

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ

ASTRONOMİ ve UZAY BİLİMLERİ BÖLÜMÜ

ÖZEL KONU (A 448)

X-IŞIN TELESKOPLARI

HAZIRLAYAN
FERAY ŞAHİN
95055032

DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. FEHMİ EKMEKÇİ

ANKARA – 2001

İÇİNDEKİLER

.....1

ÖNSÖZ

.2

1. GİRİŞ	3
2. X-IŞIN TELESKOPLARI, DEDEKTÖRLERİ, SAYAÇLARI	5
2.1 X-Işın Teleskobu	5
2.2 X-Işın Optikleri	5
2.3 X-ışın Sayaçları	8
2.3.1 Orantılı Sayaçlar	8
2.3.2 Parıldama Sayaçları	10
2.3.3 IPC(Imaging Proportional Counter: Görüntüleme Orantılı Sayacı), Einstein IPC	11
2.4 X-ışın Dedektörleri	12
2.4.1 Konuma Duyarlı Dedektörler	12
2.4.2 Uzayda X-ışın Dedektörleri	14
3. X-IŞIN GÖZLEMLERİ	16
3.1 X-ışın Gözlemleri	16
3.1.1 Roket Gözlemleri	16
3.2 Uydu Gözlemleri	17
3.2.1 AXAF	18
3.2.2 X-ışın Gözlemlerinin Yapılabildiği Yörüngeler	18
3.3 Galaktik X-ışın Kaynaklarının Akısı ve Parlaklıkları	20
4. SONUÇ	22
5. KAYNAKLAR	26

ÖNSÖZ

X-ışınları, 20 nm gibi kısa dalga boylarına sahiptirler. Bir gazın sıcaklığı 1 milyon Kelvin derece'nin üstünde ise; ışınma X-ışınları bölgesinde olmaktadır. X-ışınları madde içerisinde ilerleme şansına sahip olmasına rağmen, belli bir ilerlemeden sonra tamamen durdurulabilirler. Aynı şekilde atmosferimiz de 20-30 km yükseklikte uzaydan gelen X-ışınlarını bütünüyle soğurur.

1970 yılında uzaya fırlatılan "Uhuru" adlı ilk X-ışın uydusu bize bu kısa dalga boylarında, çok zengin ve geniş bir evrenin kapılarını açtı. Geliştirilmiş X-ışın Teleskopları sayesinde artık daha geniş alanlarda, çözünürlüğü yüksek X-ışın gözlemleri yapılabilmektedir. Bu sayede evrenin oluşumu, yapısı hakkında merak ettiğimiz ve bilmediğimiz bir çok bilgi edinme olanağını elde etmiş bulunuyoruz.

X-ışın Teleskopları adlı bu çalışmamda benden yardımlarını ve desteğini esirgemeyen kıymetli Hoca'm Yrd.Doç.Dr Fehmi Ekmekçiye teşekkürlerimi bir borç bilirim.Ayrıca çalışmalarımın başlangıç aşamasında yardımcı olan kıymetli Hocam Sacit Özdemir'e yarımda yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Reyhan Aydemir'e ve Sevgi Yöş'e de teşekkür ederim.

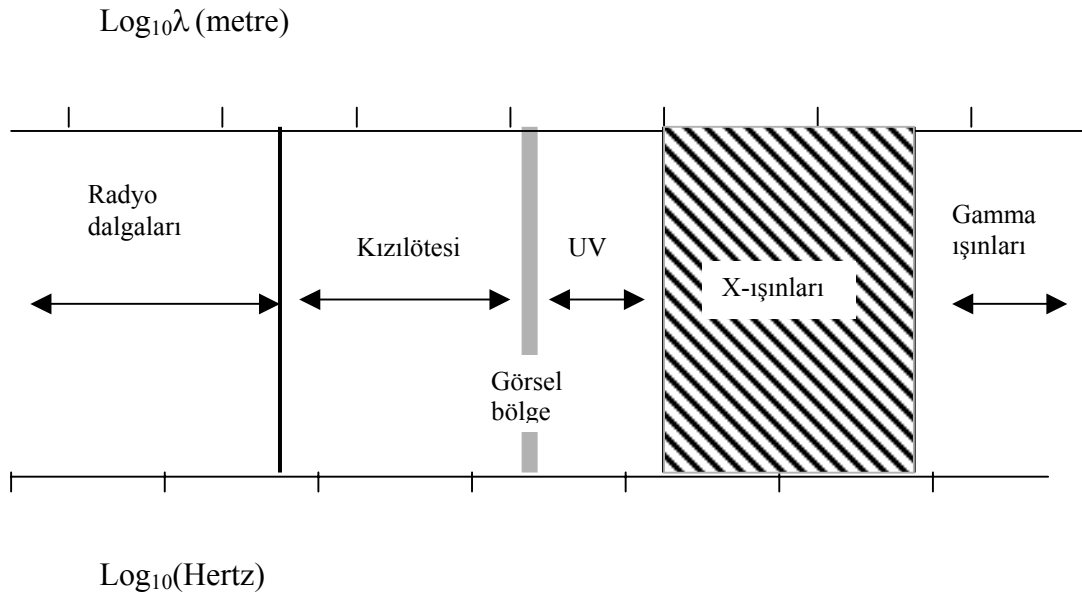
1.GİRİŞ

X-ışın teleskopları bugün astronominin yeni sayılabilecek dallarından biridir. Bu dalın başlangıcı 1962 yılına ve SCO X-1 isimli parlak bir X-ışın kaynağının keşfine rastlıyor. Bu keşfi ilk gerçekleştiren ünlü İtalyan astronom R.Giacconi bugün X-ışın astronomisinin kurucusu olarak bilinir.

Yeryüzündeki gözlemci, bir gök cisminden gelen tüm dalga boylarındaki elektromanyetik ışınımı algılayamaz. Bunun nedeni atmosferimizin bazı ışınımları soğurması ve bazı ışınımları yansıtmasıdır.

Elektromanyetik tayf dalga boylarına göre belirli bölgelere ayrılır.

Şekil-1’de gösterilmiştir.



Mor öte bölgesinin ötesinde yer alan X-ışınları, daha kısa dalga boylu ve yüksek enerjili elektromanyetik tayfa sahiptirler. Gamma, X-ışını ve morötesi ışınım yeryüzünden 24 km yukarıdaki stratosferde bulunan Ozon katmanı tarafından soğurulur. Bu nedenle söz konusu ışınımlar yalnız roket ve uydular ile teleskobu uzaya göndermek ve çekilen fotoğrafları da gerisin geriye dünyaya yollamak suretiyle elde edilip incelenebilirler.

Böyle bir teleskop bir yer istasyonundan gönderilen sinyallerle istenilen yıldızlara yönlendirilebilir özelliktedir. Gökbilimciler, Şekil-1’deki ışınımları, dalga boyları ile tanımlar. Her fotona kendi frekansına karşılık gelen bir enerji vardır. Gökbiliminde X-ışınları için enerji birimi olarak “erg” yerine “eV” kullanılır.

Gelen ışının incelenmesinde genel olarak sırasıyla şu aletler kullanılır;

- a) Teleskoplar
- b) Çözümleyiciler (süzgeç, tayfçeker vb)
- c) Dedektörler (göz, fotoğraf plağı vb)
- d) İndirgeme aletleri (mikroölçer, ışıkölçer, komparatörler vb)

Bu çalışmada X-ışın teleskopları hakkında genel bilgiler özetle verilecektir. X-ışın teleskopları, sayaçları, dedektörleri, bu teleskopları taşıyan araçların (uydu, roket vb) yörüngeleri, çalışma prensipleri ve X-ışın gözlemleri bundan sonra verilecek olan bölümlerde sırasıyla tartışılacaktır.

2. X-IŞIN TELESKOPLARI, DEDEKTÖRLERİ VE SAYAÇLARI

2.1 X-Işın Teleskopları

Binlerce yıl öncesine kadar görünür ışık insanoğlunun Evren'i inceleyebilmesinin tek yoluydu. 1940'lardan günümüze kadar bir dizi roket ve uydu aracılığıyla kızılötesi, morötesi ışınım ve X-ışın bölgesine gözlemler yapılabilmektedir. Elektromanyetik ışınım

dedektörleri fotoğraf plaklarının yerini alarak, gök cisimlerinin fotoğrafik görüntülerinin gerektirdiğinden 100 kat daha kısa sürede dedektör görüntüleri alınabilmiş ve bu görüntüler bilgisayar ortamında kaydedilip incelenmesi yapılabilmektedir.

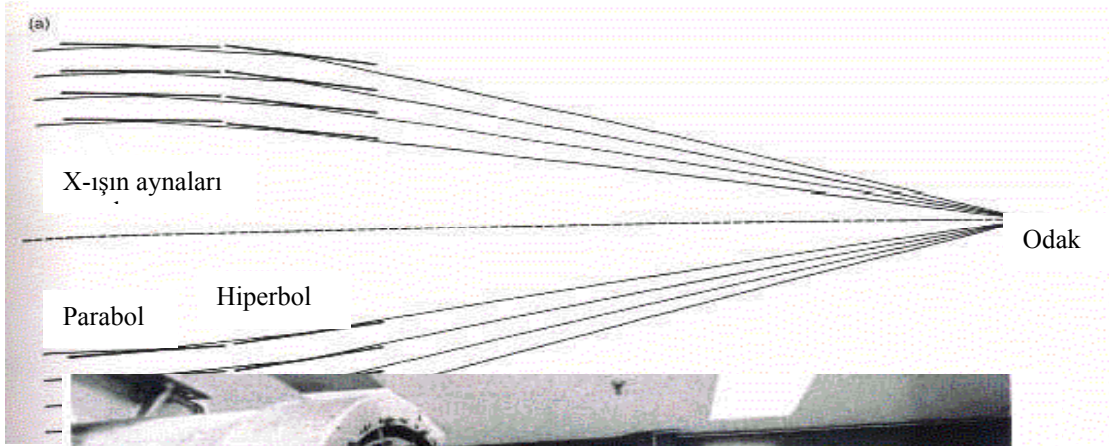
Günümüzde elektronik teknolojinin kullanılması ile teleskop otomatik olarak yönlendirilebilmektedir. 1960'larda astronomlar verilerini, teleskopların arkasına bağlanan bir fotoğraf makinesi aracılığıyla kaynakların fotoğraflarını çekerek elde ediyorlardı. Bugünlerde pek çok teleskobun civarında fotoğraf plaklarına rastlanmaz. Yıldızlardan ve galaksilerden gelen zayıf ışık, CCD (charge coupled device) adı verilen, gelişmiş fotoelektrik aletleri yardımıyla bilgisayar ortamına kaydediliyor. Bilgisayar manyetik bantlarına sayısal olarak kaydedilmiş bu görüntüler ilgili X-ışın kaynakları hakkındaki bilgileri ortaya çıkarmak için inceleyip değerlendirilmektedir.

Görünür ışık bir prizma yardımıyla bileşen renklerine ayrılabilirse, X-ışınları veya kızılötesi ışınım da X-ışın teleskopları sayesinde kurulan ağ sistemleri ile dalga boylarına ayrılabilir. Gelen ışınımın her dalga boyundaki enerji miktarı, bu ışınımı üreten atom yada molekül türlerinin parmak izleri gibidir.

2.2 X-Işın Optikleri

Görünür ışık için normal aynalar ile bir teleskop yapmak zor değildir. Gerçekte çok büyük aynalar yapılabilmekte ve günümüzde optik astronomide de bu tür teleskoplar yapılabilmektedir. Bununla beraber, yaklaşık 1000 Å'un altında ve özellikle tayfın X-ışın bölgesinde, normal doğrultuda gelen X-ışınlarının yansımaya saçılmasında karşılaşılan çeşitli zorluklar vardır. Bu nedenle X-ışın teleskobu yapabilmek için yeni bir yaklaşım gerekmektedir. X-ışınları ancak pürüzsüz metal bir yüzeye düşerse yansıtılabilir.

Şekil-6 tipik uydu yörüngelerinin bölgesi 1950'lerin başında bir X-ışın optiği kurmak için Hans Wolter tarafından yapılan yaklaşımlar, bir X-ışın mikroskobu üretmeye yönelik olan çalışmalardır. Fakat böyle bir mikroskop hiçbir zaman yapılamamıştır. Çünkü, yeterli doğruluğun elde edilebilmesi için ayna yüzeyini parlatmanın imkansız olduğu anlaşılmıştır.



erçek bir X-



ışın görüntüsünün nasıl oluşturulabildikleri gösterilmiştir. Şekil-2.b: HEAO-2 Einstein X-ışın Gözlemevi'nde kullanılmak üzere kurulmuş aynalar gösterilmektedir.

2.3 X-ışın Sayacıları

2.3.1 Orantılı Sayacılar

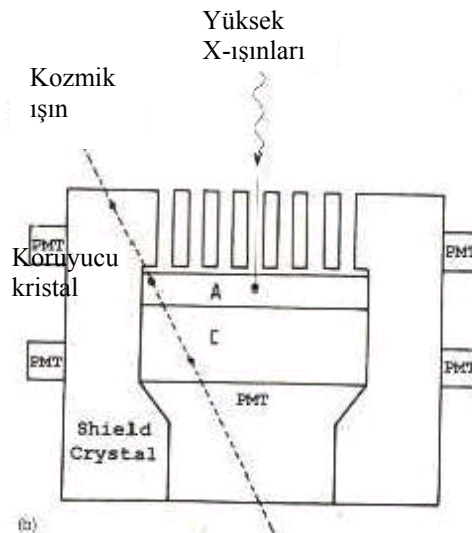
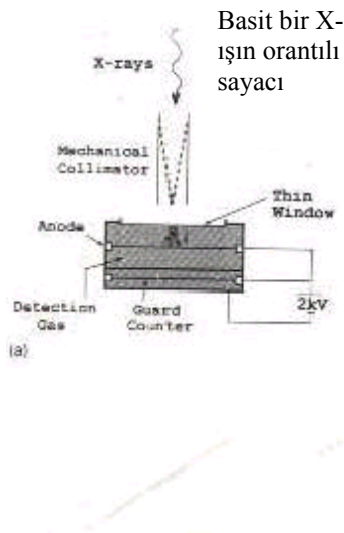
En çok kullanılan orantılı sayacılar, 0,2-25 keV enerji aralığında bulunan X-ışınlarına duyarlı dedektörlerdir. Bu alet X-ışın astronomisinde, radyoaktif maddenin yaydığı gamma ışınlarının ve yüklü belirlenmesi için özel olarak geliştirilmiştir.

İlk olarak X-ışınları, ince bir pencereden geçer. Dedektörün duyarlılığını artırmak için bu pencere daha büyük bir alana sahip olmalıdır.

Bir enerji parçacık veya X-ışın fotonu dedektörün ince penceresine girdiğinde, sayaç içindeki gaz atomlarını iyonlaştırır. Sayaç kabının her iki yan duvarına tutturulmuş anot ödevini gören telin uçlarına +2000 Volt'luk bir potansiyel uygulanır. İyonlaşma sonunda serbest kalan elektronlar anot etrafında toplanırlar ama bu arada elektronlar diğer elektronlarla çarpışarak daha fazla iyonlaşmaya sebep olurlar. Bu olaylar anodun yakınında meydana gelir. Ve bu oluşumun net sonucu olarak bir elektron pulsu oluşur. Böylece dedektöre gelen X-ışınları sayım olarak belirlenmiş olurlar.

Orantılı sayaçta merkezde bir anot teli bulunur. Anot tarafından toplanan elektron sayıları X-ışın fotonunun enerjisi ile orantılı olması için biraz daha düşük bir voltaj uygulanır. Böylece dedekte edilmekte olan kaynağın X-ışın spektrumu hakkında kabaca bir fikir elde etmek mümkün olur. X-ışını üreten yıldızlardaki mekanizma hakkında önemli bilgiler bu şekilde elde edilebilmektedir. Bu sayede bulunan kaynakların X-ışın spektrumları hakkında bilgi edinilebilir.

Yüklü parçacıkların yoğun olarak bulunduğu "Güney Atlantik Anomali" olarak adlandırılan özel bir bölge vardır. Bu bölgedeki yüklü parçacıklar aktif hale gelirse, dedektörler zarar görebilirler.



Şekil-3. bir orantılı sayaç şemasını göstermektedir.

Bu şekilde bir X-ışın fotonu, berilyum veya plastik gibi bir metalden yapılan ince bir pencereden geçerek gazla dolu bölmeye girer. Foton, elektron-iyon çiftlerinden oluşan küçük bir bulut oluşturarak atomların bir kısmını iyonlaştırır. Elektronlar kendi yolları üzerinde daha fazla çarpışmalara ve yeni iyonlaşmalara neden olup yüksek voltaj anoduna doğru hızlandırılırlar. Sonuçta belirlenen puls, genel olarak bir milyon elektronu kapsar. Bu basit X-ışın dedektörü son yirmi yılda geliştirilmiş ve Uhuru uydusunda kullanılmaktadır. Hala son zamanlarda fırlatılan uydularda da kullanılmaktadır(a).Parıldama sayacı, anahtar, dedektörün içinden geçen parçacıkların neden olduğu olayları belirlemek veya geri çevirmek için kullanılmaktadır. Astronomik sert X-ışınları, sadece petek dizisi yönünde görülebilir(b).

Kristallerde görülen ışık parıldamaları veya titreşmeleri (C) fotokatlandırıcı tüpleri (PMT) ile belirlenir.

Yeryüzünde hızlandırılabilen en enerjik parçacıktan daha enerjik olan kozmik ışınlar, X-ışın uydu dedektörlerini ve uyduların kendilerini de baştan başa geçerler. Böylece x-ışınları sayaç gazının içinden geçerken kendi yolları üzerinde bir yük izi bırakırlar. Bu sayede gerçek X-ışınları belirlenebilir.

Uzayın sert ortamında X-ışını orantılı sayaçlarını çalıştırmak kolay değildir. Bu ise önemli bir problemdir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için aletlerin duyarlılığının, ayırma gücünün ve güvenilirliğinin test edilmesi gerekmektedir.

2.3.2 Parıldama Sayacı

Orantılı sayaçlar 20 keV'dan daha yüksek enerjiye sahip olan fotonları saptayamazlar. Dedektörün ışığa duyarlı bileşeni gazdır ve bu gaz yüksek enerjili birçok fotonu durdurabilecek kadar kütleli değildir. Bu durumda parıldama sayacı denilen, bir katı hal dedektörü kullanılmalıdır.

Başaka bir nükleer parçacık dedektörü olan parıldama sayacında, “sodyum iyodid” veya “sezyum iyodid” kristalleri kullanılmaktadır. Bu kristaller enerjisi birkaç MeV'a kadar ulaşan fotonları durdurabilecek güçtedir. Fotonun enerjisi kristal içindeki atom tarafından soğurulur.

Soğurulan bu enerjinin bir bölümü, bir ışık pulsu yada parıldaması olarak tekrar görülür. Böylece basit bir fotokatlandırıcı tüpü, bu parıldamayı olayın zamanı ile birlikte bulur. Parıldayan ışığın miktarı, gelen X-ışın fotonu enerjisi ile orantılıdır.

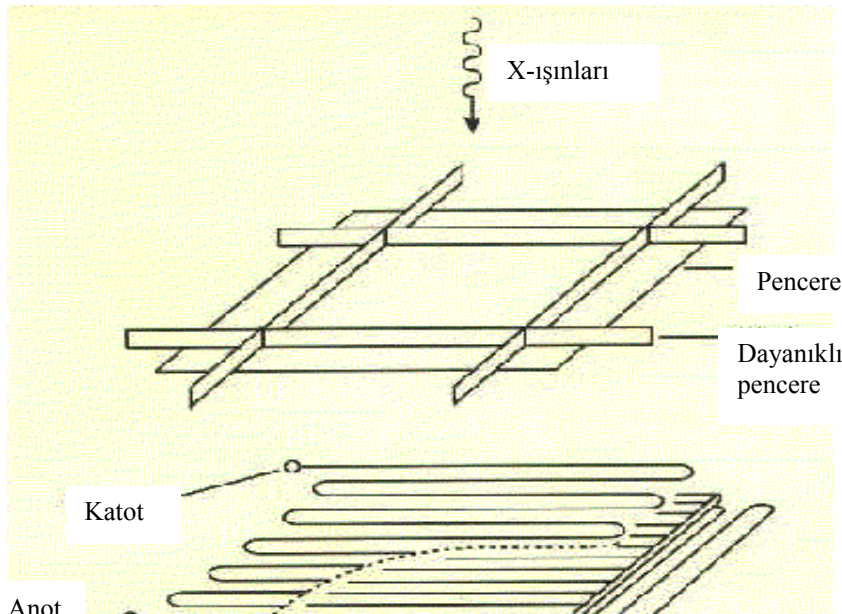
Ana kristal, ikinci bir parıldama maddesi ile kuşatılarak kozmik ışınların ve gerçek olmayan X-ışınlarının neden olduğu olaylar önlenir. Fototüp, her iki parıldayıcıdan gelen ışığı belirler. Böylece elektronik sistem, pulsun biçimini ölçer ve aynı zamanda parıldayıcının dışında geçip giden yüklü parçacığın neden olduğu olayları kaydetmez. Bu dedektöre “fosfor sandviç” veya “fosviç (phoswich)” denilmektedir.

Parıldama sayaçları, “balonlarla X-ışın astronomi” çalışmalarında kullanılmaktadır. Balonlar 50 km'nin çok üstündeki yüksekliklerde atmosferin %99'unun üstünde gezinmektedirler. Geri kalan %1'lik kısım ise 15 keV'dan daha az enerjili X-ışınlarının dedektöre varmasına izin vermektedir. Böylece balonla yapılan astronomi çalışmalarında 20-200 keV aralığında enerji bandı incelenebilmektedir.

2.3.3 IPC (Imaging Proportional Counter: Görüntüleme Orantılı Sayacı)

Einstein Görüntülü Orantılı Sayacı:

X-ışın olaylarının konumunu ölçmek için, Einstein IPC'de iki katot düzlemi ve bir anot düzleminde oluşan üç aktif ağ (ızgara) kullanılmıştır. Katot telleri karşılıklı olarak dikeydir. Anot düzlemi, her biri arasında 1mm aralık bulunan 12 mikronluk altın-plakalı tungsten teller tarafından sarılmıştır. Sayaç bu potansiyelle çalıştırılarak, her X-ışın fotoiyonizasyonu için anotta yaklaşık 105 iyon çifti üretilir.



Şekil-4: Ağı gösteren IPC şeması. Bu ağ, X-ışın indüklenmiş yük akımlarının konumunu ölçmek için kullanılmaktadır.

IPC'nin giriş penceresi ince bir polipropilenden yapılmıştır. Bu madde daha ince bir karbon tabaka ile kaplanmıştır. Bunun da sebebi istenmeyen ama geçen (örneğin parlak bir yıldızdan) UV ışığı miktarını azaltmaktır. Bu pencere, birbiri içinden geçen tungsten tellerden oluşan destekle desteklenir. Pencere tamamı ile gazı tutamadığı için IPC bir akım sayacı olarak çalıştı ve işlem boyunca sürekli gaz takviyesi yapıldı.

2.4 X-Işın Dedektörleri

2.4.1 Konuma Duyarlı Dedektörler

Günümüzde kullanılmakta olan iki tip duyarlı dedektör bulunmaktadır (Şekil-8). IPC'nin ana prensibi, bilinen orantılı sayacınki ile aynıdır. Bir x-ışın fotonu, dedektörün ince penceresini geçer ve sayaç gazındaki atomlarla karşılaştığında küçük bir elektron bulutu oluşturur. Bununla birlikte bir IPC'nin anodu Şekil-3'de gösterilen basit bir telden daha karmaşıktır. Çünkü IPC'nin saptamakta olduğu X-ışınının görüntüsünü okuması gerekmektedir. Bunun başarılması için iki sistem, uydularda denenmiştir.

Birinci yöntem, çapraz tellerden oluşan bir sistemi içerir. Farklı teller tarafından toplanan görelî yük miktarı x-y konumunu vermektedir.

IPC'nin çok daha küçük bir bölümüne sınırlandırılmaktadır. Bu, X-ışın görüntüsünün yayılmasını önemli derecede veya bulanıklaşmasını önler. Anot, gerçekten X-ışın görüntüsünün kaydını yapabilen dayanıklı bir disk'tir.

Diğer yandan mikro-kanal plağı tamamen farklı bir alet türüdür. Şekil-8 tek bir cam tüpün bir elektron katlandırıcısı olarak nasıl çalıştığını ve MCP'nin bu türden birçok tüpten oluşmuş basit bir alet olduğunu göstermektedir.

Tipik bir 25 mm çaplı MCP'nin üç milyon ayrı ayrı mikro kanalı bulunabilir. Bu mikro kanalların her biri 20 mikron uzunluğundadır. Bu MCP yaklaşık 10 000 yöresinde bir kazanç oluşturabilecek bir güçtedir. Örneğin mikro kanala giren tek bir elektron diğer uçtan 10 000 elektron olarak çıkmaktadır. Kanalların aralıklı bir biçimde yerleşmesi o kadar küçüktür ki, gelen görüntü değişik bir teknikle elektron görüntüsü olarak yeniden oluşturulabilmektedir.

Şekil-2.a'da görüldüğü gibi, X-ışınları ayna üzerine büyük açılarla rast- gele dağılmış olarak gelirler. Yani bir yere odaklanmazlar. Bu ise, aynayı sıyırıp geçme tekniğini 10 keV'den daha az enerjilere doğru indirilir. Birçok X-ışın teleskobu, 0-1-2 keV bandına ayarlanmıştır. Şekil-2.b'deki fotoğraf ise, bu işin Einstein Gözlemevi'nde yerleştirilmiş X-ışını aynalarında uygulanmasını göstermektedir. İç içe yerleştirilmiş aynalar, maksimum toplama alanı oluşturmaktadırlar. X-ışınları, teleskoba ortak merkezli aynalar tarafından odaklanırlar.

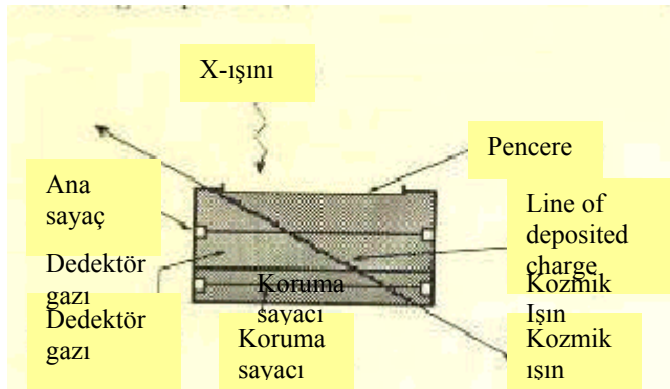
Şekil-8'de Kullanılan Görüntüleme Sistemleri Gösterilmektedir.

Şekil-8(a), bir IPC: 1-D durumunda temel çalışma prensibi gösterilmektedir. Şekil-3'de gösterildiği gibi anot teli saf bir iletken değildir, yarı iletken karbon kaplı Quartz lifinden bir teldir. Elektron pulsunun yükseliş zamanı, elektronların telin neresinde en yoğun toplandığını gösterir. Bu yolla X-ışınının yeri belirlenmiş olur. 2-D durumunda anot, dört tane çıkış ucu bulunan dirençli bir diskdir. Öyle ki bu dört çıktı ile x-y koordinatları ölçülebilir. Burada elektron çıkış bölgesinin kontrolü için, fazladan bir ağ konmuştur.

Şekil-8(b) MCP (mikro kanal plağı), binlerce küçük gözenekten oluşmuş bir diskdir. Gözeneklerin her biri dayanıklı bir cam tüptür. Tüpün uçlarına büyük bir potansiyel uygulanacak, gelen bir X-ışın tarafından serbest bırakılan (koparılan) bir elektron tüpün içinde ivmelenir. Tüpün duvarındaki diğer elektronlar çarparak yoluna devam eder. Yüzeye gelen her bir X-ışını sonuçta 10 000 elektronluk bir puls oluşturur. Bu tür plak çifti birleştirilerek, 10^7 - 10^8 'e kadar elektron kazancı elde edilir.

2.4.2 Uzayda X-ışın Dedektörleri

Şekil-5’de bir orantılı sayacın çalışması gösterilmektedir. Bu sayaç enerji parçacığının geçmesi ile oluşan kozmik ışın fotonunun belirlenmesi şeklinde çalışmaktadır.



Şekil-5: Bir X-ışın orantılı sayacının çalıştırılması.

Koruma sayacı, dedektörün her iki bölgesinde ki, kozmik X-ışınları soğuran, gerçek X-ışın fotonlarına duyarız, metal bir bölmedir. Elektronların anoda ulaşma zamanı bir X-ışın ve bir kozmik ışınını ulaşma zamanından farklı olacaktır. Çünkü kozmik ışın, kendi yolu boyunca bir yük izi bırakır. Elektronlar kendi doğrusal yolları üzerinde X-ışınınkinden çok daha uzun bir zaman aralığında yayılırlar.

Bir X-ışın fotonu, metal yada plastikten yapılmış pencereden dedektör kabının içine geçerek, gaz içerisinde fotoelektrik olay yoluyla soğurulurlar.

Bu olayların belirlenebileceği iki yöntem vardır:

i) Sayacın belirleme hacminin bir bölümü metalle çevrilidir. Bunun nedeni, bu bölümün kozmik X-ışınlara duyarız kalabilmesini sağlamaktır. Dedektörün bu bölümüne koruma sayacı denir ve sadece kozmik ışınlara duyarlıdır. Dolayısıyla bir X-ışını sadece üstteki hacimde saptanmaktadır.

ii) Dedektörün anoduna varan elektronların (veya yüklerin) oranı. Bir X-ışın fotonu, dedektörün çok küçük bir bölgesinde ki gaz tarafından durdurulur. Böylece anotta kısa (<10ns) bir yükseliş zaman pulsu meydana gelir. Diğer taraftan bir kozmik ışın anoda varan

uzun bir yük izi oluşturur ki bu iz, çok daha uzun olan bir zaman dönemi boyunca yayılır. Bu zamanlar her olay için ölçülebilir ve sadece kısa yükseliş zamanında oluşan X-ışın olayları elektronik olarak belirlenebilirler. Bu tekniğe, “Puls-yükseliş-zamanı ayrımı” denir.

3. X-IŞIN GÖZLEMLERİ

3.1 Roket Gözlemleri

1970 Aralık ayında Sco X-1'in keşfinden X-ışın astronomi uydusunun yerleştirilmesine kadar geçen zaman araştırmalar ve sürprizler ile dolu olmuştur.

Gökyüzü, yüksek enerjili ışık kaynakları için roketlerle taşınan orantılı sayaçlar ve balonlarla taşınan dedektörler kullanılarak araştırılmıştır. Kullanılan bu sayaç ucuz, kurulması kolay ve dayanıklıdır. En güçsüz tarafı penceresidir. Bu pencere, roketin bütün gövdesi ile orantılı bir büyüklüktedir. Sayacın yerleştirilmesindeki zorluklar, çok ince olabilecek düşük Z atom ağırlıklı maddenin bulunması ve geliştirilmesi ile ortadan kaldırılabilmıştır. Bu madde, sayaca yüklenen gazı oluşturmaktadır ve dedektörün duyarlılığını kozmik ışınlara karşı azaltabilmektedir (fakat bu yapılırken, yumuşak X-ışınlarını fark etmedeki duyarlılığı engellenmemektedir). İlk olarak, gökyüzünün büyük bir alanı, dedektör kullanılarak taranmıştır. Petekler şeklinde yapılan mekanik diziler, görüş alanını küçük karelerle sınırlamaktadırlar. Daha sonraki zamanlarda, kontrol sistemleri daha güvenilir hale geldiklerinde küçük kareler büyük bir duyarlılıkla taranmıştır.

1970'lerin sonuna doğru, elliye yakın kozmik X-ışın kaynağı keşfedilmiştir. Bunların büyük bir çoğunluğu galaktik düzlemde bulunan parlak kaynaklardır.

Galaktik karın kaynakları bugün birikim-güçlü çiftler olarak düşünülmektedirler. Sco X-1 ve Cyg X-2 kaynakları bu türden çift yıldızlardır. Bu çiftler yıldıza benzeyen optik cisimler olarak görüldü. Bu X-ışın kaynaklarından bazılarının değişken çeşitleridir. İki geçici X-ışın çifti yada X-ışın novası patlarken gözlenmiş ve daha sonra gözden kaybolmuşlardır. Altı tane süpernova kalıntısı parlak ve bazen genişlemiş olarak belirlenmiştir. Macellan Bulutsusu'nda aktif galaksiler M87 ve NOC 5128, Coma Cluster ve 3C273 kuasarından gelen X-ışınları ve kaynakları tespit edilmiştir.

3.2 Uydu Gözlemleri

Bir sonraki adım, gözlem zamanını saliselerden günlere çıkarmak olmuştur. Nasa tarafından böyle bir yaklaşımın önemi fark edilmiştir. Giacconi'nin AS&E (American Science and Engineering) grubu tarafından SAS-1 12 Kasım 1970'de Kenya kıyılarında yörüngeye oturtulmuştur. Bu uyduya "Uhuru" adı verilmiştir.

Uhuru teçhizatı 64 kg olup, normal bir roketten daha ağır değildir. Ama spin-dengeli uzay mekiğinde iki tane kurulu orantılı sayaç ve basit petek dizileri ile X-ışın araştırmalarına

başlanmıştır. Her ne kadar taranan alanlar hızlı bir şekilde değişse de Uhuru, aynı bölgeyi defalarca taramıştır (her tarama sadece 12 dakika sürmüştür). Bu suretle zayıf kaynakların ölçümleri daha hassas bir biçimde yapılmaktadır.

Uhuru, X-ışını kaynaklarını daha önceki roket uçuşlarından on kat daha iyi bir şekilde saptayabilmiştir. Bu uydunun 4U Uhuru gözlem sonuçları kataloğunda 339 X-ışın kaynağının verilerini içerecek şekilde kaydedilmiştir (Şekil-7)

Bu günlerde Hintli gökbilimciler, Astrosat adlı uyduyu 2005 yılından sonra bir Hint roketi ile fırlatmaya hazırlanmaktadır. Dünya yörüngesine oturtulması hedeflenen uydu, X-ışınları ve morötesi bölgelerinde dijital gözlemler ve araştırmalar yapacak dört aygıt taşıyacaktır. Uydunun taşıyacağı aygıtlar arasında yumuşak X-ışını ve morötesi görüntüleme teleskopları x'eron gazı ile doldurulmuş bir geniş alan orantılı sayacı, geniş bir tayf bandından uzun süreli araştırmalar yapmak için bir de kadmiyum-çinkotelürid dizgesi bulunmaktadır. Ancak bu aygıtlar, teknik gelişmişlik açısından Nasa'nın Chandra'sı ve Avrupa Uzay Ajansı'nın XMM-Newton'u gibi yeni kuşak X-ışın teleskobunun yüksek görüntü çözünürlüğü ve öteki yeteneklerinin bir hayli gerisindedir.

X-ışın Astronomisinde kullanılan uyduların listesi ve ilgili bilgileri çizelge-1'de özetlenmektedir.

3.2.1 AXAF Uydusu (1998-2013)

1998 yılında gönderilmiş olan önemli bir X-ışını Astrofizik uydusudur. Uzaydaki bu yeni uydu, yerküre çevresindeki yörüngesinde 1978-1981 yılları arasında dolanan Einstein X-ışını uydusunun yerini doldurmaktadır. Yörüngede dolanan 14 metre boyunda 4 metre çapında bir silindir biçimindeki AXAF'ın ağırlığı da 13 tondur. Einstein uydusu gibi AXAF da, özel aynaları yardımı ile X-ışınlarını odaklayıp cisimlerin X-ışın görüntülerini oluşturabilmektedir. Yüzeye dik gelen X-ışınları bildiğimiz aynalar tarafından yansıtılmadığından, AXAF'ın altın kaplı altı aynası öyle yerleştirilmiştir ki, X-ışını fotonları bu aynalara bir kaç derecelik küçük açılarla gelir ve kaydedilirler. AXAF'ın açısal ayırma gücü Einstein uydusunun on katıdır. Bu da aralarında 0.0001 derece olan iki cismin ayırt edilmesi anlamına gelmektedir. AXAF'ın duyarlılığı AXAF'ın bilimsel görevleri arasında süpernovaların yaydığı X-ışınlarını analiz etmek de vardır.

AXAF aracının görevlerinden biri de karadeliik araştırmalarıdır. Kardelikleri tanımanın yollarından biri, çevredeki gazın yaydığı yüksek enerjili ışınımdır. Teorik Astrofizikçiler çevredeki gazın yassı bir disk oluşturarak karadeliğin etrafında yörüngeye gireceğini düşünmektedirler. Bu diskin gezegen sistemleri oluşturan disklerden farklı yönü, daha büyük kütleli ve daha sıcak olmasıdır. Diskte bulunan gaz 1 milyon-1 milyar dereceye kadar ısınarak çoğunlukla X-ışını yaymaktadır.

AXAF aracında X-ışın backgroundunun tek tek kaynaklardan oluştuğu yönündeki varsayımın sınanmasını sağlayabilecek kadar duyarlı ve açısal çözümleme gücü yüksek olan dedektörler kullanılmaktadır.

□

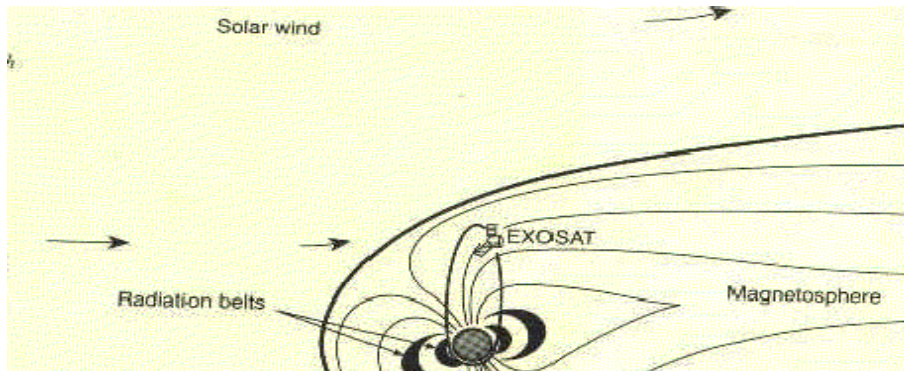
3.2.2 X-ışın Gözlemlerinin Yapılabildiği Yörüngeler

X-ışın gözlemlerinin yapılabildiği yörüngeler, iki şekilde tanımlanabilir:

i) Yumuşak kozmik X-ışınları yaklaşık 150 km'nin üstündeki yükseklikte bulunurlar. Bu yükseklik, bilinen roket uçuşlarının yapılabildiği bölgelerdir. Sirküler yörüngedeki uydu ise 400 km'den daha büyük yüksekliğe ulaşmalıdır.

ii) Yüklü parçacık akımının fazla olduğu bölgelerde, X-ışın dedektörleri ile yüksek bir background sayım oranı elde edilecektir.

Yer'in etrafı, "Van Allen radyasyon kuşakları" ile çevrilidir. Bu radyasyon kuşağı lokma biçimli (veya daha çok oyuk zeytin biçimine benzeyen) bir yapıdadır. Yer'in manyetik alanı içinde yakalanan protonlar ve elektronlar yüksek enerjilere ve uzun yaşam sürelerine sahiptirler. Dedektörlerin, fonksiyonlarını bu etkiler altında kalmadan yapabilmeleri için, bu radyasyon kuşaklarının altında veya üstünde olmaları gerekmektedir. Çizelge-3.1'de listelenen uzay araçlarının büyük bir kısmı bu kuşakların altında bulunan bir yörüngeye fırlatılmışlardır. Güney Atlantik Anomali olarak bilinen bölge hariç bu yörüngede parçacık akımı minimum, manyetik akım çok düşüktür. Bu nedenle kuşağın içerisindeki parçacıkların atmosferin en üst kısmına hafifçe dokunmasına imkan verirler.



Şekil-6: Tipik uydu yörüngelerinin alanları

Burada tipik uydu yörüngelerinin alanları, Yer'e ve onun manyetosferine göre gösterilmektedir. Küçük roketlerin ve uzay aracının erişebildikleri normal Yer'e yakın yörüngeler, güneş rüzgarının etkilerinden manyetosfer sayesinde korunmaktadırlar. Ancak bu durum, başlangıçta Ay'ın örtülmesini sağlamak amacıyla seçilmiş olan EXOSAT uydusu gibi eliptik yörüngeler için doğru değildir. Bu şekilde Ay, çok sayıda X-ışın kaynağının konumunu doğru bir şekilde belirlemek için kullanılmıştır. Aslında Güneş rüzgarının meydana getirdiği yüksek X-ışını enerjilerindeki kirlenme, birçok kez beklenenden daha az olmuştur. Bu nedenle EXOSAT gibi yörüngelerin en büyük avantajı, tek bir cismin aralıksız, sürekli ve uzun gözlemlerini elde edebilmesi olmuştur.

İlk kozmik X-ışın akımı, kutuplarda ekvatora göre beş kat daha fazla olduğu için düşük eğimli bir Yer'e yakın yörünge (yörünge periyodu 95 dakikadır). Hem kozmik ışın, hem de yüklü parçacık backgroundunun düşük olmasını sağlar. Mesela Uhuru'nun yörüngesi bu tip bir yörüngede bulunmaktadır.

Bununla birlikte uyduları radyasyon kuşakları dışında çalıştırmak da mümkündür. Vela uyduları yaklaşık 17 Yer yarıçapı yükseklikte dairesel ikincil bir yörüngeye (dönemi 4 gün olan) yerleştirilmişlerdir. EXOSAT dönemi 3 gün olan bir eliptik yörüngedeydi ki, bu yörünge uzay aracını kuşağın altında 30 Yer yarıçaplı bir yükseklikte taşımaktadır. Zamanının çoğunu kuşakların hayli üzerinde olan enöte yöresinde geçirdiği için backgroundlar düşük olmuştur

3.3 Galaktik X-Işın Kaynaklarının Akısı Ve Parlaklıkları

Bir X-ışın kaynağının ışınımı, gözlemlenen X-ışın akısından kaynağa olan uzaklık biliniyorsa bulunabilir. Bir kaynağın X-ışın parlaklığı hakkında bir bilgi vermek gerekirse; akımlar bazen foton birimi olan $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ cinsinden belirlenmelidir. Her X-ışın fotonu 1keV enerji aralığında ($1.6 \cdot 10^{-9}$ erg) bir enerjiye sahiptir. Hassas bir ölçüm için, $\text{ergcm}^{-2}\text{s}^{-1}$ birimi

kullanmalı ve üzerinde çalışılan enerji alanı tam olarak tanımlanmalıdır. X-ışın dedektörünün sayım oranı C, foton akımı F, dedektör etkinliği η ve dedektörün alanı A olmak üzere

$$C=A \int F(E) \eta(E) dE$$

dir. Dedektör etkinlikleri genellikle 0.1'den 1'e kadar bir aralıkta olduğundan ve dedektör alanları da 100'den 1000 cm²'ye kadar olduğundan, modern bir X-ışın dedektörünün sayım oranı kabaca belirlenen foton akımınının 100 katıdır.

Gözlenen akım, kaynağın parlaklığının bir ölçüsüdür. L, X-ışın kaynağının ışınım gücü, f akısı olmak üzere L'nin F'ye oranı, kaynağa olan d uzaklığının karesi ile doğru orantılıdır ki bu

$$L=4\pi d^2 F$$

şeklinde belirtilir. Bilinen en parlak X-ışın kaynağı 3.27'lik bir kırmızıya kayma oranı ve 5*10⁴⁷ ergs⁻¹ 'lik bir X-ışın parlaklığına sahip olan PKS 2126-158 kuasarıdır. Algılanan en az parlak X-ışın kaynağı olan Ay'ın parlaklığı 7*10¹¹ erg s⁻¹'dir. Arada yaklaşık 7.1*10³⁵ kat bir fark vardır.

4.SONUÇ

XTE (X-ray timing explorer) X-ışın gözlemleri, yoğun cisimleri içeren “Galaktik” yada “Galaksi dışı” sistemlerin gözlemleri olmuştur. Bu sistemlerin çekim alanları çok büyük, sıcaklıkları çok yüksek 10^7 Kelvin derece olan plazmalardır. Bu cisimler çok şiddetli manyetik alanlara sahip cisimlerdir (yaklaşık 10^{12} G).

Galaktik cisimler, nötron yıldızı, beyaz cüce veya olası bir karadeliğin çok küçük olduğu çift sistemlerdir. X-ışınları şu konularda doğrudan bilgiler vermektedir.

i) geometrileri, sıcaklıkları, manyetik alanları bakımından yoğun (kompact) cisimler hakkında.

ii) Çift sistemler hakkında.

iii) Yoğun cismin doğası hakkında (örneğin nötron yıldızının iç yapısı hakkında).

X-ışınları, kütlesi Güneş kütesinin yaklaşık 10^8 katı olan karadelikler hakkında direk bilgi verirler. X-ışınları, optik ve radyo soğurma bölgelerindeki ve daha geniş enerji aralığındaki tayf ölçümlerinde önemli rol oynar.

AGN (Aktif Galaktik Çekirdek)’lerin >100 eV enerjilerde tayf ölçümleri, AGN’nin bolometrik parlaklıklarına ve güçlü bir modele bağlı bazı kriterlere göre yapılmalıdır. Bu tür bir bilgi, X-ışınlarının backgroundları ve kaynakları hakkındaki özel sorulara cevaplar verir.

XTE ile gözlenebilen cisimler binlercedir. Oysa, gökyüzünde çok daha parlak X-ışın kaynakları vardır. Gözlenebilen binlerce X-ışın kaynağı bize sadece en yakında olan kaynaklardır. Uzayın derinliklerindeki çok yüksek parlaklıklara sahip cisimler AXAF yada Einstein X-ışın gözlemleri sayesinde birbirleri ile karşılaştırılarak incelenmesi sonucunda çeşitli sınıflara ayrılmaktadırlar.

Bu cisimlerin göreceli parlaklıkları ve çeşitli frekansta yapılan gözlemleri sayesinde kendileri hakkında ayrıntılı çalışmalar yapılabilmiştir. X-ışın kaynaklarından birçoğu sadece HEAO-1 gök-araştırma kaynaklarının sınıflandırması sonucu öğrenilmiştir.

X-ışınlarının tüm gökyüzünden yayıldığı bilinmekle birlikte merkezi bilinmez. En azından bu cisimlerden gelen X-ışınlarının birçok aktif galaktik çekirdeklerden geldiği bilinmektedir.

Önümüzdeki yıllarda, sıcak gazların yaydığı X-ışınları kullanılarak, karanlık maddenin bir dağılım haritası çıkartılacaktır.

XTE sayesinde, uzaydaki en parlak X-ışın kaynaklarının binden fazlası incelenebilmektedir.

Gelecekte planlanan uçuşlar arasında, 2-200 keV'lik bir bölgenin tamamında bilgi toplayabilen, özellikle düşük backgroundlu, yüksek zaman çözünürlüğü olan ve X-ışın uzayındaki değişiklere çabuk cevap veren sadece X-ışın gözlemleri düşünülmektedir.

Çizelge-1: X-Işın Astronomisinde Kullanılan Uyduların İsimleri Ve Bilgileri

UYDU	ÜLKE	GÖNDERİLİŞ TARİHİ	BİTİŞ TARİHİ
Vela 5A,B	USA	My 1969	Jun 1979
Uhuru	USA	Dec 1970	Jun 1975
OSO-7	USA	Sep 1971	May 1971
Cophernicus	USA/UK	Aug 1972	Feb 1981
ANS	Netherlands	Aug 1974	Jul 1976
Ariel-V	UK	Oct 1974	My 1980
SAS-3	USA	My 1975	Apr 1980
OSO-8	USA	Jan 1975	Oct 1978
HEAO-1	USA	Aug 1977	Jan 1979
Einstein	USA	Nov 1978	Apr 1981
Hakucho	Japan	Feb 1979	Apr 1985
Tenma	Japan	Feb 1983	1985
EXOSAT	ESA	My 1983	Apr 1986
Spartan 101	USA	Jan 1985	Jan 1985
Ginga	Japan	Feb 1987	Oct 1991
Kvant	USSR	Jan 1987	-
Granat	USSR	Dec 1989	-
ROSAT	Germany/UK/USA	Jun 1990	-

ASCA	Japan	Feb 1993	-
ALEXIS	USA	Apr 1993	
DXS	USA	Jan 1993	
SAX	Italy, Netherlands	1994	
XTE	USA	1996	
AXAF	USA	1998	
XMM	ESA	1998	

5. KAYNAKLAR

1. Nasa Basın Açıklaması (26 Şubat 2001), Bilim Ve Teknik Dergisi, Nisan 2001,

Tübitak

2. Charles, P.A., Seward, F.D., 1995, Exploring the X-ray Universe, Cambridge

Univ. Press., Cambridge-GB.

3. Ercan, E.Nihal, 1985, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi, İstanbul

4. Laghtman, Alan, 1992, Yıldızların Zamanı (Time For The Stars), Tübitak

Popüler Bilim Kitapları, ISBN 975-403-035-9

5. Özemre, A.Yüksel, 1981, Teorik Fizik Dersleri C.8 Kozmolojiye Giriş, İstanbul

Üniversitesi Fen Fakültesi

6. http://legacy.gsfc.nasa.gov/docs/xte/xte_1st.html

7. <http://hea-www.harvard.edu/HRC/AXAF/AXAF.html>

8. http://chandra.harvard.edu/xray_sources/blackholes.html