

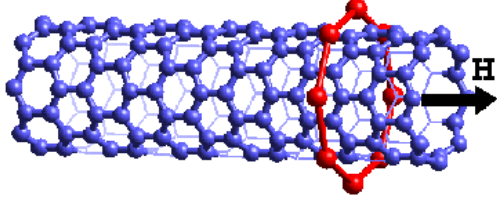
NANOTEKNOLOJİ: BEKLENENEN SANAYİ DEVRİMİ

Profesör Dr Salim Çıracı
Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi Müdürü
Bilkent Üniversitesi

20. yüzyılın son çeyreğinde mikroelektronığın gelişip her alanda uygulama bulması ve daha sonra 'internet' in hızla yayılması bilimsel ve teknolojik gelişmeleri de inanılması güç bir şekilde hızlandırdı. Bilgi-enformasyon çağında yüksek teknolojiye her alanda, özellikle iletişim ve bilişim dallarında gelen talepler bilim adamlarını olağanüstü özelliklere sahip yeni malzemeleri ve yeni üretim yöntemlerini aramaya yöneltti. 1980'li yıllarda bilimde elde edilen önemli gelişmeler malzemelerin boyutları nanometre (metrenin milyarda biri) seviyelerine inince olağanüstü yeni fiziksel ve kimyasal özellikler göstereceğini ortaya çıkardı. Atomların doğrudan görüntülerini veren taramalı tünelleme mikroskobunun ve bundan türetilen atomsal kuvvet mikroskobunun keşfi sayesinde günümüzde çeşitli atomsal süreçler gözlenip, atomlar teker teker kontrollü bir şekilde istenen yerlere taşınıyor, yapay malzemeler yapılabiliyor. Nanometre boyutlarında malzeme daha işlevsel, daha mukavemetli olabiliyor, daha hızlı işlem yapabiliyor, buna karşılık daha az enerji harcayıp daha az da yer kaplayabiliyor. Bu kadar küçük boyutlarda kuvantum etkiler ön plana çıkıyor, yapı atomların konumlarına bağlı olarak gözlenebilen değişiklikler gösterebiliyor. Örneğin, bir moleküle tek bir atom ekleyerek özellikler tamamen değişebiliyor, molekül daha işlevsel duruma gelebiliyor.

Çok küçük cisimler gerçekten büyüklerden farklı davranırlar. 10-1000 kadar atomdan oluşan nano-ölçekli bir sistemde kuvantum yapısı daha belirgin hale gelmektedir. Elektronların enerji aralıklarının açılması, sürekli gibi algılanan fiziksel özellikleri etkileyerek onların kesikli olarak değişimine neden olmaktadır. Bunun sonucu, nano-yapılar normal boyutlara nazaran çeşitli yeni özellikler sergilerler. Örneğin, normal boyutlarda yarı iletken bir kristal olan silisyum, nano-ölçeklere küçüldüğünde iletken olabilmektedir. Nano-yapıların sergiledikleri olağan dışı özellikler yeni teknolojik uygulamalar için çok çeşitli olanaklar yaratmaktadır.

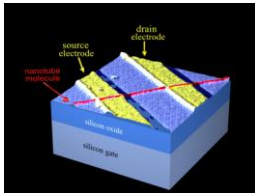
Karbon nanotüplerin 1992 yılında ilk kez sentezlenmesi sonucu günümüzün en yoğun bilimsel araştırma faaliyeti doğmuştur. Bir atom kalınlığında grafit tabakasının silindirik üzerine düzgün olarak sarılmış hali olan karbon nanotüp, nanometre mertebesinde yarıçapına ve sarmal açısına bağlı olarak yarı iletken veya bir boyutlu kuvantum iletken olabilmektedir. Ayrıca kimyasal aktivitesi ve elektronik yapısı tüpün içine ve dış cidarına değişik atom ve moleküller soğurularak değiştirilmekte, malzeme daha işlevsel hale getirilmektedir. Kuramsal çalışmalar, Şekil 2'de yarı iletken nanotüp çevresinde oluşturulan bir metal atom halkasından geçebilecek çok küçük akım seviyelerinin tüpün merkezinde 1 Tesla seviyesinde bir manyetik alan indüklileyebildiğini göstermektedir. Tüp üzerine demir atomlarının belli bir düzende soğurulması sonucu elde edilecek nanomıknatısların gelecekte çok yoğun bilgi depolama araçları olarak geliştirilmesi düşünülmektedir.



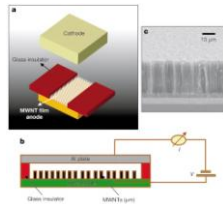
Alüminyum atomlarını dizerek karbon nanotüp üzerinde oluşturulan metal halka.

Nanoteknoloji (metrenin bir milyarda biri boyutlarda bilim ve teknoloji)

Bilimde elde edilen gelişmeler nanometre boyutlarında malzemelerin teknolojiye ne kadar büyük olanaklar kazandırabileceğini gösterdi. Otomotiv ve benzeri imalat sanayilerinde kar marjlarının düştüğü ABD’de iktisatçılar bu olanakları herkesten önce görüp Başkan Clinton’ı etkileyerek nanoteknolojiyi öncelikli alan ilan ettirdiler. Bundan sonra, nanoteknolojiye ilgi bütün dünyada hızla yayıldı. Nanoteknoloji, günümüzde tekstil, inşaat, ilaç, otomotiv, elektronik, bilişim ve iletişim, tıp ve farmokoloji, malzeme bilimi gibi hemen hemen her alanda hızla gelişme göstermektedir. Nanobilim çok küçük boyutlarda ortaya çıkan bu yeni davranışları kuantum kuramı yardımı ile anlamamızı sağlarken; nanoteknoloji ya yeni malzemeler, nanoyapılar tasarlayıp sentezlemeyi, ya da mevcut nano yapıları veya molekülleri işlevsel hale getirip onların kazandıkları yeni özellikleri yeni uygulamalarda kullanmayı amaçlıyor. Bu şekilde sentezlenen yapılar çok aktif olabilir ve önemli kimyasal süreçlere aracılık ederler, olağanüstü elektronik veya manyetik özellikler seğilerler. Nanoteknoloji bilinen bütün teknolojilere kıyasla çok daha fazla temel bilim ve kuramsal araştırmalara gereksinim göstermektedir. Şimdi ekonomistler nanoteknolojiyi bilgisayar devrimini izleyen ve 21. yüzyıla damgasını vuracak yeni bir teknoloji ve enformasyon devrimi olarak değerlendiriyorlar.



C. Decker grubu tarafından karbon nanotüp kullanılarak yapılan nanotransistörün Atomal Kuvvet Mikroskobu görüntüsü. Şekilde sarı renkteki platin çubuklar arasında yerleştirilen kırmızı tüp transistör olarak çalışmaktadır.



Karbon nanotüpleri cam üzerine dizerek Yapılan bir gaz nanodetektörü

Delf Üniversitesi fizikçileri bir karbon nanotüpün belli metal yüzeyleri ile yaptığı temas sonucu oluşan gerilim farkını kullanarak transistör yapmayı başardılar. Yine karbon nanotüpün ucunda oluşan çok yüksek bir elektrik alanı kullanarak milimetre boyutunda adeta elbiselerin yakasına takılıp küçük pillerle çalışabilen gaz sensörleri yapıldı. Bilinen gaz sensörlerinin büyük boyutları ve kullandığı gerilim güç kaynağı dikkate alındığında nanoteknolojinin bizlere ne kadar önemli yararlar sunacağı ortaya çıkmaktadır.

Nanoteknolojinin gelişmesi

Gelişmiş ülkelerde kamu sektörünün nanoteknoloji araştırmaları için 2005 yılında yaptığı yatırımlar 5 milyar ABD Dolarına erişmiştir. Son yıllarda ABD, Japonya, Avrupa Birliği, Kore, İsrail gibi gelişmiş ülkelerde her biri 100 milyon doların üzerinde harcama yapılarak çok sayıda ulusal araştırma merkezleri kurulmuştur. Örnek olarak, ABD'nin Milli Bilim Kurumu Harvard, Cornell, Stanford gibi dünyaca tanınmış 13 üniversitede nanoteknoloji merkezleri kurmuştur. Benzer şekilde ABD Enerji Bakanlığı sadece 2006 yılında Argonne, ONR, Brookhaven, Sandia, Lawrence-Berkeley'de beş Ulusal Nanoteknoloji Merkezi açmıştır. İşletme bütçeleri de Enerji Bakanlığı tarafından karşılanan bu dev araştırma merkezleri ABD'nin ünlü üniversiteleri tarafından yönetilmektedir. Nanoteknoloji ABD'de ilk eğitim programlarına girmeye başlamıştır.

Son günlerde Çin hem nanoteknoloji araştırmalarında hem de eğitiminde büyük hamleler yapmaktadır. Çin'de nanotekstil konusunda elde edilen aşamalar CNN tarafından bütün dünyaya duyurulmuştur. İsrail, malzeme bilimi ve nanoteknoloji araştırmalarına 5 yıl için 230 milyon dolar ayırmıştır. Bu arada İsrail'in bilinen üniversitelerinin çevresinde kurulan 45 nanoteknoloji şirketi elde edilen sonuçları uluslararası pazarlara taşımaya başlamıştır. Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı'nda malzeme bilimi ve nanoteknolojiyi öncelikli alanları arasına alarak araştırmalar için 4.8 milyar Avro kaynak ayırmıştır. Kore, 2001 yılında Nanoteknoloji Teşvik Yasası kurmuş, nanoteknoloji araştırmaları için 4 milyar dolar kaynak ayırmış ve 2015 yılına kadar 20.000 nanoteknoloji uzmanı yetiştirmek üzere plan yapmıştır. Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi yerel sanayi ve ticaret kuruluşlarını desteklemek amacı ile kurulan 'Institute of Nanomaterials and Nanotechnology' için 100 milyon dolar yatırım yapmaktadır. İran nanoteknoloji konusunda önemli hamleler yapmış ve ülkemizden daha ileri bir konuma yerleşmiştir.

Bu yeni teknoloji devriminde yer almak ve gelişen pazardan pay kapabilmek için ülkeler adeta birbirleri ile yarışmaktadır. Çünkü ülkeler bu teknoloji devrimini kaçırmamanın bedelinin ne kadar yüksek olacağını çok iyi bilmektedirler. Kanımızca yakın bir gelecekte bir ülkenin nanoteknolojideki seviyesi o ülkenin gücünün bir göstergesi olabilecektir. Türkiye'de nanoteknolojinin önemi önce bilim çevrelerinde, daha sonra sanayi kuruluşlarında vurgulandı, medyada sık sık yer almaya başladı. Son zamanlarda Rand Corporation ülkeleri nanoteknolojideki potansiyellerine göre 4 gruba ayırmış: Birinci grupta ABD, Almanya, Japonya, İngiltere, Kore, İsrail gibi ülkeler bulunmaktadır. Türkiye üçüncü grupta bulunmaktadır. Bu arada DYO, Arçelik, Petrol Ofisi gibi tanınmış şirketler nanoteknolojiyi bazı ürünlerinde kullanmaya başladılar. Nanoteknoloji TÜBİTAK'ın vizyon programlarında ve büyük holdinglerin stratejik planlarında yer almaya başlamıştır.

Nanoteknolojinin öncelikle malzeme ve biyoteknoloji alanlarında gelişeceği, ancak 10-15 yıl sonra elektronik ve spintronikte, özellikle moleküler elektronikte ağırlığını hissettireceği beklenmektedir. Günümüzde nanobiyoteknoloji, nanotıp konusunda yapılan yoğun araştırmalar yakın bir gelecekte tedavi yöntemlerinde devrimsel gelişmeler olacağını göstermektedir. Nanomalzemelerin ilginç özellikleri

hemen hemen her alanda; savunma, tekstil, otomotiv, inşaat, kimya, optik, ilaç sanayinde devrim yaratacaktır. Sürtünmesiz yüzeyler sayesinde taşıtlarda motor yağı değiştirme sorunu ortadan kalkabilecek, kir tutmayan tekstil ürünleri sayesinde belki çamaşır makinelerinin kullanımı sınırlanabilecek, giysilerimiz yeni işlevler üstlenecektir. Binalardaki betonarme kolonların kesitleri küçülüp elastik özellikler kazanacak. Nanoelektronik alanında milyonlarca aygıtı içeren bütünleşik devre yapımında ve aygıtların iletkenlerle birbirlerine bağlanmalarında sorunlar bulunmaktadır. Kendi kendine yapılanan moleküller sayesinde bu sorunun aşılması beklenmektedir. Üzeri metal ile kaplanarak DNA'dan yapılan transistörlerin DNA replikasyonu yöntemi ile bütünleşik devreye dönüştürülmesi İsrail bilim adamlarının üzerinde çalıştıkları konular arasında yer almaktadır. Bütün bu uygulama alanları yanında nanoteknolojiye savunma sanayiinde ve istihbarat ile ilgili teknolojilerde yoğun talep bulunmaktadır. İlk nanoteknoloji araştırmaları, ABD askerinin mobilitesini artırmak üzere 45 kg olan savaş teçhizatını azaltmak yeni işlevleri olan teçhizatlar eklemek amacı ile başlamıştı. Şimdi bu araştırmalar çok çeşitli alanlarda artan bir hızla sürdürülmektedir.

Sonuç olarak 2015'te nanoteknoloji ürünlerinin küresel üretimin %18'ini oluşturacağı beklenmektedir.

Nanoteknolojinin Türkiye için önemi

Ülkemiz geçmişte hemen hemen bütün sanayi devrimlerine uzak kalmış, daha sonra onların mamüllerini almak için çok fazla kaynak harcamak zorunda kalmıştır. Dışardan ithal edilen dokuma tezgâhları ve kimyasallar kullanarak üretim yapan tekstil sanayi çok ucuz iş gücü kullanan Çin'in rekabeti ile sarsılıyor. Bütün dünyada ucuz tekstil pazarını ele geçiren Çin ise nanoteknoloji kullanarak akıllı tekstil alanında da çığır açan teknolojiler kullanmaya başlıyor. Yıllardır teknoloji transferine harcanan büyük kaynaklarla gelişen sanayimizi önemli riskler beklemektedir. Çok hızlı gelişen ve değişen teknoloji dev imalat kuruluşlarının bile geleceğini tehdit etmektedir. Bu nedenle büyük üretim kuruluşları çok yüksek AR-GE yatırımları ile geleceklerini garanti altına alabiliyor. Türkiye'de uzun yıllar sonra önemli lisans ücretleri ödenerek kazanılan sanayimizin bir kısmı zamanında AR-GE'ye önem verilmediğinden ve kendi teknolojimizi yaratamadığından yabancıların eline geçmektedir. Bu konunun üzerinde durulması gerekmektedir.

Ayrıca nanoteknoloji yüksek katma değerleri nedeni ile dış ticarete gelişmekte olan ülkelerin aleyhine dengesizlik yaratabilecektir. Dünyanın kritik bir coğrafyasında yer alan ülkemizin güvenliği ve refahı kararlı ekonomik politikalara, sürdürülebilir ve dış pazarlarda rekabet gücüne sahip sanayiye sahip olmasına bağlı bulunmaktadır. Bu nedenle Türkiye'nin bir an önce değişime ayak uydurup yüksek teknolojiye yönelmesi gerekmektedir. Daha işin başındayken nanoteknolojiye yönelmek, bu teknolojiyi özümseyen ve belli alanlarda teknoloji üreten bir ülke konumuna gelmek en uygun yol olarak görülmektedir.

Bilkent’te Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi

Son yıllarda Nanoteknoloji konusunda kaydedilen hızlı gelişmeler karşısında T.C. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Bilkent Üniversitesi’nden sunulan projeye ulusal nitelikte bir nanoteknoloji araştırma merkezi kurulması için toplam 41 milyon TL destek sağlamıştır. DPT nanoteknoloji araştırmaları için gerekli çok sayıda uzmana sahip olan Bilkent Üniversitesi’nde gelişmiş ülkelerdekine benzer bir merkez oluşturmayı ve kısa zamanda sonuç almayı hedeflemektedir. UNAM’da ayrıca disiplinler arası çalışmaya olanak vermek ve nanoteknoloji uzmanı yetiştirmek amacı ile ‘**Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji**’ yüksek lisans ve doktora programı da açılmıştır. Bu programda üstün nitelikli yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları ile bilime yapılacak önemli katkı kadar yeni nanoteknoloji ürünlerinin geliştirilmesi de hedeflenmektedir. Böylece UNAM çevresinde kurulacak teknoloji şirketlerinin geliştirilen nanoteknoloji ürünlerini dünya pazarlarına sunmaları bekleniyor. UNAM’da geliştirilen bazı teknolojiler şimdiden ticarileşmeye başlamıştır.

Bilkent Üniversitesi’nde söz konusu proje için 7 katlı, 9000 m² kapalı alanda 62 araştırma laboratuvarına sahip olan UNAM binası inşa edilmiş ve araştırma çalışmaları 2007 yılı sonundan itibaren bu binaya taşınmış bulunmaktadır. Bu binada 300 lisansüstü öğrenci tez çalışması yapabilecek ve 100 doktoralı uzman araştırmacı çalışabilecektir.



UNAM Binası

Bugüne kadar UNAM’da DPT dışında TÜBİTAK ve diğer kaynaklardan sağlanan gelirlerle efektif değeri 60 milyon TL olan yatırım gerçekleşmiş bulunmaktadır. 2010 sonuna kadar altyapı ve diğer yatırımların 70 milyon TL’yi geçmesi beklenmektedir.

Bugün, UNAM bünyesinde konusunda dünyaca tanınan 13 öğretim üyesi ve doktoralı uzman, 60 araştırma asistanı ile birlikte 300 üzerinde kullanıcıya hizmet

vermektedir. UNAM ulusal bir merkez olarak diğer üniversitelerden ve sanayiden gelen araştırmacılar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. UNAM bu servisini her gün 24 saat vermektedir. Devletin belli konularda AR-GE yatırımlarını belli merkezlere toplaması ve yatırımı kesintisiz işletebilmesi önemli kaynak tasarrufu sağlamaktadır. Bu yeni vizyon sayesinde araştırmalar kalite ve kantite olarak artmakta, yeni kurulmakta olan üniversitelerde çalışan bir araştırmacı bile ihtiyacı olan her türlü araştırma altyapısına erişebilmektedir. En önemlisi araştırma altyapısına yatırım yapamayan KOBİ ve orta ölçekli sanayi bile UNAM'da AR-GE çalışması yapabilmektedir. UNAM'ın getirdiği bu vizyonun benimsenip başka konulara yayılması beklenmektedir.

UNAM'ın misyonu, geliştirilmesine aracı olacağı nanoteknolojilerle Türkiye'nin ürünlerinin dış pazarlarda rekabet gücünü artırmak olarak belirlenmiştir. UNAM'da çeşitli araştırma projeleri kapsamında nanobiyoteknoloji ve yeni yöntemlerle ilaç üretimi, akıllı tekstil, yüzeylerin modifikasyonu ve kaplama, nanotriboloji ve sürtünmesiz yüzeyler, nanoaygıtlar, sensörler ve NEMS, biyomedikal, nanoyapılarda etkin hidrojen depolama, güneş enerjisi, fiber aygıtlar ve fiber lazerler, nanoelektronik ve fotonik konularında kapsamlı araştırma çalışmaları yapılmaktadır. UNAM çeşitli konularda bilim ve teknolojinin en uç noktalarında araştırma yapabilmek için çoğu zaman ulusal işbirlikleri kurmaktadır. Ayrıca, UNAM yurt dışında yaşayan değerli bilim adamlarımızın Türkiye'de meslektaşları ile birlikte araştırma yapabilecekleri bir platform niteliğini almış bulunmaktadır.

Sonuç olarak, Nanoteknoloji gelişmiş ülkelerde ve gelişmekte olan bazı ülkelerde bir yarışa dönüşmüştür. Bir ülkenin bu yarışta geri kalması o ülke için büyük riskler taşımaktadır. UNAM'ın ulusal nitelikli bir mükemmeliyet merkezi olması yeni teknolojilerin geliştirilmesine olanak verip dünyada hızla sürdürülen yeni teknoloji yarışına ülkemizin de katılmasını sağlayacaktır. Ayrıca gerek yetiştireceği uzmanlar, gerekse geliştireceği teknolojiler ile dış pazarlarda sanayi ürünlerimizin rekabet gücünü artıracaktır. Ayrıca, Ulusal Merkez yurt dışında çalışan bilim adamlarımız için bir çekim merkezi de oluşturabilecek, beyin göçünü tersine çevirebilecektir.