

A gamma-kitörések rejtélyei

Bagoly Zsolt

ELTE TTK
Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

2012.04.26.

Áttekintés

- 1 Bevezető
- 2 Tulajdonságok
 - Fénygörbék
 - Energia
 - Műholdak
 - Detektorok
 - Utófények
- 3 Modellek
 - Nyalábok
 - Energiaforrások
- 4 HEART
 - Csoportok
 - Anizotrópia
- 5 QG, földi hatások
 - Lorentz invariancia
 - Földi hatások

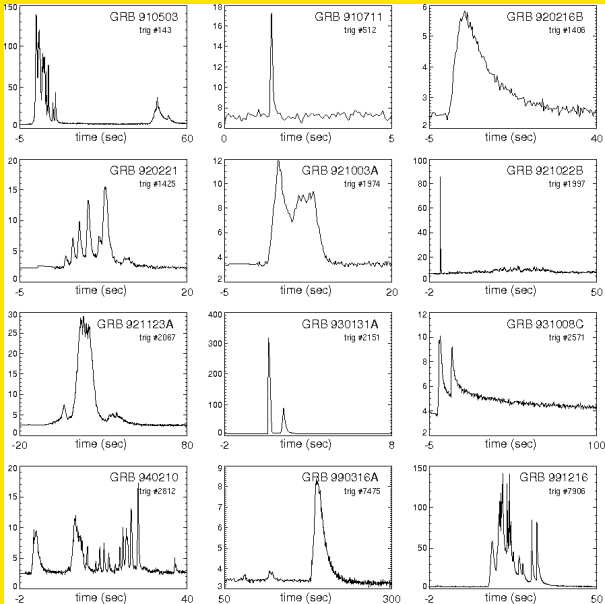
Felfedezés

1972 (publikálás): Vela műholdak - Nemzetközi atomcsend egyezmény

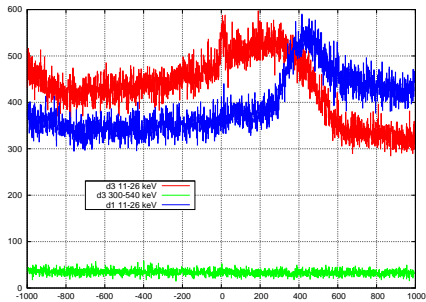
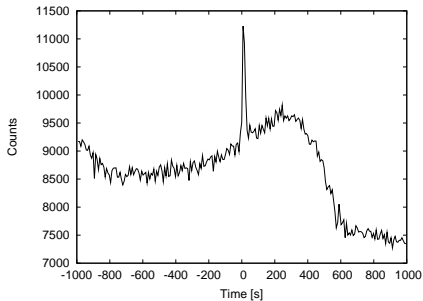
Tulajdonságok

- rövid (10ms - 100s) gamma felvillanás az égen
- maximális összenergia kb. 10^5 keV/cm²
- egyedi fénygörbék
- előfutár, csendes szakaszok

Fénygörbék



Fénygörbék II.



Energiaeloszlás

Azonnali jel

- 65% gamma (keV-MeV)
- 10% gamma (GeV)
- 7% röntgen
- többi < 1%

Utófény

- 7% gamma (keV-MeV)
- 9% röntgen
- optikai 2%
- rádió 0.05%

$$E \approx 10^{54} (\Omega/4\pi) \text{erg} \approx M_{\text{Nap}} c^2 !$$

Műholdak

- Légtérön kívüli detektorok: VELA, SMM, Ginga, BATSE, Ulysses, BeppoSAX, Integral, Swift, Fermi ...
- Gamma (részecske) detektorok (NaI, CsI): kell a nagy tömeg!
- International Planetary Network: pontos irány háromszögeléssel
- Magaslégköri ballonok

BATSE (1991-2000)

A Compton Observatory fedélzetén

2704 GRB

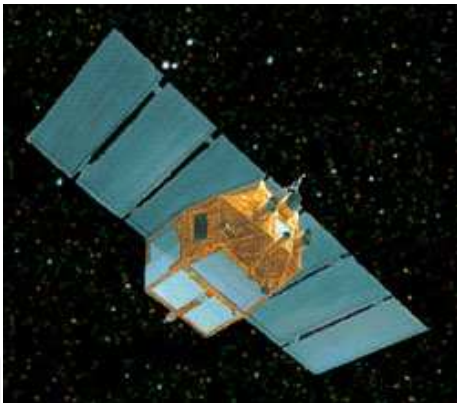
- $>$ fokos felbontás
- közel izotróp eloszlás \rightarrow extragalaktikus eredet
- 2-3 GRB csoport
- nincs ismétlés
- ≈ 1 GRB/nap az egész Univerzumban



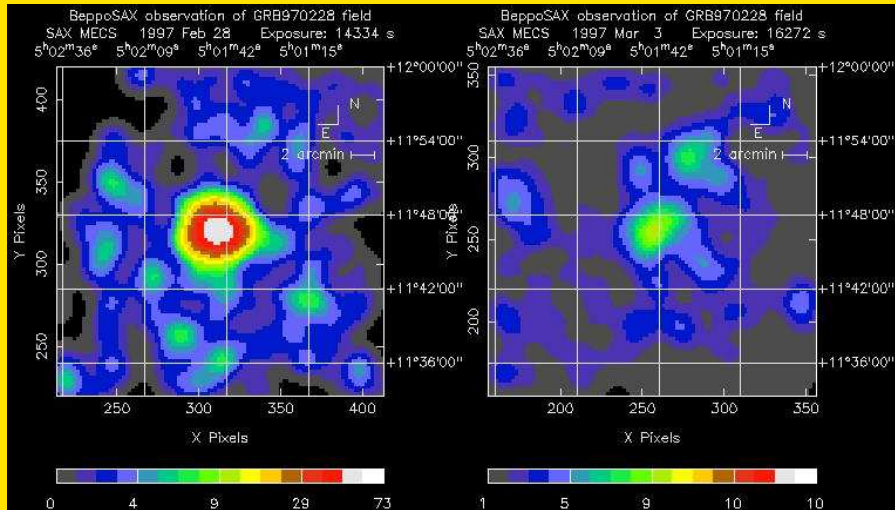
BeppoSAX

Olasz-holland műhold

- távcső → pontos pozíció
- első optikai utófény
- első vöröseltolódás

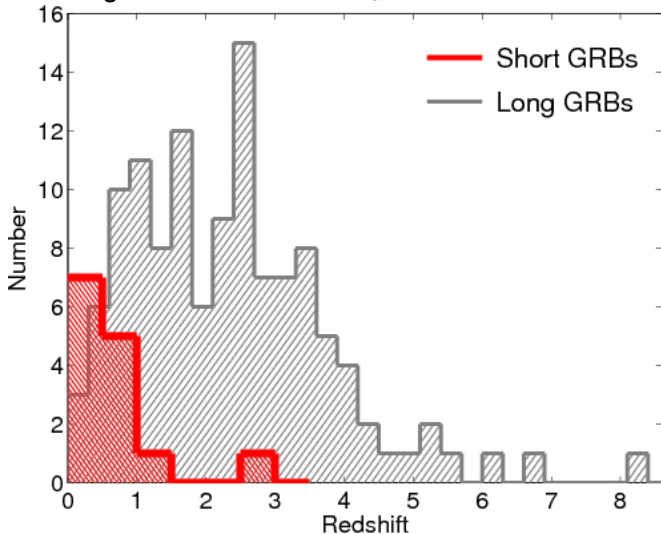


BeppoSAX utófények



GRB vörösetolódások

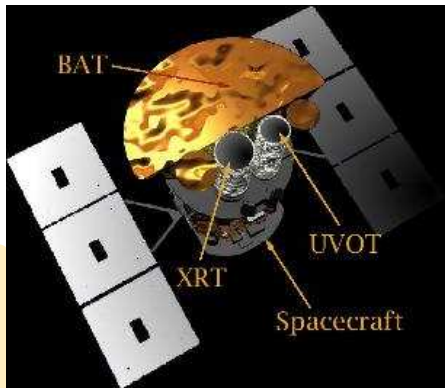
Ma a legtávolabbi esetén $z_{max} = 8.26$!



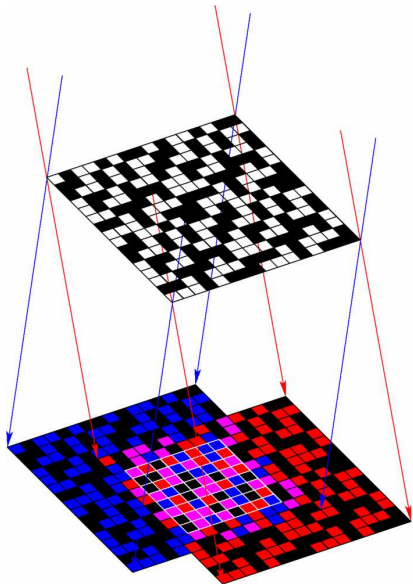
Swift (2004-)

Penn State University - NASA

- kódolt maszkos távcső
- 16%-át látja a teljes égboltnak
- automatikusan ráfordul a forrásra
- BAT, XRT, UVOT
- kb. 100 GRB/év



Kódolt maszk



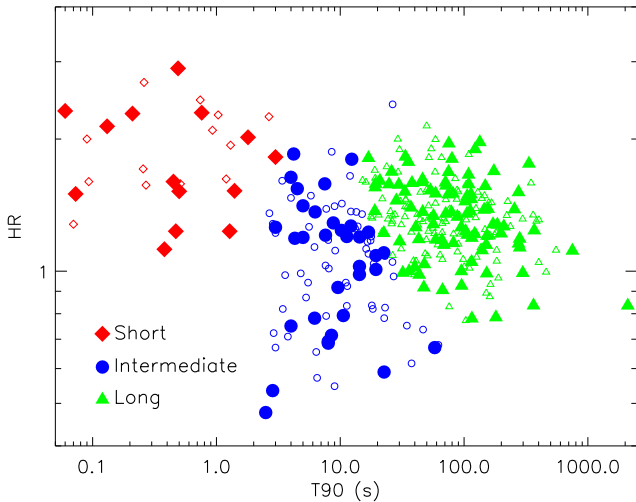
A GRBk osztályozása

Osztályozási paraméterek

- Hosszúság:
 T_{90} az 5% és 95% közötti integrált beütésszám között eltelt idő (T_{50} is lehet).
- $S_{E_{min}, E_{max}}$ összenergia (fluencia)
pl. a Swift esetén a 15 – 25 – 50 – 100 – 150 keV közötti sávokban
- H_{ij} : keménység (hardness):
összenergiák aránya a sávok között, pl.

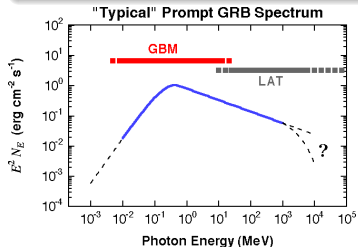
$$H_{32} = \frac{S_{50-100keV}}{S_{25-50keV}}$$

Csoportosítás

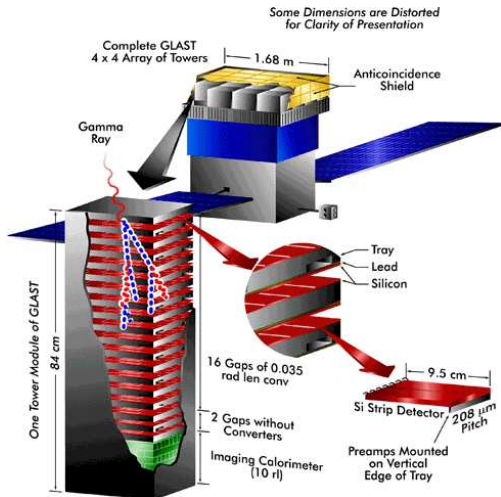


(GLAST)-Fermi (2008-)

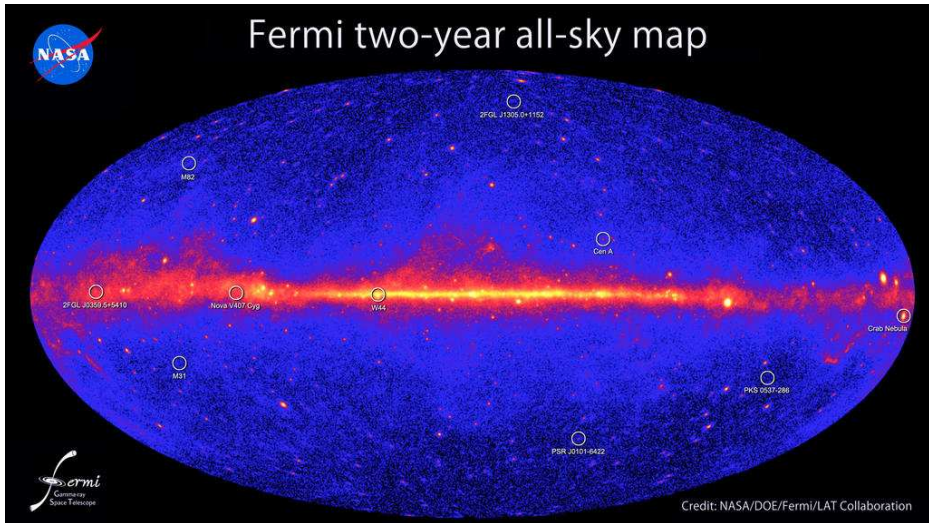
- kb. 250 GRB/év
- 10keV - GeV tartomány!
- GBM: NaI, BGO detektorok
- LAT: 10 MeV felett
- automatikusan forgás:
ráfordul a forrásra + teljes
égl etapogatás 3 óránként



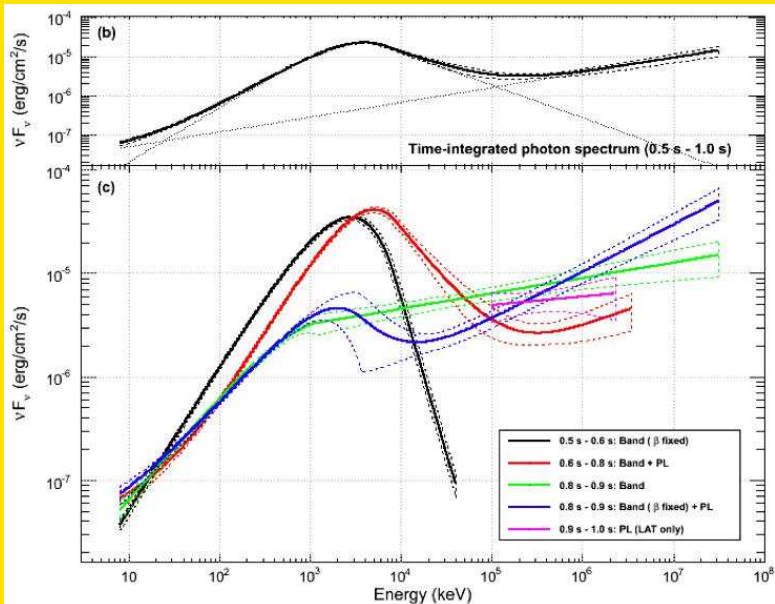
Fermi detektorok



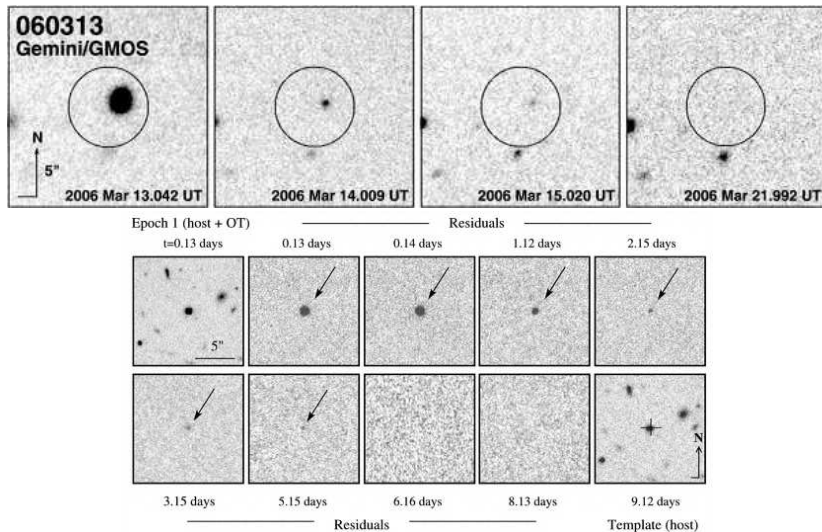
Fermi GeV-es égbolt



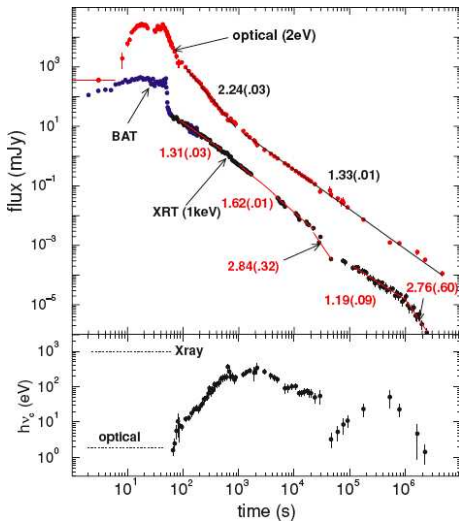
Spektrum



Utófények

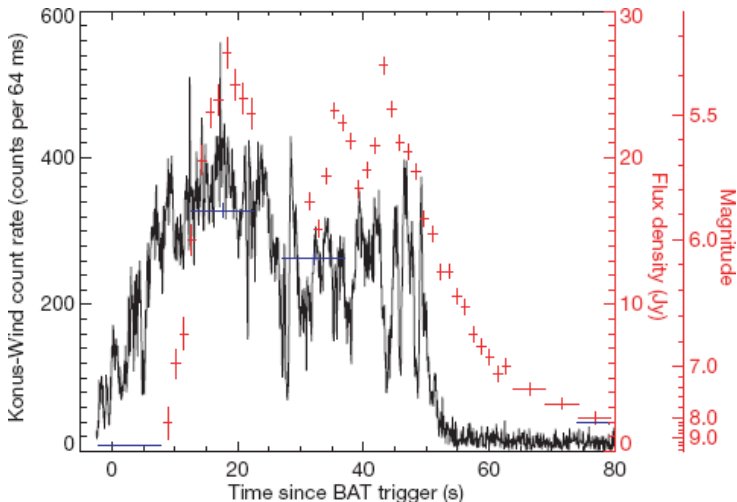


Gamma, röntgen és optikai utófény

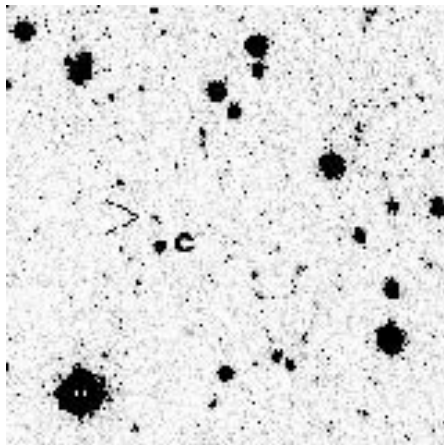
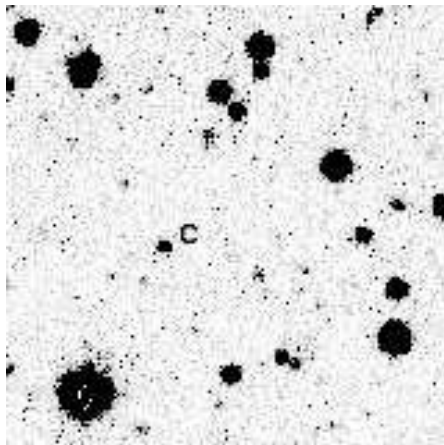


Szabad szemmel is látható utófény

Robottávcsövekkel néhány (tíz) másodpercen belül látják az utófényt!



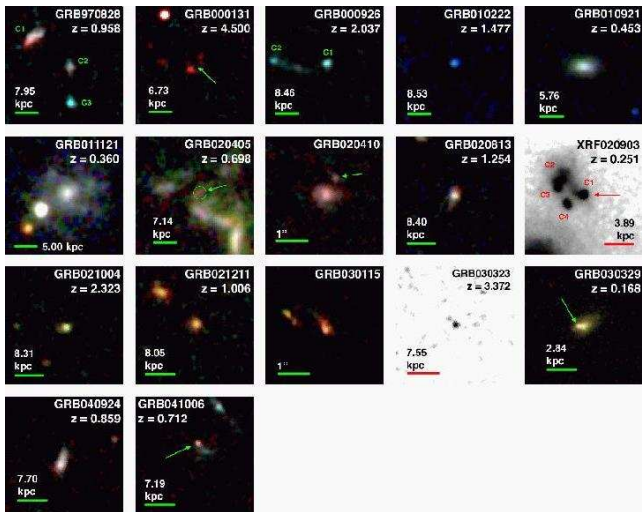
Első piszkéstetői utófény



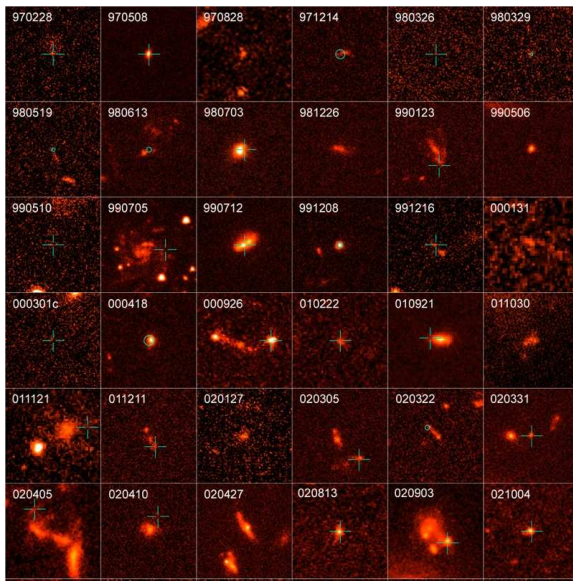
GRB optikai tranziens megfigyelés (Kelemen, 1997), 1997. május 15.994 UT és 1997. június 01.001 UT időpontban.

Hosszú kitörések utófénye

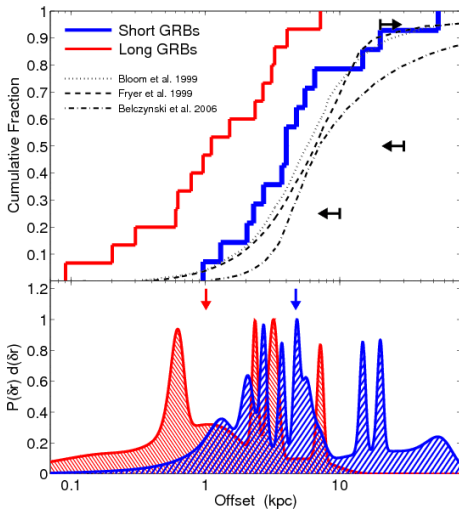
Irreguláris galaxisok



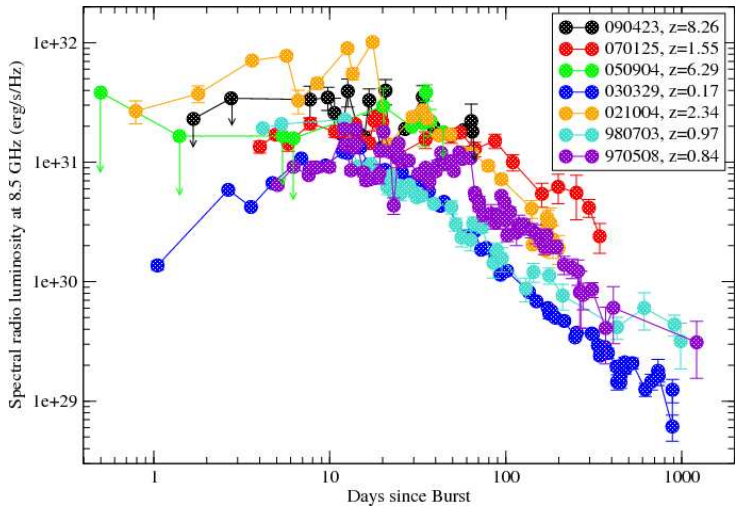
Rövid kitörések utófénye



GRB pozíciók az anyaggalaxisokban

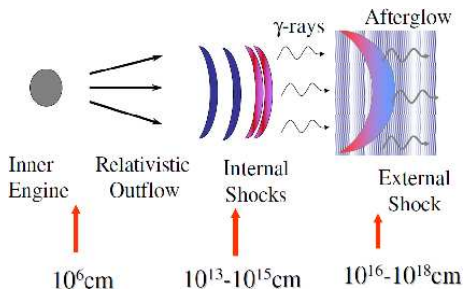


Rádió utófény



Modellek

- tűzgolyó modell
- külső és belső lökéshullám, mágneses térrel
- extra relativisztikus ($99.999c$), barionszegény nyaláb

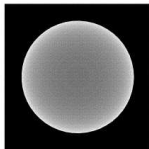


m1

Nyalábok

Extrém relativisztikus effektusok: csak egy gyűrű látszik!

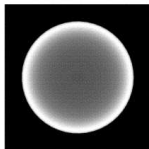
$$v/v_a = 0.1$$



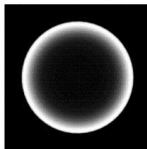
$$v/v_a = 1$$



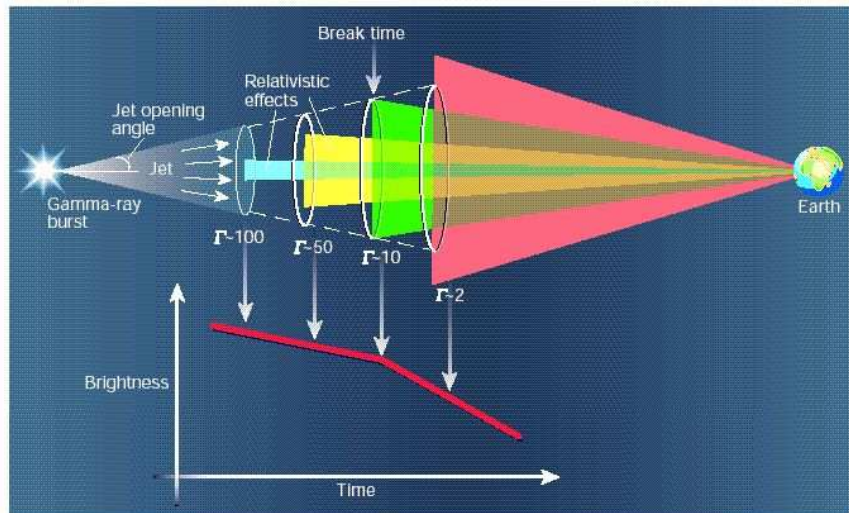
$$v/v_a = 10$$



$$v \gg v_m$$

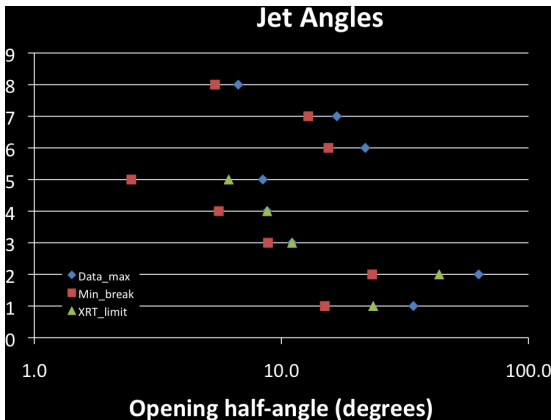


Utófény letörése



Utófény letörése

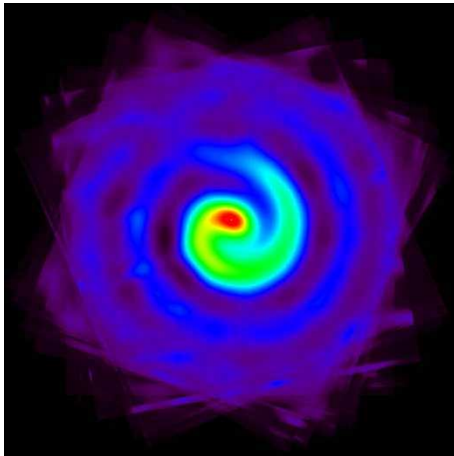
Optikai utófény akromatikus letörése → nyaláb mérete



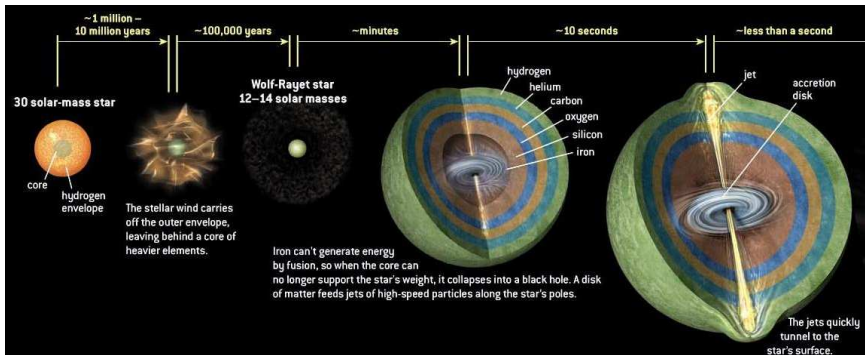
Energiaforrások

Hosszú kitörések: kollapszár modell.

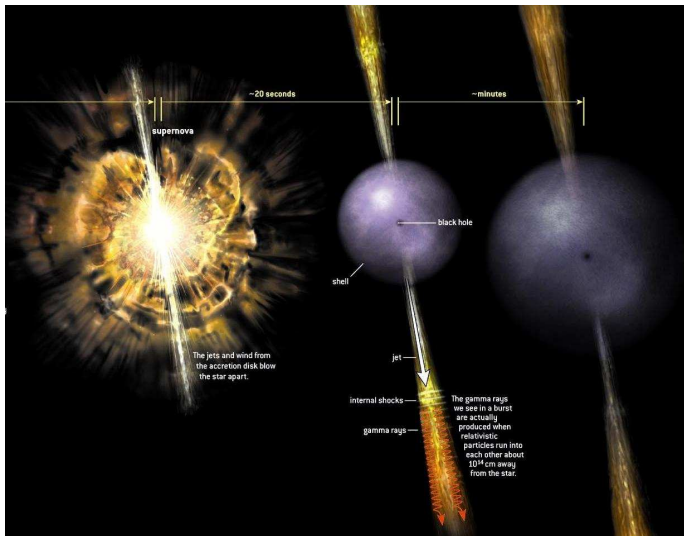
Nagy tömegű Wolf-Rayet csillag összeomlása a kitörés forrása.



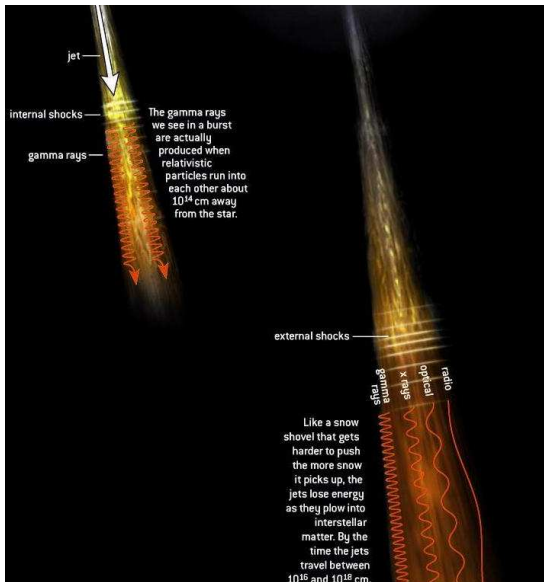
Kollapszár modell



Kollapszár modell



Kollapszár modell



Rövid kitörések modellei

- Geometriai és/vagy egyéb kiválasztási effektusok, esetleg más motor.
- Összeolvadó neutroncsillagok: ilyenek biztosan léteznek (kettős pulzárok), DE: eddig nem találtak kapcsolódó gravitációs hullámot!
- Magnetárok, üstökösök ...

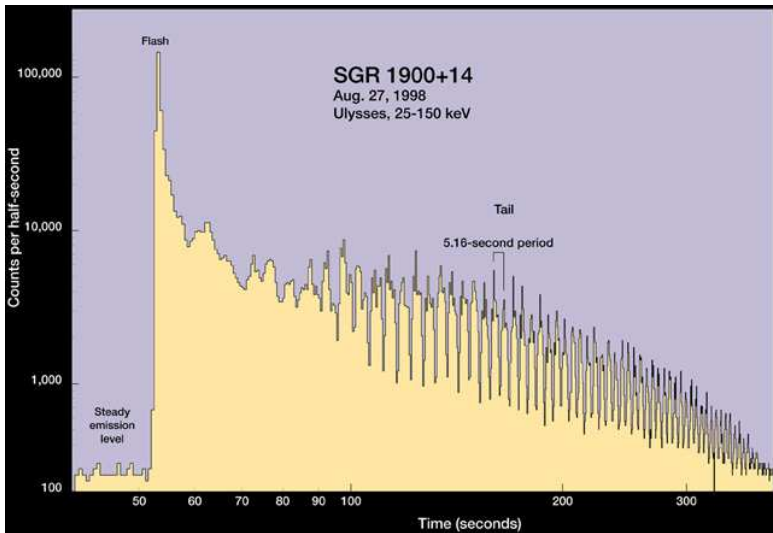
m3

Lágygamma ismétlők

Galaktikus eredet : 7+4(?) darab

- ismétlődés
- intenzív, rövid kitörés
- periódikus lecsengés
- kapcsolat a magnetárokkal

SGR 1900+14 kitörése



HEART - High Energy Astronomy Research Team

Bagoly Zsolt, Kóbori József, Szécsi Dorottya, ELTE KRFT

Balázs G. Lajos, Kelemen, János, MTA CSKF KTM CSKI

Horváth István, NKE HHK

Mészáros Attila, Károly Egyetem

Mészáros Péter, Veres Péter, Penn State University

Tusnádny Gábor, MTA Rényi Intézet

OTKA K077795, OTKA/NKTH A08-77719 + A08-77815

Csoportok

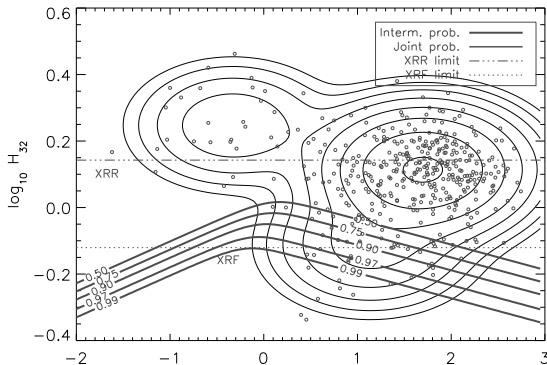
- BATSE első adatok, homogén megfigyelés: hosszú ($T_{90} > 10s$) és rövid ($T_{90} < 2s$) csoport jól szétválik.
- BATSE > 6 évnyi adat + más műholdak (BeppoSAX, Swift): 3. közepes csoport statisztikailag elkülöníthető, de erősen átfed a hosszú csoporttal.
- más forrástípus nincs, ill. részaránya csak minimális (1% alatti)

Közepes csoport

- $2s > T_{90} > 10s$, de nincs éles határ!
- lágyabbak a hosszú csoportnál
- kapcsolatban állhatnak a röntgen felvillanásokkal (BeppoSAX, HETE II.)
- vöröseltolódásuk hasonlít a hosszú csoportéhoz

Csoportosítási kérdések

- más motor/nyaláb a közepes-rövid esetekben?
- csak a fizikai paraméterek mások?
- kiválasztási effektusok?



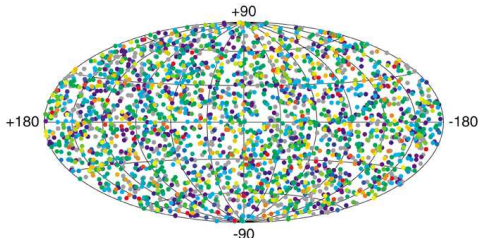
Anizotrópia

Kiváló eszköz az Univerzum feltérképezésére!

BATSE

- ≈ 10 évnyi koherens adatbázis
- “egyszerű” trigger
- viszonylag kevés pont, több algoritmus
- hosszúak: nem látható anizotrópia
- közepesek és rövidek: nem véletlenszerű az eloszlásuk

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



Mai eszközök: expozíciós problémák, kevés esemény. m4

A kvantumgravitáció tesztje

Lorentz invariancia: c nem függ a fotonenergiától!
Mi van, ha mégis “rücskös” a világ kis skálán?

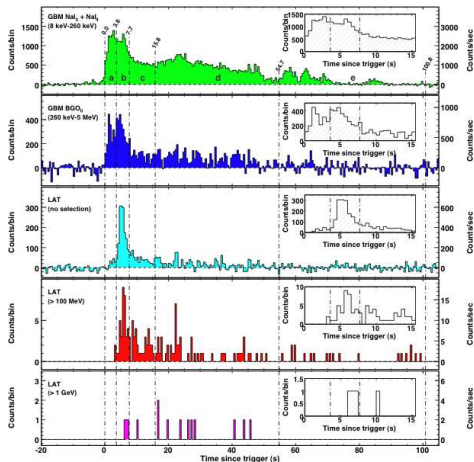
GRB080916C

- $z = 4.35$
- FERMI LAT: 13.2 GeV-es foton !
- A $E > 100$ MeV fotonok kb. 5 s-ot késtek a $E < 1$ MeV fotonokhoz képest

A kvantumgravitáció tesztje II.

GRB080916C FERMI LAT

- az $E > 100$ MeV fotonok kb. 5 s-ot késtek az $E < 1$ MeV fotonokhoz képest
- $M_{QG} > 1.3 \times 10^{18} \text{ GeV}/c^2$, kb. 10% M_{Planck}



Más magyarázatok (pl. emissziós mechanizmus): tesztelhetők, ha sok eseményünk van (lessz)!

Gamma-kitörések és a földi élet

Extragalaktikus kitörések: ionoszféra zavarok!

Galaxison belül

- \approx millió évente egy esemény
- néhány száz millió évente láthatjuk a nyálábot
- NO_2 keletkezik a légkörben, az ózónpajzs megsemmisül
→ 100 m tengerszintig kihalási hullám
- ordovíciumi kihalás?

m5