

Bilgisayar Yardımıyla KOZMOLOJİ

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Bugün evrenin büyük ölçekteki yapısıyla ilgili hâlâ cevaplanmayı bekleyen sorular var:

“Eğer karanlık madde varsa doğasını nasıl anlayabiliriz?”

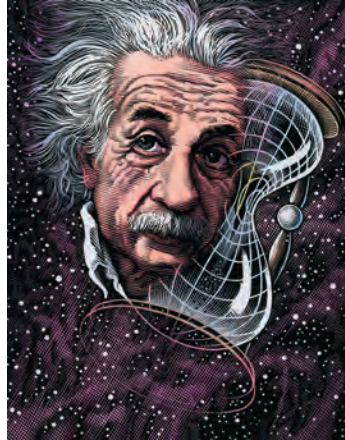
“Karanlık enerji boş uzayın enerjisi midir, yoksa kozmolojik sabit midir?”

“Acaba karanlık madde ve karanlık enerji diye bir şey yok da genel görelilik kuramında bir hata mı var?”

Bu durumun en önemli sebebi, kozmolojiyle ilgili herhangi bir soru için karmaşık genel görelilik denklemlerini çözenin zorluğu.

Geçmişte bilgisayar yardımıyla yapılan hesaplarda çok basit modeller kullanılırdı. Ancak güçlü bilgisayarlar yavaş yavaş gerçekçi bilgisayar benzetimleri yapmaya imkân vermeye başladı.

Yakın gelecekte kozmolojiyle ilgili pek çok soru cevaplanabilir.







Genel görelilik kuramı uzayzamanın yapısını tanımlar. Madde uzayzamanın bükülmesine neden olur. Parçacıkların hareketleriniyse uzayzamanın şekli belirler. John A. Wheeler'ın dediği gibi madde uzayzamana nasıl bükülmesi gerektiğini, uzayzamansa maddeye nasıl hareket etmesi gerektiğini söyler. Dolayısıyla Albert Einstein'ın genel görelilik kuramında uzayzaman içindekilerle beraber evrilir.

Yıllar içinde yapılan gözlemlerle evrenin yapısı hakkındaki bilgilerimiz arttı. Ancak evrenin içeriği hâlâ bir muamma. Sıradan maddeyle gözlemsel veriler açıklanmıyor. Örneğin gök cisimlerinin içinde buldukları gökadalardan merkezleri etrafındaki dönme hızlarının gökadanın merkezine olan uzaklığa bağlı olarak değişiminin doğru olduğu varsayılan kuramlarla açıklanabilmesi için evrendeki madde miktarının bilinenden çok daha fazla olması lazım. Bugün pek çok fizikçi ışık soğurmadığı ve yaymadığı için doğrudan görülemeyen ancak kütleçekimi aracılığıyla çevresiyle etkileşen bir tür “karanlık madde” olduğunu düşünüyor. Gözlemlerle kuramların uyumlu olması için, karanlık madde miktarının sıradan maddeninkinin yaklaşık beş katı olması lazım.

Genişleyen bir evrenin içinde yaşıyoruz. Daha da önemlisi genişleme hızı giderek artıyor ve bu durumu sıradan maddeyle açıklamak zor. Çünkü evrenin büyük ölçeklerdeki yapısını şekillendiren kütleçekimi sıradan maddeyi birbirine yaklaştırır. Bugün evrenin genişleme hızının artması, kütleçekimi etkisiyle nesnelere birbirinden uzaklaşmasına neden olduğu düşünülen karanlık enerjinin varlığıyla açıklanıyor. Gözlemlere göre evrenin içeriğinin %5'ini sıradan madde, %25'ini karanlık madde, %75'iniyse karanlık enerji oluşturuyor.

Karanlık madde gibi karanlık enerjinin doğası da hâlâ anlaşılabilmiş değil. İhtimallerden biri genel görelilik denklemlerinde değeri sıfırdan farklı bir kozmolojik sabit olması. Albert Einstein tarafından durağan bir evren modeli oluşturmak için genel görelilik denklemlerine eklenen bu sabit, evrenin genişlediğinin keşfedilmesinden sonra terk edilmişti. Ancak evrenin genişleme hızının giderek arttığının anlaşılmasından sonra yeniden denklemlere dâhil edilmeye başlandı ve karanlık enerjinin muhtemel bir açıklaması olarak görülüyor.

Karanlık madde ve karanlık enerji gerçekten var mı? Genel görelilik kuramı karanlık madde ve karanlık enerji olmadan da gözlemsel verileri açıklayabilir mi? Genel görelilik kuramı hatalı ve yerini başka bir kurama mı bırakması gerekiyor? Bu ve benzeri sorulara net cevaplar bulmanın yolu genel görelilik kuramı kullanılarak yapılan hesaplardan geçiyor. Ancak genel görelilik kuramındaki denklemler o kadar karmaşıktır ki kozmolojiyle ilgili sorulara kesin cevaplar bulmak bilgisayarlar yardımıyla bile çok zordur. Genel görelilik kuramı kullanılarak evrenin nasıl genişlediğiyle ilgili benzetimler geçmişte de yapılabiliyordu. Gökadaların ve gökada kümelerinin oluşumuyla ilgili gerçekçi benzetimlerse ancak yakın zamanlarda yapılabilmeye başlandı.

Genel görelilik kuramı denklemlerinin kesin çözümleri sadece gerçek evrenin aşırı derecede basitleştirilmiş modelleri için bulunabiliyor. Kozmologlar yıllarca bu ideal çözümleri kullandı, gerçek çözümlerin ideal çözümlerden farklarıysa ufak sapmalar olarak düşünülürdü. Özellikle evrenin yapısının büyük ölçüde homojen olduğu, homojenlikten sapmaların hem homojen kısımdan hem de birbirlerinden bağımsız olarak ele alınabileceği varsayıldı. Bu yaklaşım kullanılarak evrenin ilk zamanlarında gökadalardan ve gökada kümelerinin oluşumuyla ilgili pek çok şey öğrenildi. Bu yapıların zaman içinde nasıl evrim geçirdiğiyle ilgili hesaplardaysa iyi bir yaklaşım olduğu düşünülen Newton mekaniğine başvuruldu.

Evrendeki yapıların bağımsız olarak ele alındığı yaklaşımın en önemli özelliği, analizin büyük bir kısmının bilgisayarlara ihtiyaç duyulmadan, elle yapılabilmesi. Ancak daha kesin sonuçlar elde etmek için daha iyi modellere ihtiyaç var. Bu amaçla yapılabilecek şeylerden biri, hesaplara geçmişte kullanılan basit modellerle başlamak, daha sonra elde edilen bilgileri kullanarak adım adım modeli daha gerçekçi, sonuçları daha kesin hale getirmek. Fakat bu taktiğin hakikaten yararlı olacağını söylemek zor. Çünkü modeli adım adım geliştirerek yapılan hesaplar, genel görelilik denklemlerini hiçbir basitleştirme yapmadan gerçekçi modeller için doğrudan çözmeye çalışmak kadar zor. Ayrıca bu yaklaşımın doğru sonuçlar vereceğinden emin olmak da zor. Çünkü genel görelilik denklemleri doğrusal değildir ve doğrusal denklemlerin aksine doğrusal olmayan denklemlerin sonuçlarını tahmin etmek çok zordur. Doğrusal olmayan denklemlerin tam çözümleriyle yaklaşık çözümleri arasında büyük farklar olabilir. Bu yüzden günümüzde bazı fizikçiler karanlık enerji diye bir şey olmadığını, genel görelilik kuramının doğrusal olmayan denklemlerinin tam çözümlerinin karanlık enerjiye gerek olmadan da evrenin genişleme hızındaki artışı açıklayabileceğini öne sürüyor. Bu düşüncenin doğru olup olmadığını görmenin tek yolu tabii ki genel görelilik denklemlerini hiçbir basitleştirmeye başvurmadan çözmek. Bugüne kadar bilgisayarların kapasitesi bu iş için yetersizdi.



Ancak modern teknoloji yavaş yavaş karmaşık genel görelilik denklemlerini tam olarak çözmeye imkân vermeye başlıyor. Muhtemelen gelecek on yıl içinde bu hal haline gerçeğe dönüşecek.

Hesaplamalı Genel Görelilik

Genel görelilik kuramı kullanılarak yıllardan beri benzetimler yapılıyor. Bilgisayarlar yardımıyla yapılan hesapların en önemli aşamalarından biri uzayzamanın dikkatli bir biçimde uzaya ve zamana ayrılmasıdır. Bu amaçla kullanılan ilk sistem 1950’lerde Richard Arnowitt, Stanley Deser ve Charles Misner tarafından geliştirilmişti. Bu sistem daha sonraları 1980’lerde ve 1990’larda pek çok araştırmacının katkılarıyla iyileştirildi ve dinamik süreçlerle ilgili uzun süreli benzetimler yapmaya imkân verir hale getirildi. Başka pek çok yöntem daha geliştirildi. Özellikle akışkanlar mekaniğinden uyarlanmış bir yöntemle pek çok benzetimler yapıldı. Geçen yıl ABD’deki Lazer Girişimölçer Kütleçekimsel Dalga Gözlemevi (LIGO) dedektörlerinde ilk kez gözlemlenen kütleçekimsel dalgaların kaynağının belirlenmesini sağlayan da bu yöntemle yapılan benzetimlerdi. Araştırmacılar gözlemlenen dalgaların iki karadeliğın birleşmesi sırasında yayıldığı çıkarımını daha önceki benzetimlerden öğrenilen bilgiler sayesinde yaptı. Çeşitli fiziksel süreçler sırasında yayılacak dalgaların nasıl bir örüntü oluşturacağı önceden yapılan hesaplarla belirlenmişti. Dedektörlerde gözlemlenen örüntü, dalgaların kaynağının iki karadeliğın birleşmesi olduğuna işaret ediyordu.

Genel görelilik kuramını kozmoloji problemlerine uygulamak kütleçekimsel dalgaların yayılmasıyla ilgili problemlere göre çok daha zordur. Çünkü iki karadeliğın birleşmesi gibi süreçler görece kısa bir zaman ölçeğinde meydana gelir. Kozmoloji problemlerinin büyük çoğunluğu içinse benzetimlerin çok uzun zaman ölçeklerine yayılması gerekir. Günümüzde Newton mekaniğini kullanarak birbirinden bağımsız trilyonlarca cismin milyarlarca yıl içindeki hareketleriyle ilgili benzetimler yapılabiliyor. Ancak genel göreliliğın Newton mekaniğine göre çok önemli bir avantajı var. Newton mekaniğinde bir cismin hareketlerini hesaplamak için diğer tüm cisimlerin uyguladığı kuvvetin tek tek hesaplanması gerekir. Genel görelilik kuramındaki tüm denklemlerse “yerel”dir. Herhangi bir zamanda ya da bölgedeki süreçlerle ilgili hesaplarda sadece yakın bölgelerdeki madde dağılımının yakın zamanlardaki durumunun bilinmesi gerekir ve bu durum benzetimleri kolaylaştırır.

Yakın zamanlarda iki ayrı araştırma grubu hiçbir basitleştirmeye başvurmadan genel görelilik denklemlerini kullanarak yaptıkları benzetimlerin sonuçlarını yayımladı. Böylece kozmoloji alanında hesaplamalı genel görelilik benzetimleri dönemi başlamış oldu. Şu an için benzetimlerin çözünürlüğü çok düşük. Uzaydaki noktaların 40 milyon ışık yılıyla birbirinden ayrıldığı hesaplarda evrenin zaman içindeki değişimi çok kısa bir süre için takip edilmiş. Bu öncül çalışmaların çözünürlüğünün Newton mekaniğini kullanılan benzetimlerin seviyesine ulaşması için gelecekte pek çok çalışma yapılması gerekiyor. Araştırmacılar çözünürlüğü artırmak için hesaplarda kullandıkları bilgisayar kodlarının büyük bilgisayar ağları üzerinde çalışacak biçimde geliştirilmesi gerektiğini belirtiyor. Ayrıca programın daha uzun süre çalışabilmesi için bilgisayar kodlarının daha kararlı hale getirilmesi de gerekiyor.

Her iki grup da yeni sonuçların daha önceleri kullanılan basit modellerle elde edilen sonuçlardan çok az farkı olduğunu söylüyor. Evrenin ilk zamanlarındaki gelişimin daha hızlı olduğu, ilk kozmik yapıların daha erken oluştuğu görülüyor. Önemli noktalardan biri, her iki grubun da evrenin ivmelenen genişlemesini açıklayabilecek bir sonuca ulaşamaması. Şu an için yapılan çıkarım evrenin genişlemesini açıklamak için ya karanlık enerjinin gerekli olduğu ya da genel göreliliğın yerini alacak yeni bir kurama ihtiyaç olduğu. Bu çıkarımın doğru olup olmadığını ise gelecekte yapılacak daha detaylı hesaplar gösterecek. ■

Kaynak

•Giblin T. ve ark., “Simulating the universe”, *Physics World*, Cilt 30, Sayı 5, s. 20-23, 2017.

