

Alice Harikalar Diyarında: NANO DÜNYA

İçimizdeki keşfetme arzusunu durdurmanın imkânı yok. İlk önce Orta Asya'nın uçsuz bozkırlarından yeni bir kıtaya at sürdük. Sonra büyük gemiler inşa ettik, okyanusları aştık yeni bir dünya bulmak ümidiyle. O da yetmedi, üzerimizde kandiller gibi asılı duran yıldızlara yelken açtık. Her keşif bilinmeze karşı bir yolculuk. Bilinmenin korkusu ve heyecanını içinde yaşatan, karşı konulmaz duygu. Şimdi sıra her zaman önümüzde duran ama bugüne kadar hiç göremediğimiz bir dünyaya geldi. Bunun için çok uzaklara gitmemize de gerek yok. Tek yapmamız gereken Alice'in sihirli iksirinden bir yudum alıp milyon katımız kadar küçülmek.

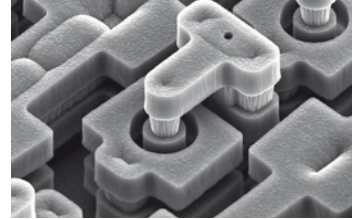
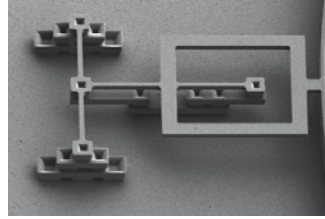
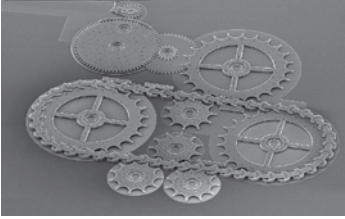
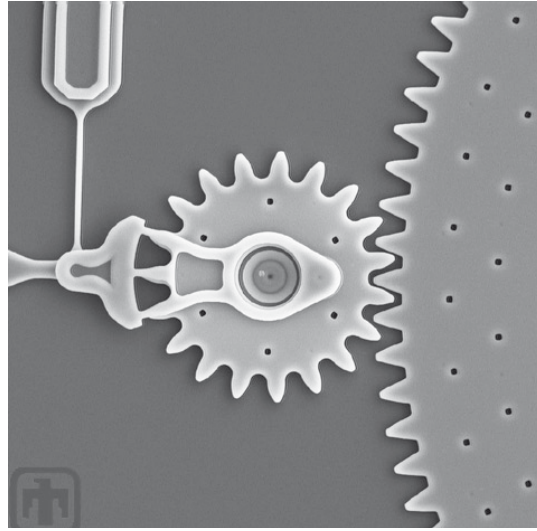
Einstein ilk çıkıp Newton'un yanıldığını söylediğinde eminim herkes ciddi anlamda şaşırılmıştır. Hâlbuki söyledikleri kolaylıkla herkesin aklına gelebilecek bir mantığa dayanıyordu. Topun hızı değişince oyunun kuralları da değişmeliydi. Işık hızı yeni bir kavramdı ve bu hızda hareket eden bir cismin üzerine etki eden kuvvetleri, bisikletimizle sahilde giderken üzerimize etkin eden kuvvetlerle anlatmamız oldukça zordu. Bundan bir süre sonra, yeni bir oyun alanı keşfedildi. Nanoteknoloji. İlk defa Robert Feynman adında bir bilim adamının, "Kim bir ansiklopediyi toplu iğne başına yazabilir?" sorusuyla ünlenen bu teknoloji, adını Yunancada "cüce" anlamına gelen, bilimdeki tanımıyla milyonda bir anlamındaki "nano" kelimesinden almaktadır. Normal şartlarda yapı ve davranışlarına alıştığımız maddeler, boyutları bir saç telinin 10 ila 100'de biri boyutlarında küçültüldüğünde, bize yabancı nesnelere haline geldiler. Bazı koşullarda modelleyemediğimiz kuvvetler kolaylıkla modellenir oldu. Ya da tamamen kontrolümüzden çıktı. İşte tam bu noktada farklı disiplinleri kullanarak bu yeni dünyayı keşfetme ve kontrol altına alma çalışmaları başladı. Bu disiplinlerden birisi de MEMS olarak adlandırılan Mikro Elektro Mekanik Sistemler'dir. Mikro üretimin ancak mümkün olduğu zamanlarda mikro düzeyde tasarımlar ön plana çıkmaktaydı. Daha sonra nano üretimin hızlanmasıyla bu teknoloji NEMS olarak da adlandırılmaya başlandı.

Bu yeni teknoloji ile girdiğimiz dünya bize ilginç açılımlar sunuyor. Bunlardan birisi yıllardır okumaya alıştığımız örümcek adam ve belki hâlâ hatırlayanlarımız varsa atom karınca. Kahramanlarımızın aslında birer hayal ürünü olmayabileceğini hiç düşündünüz mü? Çelikten çok daha güçlü ve esnek olduğu anlaşılan örümcek ağı ve ağırlığının onlarca katını kaldırabilen karıncalar ufukumuzu açan bu yeni teknoloji yardımıyla daha anlaşılır hale geliyor.

Terazi lastik jimnastik...

Güzel, çirkin, büyük, kısa, uzun... Hayatımızda birçok sıfat kullanıyoruz. Tek başına pek bir anlamı olmayan, tanımlayamadığımız bu kelimeler bir nesneyi anlatabilmek için kullandığımız, benzerlerine göre kıyaslamamızı sağlayan sıfatlardır. Diğer bir deyişle ölçemediğimiz bir şeyi tanımlayamayız. Bilimde de ölçeklendirme önemli bir konu başlığıdır. Aynı yöntemle nanoteknolojinin mevcut dünyanın önüne nasıl geçtiğini daha kolay anlayabiliriz.

Öncelikle bilmemiz gereken en önemli unsurlardan biri, nano düzeydeki cisimlerin üzerlerindeki çekimsel kuvvetlerin ihmal edilebilir değerlere düşmesidir. Bununla birlikte bu boyutta, sıvılardaki yüzey gerimi ciddi anlamda etkili hale gelmektedir. Lisede okuduğumuz, tabii hâlâ hatırlayanlarımız varsa, su damlasının dik bir duvara yapışmasını sağlayan



adezyon kuvveti (farklı iki maddenin molekülleri arasındaki çekim kuvveti, aynı zamanda yüzey gerilimini oluşturan bu kuvvet, örümcek adamın düz duvara nasıl tırmandığını bize açıklayan en mantıklı bilimsel yaklaşımdır) ve bu su damlasının yuvarlak şeklini korumasını sağlayan kohezyon kuvveti (aynı moleküller arası çekim kuvveti) bu dünyada göz ardı edemeyeceğimiz kadar önemli kuvvetler haline gelmektedir.

Bir cismin, bir boyuttaki değerinin ölçüsünü S ile tanımlarsak (mesela uzunluk, genişlik ve yüksekliği cm olarak ifade ettiğimizi düşünün) bir cismin alanı, uzunluk ve genişliğin çarpımına eşit olduğu için S^2 olarak ölçümlendirilir. Hacim ise üç boyutun çarpımı olduğu için S^3 olarak ifade edilir. Bu tanımları kullanarak, yüzey hacim oranı $1/S$ olarak ifade edilir. Bu değer aynı zamanda bir cismin taşıyabileceği kritik kuvvetin ağırlığına oranına da eşittir. Bu değer S 'in 1'den büyük değerleri için 1'den küçük bir sayıya eşit çıkar. S 'in 1 ile 0 arasındaki değerleri için 1'den büyük bir sayıya eşit olur ve S küçüldükçe bu değer de artar. Yani S , cm ölçütünde 1'e eşitse, S değeri bir mikrometre olduğunda 0,001'e eşit olacaktır. Peki, bu hesaplamalar ne işe yarıyor? Görülen o ki, cisimlerin ağırlıklarına oranla kaldırabilecekleri yük miktarı, cisimlerin boyutları küçüldükçe artar. Bu da ortalama 300 milimetreden küçük olan atom karıncamızın, nasıl bu kadar büyük ağırlıkları kaldırabildiğini bize açıklıyor. Normal şartlarda atom olmayan bir

karınca bile ağırlığının 10 katı kadar bir yükü kaldırabilmektedir. Bir insan ise sadece kendi ağırlığının iki katını kaldırabilmekte. Burada rekor, ağırlığının 3 katını kaldırabilen olimpiyat şampiyonu haltercimiz Halil Mutlu'dadır.

Yıldızlara Merdivenle Çıkmak...

Mikro ve hatta bugünkü teknoloji olanaklarıyla nano boyuttaki tasarımlarla çok daha güçlü ve dayanıklı ürünler yapmak mümkün oluyor. Başka bir deyişle cisimlerin boyutları çok küçüldüğünde, kırılmaz sağlamlıkta yapılara dönüşebiliyorlar. Bunların en güzel örneklerinden birisi bu aralar yüz kremlerinden, tekstile birçok alanda kullanılan karbon nano tüpler. İlk olarak 1991'de bir araya getirilen karbon atomlarından oluşturulan bu yapı uzunluk genişlik oranı 1.000.000 olan tüplerden oluşuyor. Ve şu anda örümcek adamın ördüğü ağlardan bile daha kuvvetliler. Kafamızda daha iyi canlandırmak adına 100 cm genişliğinde ve 100 km uzunluğunda kırılmaz bükülmez bir yol düşünmeye çalışın. Tabi yapılar bu kadar kuvvetli olunca ilginç kullanım alanları da ortaya çıkıyor. Örneğin NASA uzun zamandır "Yıldızlara Karbon Merdiven" adlı bir proje ile Ay ile Dünya arasına karbon tüplerle bir asansör inşa etmeyi böylece uzaya fırlatılan roketlerin maliyetlerini azaltmayı planlıyor.



Bildiğimiz altının sarıdan kırmızıya dönüşmesi, en çok kullanılan ziynet eşyalarımızdan birisi olan gümüşün antibakteriyel bir özellik kazanarak tıp ve tekstil için gelecek vaat etmesi gibi birçok değişiklik bu yeni ve küçük nano dünyanın kapısından ilk girdiğimizde karşımıza çıkan bir kaç örnek sadece. Burada kadar bu yeni dünyayı ve yarattığı fırsatları ko-nuştuk. Şimdi önemli olan soruyu cevaplamanın vakti geldi. Biz, kendi kurallarıyla yönetilen bu Harikalar Diyarı'nda, neler yapabiliriz?

Hepimiz Alice'in Harikalar Diyarı'na yolculuğunu biliriz. Masadaki iksirden içince küçülen Alice, acelesi olan bir tavşanla tanışır. Karşısındaki kapılardan hangisinden gideceğini bilmeyen Alice, tavşana hangi kapıdan gitmesi gerektiğini sorar. Tavşansa Alice'ten önce nereye gitmek istediğini söylemesini ister. Alice bilmediğini söyleince, tavşan da o zaman hangi kapıyı seçeceğini çok da önemli olmadığını söyler. NEMS, nano dünyaya açılan kapılardan sadece birisi ve bu teknolojiyi kullanarak birçok şey yapabileceğimiz ortada. Ki bunlar şu an için sadece sahip olduğumuz kısıtlı bilgiyle görebildiklerimiz. Eğer doğru hedefi belirler ve nereye gitmek istediğimize sağlıklı bir şekilde karar verebilirsek bu teknoloji ile insanlık için büyük yararlar sağlayacağımız ortada.



Eyleyiciler (Actuators)

Şu anda NEMS kullanılarak geliştirilen teknolojilerin başında eyleyiciler geliyor. Oyuncuların yakından tanıdığı Wii Remote ve Playstation'ın kumandaları bu teknolojiyi kullanarak yaratılmış oyuncaklarımız. Eyleyicilerin kullanımı tabii ki oyuncularla kısıtlı değil. Otomotivden bilgisayarlara, sağlıktan giyilebilir teknolojilere hayal edebileceğimiz, hareketin olduğu her uzayda geniş kullanım alanı bulan eyle-

yiciler farklı teknolojiler kullanılarak yapılabilmekte. Daha çok nerede kullanılacağına ve ne amaçla kullanılacağına göre arkasındaki kontrol mekanizmasının tasarlandığı bu teknolojiye biraz daha yakından bakalım...



Elektrostatik Eyleyiciler

Elektronik etkileşim, NEMS teknolojilerinde en yaygın olarak kullanılan teknik olarak ön plana çıkıyor. Entegre devre tasarımına yani diğer bir deyişle mevcut teknolojilerle üretime uyumlu olan elektrostatik eyleyiciler genellikle, ivmeölçer, dönme oranı ölçer ve mikro optik parçalar gibi ürünlerde uygulama alanı bulmakta.

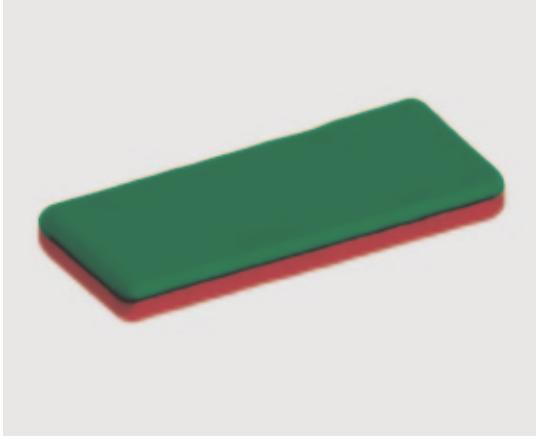
Tarak şekilli elektrostatik eyleyiciler iç içe geçmiş yapılarıyla herhangi bir hareketi kolaylıkla algılar. Tarak uçları arasındaki açıklık belirli bir kapasitif değere işaret eder. Bu değer hareketin yönüne ve açıklığın azalıp artmasına göre değişiklik gösterir. Kapasitans değerindeki değişikliklerle cismin ne yönde hareket ettiği ölçülebildiği gibi, kapasitans değerinin değişim hızı ölçülerek de hareketin şiddeti bulunabilmektedir.

Kapasitans değeri değişimi sırasında yapılan iş hesaplanarak, bu değer hareketin yönünde uygulanan kuvvetin bulunmasında kullanılır. Tabii ki tam tersi işlem ile bilinen bir kuvvet uygulandığında beklenen kapasitans değişimini hesaplamak da mümkündür.

Termal Eyleyiciler

Termal eyleyiciler belirli bir sıcaklık değerine tepki vererek uzunlukları değişen yapılar kullanılarak üretilir. Bu yapıların, üzerlerinden belirli bir akım geçirildiğinde oluşan sıcaklık ile uzunlukları değişir. Ya da aynı şekilde belirli bir sıcaklığın etkisinde kaldıklarında, değişen uzunluklarından dolayı, sabit bir potansiyel farkında, üzerlerinden geçirebildikleri akım miktarı değişen yapılarıdır.

Elektrostatik eyleyicilere göre daha düşük voltaj değerlerinde çalışabilmekle beraber daha büyük kuvvetler uygulayabilme ve daha büyük bir alanda hareket edebilme kabiliyetine sahiptirler.



Üst üste bağlanmış iki farklı metalin sıcaklığa tepkisi sonucu şekil değiştirmeleri. Kırmızı metal, sıcaklık artışına daha fazla tepki vererek yeşile göre daha büyük bir uzamaya uğramış bu da bağlı tabakaların yukarı doğru kıvrılmasına neden olmuştur.

Optik Eyleyiciler

Optik günümüzde üzerinde ciddi çalışmaların yapıldığı önemli bir konudur. Işık hızıyla iletişimi etkin hale getirecek bu teknoloji, eyleyiciler için de önemli bir uygulama alanıdır. Bu teknolojiye, hızlandırılan fotonların çarptıkları yüzeyde, momentumunun korunumundan dolayı yarattıkları etki tepki kontrol edilir. Cisimlerin belirli hızlardaki foton ile vurulması ile cisimlerde istenen ve kontrollü yer değişimleri oluşmaktadır. Yalnız seri üretimindeki zorluklar, şu an için bu teknolojinin önündeki en büyük engeldir.

Manyetik Eyleyiciler

Elektrostatik eyleyicilerden sonra günümüzde en ciddi çalışmaların yapıldığı eyleyici teknolojisidir. Elektrostatik eyleyicilerin aksine daha düşük sıcaklıklarda çalışıyor olmaları özellikle insan vücudu içinde kullanılmaları için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte dışarıdan uygulanan kuvvetlerle kontrol edilebilir yapıları, içinde bir güç kaynağı bulundurmayan sistemler tasarlanmasına ve pil ömrü gibi kısıtlamalardan kurtulmamıza yardımcı oluyor. Manyetik alandan etkilenen genellikle de Nikel Demir alaşımları (Paslanmayı ve çürümeyi engellemek için manyetik alandan etkilenen Demir koruyucu Nikel ile karıştırılır.) metal-

ler kullanılarak dışarıda oluşturulan bir manyetik alan ile uzaktaki eyleyiciler kontrol edilebilmektedir. Günümüzde DVD, Blue-ray, manyetik depolama, ABS ve EPS (Elektronik Denge Programı) otomobil teknolojileri, düşük güç harcayan cep tele-



fonları, mikro anahtarlar, ilacın doğru bölgeye iletilmesi ve biyolojik ölçümleme gibi birçok teknolojiye kullanılan manyetik eyleyiciler gelecek için birçok ümit vaat eden akademik çalışmaya da ilham vermektedir.



Eyleyiciler, nano boyuttaki maddelerin yeni özelliklerini kullanarak yapabileceğimize imkân tanıyan teknolojilerden sadece birisi. Güliiver'in cüceler ülkesine ilk gittiğinde yaşadığı gibi, bizler de keşfettiğimiz bu yeni dünyanın kurallarını ne kadar hızlı algılayabilirsek o kadar hızlı bir şekilde bize sunduğu fırsatları değerlendirmeye başlayabiliriz.

Kaynaklar

<http://www.newscientist.com/section/tech>
<http://www.crnano.org/solutions.htm>
<http://www.explainthatstuff.com/nanotechnologyforkids.html>
<http://www.nano.gov/>
 Şardan, Ö., "Design and Fabrication of Electrostatically Actuated Nanotweezers by Guided Self Assembly", Yüksek Lisans Tezi, Koc Üniversitesi, 2006.
 Baglio, S., S. Castorina, L. Fortuna and N. Savalli, "Modeling and Design of Novel Photo-Thermo-Mechanical Microactuators", *Sensors and Actuators A*,

Vol. 101, pp. 185-193, 2002.
 Yang et al., "An Electro-Thermal Bimorph-Based Microactuator for Precise Trackpositioning of Optical Disk Drives", *Journal of Micromechanics and Microengineering*, Vol. 15, pp. 958-965, 2005.
 Yılmaz, M., "Integration of a Bimorph Thermal Microactuator with Electrostatically Actuated Nano Tweezers", Yüksek Lisans Tezi, Koc Üniversitesi, 2007.
 Yalçın, Y., "Magnetically Actuated Nanotweezers", Doktora Tezi Araştırma Raporu, Boğaziçi Üniversitesi, 2008



Yankı Yalçın, 1980 İzmir doğumludur. 2003 yılında Boğaziçi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2006 yılında yine Boğaziçi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği'nde Yüksek Lisans Eğitimi tamamladıktan sonra 2006-2009 yılları arasında bu bölümde MEMS üzerine doktora yaptı. Şu anda Vestel'de ileri ve gelecek teknolojiler üzerine İş Geliştirme Yöneticiliği yapmaktadır.