

Fuentes transitorias de rayos gamma
ERUPCIONES DE RAYOS GAMMA
(GAMMA RAY BURSTS)

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a graphic element to the presentation.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Las erupciones de rayos γ son un fenómeno astronómico caracterizado por un **rápido incremento de la radiación γ** que llega a la Tierra desde el espacio.

- Este **incremento** puede ser tal que llegue a superar a toda otra fuente γ del Universo.
- La **duración** de este fenómeno es muy corta, usualmente yendo de unos **pocos segundos a algunas decenas** de ellos. Se han observado GRBs con **duraciones extremas del orden del ms y de decenas de minutos**.
- En promedio ocurren entre 1 y 2 GRBs por día.
- Los GRBs fueron **descubiertos por los satélites militares Vela en 1967** y la información sobre su existencia recién se desclasificó en 1973, cuando estuvo claro que se trataba de un fenómeno natural y no del efecto de pruebas nucleares ilegales en el espacio.
- Desde entonces se han detectado **miles de estos eventos**.
- Diversas misiones espaciales han llevado a bordo instrumentos dedicados a detectar GRBs. Entre los últimos y más exitosos podemos mencionar a BATSE (en el Compton Gamma Ray Observatory) y satélite SWIFT.

Swift Gamma Ray Burst Explorer

☆ *Swift* (10/11/2004)

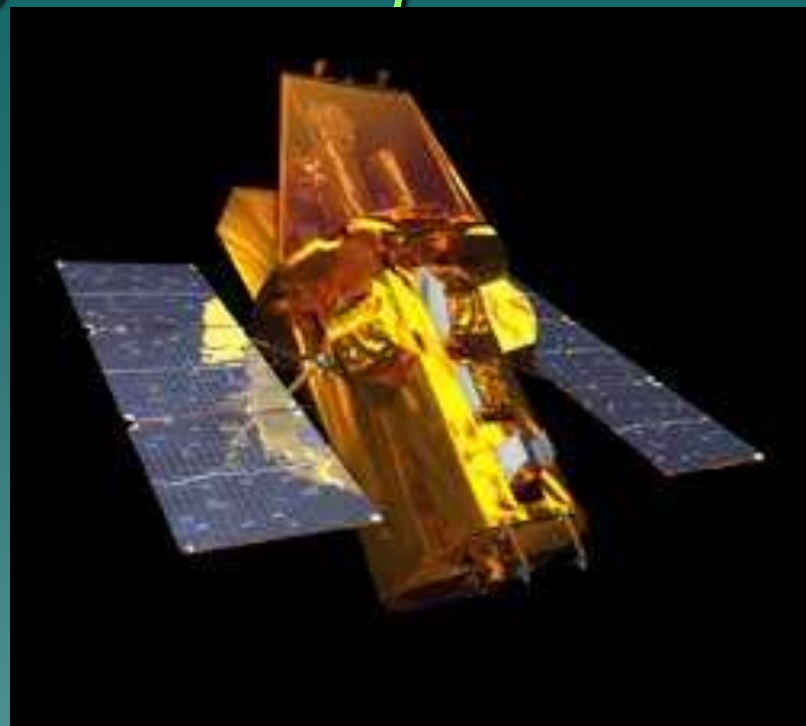
☆ ~100 GRB/año

☆ BAT (Burst alert telescope):
detección GRB (2')

☆ XRT: afterglow X (3")

☆ UVOT: afterglow UV-óptica

☆ Posición diseminada en
segundos: útil para GRBs
cortos



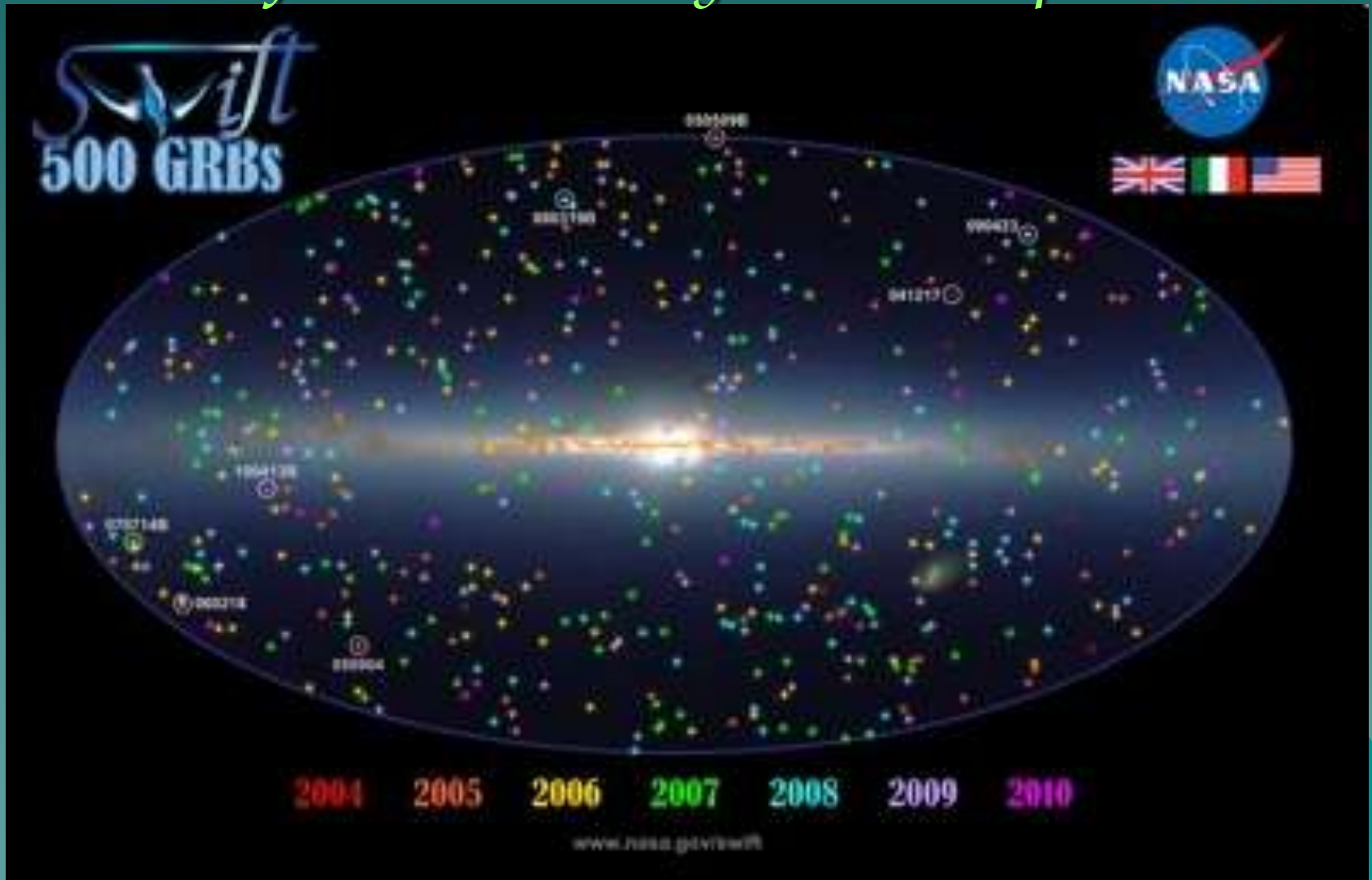
❖ Within seconds of detecting a burst, the spacecraft ``swiftly" and autonomously repoints itself to aim the XRT and UVOT at the burst to obtain high-precision X-ray and optical positions and spectra.

❖ *Swift* provides detailed multi-wavelength light curves for the duration of the afterglow. Key data taken by *Swift* are related to the ground in near-real time, allowing the Gamma-Ray Burst Coordinates Network (GCN) to immediately distribute it to the world via the internet for follow-up observations and study.

❖ *Swift* also uses the BAT to perform an all-sky survey of hard X-rays that will be significantly more sensitive than any previous survey.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Swift Gamma Ray Burst Explorer

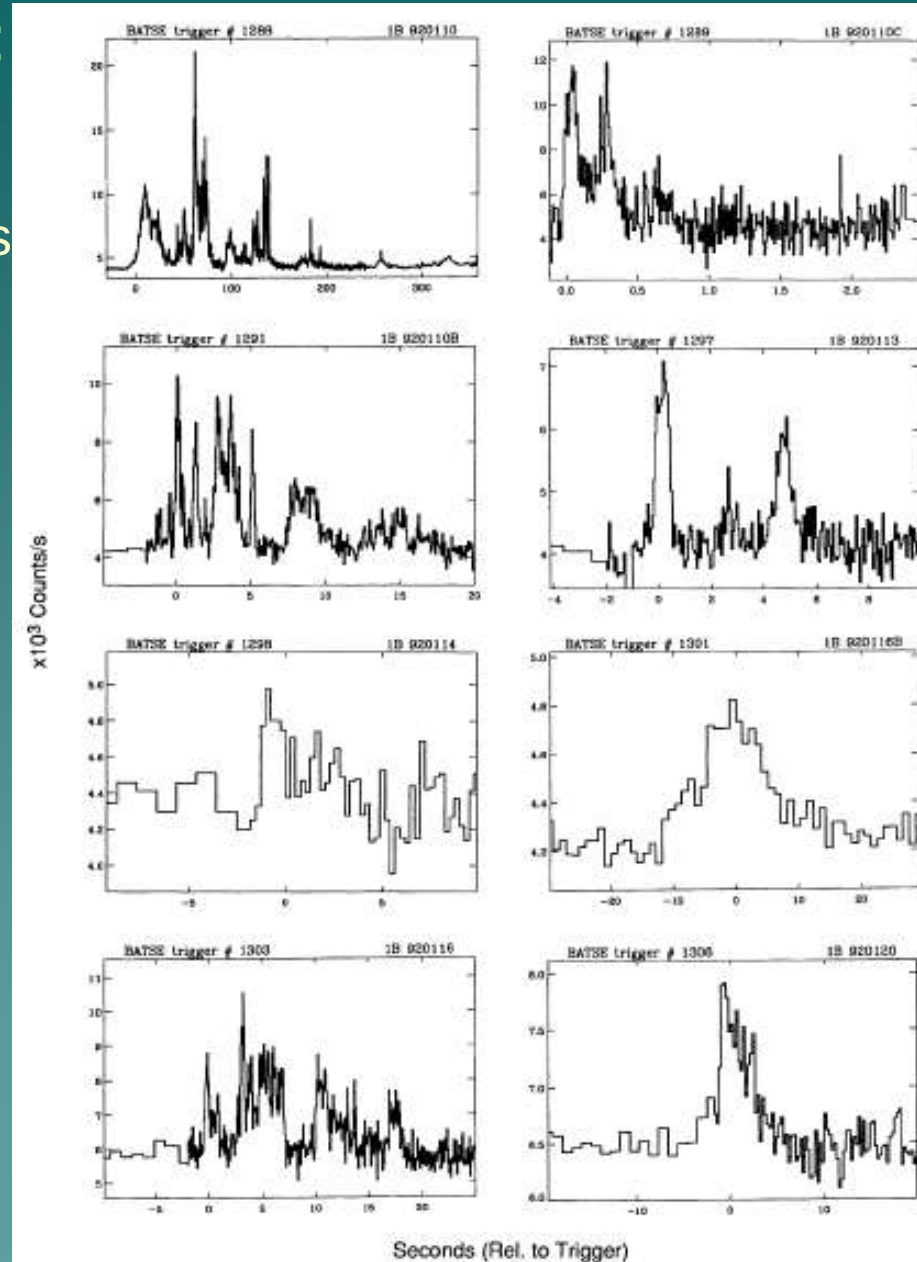


GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Características fenomenológicas: Perfiles temporales

La morfología de los perfiles temporales de los GRBs es **extremadamente variada**.

Algunos tienen una estructura sencilla caracterizada por **un solo pico**, mientras que otros presentan **picos múltiples y subestructura** al nivel de milisegundo.



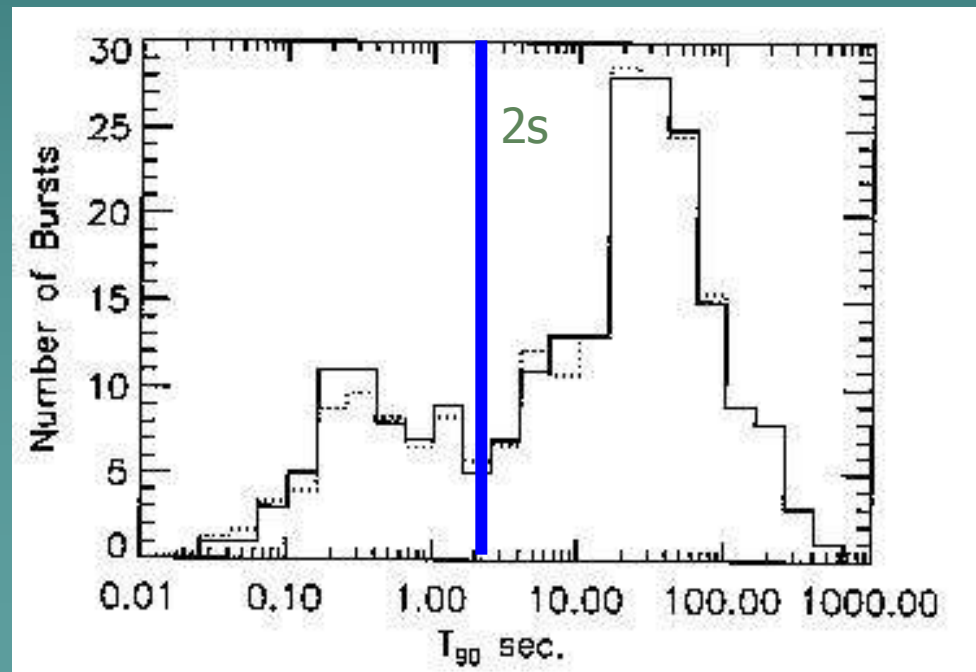
GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Características fenomenológicas: Perfiles temporales

La distribución temporal de los GRBs parece ser **bimodal**, existiendo dos clases bien definidas:

- GRBs **cortos** con duración $T < 2$ s
- GRBs **largos** con $T \geq 2$ s.

Esta dicotomía refleja una diferencia intrínseca en el mecanismo que genera ambas clases de eventos.



GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Características fenomenológicas:

Propiedades espectrales

La energía de los fotones que caracterizan a los GRBs está típicamente en el rango que va de algunas decenas de KeV a unos pocos MeV.

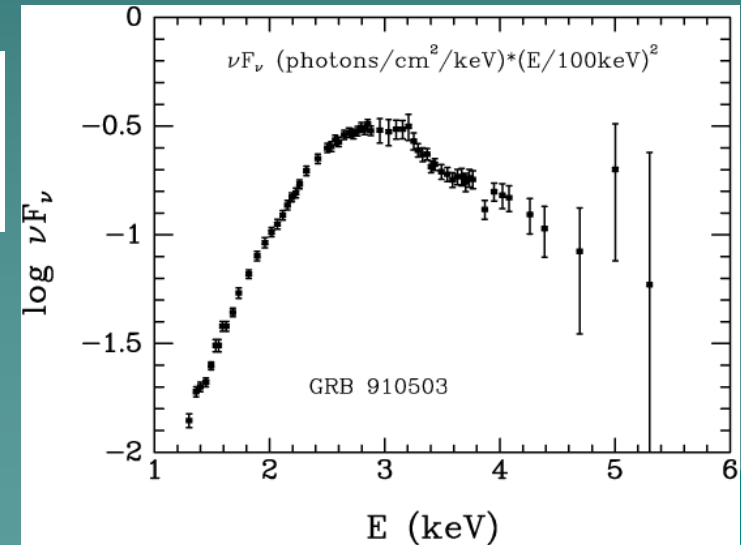
En algunos casos excepcionales se han observado fotones de hasta 10 GeV.

El espectro es claramente *no-térmico* y puede representarse por:

$$n(E)dE = n_0 \begin{cases} AE^{-\alpha}e^{-(E/E_0)} & E < E_0 \\ BE^{\beta} & E > E_0 \end{cases}$$

$$\text{con } \alpha \in (\sim 0.1, \sim 1), \beta \in (\sim -2, -3)$$

$$E_0 \in (\sim 0.1, \sim 1) \text{ MeV}$$



La *intensidad* integrada en el tiempo T está en el rango:

$$F \sim (0.1 - 10) \times 10^{-6} \text{ erg cm}^{-2}$$

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

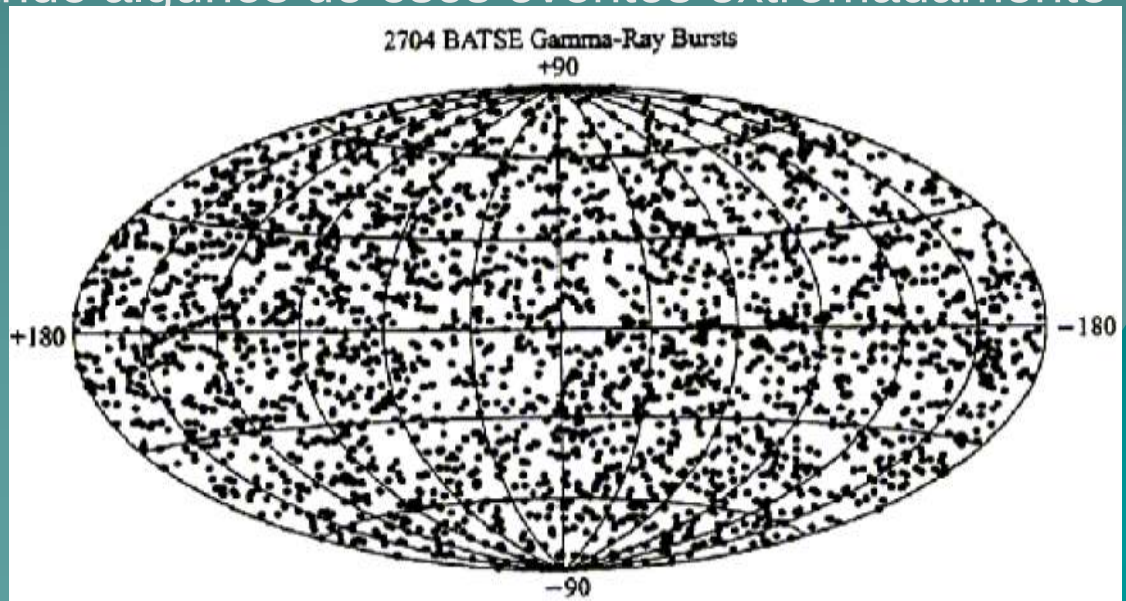
Características fenomenológicas:

Distribución espacial

El instrumento BATSE mostró claramente que la distribución de los GRBs es **altamente isotrópica**, lo cual sugiere un **origen extragaláctico**.

La distribución de intensidades, sin embargo, muestra una **falta de eventos débiles** respecto a lo que se espera de una población homogéneamente distribuída en el espacio.

Esto sugiere que hay un límite espacial máximo hasta el cual se producen los GRBs y que estamos observando algunos de esos eventos extremadamente lejanos.



GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Características fenomenológicas: Contrapartidas a bajas energías

Satélites de rayos X como Beppo SaX han detectado contrapartidas a energías más bajas de ciertos GRBs.

Estas también han sido halladas con telescopios ópticos y de radio.

Las duraciones de los eventos son mayores a energías más bajas, llegando a unas cuantas semanas y meses en radio.

Las contrapartidas son variables y su intensidad decae como leyes de potencia:

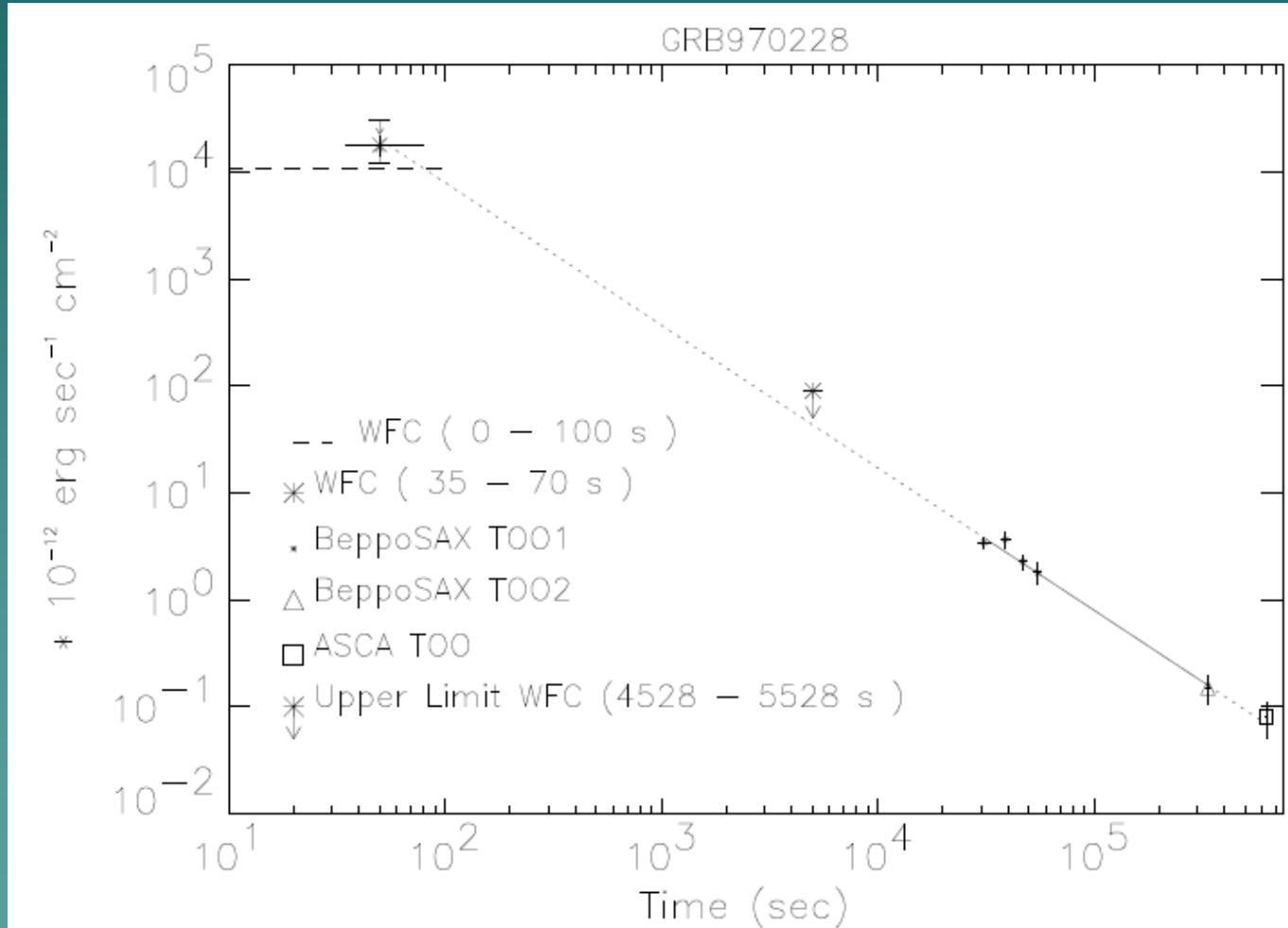
$$F_{\nu} \propto t^{-\alpha} \quad \alpha = 1.1 - 2.1$$

A veces con quiebres espectrales a frecuencias de 1 GeV.

Los espectros de las contrapartidas también son leyes de potencia o en algunos casos leyes de potencia quebradas.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

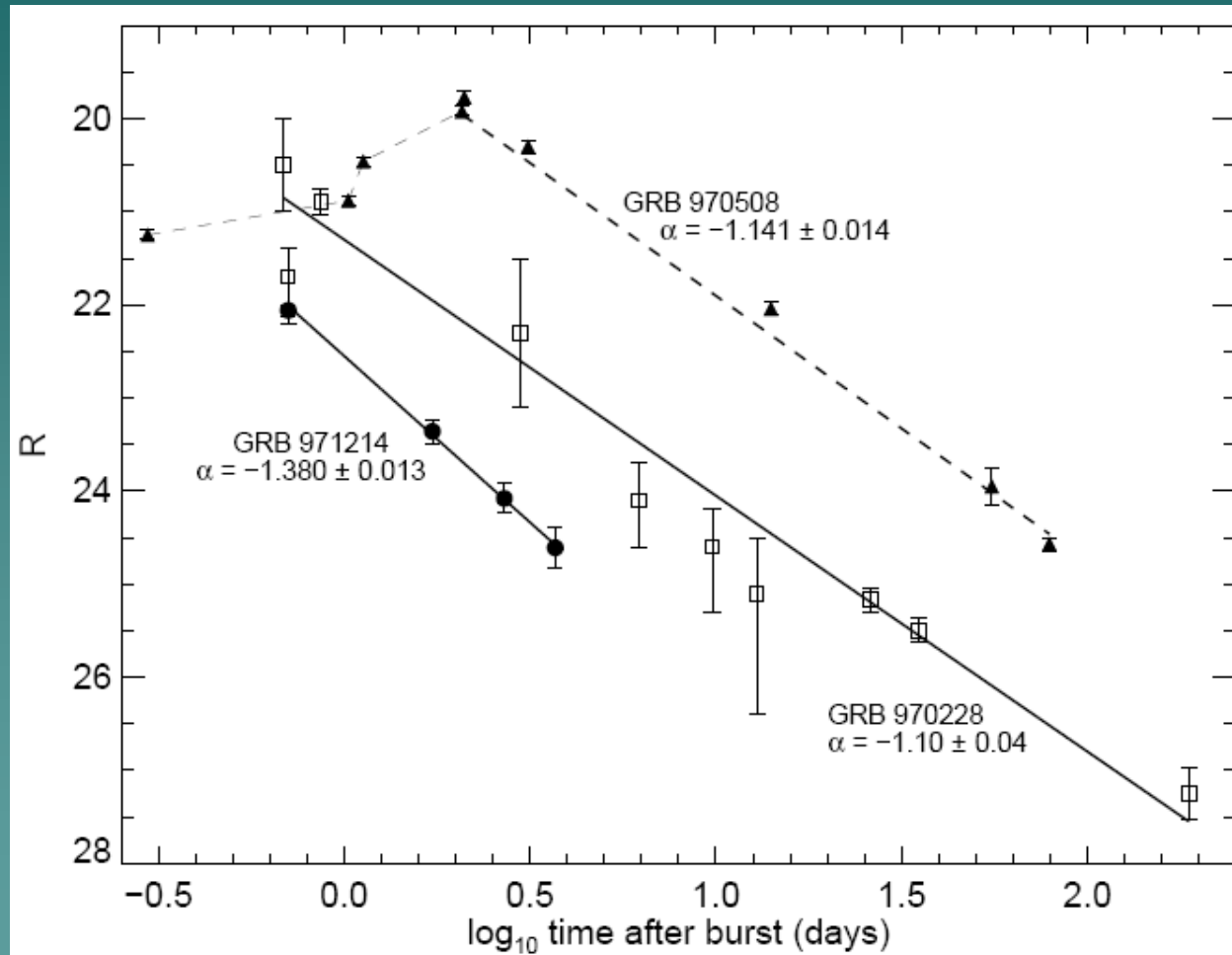
Características fenomenológicas: Contrapartidas a bajas energías



Curva de luz de la post-luminiscencia de GRB 970228.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Características fenomenológicas: Contrapartidas a bajas energías



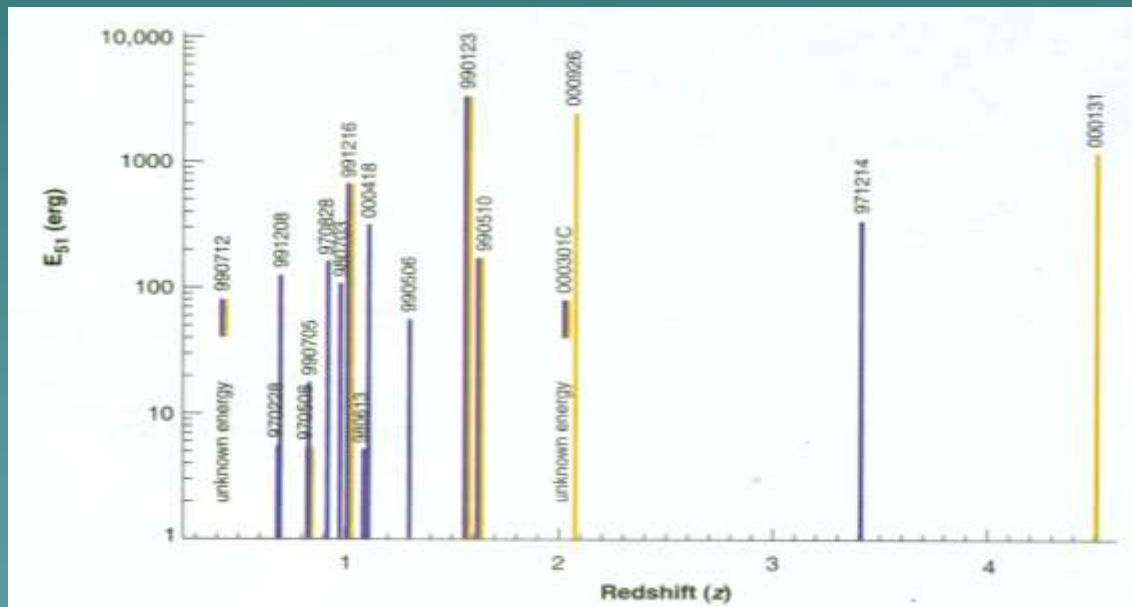
Curvas de luz de la post-luminiscencia de los GRBs 970228, 971214 y 970228.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Características fenomenológicas:

Galaxias anfitrionas

Debido a las localizaciones precisas obtenidas primero por Beppo SaX y ahora por SWIFT, ha sido posible determinar el corrimiento al rojo (Red-shifts : up to 3.4 even 5) e incluso el tipo de galaxia en las que ocurren los GRBs.



Parece existir una tendencia a que los GRBs de larga duración ocurran en galaxias ricas en formación estelar.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”

La escala temporal de variabilidad de los GRBs es en general **muy corta**:

$$\delta T \sim 1 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow R < c \delta T \approx 3 \times 10^2 \text{ km}$$

o sea que la fuente inicial debe ser **muy compacta**.

El objeto más compacto que existe es un agujero negro, para el cual

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$



$$M < \frac{c^3 \delta T}{2G} \approx 10^2 M_{\text{sun}}$$

Si el objeto no es un agujero negro, su masa debe ser aún menor.
De aquí vemos que, sea lo que sea, un GRB debe ser un **fenómeno de naturaleza estelar**.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”

La energía liberada en un GRB es enorme:

$$E_0 = F(4\pi d^2) \equiv 10^{51} \left(\frac{F}{10^{-6} \text{ erg cm}^{-2}} \right) \left(\frac{d}{3 \text{ Gpc}} \right)^2 \text{ erg}$$

Si esta cantidad enorme de energía es liberada en una región muy pequeña de volumen

$$\Rightarrow R < c \delta T \approx 3 \times 10^2 \text{ km}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \sim 10^{23} \text{ cm}^3$$

la fuente será opaca a su propia emisión γ

ya que debido a interacciones resulta



$$\tau_{\gamma\gamma} \gg 1$$

REPASO: Absorción por creación de pares en un campo de radiación

Un fotón de energía E_γ^2 puede producir un par $e^\pm$ en una interacción con un fotón de energía E_γ^1 si: $E_\gamma^1 E_\gamma^1 > (m_e c^2)^2$

La **sección eficaz** del proceso $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$ es:

$$\sigma_{\gamma\gamma}(E_\gamma^1, E_\gamma^2) = \frac{\pi r_e^2}{2} (1 - \beta^2) \left[2\beta(\beta^2 - 2) + (3\beta^4) \ln\left(\frac{1 + \beta}{1 - \beta}\right) \right]$$

Donde
$$\beta = \left[1 - \frac{(m_e c^2)^2}{E_\gamma^1 E_\gamma^2} \right]^{1/2}$$

Los leptones resultantes tendrán una energía $E_{e^\pm} = \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ en el sistema de CM.

REPASO: Absorción por creación de pares en un campo de radiación

En el caso de tener una fuente de rayos gamma con una luminosidad intrínseca L_γ

la atenuación por $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$

será determinada por el **parámetro de compacticidad**

$$l = \frac{L_\gamma}{R}, \quad [l] = \text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-1}$$

R Radio de la fuente



$$\tau_\gamma \approx \sigma_\gamma n_\gamma R = \frac{\sigma_\gamma}{4\pi c \langle E_\gamma \rangle} l$$

Donde se usó $L_\gamma \approx 4\pi c n_\gamma R^2 \langle E_\gamma \rangle$

$$\Rightarrow n_\gamma = \frac{L_\gamma}{4\pi c R^2 \langle E_\gamma \rangle} = \frac{L_\gamma}{R} \frac{1}{4\pi c R \langle E_\gamma \rangle}$$

Densidad de fotones en la fuente con energía media $\langle E_\gamma \rangle$



$$\tau_\gamma \approx \sigma_\gamma l \frac{1}{4\pi c \mathcal{R} \langle E_\gamma \rangle} \mathcal{R}$$

Opacidad de la fuente
a sus propios rayos gamma



$$\tau_\gamma \approx \frac{\sigma_\gamma}{4\pi c \langle E_\gamma \rangle} l$$

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”

Específicamente:

$$\tau_{\gamma\gamma} = \frac{f_p \sigma_T F D^2}{R_i m_e c^2}$$

$$\tau_{\gamma\gamma} \approx \frac{\sigma_{\gamma\gamma}}{4\pi c \langle E_{\gamma} \rangle} l$$

$$l = \frac{L_{\gamma}}{R}$$

$$L_{\gamma} = 4\pi D^2 F$$

$$\tau_{\gamma\gamma} = 10^{13} f_p \left(\frac{F}{10^{-7} \text{ ergs/cm}^2} \right) \left(\frac{D}{3000 \text{ Mpc}} \right)^2 \left(\frac{\delta T}{10 \text{ msec}} \right)^{-1}$$

Donde f_p es la fracción de fotones con energías por arriba del umbral de creación de pares.

Para valores típicos $\tau_{\gamma\gamma} \sim 10^{14}$ la **fente es opaca**.
Esto presenta dos grandes problemas:

- 1) La radiación debería ser térmica, mientras que la que se **observa es no-térmica**.
- 2) Con semejante opacidad no deberían observarse fotones de más de 0.511 MeV, mientras que claramente se **observan muchos fotones con $E_{\text{ph}} > 1 \text{ MeV}$**

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”

La solución a este problema consiste en introducir una **expansión relativista del plasma emisor**.

La enorme presión de la radiación dentro de la fuente hace que esta se expanda relativísticamente con un factor de Lorentz γ .

Los fotones observados, pues, están corridos hacia el azul (blueshifted) por lo que el factor f_p cambia en el sistema del observador (Piran T., 1999).

Fotones con energía observada $h\nu_{\text{obs}}$ han sido corridos al azul,

Entonces, su energía en la fuente es $h\nu_{\text{obs}} / \gamma$

Como la energía en la fuente es más baja, entonces se tienen menos fotones con energía suficiente para producir pares.

Así, la fracción de fotones que podrían producir pares en la fuente es menor que f_p por un factor $\gamma^{2\alpha}$ (donde α es el índice espectral)

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”

Al mismo tiempo, los efectos relativistas permiten que el radio desde el cual se emite la radiación sea, $R < \gamma^2 c \delta T$

mayor que la estimación original $R < c \delta T$ por un factor γ^2


$$\tau_{\gamma\gamma} = \frac{f_p}{\gamma^{2\alpha}} \frac{\sigma_T F D^2}{R_e m_e c^2}$$

$$\tau_{\gamma\gamma} \approx \frac{10^{13}}{\gamma^{(2+2\alpha)}} f_p \left(\frac{F}{10^{-7} \text{ ergs/cm}^2} \right) \left(\frac{D}{3000 \text{ Mpc}} \right)^2 \left(\frac{\delta T}{10 \text{ msec}} \right)^{-2}$$

Como $\alpha \sim 2$, para tener $\tau_{\gamma\gamma} < 1$ se debe cumplir que

$$\gamma > 10^{13}/(2+2\alpha) \approx 10^2.$$

Cuando la fuente llega a expandirse a esta velocidad se hace transparente permitiendo que se observe la emisión no-térmica de su interior.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”

En el modelo de “bola de fuego” la energía interna del sistema se transforma en energía cinética de expansión macroscópica.

Cuando la cáscara en expansión de la bola de fuego colisiona con el medio interestelar produce una **onda de choque**. Esta transforma parte de la energía cinética de expansión en **energía cinética de las partículas microscópicas, que entonces es radiada por mecanismo sincrotrón o Compton inverso**.

Ondas de choque pueden ser también producidas por colisiones entre cáscaras eyectadas con diferentes velocidades.

Estos shocks son llamados internos y dan lugar a la variada morfología temporal de los GRBs.

Los shocks externos, producen las contrapartidas en rayos X y frecuencias más bajas.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Colimación

En algunos GRBs para los que se ha medido el corrimiento al rojo, las energías internas inferidas bajo la suposición de emisión isotrópica son tan grandes como 10^{54} erg.

Se supone que la emisión no debe ser isotrópica.

Los requerimientos energéticos disminuyen considerablemente si se asume que la emisión está colimada en forma de jets.

La colimación, además, ayuda a explicar ciertas peculiaridades de la emisión temporal de las contrapartidas a bajas energías.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a decorative element to the background.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Shocks

Expanding fireball $\Rightarrow$ Relativistic ejecta $\Rightarrow$ slowed down

**Internal
shocks**

(between shells)

Shocks

**External
shocks**

(colliding with ISM)

(electrons accelerated in the shocks emit
radiation via synchrotron emission)

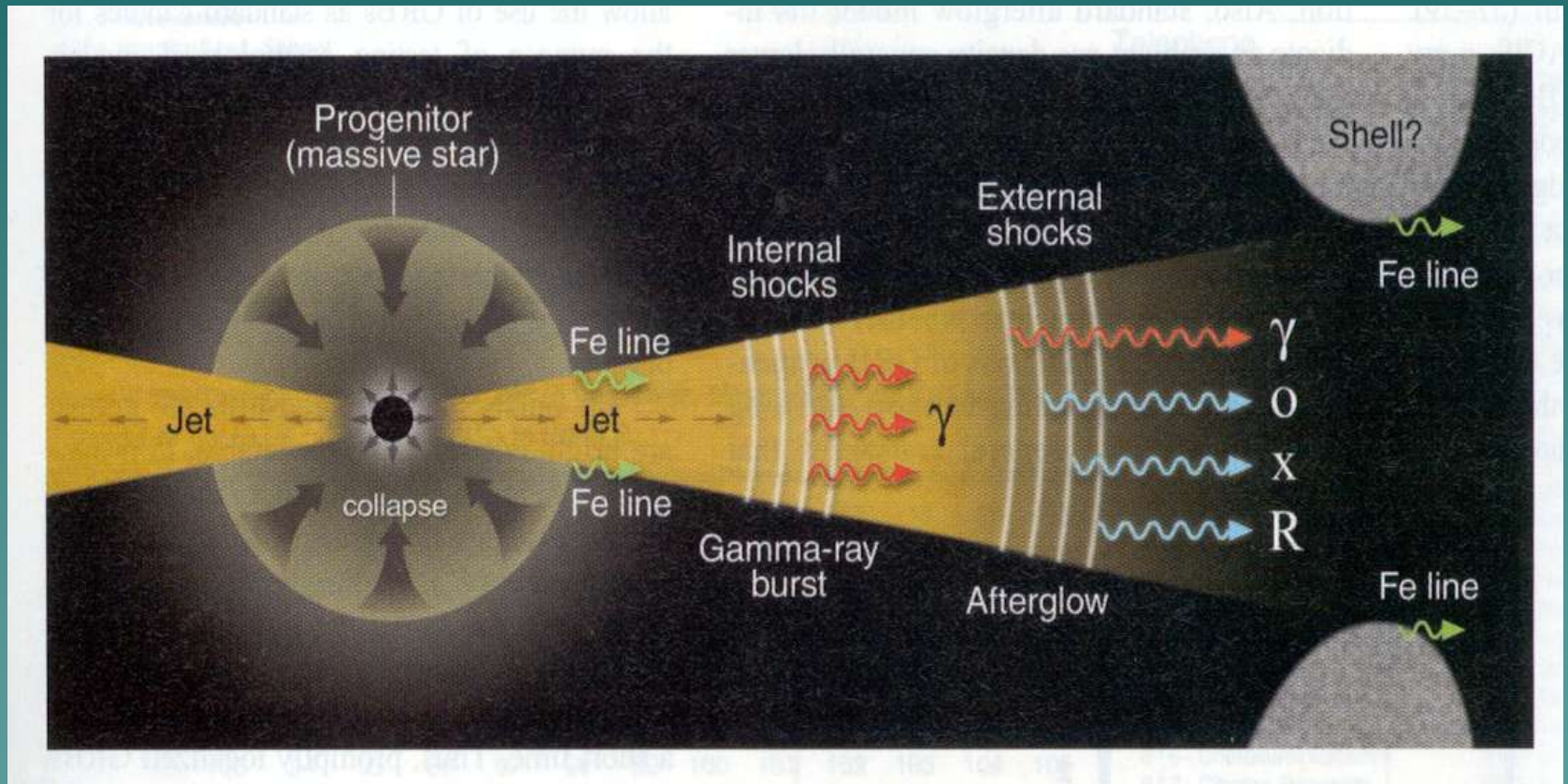
γ -ray burst

afterglow

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Modelos:

Modelo fenomenológico básico: la “bola de fuego”



GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Mecanismo central

El mecanismo que produce la liberación de la energía en forma de radiación está oculto por la “bola de fuego”, que es opaca en su estadio inicial.

Se suele suponer que:

- los GRBs cortos son el resultado de fusiones de estrellas de neutrones con agujeros negros en sistemas binarios de período ultracorto,
- mientras que los GRBs largos podrían ser el resultado de la implosión de estrellas muy masivas.

Este último modelo, llamado **collapsar**, consiste en la formación de un agujero negro en el centro de una estrella masiva. El agujero es rodeado por un disco de acreción ultradenso, produciéndose jets relativistas en el proceso. Las capas exteriores de la estrella podrían ser eyectadas en un evento explosivo. Parece haber abundante evidencia que asocia GRBs con explosiones de supernova.

GAMMA RAY BURSTS (GRBs)

Implicaciones cosmológicas

A diferencia de lo que sucede con los blazares, el Universo es transparente a los GRBs (debido a que su emisión γ es de baja energía).

Los GRBs pueden dar información importante sobre la formación de las primeras estrellas y (a través de las contrapartes de baja energía) del medio que las rodeaba.

En principio, debido a las restricciones existentes sobre la energía liberada, los GRBs pueden dar información sobre la energía oscura y los parámetros cosmológicos, en un dominio de z donde las supernovas ya no son identificadas.

FUENTES NO IDENTIFICADAS DE RAYOS GAMMA

Al presente, la mayoría de las fuentes de rayos γ con $E > 100$ MeV detectadas por EGRET no han sido identificadas (no se ha encontrado ninguna contrapartida a otras longitudes de onda).

De las 271 fuentes que descubrió EGRET, hay un centenar que permanecen sin identificar. Aunque los resultados obtenidos por el telescopio espacial Fermi indican un aumento espectacular de las fuente gamma detectadas, también ha aumentado significativamente la cantidad de fuentes sin ninguna asociación.

FUENTES NO IDENTIFICADAS

DE RAYOS GAMMA

El catálogo de fuentes en el rango 100 MeV-100 GeV detectado por el large Area Instrument (LAT a bordo de Fermi) durante su primer año de funcionamiento contiene 1451 fuentes (Abdo et al. 2010).

De las fuentes identificadas, la mayor parte (697) corresponde a fuentes extragalácticas, principalmente blazares. Las fuentes galácticas que han sido identificadas son principalmente remanentes de supernovas y púlsares, aunque también se han detectado cúmulos globulares, pulsar wind nebula y binarias de rayos X.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a decorative element to the background.

FUENTES NO IDENTIFICADAS DE RAYOS GAMMA

Las fuentes no identificadas pueden dividirse en 3 grandes grupos:

1. Fuentes distribuidas **isotrópicamente**, de un claro origen **extragaláctico**.
2. Fuentes a latitudes galácticas medias que parecen formar un **halo** alrededor del centro galáctico. Estas fuentes deben ser de origen **galáctico**, pero **viejas** (edades $\sim 10^8$ - 10^9 años). Pueden incluir cúmulos globulares detectados por Fermi (Abdo et al. 2010b) y también fuentes variables que podrían ser Mqs de baja masa (Romero y Vila 2008, 2009)
3. Fuentes sobre el **plano galáctico**. Estas están muy bien correlacionadas con trazadores de objetos de Población I, por lo que deben ser **jóvenes** (edades $\sim 10^6$ - 10^7 años) y se acumulan en las regiones de formación estelar y en los brazos espirales de la Galaxia.
Estas fuentes a su vez se pueden dividir en **variables y no variables**. Las variables pueden ser objetos compactos como los Mqs, mientras que las otras pueden incluir púlsares, nubes moleculares, remanentes de supernova, etc.

FUENTES NO IDENTIFICADAS DE RAYOS GAMMA

Fuentes no identificadas

Isotrópicas: Extragalácticas,
variables en su mayoría

Halo: galácticas, fuentes viejas,
muy variables

Plano galáctico: galácticas,
jóvenes (variables y no
variables)

FUENTES GALÁCTICAS DE RAYOS GAMMA

Systematic exploration of the Galaxy in the very-high-energy-gamma-ray band (photon energies above 100 GeV) has started with HESS survey of the inner Galactic plane (Aharonian et al., 2006b).

Some 60 Galactic VHE gamma-ray sources of different types, such as supernova remnants (SNR), pulsar wind nebulae (PWN), gamma-ray loud binary systems (GRLB), molecular clouds (MC), as well as unidentified sources without obvious low energy counterparts are known today.

Outside the inner 60 degrees of the Galactic Plane
as well as in the Galactic Bulge,
no survey comparable by depth to the HESS survey is available so far,
so that significant fraction of the Galaxy remains unexplored in the VHE gamma-ray band.

FERMI:

FUENTES GALÁCTICAS DE RAYOS GAMMA

	VHE	RA	DEC	TS	$F^\dagger$	n	Name	Type
1	J0521+2114	80.37817	21.19834	36.3	7.9 ± 4.2	3	VER J0521+211	AGN
2	J0534+2200	83.64470	22.01954	385.0	57 ± 11	29	Crab	PWN
3	J0616+2246	94.27895	22.70302	32.7	9.4 ± 4.7	3	IC 443	SNR
4	J1025-5808	156.31574	-58.136402	27.9	8.6 ± 4.7	3		
5	J1044-5949	161.2390	-59.72588	25.5	8.4 ± 4.6	3	Eta Carinae(?)	GRLB (?)
6	J1603-4909	240.91667	-49.16073	37.9	9.5 ± 4.5	5	PMN J1603-4904	AGN
7	J1634-4737	248.58186	-47.619664	47.9	14.6 ± 6.2	5		
8	J1647-4638	251.93635	-46.639038	30.5	12.1 ± 6.0	5		PWN
9	J1714-3922	258.69515	-39.371822	32.7	13.5 ± 5.9	5+2	RX J1713.7-3946	SNR
10	J1744-2921	266.1650	-29.36567	60.7	20.1 ± 7.6	5	Sgr C	MC(?)
11	J1828-0959	277.1416	-10.03979	53.7	16.1 ± 7.1	5	PSR J1828-1007(?)	PWN(?)
12	J1837-0659	279.41075	-6.9947278	28.0	13.3 ± 6.5	3+8	HESS 1837.5-069	PWN
13	J1838-0646	279.69634	-6.7674015	36.2	14.0 ± 6.3	5	AX J1838.0-0655	PWN
14	J1839-0550	279.8174	-5.842005	25.3	11.9 ± 5.8	7	1FGL J1839.1-0543	
15	J1857+0252	284.25073	2.8717481	40.9	20.3 ± 7.4	7	PSR J1856+0245	PWN
16	J2001+4351	300.2823	43.84117	38.9	5.3 ± 3.2	3	VCS1 J2001+4352	AGN
17	J2019+4048	304.82017	40.812433	28.1	9.0 ± 4.9	3+1	VER J2019+407	SNR/PWN
18	J2320+5911	350.17173	59.19705	37.5	6.2 ± 3.6	3		
19	J2347+5142	356.7813	51.68506	37.7	5.5 ± 3.2	4	1ES 2344+514	AGN

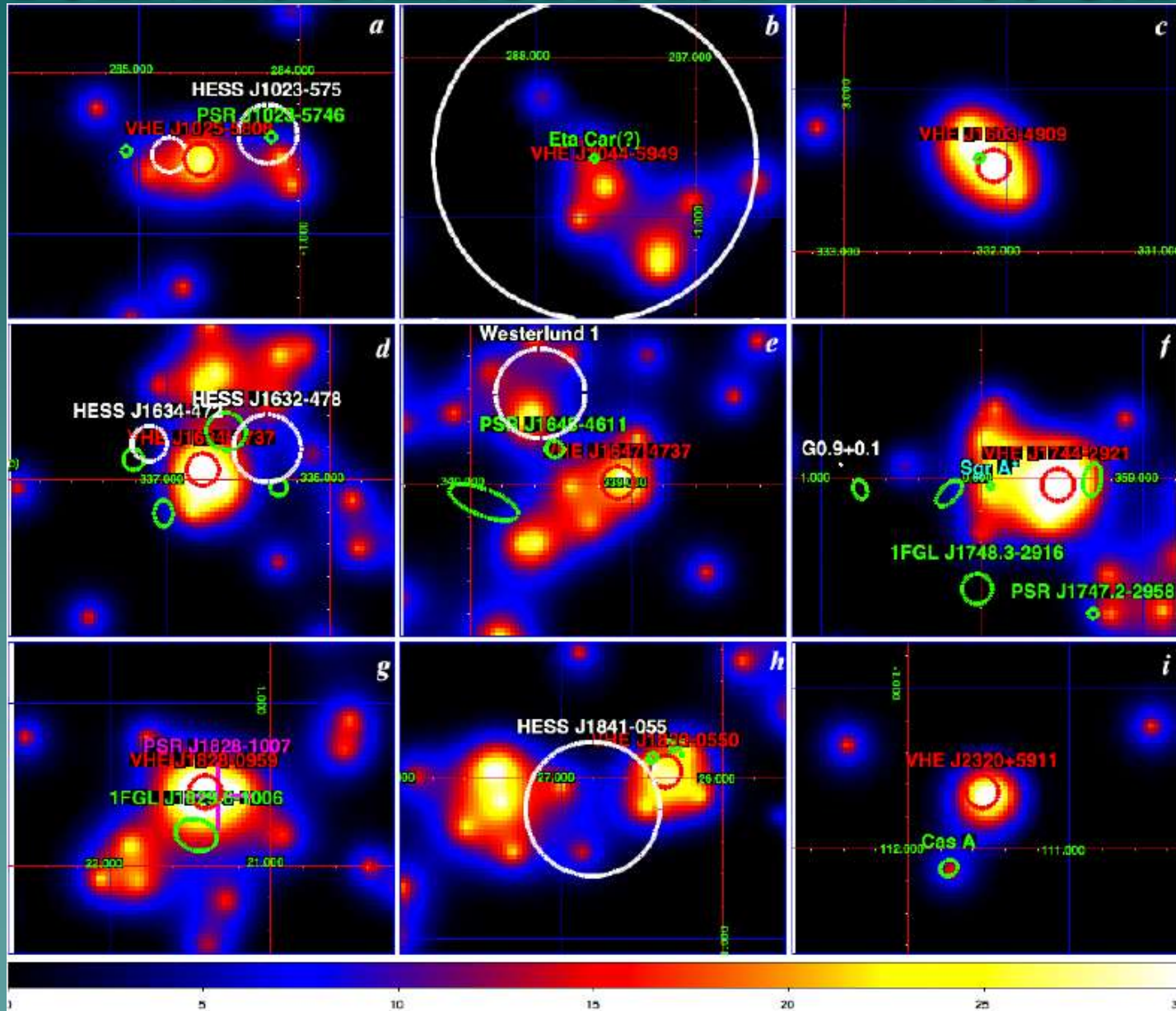
Low Galactic latitude LAT sources above 100 GeV.

F is flux normalization at 100 GeV in units of $10^{-16} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MeV}^{-1}$.

n in the multiplicity of events in the cluster associated to the source.

FERMI:

FUENTES GALÁCTICAS DE RAYOS GAMMA



Maps in the 100-400 GeV band around positions of new VHE gamma-ray sources.

Green ellipses show the 95% uncertainties of positions of sources from the 1-st year Fermi catalog.

Cyan circles show position uncertainties of the sources from HESS Galactic Plane survey

FERMI: FUENTES EXTRAGALÁCTICAS

Two lists of AGNs detected with Fermi have now been published by the Fermi Collaboration.

After 3 month of science observations between 2008 August 4 and 2008 October 30, the LAT Bright AGN Sample (LBAS) was released (Abdo et al. 2009a).

It consists of 106 high-latitude ($|b| > 10^\circ$) sources associated with AGNs. These sources have a 10 sigma significance, and are a subset of the 205 sources listed in the Fermi LAT bright source list (Abdo et al. 2009b).

By comparison, the 3rd Egret Catalog (3EG; Hartman et al. 1999) of gamma-ray sources and the revised EGRET catalog (EGR; Casandjian & Grenier 2008) list 31 sources with significance > 10 sigma, of which 10 are at high latitude.

Remarkably, 5 of the > 10 sigma EGRET sources are not found in the LAT bright source list.

These are the flaring blazars NRAO 190, NRAO530, 1611+343, 1406-076 and 1622-297. Their absence illustrates the extremely variable nature of blazars.

FERMI: FUENTES EXTRAGALÁCTICAS

Table 1. Classes of γ -ray emitting AGNs and galaxies in the 1LAC “clean” sample.

Class	Number	Characteristics	Prominent Members	Other
All	599			
BL Lac objects	275	narrow emission lines	AO 0235+164	
... LSP	64	$\nu_{pk}^{syn} < 10^{15}$ Hz	BL Lacertae	
... ISP	44	10^{14} Hz $< \nu_{pk}^{syn} < 10^{15}$ Hz	3C 66A, W Comae	
... HSP	114	$\nu_{pk}^{syn} > 10^{15}$ Hz	PKS 2155-304, Mrk 501	
FSRQs	248	broad emission lines	3C 279, 3C 354.3	
... LSP	171		PKS 1510-089	
... ISP	1			
... HSP	1			
Other AGN	26			
... Starburst	3	active star formation	M82, NGC 253	
... MAGN	7	non-blazar AGNs	M87, Cen A, NGC 6251	
... RL-NLS1s	3	strong FeII, narrow permitted lines	PMN J0948+0022	
... NLRGs	4	narrow line radio galaxy	4C+15.05	
... other sources ¹	9			
Unknown	50			

¹Includes PKS 0336-177, BZU J0645+6024, B3 0920+416, CRATES J1203+6031, CRATES J1640+1144, CGRaBS J1647+4950, B2 1722+40, 3C 407, and 4C +04.77

FERMI: FUENTES EXTRAGALÁCTICAS

In comparison with the 671 AGNs in the 1LAC taken with 11 months of Fermi data, EGRET found 66 high-confidence ($> 5\sigma$) detections of blazars out of total of 271 sources in the 3EG, with another 27 lower-confidence detections with significance between 4σ and 5σ .

Thus the 1LAC already represents an order-of-magnitude increase in the number of AGNs over EGRET.

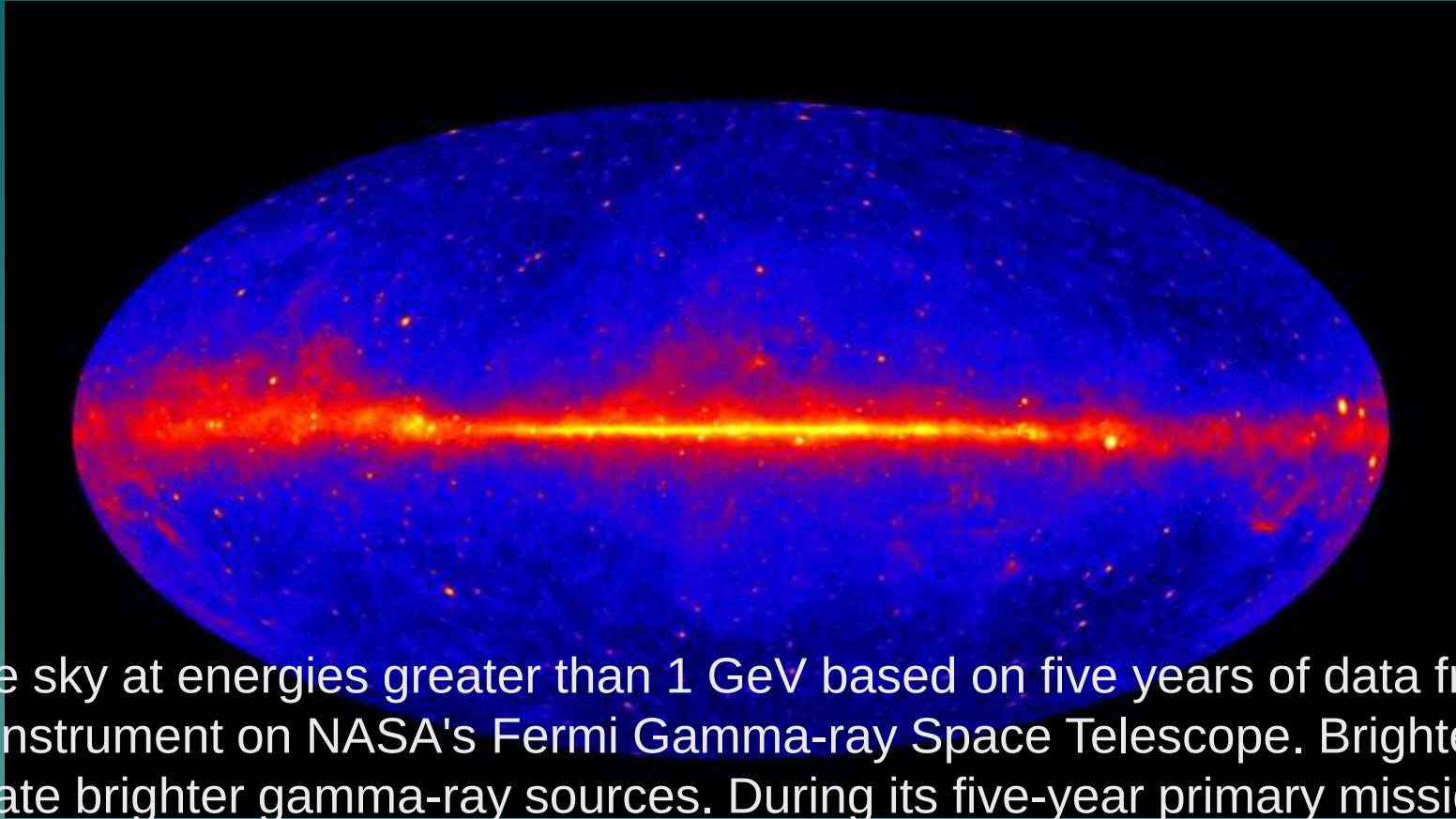
FERMI: FUENTES EXTRAGALÁCTICAS

During the first year in orbit, the Fermi LAT has observed a large number of sources that include
active galaxies,
pulsars,
compact binaries,
globular clusters,
supernova remnants,
as well as the Sun.

The Fermi LAT has also made important new measurements of the Galactic diffuse radiation.

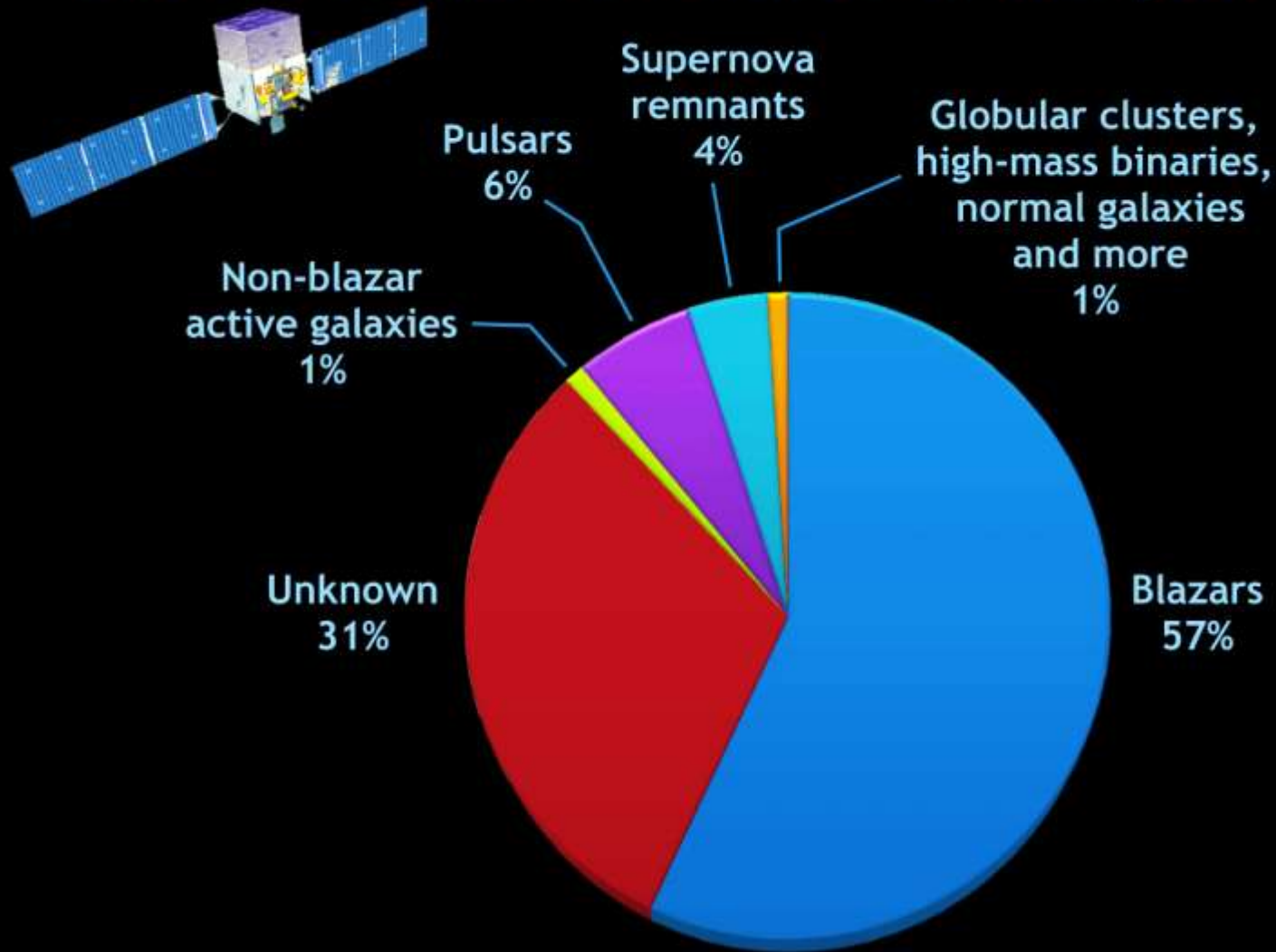


FERMI: five-years



Entire sky at energies greater than 1 GeV based on five years of data from the LAT instrument on NASA's Fermi Gamma-ray Space Telescope. Brighter colors indicate brighter gamma-ray sources. During its five-year primary mission, NASA's Fermi Gamma-ray Space Telescope has given astronomers an increasingly detailed portrait of the universe's most extraordinary phenomena, from giant black holes in the hearts of distant galaxies to thunderstorms on Earth. On Aug. 11, Fermi entered an extended phase of its mission -- a deeper study of the high-energy cosmos. This is a significant step toward the science team's planned goal of a decade of observations, ending in 2018.

What has Fermi found: The LAT two-year catalog



Credit: NASA/Goddard Space Flight Center

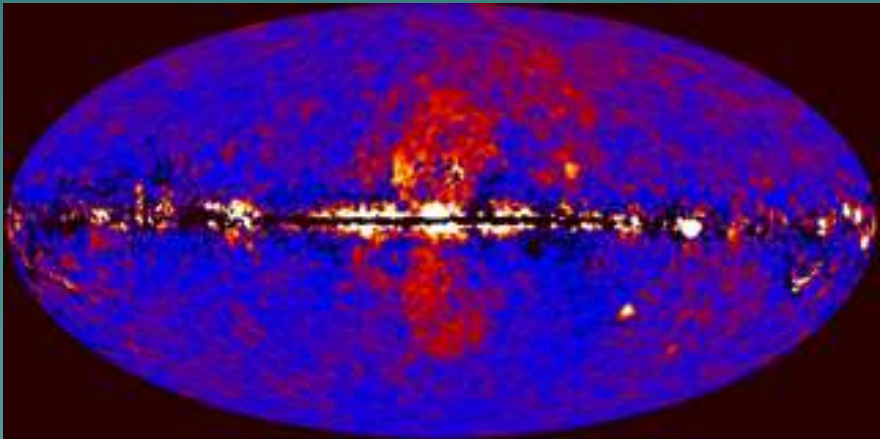
FERMI: five-years

Fermi's secondary instrument, the Gamma-ray Burst Monitor (GBM), sees all of the sky at any instant, except the portion blocked by Earth. This all-sky coverage lets Fermi detect more gamma-ray bursts, and over a broader energy range, than any other mission.

- More than 1,200 gamma-ray bursts,
 - plus 500 flares from our sun and
 - a few hundred flares from highly magnetized neutron stars in our galaxy
 - nearly 800 gamma-ray flashes from thunderstorms
- 
- A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a decorative element to the background.

FERMI: five-years

One of Fermi's most striking results so far was the discovery of giant bubbles extending more than 25,000 light-years above and below the plane of our galaxy. Scientists think these structures may have formed as a result of past outbursts from the black hole -- with a mass of 4 million suns -- residing in the heart of our galaxy.



Data from the Fermi Large Area Telescope (LAT) unveil the new feature after several processing steps