

GAMA IŞIN PATLAMALARI

Eda SONBAŞ, Aysun AKYÜZ

Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 01330, Adana
eda_sonbas@mynet.com, aakyuz@cu.edu.tr

Özet: Gama Işın Patlamaları (GIP), >100 keV enerjilerde gama ışınları yayan kısa ($\sim 0.1-100$ sn) ve şiddetli patlamalardır. Tesadüfen keşfedildiği tarihten bu yana GIP'nin kaynağının ve doğasının tam olarak anlaşılabilmesi, onları modern astronominin en gizemli konusu yapmaktadır. Özellikle 1990 sonrasında gönderilen uydular tarafından yapılan gözlemler GIP fiziğinin gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. Uydular ve yerden yapılan ardıl ışınım gözlemleriyle GIP'nin galaksi-ötesi kaynaklar olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada, GIP'nin genel özellikleri derlenmiş ve 4B GIP güncellenmiş kataloğu kullanılarak GIP'nin uzaysal dağılımı hakkında istatistiksel çalışmalar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: GIP: Gama Işın Patlamaları – ardıl ışınım – ata yıldızlar

Abstract: Gamma ray bursts (GRB) are short ($\sim 0.1-100$ seconds) and intense bursts of >100 keV gamma-rays. Their nature and origin have not been understood exactly since GRB were discovered serendipitously. Therefore they are still one of the greatest mysteries of modern astronomy. Major advances have been made in GIP physics especially by observations of satellites which were sent after 1990. The result of observations with ground based telescopes and satellites showed that GRB are extragalactic objects. In this work the general properties of GRB are reviewed and statistics of spatial distribution of GRB are presented using up-to-date 4B GIP catalogue.

Key words: GRB: Gamma Ray Burst – afterglow - Progenitor

1. Giriş

Gama Işın Patlamaları (GIP), uzayın herhangi bir noktasında öngörülmemeyen zamanlarda genellikle 0,1 ile 10 MeV enerjili fotonların ortalama 0,1 ile 100 saniye süreli atımları ile oluşan olaylardır. GIP, 2 Temmuz 1967 yılında ABD savunma bakanlığına bağlı bir uydudan VELA2 tarafından tesadüfen keşfedilmiştir. Vela uydularının görevi, ABD ve Sovyetler Birliği arasında var olan nükleer test - yasaklama anlaşması gereği ısıtılmış nükleer bombaların patlamasıyla yayılan radyasyonun algılanmasıydı. Başlangıçta dünyadan geldiği sanılan bu ışınların bilimsel sonuçları Klebesadel ve ark. (1973) tarafından rapor edildikten sonra bunların kozmik, gizemli ve yeni doğal olaylar olduğu anlaşılmıştır. Sovyet Konus uydusu ve IMP – 6 (Interplanetary Monitoring Platform) uydularının gözlemleriyle kaynakların dünya dışı olduğu doğrulanmıştır.

GIP olaylarının doğası, konumu ve kaynağı yaklaşık 25 yıl süreyle tam olarak açıklanamamıştır. Bu süre içinde bu patlamalar,

gama ışın enerji bölgesinde (Hurley 1992) ve nadiren de x – ışın enerjilerinde gözlemlenmişlerdir (Murakami ve ark. 1988, Yoshida ve ark. 1989, Connors ve Hueter 1998)

1990 yılında yörüngeye taşınan CGRO' da bulunan BATSE dedektörü ile yapılan çalışmalar ile GIP astronomisine büyük katkılar sağlanmıştır.

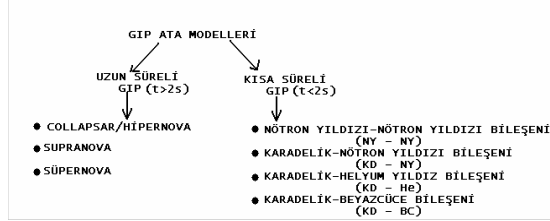
BeppoSAX 28 Şubat 1997' de ilk kez bir GIP olayının x – ışınlarında ardıl ışınımını gözlemiştir (Costa ve ark. 1997). BeppoSAX yalnızca uzun süreli patlamaları takip edebilmekte ve dolayısıyla bu patlamaların x-ışın ardıl ışınımını gözleyebilmiştir. Bir düzine uzun süreli GIP' nin farklı dalga boylarında ardıl ışınımını gözlemlenmiştir (Piran 2004). Şimdiye kadar kısa süreli patlamaların ardıl ışınımını gözlenememiştir. Eğer kısa süreli patlamaların ardıl ışınımını varsa NASA' nın uydularından yörüngede olan HETE ve gönderilmesi planlanan SWIFT tarafından gözlenmesi umulmaktadır.

2. GIP Ata Modelleri

GIP'nin çok yüksek enerjili patlamalar olduğu bilinmektedir. Bu patlamaların keşfinden itibaren

onların atalarının (progenitor) ne olduğu anlaşılmaya çalışılmaktadır. Patlamaların orijini açıklanabilmesi için farklı dalgalarda ardıl ışınım gözlemlerinden gelen önemli bilgiler kullanılarak farklı ata modelleri öne sürülmektedir.

Bu modeller GIP'nin süresinin kısa ($t < 2s$) ve uzun ($t > 2s$) olmasına göre sınıflandırılabilir. Çok büyük kütleli ($20 - 30 M_{\odot}$) bir yıldızın evriminin sonunda çökmesi şeklinde tanımlanan Collapsar (Hipernova) ve Supranova modelleri uzun ($t > 2s$) süreli GIP'ni oluşturmaktadır. Eğer GIP bir çift yıldız sisteminde iki yoğun objenin (Nötron Yıldızı - Nötron Yıldızı, Nötron Yıldızı - Karadeliik, Nötron yıldızı, Beyaz Cüce) birleşmesinden oluşuyorsa bu patlamaların kısa ($t < 2s$) süreli olması beklenir (Kouveliotu ve ark. 1993; Belli 1995; Dezalay ve ark. 1996). Bu modeller Şekil 1' de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. GIP ata modelleri

3. Ateştopu

GIP'da hızlı parlaklık değişimleri yayınının kaynağının küçük bir bölgede olduğunu önerir. Güneşin 10^{19} katındaki ışınım gücü yaklaşık bir güneş hacminden geldiği tahmin edilmektedir. Böyle bir yoğun bölgeden yayılan radyasyon fotonlarla çok yoğun bir şekilde paketlenir. Böylece fotonlar birbirlerini etkileyerek bir diğersinin kaçışı önler. Bu durumda GIP'ni nasıl görebildiğimiz sorusu ortaya çıkar. Bu sorunun yanıtı ateştopu modeli ile açıklanmaya çalışılır (Meszaros 2003). Bu modele göre, merkezi motordan enjekte edilen madde ortamda ilerlerken relativistik olarak yavaşlayarak GIP'ni ve sonra da onların ardıl ışınımını üretir. Oluşan relativistik şoklarda ivmelenen relativistik elektronlar, sinkotron veya sinkotron self - Compton yayınıyla gözlenen gama ışınlarını oluşturur.

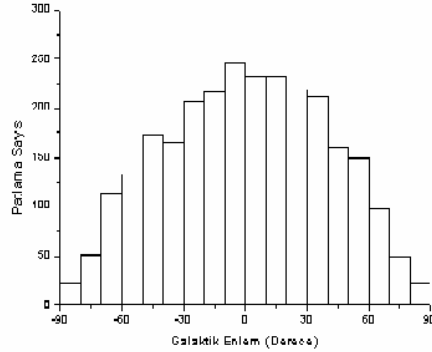
4. Ardıl Işınım

Ardıl ışınım, gama ışınlarında patlama sonrası yayınıdır. Bu ışınım genellikle x - ışınları, optik, kızılötesi ve radyo dalgalılarında gözlenmektedir. Şimdiye kadar sadece, x - ışınlarında 10 tane patlamanın ardıl ışınımı, optik bölgede 12 tane patlamanın ardıl ışınımı gözlenmiştir. Sadece radyo bölgesinde hiçbir patlamanın ardıl ışınımı gözlenmemiştir. x - ışınları ve optik bölgenin her ikisinde 11 tane patlamanın ardıl ışınımı, x -

ışınları ve radyo bölgesinin her ikisinde 6 tane, optik ve radyo bölgesinin her ikisinde 7 tane patlamanın ardıl ışınımı gözlenmiştir. x - ışınları, optik ve radyo bölgelerinin her üçünde 13 tane patlamanın ardıl ışınımı gözlenmiştir (Olutaş ve Özel, 2004). GIP hakkındaki önemli bilgiler ardıl ışınımından elde edilmektedir. Beppo-SAX'ın GRB970228 patlamasına ait x-ışın ardıl ışınımının keşfi ile GIP çalışmalarında bir dönüm noktası olmuştur. Gözlenen ardıl ışınım yayını GIP'nin kırmızıya kayma değerlerini hesaplamamızı mümkün kılar. Hesaplanan kırmızıya kayma değeri GIP'nin uzaklık ve konum bilgisini verir. Bazı GIP'nin kırmızıya kayma değerlerinin ölçümü, onların kozmolojik uzaklıklarda olduğunu göstermiştir (Meszaros 1999, 2003), (Waxman 2000, Piran 2001, Jakobsson ve ark. 2003).

5. GIP' nin Gözlenen Özellikleri

Bu çalışmada GIP' nin gözlenen özelliklerini açıklamak için yapılan istatistiksel çalışmalarda BATSE yenilenmiş kataloğu kullanılmıştır (<http://www.batse.msfc.nasa.gov>). Şekil 2'deki galaktik enlem dağılımı için katalogtaki 2702 patlama kullanılmıştır. Bu histogramda poz süresi düzeltilmesi yapılmamıştır. GIP'nin Galaktik merkez ve düşük enlemlerde daha fazla olduğu görülmektedir.

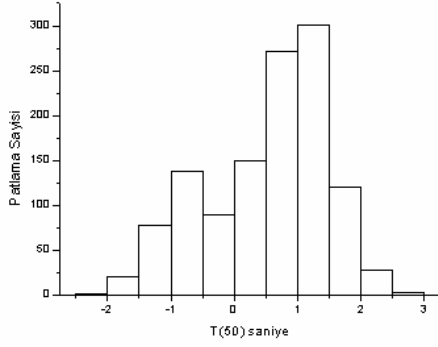


Şekil 2. GIP' nin galaktik enlem (latitide) dağılımı verilmektedir.

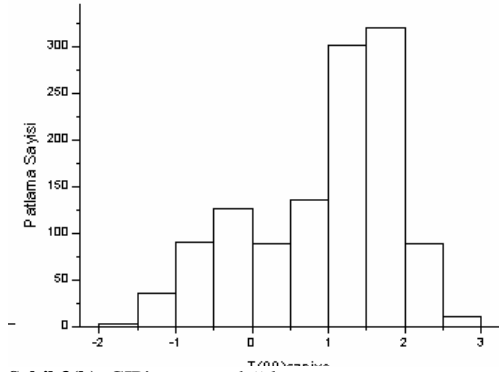
BATSE kataloğunda T_{50} patlamanın %50' lik kısmından alınan süreleri ve T_{90} da %90 kısmından alınan süreleri göstermektedir. T_{50} ve T_{90} sürelerinin histogramları Şekil 3(a) ve Şekil 3(b)' de gösterilmiştir.

Şekil 3(a) ve Şekil 3(b)' de süre dağılımlarının iki kutuplu olduğu görülmektedir. Bu dağılım, uzun süreli patlamalar ($T > 2s$) ve kısa süreli patlamalar ($T < 2s$) olmak üzere patlamaları iki sınıfa ayırma fikrini ortaya atar (Kouveliotu ve ark. 1993). Uzun süreli patlamalar toplam GIP' nin % 75' ini ve kısa

süreli patlamalar toplam GIP' nın % 25' ini oluşturmaktadır. Süre dağılımları BATSE 4B kataloğundaki veriler kullanılarak yapılan çalışmalarla tamamen uyum göstermektedir. (Zhang ve Meszaros 2003; Horvath 2002).

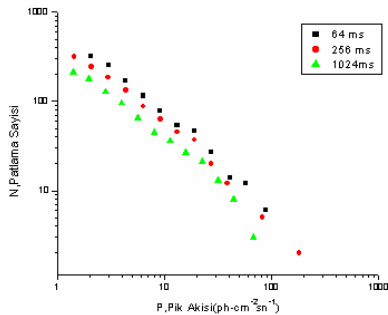


Şekil 3(a). GIP' nın süre dağılımı



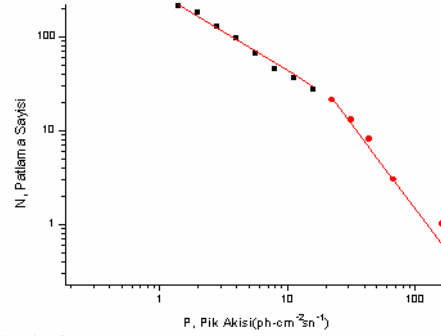
Şekil 3(b). GIP' nın süre dağılımı

GIP' nın pik akı değerlerinin log N – log P grafiği şekil 4(a) ve şekil 4(b)' de gösterilmiştir. 64, 256, 1024 ms' ye karşılık gelen akı değerleri için bu dağılımlar elde edilmiştir.



Şekil 4(a). 64, 256, 1024 ms' ye karşılık gelen ışın şiddeti dağılımı (logN – logP) verilmiştir.

Şekil 4(b)' de 1024 ms için bulunan log N – log P dağılımına en iyi uyumu veren fonksiyon hesaplanmıştır. Güçlü pik akısı değerlerinde bu fonksiyon $N \sim P^{-3/2}$ şeklinde kuvvet yasası formundadır. Bu izotropik dağılımın göstergesidir. Zayıf pik akısı değerlerinde ise $N \sim P^{-1}$ kuvvet yasası dağılımıyla izotropiden sapma görülmektedir. 64 ve 256 ms' ye karşılık gelen kuvvet yasası dağılımları da benzerlik göstermektedir.



Şekil 4(b). 1024 ms' ye karşılık gelen log N – log P dağılımı

GIP' nın açısal korelasyonu iki nokta korelasyon fonksiyonu (two point correlation function) kullanılarak incelenmiştir. $w(\theta)$ fonksiyonu, θ açısıyla ayrılmış ve $\delta\Omega_1$, $\delta\Omega_2$ katı açısına sahip iki kaynağın $\delta P(\theta)$ olasılığını hesaplamak için gereklidir. Bu olasılık bağıntısı;

$$\delta P(\theta) = n^2 [1 + w(\theta)] \delta\Omega_1 \delta\Omega_2 \quad (1)$$

şeklinde verilir. n , kaynakların ortalama sayı yoğunluğudur ve $w(\theta)$ fonksiyonu,

$$w(\theta) = [2N_r / (N_d - 1)] N_{dd} / N_{dr} - 1 \quad (2)$$

$w(\theta)$ ' nın hatası

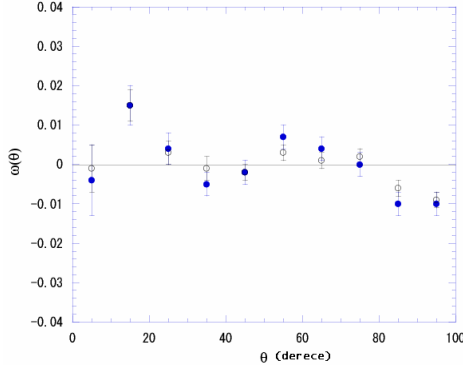
$$\sigma_w = \sqrt{[2N_r / (N_d - 1)] (1 + w(\theta)) / N_r} \quad (3)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Burada; Eğer N_d ve N_r gözlenen ve rasgele kaynak sayısı, N_{dd} : patlama çiftlerinin sayısı (data - data), N_{dr} : patlama ve rasgele patlama çiftlerinin sayısıdır (data - random). $w(\theta)$ ' nın pozitif değerleri kümelenme (clustering) olduğuna, $w(\theta)=0$ ise kümelenme olmadığına, $w(\theta)$ ' nın negatif değerleri ise ters yönde kümelenme (anti clustering) olduğuna işaret eder. (Bhattacharya ve ark. 2003).

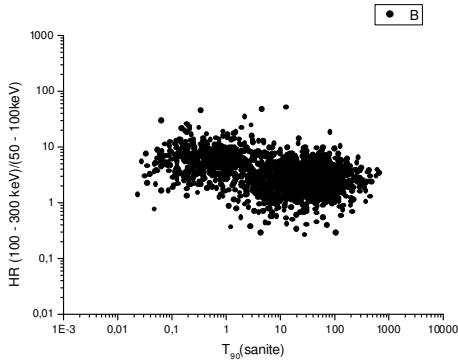
Şekil 5' de gözlenen 2702 GIP için hesaplanan açısal korelasyon fonksiyonu $1 - 100^0$ aralığında

verilmektedir. İçi dolu daireler kaynaklar için pozisyon belirsizliğinin $<5^0$ ise, içi boş olan daireler ise pozisyon belirsizliğinin $<10^0$ olduğu durumları göstermektedir. GIP' nın $1^0 < \theta < 20^0$ aralığında izotropiden sapma gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5. GIP' nın açısal korelasyonu. Gözlenen GIP için açısal korelasyon fonksiyonu yardımıyla bir kümelenme oluşmadığı şekilde görülmektedir.

Şekil 6, BATSE 4B yenilenmiş kataloğundan alınan 1973 tane GIP' nın sertlik oranının (Hardness Ratio, HR) , T_{90} 'a göre dağılımını göstermektedir. Burada, sertlik oranı 100 – 300 keV enerji aralığının 50 – 100 keV enerji aralığına oranıdır. Bu dağılım GIP' nın tek bir sınıf yerine farklı iki sınıfta toplandığını göstermektedir. Kısa süreli patlamalar daha sert spektruma sahip olma eğilimi göstermektedir (Fishman,1999).



Şekil 6. BATSE yenilenmiş kataloğundan alınan GIP' nın sertlik oranı – T_{90} süre dağılımı

7. Uydular

GIP konusunda çok önemli gelişmeler NASA' nın 1991 yılında gönderdiği CGRO (Compton Gamma Ray Observatory) tarafından kaydedilmiştir. CGRO' da bulunan BATSE (Burst And Transient Source Experiment) dedektörü ile GIP' nı çalışmak için tasarlanmıştır. BATSE' nin gözlemleri GIP' n

evrende dağılımı ve orijinlerinin anlaşılmasına yeni ufuklar açmıştır.

BATSE' den önce birçok uyduda GIP' nı çalışmıştır. Bunlar; OSO – 7 (Orbiting Solar Observatory), SAS–2 (Small Astronomy Satellite), Helios – 2 ve HEAO – 1 (High Energy Astronomy Observatories), Pioneer (Evans ve ark. 1979), Sun - Earth Explorer – 3 (Kouveliotu ve ark. 1981), Venera 11 ve 12 (Mazets ve ark. 1981). Aktif uydular sayısının artmasının yanında, gezegenler arası uzaklıklar içeren bir GIP gözetleme ağı oluşturulmuştur. Bütün bu uyduların yanında balonlarla da başarılı gözlemler yapılmıştır (Sommer ve ark. 1978). Böylece kaydedilen patlama sayısı 1977'lerde 10 dan 60'a , 1980'lerde de 130'a yükselmiştir.

Uydulardan alınan verilerin yerdeki gözlemcilere iletilmesi için GCN (Gamma Ray Burst Coordinate Network) ağı oluşturulmuştur. GCN, ilk olarak 1993' de BATSE Coordinates Distribution Network (BACODINE) sistemi olarak NASA / GSFC de geliştirilmiştir. Amacı, GIP pozisyonlarını bazen patlama devam ederken gerçek zaman içinde, bazen de gecikmeli zamanlarda (telemetry bağlantı gecikmesinden dolayı) yere iletmektir. 1997' de BACODINE sisteminin adı diğer aktif uzay araçlarının GIP pozisyonlarını belirlemesi ve dağıtmaya başlamasından sonra GCN sistemi olarak değiştirilmiştir. GCN iki bölüme ayrılmıştır;

1. Farklı uzay araçları ile algılanan GIP' nın pozisyonlarının dağıtımı. GIP' nın pozisyonlarını belirlemede aktif olarak görevde bulunan uydular HETE, INTEGRAL, IPN (Interplanetary Network), RXTE – PCA, RXTE – ASM, BeppoSAX, COMPTEL VE ALEXIS' dir.
2. GIP topluluğu tarafından pozisyonların alınması ve ardıl ışınım gözlemleri için otomatik olarak dünyanın her tarafına dağıtılmasıdır.

Ardıl ışınımın (afterglow) ilk yüksek çözünürlüklü x – ışın görüntülerini 1996 - 2003 yılları arasında başarıyla gözlemleyen BeppoSAX (Satellite Per Astronomia X,) uydusudur (Costa ve ark. 1997). İtalyan – Hollanda ortak uydusu BeppoSAX, x – ışınlarında [2 – 25 KeV] ardıl ışınımın tespiti ve sonrasındaki optik gözlemlerinin yapılmasına olanak sağlamıştır.

Rusyanın Proton roketinde fırlatılan ESA (European Space Agency) uydusu INTEGRAL (International Gamma Ray Astrophysics Laboratory) Aralık 2002' de yörüngeye taşındı. INTEGRAL, GIP, nötron yıldızları, aktif galaktik çekirdeği ve süpernovalar gibi evrenin birçok

gizemli objelerine yeni bir anlayış getirmesi beklenmektedir. INTEGRAL 15 – 10 MeV enerji aralığındaki gama ışın yayılımının görüntüsü ve ince tayfının birleşimiyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

HETE 2 (High Energy Transient Sources Experiment), GIP'nin konumunu tespit etmek için dizayn edilen küçük bir bilimsel uydudur. 2001 yılında göreve başlamıştır. HETE 2, MIT (Massachusetts Institute of Technology), USA tarafından dizayn edilen uluslararası katılımlı bir uydudur. 1 keV - 500 keV enerji aralığındaki fotonlara duyarlıdır. HETE tarafından tespit edilen GIP'nin koordinatları, patlama tespit edildikten sonraki saniyeler içinde yerdeki teleskoplara gönderilmektedir. Bu teleskoplar GIP'nin ilk fazının gözlemlerini yapmaktadır (Vanderspek ve ark., 1999). HETE 2'nin temel hedefi GIP'nin belirlenen enerji aralığında dalgaboyu gözlemlerini yapmak, kesin koordinatlarını patlama sonrası gözlemlerin hemen yapılabilmesi için GCN'ye anında dağıtmaktır.

GIP'ların ardıl ışınmasını gözlemek amacı ile yerden yapılan gözlemlerde kaynağa en kısa zamanda yönelmek önemli bir sorundur. Bu amaçla GIP'nin optik bileşenlerini gözlemek ve incelemek üzere ROTSE (Robotic Optic Transient Source Experiment) teleskop serisi tasarlanmıştır. ROTSE teleskopları ikisi kuzey yarımkürede, ikisi de güney yarımkürede olmak üzere toplam 4 tane'dir. ROTSE-Global sisteminin 4. teleskopu olan ROTSE-III'd TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG-Bakırlitepe/Antalya)'da kurulmuş bulunmaktadır (www.tug.tubitak.gov.tr). Bu 4 teleskop ile tüm gökyüzü taranarak GIP'nin tespitinden sonraki saniyeler içinde patlamanın optik gözlemlerini kaydetmek amaçlanmaktadır. ROTSE 1 Mart 1998'den sonraki yaklaşık 2 yıl içerisinde bir düzine patlamanın ardıl ışınım gözlemlerini yapmıştır. ROTSE I'in yaptığı önemli gözlemlerden biri olan GRB990123'ün gama ışınlarında patlama parlaklığı devam ederken optik tespitinin yapılmış olmasıdır (Akerlof 1999).

8. Sonuç

Bu çalışmada, GIP'nin genel özellikleri derlenmiş ve 4B GIP güncellenmiş kataloğu kullanılarak GIP'nin gözlenen özellikleri hakkında istatistiksel çalışmalar tekrarlanmıştır. İstatistiksel incelemeler sonucu GIP'nin iki grupta toplanma özelliği göstermektedir. Ayrıca düşük pik akısı değerlerinde ve iki nokta korelasyon fonksiyonu kullanıldığında $\theta < 20^\circ$ değerlerinde kümelenme özelliği göstererek izotropiden saptığı görülmektedir. Ayrıca, GIP'nin gizemini çözmek

amacıyla gönderilen uydular hakkında bilgiler özetlenmiştir. Gönderilmesi planlanan yeni gama ışın uydularından SWIFT ve GLAST'ın GIP'nin doğasının ve orjininin anlaşılmasında çok büyük katkılar sağlaması beklenmektedir.

9. Kaynaklar

- Akerlof, C. 1999. Nature, 398, 400 – 402
Belli, B. M., 1995. Ap&SS 231,43
Bhattacharya, D. And et all 2003. A&AS, v. 404, p. 163 - 170
Connors, A.; Hueter, G. J., 1998. APJ 501,307
Costa, E. and et. all., 1997. IAU Circ., 6576, 1
Dezalay, J. P. Et al., 1996. ApJ 471, L 27
Evans, W. D. and et. all., 1979. Science, 205, 119-121
Fishman, G.J., 1999. Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 138, 395 – 398
Horvath, I., 2002. A&A 392, 791 - 793
Hurley, K., 1992. Gamma Ray Bursts; Proceedigs of The Workshop p.3 – 12
Jakobsson, P., 2003. A&A, v.408, p. 941 - 947
Klebesadel, R. W., and et all., 1973. BAAS 5, 32
Kouveliotou, C., 1981. Muenchen, Technische Universitaet fuer Physik, Doktor der Naturwissenschaften Dissertation, 1981, 206 p.
Kouveliotou, C., Meegan C. A., Fishman G. J. et al. 1993. ApJ 413, L101
Mazets, E. P.; Golenetski, S. V., 1981. SSR, 1, 205-266
Meszaros, P., 1999. A&AS, 138, 533-536
Meszaros, P., 2003. Nature, 423, 809-810
Murakami, T. and et all., 1988. Nature 335, 234 – 235
Olutaş, M. 2004, "Cosmic Gamma Ray Bursts: Their Afterglows And Related Statistics", AIBU Fizik Böl.Yüksek Lisans Tezi, Bolu
Piran, T., 2001. BAAS, 33, 833
Piran, T. 2004. 159 pages, 33 figures, accepted for publication in Reviews of Modern Physics
Sommer, M.; Mueller, D., 1978. APJ, 222, L17-L20
Vanderspek, R. And et all, 1999. A&AS v.138, p.565-566
Waxman, E., 2000. ApJS, 127, 519-526
Yoshida, A. and et all., 1989. (ISSN0004-6264), 41 n 509- 518
Zhang, B.; Meszaros, P., 2003. AIP Conference, Proceedings, 662, 331-334
www.tug.tubitak.gov.tr
http://www.batse.msfc.nasa.gov