

BSM 420 – BİLGİSAYAR MİMARİLERİ

Kuantum Bilgisayarlar
14.Hafta

İçindekiler

- **Atomlar ve Nanoteknoloji**
- **Nanoteknolojinin Kullanım Alanları**
- **Nano-Bilgisayarlara Yönelik Önemli Gelişmeler**
- **Kuantum Bilgisayar Nedir?**
- **Kuantum Bilgisayarların Günümüz Bilgisayarlarından Farklılıkları**
- **Uygulamalar ve Sonuç**
- **Kuantum Bilgisayarları Neleri Değiştirebilir?**
- **Bit'lerden Qubit'lere**
- **Sonuç**
- **Kaynakça**

ATOMLAR ve NANOTEKNOLOJİ

Doğanın temel taşını oluşturan atomların gözle görülemeyecek kadar küçük olduğunu hepimiz biliyoruz. Bu atomların dizilişleri sonucunda farklı tür malzemeler meydana gelmektedir. Örneğin; eğer kömür atomlarının sıralanışı değiştirilebilseydi elmas bile elde edilebilirdi.

Günümüzde moleküler düzeyde üretim yöntemleri açısından çok da ileri bir durumda olmadığımızı rahatlıkla söyleyebiliriz. Günlük yaşamın çoğu alanında yapabildiğimiz işlemler, öğütme, ezme ve ısıtma gibi yöntemlerle maddeleri şekillendirmekten ileri gelmektedir.

ATOMLAR ve NANOTEKNOLOJİ

Georgia Tech Üniversitesi profesörlerinden Ralph C. Merkle' in günümüzdeki işleme teknolojisi ile çok güzel bir benzetmesi var: “Şu anda gerçekleştirebildiğimiz işlemler, ellerinde boks eldivenleri olan bir kişinin Lego oyuncaklar ile bir şeyler yapmasına benzetilebilir. Bu küçük Lego parçalarının kullanarak bir şeyler yapabilirsiniz, ama yaptıklarınız oldukça kaba bir halde olur. Halbuki bu parçaları hassas bir şekilde bir araya getirebilirsek çok daha hızlı bir biçimde daha hassas ürünler ortaya çıkabiliriz.

İşte bu noktada nanoteknoloji devreye giriyor. Nano-teknoloji sayesinde bu eldivenleri çıkarma imkanına sahip olacağız. Doğanın temel taşlarını oluşturan atomları ucuz bir biçimde ve kolayca düzenleyebileceğiz. Bu şekilde üretilen ürünler daha dayanıklı, daha hafif ve daha hassa özelliklerle donatılmış olacak.”

NANOTEKNOLOJİNİN KULLANIM ALANLARI



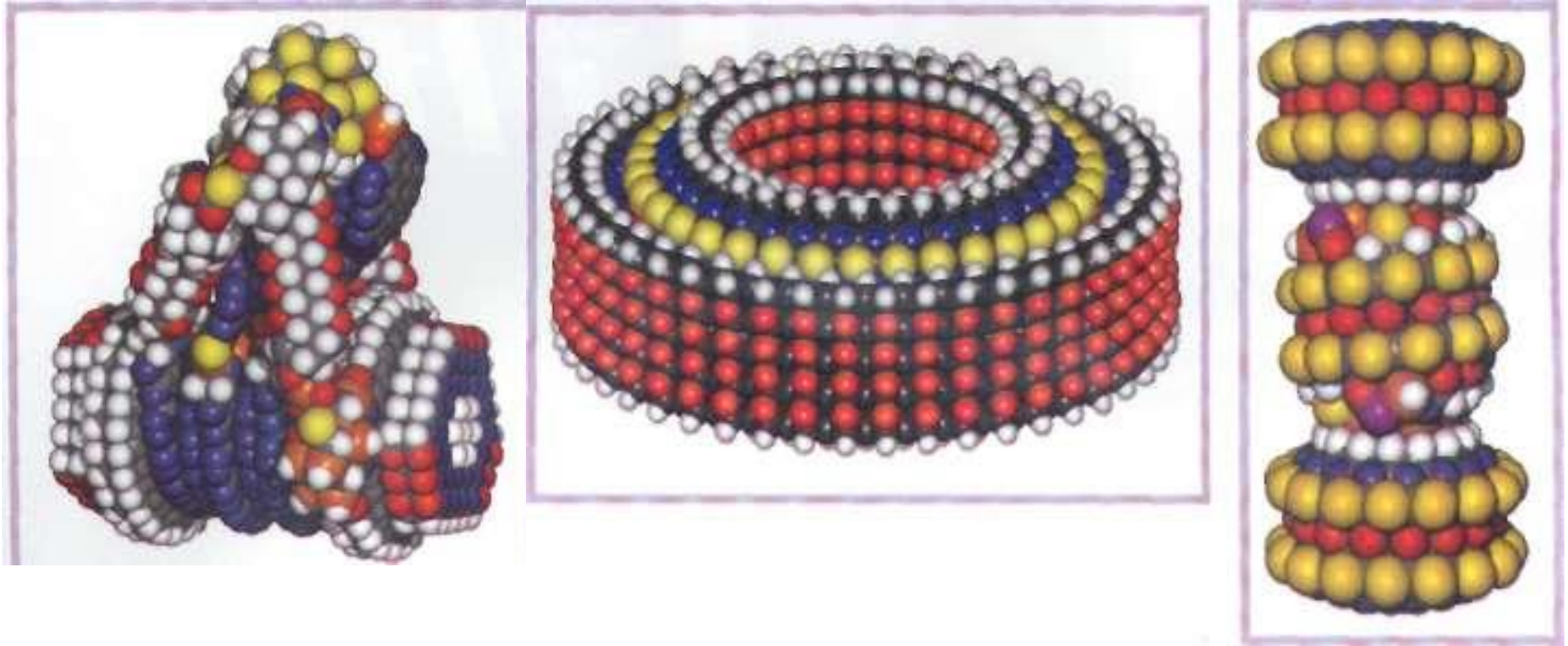
- Yukarıdaki resimde, nano yapıların kimyasal reaksiyonları nasıl kontrol edip geliştirebileceğini araştırmak üzere tasarlanmış bir makine bulunuyor.

NANOTEKNOLOJİNİN KULLANIM ALANLARI



- Silikon polimer nano kablolar kullanılarak, parmak izinde bulunan TNT kalıntıları ultraviyole ışıktaki tespit edilebiliyor.

NANOTEKNOLOJİNİN KULLANIM ALANLARI



- Moleküler seviyedeki bu tasarımlardan soldaki moleküler birleştirme için hareket kontrolcüsü, ortadaki bir rulman, sağdaki ise basit bir pompa. Tümü de çalışmaya hazır...

NANOTEKNOLOJİNİN KULLANIM ALANLARI

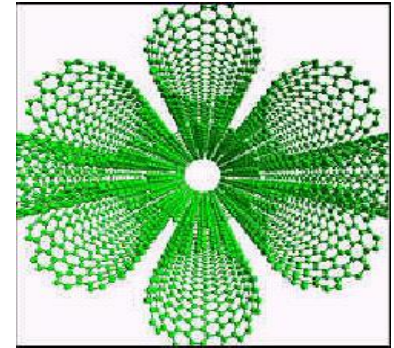
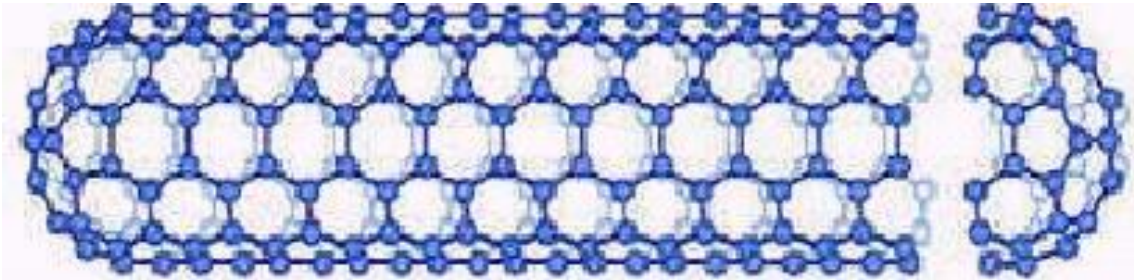
- Nanoteknolojinin bir yönü de süper küçük bilgisayarlar (bakteri büyüklüğünde) ya da milyarlarca dizüstü bilgisayar gücünde küp şeker büyüklüğünde süper bilgisayarlar ya da günümüzün bilgisayarlarından trilyonlarca daha güçlü belirli bir büyüklükte masaüstü modelleri gibi nano boyutunda yapılabilmesidir.
- Nanoteknolojinin yüksek potansiyeli Kuantum fiziğinin kanunları sayesinde açığa çıkmaktadır. Bu aşamada ve nano ölçülerde kuantum fizik yasaları devreye girer ve optik, elektronik, manyetik depolama, hesaplama, katalist ve diğer alanlarda yeni uygulamalara olanak sağlar.

NANO-BİLGİSAYARLARA YÖNELİK ÖNEMLİ GELİŞMELER

- Science dergisinde yayımlanan iki makale, nano-bilgisayarlar konusundaki gelişmeler için bir umut ışığı olmuştur. Yapılan araştırmalar, moleküler ölçekli elektronik uygulamalarını ilk kez 'parça' düzeyinden çıkarıp, çalışabilen 'devre' düzeyine taşıyor; ama 1 trilyon devreyi 1 santimetrekare alana sığdırıp bağlantılarını geliştirmek, çalışırken moleküler yapılarının değişmesini önlemek ve en önemlisi bütün bunları hızlı ve ucuz bir biçimde yapmak pek de kolay değildir.
- Silikon çok küçük boyutlarda detektörler yapmak için ideal ve umut verici bir madde daha var: Karbon nanotüpler.

NANO-BİLGİSAYARLARA YÖNELİK ÖNEMLİ GELİŞMELER

- 1991'de, bir Japon araştırmacı tarafından tesadüfen keşfedilen nanotüpler, içi boş silindir halinde sarılmış karbon atomu yaprakları. Çelikten 10 kat güçlü, 6 kez hafif olan nanotüpler, köprü, uçak ve uzay asansörü yapmaya çok uygun. Tek sorun, laboratuvar kaynaklı en uzun nanotüpün 10 milimetre boyunda olmasıdır.



- Karbonun bütün kimyasal bağları kullanılıyor olması Nanotüp yataklarının hemen hemen hiç sürtünüp aşınmamasını sağlamaktadır.

NANO-BİLGİSAYARLARA YÖNELİK ÖNEMLİ GELİŞMELER

- Nanoteknoloji lafını ilk olarak bilgisayar oyunlarında duymaya başladık. Bu oyunların çoğu günümüz teknolojisinden nano teknolojiye geçen ulusların bir anda kainata hükmetmeye başlamasını konu alıyordu. Gerçekten de günümüz ordularının nano teknoloji kullanılarak üretilen silahlara sahip bir ordunun karşısında durabilmesi pek mümkün değil gibi görünüyor. Ne de olsa nano teknoloji dünyanın kısıtlı enerji kaynaklarını çok daha efektif olarak kullanma imkanı veriyor. Bu nedenle tüm dünya ulusları en azından şimdilik nano-teknoloji anlamında yapılan tüm yeni keşifleri birbirleriyle paylaşıyorlar... .

KUANTUM BİLGİSAYAR NEDİR?

► Kuantum Bilgisayar

- Tanım olarak “kuantum mekaniği yasalarına göre çalışan” bir bilgisayar sistemidir. Bugünkü bilgisayarlarda kullanılan en küçük bilgi birimi olan BIT, kuantum bilgisayarlarda QUBIT (kubit) olarak isimlendirilir.
- Fiziksel açıdan bit, ikili sayısal sisteme göre hazırlanmış mantıksal değerdir. Bu değerler; Evet/Hayır Doğru/Yanlış veya basitçe 1/0 olarak kullanılırlar. Bilgisayarlarda kapasitörün yüzeyleri arasındaki voltaj farkı bit bilgisini oluşturur. Yüklü kapasitör 1’i, Yüksüz ise 0’ı temsil eder.

KUANTUM BİLGİSAYAR NEDİR?

- Kuantum sistemlerde ise kullanılacak olan fiziksel sisteme göre qubit, ışığın değişik polarizasyonlarını, elektronun değişik durumlarını (örneğin spinlerini) veya bir atomun enerji seviyelerini belirtebilir.
- Kuantum yasalarına uyan iki düzeyli sayılabilecek tüm sistemlerin bir kubit bilgi taşıdığını söyleyebiliriz. Fakat kuantum mekaniği üst üste gelme ilkesi (süperpozisyon) gereği kullanılacak olan kubit' in hem 0 hem de 1 durumu alabileceğini belirtir.
- Bu anlamda kuantum sistemlerde veri depolama kapasitesi ve işlem hızı açısından akıl almaz bir artış kaçınılmaz olacaktır.

KUANTUM BİLGİSAYAR NEDİR?



- Kuantum Bilgisayarın asıl önemli olan yanı, alışılmışın dışına yeni bir teknoloji vaat etmesidir. Bu Kuantum Teknoloji, tümüyle yeni olan hesaplama yöntemlerini destekler ve niteliksel olarak yeni algoritmalar yazabilmemize olanak sağlar.

Kuantum Bilgisayarların Günümüz Bilgisayarlarından Farklılıkları

1. Temel Farklılıklar

Klasik bilgisayarlar ile kuantum bilgisayarları arasında üç ana farklılık bulunmaktadır. Bu farklılıklar kuantum bilgisayarlarının nasıl çalıştığını anlamamızı kolaylaştıracaktır.

- a. İlk temel farklılık iki sistemin bilgi işleme ünitelerinde gözlemlenir. Klasik bilgisayarlar en küçük bilgi saklama ve işleme birimi olan bit'lerden yapılandırılmıştır. Bu fiziksel birimler “0” ve “1” ile simgelediğimiz hallerden sadece birinde olabilirler.

Kuantum Bilgisayarların Günümüz Bilgisayarlarından Farklılıkları

Kuantum bilgisayarları ise kübit'lerden oluşur. Kübitler fiziksel sistemler olarak klasik bilgisayar sistemlerindeki 0 ve 1 hallerine sahip olabilmekle beraber 0 ve 1 arasındaki sınırsız başka halleri de barındırırlar. Bu ara haller, çakışma (İng., superposition) halleri olarak adlandırılmaktadır. Bu ara hallerin varlığı sayesinde bir kübit, sıradan klasik bir bit'e oranla çok daha fazla bilgiyi aynı büyüklükteki fiziksel bir alana sığdırmamıza olanak sağlamaktadır.

Kuantum Bilgisayarların Günümüz Bilgisayarlarından Farklılıkları

- b. Klasik bilgisayarlar ve kuantum bilgisayarları arasındaki ikinci önemli farkı üzerlerinde icra edebileceğimiz mantıksal işlemlerin havsalası ve kapsamı belirlemektedir.

Klasik bilgisayarlar ikili mantığa göre çalışırlar. Mesela, VE kapısı gibi mantık kapıları kullanıldığında girdi olarak iki bit alınır ve çıktı olarak sadece bir bit elde edilir. Kuantum mantık kapıları ise girdi olarak bir yada daha fazla kübit alır ve çıktı olarak bir ya da daha fazla kübit üretirler.

Kuantum Bilgisayarların Günümüz Bilgisayarlarından Farklılıkları

Kübitlerin, klasik 0 ve 1 hallerine tekabül eden hallerde de bulunabildiklerini dikkate aldığımızda, onların klasik mantık kapılarına kolaylıkla öykünebileceklerini söyleyebiliriz. Hatta, klasik mantık kapılarının, daha genel olan, kuantum mantık kapılarının birer özel halleri olduğunu varsayabiliriz. Oysa, kübitlerde 0 ve 1 arasında başkaca çakışma ara hallerinin varlığı, olası kuantum mantık kapılarının havsalasını ve sayısını oldukça artırmaktadır. Sözgelimi, girdi olarak 0 ve 1 alıp tekabülen 0 ve 1 arasında farklı

Kuantum Bilgisayarların

Günümüz Bilgisayarlarından Farklılıkları

- c. Klasik bilgisayarlar ve Kuantum bilgisayarları arasındaki üçüncü önemli fark ise çalışan bir bilgisayarın hangi halde olduğunu öğrenmeye çalıştığımızda belirir. Klasik bir bilgisayarda istediğimiz an bilgisayardaki bitlerin hangi halde olduğunu tam doğrulukla öğrenebiliriz.

Tuhaf belki; ama, bir kuantum bilgisayarının hangi halde olduğunu bilmek teorik olarak imkansızdır. Kuantum bilgisayarını oluşturan kübitlerde hangi çakışma halinin saklı tutulduğunu tam olarak belirleyemeyiz. Yani, bilgisayarın herhangi bir andaki hali hakkında sadece kısmi bir bilgiye sahip olabiliriz. Böylelikle, kuantum bilgisayarları için algoritma tasarlamak, bir taraftan kuantum mantık işlemlerinin ve hallerinin geniş yelpazesinden faydalanmaya çalışırken diğer taraftan bilgisayarın içindeki bilgiye erişim kısıtlılığı arasındaki hassas dengeyi tutturma uğraşı anlamına gelecektir.

Uygulamalar ve Sonuç

- Kuantum bilgi işleme çalışmalarının tümü teorik olarak bir kuantum makinesinin varlığı varsayımı üzerinden ilerlemektedir. Kuantum bilgisayarları ile neler yapabileceğimiz bilgisi ise henüz çok sınırlı olmakla birlikte enteresan birtakım bulgular da mevcut. Bu mevzudaki çalışmalarda varılan en önemli iki bulgu:
 - I. Çok büyük sayıların asal çarpanlarını hesaplamak ve
 - II. Kuantum mekanik sistemleri simule etmek oldu.
- Her iki problem de pratik açıdan inanılmaz derecede öneme sahipler ve her ikisinin de klasik bilgisayarlar ile çözümlerinin çok zor olduğuna inanılıyor. Araştırmacılar, bu problemler için, kuantum bilgisayarlarında çalışacak bir takım algoritmalar geliştirdiler. Bu algoritmalar, halihazırda, bilinen en iyi klasik algoritmalarından çok daha etkin çözümler önermektedirler.

Uygulamalar ve Sonuç

- Çok büyük bir tam sayıyı asal çarpanlarına ayırma klasik hesaplama yoluyla yapıldığında oldukça külfetli bir işlem olabilir. Bu yüzden internet sayfaları, şifrelenmiş e-posta mesajları ve diğer birçok kamuya açık bilgi çok büyük asal çarpanlardan oluşturulmuş tamsayı anahtarlarla korunmaya çalışılmaktadır.
- Güvenlik gerektiren hemen hemen tüm internet işlemlerinde burada bahsi geçen varsayımlara dayanılarak geliştirilen RSA şifreleme algoritması kullanılmaktadır. Fakat, bir kuantum bilgisayarının böylesi şifreleri çok kolay çözebileceğini Peter Shor' un 1994' te yayınlanan, kuantum bilgisayarları için geliştirdiği tam sayıları asal çarpanlarına ayırma algoritması göstermiş oldu. Bunun için gerekli yegane koşul, yeterince sayıda kübite sahip bir kuantum bilgisayarının fiziksel varlığıdır. Kuantum hesaplama teorisini popüler kılan en önemli özelliği de budur.

Uygulamalar ve Sonuç

- Kuantum hesaplama teorisindeki en önemli sorunsal kuantum bilgisayarının fiziksel olarak tasarımının ta kendisi.
- Fiziksel olarak en gelişmiş kuantum bilgisayar IBM ve MIT' den araştırmacıların ortaklaşa çalışmasıyla ortaya çıkarılmıştır. Araştırmacılar, tümüyle kuantum mekaniği yasalarına uyumlu, 7-kübitlik bilgisayar ile Shor'un asal çarpanlarına ayırma algoritmasının çalıştığını gösterdiler. Sadece 24 atomluk ($C_{11}H_5F_5O_2Fe$) molekülden oluşturulan bu kuantum bilgisayarı ile 15' i çarpanlarına ayırabilmekteyiz.
- Molekül üzerindeki beş Flor atomu ve iki Karbon-13 atomu birer kübit gibi davranmaktalar. Çünkü hem birbirleri ile etkileşim halindeler, hem de tek tek programlanabilmekteler. Yüksek enerjili radyo frekanslarına maruz kaldıklarında enerji düzeyleri değiştirilerek klasik anlamda yazma işlemi gerçekleşiyor. Nükleer manyetik rezonansa tabi olduklarında ise hangi enerji düzeyinde oldukları tespit edildiğinden okuma işlemi yapılmış oluyor.

Uygulamalar ve Sonuç

- Yukarıdaki uygulamanın yanı sıra, kısa bir süre içerisinde Japonya' daki bir araştırma grubu yaptıkları çalışmalar ile kuantum bilgisayarlarını inşa edecek olan yapı taşı niteliğinde temel kuantum mantık kapıları önerdiler ve önerilen bu yapılardan bir katı-hal cihazı tasarladılar.
- Olası kuantum mantık kapılarındaki çeşitlilik düşünüldüğünde, tüm kuantum sistemleri için önerilecek böylesi temel yapı taşlarından söz etmek acaba ne kadar doğru bir yaklaşım olur?
- Belki de kuantum bilgisayarlarının fiziksel tasarımlarındaki asıl büyük adımlar, ancak klasik fizik pratiklerinden apayrı metotlar izlendiğinde atılabilecek.

KUANTUM BİLGİSAYARLARI NELERİ DEĞİŞTİREBİLİR?

- Kuantum bilgisayarlar silikon bilgisayarlara göre bir takım potansiyel üstünlüklere sahip olsa da, herhangi bir teknolojiyi geliştirmek için geçen zaman, azımsanmayacak kadar çoktur.
- Elektron tüplerden günümüz yongalarına ulaşmak ne kadar zaman aldıysa, belki çok daha fazlası Kuantum bilgisayarların kullanılır hale gelmesi için harcanacak.
- Kuantum bilgisayarları silikon bilgisayarlara rakip olabilir biçimde bir düşünce şu an için uzak bir tahmin. Kuantum bilgisayarlarında şu an mümkün olan en basit algoritma gerçekleştiriliyor. Kuantum bilgisayarlarının ticari ve bilimsel amaçlarla var olması içinse uzunca bir süre beklememiz gerekebilir.

BİT' LERDEN QUBİT' LERE

- Kuantum bilgisayarlarında günümüzdeki bilgisayarların çalışma prensibi olan bit, yani 0 ve 1 kullanılıyor. Fakat bir farkla 'Qubits' olarak bilinen bit Kuantum teorisine eş zamanlı biçimde hem 1 hem de 0 olabiliyor. Kuantum fizikçileri bu hem 1'i hem de 0'i aynı anda ifade edebilme halinin Superposition olarak nitelendiriyorlar.
- Potansiyel olarak sayısız Superposition bulunması, çok sayıda eşzamanlı işlemin yapılabilmesi demek. Günümüz bilgisayarlarında en iyi ihtimalle 30 nm aralığına inebilen transistörlerin yerini, moleküler büyüklüğündeki Qubit' ler alıyor.
- Qubits' lerin molekül düzeyinde olması küçük ve yüksek performanslı bilgisayarların oluşturulabilmesi anlamına geliyor. Günümüz bilgisayarları, trilyonlarca bayt bilgi içinde bir kelimeyi bir aya yakın sürede bulabilirken, eşzamanlı işlem yapabilen Kuantum bilgisayarları bu işi teoride yarım saate indirebilir.

BİT' LERDEN QUBİT' LERE

- Kuantum bilgisayarları moleküler düzeyde olduğundan bu hesaplamanın sonucu almak hesaplamayı yapan oluşumu, yani Superposition' u olumsuz etkileyebiliyor. Bilim adamları Superposition' u etkilemeden almada manyetik rezonans (MR) tekniğinin kullanıyorlar.
- Fakat Kuantum bilgisayarları alanında sevindirici gelişmeler de var. Rowland Enstitüsü ve Harvard – Smithsonian astrofizik merkezinden bilim adamlarının oluşturduğu diğer bir grup bilim adamı ışığı yavaşlatıp durdurabilmeyi başardılar.
- Harvard – Smithsonian astrofizik merkezinden bilim adamları, fotonları bir gaz bölmesinde durdurmayı başardılar. Fotonların bu biçimde manipüle edebilmesi Kuantum bilgisayarda ve bunların fiber optik kablolarla birbirlerine veri iletiminde kullanılabilmesi oldukça heyecanlandırıcı.

SONUÇ

- 15 sene önce 8MHz hızında çalışan PC 'leri kullanıyorduk ve 3GHz gibi hızlara ulaşmak inanılmaz gibi görünüyordu. Acaba 10 sene sonra da o zamanlar 2.4GHz PC 'leri kullanırdık diyerek gelinen noktaya inanamayacak mıyiz?
- Bilim adamlarının yürüttüğü çalışmalar hiç durmadan devam ediyor. Atomlar arasındaki bağlar ve bu bağlarda yapılacak değişikliklerle ne gibi farklı sonuçlar elde edebileceği araştırılıyor.
- Araştırmalar sonucunda küçük de olsa sevindirici gelişmeler var ve bu sayede daha büyük adımlar atılabilecek. Bu değişikliklerin ne zaman gerçekleşeceği bilinmese de hedef ortada...
- Dünya genelindeki bu çalışmalara bizlerin seyirci kalmaması, aksine her alanda olduğu gibi nano-teknoloji konusunda da belirli yatırımların yapılması şarttır.

KAYNAKÇA

- <http://www.nanoteknoloji.gen.tr/>
- <http://www.medikalteknoloji.com/news-i736-33.html>
- Video <http://www.youtube.com/watch?v=vEYN18d7gHg>
- <http://www.elektromania.net/bilim/teknohaber.asp?id=32>
- p://www.1resimler.com/data/media/1227/Dunya_ve_Ay.jpg
- http://www.wikipedia.org/wiki/Quantum_computer_
- [http://www.research.ibm.com/resources/news/20011219_quantum.shtml_](http://www.research.ibm.com/resources/news/20011219_quantum.shtml)
- <http://cs.bilgi.edu.tr/~bulent/kuantum.html>