

ÇEKİMSEL MERCEKLER, EVREN'İN DEV TELESKOPLARI

Dr. Osman DEMİRCAN *

Gökbilimde teleskobumuz ne kadar büyük olursa, Evren'in teleskobu doğrulttuğumuz noktasından o kadar fazla ışık (ya da başka tür erke) toplayabilir, dolayısıyla incelemede ayrıntılara inebilir, daha da önemlisi Evren'in daha derinlerdeki sönük cisimleri görme, inceleme olanağı buluruz. Gözleyebildiğimiz evrenin büyüklüğü ve topladığımız bilginin doğruluğu teleskobumuzun büyüklüğü ile orantılıdır. Çıplak gözle gözlenen Evren'in yarıçapı 2×10^{19} km. yi aşmadığı halde bugün büyük radyo teleskoplarla bu sınır 10^{21} km. ye çıkarılmış yani 10.000 kez genişletilmiştir. Evren'in daha derinliklerini görmek istersek daha büyük teleskoplara gereksinim vardır. Bunun yanında, Evren'in gözlemek istediğimiz derinliklerinde ne kadar büyük yapıları ve ne kadar fazla erke yeyan gökcsiml varsa onları gözleyebilme şansımız o kadar fazla olur. Daha büyük teleskopların yapımı teknik ve ekonominin izin verdiği ölçüde mümkündür. O halde, daha büyük teleskopların yapımı için teknik ve ekonominin gelişmesini mi bekleyeceğiz? Hayır. Son yıllarda, Evren'de galaksi hatta bir galaksi kümesi büyüklüğünde inanılmaz dev mercekle rin bulunduğu keşfedilmiştir. Bundan böyle, gökbilimciler bu dev teleskoplardan yararlanacaklardır.

1919 yılında bir tam Güneş tutulması anında Güneş'in çok yakınındaki bir yıldız ışığının çekim etkisiyle 1.75 açı saniyesi sapma gösterdiği gözlenmişti. Olaydan etkilenen Çekoslovakyalı bir mühendis: Mandl, Evren'de büyük kütlelerin birer merce k gibi davranabileceğini düşünmüş ve bu düşüncesini Einstein'e bildirmiş. Einstein yaptığı çalışma sonunda bu tür çekimsel merceklerin var olabileceği; fakat bunların gözleme olasılığının çok zayıf olduğu yargısına

Evrende yayılan ışınım saniye-
de 300.000 km. yol alan foton adlı
parçacıklardan oluşan erke paket-
leridir. Bu erke paketleri büyük
kütleli gökcsimlerinin yakınından
geçtiklerinde Einstein'ın genel gö-
recelik kuramına göre yollarını de-
ğiştirirler. Einstein'ın evren anlayı-
şında uzay ve zamanın eğriselliği
buradan kaynaklanmaktadır. Işını-
mın yolunu değiştiren büyük kütleli
cisim bir galaksi ya da galaksi kü-
mesi ise, tıpkı ince kenarlı bir mer-
cek gibi davranır ve gökcsimleri-
nin daha parlak ve daha büyük gö-
rüntülerini oluşturarak Evren'in da-
ha derinliklerini görmemizi sağlar.

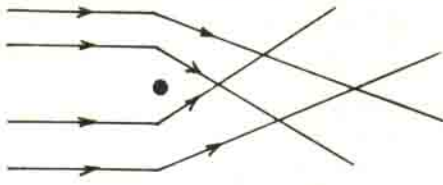
varmıştır (1). Büyük bir kütlelin çekimsel mer-
cek etkisi, kütlelin büyüklüğüne ve ışınımın ge-
çiş uzaklığına bağlıdır. Kütle çok büyük ve ışı-
nım çok yakından geçiyorsa, çekim alanından
kurtulamayıp büyük kütle tarafından soğrulabi-
lir (Şekil 1). Çekimsel merce k bir galaksi ya
da galaksi kümesi ise, yani içinden ışınım ge-
çebiliyorsa tıpkı ince kenarlı bir merce k gibi
davranır. Aksi halde, ışınımın bir odak noktası
oluşmaz buna karşın farklı büyüklük ve parlak-
lıklarda gerçek olmayan görüntüler oluşur (Şe-
kil 2a, b).

Einstein'den sonra, çekimsel mercekler ve
onların gözlenebilme olasılıkları üzerine birkaç
çalışma daha yapıldı. Bu çalışmalardan en önem-
lisi S. Liebes'inkidir (2). Farklı uzaklıklarda iki
gökcismi yerle aynı ya da yakın doğrultuda
bulunursa, aradaki cisim çekimsel merce k ro-
fünü oynar. Uzak cisim nokta kaynağa dünya-

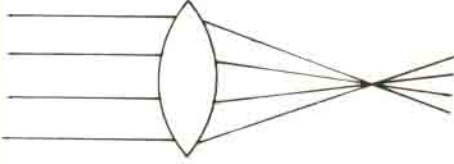


Şekil 1. m kütlelinin yakınından
geçen ışınım kütlelin büyüklüğüne ve
geçiş uzaklığına bağlı olarak yolunu de-
ğiştirir; hatta çekim alanından kurtulama-
yıp büyük kütleli tarafından soğrulabilir.

* ODTÜ Fizik Bölümü



(a)



(b)

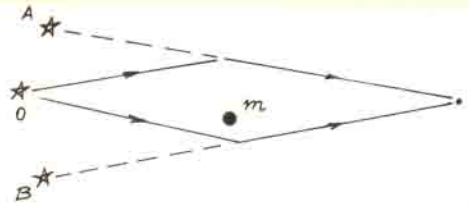
Şekil 2. Çekimsel mercek (a) bir nokta kaynağa etkilenen ışınım bir odak noktası oluşturmaz, farklı büyüklük ve parlaklıklarda gerçek olmayan görüntüler oluşur. (b) içinden ışınım geçebilen galaksi ya da galaksi kümesi gibi yaygın bir şekle sahipse tıpkı yakınsak bir mercek gibi davranır.

daki bir gözlemciye aynı düzlemde iki doğrultuda ışık gelebilir. Gözlemci, gerçek cisim yerine onun gerçek olmayan iki görüntüsünü görür (Şekil 3). Eğer uzak cisim bir nokta değil; fakat bir şekle sahipse örneğin küresel ise, çekimsel mercekten olan durumuna göre Şekil 4, c ya da d'de olduğu gibi gözlenir. Görüntünün şekli, büyüklüğü ve parlaklığı gerçek cismin şekli, büyüklük ve parlaklığından farklı olur ve bu farklılık çekimsel merceğe ve uzak cisme ait bazı parametrelerin bilinmesi halinde önceden hesaplanabilir. Profesör S. Liebes'e göre: örneğin, 10.000 ve 5.000 ışık yılı uzaklıklarda Dünya ile aynı doğrultuda Güneş benzeri iki yıldız olsa, ortadaki yıldız mercek görevini görür ve 10.000 ışık yılı uzaktaki yıldızın görüntüsü büyüklük olarak çapta milyonda bir derece arttığı halde (yerden yine nokta kaynak olarak gözlemlenebilir) parlaklığı 2.000 kez artmış olur.

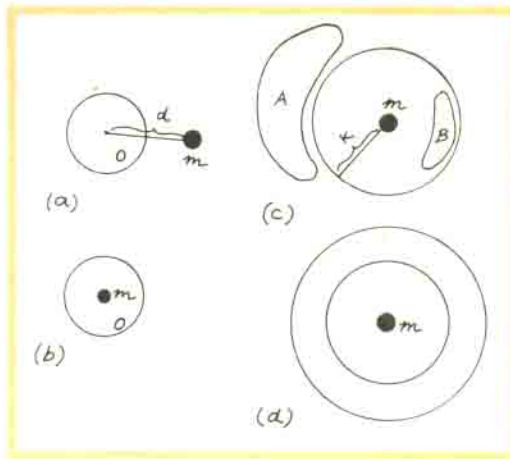
Samanyolu dediğimiz galaksimizde bir milyar kadar yıldız gözlemlenebilir. Bütün bu yıldızlar hareket halinde olduğundan yer ve iki yıldızın bir doğrultuya gelme şansı ve şansın

oluştugu süre küçüktür. Örneğin, galaksimiz içinde bir yıldızın parlaklığını bin kat arttıracak çekimsel mercek etkili ortalama 100 yılda bir oluşur ve olay sadece 12 saat sürer. Yıldız parlaklığını 10 kat arttıracak bir çekimsel mercek etkisinin oluşmasını beklersek bu, galaksimiz içinde yılda bir oluşabilir ve olay iki ay sürer. Liebes'in hesapları göstermektedir ki, bir milyar yıldız içinden bu şansın oluştuğu yıldızı zamanında gözleyebilme şansı çok küçüktür. Aynı olayı yakın küresel kümelerde ve galaksilerde gözleme şansı da oldukça küçüktür. Olayı Evren'de daha büyük ölçekli düşünüp, galaksiler arası çekimsel mercek etkisini dikkate alırsak, galaksi kütlelerinin ve aralarındaki uzaklıkların büyük olması nedeniyle mercek etkisinin daha güçlü olması gerektiği ortaya çıkar. Çekimsel mercek milyonlarca yıldızdan oluşan büyük bir galaksi ise, içinden ışık geçebildiği için, ışığı odaklama özelliği gösterir ve gösterilmiştir ki, (3) böyle dev bir mercek tek sayıda görüntü verir, yani görüntü sayısı 2, 4, 6,... olamaz.

Evren'in derinliklerinde gözlenen ve bilinen en parlak galaksiden 100 kat daha fazla ışık yayan yıldızimsi cisimler (quasar veya kısaca QSO) bugün inanılıyor ki, henüz oluşan çok aktif galaksi çekirdekleridir ve bu cisimlerin fazla parlaklıklarının nedeni çekimsel mercek etkisi değildir. Bugün bilinen 1.500 kadar QSO içinde 1.548 + 115 A ve B olarak gözlenen iki QSO incelendiğinde bunlardan 1.548 + 115 B'nin A ya göre çok daha uzak olduğu ve 1.548 + 115 A galaksisinin çekimsel mercek rolü oynadığı görüldü (4). Şekil 4 (c) ye göre gözlenen 1.548 + 115 B adlı QSO aslında bir galaksi çekirdeğinin A görüntüsüdür, sönük olan B görüntüsü gözlenemez K açısı (Şekle bakınız) bu çift



Şekil 3. Yer ve m kütesiyle hemen hemen aynı doğrultuda olan O yıldızından yerdeki bir gözlemciye iki ayrı doğrultuda ışınım gelir. Gözlemci, O yıldızını gözleyemez onun yerine A ve B görüntülerini gözleyebilir.



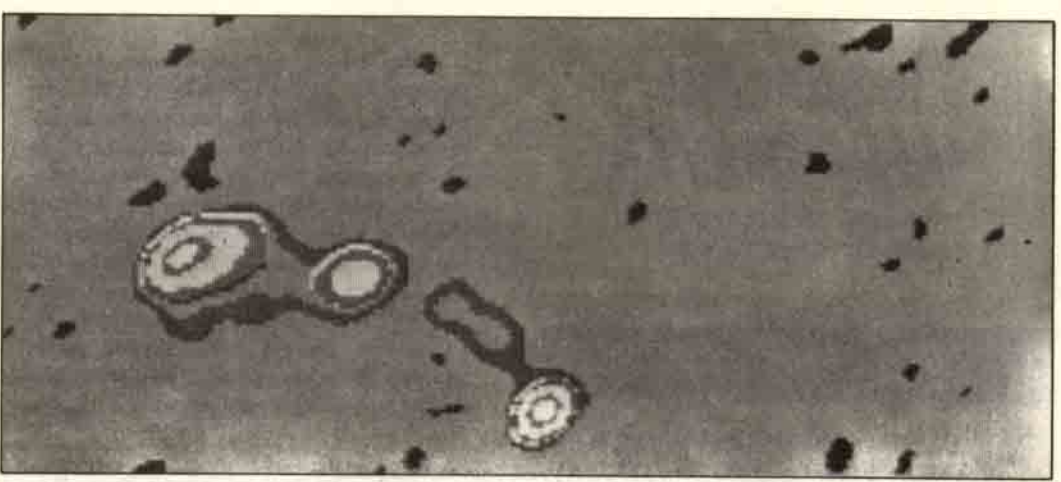
Şekil 4. Yerden görünüşü (a) ve (b) deki gibi olan küresel bir gök cismini daha yakınındaki m kütesinin çekimsel mercek etkisi altında (c) ve (d) deki gibi görünür. (c) de A görüntüsü K yarıçaplı çemberin içinde, B görüntüsü de dışında olamaz. Gerçek gök cisimleri arasındaki görünür uzaklık arttıkça B görüntüsü küçülüp sönükleşirken A görüntüsü büyüyüp parlaklaşır.

OSO için 5 aç. saniyesinden küçüktür. Yapılan hesaplar göstermiştir ki, $1548 + 115$ A'nın kütlesi 7×10^{12} güneş kütlesi kadardır. Bu, büyük bir galaksi kütlesidir. Böylece, ilk kez QSO'ların birer galaksiyi temsil edebileceği gösterilmiştir.

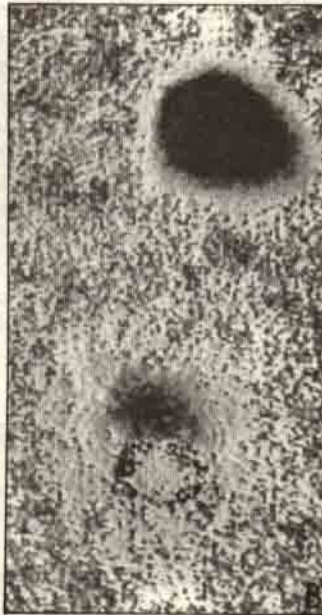
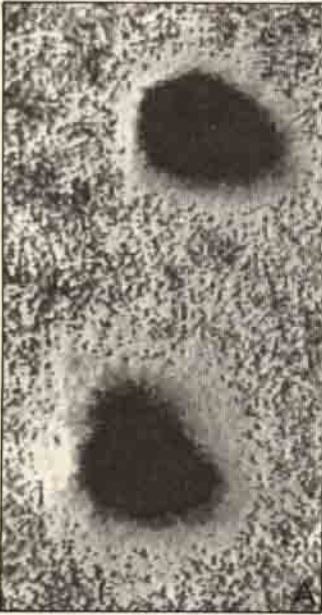
Çekimsel mercek etkisinin olduğu ikinci OSO çiftinin varlığı Mayıs 1979'da İngiliz bilim dergisi "Nature" da duyuruldu. Kitt Peak Gözlemevi'nde 29 Mart 1979'da yapılan gözlemlere göre $0957 + 561$ A ve B olarak bilinen iki OSO bize aynı uzaklıkta, aynı yapıda bulunmakta ve bizden saniyede 210.000 km. hızla uzaklaşmaktadır. Aralarındaki 6 aç. saniyesi olan görünür uzaklık aslında 200 bin ışık yılıdır. Aynı yapıya sahip çift yıldızların varlığı gibi bu iki OSO aynı zamanda oluşmuş beraber aynı ortamda gelişmiş aynı yapıya sahip bir OSO çifti olabilir; fakat tayftaki soğurma çizgileri incelendiğinde açıklama yetersiz kalıyordu. $0957 + 561$ A ve B OSO bileşenleri için aynı olan soğurma çizgileri acaba yer ile OSO çifti arasındaki bir maddeye mi aitti? Bazılarına göre soğurma çizgilerinin olduğu bu madde OSO'lerden biri tarafından atılan gaz kütlesi, başka bir

grup astrofizikçiye göre, büyük patlamadan kalan evren boşluğundaki bir madde kümesi idi. Üçüncü bir görüşe göre de, soğurmayı oluşturan madde OSO çifti ile yer arasındaki bir galaksiyi saran gaz bulutuydu.

Gözlemsel verilerle soğurmayı oluşturan bulutun yarıçapı 575.000 ışık yılı ve kütlesi de 10^{12} Güneş kütlesi yani bizim galaksimizin 10 katı bir kütleye sahip olduğu bulundu. Böyle bir maddenin $0957 + 561$ A ya da B OSO'su tarafından atılmış olma olasılığı yok gibidir. Tayfsal gözlemlerin duyarlılığı 10 kat artırılınca, soğurma çizgilerinin QSO'ların kendinde olduğu anlaşıldı. Aynı yapıda iki OSO'nun yan yana varlığı olasılığı çok zayıf olduğundan bunların çekimsel mercek etkisiyle oluşan gerçek bir OSO'nun iki görüntüsü olabileceği ileri sürüldü. Böyle ise, çekimsel mercek etkisini oluşturan ara kütle gözlenebilmeliydi; fakat böyle bir ara maddenin varlığını gösteren hiçbir belirti yoktu. OSO çifti Güneş bölgesine geldiğinden, Haziran-Kasım 1979 ayları arasında optik gözlem yapılamadı. 23-24 Haziran 1979'da OSO çiftine karşı gelen iki radyo kaynağı ve ortada bir başka radyo kaynağı keşfedildi. Bu yeni kaynak, çekimsel mercek rolünü oynayan galaksi olabirdi. Bundan başka, A'nın yakınında B de eş olmayan iki sönük radyo kaynağı daha gözlemlendi. Eğer çekimsel mercek etkisi varsa, bu iki kaynağın B yakınında niye eşleri yoktu? Bu iki kaynak OSO çifti aynı doğrultuda fakat Güneş'e çok daha yakın ise, yani çekimsel mercek ile yer arasında ise görüntüler gerçektir ve B yakınında eş görüntü olmaz. Radyo gözlemciler OSO çiftinin gerçek çift olduğu çekimsel mercek etkisiyle oluşmuş görüntüler olmadığı yargısına vardılar. Kasım 1979'dan itibaren çiftin tekrar optik olarak gözleme olanağı doğunca fotoğrafik olarak çekimsel mercek aranmaya başlandı. Üstün gözlemsel ve kuramsal bilgiye sahip olan bir grup (Hale grubu) Mounth Palomar Gözlemevi'nin 5 m. lik teleskobuna taktıkları dünyanın en duyarlı CCD alıcısıya 15 Kasım 1979'da yaptıkları iki saatlik gözlem sonunda, B görüntüsünün uzamış olduğunu dolayısıyla iki cisimden oluşmuş olabileceğini gördüler. 29 Kasım 1979'da Hawaii Adasında 4.200 m. lik Mauna Kea tepesindeki 2.2 m. lik teleskopla alınan bir seri fotoğrafta B görüntüsünün kuzeyindeki cisim (çekimsel mercek) oldukça belirliydi (Şekil 5). OSO çifti için kırmızıya kayma 1.4 iken çekimsel mercek galaksi için bu 0.4 ölçüldü. Bu durumda, galaksi iki görüntüsünü gördüğümüz gerçek bir OSO ile Güneş dizgesinin hemen hemen tam ortasındaydı. Hale grubu mer-



0957 + 561 kuasarının çift görüntüsünün, VLA radyoteleskop sistemini kullanarak altı santimetre dalgaboyunda yapılan haritası görülmektedir. En önemli sonuç yukarıdaki görüntünün iki kaynağa ayrılmasıdır.



Solda, gerçek bir Kuasar'ın bir çekimsel mercekle tarafından oluşturulan iki görüntüsü, 0957 + 561, A ve B. Görüntülerin sağ alta doğru uzaması teleskop optiğindeki hatadandır. Alt görüntünün yukarı uzantısı ise, çekimsel mercekle rolünü görünmesi sağlamıştır. Fotoğraf Hawaii, oynayan aynı doğrultudaki ara galaksiye aittir. Sağ alt görüntüde toplam parlaklıktan quasar görüntü parlaklığı çıkarılarak çekimsel mercekle galaksinin daha iyi görünmesi sağlanmıştır. Fotoğraf Hawaii'deki Mauna Kea Gözlemevi'nin 2.2 m. lik teleskobuyla elde edilmiştir.

cek etkisiyle ilgili tüm sorunları inandırıcı biçimde cevaplandırdı. Mercek galaksi aslında 60 kadar galaksiden oluşan büyük bir kümenin üyesi durumundaydı.

Böylece Einstein'ın bir zaman gözleme şansı çok zayıf dediği olay bu günün tekniği ve insanlığın bilinmeyenleri bilme hırsları karşısında kısa sürede çözümlenmiş oluyor ve sonuç ola-

rakta dört bilimsel gerçek kanıtlanmış olarak ortaya konuyordu: (i) yıldızımız maddeler (QSO) kesinlikle galaksimiz içinde değil fakat kozmolojik uzaklıkta gök cisimleridir, (ii) tayf çizgilerinin kırmızıya kayması tamamen gök cisimlerinin bizden uzaklaşmalarının, Evren'in genişlemesinin sonucudur. (iii) Evren'de çekimsel mercek etkisi gerçekten vardır. (iv) genel görecelik kuramı Evren'in her yerinde geçerlidir.