

Mükemmel Saatler

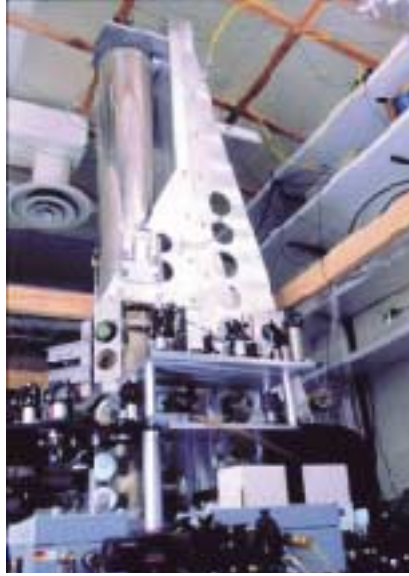
Dünyanın başta gelen saat yapımcıları, geçtiği-mayıs'ta bir araya geldiler. Amaçları, en son buluşlarını sunmaktı. Katılımcılar, saat tamircilerinden değil, tayflar ve kuantum düzeyleriyle ilgili konularda muhabbet eden bilim adamlarından oluşuyordu. Günümüzde, daha duyarlı saatler yapmak isteyen birinin fizik ve mühendisliğin sınırlarını pek çok yönde zorlaması gerekiyor. Bu bilim adamları, saniyenin katrilyonda biri kadar süren atımlarla gönderilerek, odacıkların içinde atomları mutlak sıcaklığın yalnızca bir derecenin birkaç milyonda biri kadar sıcaklığa kadar soğutan lazerlerle çalışıyorlar. Her bir iyonu, ışığın içindeki küçük deliklerde ve manyetik alanda tuzaklayarak elektronların yörüngelerinde dönmelerini ustalıkla kontrol edebiliyorlar.

Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak, aşırı duyarlı zaman tutma, hiç görülmemiş bir hızla geliyor. Bu günlerde, iyi bir sezyum demeti saati, (şu an 63.000 \$'a satılıyor) ayda yaklaşık 1 mikro saniye hata yapıyor. Bu saatin frekansı, 10^{13} 'te 5 hata payına sahip. ABD için temel alınan zaman standardı, 1999'da Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü tarafından kurulan bir sezyum saatinin gösterdiği zaman. Bu saat, 10^{15} de bir hata payına sahip. (Kısaca 10^{15} olarak gösteriliyor.) Bu, enstitünün 1975 yılındaki en iyi saatinden yaklaşık 500 kez daha duyarlı bir saat. Ancak, bundan çok daha iyileri, 2005 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'na yerleştirilecek. Bu saatlerin, 10^{16} 'dan daha duyarlı biçimde tıklaması bekleniyor. Bunun yanında, daha başarılı yeni saat tasarımları – sezyum yerine kalsiyum ya da cıva iyonlarını kullanarak zamanı ölçebilecek – fizikçilerin üç yıl içinde duyarlılığı 10^{18} düzeyine ulaştırabileceğini, yani 10 yıldan kısa bir süre içinde duyarlılığın 1000 kez artabileceğini düşünmelerine yol açıyor.

Aslında, duyarlılık tam olarak doğru kelime değil. "Saniye", 1967 yılında uluslararası platformda tanımlandığı üzere, "Sezyum 133 atomunun, zemin durumundaki iki hiperfin seviye arasındaki geçişleri sırasında ortaya çıkan ışınının 9.192.631.770 periyodu tamamlaması için geçen süre" olarak tanımlanıyor. Bir saniyeyi ölçmek için sezyum atomuna bakmak zorunda olduğumuzu söyleyen bu tanımlı, bir an için bir yana bırakalım. Çünkü, çok yakında, en iyi saatler, bu tanıma uymayacakları için, yani sezyum atomunun frekansını saymayacakları için saniyeleri ölçmeyecekler.

Bununla birlikte, daha temel bir sorun var: Einstein'ın kuramsal olarak ortaya koyduğu ve deneylerle de kanıtlanmış gibi, zaman mutlak değil. Herhangi bir saatin çalışması, kütleçekimi arttığında ya da saat gözlemciye göre hızla hareket ettiğinde yavaşlar. Bir elektron manyetik kutuplarını değiştirdiği zaman ortaya çıkan bir fotonun frekansı da bundan etkilenir.

Bilim adamları, aşırı duyarlı saatleri Uluslararası Uzay İstasyonu'na yerleştirerek, görecelliğin en zor sınavlardan birine sokacaklar. Ancak, saatler 10^{18} duyarlılığına ulaştığında - ki bu evrenin yaşı süre-



sinde yalnızca yarım saniyelik bir sapmaya denk geliyor - görecelliğin etkileri bilim adamlarını dene-yecek. Çünkü, yeryüzündeki hiçbir teknoloji, dünyanın çeşitli yerlerindeki saatleri bu duyarlılıkta ayarlamak için yeterli değil.

Duyarlılığı Bulmak

Peki, neden atomik saatleri geliştirmek için bu kadar zahmete giriyoruz? Bir saniye, zaten çok duyarlı olarak, O'dan sonra 14. basamağa kadar ölçülebiliyor. Bu, öteki temel ölçü birimlerinden en azından 1000 kez daha duyarlı bir ölçüm. Nedenlerden biri, zamanın giderek daha da önem kaza-

Atomik Mikro Saatler

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nden Donald Sullivan, 100 dolardan daha düşük bir maliyete, 10 watt gücünde, bir cihaz yapabileceğini ve New York'taki tüm GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) sinyallerini bozabileceğini öne sürüyor. GPS sinyallerine dayanan yön bulma aygıtlarında, küçük atom saatlerinin kullanılması, onları bu tür saldırılara karşı güvenli hale getirecek. Atom saatleri, bir kol saati boyutlarına indirilebilirse, GPS alıcılarına yerleştirilebilecek. Fazladan duyarlılık, bu aygıtların çok daha dar bir frekans aralığında çalışmasını, dolayısıyla da sinyal bozucuları hayal kırıklığına uğratmalarını sağlar. Gelişmiş Savunma Araştırma Projeleri Ajansı, şifreli iletişim ve GPS alıcıları için bir yonga üzerinde atom saati geliştirilmesine yönelik, 20 milyon dolarlık bir proje başlattı. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'ndeki bilim adamları, 1999'da 15 cm^3 hacminde bir prototip yaptılar. Son tasarımlarında, bundan % 95 daha küçük. Eğer atomik kol saatleri bir gün yapılırsa, belki zamanı bize nanosaniye duyarlılığında söylemeyecekler; ancak, örneğin kol telefonu konuşmalarımızın özel olmasını sağlayabilecekler.

nan, temel bir birim olması. Öteki altı basit birimden üçü (metre, lümen, amper) zaten zamana bağlı. Kilogram ve mol ise sırada bekliyor. Ünlü $E=mc^2$ formülü, kütlelerin enerjiye dönüşebileceğini söylüyor. Bu sayede, belki kilogram, zamana bağımlı olarak yeniden tanımlanabilir. Kütle, ona eşdeğer miktarda enerjiyle ifade edilebilir. Saatlerin geliştirilmesiyle, diğer ölçü birimleri de daha duyarlı hale getirilebilir.

Daha kararlı ve taşınabilir saat tasarımları, Küresel Konumlandırma Sistemi ve bunun geliştirilme aşamasında olan Avrupalı rakibi Galileo'nun yön bulma duyarlılığını ve güvenilirliğini artıracak. Daha duyarlı saatler, NASA'nın uydularını daha iyi izleyebilmesini; kamu hizmeti yapan şirketlerin ve haberleşme şirketlerinin şebekelerindeki hataları daha iyi izleyebilmelerini; yer bilimcilerin depremleri ve nükleer bomba denemelerini daha duyarlı biçimde saptayabilmelerini sağlayacak. Gökbilimciler, yeryüzünün farklı yerlerindeki teleskopları eş zamanlı olarak kullanarak, çektikleri görüntüleri belirgin biçimde keskinleştirebilirler. Ayrıca, mikroçip boyutlarında üretilen ucuz atom saatleri, henüz hayal bile edilemeyen kullanım alanlarına sahip olabilir. Zamanın nasıl bu kadar duyarlı ölçülebildiğini anlamak için, atom saatlerinin çalışma biçimini bilmek gerekiyor. Temelde, bir atom saati, öteki saatlerle benzer biçimde çalışır. Belirli aralıklarla titreşen bir maddenin titreşimleri, bir sayaç tarafından sayılır ve bu sayı saniyelere dönüştürülür. Bir atom saatindeki salınım (titreşim), bir sarı gibi mekanik ya da bir kuantum kristali gibi elektromekanik olarak çalışmaz. Atom saatindeki salınım, kuantum mekaniğine göre çalışır: Sezyum atomunun en dışta yer alan elektronu, bir ışık fotonunu soğurduğunda, elektronun manyetik alanını tersine döndürür.

Sarkaçlar ya da kristallerin tersine, her sezyum atomu birbirinin aynısıdır. Her bir sezyum atomu, mikrodalga ışınımla karşılaştığında, tam olarak saniyede 9.192.631.770 kez manyetik alanını değiştirir. Saniyeleri bulmak içinse, bir sayaç, tayf üzerinde, sezyum atomlarının mikrodalga ışınımla en fazla etkileştiği bölgedeki titreşimleri sayar.

Ne var ki, kuantum fiziğinde, hiçbir şey o kadar basit değil. Heisenberg belirsizliği denen bir prensibe göre, bir fotonun frekansını saptayabilmenin bir sınırı var. Buna göre elde tek bir foton olsaydı, hata payı gerçekten çok büyük olacaktı. Ancak, tek bir atoma değil, aynı anda bir milyondan fazla atoma bakarsanız, tek bir ölçüm yapmamış olursunuz.

Çok sayıda sezyum atomu kullanılması da başka sorunlar doğuruyor. Oda sıcaklığında, sezyum yumuşak, gümüşü renkli bir metaldir. Ancak, onu elinize alabilseydiniz – ki sezyum soyla çok hızlı tepkimeye girdiğinden bunu yapmak istemezsiniz – avucunuzun içinde altın renkli bir gölcük oluşuracaktı. Bir sezyum demeti saatinde, bir fırın sezyumu buharlaşacak kadar ısıtır. Bu sıcak parçacıklar, saatin içindeki odacığın içinde çeşitli hızlarla ve



Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsünde yer alan NIST-F1 sezyum atom saati, ABD'nin referans saati



Fransız Ulusal Uzak Araştırmalar Merkezi'nde yürütülen ACES projesi kapsamında, Pharao atom saati laboratuvarında deneyiyor.

açılarla gezinirler. Bazıları çok hızlı hareket ettiği için, görelilik kuramı gereği, titreşimlerini yavaşlamış gibi ölçersiniz. Aynı zamanda, Doppler kaymasından dolayı da olduklarından daha yüksek ya da düşük frekanslı gibi görünürler. Atomların her biri farklı şekilde hareket ettiği için, ölçülen titreşimlerin duyarlılığı azalır.

Heisenberg, belirsizlik üzerine çalışırken, atomları yavaşlatmanın bir yolunu da düşünmüş müydü acaba? Şimdi, atom saati yapımcılarının yapmak istediği bu. Dünyadaki en iyi beş saatin dördü, (Bu saatler, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde; ABD Washington DC'deki Donnan Gözlemevi'nde; Almanya Braunschweig'deki ve Fransa Paris'deki standartlar enstitülerinde yer alıyor.) süpersoğutulmuş sezyum atomlarından oluşmuş topları bir yayın içinden bir mikrodalga odacığına gönderiyor. Sıcak sezyum gazını süpersoğutulmuş bir top haline getirmek içinse kesişen altı lazer demetiyle, atomlar yavaşlatılıyor ve 2 mikrokelvinden daha düşük bir sıcaklığa kadar soğutuluyorlar. Atomlar böylece, neredeyse hareket-siz kalıyorlar. Düşük sıcaklık, hem görecelik hem de Doppler kaymasını önlemeye yetiyor. İlk olarak, 1996'da yapılan bu saatler, uluslararası atomik zamandaki belirsizliği %90 oranında azalttı.

Uzayda Zaman

Doğru bir saniye yaratmak için, bu saatler hâlâ en iyisini yapıyorlar. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nden Donald Sullivan'ın söylediğine göre, gözlem zamanını iki katına çıkarmak için, kulenin uzunluğunu dört katına çıkarmak ge-

rekiyor. Laboratuvarı'nın tavanına bir delik açmak yerine, Sullivan'ın daha iyi bir önerisi var: Bu tür saatleri Uluslararası Uzak İstasyonu'na yerleştirmek. Bu konudaki üç projeden birini yürüten Sullivan, uzayda 74 cm'lik bir boşlukta, saniyede 15 santimetrelilik hızlarla topları fırlatabileceğimizi söylüyor. Böylece, onları gözlemek için 10 saniyemiz olur. Üzerinde çalıştığı 25 milyon dolarlık "Uzaydaki Birincil Atom Kaynak Saati" (PARCS) projesi, saniyeyi 10^{17} 'de 5 duyarlılıkla hesaplayacak.

2005'in sonlarında fırlatılması düşünülen PARCS, uzay istasyonunda, Avrupa Uzak Ajansı'nın Atom Saati Grubu (ACES) adlı bir aygıtla birleştirilecek. Her iki saat de % 99,99997 duyarlılıkla, ancak yörüngedeki mikroçekim ortamının, yeryüzündeki saatlerle karşılaştırıldığında, zamanı nasıl yavaşlattığını ölçecek.

Rubidyum Atom Saati (RACE) adı verilen üçüncü bir saatin 2008 yılında öncekilerin izinden gitmesi planlanıyor. RACE, adından da anlaşılacağı gibi, atom saati yapımcılarının alışkın olduğu sezyum yerine, başka bir alkali elementle çalışacak. Proje yürütücüsü Gibble'a göre, en iyi sezyum saatlerinde en büyük hata kaynağı soğuk çarpışmalar. Mutlak sıfıra yaklaşan sıcaklıklarda, kuantum fiziği baskın hale gelir ve atomlar dalgalar gibi davranmaya başlarlar. Normalden yüzlerce kez daha büyükmüş gibi görünürler ve çok daha sık çarpışırlar. Bir mikrok Kelvin sıcaklıkta, sezyum neredeyse olabilecek en büyük çapına ulaşır. Ancak, bir rubidyum atomu için etkin boyut bundan 50 kez küçüktür. Bu sayede, RACE'in PARCS ve ACES'in yaklaşık 5 katı duyarlılığa sahip olabileceği hesaplanıyor.

Rubidyum saatleri başka üstünlükler de sunuyor: Çok küçük yapılarla ilgili bir sabit olan alfa'daki (ince yapı sabiti) dalgalanmalara bakma olanağı. Alfa, atomlar ve moleküllerdeki elektromanyetik etkileşimlerin şiddetini tanımlar. 1/137 gibi birimsiz ve fiziğin Standart Modeli'nin dışında kalan bir değer olan bu sayının neden bu değere sahip olduğu konusunda da görünürde bir neden yok. Ne var ki bu önemli bir sayı. Alfayı önemli oranda değiştirdiğinizde, bildiğimiz kadarıyla evren yaşamı destekleyemez duruma geliyor.

Standart Model'de, ince yapı sabiti, sonsuz kadar değişemez. Ancak, bazı karşı kuramlara (örneğin sicim kuramları) göre, alfa zaman içinde büyüyebiliyor. Ağustos 2001'de, bir grup gökbilimci, geçtiğimiz altı milyar yıl içinde, alfanın 10.000'de bir oranda artmış olabileceğini açıkladı. Rubidyum saatlerini sezyum ve öteki elementleri kullanan saatlerle karşılaştırsak, bilim adamları, bu saatlerdeki alfa dalgalanmalarını 20 kez azaltabilirler.

Sezyumun rubidyumla değiştirilmesini bir yana bırakırsak, RACE, atomları lazerlerin soğuttuğu, mikrodalgaların elektronları uyardığı standart bir saat olacak. Bu, güvenilirliği kanıtlanmış bir tasarım. Ancak, yakında modası geçecek gibi görünüyor.

Ağustos 2001'de, Scott A. Diddams ve Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'ndeki çalışma arkadaşları, saat yapımcılarının yaşadıkları süre içinde göremeyeceklerini düşündükleri bir saatin kısa bir denemesini gerçekleştirdiler. Bu, tek bir cıva atomuyla çalışan optik bir atom saati. Mikrodalgaları aşırı yüksek frekanslı olan görünür ışığı kullanma fikri doğal görünebilir. Optik fotonlar, elektronların bir üst seviyeye atılmalarını sağlayacak kadar yüksek enerjiye sahipler. Böylece, spin gibi ince ayrıntılarla uğraşmaya gerek kalmıyor. Ancak, ortaya çıkan yeni sorun, bu yüksek frekanslı sayabilecek sayaç bulmak.

ABD California'daki Jet İtici Laboratuvarı'ndan (JPL) Eric A. Burt, saniyede 10^{16} kerelik bir titreşimin nasıl sayılacağını kimsenin bilmediğini söylüyor. Burt, elektronik sayaçların kullanılabilirliği, mikrodalga rejimine uzanan bir köprü kurulması gerektiğini ekliyor.

Burada, optik cetvel devreye giriyor. 1999'da, Max Plank Enstitüsü Kuantum Optiği Bölümü'nden Thomas Udem, Theodor W. Hansch ve diğer araştırmacılar, bir gigahertz frekansa sahip bir referans lazeri kullanarak, optik frekansları doğrudan ölçmenin bir yolunu buldular. Işığın her bir atması, sadece birkaç düzine femtosaniye (10^{-15} saniye, ya da saniyenin katrilyonda biri) kadar sürüyor. Bir lazer sadece bir renkte, sürekli bir ışın demeti gönderiyor. Ancak, bu lazerin de atmaları olursa, her bir parlama bir renk karışımı ortaya çıkıyor. Femtosaniyelik atmanın tayfı, görülmeye değer. Tayfa baktığımızda, bir gökkuşağının renklerinde, birbirine eşit aralıkta dağılmış, her biri komşusuna tam

Tüm Zamanların Saati

Bir NASA Ağ sayfası, uzay istasyonu için düşünülen bir atomik kronometrenin şimdiye kadar yapılmış en dakik saat olacağını vurguluyor. Bu saat, 300 milyon yolda bir saniye hatayla zamanı tutacak. Saat yapımcıları, sanki saatleri hiç durmadan binlerce yıl çalışacakmış gibi konuşuyor olsalar da, tipik bir sezyum saati 20 yıldan daha uzun süre çalışmıyor. İyi bir kol saati bile bundan daha uzun süre çalışabiliyor.

Şimdi, bir grup geleceği ve mühendis, 10.000 yıl süresince hiç durmadan çalışacak bir saat yapmaya çalışıyorlar. Bu mekanik saat, tasarımcı Danny Hillis'e göre daha çok bir sosyolojik deney olacak. Hillis'e göre, bir saat sürekliliğinin simgesi ve gerçekten uzun süre için çalışan bir saat insan-



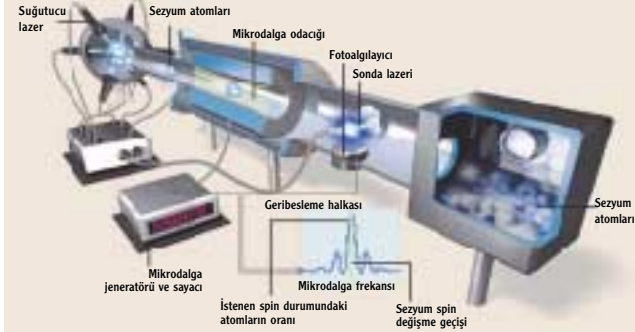
lara zaman konusunda bir perspektif sağlayacak. 3000 yılını, insanlar için soyut bir kavram olmaktan çıkaracak.

Long Now adında bir grup kuran Hillis ve arkadaşları, bir anıt büyüklüğündeki saatlerini yerleştirmeyi düşündükleri Nevada'da bir tepiyi satın aldılar. Saatin yerleştirileceği büyük odanın tepesinde yer alan bir yarıktan düşen öğle güneşi, yapışık iki metalden oluşan bir bantın üzerine odaklanacak ve bu da saatin ayarlanmasını sağlayacak bir ağırlığı tetikleyecek.

10.000 yıl çalışması düşünülen bu mekanik saat, yukarıda görülen ilk örneğinin anıt boyutlu versiyonu olacak. Saat, bükülerek çalışan bir sarkaç sayesinde dakikaları hesaplayacak; ancak, üzerinde sadece yıl, yüzyıl ve binyılları gösterecek.

Son Sınır

Fransız Ulusal Uzay Araştırmaları Merkezi önderliğinde yürütülen ACES projesi kapsamında üzerinde çalışılan Pharao atom saati, içinde kütleçekimsiz ortamın oluşturulduğu uçaklarda deneni-



olarak eşit uzaklıkta yer alan, milyonlarca keskin çizgi görülmüyor. Aynı, bir cetvelin üzerindeki çizgiler gibi. Gibble, "Saniyede bir milyar kez atma yapan bir lazer yapabilirsiniz ve inanılmaz bir şekilde, frekansların bileşimi bir hertz (saniyede bir titreşim) olur." diyor.

Diddam'ın Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'ndeki grubu, elektromanyetik bir tuzakla sabitledikleri cıva iyonları kullanarak basit bir optik saat yaptılar. Her bir atom bir elektron kaybettiğinden, iyonlar artı yüklü hale geliyorlar. Aynı yükte oldukları için birbirini itiyorlar ve çarpışma sorun olmuyor. Aygıt, henüz sürekli biçimde çalışmak için fazla kırılmalı olsa da saniyenin 10^{16} 'da 6'sı civarında duyarlılığa sahip. Baha uzun dönemlerde, belirsizlik 10^{-18} 'e ulaşabilir. Sullivan, cıvanın bunun için ideal bir element olmadığını vurguluyor.

yor. 2005 yılında, denemelerin Uluslararası Uzay İstasyonu'na taşınması düşünülüyor. PARCS adı verilen benzer bir aygıt da ABD'deki laboratuvarlarda geliştirildi. Bu aygıtlarda, lazerler yardımıyla gazımsı küçük toplar halinde süpersoğutulan sezyum atomları, elektronların spinlerini değiştiren mikrodalga boşluğuna doğru gönderilirler. Bir son- da lazeri, atomları yeniden bulur ve kaçının istenen duruma geldiğini belirler. Bir geribesleme ilmiği, saatin tıklamaları olan sezyum atomunun doğal spin değişme frekansına kilitlenir. Daha sonra elektronik sayaç $9.192.631.770$ mikrodalga frekansını sayar ve uluslararası anlaşmaya göre her birini bir saniye olarak belirler.

Udem ve Hansch, onun bir adım önünde gidiyorlar. Onlar, indiyum iyonunu inceliyorlar ve Gibble'in de üzerinde durduğu gibi, bu iyon, saatleri 10^{-18} düzeyine getirebilecek gibi görünüyor. Braunschweig'deki Federal Fizik ve Metroloji Enstitüsü'ndeki ve başka birkaç grup da yüksüz kalsiyum atomları üzerinde çalışıyorlar. Yüksüz atomlar, iyonlara oranla bir tuzakta daha yoğun olarak sıkıştırılabileğinden, bu atomlardan alınan sinyal, gü-rültü seviyesinin daha üzerinde oluyor. Gibble, sadece 50 iyonla çalışan bir saatin, 100 milyon yüksüz atomla çalışan bir saate göre daha iyi çalışıp çalışmadığını açık bir soru olduğu yönünde düşüncelere sahip.

Sabit Olmayan Zaman

Nasil olursa olsun, yakında, 10^{-17} belirsizliğe sahip saatlerin yapılacağı açık gibi görünüyor. Ancak,

yine karşımıza bir sözcük çıkıyor: dakiklik. Optik saatler, sezyumun özelliklerine dayanan, saniyenin atomik tanımının dışına çıkıyor. Saatlerimizi ayarlama- da kullanacağımız kesinlikle çok dakik, en yeni saatler için, tanımın değiştirilmesi gerekecek.

Saat yapımcılarının önündeki en büyük sorunlardan biri görelilik. 10^{17} 'de bir belirsizlikteki saatler (üç milyar yılda bir saniye) görelilikten iki şekilde kolayca etkilenecek. Öncelikle zaman genişlemesi söz konusu olacak. Bu prensibe göre, hareket eden saatler daha yavaş çalışıyor. 10^{17} 'lik bir frekans kayması, normal bir yürüme hızında gerçekleşecek kaymaya denk geliyor.

Öteki sorun, kütleçekimi. Çekim ne kadar güçlüyse zaman o kadar yavaş ilerler. Everest Dağı'nın tepesindeki bir saat, deniz seviyesindeki bir saate göre, yılda 30 mikrosaniye ileri gider. Bir saati 10 cm kaldırmak bile, onun çalışma hızında 10^{17} 'de bir frekans kaymasına yol açıyor. Ayrıca, yeraltında kilometrelerce derinlikteki magma hareketleri ve gel-gitler gibi etkilerle oluşan yerçekimindeki bölgesel değişimler bile saatlerin çalışma hızını etkiler. Ancak, bu değişimlere göre yükseklik çok daha kolay bulunabiliyor.

Son olarak, Gibble, mikrodalga saatlerdeki tayf çizgilerinin optik cetvellere yerleştirilebilmesi durumunda 10^{-22} gibi belirsizliklere ulaşabileceğini söylüyor. Ancak, bu kadar düşük belirsizliklere şimdilik ihtiyacımız yok. Çünkü, bu kadar duyarlı ölçülen zamanın başka saatlere de bu kadar duyarlı olarak nasıl aktarılacağı konusunda kimsenin fikri yok. Ayrıca, eğer yerinden hareket ettiremiyor- sanız böyle bir saat ne kadar gereklidir ki?

Scientific American, Eylül 20002.

Çeviri: Alp Akoğlu

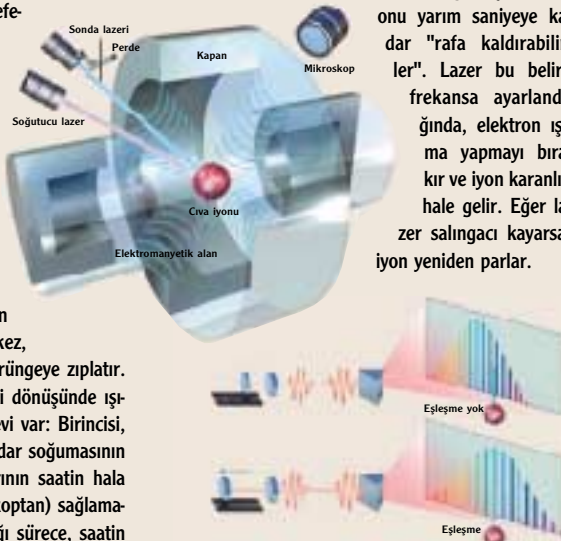
Zamanı Bir Atomdan Çıkarmak

Her saatin, en azından iki basit bileşeni vardır: bir salıngaç ve bir sayaç. Bir atom saati çok dakiktir; çünkü fazladan bir ögesi daha bulunur. Bu, titreşimin mükemmel yakın düzende çalışmasını sağlayan atomik bir referansı periyodik olarak kontrol eden bir sistemdir. Bir optik iyon saatinde, morötesi sonda lazeri salıngaç işlevi görür. Bir kızılötesi lazerin atmaları, sayaç çalıştırır. Neredeyse hareket- siz duran tek bir cıva atomunun yörüngesinde dolanan bir elektron mükemmel bir referans işlevine sahiptir.

Tuzaklama ve Yakalama: Fırında buharlaştırılan bir parça cıvadan gelen bir atom, bir akımla elektronlarından birinden ayrılarak iyonlaştırılır ve artı yüklü olarak kalır. Elektromanyetik alan, iyonu halka biçimli kapanın merkezine yerleştirir. Soğutucu lazer olarak adlandırılan bir lazer demeti (mor), iyonun en dışta yer alan elektronunu saniyede milyonlarca kez, daha dışta yer alan kararsız bir yörüngeye zıplatır. Elektron, zemin seviyesine her geri dönüşünde ışığa yol açar. Bu ışımın iki işlevi var: Birincisi, atomun neredeyse mutlak sıfıra kadar soğumasını sağlanması; ikincisi, bilim adamlarının saatin hala çalıştığını doğrulamalarını (mikroskoptan) sağlama- sı. Atom, soğuk olduğu ve parladığı sürece, saatin

referansı olarak kullanıma hazır demektir.

Sondalama ve Rafıama: Bir iyon saatinin içindeki atoma en yakın şey sonda lazeridir (mavi). Lazerdan gelen fotonların rengi, titreşimin frekansını verir. Saatin frekansının yavaşladığını ya da hızlandığını kontrol etmek için, lazer cıva atomu üzerine periyodik olarak gönderilir. Bilim adamları, sonda ışığını, doğru frekansa getirmek için, iyonu yarıkararlı bir yörüngeye çıkararak, onu yarım saniyeye kadar "rafa kaldırılabirler". Lazer bu belirli frekansa ayarlandığında, elektron ışımaya yapmayı bırakır ve iyon karanlık hale gelir. Eğer lazer salıngacı kayarsa, iyon yeniden parlar.



Eşleştirme ve Ölçme: Bir geribesleme sistemi, floresansı minimum olacak şekilde ayarlar. Sonda ışığı, böylece sabit kalır ve bir optik fiberle sayaca gider. Sonda ışığı saniyede yaklaşık bir katrilyon ke- re titreşir. Bu sayılabilenin çok üzerinde bir titreşimdir. Üçüncü bir lazer indirgeyici gibi davranır ve sinyali saniyede yaklaşık bir milyar titreşime dönüştürür. Üçüncü lazer aralarda karanlık süreler bulunan sadece birkaç femtosaniyelik atmalar gönderir.

Buradaki hüner, atmaların frekansını sonda ışımının frekansına kilitlemek. Bunu yapabilmek için, prizmadan geçirilen çok kısa atmaların her biri, eşit frekans aralıklarına sahip gökkuşağı renklerine ayrılır. Ayarlanabilen bir aynayı hareket ettirerek, bilim adamları atmalar arasındaki gecikmeleri bulmaya çalışıyorlar. Bunu her atmanın taşıdığı frekans genişleterek ya da daraltarak yapıyorlar. Sonda ışımının frekansı, renk çizgilerinden birine denk getiriliyor. Bu frekans cıva iyonunun davranışıyla belirleniyor. Bir elektronik algılayıcı, saniyede bir milyar kez tekrarlayan eşzamanlı atmaları sayıyor ve zamanı ölçüyor.

Toplumlar ve Zaman



Brezilya'da buluşmanıza bir saat geç kalın, kimse oralı olmaz. Ama New York'ta birini beş ya da on dakika bekletirseniz, bunun için esaslı bir açıklama yapmanız gerekir. Birçok kültürde zaman esneklik, bazılarında gerginlik yapar! Doğrusu, belli bir kültürün insanların zamanı nasıl algılayıp kullandıkları, hem toplumlarının önceliklerini hem de kendi dünya görüşlerini yansıtır.

Toplumbilimciler, yaşamın hızında olduğu kadar, toplumların zamana bakışlarında da, ülkeler arasında büyük farklılıklar olduğunu belirlemişler: Zaman, geleceği delip geçen bir ok mu; yoksa, geçmişin, bugünün ve geleceğin sonsuzluğa dek döngü içinde olduğu, devinen bir tekerlek mi? Kimi kültürlerde zaman ve yer kavramları iç içe geçmiştir. Örneğin, Avustralya'daki Aborjinlerin "Düş Zamanı" kavramı, yalnızca bir yaratılış miti değil, aynı zamanda, kırılık alanlarda yollarını bulmak için kullandıkları bir tür yöntemdir. İlginçtir ki, zaman konusundaki kimi görüşler de, kültürel farklılıklar arasında köprü kurar; neredeyse evrensel olarak görülür: Güçlü birinin, kendisinden daha düşük konumdaki bir başkasını bekletmesinin kabul edilebilir olduğu gibi.

Toplumlarda zaman incelemelerine, pragmatik ve kozmolojik olmak üzere iki farklı açıdan yaklaşılabılır. 1950'lerde, Antropolog Edward T. Hall, toplumsal zamanın kurallarının, toplumlar için "sessiz bir dil" oluşturduğunu yazmıştı. "Kurallar her zaman açıkça dile getirilmese de", diyordu Hall, "o toplumun havasında bulunurlar... Ya tanıdık ve rahatlatıcı, ya da yabancı ve yanlışlıktır".

Hall, 1955 yılında Scientific American dergisinde, zamanın farklı algılanma biçimlerinin farklı kültürlerden insanlar arasında yanlış anlamalara yol açabileceğini anlatıyordu. "Yabancı bir ziyaretçi tarafından yarım saatten fazla beklenen bir büyükelçi, ziyaretçisinin özür borçlu olup olmadığını bilmeli, yabancı ziyaretçiye göre bu davranış bir hakaret olmayabilir" diyordu Hall. "Belki de o ülkedeki zaman sistemi farklı birimlerden oluşuyor; ziyaretçi, bize görüldüğü kadar geç kalmamış olabilir. Hangi durumlarda özür dilenmesi gerektiğini bilmek için, o ülkenin zaman sistemini de bilmek zorundasınız... Farklı kültürler, zamanın birimlerine farklı değerler yüklerler".

Bugün, kol saatleri ve takvimler, kültür farkı gözetmeksizin, yerkürede yaşayanların çoğunu aynı zaman ritminde birleştiriyor. Yine de bu, hepimizin aynı ritimle yaşadığı anlamına gelmiyor. California Eyalet Üniversitesi'nden toplumsal psikolog Robert V. Levine, "Zaman üzerine araştırma yapmanın iyi yanlarından biri de, zamanın kültürlere açılan eşsiz bir pencere olması" diyor. "Kültürlerin nelere değer verdiği ve neye inandığı sorularının yanıtlarını buluyorsunuz. İnsanlar için ne-

ni zorlaştıran bir etken. Bir topluma girip, birine doğru yürüyüp, "Bana zaman konusundaki düşüncelerinizden söz edin" diyemezsiniz diyor Birth. "İnsanların böyle bir soruya verecek yanıtları yoktur. Bunun başka bir yolunu bulmalısınız".

Birth, Trinidadlıların zamana nasıl değer biçtiklerini, zamanla parayı nasıl ilişkilendirdiklerini keşfederek anlamaya çalışmış. Kırsal bölgelerde yaşayanlar arasında yaptığı araştırmada, günlük çalışma ritimleri gündoğumu gibi doğal olaylarca belirlenen çiftçilerin, uydu kanallarını izleseler ve popüler Batı kültürüyle tanışık olsalar da, "zaman para demektir" ya da "zaman yönetimi" gibi kavramlardan habersiz olduklarını ortaya çıkarmış. Öte yandan, aynı bölgede çalışan terzilerin bu kavramların farkında olduklarını görmüş. Araştırmacıya göre bu durum, ücretli çalışmanın terzilerin zamana bakışlarını değiştirmesinden kaynaklanıyor. Zamanı parayla ilişkilendirerek düşünmek küresel bir tutum değil; ancak, işimiz ve birlikte çalıştığımız insanlarla doğrudan ilgili.

İnsanların zamanı günlük yaşamda ele alış biçimleriyle, soyut bir kavram olarak kavrayışları arasında da büyük farklılıklar olabiliyor. "Bir kültürün, zamanın mitolojisine bakışıyla o kültürden insanların günlük yaşamda zamana bakışları genellikle birbirinden çok farklı" diyor Birth. "Günlük yaşamda Stephen Hawking'in kuramlarını düşünmeyiz". Kimi kültürler, geçmiş, bugün ve geleceği birbirinden kesin çizgilerle ayırmazlar. Avustralya Aborjinleri, "Düş Zamanı" sırasında atalarının topraktan çıktıklarına inanırlar. Atalar, dünyayı şarkı söyleyerek yaratırlar; canlı cansız herşeyi tek tek adlandırarak onları var ederler. Bugün bile, herhangi bir şey, bir Aborjin (onun için) şarkı söyleyene kadar var olamaz.

İngiliz yazar ve eleştirmen Ziauddin Sardar, Batı'nın, zaman geçtikçe yaşamın daha iyi olacağı beklentisini yayararak zamanı "kolonileştirdiği" görüşünde. "Zamanı kolonileştirirseniz, geleceği de kolonileştirirsiniz. Zamanın bir ok olduğunu düşünürseniz, elbette ki geleceğinde tek bir yönde ilerleyen gelişme olduğunu düşünürsünüz. Ancak, farklı insanlar, farklı gelecekle istiyor olabilirler".



ni zorlaştıran bir etken. Bir topluma girip, birine doğru yürüyüp, "Bana zaman konusundaki düşüncelerinizden söz edin" diyemezsiniz diyor Birth. "İnsanların böyle bir soruya verecek yanıtları yoktur. Bunun başka bir yolunu bulmalısınız".

Birth, Trinidadlıların zamana nasıl değer biçtiklerini, zamanla parayı nasıl ilişkilendirdiklerini keşfederek anlamaya çalışmış. Kırsal bölgelerde yaşayanlar arasında yaptığı araştırmada, günlük çalışma ritimleri gündoğumu gibi doğal olaylarca belirlenen çiftçilerin, uydu kanallarını izleseler ve popüler Batı kültürüyle tanışık olsalar da, "zaman para demektir" ya da "zaman yönetimi" gibi kavramlardan habersiz olduklarını ortaya çıkarmış. Öte yandan, aynı bölgede çalışan terzilerin bu kavramların farkında olduklarını görmüş. Araştırmacıya göre bu durum, ücretli çalışmanın terzilerin zamana bakışlarını değiştirmesinden kaynaklanıyor. Zamanı parayla ilişkilendirerek düşünmek küresel bir tutum değil; ancak, işimiz ve birlikte çalıştığımız insanlarla doğrudan ilgili.

İnsanların zamanı günlük yaşamda ele alış biçimleriyle, soyut bir kavram olarak kavrayışları arasında da büyük farklılıklar olabiliyor. "Bir kültürün, zamanın mitolojisine bakışıyla o kültürden insanların günlük yaşamda zamana bakışları genellikle birbirinden çok farklı" diyor Birth. "Günlük yaşamda Stephen Hawking'in kuramlarını düşünmeyiz".

Kimi kültürler, geçmiş, bugün ve geleceği birbirinden kesin çizgilerle ayırmazlar. Avustralya Aborjinleri, "Düş Zamanı" sırasında atalarının topraktan çıktıklarına inanırlar. Atalar, dünyayı şarkı söyleyerek yaratırlar; canlı cansız herşeyi tek tek adlandırarak onları var ederler. Bugün bile, herhangi bir şey, bir Aborjin (onun için) şarkı söyleyene kadar var olamaz.

İngiliz yazar ve eleştirmen Ziauddin Sardar, Batı'nın, zaman geçtikçe yaşamın daha iyi olacağı beklentisini yayararak zamanı "kolonileştirdiği" görüşünde. "Zamanı kolonileştirirseniz, geleceği de kolonileştirirsiniz. Zamanın bir ok olduğunu düşünürseniz, elbette ki geleceğinde tek bir yönde ilerleyen gelişme olduğunu düşünürsünüz. Ancak, farklı insanlar, farklı gelecekle istiyor olabilirler".

Carol Ezzell, "Clocking Cultures". Scientific American, Eylül 2002.

Çeviri: Aslı Zülal