

"π of the Sky" - błyski gamma, blazary i inne zjawiska

Lech Wiktor Piotrowski

ZCiOF, 3.XI.2006

1 O błyskach gamma

- Odkrycie
- Pierwsze dane i hipotezy
- Wykrycie poświat
- Właściwości GRB
- Wiodące teorie
- Współczesne eksperymenty

2 Projekt "π of the Sky"

- Koncepcja projektu
- Prototyp
- Pierwsze wyniki

3 Nowa... astrofizyka?

- Obserwacje "wielomedialne"?
- Współpraca w przyszłości

4 Status "pełnego systemu"

- Plan eksperymentu
- Kamery
- Montaż

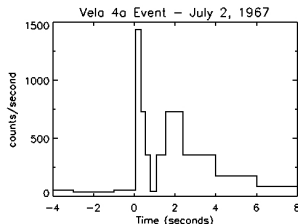
Odkrycie błysków gamma

- 1963 rok - pierwsza para satelitów Vela, wyposażonych w detektory gamma, monitoruje przestrzeganie traktatu o zakazie testów jądrowych
- 1969 rok - rozpoczęto ręczne przeczesywanie danych w poszukiwaniu koincydencji...



Odkrycie błysków gamma

- 1963 rok - pierwsza para satelitów Vela, wyposażonych w detektory gamma, monitoruje przestrzeganie traktatu o zakazie testów jądrowych
- 1969 rok - rozpoczęto ręczne przeczyszczenie danych w poszukiwaniu koincydencji...
- ...wykryto błysk z 1967 roku - bez sygnatur wybuchu bomby jądrowej



Pierwsze dane i hipotezy

Pierwsze dane

- W 1973 roku ukazała się pierwsza publikacja, opisująca 16 błysków gamma (GRB) z lat 1969-73
- Odległość: ponad 1000000 km. Słońce, planety i Księżyc wykluczone. Rozkład izotropowy.

W 1974 roku istniało już kilkadziesiąt teorii. Główne problemy to:

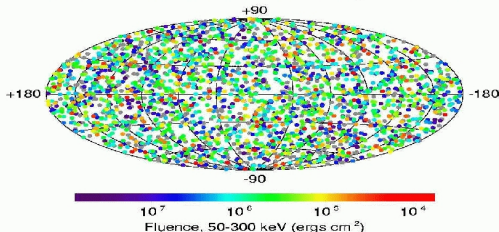
- Dystans: Układ Słoneczny, Galaktyka czy dalej?
- Źródło: znane ciała niebieskie, od gwiazd do komet, czy egzotyka jak białe lub robacze dziury, struny kosmiczne itp. A może wojny między kosmitami?
- "Napęd": reakcje termojądrowe, zmiana momentu pędu, pole magnetyczne czy zapas grawitacyjny?

BATSE

W roku 1991 wystrzelono satelitę CGRO z instrumentem BATSE (Burst And Transient Source Experiment)

- Wykrywał średnio 1 błysk dziennie, z dokładnością $3-10^\circ$
- W ciągu 9 lat pracy wykrył 3000 błysków - izotropowy rozkład

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



- Przesyłał dane w czasie rzeczywistym na Ziemię

Jednak dystans do GRB był ciągle nieznanym...

Rozstrzygnięcie

- W 1996 roku wystrzelono włosko-holenderskiego satelitę roentgenowskiego BeppoSAX
- 1996.02.28 - pierwsza obserwacja poświaty roentgenowskiej, a dobę później optycznej
- 1996.05.10 - teleskop Keck mierzy widmo poświaty optycznej do GRB960508. Przesunięcie ku czerwieni $z = 0.835$

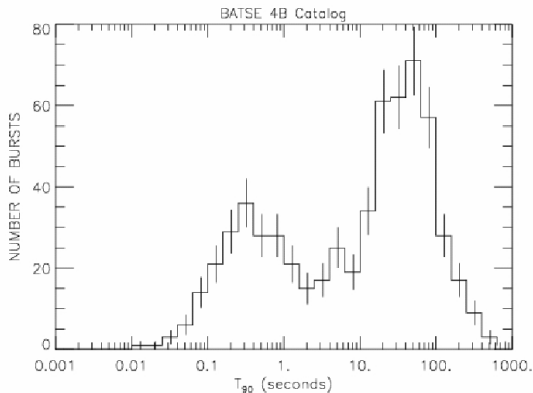
Odległość prawie 4 miliardów lat świetlnych - potwierdzenie teorii pozagalaktycznej

Właściwości GRB

- Energie rzędu 10^{51} ergów
- Odległości kosmologiczne
- maksymalny $z = 6.29$
→ 12.8 Gyr temu
- Towarzyszące poświaty
roentgenowskie, optyczne
i radiowe

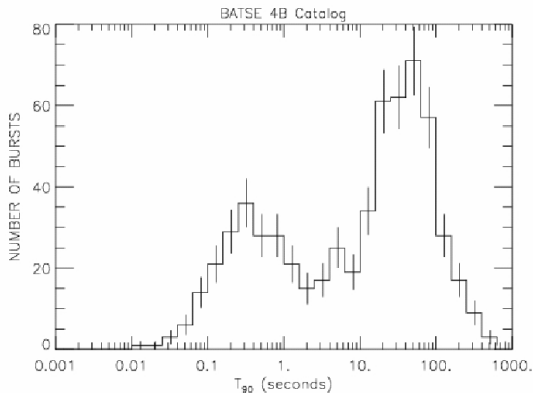
Właściwości GRB

- Energie rzędu 10^{51} ergów
- Odległości kosmologiczne
- maksymalny $z = 6.29$
→ 12.8 Gyr temu
- Towarzyszące poświaty
roentgenowskie, optyczne
i radiowe
- Conajmniej 2 klasy
błysków: długie ($t > 2s$) i
krótkie ($t < 2s$)



Właściwości GRB

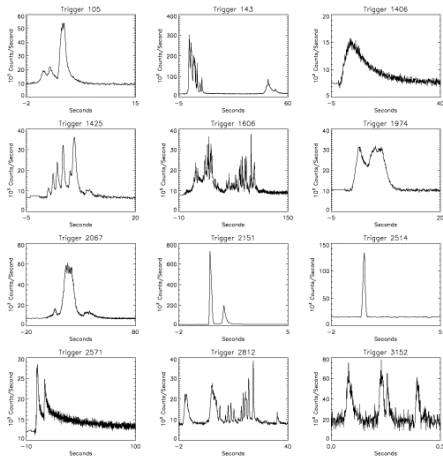
- Energie rzędu 10^{51} ergów
- Odległości kosmologiczne
- maksymalny $z = 6.29$
→ 12.8 Gyr temu
- Towarzyszące poświaty
roentgenowskie, optyczne
i radiowe
- Conajmniej 2 klasy
błysków: długie ($t > 2s$) i
krótkie ($t < 2s$)



Długie błyski kojarzone z hipernowymi - supernowymi o masie
większej niż 20 mas Słońca

Krzywe blasku

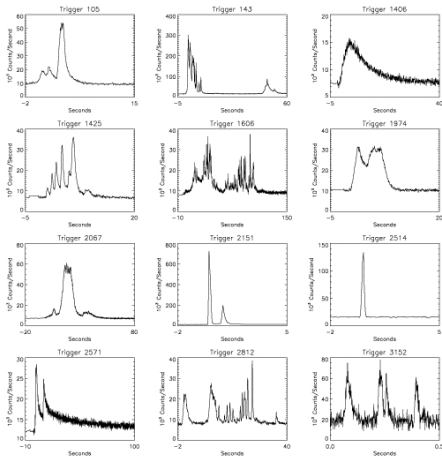
- Skomplikowana, różnorodna struktura → wkład od wielu różnych procesów
- Nieznany "motor napędowy" GRB



Krzywe blasku

- Skomplikowana, różnorodna struktura → wkład od wielu różnych procesów
- Nieznany "motor napędowy" GRB

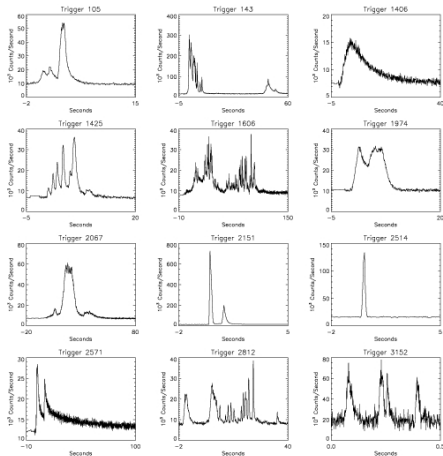
Jeśli widziałeś jeden GRB...



Krzywe blasku

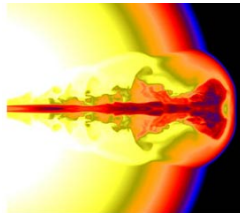
- Skomplikowana, różnorodna struktura → wkład od wielu różnych procesów
- Nieznany "motor napędowy" GRB

Jeśli widziałeś jeden GRB...
...widziałeś tylko jeden GRB



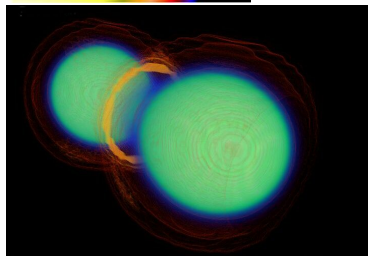
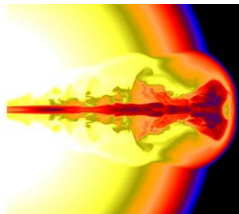
Wiodące teorie

- “Collapsar” - długie błyski - zapisać “hipernowej” do czarnej dziury



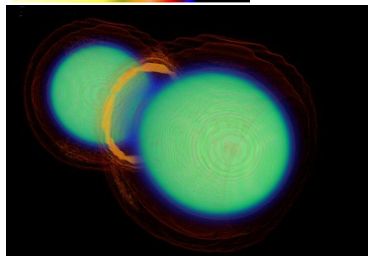
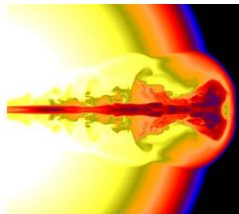
Wiodące teorie

- "Collapsar" - długie błyski - zapadź "hipernowej" do czarnej dziury
- "Merger" - krótkie błyski - zderzenie dwóch zwartych obiektów: NS-NS, NS-BH, BH-BH



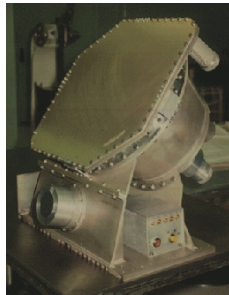
Wiodące teorie

- "Collapsar" - długie błyski - zapaść "hipernowej" do czarnej dziury
- "Merger" - krótkie błyski - zderzenie dwóch zwartych obiektów: NS-NS, NS-BH, BH-BH
- Egzotyczne modele
 - Zapaść gwiazdy neutronowej do kwarkowej
 - Parowanie pierwotnych czarnych dziur (ultrakrótkie GRB)
 - Inne...



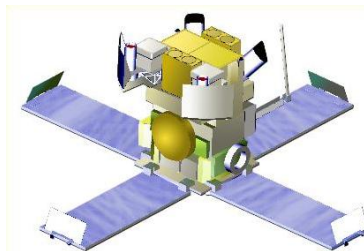
W przestworzach

- CGRO z BATSE strącony w 2000 roku (mimo działania). Pole widzenia: $\sim 4\pi$ sr, energia 25 keV - 10 MeV.



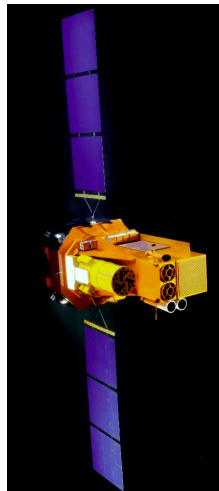
W przestworzach

- CGRO z BATSE strącony w 2000 roku (mimo działania). Pole widzenia: $\sim 4\pi$ sr, energia 25 keV - 10 MeV.
- HETE-2 wystrzelony w 2000 roku. Pole widzenia: 1.5 sr, energie: 0.5-400 keV. Kończy działanie.



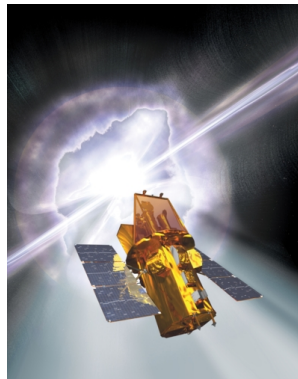
W przestworzach

- CGRO z BATSE strącony w 2000 roku (mimo działania). Pole widzenia: $\sim 4\pi$ sr, energia 25 keV - 10 MeV.
- HETE-2 wystrzelony w 2000 roku. Pole widzenia: 1.5 sr, energie: 0.5-400 keV. Kończy działanie.
- Integral wystrzelony w 2002 roku. Pole widzenia: $\sim 30^\circ \times 30^\circ$, energie: 3 keV - 10 MeV.



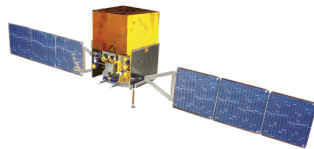
W przestworzach

- CGRO z BATSE strącony w 2000 roku (mimo działania). Pole widzenia: $\sim 4\pi$ sr, energia 25 keV - 10 MeV.
- HETE-2 wystrzelony w 2000 roku. Pole widzenia: 1.5 sr, energie: 0.5-400 keV. Kończy działanie.
- Integral wystrzelony w 2002 roku. Pole widzenia: $\sim 30^\circ \times 30^\circ$, energie: 3 keV - 10 MeV.
- SWIFT wystrzelony w 2004 roku. Pole widzenia: ~ 1.5 sr, energie 0.1-150 keV.



W przestworzach

- CGRO z BATSE strącony w 2000 roku (mimo działania). Pole widzenia: $\sim 4\pi$ sr, energia 25 keV - 10 MeV.
- HETE-2 wystrzelony w 2000 roku. Pole widzenia: 1.5 sr, energie: 0.5-400 keV. Kończy działanie.
- Integral wystrzelony w 2002 roku. Pole widzenia: $\sim 30^\circ \times 30^\circ$, energie: 3 keV - 10 MeV.
- SWIFT wystrzelony w 2004 roku. Pole widzenia: ~ 1.5 sr, energie 0.1-150 keV.
- GLAST wystrzelenie: jesień 2007. Pole widzenia: ~ 2 sr, energie: 10 keV - 300 GeV.



Na Ziemi

Obserwacja błysków wykrywanych przez satelity:

- Duże teleskopy optyczne i radiowe - bardzo opóźnione obserwacje. Typowe czasy reakcji \sim godziny.



Na Ziemi

Obserwacja błysków wykrywanych przez satelity:

- Duże teleskopy optyczne i radiowe - bardzo opóźnione obserwacje. Typowe czasy reakcji \sim godziny.
- Małe optyczne teleskopy - "roboty": błyskawiczna reakcja, większe pole widzenia, mniejszy zasięg



Na Ziemi

Obserwacja błysków wykrywanych przez satelity:

- Duże teleskopy optyczne i radiowe - bardzo opóźnione obserwacje. Typowe czasy reakcji \sim godziny.
- Małe optyczne teleskopy - "roboty": błyskawiczna reakcja, większe pole widzenia, mniejszy zasięg
- Rekord prędkości: 22 sekundy po błysku (ROTSE GRB990123)



Na Ziemi

Obserwacja błysków wykrywanych przez satelity:

- Duże teleskopy optyczne i radiowe - bardzo opóźnione obserwacje. Typowe czasy reakcji \sim godziny.
- Małe optyczne teleskopy - "roboty": błyskawiczna reakcja, większe pole widzenia, mniejszy zasięg
- Rekord prędkości: 22 sekundy po błysku (ROTSE GRB990123)
- ...i obserwacja wywołana przez "prekursor" (RAPTOR GRB050820)



Nierozwiązany problem

Czas propagacji triggera i czas potrzebny na obrót zawsze > 0

Rozwiązanie problemu czasu reakcji

Problem: długi czas propagacji triggera i reakcji aparatury
Dotychczas mniej niż 30 obserwacji optycznych w czasie 100 s po
błysku.

Rozwiązanie: wyeliminowanie potrzeby reakcji!

- Ciągłe obserwacje dużego obszaru nieba \rightarrow obserwacja miejsca błysku nawet przed błyskiem
- Duża rozdzielczość czasowa \rightarrow badanie genezy GRB
- Własny układ wyzwalań \rightarrow niezależne detekcje

“ π of the Sky” to pierwszy eksperyment tego typu

Koncepcja projektu "π" of the Sky

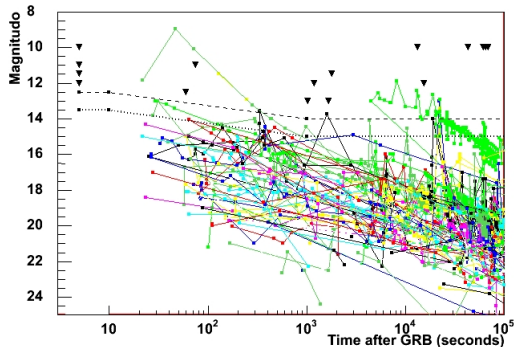
2 macierze po 16 kamer, umieszczone w dużej odległości:

- Pole widzenia: 2 sr (więcej niż SWIFT)
- Duża rozdzielczość czasowa: ~ 10 s
- ~ 3000 klatek/noc
- Duży strumień danych: ~ 1 Terabajt/noc
- Wielostopniowy system wyzwalania
- Koincydencja macierzy, w celu eliminacji fałszywych przypadków
- Bezobsługowa praca

Duże pole widzenia → **oczekiwany zasięg tylko 14 – 15^m**

Czy jednak "π" zobaczy cokolwiek?

Krzywe blasku poświat optycznych GRB:



Opisywane przez prawo zaniku potęgowego.

Próba oszacowania wczesnej jasności

$$F \propto t^{-\gamma}, \quad m = -2.5 \log \frac{F}{F_0}$$

Dopasowanie prostej:

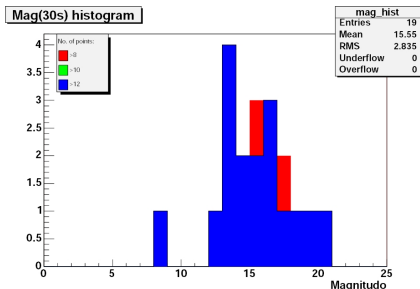
$$m(t) = a \log(t) + b$$

Do tego:

- Cięcie na jakość krzywej
- Poprawka na filtr

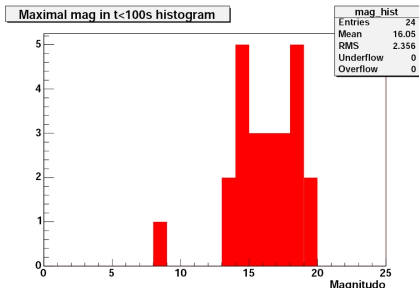
Czy jednak "π" zobaczy cokolwiek?

Wynik:



Średnia jasność 15.6^m w 30 s po
błysku bardzo obiecująca!

Dla rzeczywistych obserwacji w ciągu
100 s od GRB:



Średnia 16^m też optymistyczna.
Powinniśmy zobaczyć prawie połowę
błysków (w nocy i na naszej półkuli)!

Co chcemy zobaczyć?

Szukamy:

- Błysków optycznych towarzyszących GRB
- Gwiazd zmiennych
- Gwiazd nowych
- Gwiazd supernowych
- Blazarów
- Innych szybkozmiennych zjawisk manifestujących się optycznie

Działający prototyp

- Dwie kamery pracujące w trybie koincydencji
- Ruchomy montaż paralaktyczny

Kamery - autorski projekt i realizacja:

- Sensory CCD 2000×2000 pikseli
- Szybka, programowalna elektronika
- Migawka wytrzymująca 10^7 cykli
- Obiektywy Canon, $f=85\text{mm}$ $f/d=1.2$
(w pierwszej fazie $f=50\text{mm}$, $f/d=1.4$)
- Rozdzielczość kątowna $36''$

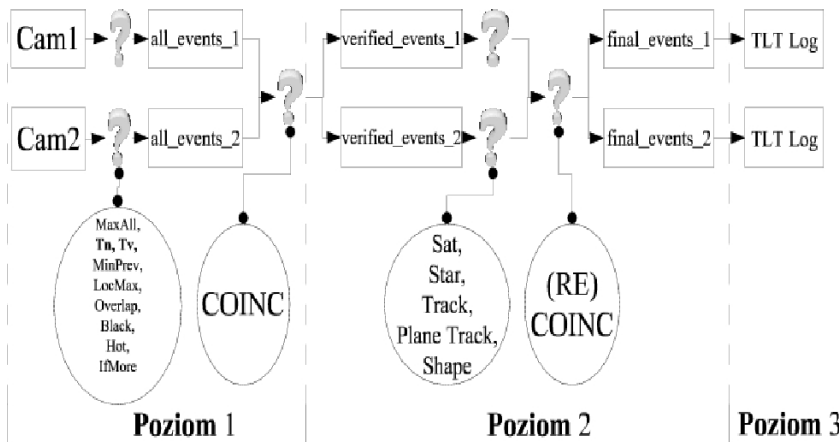
Montaż oparty na projekcie ASAS.



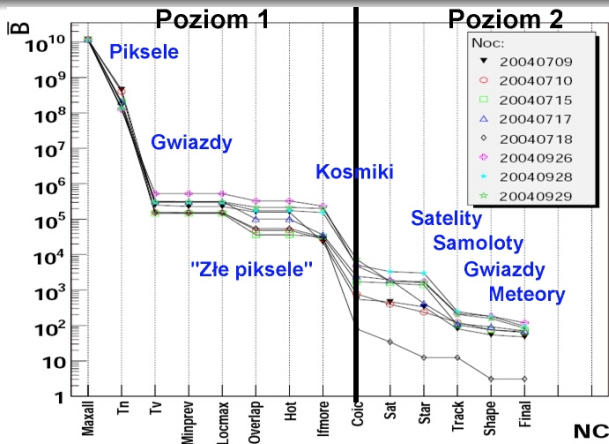
Od czerwca 2004 działa w obserwatorium Las Campanas w Chile.

Układ wyzwala

Wzorowany na eksperymentach fizyki wysokich energii...



Redukcja strumienia danych



Liczba przypadków na poszczególnych etapach algorytmu dla kilku nocy

Tryb pracy

- Śledzenie FoV satelity SWIFT
- Śledzenie FoV HETE lub Integral
- Automatyczna reakcja na zewnętrzne alerty o GRB z sieci GCN
- Skan całego nieba - wieczorem i nad ranem
- System działa w pełni autonomicznie
- Automatycznie startuje przed zmierzchem w Chile
- W przypadku wykrycia GRB lub problemów powiadamia mailem i SMSem
- Automatycznie udostępnia przeanalizowane dane (WWW)
- Jest w pełni sterowalny przez Internet

Wszystkie sytuacje awaryjne są obsługiwane przez Internet

Algorytmy

Dane są poddawane obróbce przez następujące algorytmy:

- Online - w trakcie zbierania danych:
 - Poszukiwanie błysków na pojedynczych klatkach
 - Poszukiwanie błysków na sumach klatek
 - → **możliwość wysyłania własnych “alertów”**
- Offline, działające na pomiarach fotometrycznych wpisywanych do bazy danych (sumy klatek i skany):
 - Poszukiwanie i badanie gwiazd zmiennych (w trakcie prac)
 - Szukanie gwiazd nowych
 - Szukanie pojaśnień (“flar”)
 - Monitorowanie ciekawych obiektów

Statystyka obserwacji GRB

	od 01.06.2006	do 07.08.2005
Wszystkie	48	88
Wyłączony	3	1
Północna półkula	1	18 (20%)
Dzień	28 (58%)	40 (45%)
Pod horyzontem	12 (25%)	8 (9%)
Chmury	1	4
Poza FoV	3	16
W FoV	0	2

Od 01.06.2006 trzy limity:

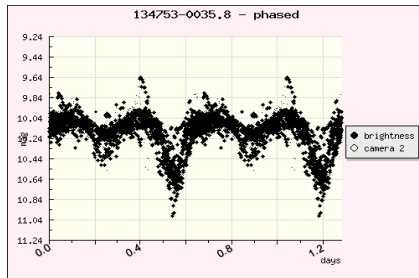
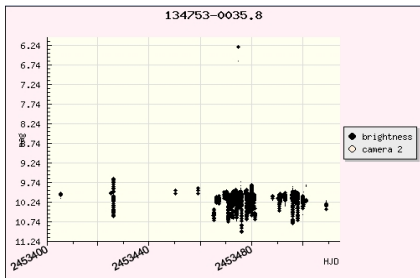
- GRB060607: $> 13.4^m$ 124 s po GRB
- GRB060719: $> 12.8^m$ 65 s po GRB
- GRB060908: $> 12.5^m$ 731 s po GRB

Do 07.08.2005 limity przed/w
trakcie/po GRB:

- GRB040825A: $> 10^m/12^m/9.5^m$
- GRB050412: $> 11.5^m/11^m/11.5^m$

Gwiazdy zmienne

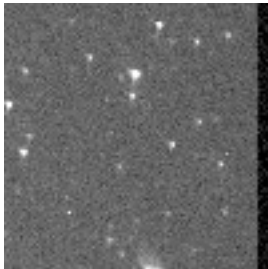
Wykrywanie i badanie własności tych obiektów to dość złożony proces...



Pełen system ma szansę wykryć wiele gwiazd o mniejszym okresie zmienności niż te badane przez większość współczesnych eksperymentów.

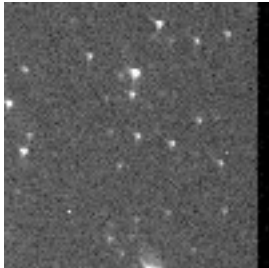
V* CN Leo

Wykryta przez algorytm szukania błysków - takiego zachowania spodziewamy się po GRB.



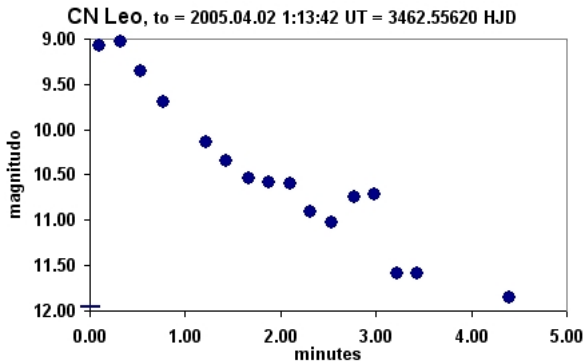
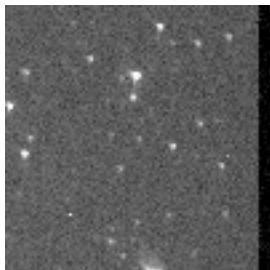
V* CN Leo

Wykryta przez algorytm szukania błysków - takiego zachowania spodziewamy się po GRB.



V* CN Leo

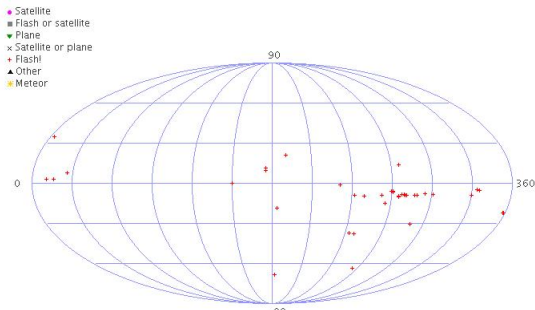
Wykryta przez algorytm szukania błysków - takiego zachowania spodziewamy się po GRB.



Niezidentyfikowane wyniki

Od 1 czerwca 2006 zaobserwowano:

- 34 błyski widoczne na jednej klatce, nieskojarzone
- 1 błysk widoczny na 1 klatce, 7" od galaktyki J234135.2-000145
- 1 błysk widoczny na 6 klatkach



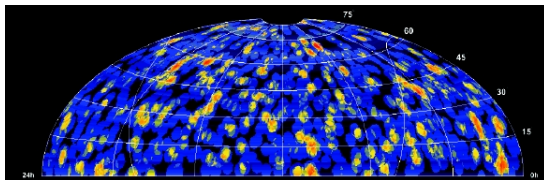
Niezidentyfikowane wyniki

- We wcześniejszym etapie zaobserwowano 6 błysków widocznych na 2 klatkach.
- W danych z prototypu nie można wykluczyć, że część błysków widocznych na 1 klatce to satelity.

Błyski widoczne na więcej niż 1 klatce prawie na pewno nie są satelitami (nieruchome względem nieba).

Wysokoenergetyczne cząstki kosmiczne

Duża liczba niezidentyfikowanych przypadków → poszukiwanie korelacji z innymi eksperymentami



Błyski optyczne mogą być produkowane:

- razem z cząstkami promieniowania kosmicznego najwyższych energii (np. możliwa korelacja GRB z ν)
- w oddziaływaniach tych cząstek z materią międzygwiazdową

Wysokoenergetyczne cząstki kosmiczne

Coraz więcej eksperymentów astro-cząstkowych:

Pęki atmosferyczne

- Fluorescencja (Ashra, HiRes)
- Cherenkov (HESS, MAGIC)
- "Balony" (Anita, ATIC)
- Inne (Auger, AGASA, KASCADE-GRANDE)



Wysokoenergetyczne cząstki kosmiczne

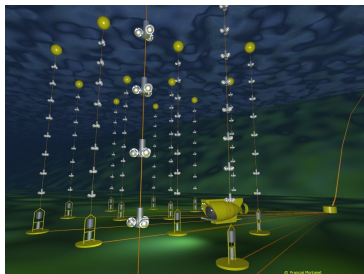
Coraz więcej eksperymentów astro-cząstkowych:

Pęki atmosferyczne

- Fluorescencja (Ashra, HiRes)
- Cherenkov (HESS, Magic)
- "Balony" (Anita, Atic)
- Inne (Auger, Agasa, Cascade-Grande)

Neutrina

- Ziemia (Superkamiokande, Icarus)
- Lód (Amanda, Ice-Cube)
- Woda (Antares, Nemo)
- Księżyc (NuMoon, Goldstone)



Wysokoenergetyczne cząstki kosmiczne

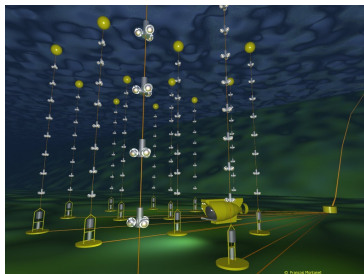
Coraz więcej eksperymentów astro-cząstkowych:

Pęki atmosferyczne

- Fluorescencja (Ashra, HiRes)
- Cherenkov (HESS, Magic)
- "Balony" (Anita, Atic)
- Inne (Auger, Agasa, Cascade-Grande)

Neutrino

- Ziemia (Superkamiokande, Icarus)
- Lód (Amanda, Ice-Cube)
- Woda (Antares, Nemo)
- Księżyc (NuMoon, Goldstone)



Dużo danych do szukania
korelacji dla "π"...

...niestety niepublicznych

"Astronomia TeVowa"

Jest to nowe okno w astronomii, w którym poczyniono intrygujące obserwacje, ale pozostało jeszcze wiele do odkrycia.

Eksperymenty takie jak MAGIC, HESS, VERITAS czy CANGAROO to anteny które

- Obserwują znane źródła
- Skanują niebo w poszukiwaniu nowych (korelacja z przypadkami "π")
- Mogą reagować na zewnętrzne alerty (np. GRB, możliwa współpraca z "π"?)



Acz z powodu efektu GZK,
tylko $z < 1...$

Świeże podejście do fal radiowych

Projekt Lofar - koncepcja podobna do "π of the Sky":

- Duże, drogie anteny → 2×7700 małych anten (LF i HF)
- Wolny czas reakcji → duże pole widzenia
- Obserwacja konkretnych źródeł → krótkozmienne zjawiska astrofizyczne (ms!)
- Niepokryte okno niskich częstotliwości: 30-80 MHz (+110-240MHz)

Lofar to również radio-cherenkovowski detektor cząstek, **nie pracujący jedynie podczas burz!**



Świeże podejście do fal radiowych

Projekt Lofar - koncepcja podobna do "π of the Sky":

- Duże, drogie anteny → 2×7700 małych anten (LF i HF)
- Wolny czas reakcji → duże pole widzenia
- Obserwacja konkretnych źródeł → krótkozmienne zjawiska astrofizyczne (ms!)
- Niepokryte okno niskich częstotliwości: 30-80 MHz (+110-240MHz)

Lofar to również radio-cherenkovowski detektor cząstek, **nie pracujący jedynie podczas burz!**

Znakomity kompan dla "π"



Fale grawitacyjne

Towarzyszą m.in. gwałtownym zjawiskom -
zderzenia czarnych dziur, wybuchy SN,
GRB, itp...

Fale grawitacyjne

Towarzyszą m.in. gwałtownym zjawiskom -
zderzenia czarnych dziur, wybuchy SN,
GRB, itp...

...podobnie jak emisja w zakresie
optycznym.

Fale grawitacyjne

Towarzyszą m.in. gwałtownym zjawiskom -
zderzenia czarnych dziur, wybuchy SN,
GRB, itp...

...podobnie jak emisja w zakresie
optycznym.

- LIGO - ruszył w 2003, odkrycia
spodziewane po zwiększeniu czułości w
najbliższych latach



Hanford, Washington



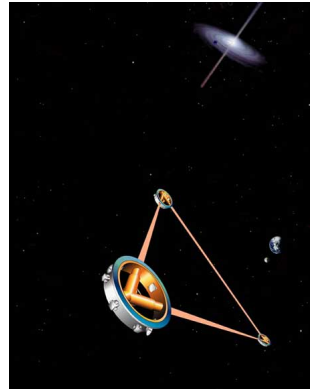
Livingston, Louisiana

Fale grawitacyjne

Towarzyszają m.in. gwałtownym zjawiskom -
zderzenia czarnych dziur, wybuchy SN,
GRB, itp...

...podobnie jak emisja w zakresie
optycznym.

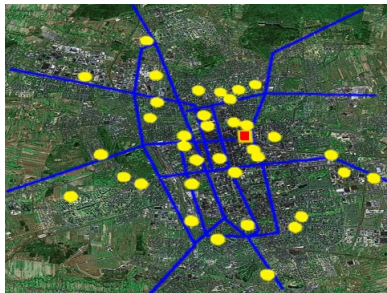
- LIGO - ruszył w 2003, odkrycia
spodziewane po zwiększeniu czułości w
najbliższych latach
- LISA - kosmiczna antena. Na orbicie w
2015, o ile NASA zdecyduje się na
finansowanie



Współpraca z MAZE

MAZE - planowana sieć detektorów scyntylacyjnych lub czerenkowowskich rozmieszczonych na dachach łódzkich szkół. Umożliwia obserwacje cząstek od 10^{18} eV.

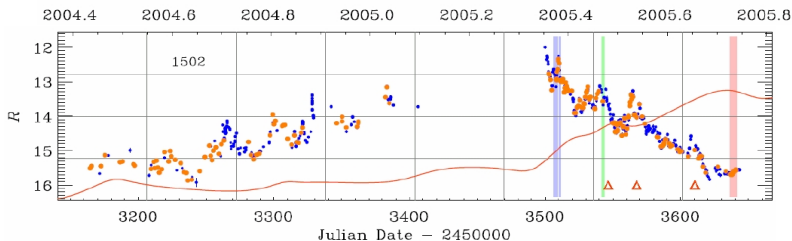
MAZEPI - połączenie w czasie rzeczywistym systemu "π" z danymi z MAZE. Kamery mają reagować na przypadki podobnie jak na GRB.



Blazary

Jety z aktywnych jąder galaktyk skierowane w naszą stronę.
Wykazują nieregularne zmiany jasności.

M. Villata et al.: The unprecedented optical outburst of the quasar 3C 454.3



Maksimum powyższego blazara o jasności $R > 12^m$ pozostało niezarejestrowane

Sieci teleskopów

"π" zarejestrowało fragment opadającego zbocza - rekord odległości
 $z = 2.9$

Pełen system powinien niezależnie wykrywać te zjawiska

- Planujemy wstąpić do Whole Earth Blazar Telescope (WEBT)
- Rozpoczęliśmy już współpracę z Galactic Telescope Network (GTN)

Współpraca z GTN - różne interesujące obiekty:

- Członek GTN wpisuje obiekt do naszej bazy przez WWW
- Krzywa blasku jest ściągana na Hożą

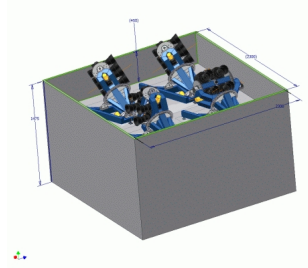
Plan eksperymentu

System:

- Macierz 16 kamer w budzie = 4 montaże × 4 kamery
- Klaster 12 komputerów + infrastruktura
- Pokrycie 2 sr nieba

Planowana jest budowa 2 autonomicznych systemów:

- Odległość 150 km - eliminowanie satelitów na podstawie paralaksy
1 piksel różnicy → odległość 700000 km



Plan eksperymentu

System:

- Macierz 16 kamer w budzie = 4 montaże × 4 kamery
- Klaster 12 komputerów + infrastruktura
- Pokrycie 2 sr nieba

Planowana jest budowa 2 autonomicznych systemów:

- Odległość 150 km - eliminowanie satelitów na podstawie paralaksy
1 piksel różnicy → odległość 700000 km
- Usytuowanie: optymalnie La Palma i Teneryfa (teren MAGICa)





„π of the Sky”

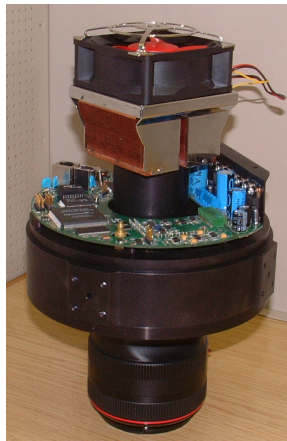
Kamery

- Sensor CCD 2000×2000 pikseli
 $15 \times 15 \mu m$
- Wydajność kwantowa $\sim 30\%$
- Czas odczytu ~ 1 s
- Ethernet i USB



Kamery

- Sensor CCD 2000×2000 pikseli
 $15 \times 15 \mu m$
- Wydajność kwantowa $\sim 30\%$
- Czas odczytu ~ 1 s
- Ethernet i USB
- Dwuetapowe chłodzenie
"peltierem"



Kamery

- Sensor CCD 2000×2000 pikseli
 $15 \times 15 \mu m$
- Wydajność kwantowa $\sim 30\%$
- Czas odczytu ~ 1 s
- Ethernet i USB
- Dwuetapowe chłodzenie
"peltierem"
- Obiektyw Canon $f=85\text{mm}$,
 $f/d=1.2$



Kamery

- Sensor CCD 2000×2000 pikseli
 $15 \times 15 \mu\text{m}$
- Wydajność kwantowa $\sim 30\%$
- Czas odczytu ~ 1 s
- Ethernet i USB
- Dwuetapowe chłodzenie
"peltierem"
- Obiektyw Canon $f=85\text{mm}$,
 $f/d=1.2$



Trwa montaż w pracowni detektorów
na Pasteura...

Montaż

Kamery na jednym montażu mogą pracować w dwóch trybach:

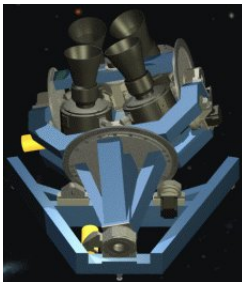
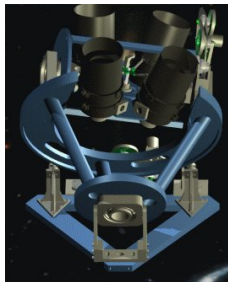
- Obserwacji sąsiednich pól - podstawowy tryb pracy, duże pole widzenia



Montaż

Kamery na jednym montażu mogą pracować w dwóch trybach:

- Obserwacji sąsiednich pól - podstawowy tryb pracy, duże pole widzenia
- Obserwacji tego samego pola - zwiększenie zasięgu w przypadku wykrycia czegoś ciekawego



Podsumowanie

- Błyski Gamma - najbardziej energetyczne ze znanych nam zjawisk astrofizycznych
- Nerozwiązany problem - obserwacja poświat od momentu ich powstania
- Nowa koncepcja - ciągłe obserwacje dużego wycinka nieba
- Projekt “ π of the Sky” tworzony przez:
 - Centrum Badań Kosmicznych PAN
 - Centrum Fizyki Teoretycznej PAN
 - Instytut Problemów Jądrowych
 - Politechnika Warszawska (Wydział Elektroniki)
 - Uniwersytet Warszawski (ZCiOF)
- Możliwość niezależnego wykrywania innych krótkozmiennych zjawisk astrofizycznych
- Szerokie możliwości współpracy
- Działający prototyp - aparatura i oprogramowanie

Pełny system powinien być gotowy na wiosnę 2007

Więcej informacji na

<http://grb.fuw.edu.pl>

Magnitudo

$$m = -2.5 \log \frac{F}{F_0}$$

Różnica jasności o 5 wielkości gwiazdowych → różnica ilości dochodzącego światła o czynnik 100

Przykładowe jasności:

- Słońce: -26
- Księżyc w pełni: -13
- Wenus: -4

Zasięg gołego oka człowieka w idealnych warunkach to 6 – 7^m