

# Nano- Enfo- Biyo- Bilimler ve Gelecek... Üç Büyük Atılım



Yüzyılın sonuna yaklaşırken, üç büyük bilimsel dalga ivme kazanıyor. Bu üç dalga, yeni yüzyılda yaşamlarımızı, bu yüzyıldaki gelişmelerin, büyükanne ve büyükbabalarımızın yaşamlarını değiştirdiğinden çok daha köklü biçimde değiştireceğe benziyor. Nanoteknoloji, enformasyon bilimi ve moleküler biyoloji hızla mühendislik uygulamalarında yer alıyor. Önümüzdeki 20 yıl içinde bunların en azından bir büyük endüstri devrimine yolaçacağı düşünülüyor. Bu üç büyük atılım aynı anda gerçekleşecek. Bunun, insanlık tarihinde bir benzeri yok. Doğuracakları mühendislik uygulamaları birbirleriyle etkileşerek yepyeni alanların ortaya çıkmasına da yol açabilecek. Aslında hem keşifler hem de ekonomik gelişme açısından en çok verim vaat eden de, işte bu kesişmelerin gerçekleşeceği alanlar.

**N**ANOTEKNOLOJİ ve enformasyon alanlarındaki ortak gelişmeler, nanometre boyutlarındaki mantık devre anahtarlarının ürettiği imelerine olanak yarattı. Biyologlar, biyoenformatik adıyla anılan hesaplama yöntemleri sayesinde, gen dizilimlerini çözümüyle yoluyla, temel biyoloji bilgilerimizi zenginleştiriyorlar. Kamuoyu, genelde sadece moleküler biyoloji alanındaki atılımları izlerken, fiziğin farklı disiplinlerinde, enformasyon ve nanoteknolojiyi ilgilendiren, en az moleküler biyolojidekiler kadar önemli atılımlar birbirini izliyor.

## Sonsuz Küçüğe Doğru

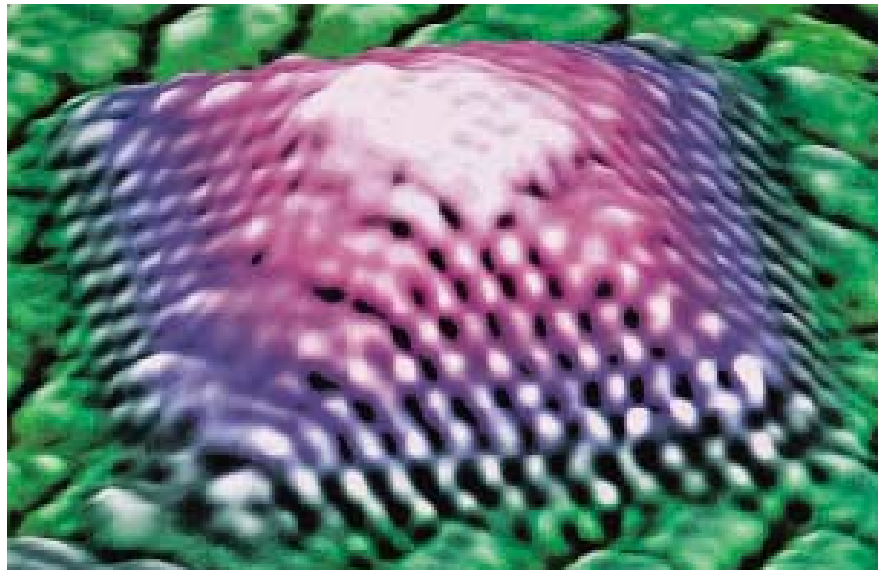
Nanoölçek bilimi, hem maddenin atom düzeyinde anlaşılması hem de kontrolünü de içeriyor. 1950'lerin sonlarında, bir gün atomların ayrı ayrı gözlenip, işlenmelerinin mümkün olabileceğini bir tek Richard Feynman gerçekten öngörebiliyordu. Bugün, dünya üzerinde yüzlerce laboratuvarında, 1980'lerin başlarında bulunan tarama tünelleme mikroskopu kullanılıyor. Bu araç sayesinde, maddelerin yüzeylerinin, her bir atomun ayırt edilebildi-

ği topografik haritaları çıkarılabiliyor. Aynı aracın farklı bir teknikle kullanılması sayesinde, atomları tek tek dizerek yüzeylere yazı yazmayı ve atomik yapılar inşa etmeyi bile başarabiliyoruz.

Gelecek yüzyılda, elektronik devrelerden araba tekerleklerine kadar pek çok nesne "kendi kendini üretebilecek". Hewlett Packard laboratuvarlarında, araştırmacılar her kenarında sayılı atom bulunan piramitler gibi yapıları kendi kendine ürettirmeye başladılar bile. Piramitin alt kenarı sadece

10 nm genişliğinde. Bu piramit, silisyum yüzeyine serpiştirilmiş germaniyum atomlarından, atomların birbirlerini çekmeleri sayesinde tam anlamıyla kendi kendine oluşmuştur. Aslına bakarsanız, birkaç saniye içinde, 0.1 cm<sup>2</sup>lik bir yüzeyde, bir milyardan fazla buna benzer yapı oluşturulmuş.

Dünya çapında pek çok araştırma grubu nanobilimi teknolojiye dönüştürmek üzere bir arada çalışıyor. Hedeflerden biri, kendi kendini üreten bileşenler kullanarak elektronik devreler üretmek. Bu olası uygulamanın



Germanyum atomlarından kendi kendini üreten bir piramit.

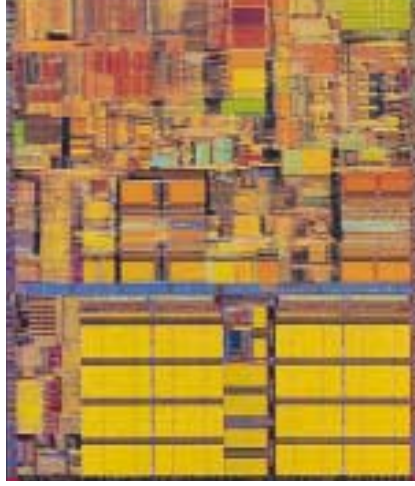
getirilerinden biri, elektronik devre üretiminin bugünkünden belki binlerce kez daha ucuzlayacak oluşu.

Geleceğin entegre devreleri, silikon yongalardan çok, fotoğraf filmlerine benzeyebilirler. Çünkü, bunlar bükülebilir plastik levhalar üzerine, kimyasal banyolarla işlenecekler. Her bir devre bileşeni, nereye tutunacağını belirleyen özel birer kimyasal iz taşıyan karbon nanotüplerinden üretilmiş kablo ya da anahtar olacak. Nanometre düzeyinde bileşenlerden oluştukları için bu devreler, litografik süreçlerle üretilen bugünkü örneklerden çok daha yoğun ve hızlı olacak. Yine de, bu devrelerin, kablolama hatalarını ve eleman kusurlarını kaldırabilen bir mimariye sahip olmaları gerekiyor; çünkü, kimyasal süreçler sayımsaldırlar (istatistiksel) ve kimyasal yolla belirlenimci bir sistem oluşturulması olanaksızdır. Bu devrelerin üretimi o kadar ucuzlaşabilir ki, devreler tek bir yazılımı kendiliğinden içerecek biçimde, uygulamaya özel üretilebilirler. Bu senaryoya göre, devrelerin tasarımı, bir başka deyişle de insan yaratıcılığı elektronik devrenin en değerli bileşeni haline gelecektir.

## Enformasyon Devrimi

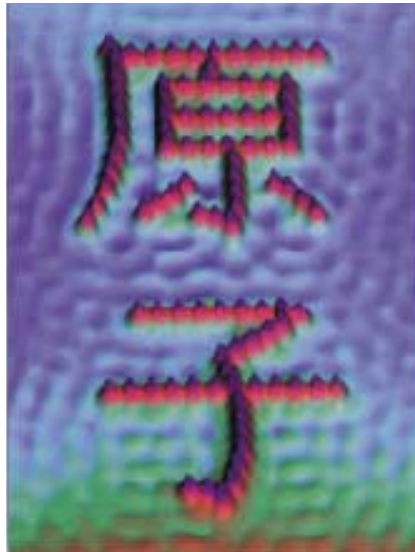
Geçtiğimiz 20 yıl içinde fizikçiler, bilginin de fiziksel bir olgu olduğunun ve maddi evrenin yasalarının etkisi altında olduğunun farkına vardılar. Bu alandaki öncülerden biri, yine Richard Feynman olmuştu ve kuantum bilgisayarlar, kuantum iletişim ve kuantum ölçüm hakkındaki öngörülerini teknik ve popüler yayınlarda yankı bulmuştu.

Enformasyon bilimi, karadeliklerin bilgiyi yuttukları durumda ne olduğunu tartışan düşünce deneyleri sayesinde, karadelikler, evrenin sonu gibi astrofiziği ilgilendiren konulara ışık tutmuştu. Büyük birleşik kurama boyut katabilecek olan bilimsel gelişmelerin, parçacık çarpışmaları değil, enformasyon biliminin kuantum mekaniği ve görelilikle ilgili yansımalarından gelmesi olasıdır. Söz gelimi, kuantum ışınlama (teleportasyon), kuantum hallerinin yıkıcı olmayan ölçümleri gibi konulardaki kuramsal tartışmalar, kuantum kütleçekimine ışık tutabilir.



*Pentium III yongası, tırnak büyüklüğünde bir alanda 9.5 milyondan fazla transistör içeriyor.*

Enformasyonun fiziksel yapısının daha iyi anlaşılması, önemli bilginin toplanması, saklanması işlenmesi ve geri alınmasına katkı sağlayabilir. Bazıları, bilgiyle gereğinden fazla yüklenmekten yakınıyor olsalar da, asıl sorunumuz büyük olasılıkla bunun tam tersi. İnsanlar aslında ham, düzenlenmemiş bilgiyle yükleniyorlar. Bu halyle tümüyle işlevsiz olan bu bilginin yararlı bilgiye dönüştürülmesi, büyük ölçekte enerji ve zaman tüketimi gerektiriyor. İnternet üzerinde bir tarama aracı kullanıp da çoğunluğu hiç işlerine yaramayan binlerce adresten oluşan listelerle karşılaşanlar bunun ne demek olduğunu bilirler. Bilginin doğasını daha iyi anladıkça, karar vermeye yarayacak bilgiyi düzenleyip sunan makine ve algoritmalar üretmemiz mümkün olacaktır.



*Nanoteknoloji sayesinde, atomları teker teker dizerek yazı bile yazmak olası.*

Hızla gelişen üç alandan moleküler biyoloji, geniş halk kitlelerinin en yakından izleyebildikleri alan. İnsan genomunun tümünü haritalamamıza az kaldı. Bunun da ötesinde, genomun hangi işlemleri kodladığı ve bunların nasıl bir işlevi olduğunu anlamaya başladık. Olumlu ya da olumsuz olarak değerlendirilsin, bu durum, genetik açıdan değişikliğe uğratılmış bitki ve hayvanlar yetiştirmemize olanak tanıyor. Bunun da ötesinde, ilaçlar, belli polimerler ve yeni malzemeler, hatta, geniş bir organik olmayan madde yelpazesinin üretiminde de belirli işlev üstlenebilir.

Bir fizikçinin bakış açısıyla, üç disiplinin, nanoteknoloji, moleküler biyoloji ve enformatiğin kesiştiği alandan büyüleyici atılımlar beklenebilir. Bu durum, fiziğin öğretilme biçimini de, yönetimini de değiştirecektir. Pek çok akademik kuruluş, gelecekteki araştırmalarının disiplinlerarası yaklaşımlar gerektireceğini öngörerek, bilim ve mühendislik organlarını yeniden yapılandırmaya girişti bile.

## Kapasite Patlaması

Sözünü ettiğimiz alanların hepsi için geçerli olan bir gerçek, gelişmenin zamanla doğrusal değil üstel olarak değiştiği ve değişmeyi sürdüreceği. Bu ne demek? Bilgisayar yongalarını örnek alalım. Son 21 yılda ortaya çıkan 7 farklı yonga kuşağının herbiri, bir önceki kuşaktaki yongalarda kullanılan dört katı sayıda transistör içeriyor. Bu süreç içinde, bilgisayarların bilgi saklama ve işleme kapasiteleri 47 yani 16 000 katına çıkmış oldu. Yongaların hızlanması, bileşenlerinin küçülüp daha sıkışık biçimlerde birleştirilebilmelerinin sonucu olarak ortaya çıktı.

Bu türden gelişmeler, 21 yıl önce gerçekleşmesi mümkün olmayan, dizüstü bilgisayarlar, cep telefonları, ucuz sayısal fotoğraf makineleri, ve İnternet gibi gelişmelere olanak tanıdı. Her biri başlıbaşına üstel olarak ilerleyen nano-, biyo- ve enfo- teknolojilerin bileşimiyle, birkaç yılda, bugüne oranla 10 000 kat kapasite artışıyla karşılaşmamız hiç de şaşırtıcı olmaz. Bundan önemlisi, günümüzde olanaksız, pahalı ya da çok yavaş sayılan yeni ürünler ve servislerin keşfine tanık olacağız. Bunlar çarpıcı gelişmeler olacak ve insa-

noğlunun bu kadar hızlı değişen çevreye uyumu gittikçe güçleşecektir.

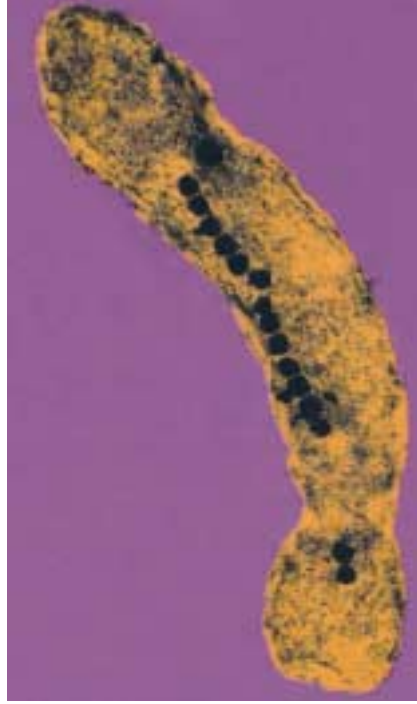
Böyle olağanüstü hızlarla gerçekleşen atılımlarla baş edebilmek büyük beceri gerektiriyor. Eğer bir kişi ya da kuruluş, sözgelimi birkaç hafta geride kalacak olursa, lideri bir daha yakalamasının olanaksız olması dışında, liderle aynı ivme ile ilerliyor olsa bile, sürekli daha da geriye düşecektir. Bu, 1980'lerde, dinamik rastgele erişimli bellek yongaları (DRAM) sektöründe ABD firmalarının başına gelmişti. O sırada Asyadaki rakiplerinin gerisinde kalan firmalar, piyasayı çoktan tümüyle terk ettiler. Üstel ilerleme, teknolojik tahminleri de güvenilmez kılıyor. Dayanılan güncel veriler birkaç gün gerideyse, ileriye dönük kestirimler, ne kadar ileriye bakıldığına bağlı olarak, yıllar ya da onyıllar mertebesinde hata içerebilir.

Elektronik endüstrisinde en belirgin gelişme, tek bir yongaya sığdırılabilen transistör sayısı ile ilintili oldu. Bu alandaki ilerleme, Intel'in kurucularından birinin adını taşıyan Moore Yasasıyla anılıyor. Başka alanlarda, gelişme, bilginin aktarılma hızı ya da ilaç üretim hacmi gibi değerler taşıyabilir. Nano-, enfo- ve biyo- bilimlerin tümünde 21. Yüzyılın başlarında üstel büyüme gerçekleşecek ve bunların herbiri en az bir endüstri devrimiyle sonuçlanacak.

## Geleceği Öngörmek

Yeni teknolojilerin nelere yol açacaklarını çekinmeden öne sürebiliriz? Nanoteknoloji, sıradan insanların, bugünkü süperbilgisayarlardan daha güçlü bilgisayarları üzerlerinde taşımalarına olanak tanıyacak. Bu, saat biçiminde de olabilir, gözlük çerçevesinin bir köşesine de saklanabilir, giysinizin ilmeklerinin arasına bile karışabilir. Bu bilgisayar kapasitesi insanların bilgilendirilmesi, eğlendirilmesi ya da iletişimi için kullanılabilir. İnsanların yanlarında taşıyacakları elektronik bilgi dağarcığı, bugüne kadar yazılmış tüm kitapların içerikleri kadar büyük olabilecek. İnternet, elektrik ya da su gibi, istendiği anda erişilebilir olacak. İnsanlar, "giyilebilir" bilgisayarlarla, bilgiye istedikleri yerde ve istedikleri anda erişebilecekler.

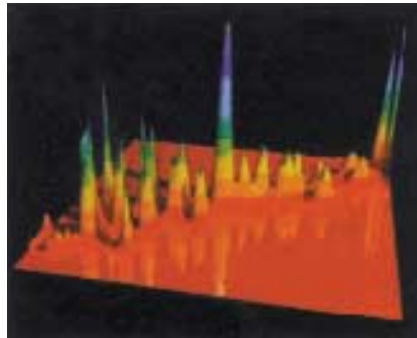
Büyük olasılıkla, bir insanın tüm genomunu okumak, bugün manyetik rezonans araçlarıyla yapılan tanı işlem-



**Bakteriler, ortamdan demir iyonlarını toplayıp, magnetit parçaları üretebiliyorlar.**

leri kadar kolay ve hızlı olacak. Doktorlar, hastalığa tanı koyup, bireyin özelliklerine uygun özel geliştirilmiş tedaviler uygulayabilecekler.

Genel olarak, tüketim ürünleri ucuzlayacak ve bilgi, alabileceğiniz en değerli ürün haline gelecek. Bu gelişmeler, insan yaratıcılığını tümüyle özgür kılma, yeni keşiflere olanak sağlama, genel sağlık durumumuzu iyileştirme, ve özgürlükleri koruma gibi alanlarda atılımlara gebe. Bununla birlikte, hükümet ya da kişilerin bu olanakları kötüye kullanmaları büyük felaketlere de yol açabilir. Birileri, bilgisayar virüsleriyle olağanüstü büyük felaketler yaratabilir, ya da gerçekliğe müdahale edilmesi, George Orwell'in 1984'ündeki gibi bir tablo yaratabilir. Böyle bir ortamda toplumun varlığını sürdürdürebilmesi için, insanların daha ahlaklı olmaları gerekecektir.



**Lazerle sağlanan floresans, insan kromozomlarının genetik parmak izini çıkarabiliyor.**

İlk kez yıldızlararası araçlar gerçekleştirilecek. Bunlar bir tenis topunun yarı büyüklüğündeyken, bugün otobüs boyutlarında üretilen araçların tüm ekipmanlarının benzerlerini taşıyor olacaklar. O kadar hafif olacaklar ki, fırlatılma masrafları dikkate değer olmayacak. Taşıdıkları elektronik aygıtlar o kadar verimli çalışıyor olacak ki, komşu yıldızlara yolladığımız araçlar, bugün kol saatlerimizde kullandığınız lityum pillerle bile çalıştırılabilir. Hedeflerine vardıklarında, bugün gezegenlere gönderdiğimiz araçların geri gönderdiği görüntü kalitesinde yayın yapmaya başlayacaklar ve bu görüntüler 22. yüzyıl bitmeden elimize ulaşmış olacak.

Bir başka olasılık, da üzerimizde (belki de bedenimizde) taşıyacağımız bazı aygıtlarla, tüm yaşam deneyimlerimizi kaydedip, gerektiğinde izlememiz. Tüm hareketlerinin kaydediliyor olması, insanın davranışlarını nasıl etkileyecektir? İnsanlar özel yaşamlarıyla ilgili bilgileri korumak için ne gibi önlemler alacaktır?

## Gelecek Burada Başlıyor

Bu makale de dahil olmak üzere, geleceğe yönelik her kehanetin bazı alanlarda fazla iyimser, bazı alanlarda yetersiz kalması olasıdır. En büyük gelişmeleri atlamak işten bile değil. Gelecek yüzyıldaki bilim ve teknoloji için şüpheye düşmeksizin yapabileceğimiz en güçlü kehanet, bu yüzyıldakinden çok daha farklı olacaklarıdır. Gelişmeleri izlemeyi sürdürdüğümüz sürece, yeni keşifler yapacak ve bunları çevremizi değiştirmek için kullanmayı öğreneceğiz.

Önümüzdeki yüzyıl, gerçekte bilimin sona erdiği değil, daha başımızı kaldırıp çevremize yeni yeni baktığımız dönem olacak. Bilinenden, bulunandan çok daha fazla keşfedilecek şeyler olduğu kesin. Fiziğin sınırlarını zorlarken karşılaşılan engelleri ekonomi, politika ve sosyoloji alanlarından kaynaklanıyor. Bu alanlardaki engellerin aşılması, bilimdeki engellerin aşılmasından zordur.

Williams, Stanley R., "Industrial Revolutions in the 21st Century", *Physics World*, Aralık 1999

Çeviri: Özgür Kurtuluş