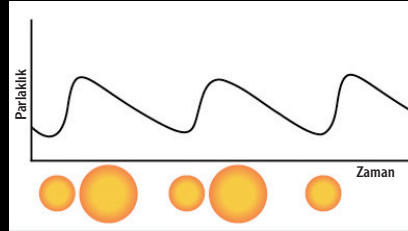


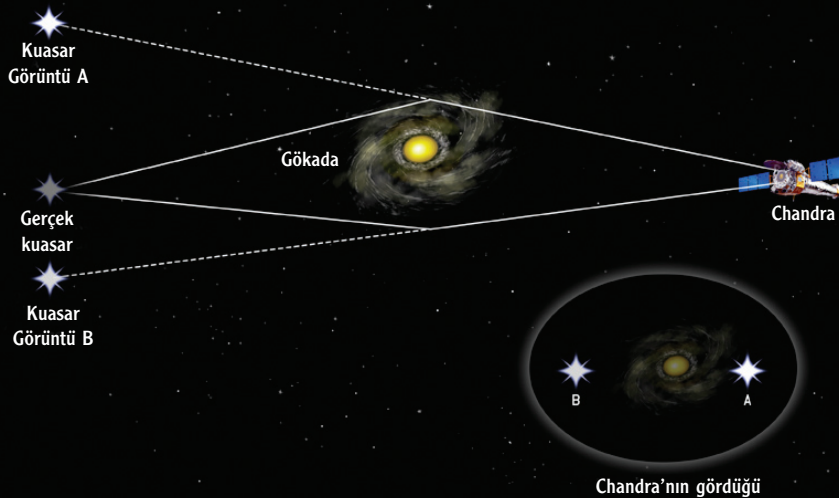
Andromeda'nın Uzaklığı ve Hesaplama Yöntemleri

Gökbilimciler gökadamız Samanyolu'nun büyük kardeşi Andromeda'ya olan uzaklığının ilk kez doğrudan ölçümlerle belirlediler. Andromeda'nın sarmal kollarından birinde, üyeleri ortak bir kütleçekim merkezi çevresinde dolarken birbirlerini periyodik olarak perdeleyen bir ikili yıldız sistemini inceleyen araştırmacılar, gökadamızın uzaklığını 0,14 milyon ışık yılı hata payıyla 2,52 milyon ışık yılı olarak belirlediler. Bu değer, daha önce Cepheid (Sefeid) değişkenleri diye tanıyan yıldızların ışığındaki değişimlere göre çıkarılan 2,5 milyon ışık yılı uzaklık değeriyle örtüşüyor. İlk kez kendi gökadamız içinde, gökyüzünün Cepheus (Kral Tacı) Takımıydığı bölgede bulunduğu için Cepheid diye adlandırılan yıldızlar, ömürlerinin sonuna yaklaşmış bir kararsızlık evresine giren ve dü-

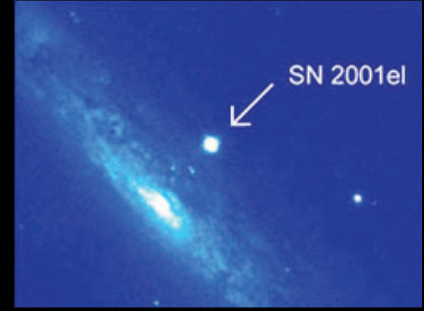
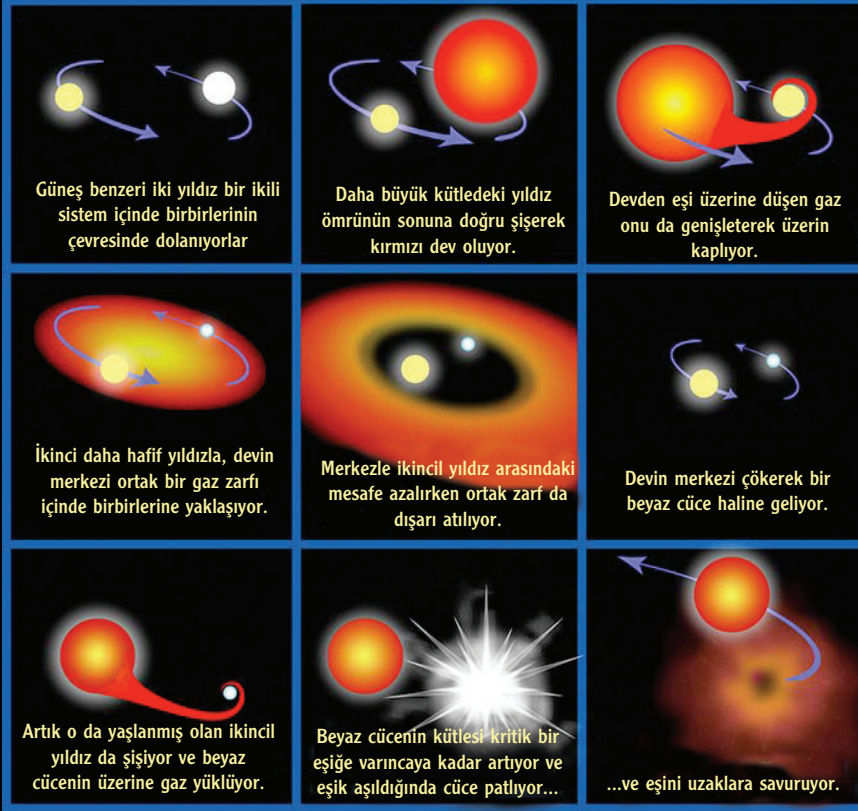
zenli aralıklarla "zonklamaya" başlayan yıldızlar. Bunlar şişip büzüstükçe, yüzeylerinin parlaklığı da düzenli aralıklarla değişiyor. 1930'lu yıllarda gökbilimciler, ışıktaki bu değişim periyodunun, yıldızın kütlesiyle (dolayısıyla da mutlak parlaklığıyla) doğrudan orantılı olduğunu belirlediler. Aynı kütledeki yıldızların ışığı, tayf ölçümlerinde aynı değerleri verirler. Böyle olunca da yıldızların kütleleri, yaydıkları ışığın dalga boyundan



ölçülebilir ve yıldızlar büyükten küçüğe, sıcaktan soğuğa ve kısa ömürden (birkaç milyon yıl) uzun ömüre (birkaç trilyon yıl) doğru Mavi (O ve B sınıfı), Beyaz (A sınıfı) Sarı-Beyaz (F sınıfı) Sarı (G sınıfı = Güneşimizin benzerleri), Turuncu (K) ve Kırmızı (M) sınıflara ayrılırlar. Belli kütledeki yıldızların sahip oldukları parlaklığa içsel ya da mutlak parlaklık deniyor. Kütleyle bağlı bu parlaklık (ve renk) yıldızın merkezindeki nükleer tepkimelerin ve yıldızın bulunduğu evrim noktasının (ömürünün) bir ürünü. Bir başka deyişle, aynı kütledeki ve aynı yaştaki yıldızların merkezleri de aynı miktarda enerji ürettiklerinden parlaklık ve renkleri aynı oluyor. İlerleyen yaşlardaki davranışları da (zonklama periyotları) aynı oluyor. Ama yıldızların bir de görünen parlaklıkları var, ki bu da mesafeye göre değişiyor. Örneğin, aynı tayf özelliklerine sahip (dolayısıyla aynı parlaklıkta olması gereken) iki yıldızdan biri bize daha soluk görünüyorsa, bu daha uzakta olduğunun işareti. Ömürünün sonuna yaklaşmış yıldızların zonklama periyotlarının kütleleriyle (ve mutlak parlaklıklarıyla) orantılı olduğunu görmüştük. O halde uzaktaki bir gökadamızda ışığı belli bir periyotta salınım yapan (yani şişme ve büzüşme evreleri nedeniyle "zonklayan") yıldız bakarak onun mutlak parlaklığını belirleyebiliriz. Bize ulaşan ışığın şiddetinden, yani görünür parlaklığından da bize olan uzaklığını, dolayısıyla da içinde bulunan gökadamızın uzaklığını aşağı yukarı doğru biçimde belirleyebiliriz. Bu nedenle Cepheid yıldızlar gökbilimcilerce, uzaklık ölçümlerine olanak sağlayan "standart ışık kaynağı" olarak nitelendiriliyorlar.



Tip Ia Süpernova Nasıl Oluşuyor?



Tip Ia süpernovalar öylesine şiddetli patlamalar ki, içinde buldukları gökadanın bile ışığını bastıran ışınlarını çok uzaklardan görülebiliyor.

yor ve şiddeti artıyor, yani mercekleşiyor. Bu etkiyi ve bazen özel durumların yarattığı etkileri (aynı gökadanın birden fazla görünüşünün oluşması; Ör: Einstein haçı, Einstein halkası, Einstein yayı vb.) inceleyen gökbilimciler, ışığın bize ulaşmak için katettiği yolu, dolayısıyla kaynağın uzaklığını hesaplayabiliyorlar.

Bir başka dolaylı uzaklık ölçme aracı da "kırmızıya kayma" denen etki. Yıldız ışığının tayfı içinde, ışık kaynağının (yıldız ya da gökada) içerdiği elementlerin yaydığı ya da soğuduğu belli çizgiler bulunur. Normalde elementin varlığı ve bolluğuna göre kalınlıkları değişen ve belli dalga boylarını gösteren bu çizgiler, ışık bize doğru yol alırken, evrenin genişlemesi nedeniyle tayf üzerinde hep birlikte olmaları gereken yerlerden kayarak daha uzun dalga boylarını gösteren renk bölgelerine (kırmızıya) doğru kayarlar. (Eğer kaynak bize doğru yaklaşıyor olsaydı mavi bölgeye kayacaktı.) Evren Büyük Patlama'dan beri sürekli genişlediği (ve son bulgulara göre ivmelenen hızla genişlediği) için bir gökada ne kadar uzaktaysa, bizden o kadar daha hızlı uzaklaşıyor demektir. Dolayısıyla uzak bir kaynağın tayfındaki kırmızıya kayma değerinden en uzak gökadalardan, yani bize ulaşan ışıkların erken yola çıkmış, yani en yaşlı gökadalardan, bir başka deyişle Büyük Patlama'dan sonra ilk oluşmuş gökadalardan uzaklıklarını (oluşma tarihlerini), bu kırmızıya kayma derecesinden çıkartabiliyoruz. 13,7 milyar yıl önce meydana gelmiş olan Büyük Patlama'dan 1 milyar yıl sonra oluşmuş dev gökada kümelerinin varlığı belirlenmiş olduğundan, gökbilimciler bunları oluşturan ilk yıldızların Büyük Patlama'dan yalnızca birkaç yüz milyon yıl sonra ortaya çıkmış olduğunu hesaplıyorlar. Karşılaştırmak için Güneşimiz, yaklaşık 4,6 milyar yaşında. Yani Büyük Patlama'dan yaklaşık 9 milyar yıl sonra meydana gelmiş, kendinden önce oluşmuş ve patlayarak yok olmuş yıldızların artıklarını içeren bir "ikinci kuşak" yıldız.

Andromeda'nın doğrudan yöntemlerle ve Cepheid değişkenleri ya da (çok daha kısa periyotlu olan ve adlarını Lyr, yani Çalgı Takımıyıldız bölgesindeki örneklerden alan) RR Lyrae yıldızlarındaki ışık sınımlarıyla belirlenen uzaklıklarının böylesine uyuşması, gökbilimcilere Cepheid değişkenlerinin, daha da uzak (örneğin Virgo gökadalardan kümesindeki) gökadalardan uzaklıklarının belirlenmesi için güvenilir araçlar olduğunu gösteriyor.

Ancak, Cepheid yönteminin kullanılabilmesi için uzak gökadalardaki yıldızların yer yüzündeki teleskoplarla ya da Hubble gibi uzay teleskoplarıyla tek tek belirlenebilmesi gerekiyor. Oysa görece yakın yerel gökada ya da yerel süperkümeye içindeki birkaç bin gökadanın dışındaki trilyonlarca gökada, yıldızları tek tek seçilemeyecek, kendileri de ancak belli belirsiz bir ışık kümesi ya da noktası olarak görülebilecek kadar uzakta. Dolayısıyla bunların uzaklığını belirlemek için başka "standart ışık kaynakları" gerekiyor.

Bunlardan biri, büyük kütleli yıldızların kısacık ömürlerini noktlayan normal süpernovalarından farklı olarak, Güneş benzeri bir yıldızın dış katmanlarını uzaya salarak açığa çıkan (Dünyamız boyutlarına kadar) sıkışmış sıcak merkezlerinin bir eş yıldızdan çaldığı

kütlenin, bir eşik değeri aşmasıyla meydana gelen ve Tip Ia diye adlandırılan süpernova türü. Kurama göre bir beyaz cüce, üzerinde 1,4 Güneş kütlesi kadar gaz biriktirdiğinde Tip Ia süpernova olarak patlamak zorunda. Dolayısıyla Tip Ia süpernovalar hep aynı kütleyle erişmiş beyaz cücelerden kaynaklanıyor. Bu nedenle patlamanın yaydığı ışığın şiddeti de aynı olmalı. Böyle olunca da bir Tip Ia süpernovanın (süpernovaların yaydığı ışığın tayfı, hangi tip olduğunu gösteriyor) bize görünen parlaklığı ne kadar soluk olursa, bu patlama ve içinde meydana geldiği gökada bize o kadar uzak demektir. İşte size bir standart ışık kaynağı daha... Üstelik Tip Ia süpernovalar çok şiddetli patlamalar olduklarından ve yaydıkları ışığın şiddeti, içinde yer aldıkları gökadanın toplam ışığını bile kısa süre için bastırıldığından, bunlar çok uzak gökadalarda da seçilebiliyor. Daha da uzak gökadalardan uzaklığını hesaplamakta kullanılan bir başka yöntemse "kütleçekimsel mercekleşmelerden yararlanma. Kütleler, Einstein'ın genel görelilik kuramına göre uzay zaman dokusunda bükülmeye neden oluyor. Dolayısıyla çok uzakta bulunan ve hatta bizim göremediğimiz bir gökadanın ışığı da, arada bulunan büyük bir kütle, örneğin bir gökada kümesinin büküldüğü uzay zaman bölgesinden geçerken yön değiştirir-