

# Antimadde ve KütLe Çekimi

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



*Madde ve antimaddenin kütle çekiminden aynı biçimde etkilendiği bilimsel çalışmalarla doğrulandı.*

**Bir madde parçasını boşlukta serbest bırakırsanız yerküreye doğru ivmelenmeye başlar. Benzer biçimde bir antimadde parçasını da boşlukta serbest bırakırsanız yerküreye doğru ivmelenmesini beklersiniz. Ancak bu düşünce gerçekten de doğru mudur?**

Söz konusu kütle çekimi olduğunda madde ve antimadde arasındaki kuvvetler çekici midir yoksa itici midir? Madde ve antimaddenin birbirini ittiği düşüncesi her ne kadar sıra dışı olsa da doğru olması durumunda bugün bir paradoks olarak görülen çeşitli olgulara bir çözüm sunabilir. Örneğin Büyük Patlama'nın eşit miktarda madde ve antimadde üretmesi beklenir. Peki öyleyse gözlemlediğimiz evren neden büyük oranda maddeden oluşuyor? Bu durumun bir açıklaması madde ve antimaddenin birbirini itmesi olabilir. Eğer birbirlerini itiyorlarsa antimaddenin büyük kısmı bugün gözlemleyebildiğimiz evrenin dışında kalmış olabilir.

Madde ile antimadde arasındaki kütle çekim kuvvetinin çekici mi, itici mi olduğunu tespit etmenin doğal bir yolu antimaddeyi yer çekimi alanında serbest bırakıp sıradan madde gibi yeryüzüne mi düşeceğini yoksa sıra dışı bir biçimde havaya mı yükseleceğini gözlemlemek olabilir. Ancak bu tür deneyleri gerçekleştirmek çok zordur. Birincisi madde ve antimadde bir araya geldiğinde birbirini

yok ederek enerjiye dönüşür. Dolayısıyla yüksek miktarda antimadde üretip depolamak kolay değildir.

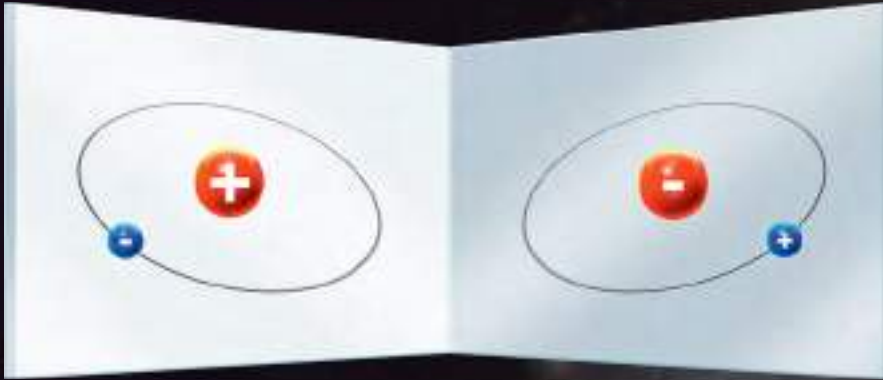
İkincisi ve daha da önemlisi ise kütle çekimi dört temel etkileşim arasında en zayıf olanıdır. Örneğin 1 V/m büyüklüğündeki bir elektrik alanının içerisinde bulunan bir pozitrona (antielektrona) etki eden elektriksel kuvvet, kütleçekimsel kuvvetin trilyonlarca katıdır. Dolayısıyla kütle çekiminin antimadde üzerindeki etkilerini inceleyebilmek için, deneylerin diğer kuvvetlerin ölçüm sonuçlarını etkilemeyeceği bir biçimde yapılması da gerekir. Geçmişte çeşitli deneyler sırasında kütle çekiminin antimadde

üzerindeki etkileri üzerine dolaylı sonuçlar elde edilmişse de doğrudan bu konuya odaklanan bir deney yapılamamıştı.

University of Californiya Berkeley'den bir grup araştırmacı *Nature*'da yayımladıkları bir makalede ilk kez doğrudan deneylerle kütle çekiminin antimadde üzerindeki etkisini incelemeyi başardıklarını açıkladı. Antihidrojen atomları üzerinde yapılan deneyler madde ve antimaddenin kütle çekim alanlarında aynı biçimde davrandığı düşüncesini doğruladı.

## Antihidrojen Deneyleri

Temel madde parçacıklarının bir araya gelerek sıradan maddeyi oluşturmasına benzer biçimde, temel antimadde parçacıkları da bir araya gelerek antimaddeyi oluşturur. Hidrojen atomları artı yüklü bir proton ve bu protonun etrafında dolanan eksi yüklü bir elektrondan oluşur. Antihidrojen atomları ise eksi yüklü bir antiprotonun ve artı yüklü bir pozitronun birbirine bağlanmasıyla ortaya çıkar.



Hidrojen

Antihidrojen

CERN bünyesinde antihidrojen atomları üzerine deneyler yapılan bir proje yürütülüyor.

Kısaca ALPHA (Antihydrogen

Laser Physics Apparatus) diye adlandırılan bir deney düzeneğinde antiprotonlar ve pozitronlar bir araya getirilerek antihidrojen atomları sentezleniyor. Antimadde ve kütle çekimi üzerinde yapılan son çalışmalar da CERN'deki ALPHA cihazı kullanılarak gerçekleştirildi.

Antimadde deneyleri ile ilgili en önemli zorluklardan biri üretilen antimaddenin nasıl depolanacağıdır. Kısa süre içerisinde yok olmasını engellemek

için, antimaddeyi sıradan maddeden korumanın bir yolunu bulmak gerekir. ALPHA'da bu amaçla manyetik alanlardan yararlanılıyor. Güçlü manyetik alanlar kullanılarak üretilen antimaddenin belirli bir hacmin içine hapsolmesi sağlanıyor.

CERN'de 2010'dan beri görece yüksek miktarda antihidrojen depolanabiliyor. Bu antihidrojenler üzerinde kütle çekimi deneyleri yapma fikri ise ilk olarak 2011 yılında University of California Berkeley'de çalışan iki fizik profesörü tarafından öne sürüldü. Joel Fajans ve Jonathan Wurtele, nötr olmaları nedeniyle antihidrojen atomları ile yapılacak deneylerin antimaddenin kütle çekiminden nasıl etkilendiği hakkında anlamlı sonuçlar verebileceğini düşündü. Araştırmacılar ilk olarak bilgisayar simülasyonları yaparak düşüncelerinin işe yarayacağına ikna oldu, daha sonra da ALPHA projesinde çalışan araştırmacılarla birlikte bu deneyleri gerçekleştirmek için çalışmaya başladı. Tasarlanan deneyleri gerçekleştirmek için ALPHA-g adını verdikleri özel bir deney düzeneği geliştirdiler.

ALPHA-g deneyleri özetle şöyle ilerliyor. Antihidrojen atomları silindirik biçimli bir hacmin içerisine konumlandırılıyor. Bu hacmin alt yüzünde ve üst yüzünde atomları geri yansıtan “manyetik aynalar” bulunuyor. Ancak temel işlevi üzerine gelen antihidrojen atomlarını geri yansıtmak olan bu engelleri aşmak imkânsız değil. Yeteri kadar yüksek enerjili atomlar, manyetik alan engelini aşarak dışarı kaçabiliyor ve dedektörler tarafından tespit ediliyor. Başlangıçta manyetik alan görece yüksek bir seviyede tutularak manyetik kapandan kurtulmayı başarabilen atomların sayısının düşük olması sağlanıyor. Daha sonra zamanla manyetik alanın büyüklüğü yavaş yavaş azaltılıyor. Böylece başlangıçta hacmin içine hapsolmüş antihidrojenlerin tamamının eninde sonunda dışarı çıkmasına izin veriliyor. ALPHA-g alt yüzdeki manyetik aynanın gücünün ayarlanarak üst yüzdeki manyetik aynadan daha güçlü ya da daha zayıf yapılmasına da imkân sağlıyor. Böyle bir deney düzeneğinde, alt ve üst manyetik aynaların



CERN / SPL

aynı güçte olması durumunda, silindirik hacmin alt yüzünden kaçan atom sayısı ile üst yüzünden kaçan atom sayısı arasında belirgin bir fark olması beklenir. Eğer antimadde tıpkı sıradan madde gibi kütle çekim alanında düşüyorsa alt yüzden çıkan atomların sayısı, eğer antimadde sıra dışı bir biçimde kütle çekim alanında yükseliyorsa üst yüzden çıkan atomların sayısı daha fazla olmalıdır. Alt yüzdeki manyetik alanın gücünün artırılması ise üst yüzden kaçan antihidrojenlerin sayısının artmasına neden olacaktır.

*Nature*'da yayımlanan sonuçlar antimaddenin de sıradan madde gibi kütle çekim alanında düştüğünü doğruluyor. İki manyetik aynanın aynı güçte olduğu durumda alt yüzden çıkan antihidrojenlerin sayısı beklendiği gibi daha yüksek oluyor. Sisteme yer çekimi alanının etkisini “silecek” bir manyetik alan uygulandığında ise iki ayrı yüzden çıkan atomların sayısı hemen hemen eşit oluyor. Deney sonuçları üzerinde yapılan analizler antimadde ve maddenin hissettiği yer çekimi ivmeleri arasında belirgin bir fark olmadığını da gösteriyor. Antihidrojen atomları da sıradan madde gibi yeryüzü yakınlarında yaklaşık 9,8 m/s<sup>2</sup> ile Dünya'nın merkezine doğru ivmeleniyor.

Elde edilen sonuçların fizik dünyasında şaşkınlıkla karşılandığı söylenemez. Ancak yapılan deneyler sayesinde antimaddenin de kütle çekim alanlarında sıradan madde gibi davrandığı ilk kez deneylerle doğrulanmış oldu. Ayrıca çeşitli paradoksları açıklamak için öne sürülmüş, madde ile antimaddenin birbirini ittiği varsayımına dayalı hipotezler de yanlışlandı. ■

#### Kaynaklar

Anderson, E. k., ve ark., “Observation of the effect of gravity on the motion of antimatter”, *Nature*, Cilt 621, s. 716, 2023.

Soter, A., “Antimatter falls”, *Nature*, Cilt 621, s. 699.