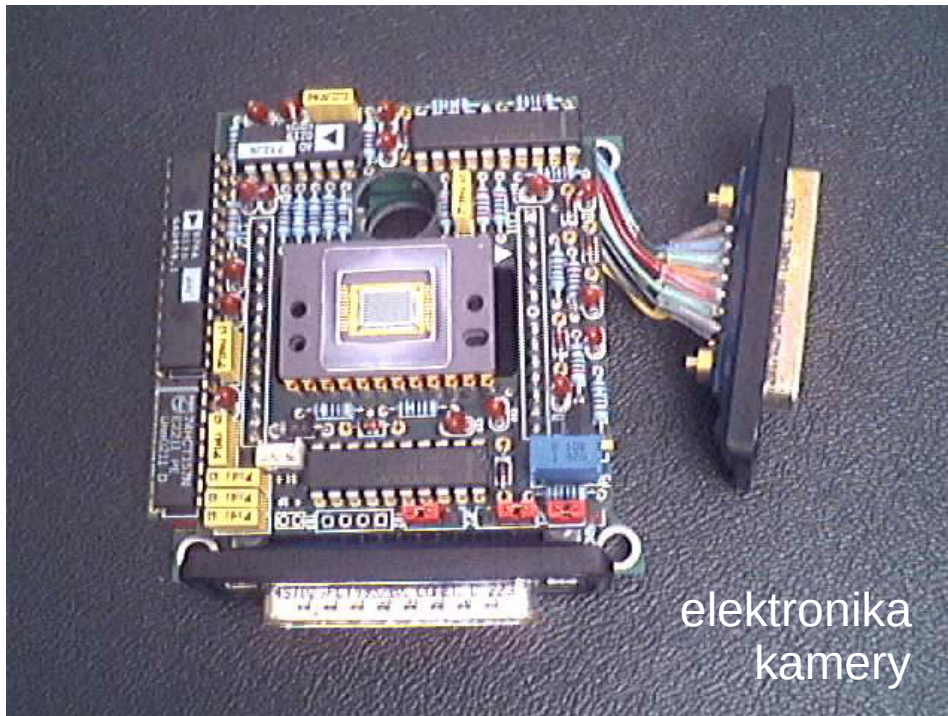
Janusz Pleszka (Astrokrak) — *mechanika*

B. Paczyński (Princeton) — *inspiracja + wsparcie finansowe*

G. Pojmański (OA UW) — *współpraca ASAS, konsultacje techniczne*

Plany “ π of the Sky”

- Opracowanie algorytmów w oparciu o dane z kamery ASAS — **jesień 2002**
- Kamera testowa (768x512) — **10.2002**



pierwsze zdjęcie



camera obscura



- Prototyp (jedna kamera 2048x2048) — **koniec 2002**
- Testy prototypu — **1-2.2003**
- Wykonanie całego systemu — **wiosna 2003**
- Pierwsze dane — **lato 2003** (start satelity SWIFT — 9.2003)

Trudności w popularyzacji nauki

W ostatnich latach w Polsce:

- **Szersze perspektywy dla młodych ludzi poza nauką**
- **Programy nauczania okrojone przez reformę**
- **Zredukowana liczba godzin przedmiotów ścisłych**
- **Ogłupiające działanie gier komputerowych**

Problemy edukacji i popularyzacji nauki

Dynamiczny rozwój nauki w ostatnich latach sprawił, że coraz bardziej powiększa się dystans między profesjonalistami a amatorami.

Niemożliwe staje się pokazanie na żywo, czy odtworzenie istotnych dla nauki eksperymentów i obserwacji.

Czy miłośnikom fizyki cząstek i astronomii pozostaje więc jedynie śledzenie doniesień prasowych o ważnych odkryciach i oglądanie zazdrosnym okiem zdjęć z wielkich teleskopów?

Nie poddawajmy się tak łatwo!

Projekty edukacyjno/popularyzacyjne

Hands on CERN

“Fizyka cząstek - zrób to sam” — J. Turnau, P. Zalewski

hep.fuw.edu.pl/u/wrochna/hoc

- Graficzna analiza przypadków Delphi
np. zliczanie przypadków dwu- i trzydżetowych $\Rightarrow$ wyznaczanie α_s

Hands on Universe

“Wszechświat własnymi rękami” — L. Mankiewicz

hou.astronet.pl

- Analiza danych z profesjonalnych teleskopów
- Zdalna obsługa teleskopów z drugiej półkuli

Sky Eye

“Niebieskie Oczko” — G. Wrochna

ccd.astronet.pl

- Astronomia CCD za 3 gr

Kamery CCD

Postęp techniczny przynosi amatorom nowe możliwości.

Amatorskie astronomiczne kamery CCD kosztują >1000\$.
To wciąż za dużo jak na przeciętnego miłośnika w Polsce.

Pomysłowość ludzka nie zna jednak granic.

Coraz więcej, coraz tańszych urządzeń powszechnego użytku zawiera sensory CCD:
kamery wideo, systemy bezpieczeństwa, domofony, kamery internetowe itp.

Okazuje się, że tego typu urządzenia coraz powszechniej wykorzystywane są przez miłośników astronomii.

Ich arsenał przywodzi na myśl słynne „zawody w pływaniu na byle czym”.

Zamiast więc marzyć o kamerach za tysiące \$\$, fotografujemy niebo byle czym!

Przepis jest prosty:

- zdobądź byle jaką kamerę internetową (webcam),
- dołącz do niej byle jaki obiektyw,
- umocuj na byle czym
- i podłącz do byle jakiego komputera.

Rezultaty mogą być nie byle jakie.

Kamera internetowa + teleskop

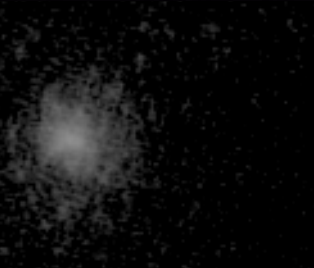


Jowisz



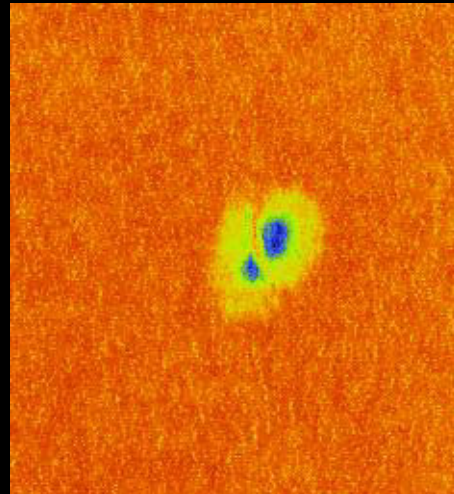
Saturn

M15

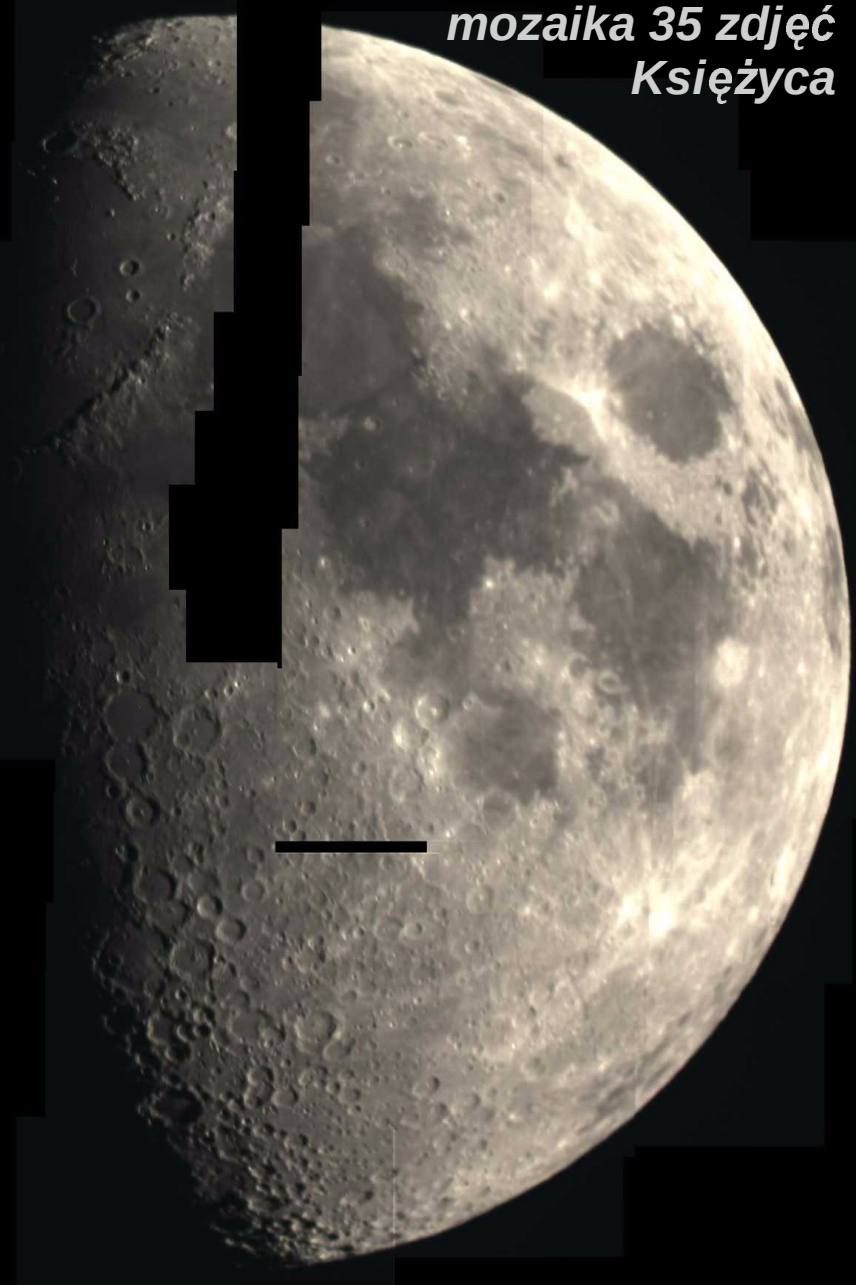


Plamy na Słońcu

Sztuczne barwy lepiej oddają różnice temperatur



*mozaika 35 zdjęć
Księżyc*



Kamera internetowa
obiektyw f=50mm, f/2
3° x 4°

Plejady

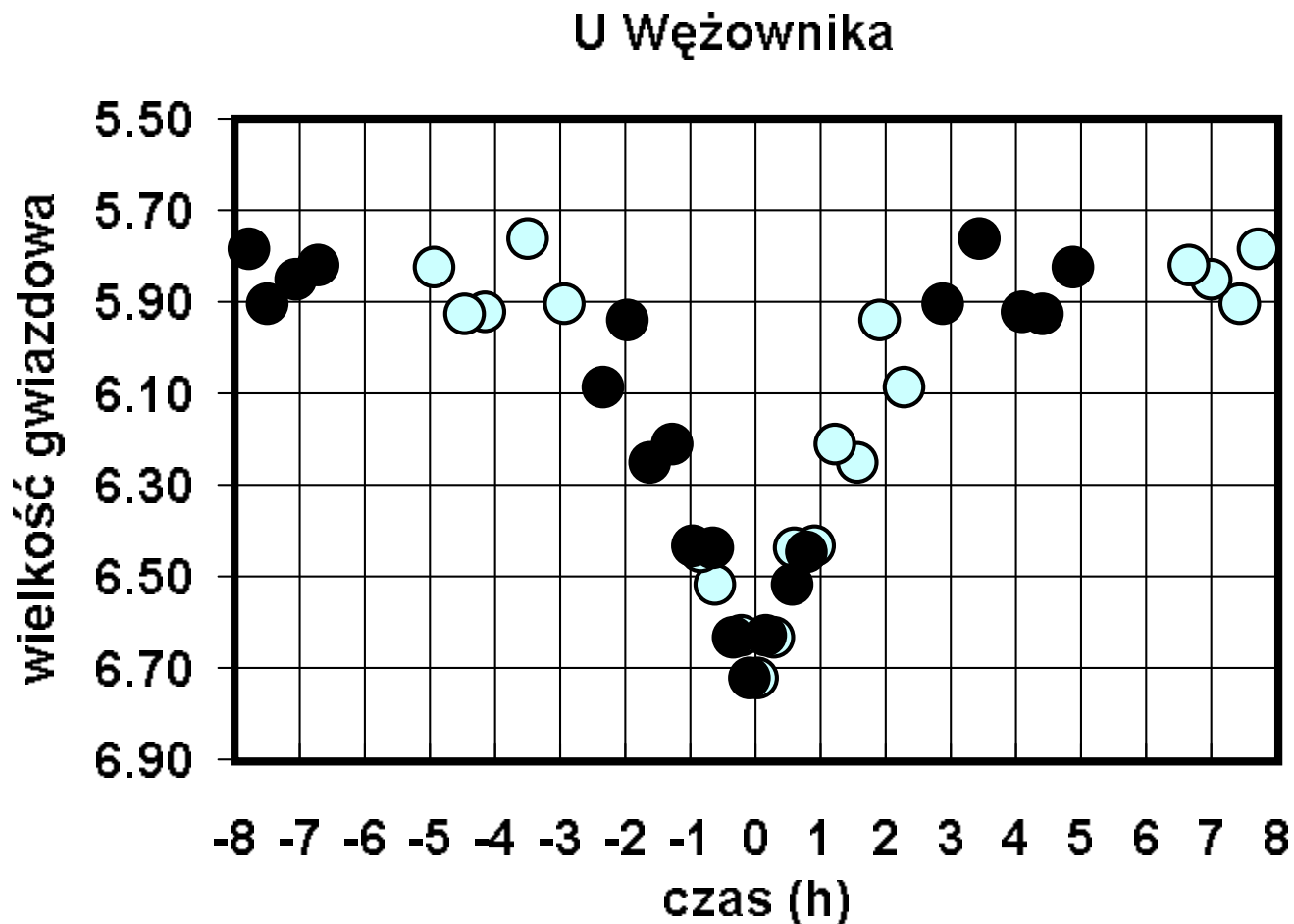
42
44
45 Uran

Neptun

Vesta

Pomiar jasności gwiazd

Krzywa blasku układu U Oph



Dwie gwiazdy o podobnej wielkości i jasności okrążają się po ciasnej orbicie.

Z Ziemi widać je jako jeden obiekt, którego blask spada o połowę w regularnych odstępach czasu.

Tanie CCD dla miłośników astronomii

Kamera internetowa — 200-400 zł

Z teleskopem

($f=2m$, $\phi=20cm$)

- ładne obrazki

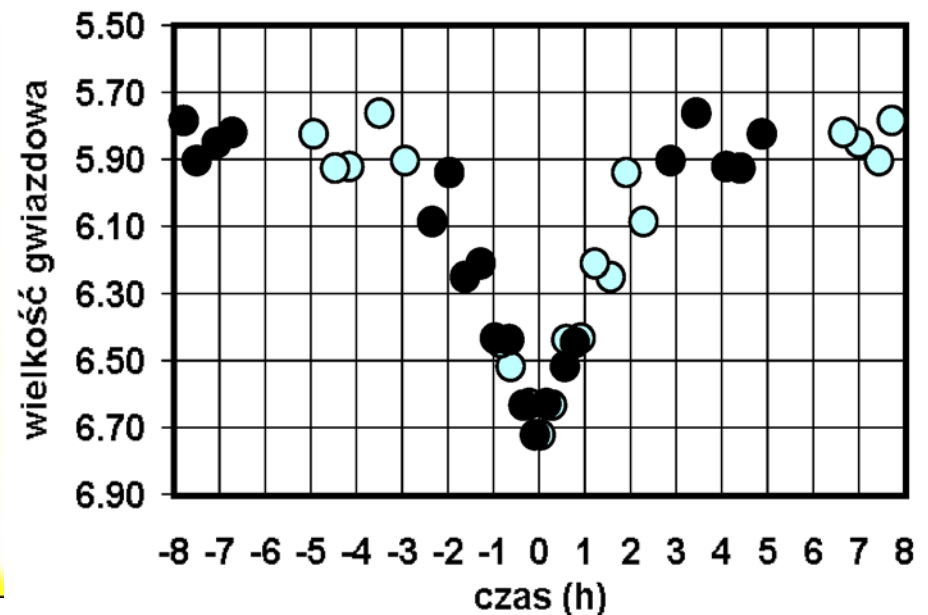


Z obiektywem ($f=50mm$, $f/2$ — 30 zł)

- śledzenie planetoid
- obserwacja zakryć
- krzywe blasku gwiazd zmiennych



U Wężownika



**1. pojedyncza
klatka**



2'.nałożenie



**1'. rozjaśnienie
nie pomaga**



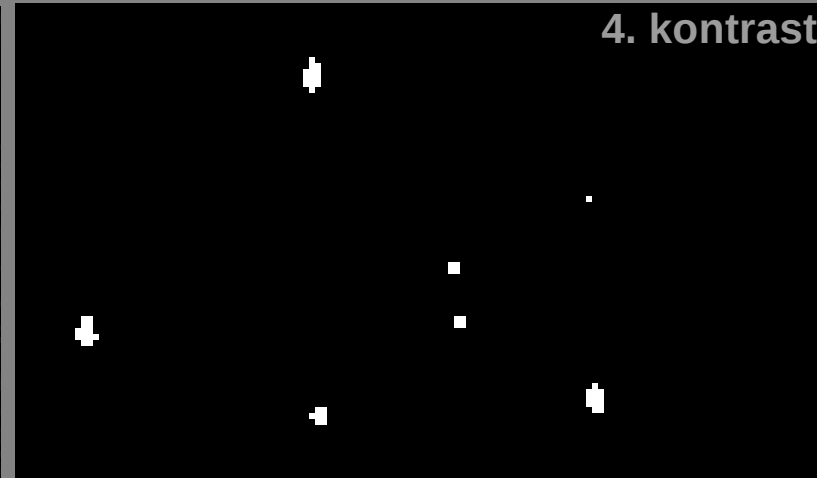
**3. nałożenie
+przesunięcie**



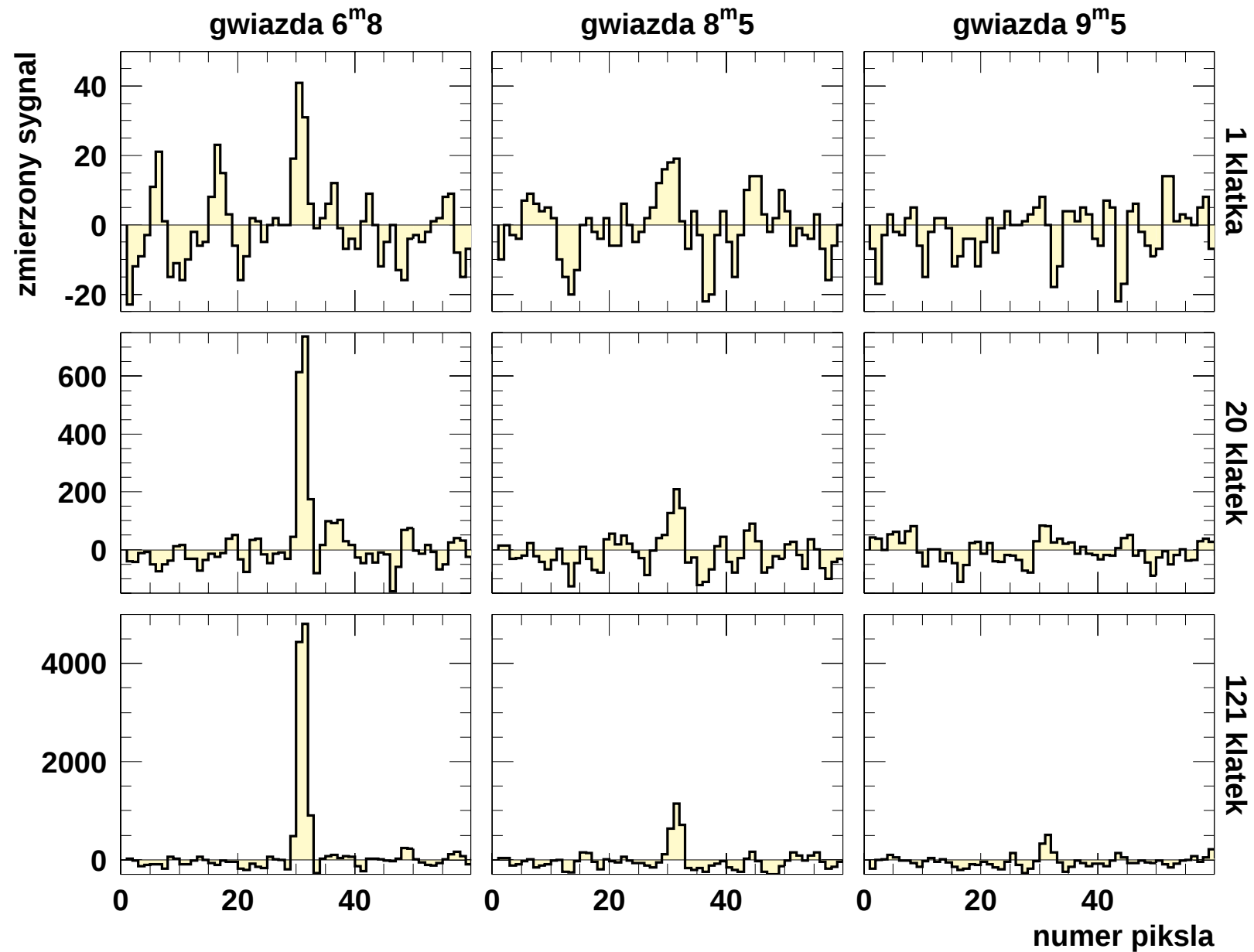
**2. odjęcie
ciemnej klatki**



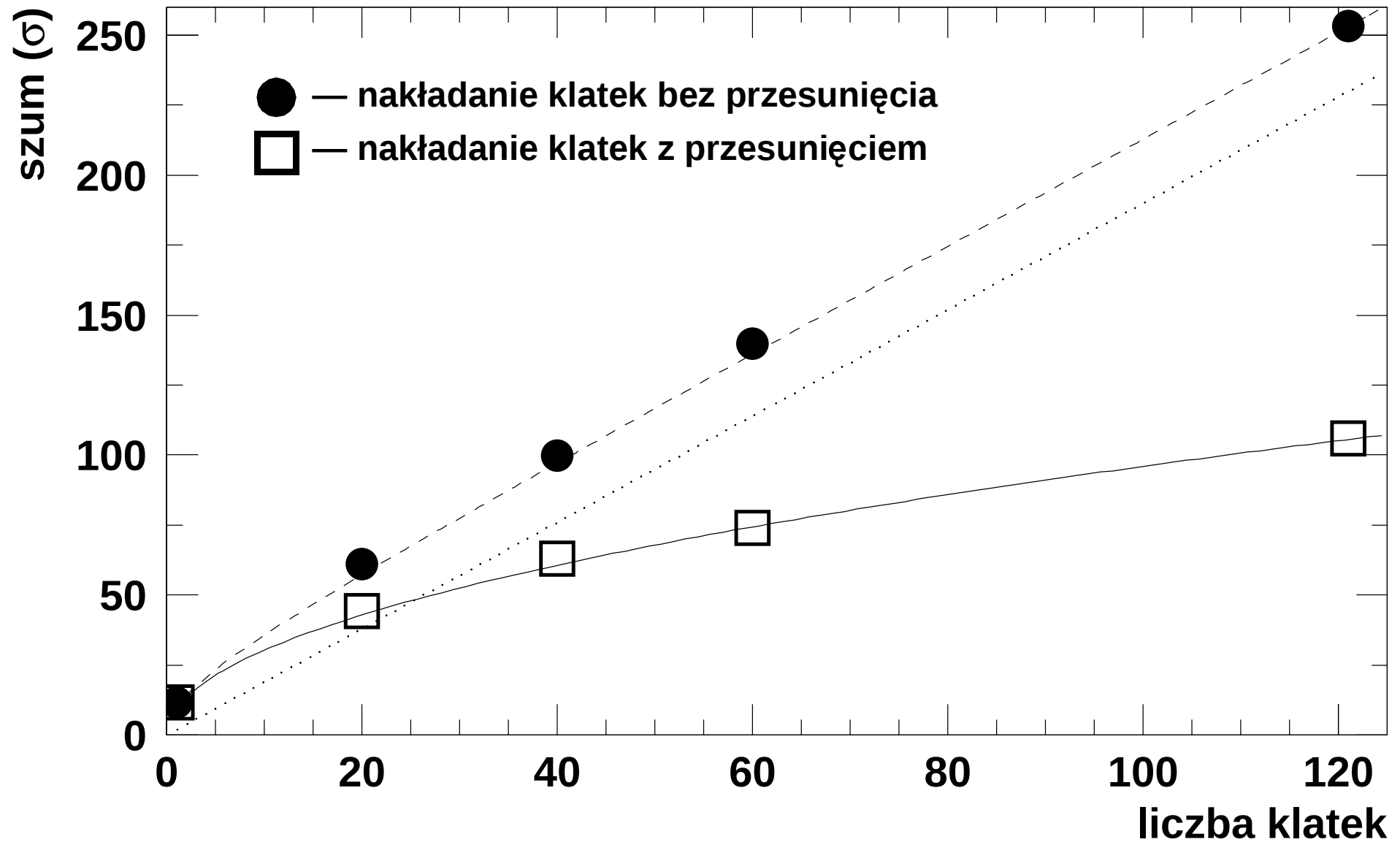
4. kontrast



Obróbka danych z “Webcam CCD”



Obróbka danych z “Webcam CCD”



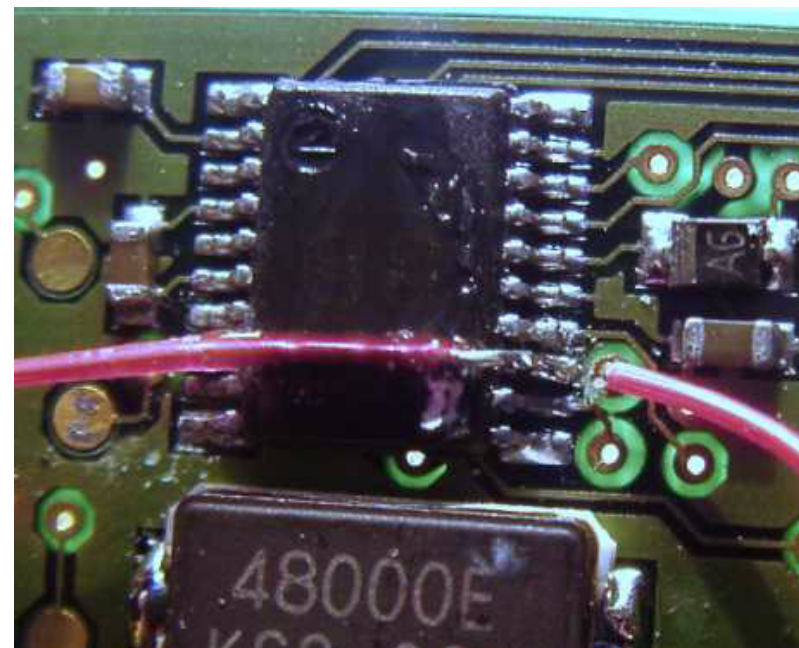
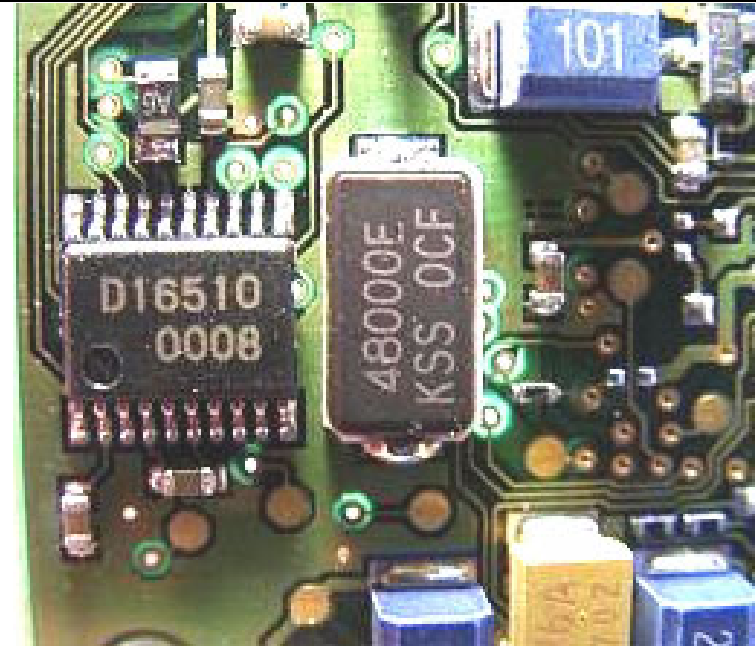
Przeróbka Vesty na długie ekspozycje

Przeróbka jest tania (~10 zł) i prosta,
ale wymaga dobrej lutownicy
i sprawnej ręki elektronika.

Spore ryzyko uszkodzenia kamery!

home.clara.net/smunch/wintro.htm

Można kupić już przerobioną
astronomia.net.pl



DŁUGIE CZASY

Zmodyfikowana kamera

Philips Vesta Pro

Celestar 8, $f = 2000$ mm

redukcja/2



M51, 6x20s



M57, 12x10s + 5x20s



M3, 13x5s



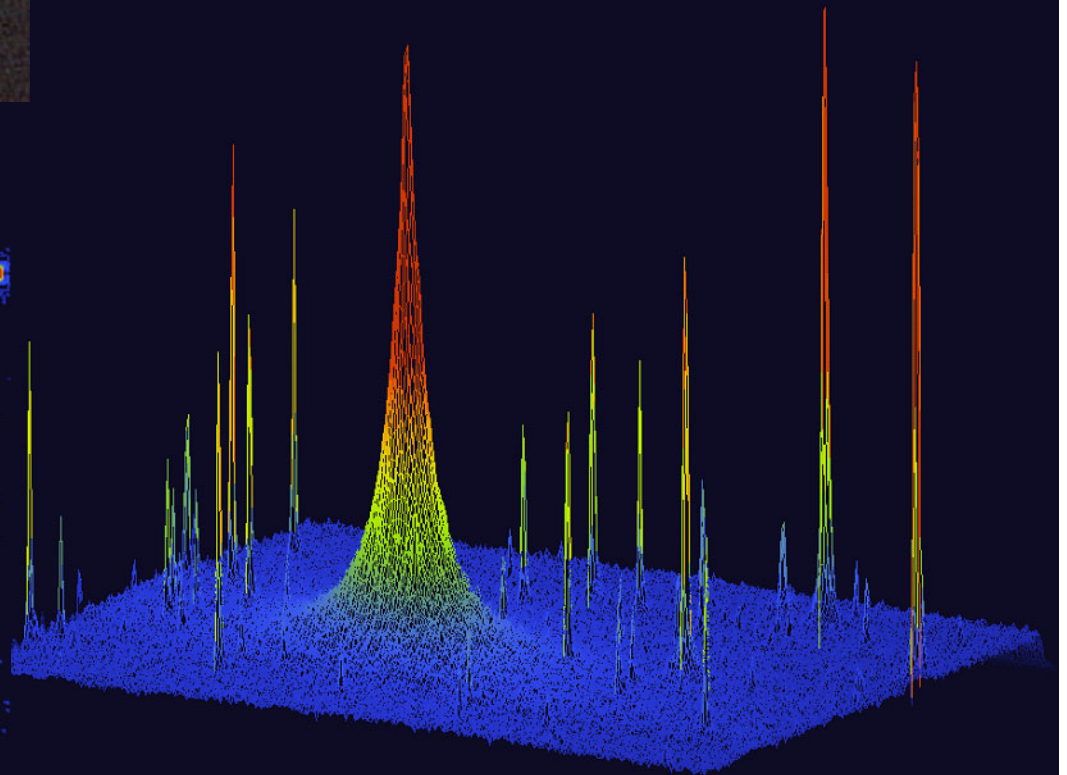
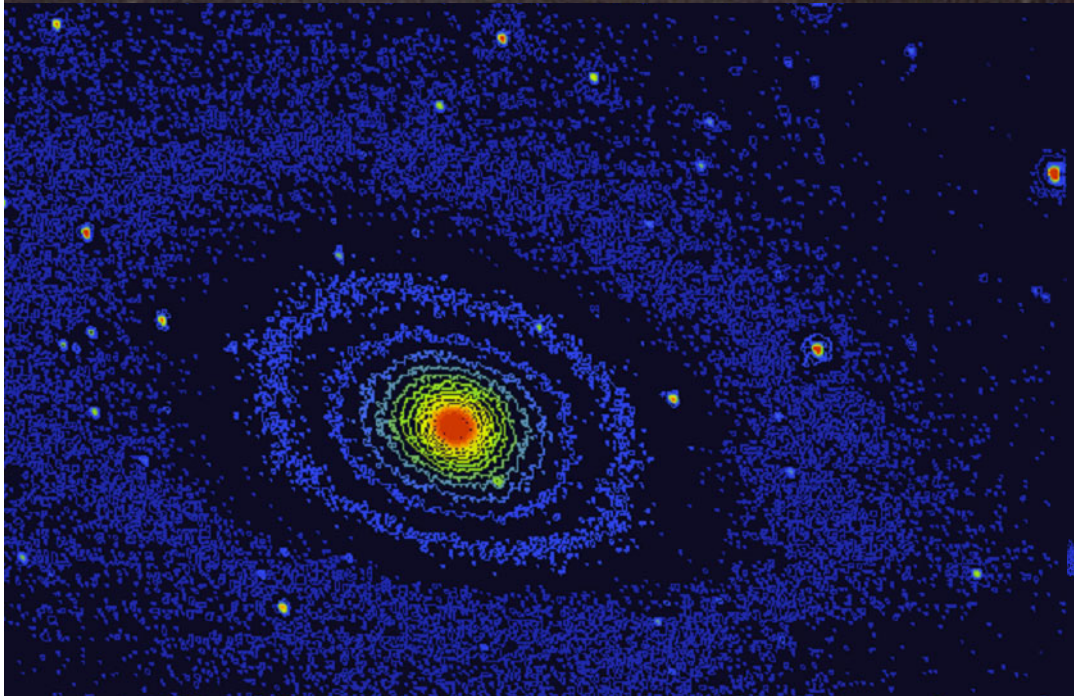
Zmodyfikowana Philips Vesta Pro

12 x 10s + 5 x 20s

Meade ETX70, f=350mm, d=70mm

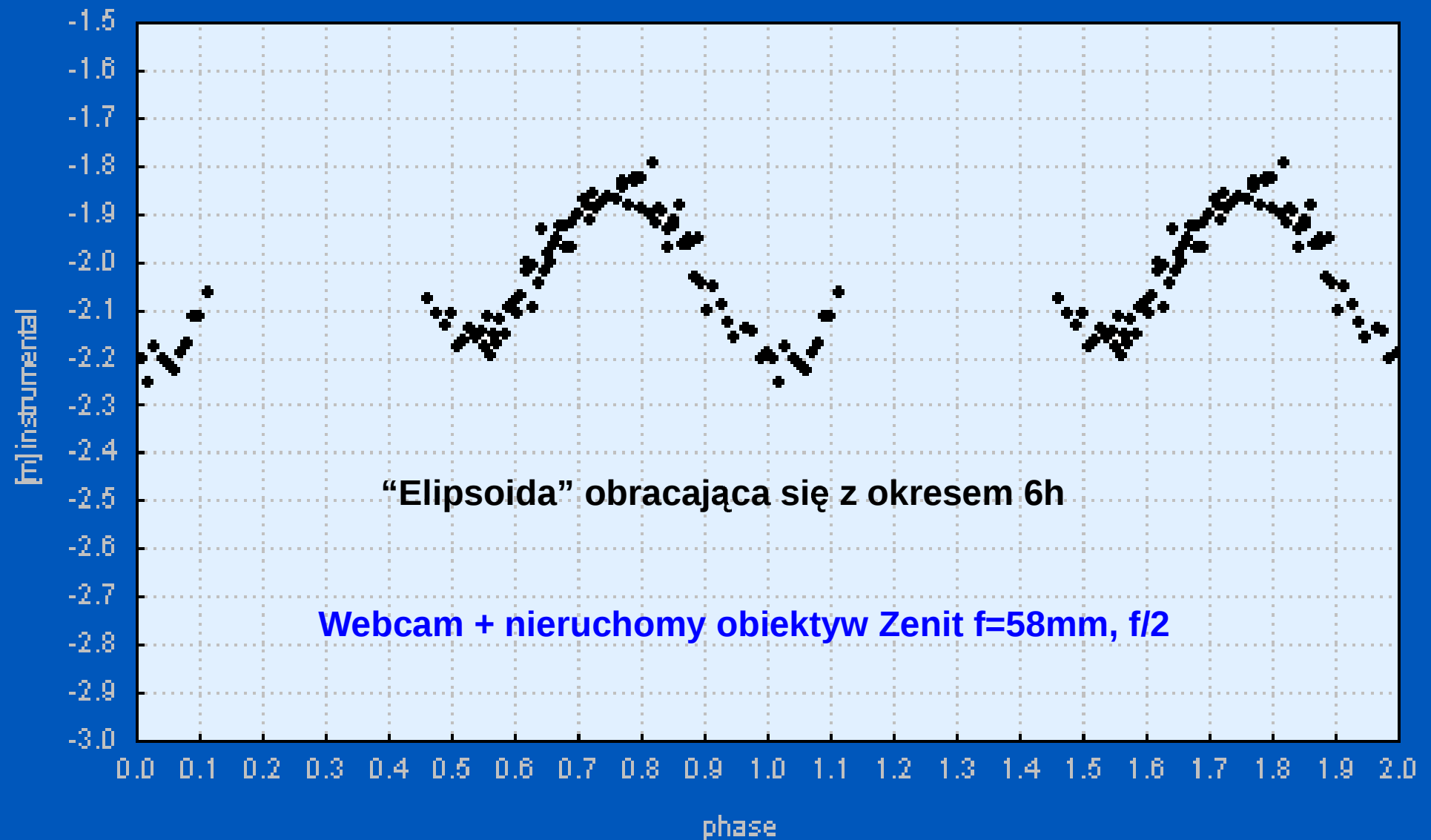
Izofoty uwidaczniają eliptyczny kształt galaktyki

Wykres natężenia światła pokazuje rozkład gęstości gwiazd w galaktyce



Planetoida Eunomia

Diagram fazowy planetoidy 15 Eunomia - obs. G. Koralewski



Zalety dydaktyczne

Cena <500zł - zestaw osiągalny niemal dla każdego

Zdjęcia Księżyca i planet — duża atrakcja

“Małe obserwatorium fotometryczne” —

- zachęca do poszerzania wiedzy astronomicznej
 - niebo, współrzędne, astrofizyka gwiazd zmiennych itp.
- zapoznaje z podstawami obróbki astronomicznych zdjęć cyfrowych
 - dark frame, flat field itp
- uczy analizy danych
 - sygnał / szum, kalibracja, błędy statystyczne i systematyczne
- rozwija umiejętności informatyczne
- daje szansę na odkrycie gwiazdy nowej lub planetoidy
- może służyć jako trening przed pracą z “prawdziwym” CCD

Fizyka cząstek czy astronomia?

Dawniej

- astronom — oglądał ciała niebieskie przez teleskop
- fizyk cząstek — oglądał ślady cząstek w komorze pęcherzykowej

Dzisiaj

- astronom — zlicza fotony docierające do jego detektora (CCD)
- fizyk cząstek — zlicza cząstki docierające do jego detektora

ale jednym z lepszych sposobów detekcji cząstek jest
zmuszenie ich do emisji fotonów

(scyntylacja, promieniowanie Czerenkowa, ...)

Fizyka cząstek czy astronomia?

Schemat typowego eksperymentu fizyki cząstek:

- chcemy badać dane zjawisko
- jedyną informacją o nim dostępną dla nas niesioną jest przez wyprodukowane w nim cząstki
- aby je efektywnie rejestrować, umieszczamy ośrodek emitujący fotony na skutek przejścia cząstek
- rejestrujemy fotony detektorem elektronicznym

Niech teraz:

- badanym zjawiskiem będzie źródło GRB
- optycznie aktywnym ośrodkiem — materia międzygwiazdowa
- a detektorem — kamera CCD

Jest to dokładnie eksperyment “ π of the Sky”

***I znowu sobie zadaję pytanie:
czy to astronomia,
czy cząstek badanie?***

