

GAMMA IŞINLARI ASTROFİZİĞİNDE SON GELİŞMELER

Mehmet Emin Özel
Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümü

I. Giriş:

Gamma ışınları elektromanyetik yelpazenin çok geniş bir bölümünü kaplar. Bu nedenle kayıt teknikleri, foton enerjisine bağlı olarak, büyük değişiklikler gösterir. Gamma ışınları astronomisinde en önemli gelişmeler, genellikle uydularla atmosfer dışında bir yörüngeye yerleştirilen, gamma ışınından çift yaratma ve oluşan elektron/pozitronun bir dizi kivilcim odası ile takibi temelli araçlarla ve 100 MeV foton enerjileri civarında gerçekleşmiştir. 1990'li yıllarda, NASA'nın öncülük ettiği Gamma Ray Observatory (GRO) ve Sovyetlerin öncülüğündeki GAMMA-1 uydu sistemlerinin bu alanda önemli sonuçlar getirmeleri beklenmektedir. Bu nedenle, gamma ışınları astrofizikindeki güncel sorunları gözden geçirmek için uygun bir zamandayız. Daha düşük (0.1-30 MeV) ve daha yüksek (30 GeV'e kadar) foton enerji bölgeleri de bu uydularda -ilk kez- hemzaman olarak gözlenebilecektir. Uydulara konan duyaçların daha önceki benzerlerinden en az bir mertebe daha duyarlı ve açısız çözümlene gücü yüksek şekilde inşa edildiklerini de göz önüne alırsak önümüzdeki yılların gamma ışınları astrofizikinde çok önemli gelişmelere gebe olduğunu söyleyebiliriz.

II. Tanımlar ve Teknikler:

Elektromanyetik yelpazenin yaklaşık 0.1 MeV'den yüksek enerjili fotonlara karşılık gelen bölgesi gamma ışınları olarak isimlendirilmektedir. Foton enerjisine bağlı olarak, kayıt teknikleri ve buna bağlı olarak, yapılan duyaçların açısız ve enerji çözümlene düzeyleri değişmekte ve her bölgedeki genel bilgi birikimi ve gelişme düzeyleri önemli farklılıklar göstermektedir. Şekil 1'de değişen foton enerjilerinde kullanılan kayıt teknikleri ve kullanımdaki kimi duyaç özellikleri özetlenmektedir.

Diğer taraftan, yer atmosferi gamma ışınlarını bütünü ile soğurduğundan, yaptığımız gamma ışın duyaçlarını atmosferin yukarı tabakalarına ve mümkünse dışına taşımak zorundayız. Şekil 2'de elektromanyetik yelpazenin çeşitli bölgelerinde (bu arada gamma ışınlarında) yer atmosferinin bu anlamdaki foton geçirgenliği özetle verilmektedir. Görüldüğü gibi, düşük ve orta enerjilerde, atmosferin 30-40 km yukarlarına çıkabilen balonlarla gamma ışın gözlemleri yapılabilmektedir. 100 MeV ile 1 GeV civarında ise yapma uydular en uygun taşıyıcı araçlar durumundadır.

Yelpazenin en yüksek (1 TeV ve yukarısı) enerjili bölgesinde kozmik gamma ışın akıları çok azaldığından uydularla taşınabilecek duyaçlar pratik olmaktan çıkmaktadırlar. Bu

enerjilerdeki fotonlar atmosferle etkileşerek yeryüzüne kadar ulaşan Çerenkov ışınları ve parçacık yağmurları (air showers) yaratmaya başlarlar. Gamma ışınlarının kendileri yerine bu ikincil etkilerini yeryüzüne kurulacak duyaç sistemleri ile algılamak mümkündür. Dolayısı ile, çok yüksek gamma ışınları için ayaklarımızı tekrar yeryüzüne basmamız gerekmektedir! Bu enerji bölgesinin de foton başlangıçlı ışınlarla proton ve diğer kozmik ışın başlangıçlı ışın ve yağmurları ayırma, yerel ışık ve diğer ışın kaynaklarını dışlama gereksinimi gibi özel sorunları söz konusudur.

III. Düşük ve orta enerjilerde durum:

10 MeV'den düşük enerjilerde nükleer gamma ışın çizgilerinin gözlenmesi en önemli hedeflerdendir. Bunun için ya fotoelektrik etkileşmeleri veya Compton etkileşmelerini temel alan duyaçlar kullanılır. Samanyolu Merkezi genel bölgesinden gözlenen ve zamanla değişme gösteren 0.511 MeV elektron/pozitron yokolma çizgisi ile 1.809 MeV'deki Alüminyum 26 çizgisi, son yıllarda özellikle balon uçuları ile gerçekleştirilmiş NaI(Tl) kristalli deneylerin en önemli sonuçlarıdır. Açılabilir belirsizliklerin yüksek olması nedeni ile bunlarla ilgili kaynak bölgesi büyüklüğü hakkında sağlıklı tahminlerde bulunmak zordur. Özellikle ikinci çizginin, Samanyolu Merkezi civarındaki yüksek süpernova oluşum hızı ve/veya Wolf-Rayet/O tipi yoğun rüzgarlı yıldızların çokluğu ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

Bu bölgedeki diğer önemli bulgular arasında Büyük Macellan Bulutu (LMC) diye bilinen en yakın (55 kpc uzaklıkta) komşu gökadamızdaki 1987 süpernovasının (SN 1987 A) beklenene yakın oranlarda yapmış olduğu Fe ve Co kökenli çekirdeksel ışın çizgileridir. Böylece süpernova ışık eğrisi ve süpernovanın kendisinin oluşumu ile ilgili teorik kuramlarımız önemli ölçüde doğrulanmakta, elementlerin yıldızların merkez bölgelerinde, öngördüğümüz çekirdeksel zincir etkileşmelerle oluştukları savi - kaydedilen nötrino atılımı ile birlikte ele alındığında- yeni ve çok önemli destekler kazanmaktadır. Patlama sonrasında beklenen atarca'nın niye hâlâ gözlenemediği, patlama başlangıcı olarak kabul edilen nötrino atılımının enerji ve zaman dağılımındaki yapılar ve özellikler, patlayan mavi devin evrim sürecindeki kimi ayrıntılar ve süpernova ışık eğrisindeki olağandışılıkların nedenleri gibi sorunlar gökbilimcileri olduğu kadar teorik fizikçileri de uzun yıllar meşgul edeceğe benzermektedir.

Uydu ve balon gözlemleri birleştirildiğinde, > 1 MeV foton enerjilerinde, Evren'in her yönünden geldiği (isotropic) hesaplanan bir gamma ışın ardalan ışınlarının varlığı bilinmektedir. Söz konusu "evrensel yaygın gamma ışınları"nın foton spektrumu Şekil 3'te verilmektedir. Bu ışınların kökeni ve özel olarak ta, spektrumdaki 1-10 MeV bölgesindeki düzleşmenin nedeni henüz anlaşılmış değildir. Birbiri ile yarışan açıklamalar - mesela, bu düzlüğün evrenin genç dönemlerindeki ($z \sim 100$) bir kozmik ışın atılımı sonucu oluşan yüksüz pionların gamma'ya dönüşümü ve 70 MeV civarında beklenen tepe noktasının Hubble

genişlemesi nedeniyle 1-10 MeV bölgesine taşınmış olabileceği tezi ve diğer evrenbilim kökenli savlar (1,2) - henüz kesinlik kazanmamıştır. Yeni gözlemlerin ve teorik çalışmaların bu konuyu da açıklığa kavuşturması beklenmektedir.

Bu foton enerji bölgesinde ışınma yaptığı bilinen bir dizi Samanyolu-içi (SYi) ve Samanyolu-Ötesi (SYÖ) kaynak vardır. Bunların en önemlileri Crab ve Vela atarcaları, Cyg X-1 adlı çift yıldız sistemi ve kara-delik adayı, kuasar 3C273, etkin gökadalara NGC4151, Cen A ve NGC1275...dir. Bu kaynakların doğaları ve gamma ışın üretmede kullandıkları mekanizmalar da yoğun araştırma konuları arasındadır.

(Bu enerjilerde ve diğer daha yüksek enerjilerdeki gamma ışınları astrofiziği, kullanılan kayıt teknikleri ve ilgili sonuçlar Fichtel/Trombka'nın (2) ve Ramana-Murthy/Wolfendale'in (3) kitaplarından takip edilebilir.)

IV. Yüksek enerjili gamma ışınlarındaki gelişmeler:

Enerjisi 30 MeV'den yüksek fotonların kaydı çift yaratma ve yaratılan çiftin bir dizi kivilcim odaları sistemi ile takibi temeline dayanır. Bu teknikle ilk önemli sonuçlar, 1972-73'te 6 ay süreyle çalışan NASA'nın SAS-2 uydusu ile elde edilmiş (4), SYi ve SYÖ yaygın gamma ışınlarının varlığı ile SYi nokta kaynaklar ilk kez kesinlik kazanmıştır. Gamma ışınları ile yıldızları değil yıldızlararası ortamı (YAO) gördüğümüzü göz önüne alırsak bu gözlemlerin Samanyolunun yapısını anlamadaki önemi ortaya çıkar. YAO'nun dinamikinde çok önemli yeri olan kozmik ışınların (yüksek enerjili protonlar ve diğer çekirdekler) güneş sistemi ötesinde gözlenebilmesi ancak yarattıkları gamma ışınları yardımı ile olmaktadır. Kozmik ışınların kaynakları ve hızlandırılma mekanizmaları henüz bütüyle anlaşılammış yoğun araştırma konuları arasındadır.

SAS-2 ile bir dizi nokta kaynak ta gözlenmiştir. Bunlardan Crab ve Vela atarcaları sahip oldukları zaman imzaları ile optik ve radyo dalga boylarında gözlenen 33 ve 89 milisaniyelik atarcalar (ki bunlar hızla dönen genç nötron yıldızlarıdır) ile özdeşleştirilebilmektedirler. Üçüncü noktasal SAS-2 kaynağı ise Samanyolu koordinat sistemindeki yeri nedeni ile Gamma 195+5 olarak isimlendirilmiştir. Gamma enerji spektrumu Crab ve Vela atarcalarından daha "sert"tir (yüksek enerjili fotonlar daha yüksek orandadırlar). Daha sonraki COS-B uydusu gözlemleriyle de varlığı doğrulanan bu kaynak, ilk keşfedilmesinden bu yana geçen 18 yılda, bölgenin optik, X-ışını, IR ve radyo dalga boylarında çok derin olarak taranmış olmasına rağmen henüz hiç bir başka gök cisimi ile eşleştirilememiş ve doğası anlaşılammıştır. (COS-B gözlemlerinden sonra bu gamma ışın kaynağı daha çok "Geminga" adıyla tanınmıştır).

1975'te uzaya fırlatılan ESA'nın gamma ışınları uydusu COS-B 1982'ye kadar görev yaptı. Bu sırada Samanyolu diskini uzun süreler gözleyerek ayrıntılı bir haritasını elde etmemizi sağladı

(Şekil 4). Bu disk üzerinde 20'den fazla parlak nokta keşfederek noktasal gamma ışın kaynakları sayısını arttırdı. Bu kaynaklara "ikinci COS-B gamma katalogu" anlamında 2CG kaynakları adı verilmektedir(5). Bunların doğası üzerine yapılan ve genellikle diğer foton enerjilerinde eşlendirmeye dayalı çalışmalar yarım fazlasının Samanyolu içindeki hidrojen molekülü bulutları olduğunu ortaya çıkardı. Ancak, kısaca UGO'lar (unidentified gamma ray objects) olarak isimlendirilen geri kalan bölümünün ne türden cisimler olduğu konusu, bu kaynakları, yeni gamma ışın deneylerinin önemli hedefleri arasına koymaktadır.

COS-B bu enerji bölgesindeki ilk gökadamız-ötesi gamma ışın kaynağını (3C273 kuasarı) keşfederek bu enerjilerde SYÖ Gamma Işınları Astronomisini de başlatmış oldu (6). Gelecek deney ve gözlemlerle SYÖ gök cisimlerinin sayısının bu enerji bölgesinde de artması beklenmektedir. Mesela, bir bölüm çalışmada (7,8,9) Andromeda gökadası, Büyük ve Küçük Macellan Bulutları (LMC,SMC) ve en yakın etkin gökada olan M82'nin 100 MeV bölgesinde yapılmaları beklenen gamma ışınları seviyelerinin GRO ve GAMMA-1'ce gözlenebilecek düzeylerde olacağı ve bu gözlemlerin kendi gökadamızı anlamamıza da çok önemli katkılarda bulunacağı hesaplanmaktadır.

SAS-2 deneyinin veri analiz ve yorum çalışmalarına ODTÜ Fizik Bölümü öğretim üyeleri, Dr. H.Ögelman'ın başkanlığında, deneyin hazırlanması, kalibrasyonu, yörüngeye yerleştirilmesi, verilerin kaba ve ayrıntılı analizleri ve yorumu safhalarında rol alarak bu deneyden elde edilen sonuçlara doğrudan katkıda bulunmuşlardır. TÜBİTAK da verilen projelere sağladığı maddi desteklerle bu katılıma yardımcı olmuştur (10).

V. Çok yüksek enerjilerde gamma ışınları astronomisi:

Gamma ışın fotonları 1 trilyon elektron-volt (TeV) civarında veya üzerinde enerjilerde ise, atmosferdeki parçacıklara çarparak yeryüzüne doğru bir elektromanyetik parçacık sağanağı oluştururlar. Bu sağanakta, foton e^-/e^+ çiftine dönüşür, bu çift tekrar, genellikle frenleme ışınları yoluyla, yeni gamma ışınları, o ışınlar tekrar e^-/e^+ çiftleri... yaratarak kendi kendini besleyen bir parçacık-foton heyelanını başlatır. Başlatıcı fotonun enerjisi yeteri kadar yüksekse parçacık yağmurları yeryüzüne kadar devam edebilir. Amaç, bu heyelanı, içindeki parçacıkları veya onların yarattıkları kimi yan etkileri (mesela Çerenkov ışınlarını) kaydederek başlatıcı foton hakkında bilgi edinmektir.

Heyelan içindeki elektron ve pozitronların enerjisi atmosferde Çerenkov ışınları sınırının üzerinde enerjiye (> 21 MeV) sahip oldukları süre içinde kısa süreli (birkaç milisaniye) bir ışık atılımı oluştururlar. Bu ışığa duyarlı fotoçogaltıcı tüpler kullanılarak yapılacak kayıtlarla heyelanı başlatan fotonun yönü 1 derece kadar doğrulukla, enerjisi ise %50 kadar hata ile hesaplanabilmektedir.

Bu yükseklikteki enerjilerde kullanılan diğer bir yöntem, atmosfere çarpan yüksek enerjili fotonların yaratacağı flöresans

etkisinden oluşan ikincil işımayı kaydetmeye dayanır. Ulaşılabilen enerji ve açısal çözümüleme düzeyleri Çerenkov işıması tekniklerine yakındır.

Yeryüzüne konuşlandırılabilirdi için bu türlerden gamma işın gözlemevlerinin sayısı epey kabarıktır. Bunların en önemlileri arasında, ABD Arizona'daki Whipple Gözlemevi (11 metrelik çanak yansıtıcılı, $E > 0.1$ TeV eşik enerjisine sahip olup Çerenkov işığına duyarlıdır), ABD Utah'daki Fly's Eye (Sinek Gözü) Gözlemevi (floresans işımasına duyarlı olup bütün bir yarıküreye aynı anda bakabilmektedir) ve yine Utah'daki Dugway Çerenkov Gözlemevi (ki University College, Dublin ve Hawaii University tarafından işletilmektedir) sayılabilir. Bu gün yeryüzünde kuzey ve güney yarıkürelere dağılmış 30 kadar bu türden ve daha yüksek enerjilerde duyarlı gamma işınları ve kozmik parçacık kaydı amaçlı gözlemevi vardır (11).

Çok yüksek foton enerjileri bölgesinde birden fazla gözlemevince kaydedilen nokta kaynaklar arasında Crab atarcası, Cyg X-3, Her X-1, Vela X-1, 4U0115+61 ve LMC X-4 X-ışın çift yıldızları ile M87 ve benzeri etkin gökadalalar vardır. Dikkat edileceği gibi, X-ışın çift yıldızları, bir sınıf olarak çok yüksek enerjilerde fotonlar yaratmaya yetenekli görünmektedirler. Gözlenen sinyallerin taşıdığı kimi olağandışı özellikler (örnek olarak, Cyg X-3 sinyallerinin gamma işın fotonlarının gerektirdiğinden fazla müonlar içermesi (12), Her X-1 sinyalinin sistemdeki nötron yıldızının dönme periodundan biraz farklı bir zamanlama göstermesi (13) ve gamma atılımının nötron yıldızının diğer yıldızca örtüldüğü bir evrede gözlenmesi (14) ... gösterilebilir) ve çoğu gözlemevlerince elde edilen sonuçların istatistiksel güvenilirliğinin 3 sigmanın üzerine bir türlü çıkamaması, sonuçların tekrarlanmasındaki zorluklar... bu enerjilerde ilk akla gelen önemli sorunlar olarak belirmektedir. Ancak, Whipple Gözlemevi araştırmacılarınca son zamanlarda ulaşılan 9 sigma güvenilirlikteki Crab atarcası gözlemleri ve bu gözlemlerin, diğer gözlemcilerinin raporları ışığında beklenenin aksine, atarca dönme periodu olan 33 milisaniyeyi göstermemesi, bu alanda da yeni gelişmelerin eşğinde olduğumuza işaret etmektedir.

1970-1982 yılları arasında Ankara ODTU Fizik Bölümünde de atmosferik floresans tetiklemeli, parçacıklara ve Çerenkov işığına duyarlı bir dizi sistem geliştirilerek işletilmiş (15,16) ve önemli kimi bulgular elde edilmiştir. Bunlar arasında 1972'de patlamış olan NGC5253 gökadası süpernovası ile ilgili kayıt ile 1973'te IMP-6 uydusu tarafından kaydedilen gamma işın patlaması ile hemzaman kayıt belirtilebilir (17). Ankara sisteminin kayıt eşik enerjisi 50 TeV civarındaydı. Başlatıcı fotonun veya dalga zarfının yönü 10-15 derece doğrulukla saptanabiliyordu. Bu bakımdan şimdiki duyuc sistemleri ile karşılaştırıldığında gerçekten "ilk-el" bir sistem söz konusudur. Ancak, 1970'lerde bütün dünyada, bu türden 2 veya 3 sistem vardı ve bu ilk el ilkel sistemlerin gelişkinlik düzeyleri genellikle Ankaradakilerden pek farklı değillerdi.

VI. Yeni Gelişmeler:

GRO ve GAMMA-1 uydu duyaçları önümüzdeki yıllarda gamma ışınları astrofiziğinin gündemini dolduracak önemli gözlemler yapacaklardır. Bunlardan ikincisi Temmuz 1990'da uzaya fırlatılarak, ekvatora yakın bir yörüngeye oturtulmuştur. İki yıl görev yapacağı planlanan GAMMA-1 bir Fransız-Sovyet ortak deneyidir. 100 keV'den 1 GeV'e kadar olan fotonlara duyarlı 3 ayrı duyaç sisteminden oluşan uydu ilk yılda öncelikle Samanyolu içindeki UGO tipi kaynakları gözleyecek ve Samanyolu diski hakkındaki bilgilerimizi arttıracaktır. 2. yılda ise SYO kaynaklar ve diğer hedefler taranacaktır. Uydunun duyarlılığı SAS-2'den 2 ila 5 kat daha iyidir. Uydu ayrıca x-ışınları bölgesinde uygulanan "kodlanmış maske" (coded mask) ile yön belirleme tekniğini gamma ışınları bölgesinde ilk kez deneyecektir.

NASA'nın Gamma Işınları Gözlemevi GRO ise, enerji duyarlılıkları 100 keV'den 30 GeV'e kadar uzanan bölgeyi 4 ayrı deneyle hemzaman olarak gözlemeyi hedefleyen çok gelişkin bir duyaçlar toplamıdır. Sistemi oluşturan 4 ayrı deney (OSSE, BATSE, COMPTEL ve EGRET), bunların ana hedefleri ve bunlara katılan araştırma grupları Tablo 1'de verilmektedir. Gözlemevi platformu, Şubat 1991'de ekvatorla 28 derecelik bir açı yapan oldukça eğik bir yörüngeye oturtulacaktır. Gözlem programının birinci yılı bütün-gökyüzü (all-sky) taramasına ayrılmıştır. İkinci yıl özel hedefler (UGO'lar, yakın gökadalara, diğer SYO kaynaklar..) ayrıntılı olarak gözlenecektir. GRO'nun hemzaman olarak gözleyeceği geniş yelpaze bölgesi, geliştirilmiş duyarlık, enerji ve açısal çözünüme gücü kadar, gamma ışınları için ilk kez yapılabilecek olan "kutuplanma" (polarization) seviyesi ölçümleri ile de GRO'nun bize yepyeni bilgiler ve sürprizler taşıması beklenmektedir (Şekil 5).

Gamma ışınlarının 10 GeV ile 1 TeV arasında kalan bölümü pratik olarak henüz gözlenmemiştir. Bu enerjiler bazı sert spektrumlu nokta kaynakları (2CG013+00, Geminga gibi) parlak olmaları bu bölgede incelemek ve yapılarını anlamak, SYO astronomide önemli bir sorun olan "karanlık madde"yi oluşturması parçacık fizikçilerince teklif edilen yeni ve "ekzotik" parçacıkların muhtemel bozunum ve dolaylı gözlenme bölgesi olarak öngörülmesi nedeni ile giderek önem kazanmaktadır. 1 GeV - 1 TeV enerji aralığı GTE bölgesi olarak da isimlendirilmektedir.

GTE bölgesinde duyarlı olacak bir dizi araç planlanmaktadır. Bunlardan biri olan ASTROGAM, NASA'nın 90'li yılların ikinci yarısında tamamlayacağı hesaplanan Uzay İstasyonu "Freedom" üzerine kurulmak üzere teklif edilmektedir. Uzay İstasyonu üzerine, temel fizik, plazma fiziği ve astrofizik deneyleri için kullanılacak (proje adı ASTROMAG) olan süperiletken bir miknatıs konuşlandırılacaktır. ASTROGAM, bu miknatısın manyetik alanının, gamma ışınından yaratılan çift için bir kütle spektrometresi olarak kullanımına dayanmaktadır. Miknatıs, 1 metreküp mertebesinde kullanım oylumuna ve 2 kilogauss civarında manyetik alana sahip olacaktır. Gamma ışınlarının ASTROGAM oylumu içinde yaratacağı çiftler, manyetik alan yardımıyla

ayrıştırılacak ve alan içindeki yörüngeleri "sürüklenme etkili tüpler" (drift tubes) 'den oluşan bir dizi katmanca çok hassas olarak takip edilecektir. Sonuçta, çift oluşumunun yeniden "inşası" (reconstruction), gamma ışınının yönünü 1 yay dakikasından daha hassas olarak, enerjisini de % 1 doğrulukla belirleme olanağı vermektedir. Bu deneye katılan araştırma grupları ile deneyin bazı temel özellikleri Tablo 2'den takip edilebilir (Şekil 6).

VII. Sonuç:

Önümüzdeki onyıllın gamma ışınları astrofizigi açısından çok verimli ve heyecanlı geçeceği açıktır. Elde edilecek bulguların, yalnızca astronomi ve astrofizik açısından değil, parçacık fizigi, kozmoloji ve genel bilimsel tartışma ortamı açılarından da çok önemli sonuçlar getirmesini beklemekteyiz. Yeni gözlem araçlarımızın duyarlılıkları ve bir dizi özelliği açısından geçmişteki benzerlerinde birkaç merteye daha gelişkin durumda olması, bir bölümü şu an öngörülemeyecek yeni bulgular ve sonuçlara hazır olamamızı bize hatırlatıyor...

VIII. Kaynakça:

- (1) Stecker, F., 1971, "Cosmic Gamma Rays", NASA SP-249.
- (2) Fichtel, C., Trombka, J., 1981, "Gamma Ray Astrophysics", NASA SP-453.
- (3) Ramana-Murty, P.V., Wolfendale, A., 1986, "Gamma Ray Astronomy", Cambridge University Press, Cambridge, England
- (4) Fichtel, C., Hartman, R., Thompson, D., Bertsch, D., Bignami, G., Ögelman, H., Özel, M.E., Tümer, T., 1975, Astrophys. J., 198, 163.
- (5) Swannenburg et al., (COS-B collaboration), 1981, Astrophys. J. L., 243, L69.
- (6) Bignami, G., Hermsen, W., 1983, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 21.
- (7) Özel, M.E., Berkhuijsen, E., 1987, Astron. Astrophys., 172, 378.
- (8) Özel, M.E., Fichtel, C., 1988, Astrophys. J., 335, 135
- (9) Akyüz, A., Broulliet, N., Özel, M.E., 1990, "M82 in gamma rays", hazırlanıyor.
- (10) TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubunca desteklenen TBAG-136 (1975), TBAG-227 (1976) ve TBAG-353 (1981) nolu projeler kesin raporları, Ankara.
- (11) "Techniques in ultra high energy gamma ray astronomy", 1985, 19. ICRC proceedings, special working group, Physics Department, University of Adelaide, Avustralya, s.111.
- (12) Dingus et al., 1988, Phys. Rev. Lett., 61, 1906.
- (13) Gorham et al., 1986, Astrophys. J., 309, 114.
- (14) Gorham et al., 1986, Astrophys. J. L., 308, L11.
- (15) Özel, M.E., "A particle density detector for detection of ultra high energy photon pulses from supernovae", 1972, M.Sc. Thesis, ODTU Fizik Bölümü.
- (16) Kızıloğlu, U., 1979, "An automated system for detection of atmospheric fluorescence pulses from supernovae", Ph.D. Thesis, ODTU Fizik Bölümü.
- (17) Ögelman, H., Kızıloğlu, U., Özel, M.E., 1973, "Uzayda oluşan kısa süreli patlamaların tesbiti", TÜBİTAK IV. Bilim Kongresi tebliği, 5-8 Kasım, Ankara.

E.DERMAN: γ 195+5 in ne olduğu hakkında zannedersen bir iki makale yayınlandı ama onun hakkında kesin bir şey söylemediniz.

M.ÖZEL: Söylemedim, çünkü ne olduğu konusunda fikir ve rivayet muhtelif ama gerçeği kimse bilmiyor. O konuda 1979 da bir radyo taramasını ben kendim yaptım ama ilginç olabilecek bir kaynak ne yazık ki bulamadım. Daha sonra çok daha duyarlı radyo taramaları yapıldı, yine sonuç olumsuz. Son olarak Einstein X-Işınları Gözlemevi'ni kullanarak İtalyan grubunun yaptığı taramalarda ortaya çıkmış bir X-ışın kaynağı var. Yani γ -ışın hata kutusunun içinde bir X-ışın kaynağı var ve İtalyanlara sorarsanız kesinlikle aday bu. Fakat daha sonra Almanların yaptığı radyo taramasında böyle önemsiz sayılabilecek bir kuasar çıktı, onlarda bunu iddia ediyor. Yani gerçekten γ ışınını yayan cismin diğer dalga boylarındaki bileşeni nedir? Onu kesin olarak bildiğimizi söyleyemeyiz.

E.DERMAN: Yani atarca mı? Kuasar mı belli değil.

M.ÖZEL: Belli değil.

TABLO 1:

GAMMA RAY OBSERVATORY: DENEYLER, GRUPLAR, HEDEFLER

I. OSSE: Oriented Scintillation Spectrometer Experiment
(Yönlendirilmiş Sintilasyon Spektrometresi)

Naval Research Laboratory (NRL) araştırmacıları Kurfes ve arkadaşlarının hazırlanmış olan deney 0.1-10 MeV gamma isinlerine duyarlıdır. 4 adet NaI "phoswich" sistemi, 3.8 x 11.4 derecekare'lik bir görüş alanına sahiptir. Enerji saptamadaki hatası % 8 civarındadır. Gamma isin çizgilerini, yaygın isinmayı, güneşten gelen gamma isinleri ile nötronları gözleyecektir.

II. BATSE: Burst and Transient Source Experiment
(Kozmik patlamalar ve geçici kaynaklar deneyi)

Marshal Space Flight Center araştırmacıları Fishman ve arkadaşlarının sorumluluğunda bulunan deney 20 keV - 30MeV arası duyarlı bir spektrometre ile 50 keV - 1 MeV arasına duyarlı bir geniş alanlı, bütün uzayı aynı anda görebilen 8 adet NaI(Tl) temelli sintilasyon duyucudan oluşmaktadır. Yönü ve zamanı önceden bilinmeyen gamma isin patlamaları ile geçici kaynakların yönünü ve spektrumlarını saptamayı hedeflemektedir.

III. COMPTEL: Imaging Compton Telescope
(Görüntüleyici "çift-saçımlı" Compton Teleskopu)

Max Planck Extraterrestrische Physik, Münih (Fed. Almanya), Univ. of New Hampshire, Durham, (USA), Lab. for Space Research, Leiden (Hollanda) ve ESA Space Science Department, Noordwijk (Hollanda) tarafından ortak olarak yürütülen bu deneyin yönetmenliğini Dr.V.Schönfelder (Münih) üstlenmiştir. 1-30 MeV enerjili gamma isinlerine duyarlı olan teleskop, 1 steradyanlık olay kabul açısı (Field of View,FOV) ile 1-2 derece mertebesinde yön saptama gücüne sahiptir. Enerji tayini % 5-8 arasında hata ile yapılabilmektedir. Noktasal gamma isin kaynakları, yaygın evrensel isinma, güneşten gelen gammalar ve gökada-içi yaygın isinma başlıca gözlem hedefleri arasındadır. Ayrıca, deney, gelen gamma isinlerinin polarizasyon yönünü saptayabilecek kabiliyettedir ki gamma isinlerinde polarizasyon ölçümleri ilk kez mümkün olacaktır.

IV. EGRET: Energetic Gamma Ray Experiment Telescope
(Yüksek enerjili gamma isinleri deney teleskopu)

Bas sorumluluğunu Dr.C.Fichtel'in (GSFC) üstlendiği bu deney, Goddard Space Flight Center, Max Planck Extraterrestrische Physik (Münih) ve Stanford University (USA) tarafından ortaklaşa yürütülmektedir. 20 MeV - 30 GeV arasındaki gamma isinlerini hedef alan deney, kivilcim odalarına ek olarak, enerji tayini için NaI(Tl)'lar da kullanılmaktadır. Açısal çözme gücü 1/2 derece kadar olup görüş açısı (FOV) 45 derecedir. Gözlem hedefleri Comptel deneyi ile oldukça çakışmaktadır. Yakın gökadaların gözlemleri ve bütün gökyüzü taraması ayrıca belirtilmeye değer.

ASTROGAM: GAMMA RAY ASTRONOMY WITH A MAGNETIC RIGIDITY SPECTROMETERI. Deneye katılanlar:

J.H. Adams, Jr.¹, S.P. Ahlen², L.M. Barbier³, J.J. Beatty², P. Carlson⁴,
 H.J. Crawford⁵, R.L. Golden⁶, K.E. Krombel⁷, R.C. Lamb⁸,
 J. Lloyd-Evans⁹, A.A. Mari², J.F. Ormes³, M.E. Özel¹⁰, G.F. Smoot⁵,
 R.E. Streitmatter³, A.J. Tytko¹, B. Zhou²

II. Katılan kurumlar:

¹E.O. Hulburt Center for Space Research, Naval Research Laboratory,
 Washington, DC 20375-5000 USA

²Boston University, Boston, MA 02215 USA

³NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD 20771 USA

⁴Manne Siegbahn Institute of Physics, Stockholm, Sweden

⁵University of California at Berkeley, Berkeley, CA 94720 USA

⁶New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003 USA

⁷Universities Space Research Association, Columbia MD 21044 USA

⁸Iowa State University, Ames, IA 50011 USA

⁹University of Southampton, Southampton SO9 5HH UK

¹⁰Cukurova University, Adana 01330 Turkey

III. Abstract

We present a new concept for a high energy gamma ray telescope with an extended energy range and excellent energy and angular resolution. Astrogam is a pair production telescope which was designed to use the magnetic field of the Space Station Freedom Astromag facility to separate the e^+e^- pair and accurately measure the momentum of each particle (Eichler and Adams 1987). Astrogam will extend spectral measurements to higher energies, thus closing the gap between satellite and ground-based observations.

V. Astrogam Parameters

Energy Range: 100 MeV to 1 TeV

Source Location Precision: 5-10 arcsec (bright sources)

Single Photon Angular Resolution: 20 arcmin (at 2 GeV)

Energy Resolution: 1% (1 to 100 GeV).

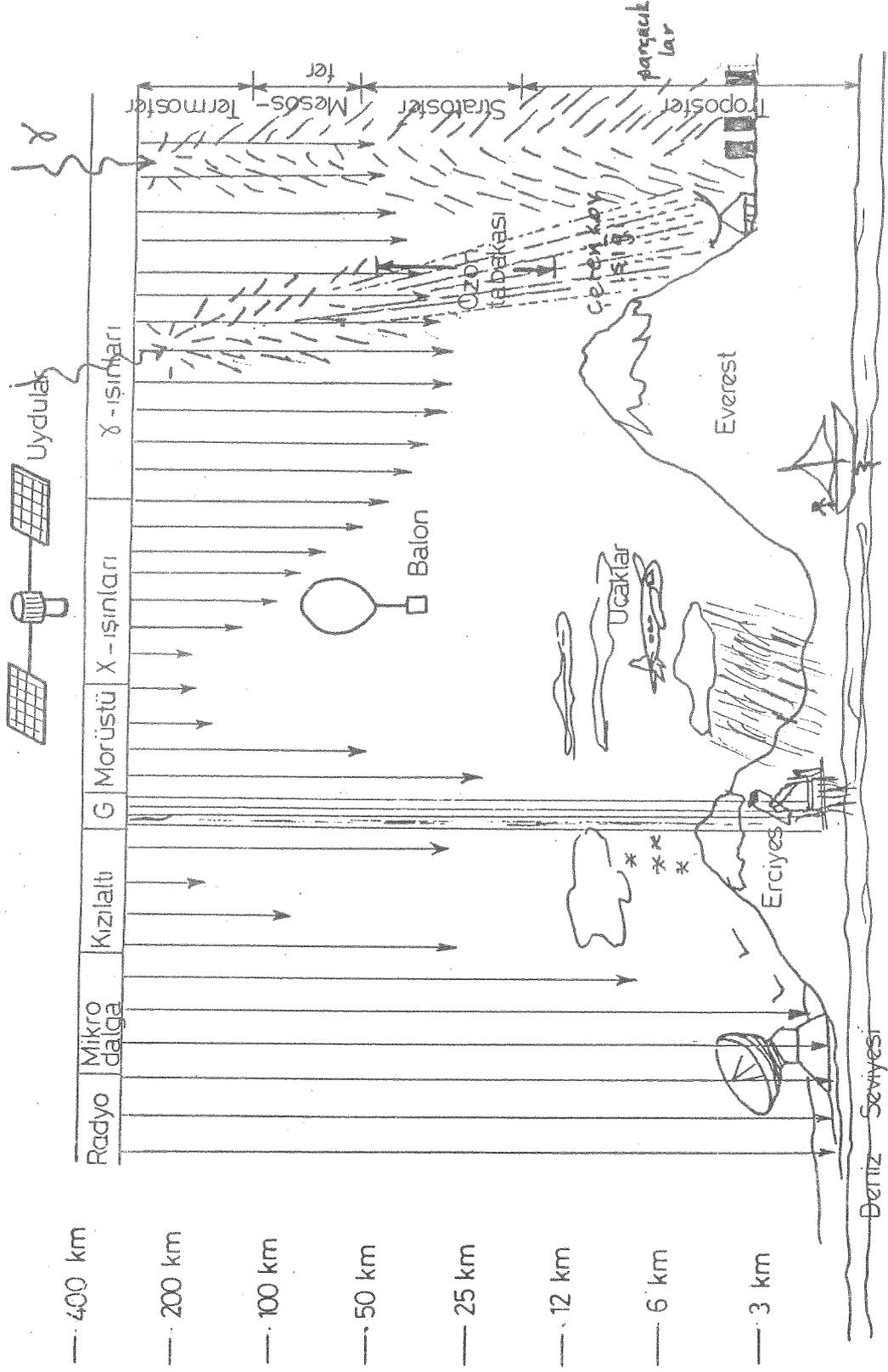
Geometry Factor - Efficiency Product: 7000 cm²-sr

Equivalent Area¹ for a Point Source: 500 cm² (at 40° declination)

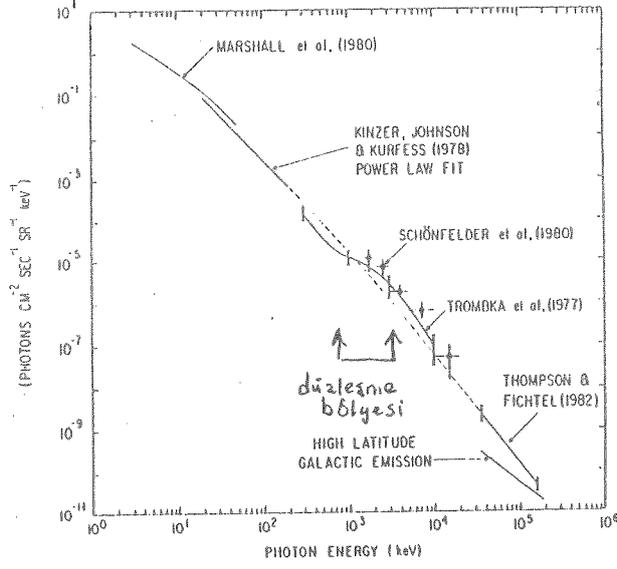
Field of View: 70° FWHM

Arrival Time Precision: 0.1 ms

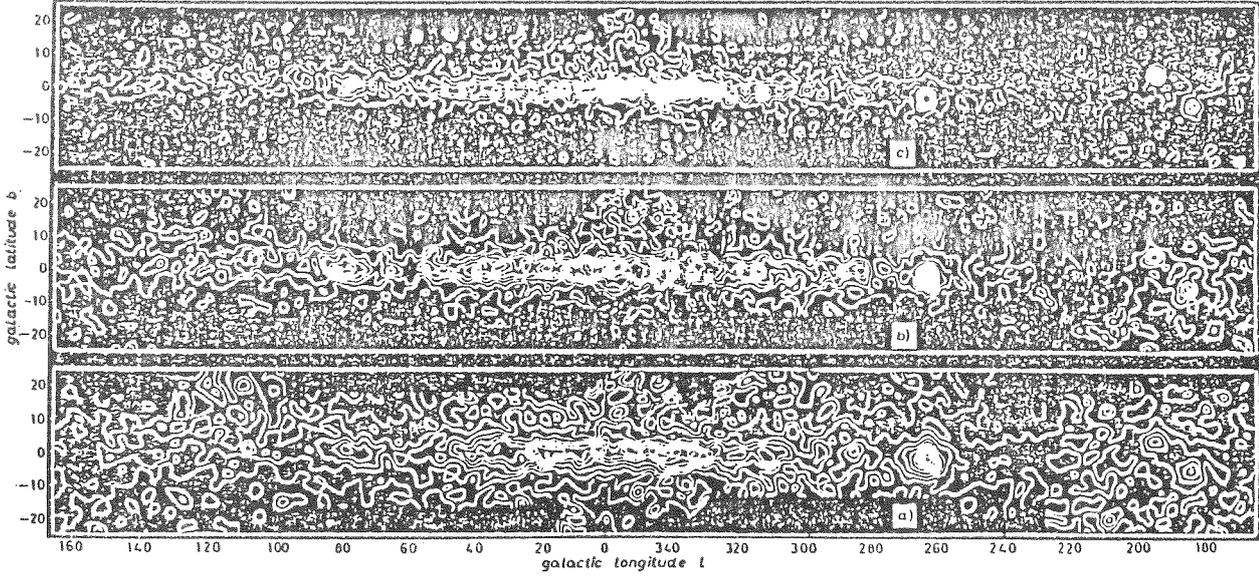
¹ Astrogam is a scanning instrument which surveys the entire celestial sphere. It observes a particular source only part of the time, with a collecting area which depends upon the declination of the source. The "equivalent" area is that of an instrument which would collect as many photons as Astrogam by always pointing exactly at the source and detecting every incident photon.



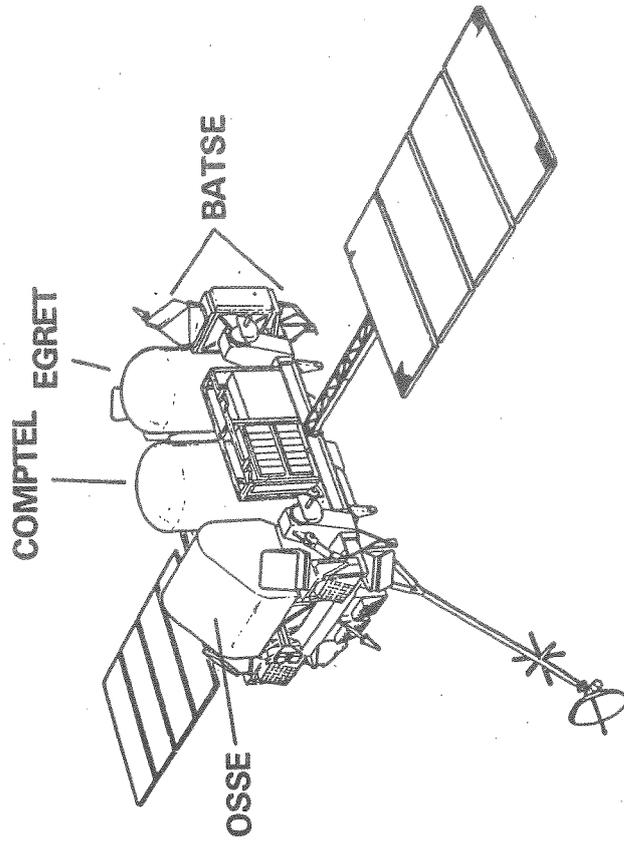
Şekil 2. Elektromanyetik yelpazede isımanın ulaştığı derinlikler.
(Yükseklik ölçeği lineer değildir.)



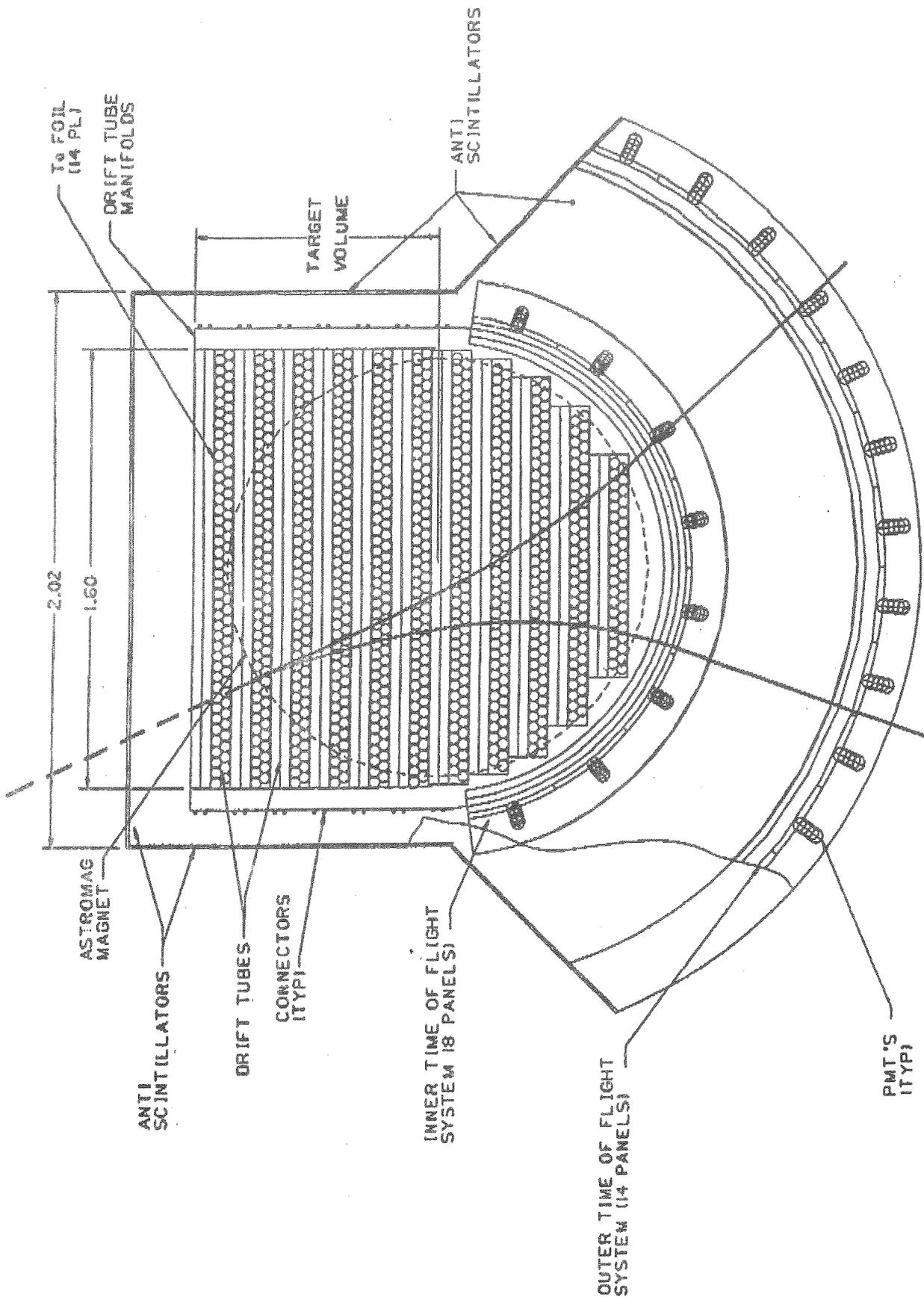
Şekil 3. Evrensel yaygın gama ışınması foton spektrumu



Şekil 4. Üç enerji bölgesinde Samanyolu γ -ışın eş şiddet çizgileri. (a) 0-150 MeV, (b) 150-300 MeV, (c) 300 MeV-5 GeV. COS-B duyucunun açısal çözme gücündeki enerjiye bağlılık göze çanpmaktadır.



Sekil 5: GAO, perspektif



FRONT VIEW

Sekil 6: ASTROGAM, kesit.

