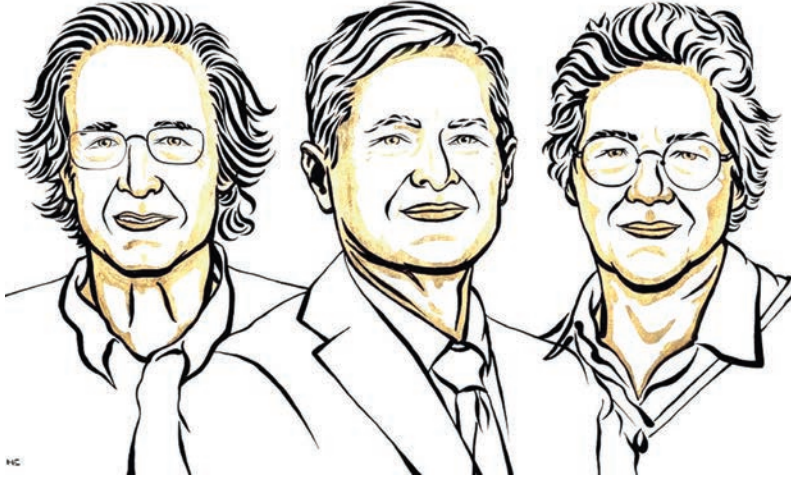




2023 Nobel Fizik Ödülü

Attosaniye Işık Atımları Üreten Yöntemler

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



Nobel Fizik Ödülü'nün 2023 yılı sahipleri Pierre Agostini, Ferenc Krausz ve Anne L'Huillier oldu. Araştırmacıların attosaniye ışık atımları üreterek madde içindeki elektron dinamiklerinin incelenmesine imkân veren yöntemleri geliştirmeleri nedeniyle ödüle layık görüldükleri açıklandı.

Belirli bir fiziksel sistemde çok kısa süre içinde meydana gelen süreçleri inceleyebilmek için çok kısa zaman ölçeklerinde görüntü elde etmenize imkân veren teknolojilere ihtiyacınız vardır. Aksi hâlde aslında zamana yayılan süreçleri sanki anlıkmiş gibi gözlemlersiniz. Örneğin fotoelektrik olayı ele alalım. Albert Einstein'ın 1905 yılında açıkladığı bu süreçte atomların üzerine ışık gönderilir. Işığın içerisindeki fotonlar (en küçük enerji paketleri) atomlardan elektronlar koparır. Ortaya çıkan elektronların enerjisi, fotonların enerjisi ile elektronların atomlara bağlanma enerjisi arasındaki farka eşit olur. Peki bu süreç detaylı olarak nasıl gerçekleşir? Eğer elinizde sürecin detaylarını incelemenize imkân veren bir yöntem yoksa bu süreci "anlık" olarak görürsünüz. Sürecin aslında zamana yayılan karmaşık yapısını görmek içinse çok kısa zaman aralıklarında görüntü almanıza imkân veren yöntemlere ihtiyacınız vardır.

Nobel Fizik Ödülü'nün bu yılki sahipleri, attosaniye (10^{-18} saniye) zaman ölçeğinde lazer atımları üretmeye imkân veren yöntemleri geliştirmeleri nedeniyle ödüle layık görüldü. Maddeye attosaniye zaman aralıklarıyla baktığınızda hızla hareket edenlerin sadece elektronlar olduğunu görürsünüz. Atomlar ve molekülleri ise bu zaman ölçeğinde o kadar az hareket ederler ki sanki duruyorlarmış gibidirler. Agostini, Krausz ve L'Huillier'in geliştirdikleri yöntemlerin temel uygulama alanı da madde içindeki elektron dinamiklerinin incelenmesi.

Atto bilimin hikayesi 1980'lerin sonunda, L'Huillier ve daha sonra Paris-Saclay Üniversitesinin bir parçası haline gelen bir enstitüdeki çalışma arkadaşlarının iyonize argon üzerinde çalışmasıyla başladı. Gazı kızılötesi lazer ışığına maruz bıraktıklarında, bir dizi yüksek frekansta foton üretti, yani argon tarafından yayılan tek tek parçacıklar, onları tetikleyen lazer ışığındakilerden daha yüksek enerjilere sahipti. Tüm bu frekanslar piyanoda aynı notanın daha yüksek oktavlarda tekrarlanması gibi lazer ışığının üst tonlarıydı.

L'Huillier ve aralarında o zamanlar Ottawa'daki Kanada Ulusal Araştırma Konseyi'nde çalışan fizikçi Paul Corkum'un da bulunduğu diğer araştırmacılar kısa süre içinde gazın bu 'yüksek harmonikleri' nasıl ürettiğinin fiziğini aydınlattı. Bu, yeniden çarpışma adı verilen bir olgunun keşfedilmesine yol açtı. Bir lazer dalgası bir atoma çarptığında, dalganın elektrik alanları bir elektronu kopararak geride pozitif bir iyon bırakabilir. Ancak dalga doğru frekanstaysa, hızla salınan alanları hemen yönlerini tersine çevirecek ve elektronu başka bir yere gitmeye vakit bulamadan iyona doğru geri itecektir. Gelen elektron genellikle ilk etapta atomu iyonize etmek için gereken miktardan daha fazla enerjiye sahiptir ve bu ekstra enerji daha yüksek frekanslı fotonlar olarak salınır.

Bu yüksek frekansların son derece kısa darbeler üretmek için kullanılabilmesini fark eden L'Huillier, yüksek harmoniklerin yoğunluğunu artırmak için bir program başlattı. Ve 2001 yılında, yine Paris-Saclay'de Pierre Agostini liderliğindeki bir ekip, daha yüksek harmonikleri attosaniye ölçekli atımlara dönüştürmeyi başaran ilk ekip oldu. Daha da önemlisi, Agostini atımların süresini ölçmek ve atımların attosaniye rejiminde olduğunu doğrulamak için bir teknik geliştirmişti - ki bunu daha önce kimse yapmamıştı.

Attosaniye lazer atımları üreten yöntemler kullanılarak bugüne kadar moleküler fizikte, fizikokimyada ve yoğun madde fiziğinde önemli çalışmalar yapıldı. Bu yöntemler yakın zamanlarda biyolojide de kullanılmaya başlandı. Gelecekte bu öncü çalışmalardan yola çıkılarak kan örneklerinde hastalıkların moleküler izlerini tespit edebilen teşhis yöntemlerinin geliştirilebileceği düşünülüyor. Attosaniye ışık atımları üreten yöntemlerin kullanım alanlarının gelecekte giderek çeşitlenmesi bekleniyor. ■

Kaynaklar

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2023/press-release/>
<https://www.nature.com/articles/d41586-023-03047-w>