

# Zaman Kristalleri

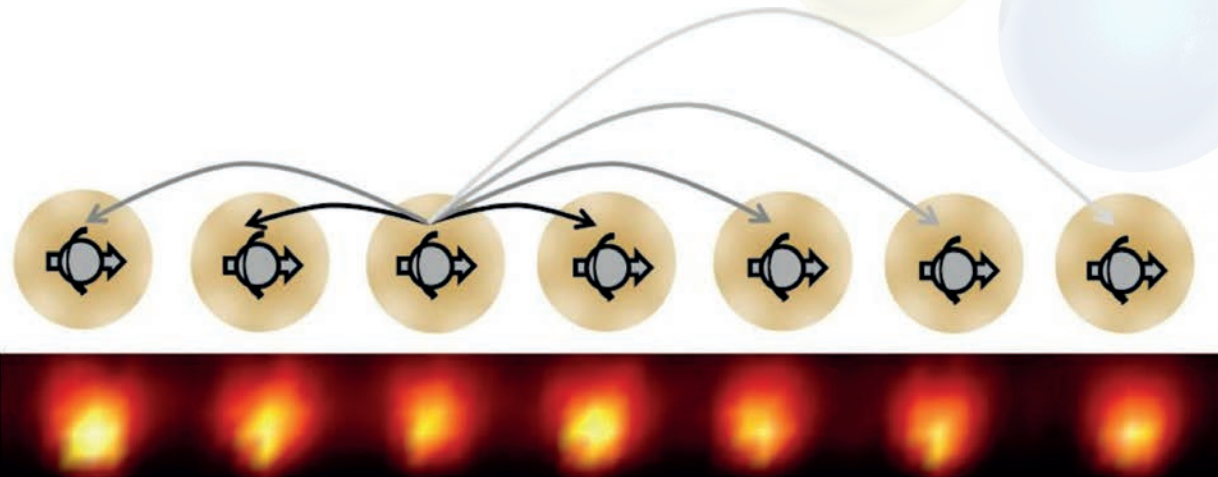
Dr. Mahir E. Ocak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Sıradan kristaller atomların periyodik olarak tekrar eden konumlarda bulunduğu yapılardır. Birkaç yıl önce Nobel Ödüllü kuramsal fizikçi Franck Wilczek, bir malzemenin uzayda değil, zamanda kendini periyodik olarak tekrar ettiği bir yapıya sahip olabileceğini öne sürmüştü. Yakın zamanlarda iki ayrı araştırma grubu zaman kristali olarak adlandırılan, maddenin bu yeni halinin ilk örneklerini elde ettiklerini açıkladı.

Lev Landau tarafından geliştirilen kurama göre faz değişiklikleri sırasında sistemin simetrisi değişir. Örneğin herhangi bir elementin katı ve sıvı hallerini ele alalım. Katı haldeyken atomlar belirli konumların etrafında bulunur, sıvı haldeyse herhangi bir düzenli yapı görülmez. Peki, katı hal mi daha simetriktir yoksa sıvı hal mi? Eğer cevabınız katıların daha simetrik olduğuyorsa muhtemelen düzenli olmayla simetrik olmayı birbirine karıştırıyorsunuz. Katılar sıvılardan çok daha düzenli bir yapıya sahip olsalar da sıvı hal katı halden

çok daha simetriktir. Çünkü sıvı haldeyken atomlar “herhangi” bir konumda bulunabilir. Katı haldeyken ancak “belirli” konumlarda bulunabilirler. Başka bir deyişle sıvı haldeki atomları sistemin yapısını değiştirmeden herhangi bir yönde herhangi bir miktar öteleyebilirsiniz. Katı haldeki atomlarıysa sistemin yapısını bozmadan ancak belirli yönlerde belirli miktarlarda ötelemek mümkündür. Sıvı halden katı hale geçerken sistemin simetrisi azaldığı için kristalleşme sırasında “uzay ötelenme simetrisinin kırıldığı” söylenir.

Ancak sıradan kristallerde “zaman ötelenme simetrisi” kırılmaz. Başka bir deyişle zamanda herhangi bir miktar öteleme yaptığınızda malzemenin yapısı değişmez. Durağan bir yapıya sahiptirler. İlk olarak 2012 yılında Franck Wilczek tarafından öne sürülen zaman kristallerindeyse zaman ötelenme simetrisi kırıldığı için sistem dengede değildir. Sistemin yapısı sürekli değişir, ancak belirli periyodik zaman aralıklarıyla tekrar eder. Bu düzenli değişimleri sağlayan şey sisteme dışarıdan yapılan müdahalelerdir.



Zaman kristalleri elde etmenin gerçekten de mümkün olup olmadığı başlangıçta tartışmalara konu olduysa da 2016 yılında Santa Barbara'daki Kaliforniya Üniversitesi'nde ve Princeton Üniversitesi'nde çalışan iki ayrı araştırma grubunun yaptığı kuramsal çalışmalar tartışmaları sonlandırdı. Kuramsal fikirlerin nasıl gerçeğe dönüştürüleceğiyle ilgili ilk prosedür Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde çalışan Prof. Dr. Norman Y. Yao tarafından önerildi. Maryland ve Harvard üniversitelerinde çalışan deneysel fizikçiler bu prosedürü takip ederek zaman kristallerinin ilk örneklerini elde etmeyi başardı.

Her ne kadar iki araştırma grubu da Prof. Dr. Yao tarafından öne sürülen prosedürü takip etse de üzerinde çalışmalar yaptıkları sistemler birbirlerinden hayli farklı. Maryland Üniversitesi'nde çalışan Prof. Dr. Chris Monroe ve öğrencilerinin üzerinde deneyler yaptıkları sistem, bir ortamın içerisine hapşolmuş, elektronlarının spinleri arasında etkileşim olan on adet iterbiyum iyonundan oluşuyor. İki ayrı lazer, sistemin dengeden uzak kalmasını sağlıyor. Bu lazerlerin birincisi manyetik alan oluştururken diğeri atomların spinlerini döndürüyor. Lazerler periyodik olarak tekrar eden bir biçimde sistemi etkilerken, atomların spinleri arasındaki etkileşimler sayesinde bir zaman kristali ortaya çıkıyor. Bu sistemde atomların spinleri zaman içe-

risinde periyodik olarak tekrar eden bir biçimde sürekli dönüyor. Spinlerin dönme periyodu lazerlerin periyodunun iki katı.

Harvard Üniversitesi'nde çalışan Prof. Dr. Mikhail Lukin önderliğinde yapılan araştırmadaysa içerisinde azot boşluk merkezleri bulunan elmaslar üzerinde deneyler yapılmış. Birbirinden çok farklı sistemlerde başarılı sonuçlar elde edilmesi, zaman kristallerinin maddenin daha önceleri bilinmeyen yeni bir hali olduğunu doğruluyor.

Geçmişte metaller ve yalıtkanlar gibi dengede olan sistemler üzerinde araştırmalar yapıyordu. Maddenin dengede olmayan kararlı halleriyle ilgili araştırmalara yeni başlıyor. Prof. Dr. Yao zaman kristallerinin herhangi bir alanda yararlı olacağını düşünmüyor. Ancak bazı araştırmacılar maddenin dengede olmayan başka hallerinin elektronik hafızalardan kuantum bilgisayarlarına kadar çeşitli alanlarda kullanılabileceğini öne sürüyor. ■

#### Kaynaklar

Zhang, J. ve ark., "Observation of a discrete time crystal", *Nature*, Cilt 543, s. 217-220, 2017.

Yao, N. Y. ve ark., "Discrete time crystals: rigidity, criticality, and realizations", *Physical Review Letters*, Cilt 118, Makale No: 030401, 2017.

Choi, S. ve ark., "Observation of discrete time-crystalline order in a disordered dipolar many-body system", *Nature*, Cilt 543, s. 221-225, 2017.

**Sodyum klorür kristali.  
Sıradan kristallerde atomlar  
periyodik olarak  
tekrar eden konumlarda bulunur.**

