

AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

BİLİM ve TEKNIK



GÖKOLAYLARI YILLIĞI 2005
ORTA SAYFADA

YENİ UFUKLARA

GAMA IŞIN PATLAMALARI

OCAK 2005 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR

HAZIRLAYANLAR

Raşit Gürdilek - BTĐ Genel Yayın Yönetmeni • Ersin Göğüş - Sabancı Üniv. • Prof. Dr. Zeynel Tunca - TUG •
Dr. Tuncay ÖZİŞİK - TUG • Alp Akođlu - BTĐ Araştırma ve Yazı Grubu

G I P : K A T M E

Duymaya, okumaya alıştık. Gama ışını patlamaları evrende meydana gelen en şiddetli patlamalar. Bu kadarı, evrenin çok uzak noktalarında meydana gelip dünyamızdan saptanabilmelerinden de belli. Ancak, keşfedilmelerinden bu yana neredeyse 40 yıl geçmesine karşın, bu muazzam şiddetteki enerjiyi ortaya çıkan süreç, önemli gözlemsel ve kuramsal ilerlemelere karşın, hâlâ tam olarak anlaşılabilmiş değil.

Bilim dünyasının gama ışın patlamalarının farkına varmasını da bir rastlantıya borçluyuz: Nükleer silahlara sahip ülkelerce 1963 yılında imzalanan ve atmosferle, denizlerde nükleer denemeleri yasaklayan antlaşmanın ihlal edilip edilmediğini belirlemek üzere ABD, Vela seri-

si uyduları uzaya gönderiyor ve bu uydulardan bir tanesi 1967 yılında uzayın çeşitli yönlerinden gelen şiddetli ışınlar belirliyor. Araştırmacılar nihayet Gama Işını Patlamaları (GIP) diye adlandırdıkları bu olgunun keşfini 1973 yılında açıklıyorlar. Kuramcıların önerdikleri ilginç açıklamalara karşın, gözlemsel verilerin eksikliği bu patlamaların uzun süre bir giz perdesi arkasında kalmasına neden oluyor. 1991 yılında NASA'nın uzaya gönderdiği Patlama ve Ardıl Işınım Kaynağı Deneyi (BATSE) uydusu, 10 yıl içinde her yönde meydana gelen 2700 patlama belirleyerek, en azından bunların Güneş Sistemi'nde, Samanyolu'nda, hatta bilinen yakın gökadalarda meydana gelen olaylarla bir ilgisi olmadığını ortaya koydu. Bu GIP'larla ilgili olarak belirlenen bir başka bulgu da, bunların bazılarının 2 saniyeden daha az süren "kısa GIP"lar,

çoğununsa, 30 saniye hatta daha fazla sürebilen "uzun GIP"lar olduğuydu. Gökbilimciler bu parlamaların büyük bir olasılıkla çok şiddetli patlamalardan meydana geldiğini tahmin etmekle beraber, bu patlamaların optik ya da başka dalga boylarını izlemek çabalarında fazla başarıları olamadılar. Çünkü BATSE, bir gama ışını

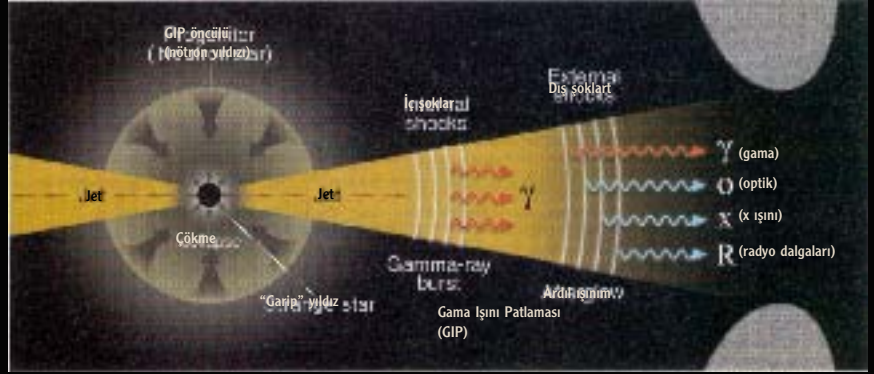
patlamasının yerini kesin bir noktaya ulaşıncaya kadar aradaki gaz ve toz bulutlarındaki madde, bazı dalgaboylarındaki ışınımı soğuruyordu. Bu da GIP'ların milyarlarca ışık yılı uzaklıklarda meydana geldiğini gösteriyordu. Artan gözlemsel bilgilere karşın kuramsal bir sorun ortada duruyordu. Böylesine uzun mesafelerde belirlenen böylesine güçlü ışınımın mantığının kabul edemeyeceği enerjilere sahip olmalıydı. Örneğin GIP 990123'ün (23 Ocak 1999'da belirlenen gama ışın patlaması) 4 X 10⁴⁷ gibi anlamsız büyüklükte bir enerji yayması gerekiyordu. Buysa Güneş'teki ya da bir nötron yıldızındaki maddenin tümünün bir anda enerjiye dönüşmesiyle ortaya çıkabilecek bir miktardı. Ancak bu sorunun çözümü, GIP'ların her yönde aynı düzeyde enerji yaymadığının ortaya çıkmasıyla geldi: Eğer gözlemlendiği gibi enerji, ateş topunun çok küçük bir bölgesince yayılıyorsa, bu hesaplanan miktarın 100 ya da 1000 kat aşağıya çekilmesine olanak tanıyor ki, bu da bir süpernovanın yaydığı enerji miktarıyla aşağı yukarı örtüşüyordu. Nihayet 2003 yılında süpernovalarla gama ışın patlamalarının ilişkisi üzerinde kesin kanıt, HETE-2 uydusunca saptandı. 29 Mart 2003'te saptanan GIP'in ardıl ışınımını gözleyen gökbilimciler ilk kez GIP ile bir süpernova patlamasının aynı anda meydana geldiğini belirlediler. Çünkü ardıl ışınım içinde süpernova patlamasının artık ürünlerinin izleri belirlenmişti. Bu da gama ışınımı araştırmacıları arasında yaygın kabul gören yeni bir modelin oluşmasına yol açtı: Collapsar (Çöken yıldız) modeli. Collapsar modeline göre gama ışın patlamasıyla noktalanmış süreç, patlamadan yüzbinlerce yıl önce başlıyor. Gü-

neş'teki ya da bir nötron yıldızındaki maddenin tümünün bir anda enerjiye dönüşmesiyle ortaya çıkabilecek bir miktardı. Ancak bu sorunun çözümü, GIP'ların her yönde aynı düzeyde enerji yaymadığının ortaya çıkmasıyla geldi: Eğer gözlemlendiği gibi enerji, ateş topunun çok küçük bir bölgesince yayılıyorsa, bu hesaplanan miktarın 100 ya da 1000 kat aşağıya çekilmesine olanak tanıyor ki, bu da bir süpernovanın yaydığı enerji miktarıyla aşağı yukarı örtüşüyordu. Nihayet 2003 yılında süpernovalarla gama ışın patlamalarının ilişkisi üzerinde kesin kanıt, HETE-2 uydusunca saptandı. 29 Mart 2003'te saptanan GIP'in ardıl ışınımını gözleyen gökbilimciler ilk kez GIP ile bir süpernova patlamasının aynı anda meydana geldiğini belirlediler. Çünkü ardıl ışınım içinde süpernova patlamasının artık ürünlerinin izleri belirlenmişti. Bu da gama ışınımı araştırmacıları arasında yaygın kabul gören yeni bir modelin oluşmasına yol açtı: Collapsar (Çöken yıldız) modeli. Collapsar modeline göre gama ışın patlamasıyla noktalanmış süreç, patlamadan yüzbinlerce yıl önce başlıyor. Gü-

R L İ Ş İ D D E T

neş'ten çok daha büyük kütlede dev bir yıldız merkezindeki hidrojen yakıtını tüketip hidrojen ve helyumdan oluşmuş dış katmanlarını yitirdiğinde başlıyor. Yıldızın kendi ışınımıyla olsun, ikili bir sistem içindeki eşyıldız tarafından çalışıyor olsun, dış katmanların yitirilmesi, dev yıldız görece küçük bir hacme sıkışmış sıcak mavi bir yıldızla dönüştürüyor. Orijinal yıldızdan arta kalan, 15 Güneş kütlelerinde helyum, oksijen ve daha ağır elementlerden oluşan yıldız, öteki yakıtlarını da hızla tüketiyor ve iç çekirdeği de çökerek bir karadelik oluşturuyor. Aynı anda, yıldızın kütlelerinden bir bölüm de karadelik çevresinde dönen bir kütleaktarım diski oluşturuyor. Yıldızın dıştaki katmanlarıysa henüz merkezde olanlardan habersiz. Karadelik çevresindeki diskin iç kesimleri, belki kendisi de dönen karadeliğin etkisiyle diskin dışından daha hızlı döndüğünden güçlü elektrik ve manyetik alanlar oluşuyor.

Bu alanlar, yıldızın dönüş eksenini boyunca fışkıran madde jetleri (fıskiye) oluşmasına neden oluyor. Jetler yıldızın dış katmanları içinden on saniyede geçerek yıldızın kutuplarından birbirine ters yönlerde fışkırıyor. Bu arada olağanüstü yüksek sıcaklıklarda nötron ve protonlar da merkezdeki karadelik çevresindeki diskten parçacık rüzgarları bi-



Değişik bir GIP modeli. İkili bir yıldız sistemindeki nötron yıldız eşyıldızından yeterince madde çaldıktan sonra bir "garip" yıldız haline dönüşüyor. "Garip" (strange), maddenin temel yapıtaşları olan alki kuarik çeşnişinin en ağır olanı. Bu süreçte muazzam ölçekte enerji serbest kalıyor.

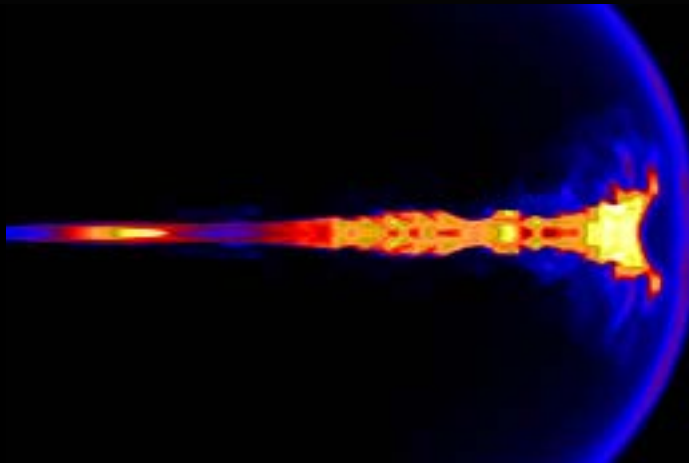
çiminde fırlıyor. Bu rüzgarlar soğudukça, nötronlar ve protonlar yeniden bir araya gelerek Nikel-56 gibi sıkı bağlanmış çekirdekler oluşturuyorlar. Sonunda jetler ve parçacık rüzgarları, yıldızın muazzam bir süpernova patlamasıyla dağılmasına neden oluyorlar.

Yaklaşık bir saat sonra, orijinal yıldız bulunduğu yerden çok uzaklarda jetlerin ışık hızına yakın değişik hızlarda yol alan parçaları arasında çarpışmalar meydana gelmeye başlıyor. İşte gama ışın patlamalarını oluşturan ve ışınımı bizim doğrultumuza fırlatanlar, bu çarpışmalar. Günler ve haftalar sonra nikel-56 önce kobalt-56'ya, daha sonra da demir-56'ya bozunuyor. Bu radyoaktif bozunma, süpernovanın öylesine güçlü parlamasına neden olan enerjiji

sağlıyor.

Bir collapsardan çıkan ışınım gerçekten uzamış bir geometrideyse, bizim bu jetlerden ancak birkaç yüzde birini görmemiz gerekmez mi? Jetler bizim doğrultumuzda olmadığı için farkına varmadığımız çok sayıda patlama mı var? Eğer varsa, bu patlamalar neye benziyor?

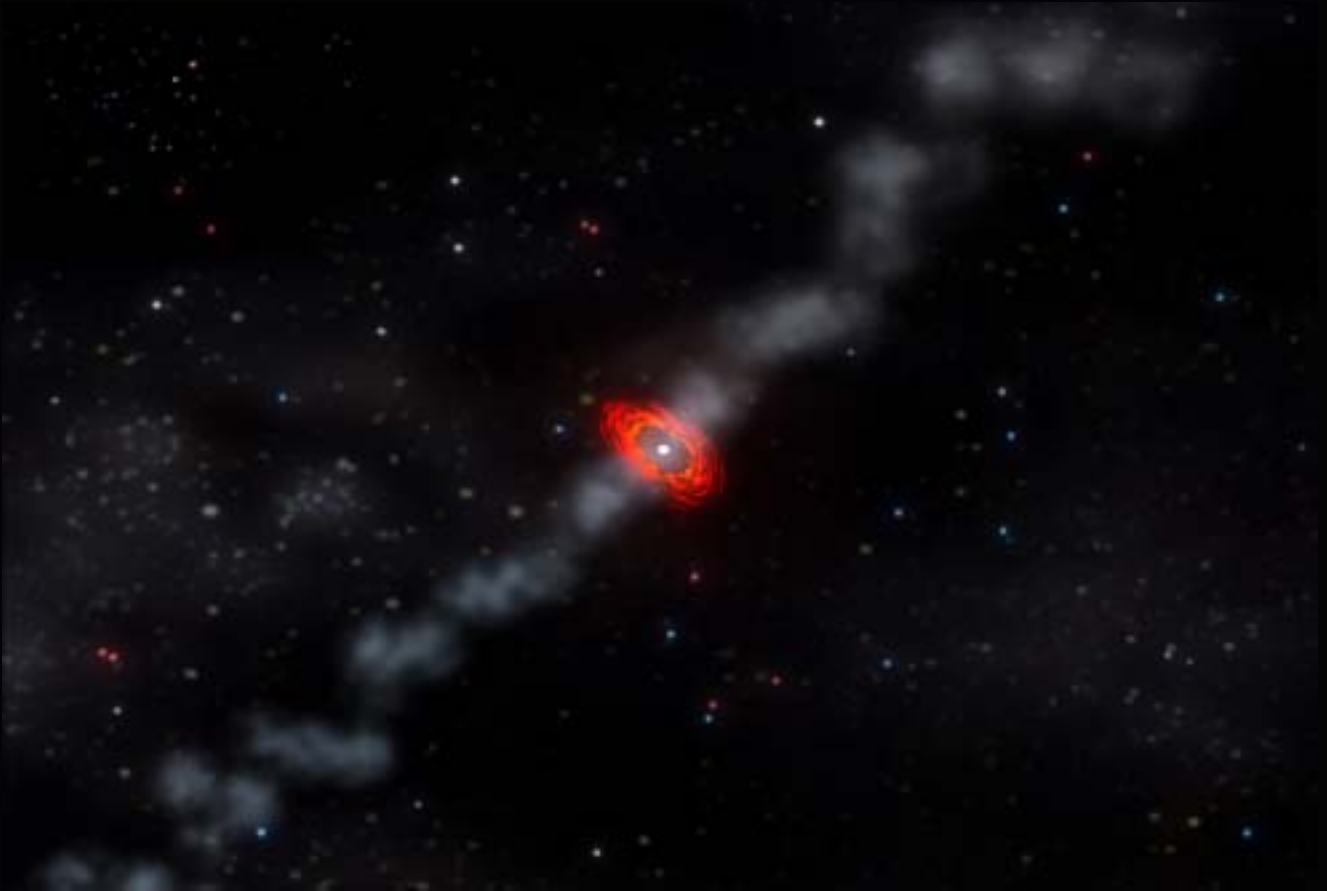
Yanıtı yine collapsar modeli veriyor. Araştırmacılar bir gama ışın patlaması jeti içinde hareket eden madde parçacıklarının "ultra relativistik" hızlarda (ışık hızının %99.999) yol aldığını belirlemiş bulunuyorlar. Bu jetlerin açılma genişliğine bağlı olarak, jet içinde görece daha yavaş hareket eden madde tarafından oluşan "eksen dışı" gama ışın yayımları da oluşuyor. Bu madde Doppler kaymasından daha az etkileneceğinden, ışınım eksen doğrultusunda giden parçacık topaklarına göre daha düşük frekanslarda ve dolayısıyla daha düşük enerjilerde en yüksek değere ulaşıyor. Böyle olunca da, gökbilimciler X-ışınları aralığında gözlemlerle, bu patlamaların izlerini yakalayabileceklerini düşünüyorlar. Önce BeppoSAX, daha sonra da HETE-2 uydularıyla yapılan gözlemlerde saptanan belli özellikteki bazı X-ışını parlamalarının, gama ışını patlamaları olduğuna inanılıyor.



Collapsar modelinin bilgisayar simülasyonunda, yıldızın çöken merkezinde oluşan karadelik çevresindeki diskten fışkıran madde jeti, yıldızın dış çeperinden çıkmak üzere.

Raşit Gürdilek

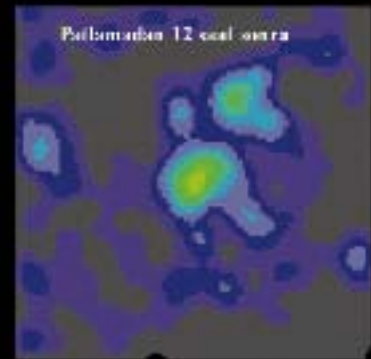
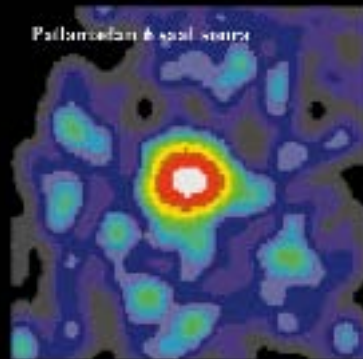
GAMA IŞINI PATLAMALARI



CGRO isimli uydu teleskobu üzerindeki BATSE gama ışını dedektörlerinin 1991'de faaliyete başlamasıyla birlikte gözlenen gama ışını patlaması (GIP) sayısında önemli bir artış sağlandı. Bu gözlemsel gelişmeler, gizemli patlamaların evrenin uzak bölgelerinden, yani kendi galaksimiz Samanyolu'na milyarlarca ışık yılı mesafelerden kaynaklandığı yönünde önemli ip uçları sunuyordu. Ancak yalnızca gama ışını verilerini kullanarak bunu kanıtlamak mümkün değildi. Gama ışını patlamalarının uzaklıkları bilinmez, bu dalda araştırmalarını sürdürmekte olan bilim insanlarının üzerinde en fazla tartıştığı konu haline gelmiş, astrofizikçiler olası iki fikir çevresinde kutuplaşmışlardı. Bir grup araştırmacı BATSE verilerinin de desteklediği gama ışını patlamalarının kozmolojik mesafelerden geldiği fikrini savunurken, diğer grup bu olayların galaksimizin hemen dışındaki bölgelerden, yani milyarlarca değil yalnızca binlerce ışık yılı

gibi galaktik mesafelerden kaynaklanmakta olduğu fikrini benimsemişti. Bu fikir kutuplaşması o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştı ki, 20. yüzyıl boyunca yalnızca 4 defa gerçekleştirilen 'Astronomideki Büyük Atışmaların' biri 1995 yılında 'Gama Işını Patlamalarının Uzaklıkları' başlığıyla Cambridge Üniversitesi profesörü Sir Martin Rees hakemliğinde Princeton Üniversitesi profesörü Bohdan Paczynski ve Chica-

go Üniversitesi profesörü Donald Lamb arasında yapılmıştı. Hatta yine o günlerde düzenlenen gama ışını astrofizik kongrelerinde insanların yaka kartlarına kendi bilimsel görüşlerini yansıtan 'GIP'lar kozmolojiktir' ya da 'GIP'lar galaktiktir' türü ibareler ilişti-rmesi ve kongre boyunca insanların karşıt görüşten olanları kolayca belirleyerek kendi benimsedikleri bilimsel savları aktarıp, onları ikna etmeye ça-



(Resim: BeppoSAX bilimsel çalışma grubu)

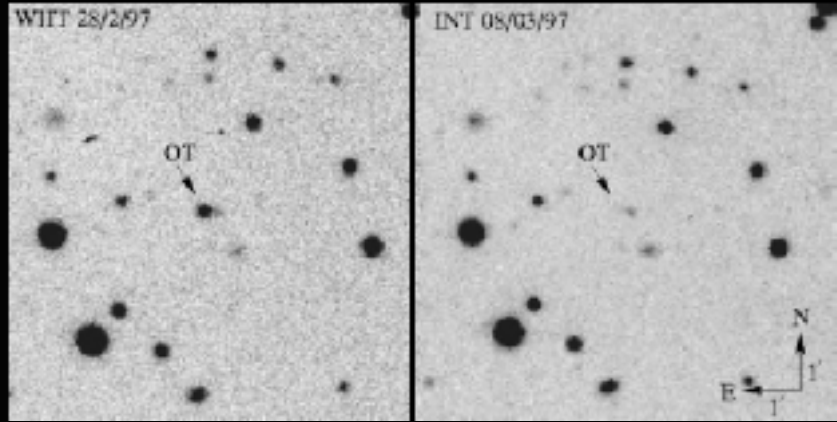
ARININ ARDIL IŞIMASI

ışması geleneği başlamıştı.

Bu büyük tartışmayı nihai bir şekilde çözmek gama ışını patlamalarının optik (görünen) ışık ışınlarını gözlemlemekle mümkün olabilecekti. O dönemlerde patlamaların optik dalga boylarında ışına yapıp yapmadıkları henüz bilinmiyordu. Ancak eğer gama ışınını kaynağının optik ışına bileşenleri mevcutsa, bu optik ışımının tayf gözlemleri kaynağın kırmızıya kayma miktarının ölçülebilmesini sağlayacak, bu ölçütse optik ışığın ve onunla bağlantılı olan gama ışını patlamasının uzaklığı konusunda direk kanıt oluşturacaktı.

Gama ışını patlamalarının optik bileşenlerinin gözlenmesi konuyu araştıran bilim insanları arasında büyük bir yarışa dönüştü. Bu tip gözlem kolayca gerçekleştirilebilir gibi görünse de pratikte çok da kolay değildi. BATSE teleskopları patlamaların uzay koordinatlarını belirliyordu, ancak elde edilen koordinatların hata payı o kadar fazlaydı ki yerden gözlemler yapan bir optik teleskobun gama ışını patlaması bağlantılı optik ışımayı keşfetmesi için verilen koordinatlar çevresinde en az 80-90 değişik noktaya odaklanması gerekmektedir. Ayrıca gama ışını patlamasıyla oluşacak optik ışına hızla sönmüleneceği için yerden yapılan gözlemlerin gama ışını patlaması meydana gelmesinin hemen ertesinde yapılması gerekmekte, böylece yerden yapılan gözlemler zamana karşı bir yarış haline dönüşmekteydi. Özet olarak gama ışını patlamasının optik bileşenini yerden gözlemleyebilmek için, patlama meydana geldikten kısa süre sonra, patlamanın yüksek hassasiyetle belirlenmiş uzay koordinatlarının yerküre üzerinde çabuk manevra yapabilen bir teleskoba ulaştırılması gerekmektedir.

1996 yılı Nisan ayı içerisinde gama ışını patlamaları alanında bir devrim yaratacak, İtalyan-Hollanda ortak projesi olan BeppoSAX isimli X-ışını uydusu teleskobu başarıyla dünya yörüngesine fırlatıldı. BeppoSAX uydusu üzerinde uzayı sürekli tarayan gama ışını patlaması monitörü (GRBM) ve geniş görüş açılı X-ışını kamerası (WFC) ve



(Resim: J. Van Paradijs ve ark.)

bunlara ek olarak nispeten daha dar görüş açılı ama eş zamanlı hassas çözünürlüğe sahip X-ışını nokta gözlemleri yapabilen iki ayrı teleskobu (LECS ve MECS) bulunmaktaydı. Sahip olduğu bu teknik donanımla, BeppoSAX faaliyete başladığı dönemde gama ışını patlamalarını belirleyip, uzay pozisyonlarını yüksek hassasiyette saptayabilecek tek araçtı.

1997 yılının Ocak ayı içerisinde GRBM ve WFC teleskopları bir gama ışını patlaması gözleyip kabaca uzay koordinatlarını belirlediler. Hassas X-ışını teleskoplarıyla patlamanın 16 saat ertesinde başlatılan nokta gözlemleri sonucunda o bölgede herhangi yeni bir X-ışını kaynağı bulunamadı. Bu gözlemlerin biraz gecikmeli başlaması kaybedilmiş bir fırsat gibi algılandı da, projeyi yürüten İtalyan ve Hollandalı araştırmacılar için çok önemli tecrübeler edindirmişti.

Beklenen an 28 Şubat 1997 Cuma günü sabahın erken saatlerinde gerçekleşti. Eş zamanlı gözlem yapan GRBM ve WFC teleskopları gökyüzünün Avcı takım yıldızı yönünde bir patlamayı belirlediler. İlk verilerle elde edilen koordinatlar ve çok daha koordine bir operasyon planlamasıyla BeppoSAX uydusunun hassas X-ışını kameraları, patlamayı takip eden 6 saat içerisinde bu noktaya yönelmişti. Bu gözlemler sonucunda X-ışını kaynakları kataloğunda yer almayan ve X-ışını parlaklığı hızla azalan yeni bir kaynak bulundu. Aşağıdaki iki resimde patlamadan 6 (solda) ve 12 saat sonra ölçü-

len X-ışını parlaklığı gösterilen (sağda) bu yeni kaynağın hiçbir şüpheye meydan bırakmadan gama ışını patlamasıyla bağlantılı olduğu gösterildi. Böylece ilk defa bir gama ışını patlamasının X-ışını dalga boyunda ardıl ışması İtalyan ekibi tarafından keşfedilmiş oluyordu.

Bu süreçte, sıra gama ışını patlamasının optik dalga boyunda bileşenini aramaya geliyordu. GRB970228 için uzay koordinatları 10 saat gibi kısa bir zamanda elde edilmişti. Eldeki verileri, yeryüzünden optik gözlemleri gerçekleştirecek araştırmacılar yıllardır beklemekteydi. Ancak bazı araştırma grupları bilimsel çekişmeler nedeniyle bu gözlem sonuçlarını tüm araştırmacılarla paylaşmak istemedi. Yaşanan olumsuzluklar, gama ışını patlamaları biliminin gelişimi fikri ön plana alınarak atlatıldı ve böylece veri paylaşımı gerçekleşebildi. Patlamadan yaklaşık 23 saat sonra Kanarya Adaları'nda kurulu William Herschel Teleskobu ile uzayın bu bölgesini gözlemleyen Hollandalı araştırmacıların önderliğinde bir grup, gama ışını patlamasıyla ortaya çıkan optik ardıl ışımayı keşfetti. Aşağıdaki sol karede okla gösterilen bu yeni kaynağın parlaklığı hızla azalmaktaydı. Keşiften sonra, Hubble Uzay Teleskobu ile gerçekleştirilen optik gözlemler patlamanın bize milyarlarca ışık yılı uzaklıkta bulunan bir galakside meydana geldiğini kesinleştirdi.

Böylece yakın geçmişte modern astronominin çok tartışılan, gama ışını patlamaları galaktik mi, kozmolojik



Gama ışın patlaması 030328 (29 Mart 2003)

mi, sorusu yanıtlanmış oluyordu. Gama ışını patlamaları kozmolojik mesafelerde oluşmakta, ortaya çıkan değişik dalga boylarındaki ışınlarının bize ulaşması milyarlarca yıl almaktadır. Bu kadar uzak mesafelerden varlığını gösterebilen ışığın kaynağı çok yüksek enerjilere sahip olmalıdır. Patlamalar için gereken enerji, evrenin başlangıcındaki Büyük Patlama için gerektiği varsayılan enerjiden sonra ikinci sıradadır. Bir başka deyişle, gama ışını patlamaları evrende şimdi gözlenen olaylar arasında en büyük enerjileri içermektedir.

Bu önemli gelişmeler beraberinde patlamalarla ilgili birçok bilimsel problemi araştırmacıların gündemine taşıdı. Gama ışını patlamalarının kaynağı nedir? Bu kadar büyük miktarlardaki enerji nasıl bir fiziksel mekanizmayla radyasyona dönüşüp bizlere ulaşır? Patlamaların sonrasında ortaya çıkan ardıl ışınmayı yaratan mekanizma nasıl işlemektedir? Konunun fiziksel ayrıntılarının aydınlanabilmesi için daha fazla ardıl ışınma verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

GRB970228 patlamasının optik ve X-ışını ardıl ışınlarının keşfi geniş katımlı uluslararası araştırma gruplarının işbirliği sonucu gerçekleşti. Önceden ne zaman ve evrenin hangi nokta-

sında ortaya çıkacağı belli olmayan bu olayları etkin gözlemleyebilmek için araştırmacıların birbirleriyle daha çabuk bilgi paylaşımında bulunması gerekmektedir. Bu gereksinim günümüzün teknolojik imkanlarından yararlanılarak oluşturulan Gama Işını Patlamaları Koordinatları Ağı (GCN) ortaya çıkardı. Uydu teleskoplarıyla belirlenen gama ışını patlamasının uzay koordinatları bu ağla anında ilgili araştırmacılara duyurulmaktadır.

Atılan işbirliği adımları patlamaların doğası üzerine önemli ip uçları taşıyan gözlemsel başarılarla neden olmaktadır. 25 Nisan 1998 tarihinde meydana gelen gama ışını patlaması ve ertesinde gözlenen süpernova belirtire, gama ışını patlamasının evrimini tamamlayan büyük kütleli bir yıldızın neden olacağı patlamayla bağlantılı olduğu hipotezini güçlendirmekteydi. Bu yaklaşıma 29 Mart 2003 tarihinde gözlenen patlama ve ertesinde keşfedilen süpernova izleri önemli destek sağladı.

Her gama ışını patlamasının bir süpernovayla bağlantılı olup olmadığı henüz kesinlikle bilinmemekte. Ancak gama ışını patlamasına neden olabilecek bir süpernovanın sıradan değil, enerjisinin ortalama süpernova patlamalarının en az 100 katı büyüklükte

olması gerekmektedir. Evrimini tamamlayan yıldızın böylesi enerjik süpernova patlamasına neden olabilmesi içinse sahip olması gereken kütle, güneşin kütlelerinin en az 40 katı büyüklükte olması beklenir. Bu denli büyük kütleli bir yıldızın oluşturacağı süpernova patlaması sonucunda bir kara delik oluşacaktır. Bir başka deyişle, eğer bazı gama ışını patlamaları, yüksek enerjili süpernovalarla bağlantılıysa, bu gama ışını patlamaları evrendeki yeni kara deliklerin oluşumunun birer habercileri olmalı.

Gama ışını patlamalarının hemen ertesinde gözlemlenebilen optik ardıl ışınmanın zamana bağlı değişimi, patlama sonrası oluşan radyasyonun fiziksel yapısının anlaşılabilmesi için önemli katkılar sağlar. Bu nedenle, NASA'nın 21 Kasım 2004 günü yörüngeye fırlattığı Swift uydusunun belirleyeceği patlamaların erken evrelerinin gözlenmesi için gerekli hazırlıklar tamamlanmıştır. Bunlardan birkaçı: geniş uluslararası işbirliği ağları oluşturulması, bilginin çabucak iletilmesini sağlayacak gerekli altyapı sağlanması ve patlama doğrultusuna hızla yönelebilecek robotik teleskoplar devreye sokulmasıdır. Profesyonel araştırmacılara ek olarak konunun bilimsel önemini farketmiş birçok amatör astronom da GCN ve benzeri iletişim ağları yardımıyla patlama koordinatlarını elde edebilmekte ve buldukları noktadan gerçekleştirdikleri gözlemlerle patlamanın ilk evrelerini görüntülemeye çalışmaktalar.

Ülkemizde de gama ışını patlamalarının optik ardıl ışınması üzerine çalışan yeni oluşmuş ancak hızla gelişen bir araştırma grubumuz var. Gözlemlerimizi Antalya-Bakırlıtepe'de bulunan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi bünyesindeki 1.5 metre çapındaki Rus-Türk Teleskobu ve 45 cm çapındaki robotik ROTSE-III'de teleskobuyla uluslararası işbirliği içerisinde gerçekleştiriyoruz. Bizler, teknik donanımımız ve coğrafi konum avantajlarımızı verimli kullanarak, dünya astronomi gündeminin en üst sıralarında yer alan bu konuya katkı sağlamayı hedeflemekteyiz.

Ersin Göğüş

Sabancı Üniversitesi

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

Doktora Sonrası Araştırmacı, Öğretim Görevlisi

ARDIL IŞIMALARI AÇIKLAYAN BİR SENARYO ATEŞ TOPU ŞOK MODELİ

Gama ışını patlamalarını oluşturan ana mekanizma henüz tam olarak anlaşılmış değil.

Patlamaları açıklamak için önerilmiş onlarca fiziksel model var. Bunlardan gözlemsel bulgularla en uyumlu olanı: Ateş Topu Şok Modeli. Burada, Pennsylvania Eyalet Üniversitesi profesörü Peter Meszaros ve Cambridge Üniversitesi profesörü Martin Rees'in önerdiği bu modelin gama ışını patlamalarının ardıl ışımalarını nasıl açıkladığını özetliyoruz.

Bir gamma ışını patlamasında saniyelerle ölçülen zaman aralığında açığa çıkan enerji miktarı, güneşimiz benzeri bir milyar yıldızın on bin yılda yayacağı toplam ışımaya eşit büyüklükte. Karakteristik ışık eğrileri, gamma ışınlarının uzayda üretildiği alanın çapının 100 m den daha küçük olduğunu göstermektedir. Bu denli yoğun bir enerjinin, kaynağından ve açığa çıkmasını tetikleyen mekanizmadan bağımsız olarak, yüksek enerjili elektron, pozitron ve fotonlardan oluşan bir ateş topu (fireball) olması beklenir. Bir milyon elektron volt üzerinde enerjilere sahip fotonların, üretildiği ortamdan kaçıp bize ulaşabilmesi ateş topunun yayılma hızı hakkında bilgi veriyor. Bu hızlar ışık hızına çok yakın. Diğer bir deyişle, ateş topu rölativistik hızlarla büyüyor. Eğer ateş topunun yayıldığı yıldızlararası ortam hiç madde içermeyen bir boşluk olsaydı, genişleyen maddenin ışıma etkisini

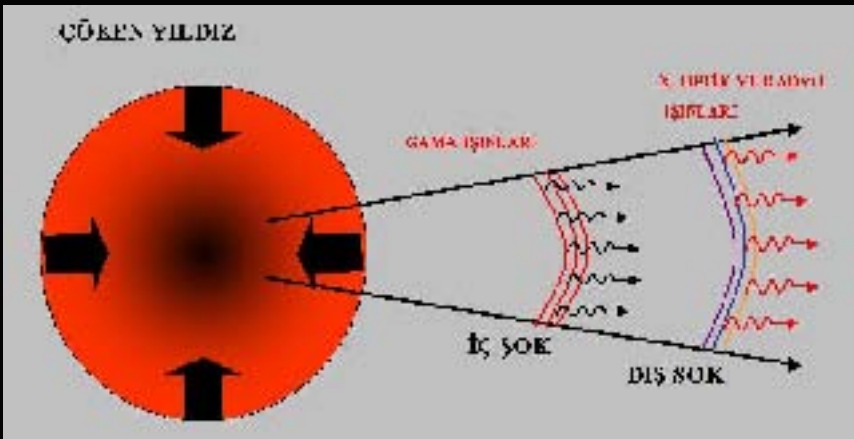
Yitireceği kritik düşük yoğunluğa (optik inceliğe) erişmesi için gereken süre birkaç milisaniye kadar kısa olurdu. Bu durumda ateş topu modeli birkaç dakika kadar sürebilen daha uzun süreli gama ışını parlamalarını ve sonrasında düşük enerjilerde gözlenen ardıl ışımaları açıklayamazdı. Yıldızlararası ortamda düşük yoğunluklarda madde olduğunu biliyoruz. Ateş topu şok modeli, elektron, pozitron ve gama ışınlarından oluşan enerji yumağının kendi dışındaki maddeyi iterek büyümesi fikrine dayanıyor. Bu rölativistik genişleme sürecinde meydana gelen şokların gözlenen ışımaların kaynağı olduğu düşünülüyor.

Ateş topu rölativistik hızlarla genişlerken, iki türlü şok oluşumu bekleniyor. Birincisi genişleme sırasında, dış ortamda süpürülen maddenin enerjisi ilk patlama enerjisine yaklaştığında oluşan dış şok. Diğeriyse ateş topu içinde farklı hızlara sahip katmanların çarpışmalarıyla meydana gelen iç şoklar. Gama ışını parlamalarının ışık eğrilerinde milisaniyeler kadar kısa süreli değişim-

ler, karmaşık yapılar iç şoklarla açıklanabilirken, dakikalar ya da saatler sonra başlayıp birkaç ay süren uzun dalga boylarında gözlenen ardıl ışımalar dış şokun neden olduğu ışımaya açıklanabilir. Dış şok meydana gelmeden, elektron ve pozitronların yayılma hızlarından kaynaklanan kinetik enerjileri, dış şokun oluşmaya başlamasıyla birlikte hızla ısı enerjisine dönüşmeye başlar. Bu sırada ışıma şiddeti tepe noktasına ulaşır. Bundan sonra genişleme yavaşlar, ışıma şiddeti düşer. Şok yüzeyinden beklenen en etkin ışıma türü, yüksek enerjili yüklü parçacıkların manyetik alanlarla etkileşimi sonucu üretilen senkrotron ışımaları. Ateş topu dış şok modeli, bu ışımayla üretilen karakteristik foton enerjilerinin, düşen genişleme hızı ve parçacık enerjileriyle birlikte, azalmasını, önce X ışını bandında başlayıp, optik ve daha sonra radyo dalga boylarına kayan bir ardıl ışımaya öngörür.

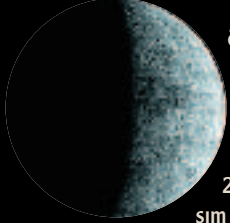
Ateş topu modelinin bu ardıl ışıma tahminleri, 1997 yılında İtalya-Hollanda yapımı BeppoSAX uydusunun X ışınlarındaki ilk ardıl ışımaya rapor etmesinden önce yapılmıştı. Bir ardıl ışımının 1997 yılına kadar gözlenememesinin nedeni kısa süreli gama ışını parlamaları sırasında yeterince daraltılmış bir patlama pozisyonu tespit edilememiş olmasından. Daha sonra BeppoSAX ile X ışınlarında onlarca ardıl ışıma gözlemlendi. Gama ışını parlamasından daha uzun süreli olan X ışını gözlemleriyle patlama kaynaklarının pozisyonları daha hassas olarak belirlendi. Bunun sonucunda optik ve radyo bantlarında da ardıl ışımalar gözlemlendi. Bazı gözlem verilerini açıklamakta güçlükler olsa da, gittikçe detaylanan ateş topu şok modeli gözlemlerle büyük ölçüde tutarlı görünüyor.

Ünal Ertan
Sabancı Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Öğretim Üyesi



2005 YILINDA GEZEGENLER

Gezegenler 2005 yılı içinde nerede ve ne zaman gözlenebilecekler?



Merkür: Güneş doğmadan önce doğuda, Güneş battıktan sonra batıda, ufka yakın bir konumda, sivil tan olayı içerisinde gözlenebilir. Ocak 1 - Şubat 1, Nisan 6 - Mayıs 27, Ağustos 13 - Eylül 9, Kasım 30 - Aralık 31 zaman aralıklarında sabahları gözlenecek. (Merkür'ün parlaklığı, her dönemin sonuna doğru parlaklık artar.) Şubat 25 - Mart 23, Haziran 11 - Temmuz 30, Eylül 30 - Kasım 19 zaman aralıklarındaysa akşamları Güneş battıktan hemen sonra batı ufkunda gözlenecek. Bu dönemlerin ilk günleri daha parlak olacak. Sabahları en parlak görünümüne Aralık, akşamları Mart'ta ulaşacak.

Venüs: 2005 yılında Şubat ayı ortalarına kadar, sabah doğu gökyüzünde en parlak gezegen olarak görülecek. Bu tarihten sonra açılacak olarak Güneş'e yaklaşacak ve gözlenemeyecek. Mayıs ortasına doğru akşamları, Güneş battıktan hemen sonra batı yönünde görülecek ve yıl sonuna kadar bu durumunu koruyacak. 14 Ocak, 27 Haziran ve 7 Temmuz günlerinde Merkür'le, 25 Haziran'da Satürn'le ve 2 Eylül'de Jüpiter'le kavuşum konumunda olacak.

Mars: Yılın ilk günlerinde doğuda, sabah gökyüzünde görülecek olan Mars, geçen günlerde sırayla Akrep, Yılanca, Yay, Oğlak, Kova, Balık ve Balina takımyıldızları arasında yer değiştirecek. Temmuz'un başlarında, tekrar Balıklar'a doğru geri (retrograde) hareket edecek. Daha sonra, gökyüzündeki hareketine Balina, Koç, Boğa takımyıldızları sınırları içerisinde devam ederken, Ekim ayı başlarında tekrar Koç Takımyıldızı'na doğru geri hareket edecek, bu hareketi 7 Kasım tarihinde ki karşıkonom (Mars-Yer-Güneş dizilişi) konumuna kadar sürecek ve bu tarihlerde gece boyunca gökyüzünde yer alacak. Gezegen, yılın kalan günlerinde, doğu yönüne hareketine devam edecek.

Jüpiter: Yılın ilk günlerinde Başak Takımyıldızı'nda görülecek olan dev gaz gezegen, geceleri uzun süre gözlenebilecek. 3 Nisan'da karşıkonomda (Jüpiter - Yer - Güneş dizilişi) olacak ve bütün gece gökyüzünde yer alacak. Temmuz ayı başlarında yalnızca ak-

şamları, batı gökyüzünde görülecek olan gezegen, Ekim ayı başlarında kavuşum (Yer - Güneş - Jüpiter dizilişi) konumunda olacak ve Kasım ayına kadar gözlenemeyecek. Kasım ayından itibaren sabahları doğu ufkunda Güneş doğmadan önce görülmeye başlayacak. Aralık'taysa Terazi Takımyıldızı sınırları içerisinde hareketine devam edecek. 2 Eylül'de Venüs'le kavuşum konumunda, çok yakın görünümde olacak.

Satürn: Ocak ayı başında İkizler Takımyıldızı'nda yer alacak olan güzel görünümlü dev gaz gezegen gecenin büyük bir bölümünde gözlenebilecek. 13 Ocak'ta karşıkonomda (Satürn - Yer - Güneş dizilişi) ve bütün gece gökyüzünde olacak. Nisan'ın ortalarında akşam gökyüzünde batıda görülecek ve Temmuz başlarında Yengeç Takımyıldızı'na geçecektir. Bu tarihlerde açılacak olarak Güneş'e yakın olacağından Ağustos ayı ortasına kadar görülemeyecek. Daha sonra sabahları doğu gökyüzünde görülmeye başlayacak ve Aralık ayına kadar her geçen gün daha erken doğarak daha uzun süre gökyüzünde gözlenebilecek. 25, 26 Haziran günlerinde Merkür ve Venüs ile yakın görünümde olacak.

Üranüs: Şubat ayı başına kadar akşam gökyüzünde Kova Takımyıldızı'nda görülecek olan gezegen, yıl sonunda kadar bu takımyıldızda kalacak. Şubat ayının ilk günlerinden Mart ayı ortalarına kadar Güneş'le yakın görünümde olacağı için gözlenemeyecek. Mart ayı sonlarına doğru bu kez sabahları, doğu ufkunda Güneş doğmadan önce

görülmeeye başlayacak. Her geçen gün daha erken doğarak daha uzun süre gözlenebilecek ve 1 Eylül gecesi Güneş batarken doğacak. Gezegen böylece, bütün gece gökyüzünde olacak. Sonraki günlerde, Güneş battığında yükselmiş olarak görünecek ve gece yarısından sonra olmak üzere geçen gün daha erken batacak.

Neptün: Yıl boyunca Oğlak Takımyıldızı'nda görülecek olan gezegen Şubat sonlarına doğru sabah gökyüzünde görülmeye başlayacak. 8 Ağustos'ta karşıkonomda (Neptün-Yer-Güneş dizilişi) olacak ve buna bağlı olarak bütün gece gökyüzünde görülecek. Sonraki günlerdeyse yalnızca akşamları gözlenebilecek.

Merkür

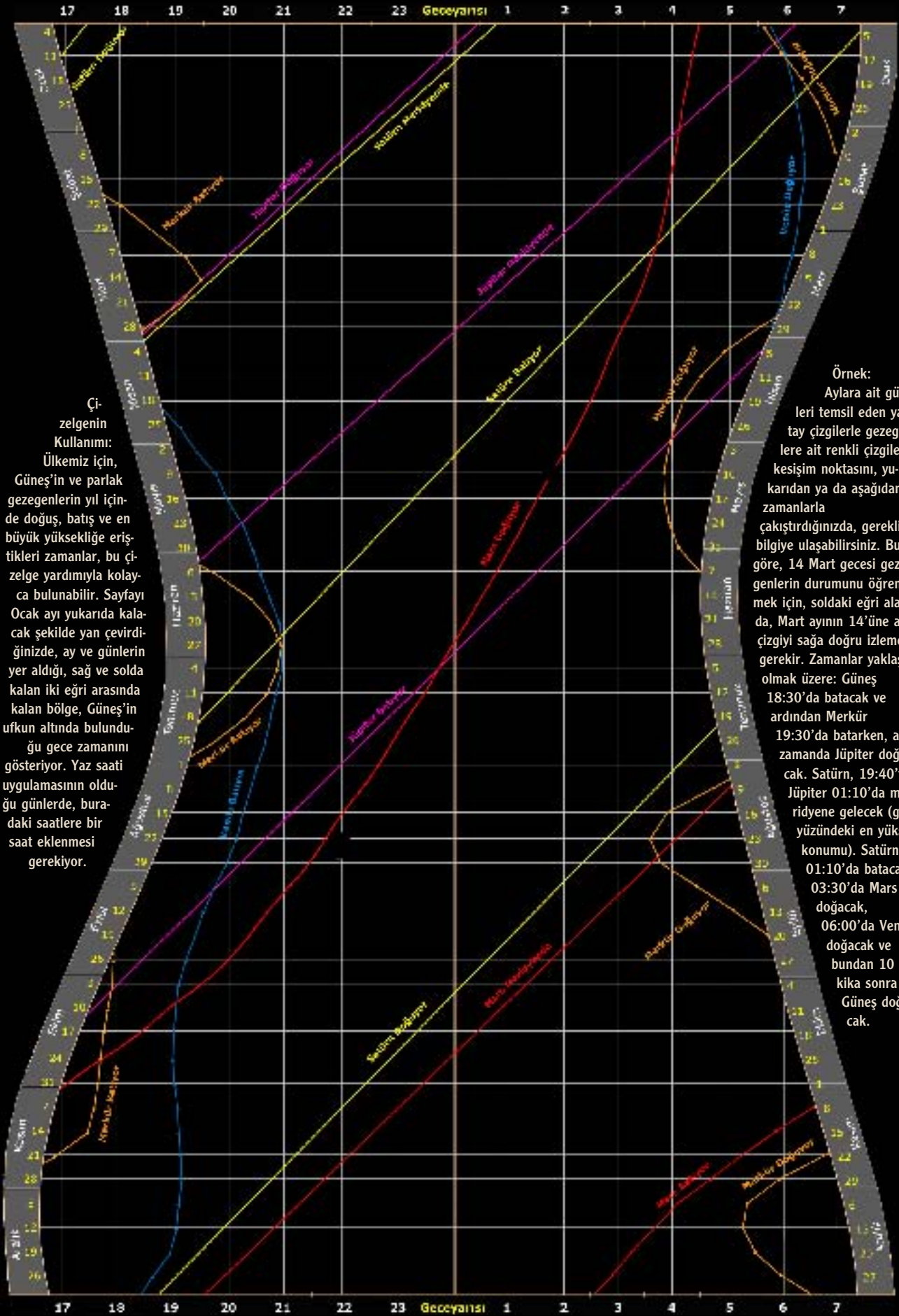
Her iki kavuşum konumunda açılacak olarak Güneş'e çok yakın olacağından gözlenemez. Üstkavuşumdan başlayarak en büyük doğu uzanımından sonra altkavuşuma gelinceye dek akşamları batı ufkunda gözlenecek, Güneş'e olan açılacak uzaklığı değişecek ve en fazla, en büyük doğu uzanımı kadar olacak. Alt kavuşumdan başlayarak en büyük batı uzanımından sonra üstkavuşuma gelinceye değin sabahları doğu ufkunda gözlenecek, Güneş'e olan açılacak uzaklığı her gün değişecek, en fazla en büyük batı uzanımı kadar olacak.

Venüs

Üst kavuşum (Yer - Güneş - Venüs dizilişi): 31 Mart
En büyük doğu uzanımı: 3 Kasım
En parlak görüneceği gün: 9 Aralık

	Karşıkonom Gezegen-Yer-Güneş	Kavuşum Yer-Güneş-Gezegen
Mars	7 Kasım	—
Jüpiter	3 Nisan	22 Ekim
Satürn	13 Ocak	23 Temmuz
Üranüs	1 Eylül	25 Şubat
Neptün	8 Ağustos	3 Şubat

	Karşıkonom Gezegen-Yer-Güneş	Kavuşum Yer-Güneş-Gezegen
Üst kavuşum (Yer - Güneş - Merkür dizilişi)	14 Şubat	3 Haziran 18 Eylül
En büyük Doğü Uzanımı	12 Mart (18°)	9 Temmuz (26°) 3 Kasım (24°)
Alt kavuşum (Yer - Merkür - Güneş dizilişi)	29 Mart	6 Ağustos 24 Kasım
En Büyük Batı Uzanımı	26 Nisan (27°)	23 Ağustos (18°) 12 Aralık (21°)



Çizelgenin Kullanımı:
Ülkemiz için, Güneş'in ve parlak gezegenlerin yıl içinde doğuş, batış ve en büyük yüksekliğe eriştikleri zamanlar, bu çizelge yardımıyla kolayca bulunabilir. Sayfayı Ocak ayı yukarıda kalacak şekilde yan çevirdiğinizde, ay ve günlerin yer aldığı, sağ ve solda kalan iki eğri arasında kalan bölge, Güneş'in ufkun altında bulunduğu gece zamanını gösteriyor. Yaz saati uygulamasının olduğu günlerde, buradaki saatlere bir saat eklenmesi gerekiyor.

Örnek:
Aylara ait günleri temsil eden yatay çizgilerle gezegenlere ait renkli çizgilerin kesişim noktasını, yukarıdan ya da aşağıdan, zamanlarla çakıştırdığımızda, gerekli bilgiye ulaşabilirsiniz. Buna göre, 14 Mart gecesi gezegenlerin durumunu öğrenmek için, soldaki eğri alanında, Mart ayının 14'üne ait çizgiyi sağa doğru izlemek gerekir. Zamanlar yaklaşık olmak üzere: Güneş 18:30'da batacak ve ardından Merkür 19:30'da batarken, aynı zamanda Jüpiter doğacak. Satürn, 19:40'ta, Jüpiter 01:10'da meridyene gelecek (gökyüzündeki en yüksek konumu). Satürn, 01:10'da batacak, 03:30'da Mars doğacak, 06:00'da Venüs doğacak ve bundan 10 dakika sonra da Güneş doğacak.

2005 YILI GÖK OLAYLARI

OCAK

Gün saat

- 01 06 Mars, Venüs, Merkür, Plüto yakın görünüm de (doğu-güneydoğu ufkunda, ufka yakın)
02 03 Yer, Günberi'de (Güneş'e en yakın konumda 0.983 AB = 147 milyon km)
03 Dolunay
04 04 Jüpiter ve Ay çok yakın görünümde
08 06 Ay, Mars, Antares, Merkür ve Venüs güney doğu ufkunda yakın görünümde
09 07 Merkür ve Venüs çok yakın görünümde
10 12 Ay enberide
10 Yeniay
13 19 Ay, Uranüs'ün batısında, batı ufkunda
14 01 Satürn karşıkonumda
17 İlkdördün
23 21 Ay enötede
24 05 Ay, Satürn ve Pollux yakın görünümde
25 Dolunay
27 03 Regulus ve Ay yakın görünümde
31 05 Ay ve Jüpiter yakın görünümde

ŞUBAT

Gün saat

- 02 Sondördün
03 21 Neptün kavuşumda
04 07 Ay, Antares'i örtecek
05 05 Mars Ay'ın 6° doğusunda
07 24 Ay enberide
08 Yeniay
16 İlkdördün
17 00 Ay, Ülker ve Aldebaran yakın görünümde
20 07 Ay enötede
20 21 Ay Pollux çok yakın görünümde
23 21 Ay Regulus'un 4° doğusunda
24 Dolunay
25 Uranüs kavuşumda
27 04 Jüpiter ve Ay güneybatıda, yakın görünümde

MART

Gün saat

- 03 Sondördün
03 05 Antares Ay'ın 4° doğusunda
06 05 Mars ve Ay yakın görünümde
08 06 Ay, enberide
10 Yeniay
12 20 Merkür en büyük doğu uzanımında (18°)
17 İlkdördün
19 18 Satürn Ay'ın 5° güneyinde
20 01 Ay enötede, Satürn ile Pollux arasında
20 15 İkbahar ılımlı (Ekinoks)
25 Dolunay
23 02 Ay ve Regulus batı ufkunda yakın görünümde
27 00 Ay, Jüpiter ile Spica arasında
29 18 Merkür alt kavuşumda
31 05 Venüs üstkavuşumda

NİSAN

Gün saat

- 02 Sondördün
03 Jüpiter karşıkonumda
04 14 Ay enberide
08 24 Yeniay (Halkalı Güneş Tutulması - Türkiye'den gözlenemeyecek..)
13 05 Neptün ve Mars, çok yakın görünümde
16 İlkdördün
16 00 Ay, Satürn ve Pollux yakın görünümde
16 22 Ay enötede
22 21 Jüpiter ve Ay çok yakın görünümde
24 Dolunay (Yarıgölge Ay tutulması) (Türkiye'den gözlenemeyecek..)
26 20 Merkür en büyük batı uzanımında (27°)
27 02 Ay ile Antares çok yakın görünümde (örtme)
29 Ay enberide

MAYIS

Gün saat

- 01 Sondördün
02 04 Mars, Ay ve Neptün yakın görünümde
08 Yeniay
13 21 Ay, Satürn ile Pollux arasında
14 Ay enötede
15 04 Mars ve Uranüs, çok yakın görünümde
16 İlkdördün
16 23 Regulus Ay'ın 2° güneyinde
20 01 Jüpiter ve Ay batıda, çok yakın görünümde
21 01 Ay ve Spica batıda, çok yakın görünümde
23 Dolunay
26 Ay enberide
29 03 Neptün Ay'ın 5° kuzeyinde
30 Sondördün
31 04 Mars Ay'ın 3° doğusunda
HAZİRAN

Venüs, akşamları Batı ufkunda görülmeye başlıyor..

Gün saat

- 01 20 Güneş battığında, batı ufkundan Venüs 15°, Satürn 35° yüksekte
01 21 Jüpiter öğlen çemberini (meridyeni) geçiyor, ufuktan 50° yüksekte
03 Merkür üstkavuşumda
06 Yeniay
09 21 Ay, Satürn, Pollux ve Castor (İkizler) ile yakın görünümde
11 Ay enötede
15 İlkdördün
16 22 Jüpiter Ay'ın 5° doğusunda, güneydoğu ufkundan 40° yüksekte
17 22 Ay, Jüpiter ile Spica'nın arasında görülecek
20 21 Antares ile Ay çok yakın görünümde (örtme)
21 10 Gündönümü (en uzun gündüz, en kısa gece)
22 Dolunay
23 Ay enberide
26 21 Merkür, Venüs ve Satürn batı ufkunda çok yakın görünümde
28 Sondördün
29 03 Mars ve Ay çok yakın görünümde

TEMMUZ

Gün saat

- 05 08 Yer günötede (Güneş'e en uzak konumda 1.016 AB = 152 milyon km)
06 Yeniay
08 Ay enötede
08 21 Merkür, Venüs ve Ay çok yakın görünümde
09 06 Merkür en büyük doğu uzanımında (26°)
13 21 Jüpiter ve Ay çok yakın görünümde,
14 İlkdördün
21 Dolunay, Ay enberide (en büyük çaplı dolunay)
23 04 Neptün Ay'ın 6° batısında
34 04 Uranüs Ay'ın 3° kuzeyinde
23 Satürn kavuşumda
28 Sondördün
28 03 Mars Ay'ın 3° batısında
30 03 Ay, Ülker açık yıldız kümesi ile çok yakın görünümde

AĞUSTOS

Gün saat

- 04 Ay enötede
05 Yeniay
06 Merkür altkavuşumda
08 Neptün karşıkonumda
08 21 Ay, Jüpiter ile Spica arasında
13 İlkdördün
14 21 Jüpiter ile Antares çok yakın görünümde
19 Ay enberide, Dolunay
24 02 Merkür en büyük batı uzanımında (18°)
25 01 Mars Ay'ın 5° güneyinde

26

Sondördün
26 02 Mars, Ay'la Ülker açık yıldız kümesi arasında

EYLÜL

Gün saat

- 01 Ay enötede
01 Uranüs karşıkonumda
01 20 Venüs, Jüpiter çok yakın görünümde
03 Yeniay
07 20 Venüs, Jüpiter, Ay ve Spica çok yakın görünümde
10 20 Ay Antares çok yakın görünümde
11 İlkdördün
16 Ay enberide
17 24 Uranüs Ay'ın 2° kuzeyinde
18 Dolunay
18 Merkür üstkavuşumda
22 02 Mars Ay'ın 5° güneyinde
23 01 Sonbahar ılımlı (ekinoks)
25 Sondördün
28 Ay enötede
28 03 Satürn Ay'ın 4° güneyinde

EKİM

Gün saat

- 03 13 Yeniay - Halkalı Güneş Tutulması (Ülkemiz den Parçalı Tutulma şeklinde görülecek)
10 İlkdördün
12 20 Neptün Ay'ın 4° kuzeyinde
17 Dolunay - Parçalı Ay tutulması (Türkiye'den gözlenemeyecek)
19 21 Mars, doğu ufkunda Ay'ın 5° batısında
22 Jüpiter kavuşumda
25 Sondördün
26 Ay enötede
26 03 Satürn, doğu ufkunda Ay'ın 3° batısında
30 05 Mars enyakın konumda

KASIM

Gün saat

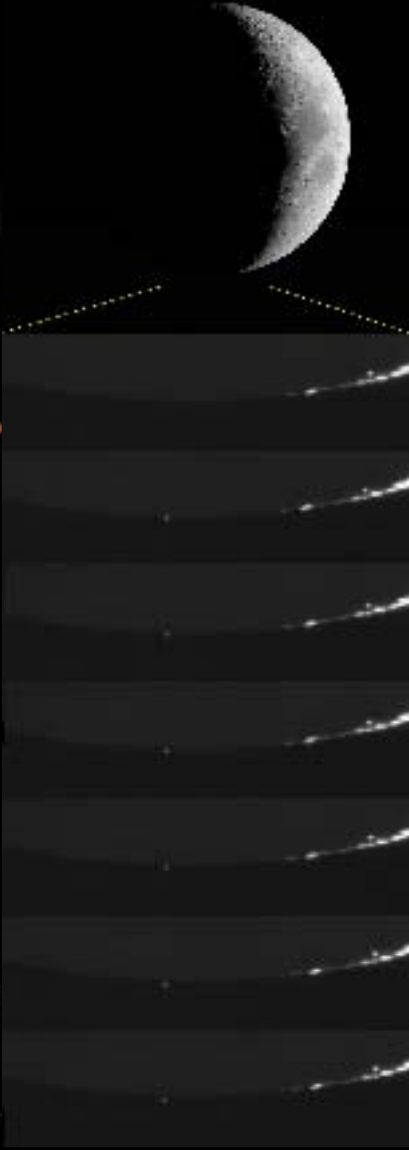
- 02 Yeniay
03 18 Merkür en büyük doğu uzanımında (24°)
03 21 Venüs en büyük doğu uzanımında (47°)
05 19 Venüs ve Ay çok yakın görünümde
07 Mars karşıkonumda
08 19 Neptün, Ay'ın 5° kuzeyinde
09 İlkdördün
10 Ay enberide
10 18 Uranüs Ay'ın 3° kuzeybatısında
15 20 Ay, Mars ile Ülker açık yıldız kümesi arasında
16 Dolunay
22 03 Satürn Ay'ın 2° güneyinde
23 Sondördün, Ay enötede
24 Merkür altkavuşumda
29 06 Jüpiter Ay'ın 1° doğusunda

ARALIK

Gün saat

- 01 Yeniay
04 18 Venüs, Ay'ın 3° kuzeyinde
07 19 Uranüs Ay'ın 2° kuzeyinde
05 Ay enberide
08 İlkdördün
09 Venüs en parlak görünümünde
11 24 Mars Ay ile yakın görünümde
12 Merkür en büyük batı uzanımında (21°)
15 Dolunay
19 23 Satürn ve Ay yakın görünümde
21 Ay enötede
21 21 Gündönümü (en kısa gündüz, en uzun gece)
23 Sondördün
25 04 Spica ve Ay yakın görünümde
27 05 Jüpiter ve Ay yakın görünümde
31 Yeniay

Ay'ın bir yıldızı örtmesi



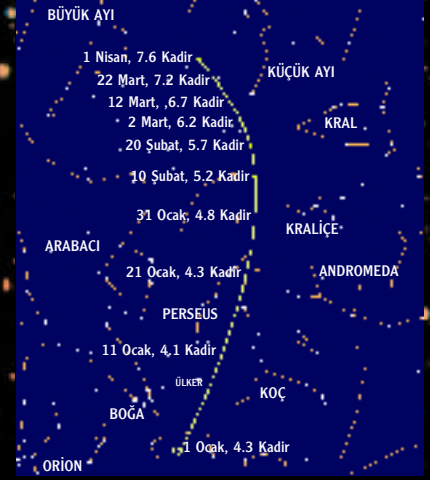
Ay, gökyüzünde yıldızlara göre farklı hareket etmesi nedeniyle, bazı durumlarda parlak bir yıldızı örtebilir. Özellikle yörünge ve örtülme hesaplarının doğruluğunun test edilmesi için bu tür olayların gözlenmesi önemli. Bu olay ayrıca, Ay'ın bir atmosfere sahip olmadığını en güzel göstergesidir. Çünkü yıldızın görüntüsü Ay kenarına teğet olana kadar aynı parlaklıkta kalır ve bir anda Ay kenarı tarafından örtülür. Benzer bir olay, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan 23.5 cm açıklıklı bir teleskop ve buna bağlı sayısal kayıt sistemiyle yüksek çözünürlükte kaydedilmiştir. Örtülmenin evreleri, aralarında 5'er saniye olan 7 görüntüyle veriliyor.

Machholz Kuyruklu Yıldızı



Machholz Kuyruklu Yıldızı'nın (C/2004 Q2) 17 Aralık 2004'te, TUG'daki 150 cm ayna çaplı teleskopla çekilen fotoğrafı.

Donald Machholz adlı amatör gökbilimcinin keşfettiği Machholz Kuyruklu Yıldızı (C/2004 Q2), Ocak ayında en parlak haline ulaşacak. Aralık ayından bu yana çıplak gözle gözlenebilen kuyruklu yıldız, 10 Ocak'ta en yüksek parlaklığına (4.1 kadir) ulaşacak. Son yıllarda gözlenen en parlak kuyruklu yıldızlardan biri olan Machholz, Ocak ve Şubat aylarında çıplak gözle gözlenebiliyor.



liyor. Ancak, gözlem yeri olarak ışık kirliliğinin az olduğu bir yer seçmek gerekiyor. Deneyimli gözlemciler, kuyruklu yıldız en parlak olduğu günlerde, temiz havalarda kent merkezlerinden de çıplak gözle gözleyebilirler. Kuyruklu yıldız, bir dürbün yardımıyla, gökyüzünde çok daha kolay bulunabilir. Kuyruklu yıldız gökyüzünde bulmak için yukarıdaki haritadan yararlanılabilir.

3 Ekim 2005 Güneş Tutulması



3 Ekim 2005'te Güneş Tutulması'nın yörünge haritası.

Özellik	Değer
Güneş'in ortalama yarıçapı	696.000 km
Ay'ın ortalama yarıçapı	1.737 km
Güneş ile Dünya arasındaki ortalama mesafe	149.600.000 km
Ay ile Dünya arasındaki ortalama mesafe	384.400 km



Tutulma 3 Ekim 2005'te 14:53'de başlar.

3 Ekim 2005 tarihinde ortalama 4 dakika sürecek bir Halkalı Güneş Tutulması meydana gelecek. Türkiye'de parçalı tutulma olarak gözlenebilecek olan bu gök olayında, Güneş'in %90'ı Ay tarafından örtülecek. Tutulma gölgesi Atlantik okyanusunun kuzeyinden başlayıp, okyanus üzerinden İspanya ve Portekiz'den geçerek, Afrika kıtasında Cezayir, Tunus, Libya ve Kenya üzerinden devam edecek ve Hint okyanusunda son bulacak. Ülke-

mizde yaz saati uygulamasını içeren yerel saatle 11:23'te Ay, Güneş'i örtmeye başlayacak. 12:47'de Güneş'in %43'ü Ay tarafından örtülmüş olacak ve 14:13'te örtülme sona erecektir. Parçalı tutulma olması nedeniyle, güvenilir bir filtre olmaksızın, herhangi bir optik alet ya da çıplak gözle Güneş'e bakılmamalıdır. Güvenilir Güneş gözlemi konusunda ayrıntılı bilgiye www.tug.tubitak.gov.tr/tutulma adresinden ulaşabilirsiniz.

SÜREKLİ GÖZLEM YAPABİLEN SİSTEM ROTSE-III

Robotik Optik Değişenleri Arama Deneyi (Robotic Optical Transient Search Experiment, ROTSE), evrendeki, geçici optik ışımaların saniye-gün zaman ölçeğinde gözlenmesi amacıyla ortaya çıkmış bir projedir. Gama-Işın Patlamalarının (GIP) optik dalga boylarındaki zamansal davranışlarının incelenmesi deneyin asıl bilimsel hedefidir.

Uluslararası ROTSE işbirliğine Michigan Üniversitesi araştırmacılarının önderliğinde A.B.D., Avustralya, Almanya ve Türkiye'den çeşitli üniversitelerden araştırmacılar dahildir. ROTSE-III programı, belirli bir gökyüzü bölgesinin 24 saat kesintisiz gözlemini sağlamak amacıyla Avustralya, A.B.D., Namibya ve Türkiye'de kurulu dört tam otomatik yeni nesil teleskoptan oluşmakta.

ROTSE-III teleskobunun robotik tasarımı, yörüngedeki gama ışını uydularından gama ışını patlaması uyarısı ulaştığında çok çabuk manevra yapabilmesini sağlamaktadır. Böylece patlamaların hassas koordinatlarını, parlaklık bilgilerini ve parlaklığın zamanla değişimini, patlama sonrası mümkün olan en erken evresinden itibaren ölçüp, ilgili diğer gözlemlerine ve araştırmacılara kısa sürede duyurabilmektedir.

Proje gama-ışın patlamalarının erken evrelerinin optik dalga boylarında gözlenmesi konusunda önemli başarılar elde etmiştir. 29 Ocak 1999'da gözlenen gama-ışın patlaması (GRB990123) projenin eski versiyon teleskobuyla elde ettiği en büyük başarıdır. ROTSE-I teleskobu bu gama-ışın patlamasının görüntülerini alarından yalnızca 22 saniye sonra almaya başlamış ve böylece henüz gama-ışınlarındaki patlama sürerken yerden eş zamanlı optik ölçümler yapılmıştır. Bu gözlemler bir patlama sonrasında en çabuk başlayan gözlemler olup konuyu inceleyen bilim insanları tarafından halâ sıkça kullanılmaktadır. Şekilde bu patlamayı izleyen 10 saatlik süre zarfında optik kaynağın parlaması ve sönükleşmesi görülmektedir.

Yeni nesil ROTSE-III teleskoplarının



ROTSE-I bilimsel takımı

günümüze kadar gerçekleştirdiği önemli çalışmalara GRB030329 ve GRB030418 gama-ışın patlamalarının optik gözlemleri örnektir. GRB030329 patlamasını gözlemleri alarından 92 dakika sonra başlamış ve kaynak önce Avusturalya'dan ardından Teksas'daki teleskop tarafından ve bir süre sonra, patlamanın olduğu gökyüzü bölgesi yeniden Avusturalya'da doğduğunda, her iki teleskop tarafından aynı anda gözlenmiştir. Bu patlamayı diğerlerinden ayıran özelliklerinden biri bugüne kadar gözlenen en şiddetli patlama olmasıdır. Pek çok patlamanın aksine, bu gözlemler GRB030329'un salt düz bir şekilde sönükleşmediğini, fakat sönükleşmenin hızının zamanla değiştiğini ve hatta bazı evrelerde parlaklığın arttığı ya da aynı kaldığını göstermektedir.

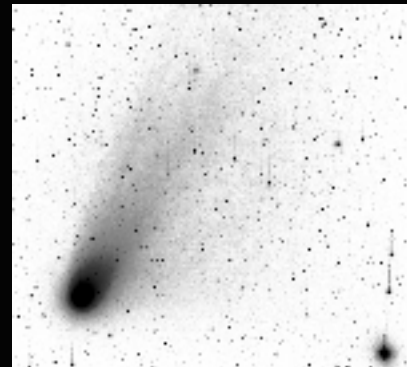
ROTSE-III teleskoplarının gözlemlerini yapıp sonuçlarının yayınlandığı bir diğer patlama GRB030418 olmuştur. Teleskoplar bu patlamayı alarından yalnızca 211 saniye sonra gözlemeye başlamış böylece ilk gözlem gama-ışınlarındaki patlamanın bitiminden yalnızca 76 saniye sonra alınmıştır. Bu gözlemlerde kaynağın ilk 600 saniye için parladığı ve yaklaşık 1400 saniye boyunca yaklaşık 17.3 kadir parlaklıkta kaldıktan sonra sabit bir hızla sönüdüğü göz-

lenmiştir.

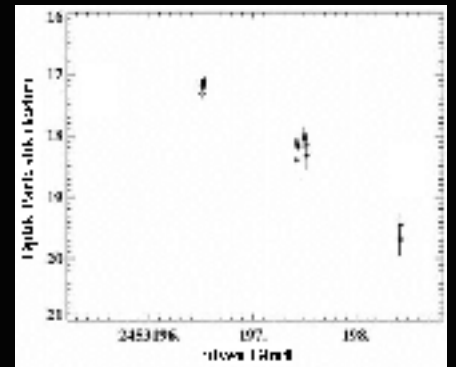
TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi bünyesinde bulunan ROTSE-III'de teleskobu 2004'ün Mayıs ayında tam performansla çalışmaya başladı ve şu anda gözlemlerini sürdürmektedir. Henüz hiçbir gama-ışın patlamasının optik bileşenini gözlemediyse de uluslararası astronomi camiasına şimdiden katkıda bulunmaya başlamıştır. Örneğin 9 Temmuz gecesi yaptığı gözlemlerde parlayan yeni bir kataklizmik değişen yıldız keşfetmiş ve bu kaynağın sönükleşinceye kadar gözlemlerini yapmıştır. Şekilde bu yıldızın ROTSE-III'de tarafından elde edilen ışık eğrisi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi gözlem süresince yıldız sönükleşmiştir bu özelliğinden dolayı yıldızın Nova türü bir kataklizmik değişen olduğu düşünülmektedir.

Kasım ayında uzaya fırlatılan SWIFT uydusu sayesinde ROTSE-II'de, projenin diğer teleskopları gibi hem uluslararası ROTSE işbirliğine hem de onlar aracılığıyla tüm astronomi camiasına son derece önemli gama-ışın patlaması gözlemleri kazandırması umulmaktadır.

Tolga Güver
İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
Doktora Öğrencisi



ROTSE-III'de'nin 2004 Mayıs ayında ilk aldığı resim (solda). Resimde Neat Q4 isimli kuyruklu yıldız görülüyor.



TUG – RTT150 İLE FIRSAT GÖZLEMLERİ

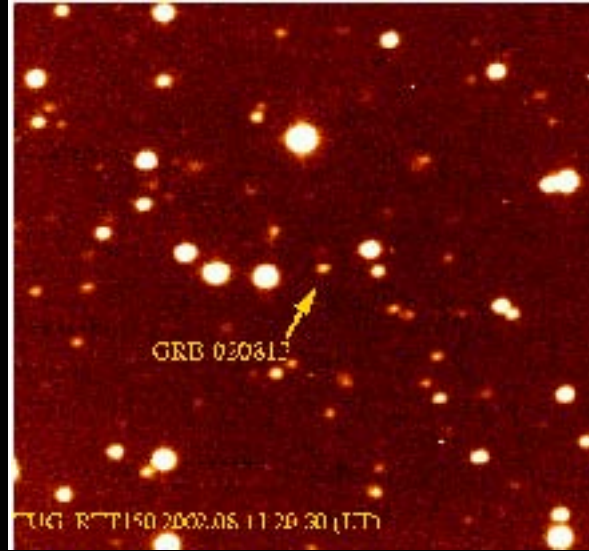
Türkiye'nin coğrafi konumunun önemi birçok farklı konu içerisinde sıkça gündeme gelir. Ülkemizin sahibi olduğu en önemli astronomik gözlem istasyonu olan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi* (TUG) sayesinde ülkemizin önemini vurgulayan konular arasına astronomi bilimini de ekleyebiliriz.

TUG kurulu bulunduğu dünya boylamında en iyi gözlem koşullarına sahip. Ayrıca TUG'da faaliyetlerini sürdüren 1.5 metre çaplı Rus-Türk Teleskobu (RTT150) ve ROTSE-III teleskobu özellikle gama ışını patlamaları gibi geçici gök olaylarını başarıyla takip etmekte.

Bizler, Sabancı, Orta Doğu Teknik, Akdeniz ve İstanbul Üniversiteleri mensubu araştırmacılardan oluşan ekip olarak, patlamaların optik ardıl ışınlarını RTT150 teleskobunu kullanarak fırsat gözlemleri gerçekleştirmekteyiz. Normal çalışma durumunda RTT150 ile yapılacak gözlemler, TUG Akademik Kurulu'nun belirlediği programda gerçekleştirilmektedir. Ancak, TUG'dan gözlemlenebilecek bir gama ışını patlaması uyarısı ulaşırsa normal programa TUG yönetiminin onayıyla ara verilerek ardıl ışınların kaynağındaki bölgenin fırsat gözlemleri yapılmaktadır.

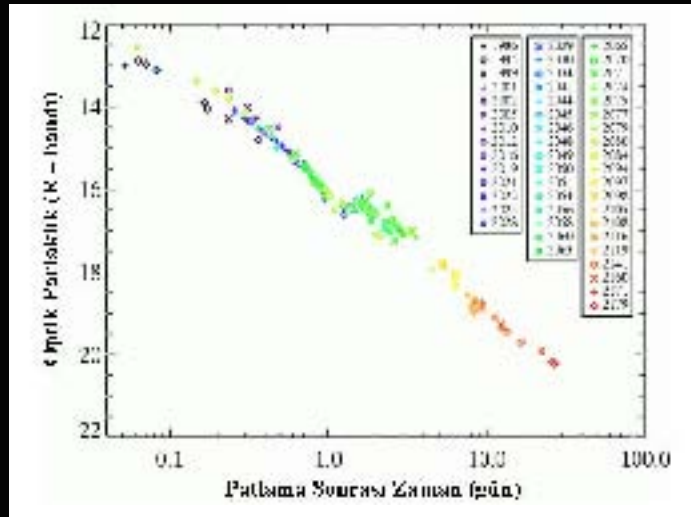
Geçtiğimiz yıllarda bu program dahilinde gama ışını patlaması bağlantılı önemli gözlemler yapıldı. RTT150 ile ilk ardıl ışına gözlemi 13 Ağustos 2002 gecesi gerçekleşti. Sayfanın üst tarafındaki resimde toplam 27 dakika süren bu gözlemden elde edilen görüntü ve okla belirtilen patlamanın optik bileşeni görülmektedir.

RTT150 ile en kapsamlı ardıl ışına gözlemi 29 Mart 2003 gama ışını pat-



(Resim: Ü. Kızıloğlu ve ark.)

laması sonrasında gerçekleşti. Patlamadan yaklaşık 6 saat sonra başlayan optik gözlemler ilk evrelerde sıkça, daha sonraları ara ara olmak üzere birkaç ay boyunca devam etmişti. Bu patlama için oluşumundan yaklaşık 12 saat sonra gerçekleşen, parlaklığın azalma hızının artması ilk defa RTT150 gözlemleriyle fark edildi. Aşağıdaki şekil, patlamanın sonrasında oluşan optik ardıl ışınların, dünyanın çeşitli gözlemlerinden yapılan gözlemlerle ve verilerin GCN ağı aracılığıyla duyurulmasıyla oluşturulmuştur. Şeklin sağ



üst köşesinde listelenen GCN duyurularından 10 tanesi (2001, 2024, 2046, 2051, 2054, 2079, 2094, 2105, 2108, 2119) TUG - RTT150 gözlemlerine dayanmaktadır.

GRB030329 patlaması şu ana kadar mesafesi ölçülebilen patlamalar arasında dünyamıza en yakın olanıdır. Bu nedenle başlangıç evresinde oldukça parlak olup, diğer patlamalara göre çok daha uzun bir süre gözlenebilir parlaklık mertebesinde kalmıştır.

RTT150 ile gerçekleştirilmiş bir diğer başarıysa 10 Ekim 2004 patlamasının takip gözlemleridir. Patlamanın yaklaşık 12 gün sonrasında ortaya çıkan parlaklık artışı RTT150 ile belirlenip, bunun bağlantılı bir süpernova ışınması olabileceği GCN aracılığıyla tüm dünyaya duyuruldu.

RTT150 ile fırsat gözlemlerini genellikle bu teleskopla gözlem hakkı bulunan Rus araştırmacılarla işbirliği içinde yürütmekteyiz. Ayrıca yakın bir geçmişte İtalyan bilim insanlarıyla birlikte fırsat gözlem verileri bütünleştirme projesinin temellerini attık. Buna göre TUG'dan RTT150 teleskobunun verileriyle İtalya ve Kanarya Adaları'ndaki teleskoplarla alınan verileri birleştirerek, uzayın gözlenen bölgesinin daha uzun süren kesintisiz resmini elde etmeyi hedeflemekteyiz.

Ersin Göğüş
Sabancı Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri
Fakültesi, Doktora Sonrası Araştırmacı, Öğretim Görevlisi

*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi okurları için Ocak ve Şubat 2004 aylarındaki Yeni Ufuklara eklerinde TUG'un tarihçesiyle birlikte RTT150 teleskobunun teknik özellikleri detaylı biçimde sunulmuştur.



DÜNYA TELESKOPLARININ YARIŞINDA, AMATÖR GÖKBİLİMCİLERİMİZE DE YER VAR!

Amerika'daki 1. Amatör Gökbilimcileri için Yüksek Enerji Astrofizik Toplantısı'ndan. Dr. Janet Akyüz Mattei, sağ ön sıradaki mavi etek takımlı bilim kadınıdır

Sevgili arkadaşlar, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi'nin bir süredir beraberinde yayınladığı "Yeni Ufuklara" eki, gerçekten elinizde tuttuğunuz bu sayısıyla size bambaşka, yepyeni bir ufuk açmaya aday. Henüz sayısını ve niteliğini tam olarak bilemediğimiz ülkemizin amatör gökbilimcilerine, kendilerini geliştirebilmeleri ve etkin etkileşimde bulunabilecekleri bir grup oluşturabilecekleri teklifimiz var. Bugünlerde astrofizikçilerin çözmeye çalıştığı bir problem üzerine yardım isteklerine dünyadan amatör gökbilimciler de yanıt veriyor!

Problem; Evren'in oluşumunda kabul edilen en kuvvetli kuramlardan biri olan 'Büyük Patlama'dan sonraki en büyük enerji patlamaları olarak düşünülen ve henüz niteliği tam olarak anlaşılabilen "Gama Işın Patlamaları - GIP" olaylarının tüm evreleri ve boyutlarının gözlemlenerek bilimsel açıklamasının yapılabilmesi.

Uydu teleskoplar (HETE, INTEGRAL, Swift), ilk saniyelerden itibaren patlamaların Gama ışınları ve diğer yüksek enerjili ışınlarını gözlerken, ROTSE III gibi otomatik teleskoplar en geç 15 saniye sonra patlamanın optik bölgedeki ışınımını gözlemeye başlayabiliyor. Dünya üzerinde kurulu büyük teleskoplar ve amatörler de patlamanın hemen sonrasındaki saatler ve birkaç gün boyunca süren ama gücü giderek azalan ardıl optik dalga boylarındaki ışınımını gözlüyorlar. Böylece, patlamanın elektromanyetik dalgaboyunun oldukça geniş bir aralığında elde edilebilecek davranışı, problemin çözümüne yaklaşıyor. Bu aşamada elde edilebilecek her veri ve sayısı çok değerli. Bu nedenle amatörler, sayısal çoğunlukları ve dünya üzerine yayılmalarıyla gözlemsel boşlukları doldurmada büyük öneme sahipler.

GIP'lerin açıklanması Evrenimizi anlamamızın en kritik sınır taşlarından biri olacak. Bu amaçla astrofizikçiler, dünya üzerinde kurulmuş olan bir gözlemsel çalışma ağından yararlanıyorlar. Bu aynı zamanda, amatör gökbilimciler için de bilime doğrudan katkı yapabilecekleri harika bir fırsat yaratıyor. Örneğin 2000 yılında amatör astronomlar eski bir teleskop ve bir CCD kamera ile GIP keşfettiler. 2002 yılında yine bir İngiliz amatör astronomun GIP keşif gözlemi geliyor.

Uzun yıllardır dünya çapında binlerce amatör astronomu organize ederek değişen yıldızların çok değerli ve geniş gözlemsel verileriyle profes-

yonel astronomiyi destekleyen Amerikan Değişken Yıldız Gözlemcileri Birliği (American Association of Variable Star Observers, AAVSO), GIP'ler için de bir hızlı haberleşme ağı kurmuş (<http://www.aavso.org/observing/programs/hen>). Bu süreç çok hızlı işliyor ve AAVSO amatörler için belirlenen GIP koordinatlarını email ya da cep telefonu mesajıyla gönderebiliyor. Amatörler de gözlemlerini AAVSO'ya geri gönderiyorlar. Gözlemler değerlendirilip yayınlıyor.

Bu harika sistemin kurulmasına önderlik eden, 2004 yılında yitirdiğimiz sevgili Janet Akyüz Mattei idi. Bizim Janet ABL'mız, Ege Üniversitesi Astronomi Bölümünü bitirdi. Uzun yıllar AAVSO'nun başkanlığını yürüttü ve bu organizasyonu zirveye taşıdı. Çok başarılı bir bilim kadını olarak yüzlerce makale, kitaplar ve organizasyonlarla bir enerji yumağı idi.

Ülkemizdeki amatör gökbilimciler ne yapabilir? Bunun için öncelikle alarmları alabilmeniz için (<http://www.aavso.org/mailman/listinfo/aavso-hen>) adresinden AAVSO Yüksek Enerji Ağı'na ücretsiz üye olmalısınız. Burada amatör gökbilimciler için ilk problem 'İngilizce' gibi görünüyor! Daha sonra teknik olarak kendinizi hazırlamalısınız. İyi bir gökyüzü tanıma bilgisi, teleskop (20 cm çapında teleskop iyi bir başlangıç olabilir) ve bir CCD astronomik kamera gerekli donanımlar oluyor. Yazımızın başında da belirttiğimiz gibi henüz ülkemizdeki amatör astronomların gücünü bilemiyoruz. Belki de ellerinde oldukça iyi donanımlar var ve sessizce çalışıyorlar! Ancak, İstanbul'da bilinen bazı çalışmalar var ki, gerçekten birer 'başarı öyküsü' boyutunda. Bunlardan Eyüboğlu Eğitim Kurumları İkiz Gözlemevi 30 cm çaplı iki teleskop, CCD kamera, gözlemevleri binaları ve özel olarak yapılandırılmış AAVSO Astronomi Kulübü i-

le çalışıyor (<http://www.eyuboglu.k12.tr>).

Haziran 2004'de açılan 35 cm çaplı teleskop, astronomik dijital kamera ve gözlemevi binasıyla kapılarını toplumun organizasyonlu astronomik gözlem isteklerine de açmış olan YIEV NAHUM Gözlemevi (<http://www.yuzyilisil.k12.tr>). Nihayet 30 cm teleskop ve gözlemevi binasıyla halkın ziyaretine de açık AKA Koleji Güneş ve Uzay Gözlemevi (<http://www.aka-koleji.k12.tr>).

Yani teleskop ya da kameranız yoksa bile İstanbul'da ileri amatör düzeyde çalışan gözlemevleri kurulmaya başlandı bile. Onlarla ilgilenmeye, gezmeye, bilgi almaya ne dersiniz? Bu sayılanları yenileri de takip edecek. Acaba kendi teleskop ve gözlemevine sahip amatör gökbilimcilerimiz var mı? Dünyadaki bu "Teleskopların Yarışı'nda" Avrupa Birliği'nin eşliğinde, ilerlemeyi isteyen ve bilime doğrudan katkıda bulunabilecek, umarız ki, onlarca, hatta yüzlerce amatör gökbilimcimimize ulaşabildik mi acaba? Eğer oralarda bir yerlerde iseniz, yukarıda gösterdiğimiz yoldan GIP'lerin peşine düşün. Lise öğrencisi iseniz, 14 Mayıs 2005 tarihinde Eyüboğlu Eğitim Kurumları'nda düzenlenecek ve Uluslar Arası Genç Astronomlar Okullarının (ISYA) başkanı Michele Gerbaldi'nin de katılacağı "1. İstanbul Okulları Astronomi Kulüpleri Toplantısı"na okulunuza gelmiş olan duyuruyla katılın. Yine Haziran 2005'de İstanbul Kültür Üniversitesi'nde Levy Kuyruklu Yıldızının kaşifi David Levy'nin katılımıyla düzenlenecek "Ulusal Amatör Astronomlar" toplantısına katılın. Güzel ve keyifli gözlemlerin amatör gökbilimcilerine sağlık ve esenlikler dolu yıllar dileyiyle...

A. Talât Saygacı
İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
Öğretim Üyesi



Eyüboğlu İkiz Gözlemevi. Birinci Gözlemevinin içi ve teleskopuyla ikinci gözlemevinin kubbesi birlikte görüldüğü.

GAMA IŞINI PATLAMALARI DÜNYAMIZI ETKİLER Mİ?

Gama Işını Patlamaları, dünyamızdan uzakta, kozmolojik mesafelerde meydana gelen astrofizik olaylardır. Günümüze kadar gözlenmiş bu tür patlamaların tümü galaksimizin dışında oluşmuştur. Ancak bu uzaklıklarına karşın, çok yüksek enerjiye sahip olmaları nedeniyle dünyamız üzerinde etki oluşturabilirler. Böylesi etki de ilk defa 1988 yılında biri Türk, biri Amerika'lı iki bilimadamı tarafından gözleildi. Stanford Üniversitesi'nden Prof. Ümran İnan ve NASA Marshall Uzay Merkezi'nden Dr. Gerald Fishman, bir gama ışını patlamasıyla aynı anda dünya atmosferinin iyonosfer tabakasında dalgalanmalar, bir başka deyişle bu tabakanın kalınlığında hızlı ama küçük değişimler gördüklerini bildirdiler. Bu gama ışını patlamasının bir özelliği de güneş sistemi ötesinde gerçekleşip dünyayı etkilediği bilinen ilk olay olması. Tabii bu bahsettiğimiz etki çok zayıf ve günlük yaşam için önemsiz; öyle ki gece ve gündüz arasında dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesine bağlı iyonosfer dalgalanmaları her zaman gözlemlenen, dünya üzerinde hiçbir zararı olmayan olaylar.

Doğal olarak hem bilimadamlarınca, hem de toplumda merak edilen bir konu gama ışını patlamalarının bugüne kadar gözlemlenen bu olaydan daha güçlü ve zararlı bir etkisinin olup olamayacağı. Örneğin, bu patlamalardan yayılan yüksek enerjili ışınlar, dünyamıza bir nükleer silah kadar zarar verebilir mi? Bunu anlamak için bir gama ışını patlamasından dünyaya ulaşan ışın miktarını, Hiroşima'ya atılan 15 kilotonluk atom bombasının çevresine yaydığı ışınlarla karşılaştıralım. Dünyamızın bu atom bombasının çevresinde oluşan miktarda zararlı ışına maruz kalması için, gama ışını patlamasının bizden en fazla birkaç bin ışık yılı uzakta meydana gelmesi gerekiyor. Yani patlamanın galaksimizin bize en



yakın binde birlik bölümünde gerçekleşmesi lazım. Başka bir deyişle, başka bir galaksiye ait olan aşağıdaki fotoğrafı galaksimizin genel görünüşü, alt bölümdeki sarı çemberin merkeziniyse dünyamızın konumu olduğunu düşünürsek, dünyayı etkileyebilecek bir gama ışını patlamasının bu çember içinde bir yerlerde meydana gelmesi gerekmektedir.

Gama ışını patlamalarının gözlemlenen sıklığının galaksi başına on milyon yılda 2 tane olduğunu göz önüne alırsak, dünyamıza bu kadar yakın bir patlamanın olması olasılığının milyar yılda bir olduğunu saptayabiliriz. Yani dünyanın yaklaşık 5 milyar yıllık varlığı süresince yakın çevresinde birkaç gama isini patlaması olmuş olabilir.

Bu arada başta Arnon Dar, Ari Laor ve Nir Shaviv olmak üzere bazı bilimadamları, dünyada türlerin büyük çapta ve aniden tükenmesinin, örneğin dinozor gibi hayvanların yok olması-

nın nedeninin bu tür patlamalar olabileceğini ileri sürüyor. Olasılık hesabına dayanarak ortaya atılan bu savın doğru olması mümkün, ancak şimdilik herhangi bir kanıtı yok. Yalnız şu önemli noktayı da unutmamak gerekir: Dünyamızın atmosferi, X ve gama ışınları gibi yüksek enerjili ışınları geçiriyor ve böylece dünya yüzeyi için bir kalkan görevi görüyor. Bu da, dünyada yaşamı etkileyecek bir patlamanın yalnızca dünyayı yüksek dozda ışına maruz bırakacak yakınlıkta değil, atmosferi de parçalayacak kadar yakın ve güçlü olması gerektiğini

gösteriyor. Dolayısıyla dünyada yaşamı önemli ölçüde etkileyecek bir gama ışını patlaması olma olasılığı içimizi rahatlatıcak derecede düşük.

Feryal Özel

Arizona Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümü Öğretim Üyesi ve Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Misafir Öğretim Üyesi