



Gök cisimlerinin kütleleri nasıl ölçülüyor? Bu kütleler tahmini kütleler mi yoksa kesin kütleler mi? (Örneğin; nötron yıldızlarının akıl almaz yoğunlukları ve kütleleri gibi)

Selçuk Mülazımoğlu

Bu soruyu daha da genişletmek mümkün. "Yıldızların bizden uzaklıkları ne kadar?" veya "çapları ne kadar?" ya da "yaşları ne?" gibi. Ama önce "tahmini" ile "kesin" arasından hangisini kullanmamız gerektiğine bir değinelim. Hiç bir fiziksel ölçüm kesin değildir. Önemli olan ölçümde yapılan hatanın ne kadar büyük olduğu. Bugün elektronun kütlelerini yaklaşık 10 milyonda bir kesinlikte biliyoruz. Bunu "elektronun kütlesi için tahminimiz gerçek değerinden en fazla 10 milyonda biri kadar farklı" şeklinde ifade etmek de mümkün. Hiç bir zaman elektronun kütlelerinin kesin değeri bu diyemeyiz.

Aynı şey yıldız kütleleri için de geçerli. Aradaki tek fark, yıldızlar için hata payının "biraz" büyük olması. Bazı yıldızlar için bu "biraz" gerçek değerle ölçülen arasında bir kaç kat fark olması anlamına gelebilir. Hata oranının bu kadar büyük olmasının tek nedeniyse yıldızların, bizim istediğimiz deney koşullarına sokulamaması. Fakat yeni yöntemler geliştirildikçe, bu hata payının gittikçe azaltılması mümkün. Örneğin, geçtiğimiz yüzyılın başında yapılan elektronun kütlesi ölçümleri %10 gibi hata içeriyordu. Tasarlanan yeni deneyler ve ölçüm aygıtlarının gelişmesi bu oranının gittikçe düşmesine neden oldu.

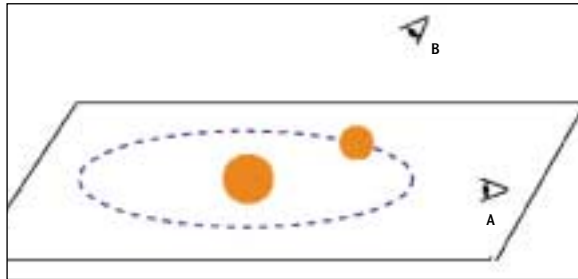
Bir yıldız hakkında edinebileceğimiz tek bilgi ondan bize ulaşan ışıkta yatıyor. Bu ışık tahmin edilebileceğinden daha fazla bilgi içeriyor. Yıldızın yüzey sıcaklığı, ışıktaki enerjinin değişik dalga boylarına dağılımından; yıldızın baktığımız doğrultudaki hızı, dalga boylarındaki Doppler kaymasından bulunabiliyor. Hatta bazı durumlarda ışığın parlaklığının zamanla değişmesi bile bize bir çok bilgi veriyor.

Gök cisimlerinin kütlelerini ölçmek için tek yol Newton'un kütle çekim yasasını kullanmaktan geçiyor. Bu da ancak kütlelerini ölçmek istediğiniz şeyin çevresinde dönen başka bir cisim varsa mümkün. Örneğin, Dünya'nın kütlelerini Ay'ın Dünya çevresindeki hareketinden, Güneş'in kütlelerini de Dünya ve diğer geze-

genlerin hareketinden bulmak mümkün. Eğer bir yıldızın çevresinde dolanan başka bir yıldız varsa kütlelerini ölçebiliriz. Bu tip yıldız çiftlerini bulmak büyük bir problem değil. Gök cisimlerinin %70'inin bir eşi ya da eşleri var.

Yıldız çiftini belirledikten sonra bazı ölçümler almanız gerekiyor. Bunlardan birisi hareketin periyodu. Yani yıldızlar birbirlerinin çevresindeki hareketlerini ne kadar zamanda tamamlıyorlar. Buna yıldız yılı da diyebiliriz. Genellikle bunu ölçmek büyük bir sorun değil. Bunun dışında ya yörüngenin çapını ya da yıldızların yörüngelerinde hangi hızla hareket ettiğini bilmek gerekiyor. Eğer periyotla beraber bunlardan birisini biliyorsanız, Newton'un kütle çekim yasasını kullanarak yıldızların kütlelerini hesaplamamız mümkün.

Yani iki ölçümle işi halledebiliriz gibi görünüyor değil mi? Pek değil. Bize yakın yıldız çiftlerinde her iki yıldız da ayırt edilebiliyor. Böyle bir durumda, önce iki yıldız arasındaki en büyük açıyı, sonra da çiftin Dünya'ya uzaklığını ölçerek yörün-



A yörünge hızını tam olarak ölçebilirken, B daha küçük bir değer bulur.

genin çapını bulmak mümkün. Yani işin içine yıldızların bizden uzaklıkları girdi. Neyse ki yakın yıldızların bizden uzaklığını ölçmek için, paralaks yöntemi denen, oldukça güvenilir bir yol var. Paralaks, bir cisme bakarken hareket ettiğinizde, cismin arka plandaki nesnelere göre yerini değiştirmesine verilen ad. Dünya'nın Güneş çevresindeki hareketi nedeniyle, yakın yıldızlar arka plandaki yıldızlara göre açılarını değiştirirler. Buradan, bu yıldızların bize uzaklığını bulmak mümkün. Bize en yakın yıldızların paralaks nedeniyle değiştirdikleri açı bir derecenin binde birinden bile az. Fakat hassas aygıtlarla bundan çok küçük açılar da ölçmek mümkün.

Eğer çiftin yıldızları yerden seçilemiyorsa o zaman iş biraz daha karışıyor. Böyle

bir durumda, yıldızlardan gelen ışık incelendiğinde, Doppler kaymasından yıldızların bize göre hızları bulunabilir. (Göremiyoruz, ama gökteki o ışığın iki yıldız tarafından yayıldığını bilebiliyoruz.) Hız ve periyot bilgisi yardımıyla yıldızların kütlelerini bulmak mümkün. Problem, yıldızların bize göre yana doğru olan hızlarını ölçmenin bir yolunun olmamasında. Böyle bir durumda, ölçtüğümüz hız, gerçek hızdan düşük olduğu için, bu değerlerle hesaplanan kütleler gerçek kütlelerden küçük oluyor.

Yıldızların gerçek yörüngesel hızlarını ölçebilmemiz için, bunların hareketlerinin belli bir evresinde bize doğru gelip yan hızlarının olmaması, yani Dünya'nın yörüngeyle aynı düzlemde olması gerekiyor. Bu koşulun sağlanıp sağlanmadığını anlamak mümkün. Eğer Dünya yörünge düzlemindeyse, hareketin belirli zamanlarında çiftten biri diğerinin önüne geçerek, bize ulaşan ışığın zayıflamasına neden oluyor (yıldız tutulması). Tutulmanın gözlemlendiği yıldız çiftlerinde, ölçülen hızla yörüngesel hız aynı olduğu için, hesaplanan kütle gerçeğe yakın. Üstelik tutulmanın ne kadar sürdüğüne bakarak, yıldızların çaplarını da ölçmek mümkün.

Burada anlatılanların hepsi, daha değişik tipteki gök cisimlerinden oluşan çiftlere, her durumda daha değişik güçlüklerle karşılaşılarak uygulanabiliyor. Geriye kalan tek yıldızlar içinse kütle ölçümünün "güvenilir" hiç bir yöntemi yok. Fakat bu boş boş oturabiliriz anlamına gelmiyor. ODTÜ'den Ümit Kızıloğlu ve Sinan Kaan Yerli, her durumda değişik modeller yardımıyla cisimlerin kütle, çap gibi özelliklerinin hesaplandığını söylüyorlar. Örneğin, nötron yıldızlarının yaydığı elektromanyetik ışımının Dünya'dan gözlemlenen parlaklığı ve bu modeller kullanılarak çaplar hesaplanıyor. Burada temel problem ortada birbirinden farklı şeyler söyleyen çok sayıda model olması. Tabi her model daha değişik bir çap değeri veriyor. Fakat bu, elde edilen değerlerin tamamen anlamsız olduğu anlamına gelmiyor. Yani modellerden biri çap için 20 km değerini veriyorsa, bu çapın, örneğin, 100 km olamayacağını söyleyebiliriz. Bilimsel gelişme devam ettikçe bu modellerin mükemmelleştirilmesi, ve hata payı daha az değerler elde edilmesi mümkün.