

Yrd. Doç. Dr. Atilla Cihaner

Atılım Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Kimya Grubu

İLETKEN VE PLASTİK

BUKALEMUNLAR

Bilim tarihine baktığımızda aklımızda kalanlar biraz da bizi güldüren hikayelerdir. Bu hikayelerin tek bir amacı vardır, o da geniş kitlelere seslenebilmektir. Çoğumuz bilimle ilgilenmesek de sağdan soldan bu hikayelerden birkaçını duymuşuzdur.

Arşimed'in "Eureka!" (Dor lehçesinde "Buldum!") diye haykırarak kendisini hamamdan anadan doğma, sırlı sokaklara atması ve hidrostatik ilkesini, Newton'un kafasına düşen elma ve sonrasında yerçekimi kuvvetini bulması (ki o zamanlar gezegenler arasındaki çekimden bahsederken dünyadaki yerçekiminin farkında olmamak pek inandırıcı gelmiyor) veya zamanında fiziğin babası sayılan Rutherford'un öğrencisini bir nevi başından savmak için verdiği bir deneyde alfa parçacıklarının platin levhaya çarparken 90o'den daha geniş bir açıyla saptıklarını gördükten sonra tepkisini: "Hayatımda başıma gelen en inanılmaz olaydı bu. Bir pelur kağıdına açtığınız top ateşinde 15 inçlik bir merminin geri dönüp suratınıza çarpması kadar inanılmazdı." şeklinde belirtmesi bu hikayelerden sadece birkaçıdır. Bu arada radyoaktiflikle ilgili çalışmaları Rutherford'a 1908'de Nobel Kimya Ödülü'nü getirdiğinde kimyaya olan sevgisini (!) "Çok beklenmedik bir şey bu. Üstelik, metamorfoz geçirerek bir kimyacı haline gelmekten epeyce ürküyorum" demekten de geri kalmamıştır. Bu ve buna benzer hikayeler o kadar çoktur ki bir an şunu düşünebilirsiniz, bu sakarlıklar ve de tesadüfler olmasaydı bu biliminsanlarının hali ne olurdu? İşin şakası bir yana hakkını vermeliyiz ki bilimde şans hakedene gülüyor.

Bu hikayelerden birisi de 1976'lı yıllarda bir deney sırasında kullanması gereken madde miktarının 1000 katını kullanmak gibi bir gaflette bulunan öğrencinin şu an ve de ileride kendisinden çok şeyin beklendiği bir keşfe ön ayak olmasıydı; iletken polimerlerin keşfi. 1920'lerin sonunda Hermann Staudinger'in makromoleküllerin varlığını bilim camiasına kabul ettirmesi pek kolay olmamıştı ama çalışmalarına ve kendisine olan inancı O'na 1953 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü getirecekti. Daha sonra 1935 yılında Wallace Carothers'un naylonu bulunması ve Ziegler-Natta tarafından bulunan katalizör ile düzenli polimerlerin elde edilmesi ile polimer dünyasında büyük bir devrim yaşandı ve bu iki çalışma da Nobel'le taçlandırıldı.. Ve dördüncü jenerasyon dediğimiz iletken polimerler ile bu alandaki çalışmalarından dolayı Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid ve Hideki Shirakawa 2000 yılının kimya Nobel ödülünü almaya hak kazandılar.

İsterseniz iletken polimerlerin günümüzdeki kullanım alanlarından ve gelecekte vadettiklerinden bahsetmeden önce polimerlerin temel bitakım özelliklerden bahsedelim. Latince "poly" kelimesi "çok", "birçok", "mer" ise "birim", "ünite" anlamına gelir. Bu durumda "polymer" kelimesi "çok birim" olarak çevirilebilir. Polimer bir ipe dizilmiş birbirinin benzeri boncuklar veya birçok zincir halkasının bir araya gelerek oluşturdukları uzun bir zincir olarak düşünülebilir. DNA buna güzel bir örnektir ve insanoğlu bunun ete kemiğe bürünmüş canlı bir örneğidir. Genel anlamıyla polimerler bükülebilen, korozyona uğramayan, hafif ağırlıkta ve elektriği iletmeyen plastikler olarak da tarif edilir. Günlük hayatımızda bu tür malzemeleri eldivenden merdivene her yerde kullanırız. İşte polimerin kendisi ile özdeşleşen yalıtkanlık özelliğini değiştirince ilk bakışta pek inandırıcı olmayan ama sayısız kullanım alanı bulabilen iletken polimerler ile karşılaşırız.

İletken polimerler kimyasal veya elektrokimyasal yöntemlerle sentezlenebilirler. Kimyasal yöntemde tetikleyici bir madde monomerleri bir zincir halkası gibi açık bir sonraki halkaya kapanmasını sağlar. Elektrokimyasal yöntemde ise bu tetikleyici maddenin yerini bir potansiyel veya akım değeri alır. İletken polimerleri genel olarak bildiğimiz yalıtkan polimerlerden ayıran temel özellik, sırayla değişen tek ve çift bağlardan oluşan zincirlere sahip olmasıdır. Zincir üzerindeki elektron fazlalığı veya eksikliği “boşluk” tüm zincir boyunca küçük bir gerilimle domino taşlarının birbiri üzerine devrilmesi misali hareket ederek polimere iletkenlik özelliğini kazandırır. İletken polimerleri metallere ayıran en önemli özellik ise bu tür malzemelerin iletkenlik değerine sizin karar vermenizdir. İletkenlik değerini istediğiniz değerde tutup, tekrar bu değerle oynayıp yeni bir iletkenlik değeri elde edebilirsiniz. Örneğin iletken polimerler için ilk jenerasyon dediğimiz, 10⁻⁴ S/cm iletkenlik değerine sahip poliasetilen filmlerinin brom, klor ve iyot buharlarıyla aşılması sonucu, bu filmlerin iletkenlikleri 109 kat artırılabilir ki bu aşılma miktarı arttıkça 10¹² gibi değerlere kadar ulaşılabilir. Yaygın olarak günlük hayatta kullandığımız bakırın iletkenliğine (108 S/cm civarındadır) çok yakın olan bu malzeme hava ortamında çabuk bozulduğundan, çalışmalar ikinci jenerasyon iletken polimerlerin sentezine kaymış ve bu çalışmalarda özellikle polipirol, politiyofen, polianilin, polifloren ve benzeri polimerler sentezlenmiştir (Şekil 1). Örneğin politiyofen her ne kadar iletkenlik değeri olarak (10-200 S/cm) poliasetilenin iletkenlik değerine ulaşamamış olsa da hava ortamında oldukça dayanıklı ve kararlı bir davranım gösterir. Ne var ki her iki jenerasyonda ortak problem bu tür malzemelerin çözünmemeleri ve bundan dolayı da endüstride kullanım alanlarının sınırlı olmasıdır. Bunun üzerine üçüncü jenerasyon dediğimiz kararlı, iletken ve çözünür polimerler elde edilmiştir. Malzemenin gerek akademik gerekse endüstride kullanım alanı böylece artmıştır.

Şekil 1. Yaygın olarak kullanılan iletken polimerler

Akıllı polimerler sınıfında da yer bulan iletken polimerler ortamda bir değişiklik olduğu zaman tersinir olarak uyarıya cevap verirler. İyonik ortam farklılığı, pH değişikliği, ışık şiddeti, kimyasal maddeler ve sıcaklık ortamdaki değişikliğe örnek olarak verilebilir. Bu tür değişikliklere verdikleri cevaplar genelde iletkenlik değerlerindeki veya fiziksel görünümündeki değişikliklerdir (renk değişimleri veya şişme-büzülme). Endüstrinin ihtiyaç duyduğu sağlamlık, hafiflik, esneklik, renk ve iletkenliğe sahip bu malzemeler günümüzde yüksek teknoloji malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Gelecek vadede en önemli uygulama alanlarından birisi elektrokromik özellikleridir. İletken polimerlere verilen farklı gerilimlerde farklı renklere sahip malzemeler elde edilebilir. Bu renk farklılığı bir polimer için üç dört renkten de fazla olabilir. Şu an bu malzemeler renk değiştiren akıllı camlar olarak kullanım alanı bulmuştur. Gün ışığından rahatsız olduğunuz vakit perde kullanmaksızın gün ışığının bulunduğu mekana girmemesini uygulayacağınız küçük bir potansiyel ile camınızın rengini değiştirerek sağlayabilirsiniz. Bu renk seçimi tamamen kullanıcının zevkine kalmıştır. Yolculuk sırasında sizi daha iyi görmeleri için veya canınız sıkılıp da arabanızın rengini değiştirmek istediğiniz zaman yine bu polimerler yardımınıza koşabilir.

Elektrokromik uygulamalarda kırmızı ve mavi renge sahip bir çok iletken polimer var iken seride eksik kalan tek renk yeşildi. TÜBA'nın 2005 Yılı Seçkin Bilimci Ödülü'ne layık görülen ve talihsiz bir kaza sonucu yitirdiğimiz Yrd. Doç. Dr. Gürsel Sönmez, elektrokromik polimerlerde yeşil rengin keşfi ile üç ana rengin (kırmızı, yeşil ve mavi, RGB) tamamlanmasını sağladı. Böylece küçük potansiyel değişimleri ile bu üç ana renkteki polimerin uygun şartlarda karıştırılması binlerce hatta

milyonlarca farklı renk tonunun elde edilmesini mümkün hale getirdi. Sönmez'in bu polimerlerin farklı teknolojilerde kullanımı konusundaki açıklamaları şu şekilde: "Bu teknoloji şu andaki hali ile reklam panolarında ve saniyenin onda birinin (0.1 saniye) üzerindeki bir sürede renk değişimine ihtiyaç duyulan bütün göstergelerde kullanılabilir. Çok basit olarak, bu polimerler elektronik cihazların göstergelerinde kullanılabilmesi gibi, duvarlarını bu malzeme ile kapladığınız odanızın veya herhangi bir mobilyanızın rengini küçük voltaj değişiklikleri ile renkten renge sokabilirsiniz. Ya da evinizin veya arabanızın camlarını bu tür malzemeler ile kaplayarak güneşli havalarda camı karartıp, kapalı havalarda rengini açarak ısıtma ve soğutma işlemleri için enerji tasarrufu sağlayan akıllı camlar üretebilir veya arabaların dikiz aynalarının kararıp-açılması ile gece sürüşlerinde arkadaki arabanın farlarından rahatsız olmadan keyifli sürüş sağlayabilirsiniz."

Şekil 2. Her ortama göre renk değiştiren bukalemun kamuflajlar

Doğayı taklit etmeyi seven insanoğlunun elinde bu malzemeler bir oyuncak hamuru olup bukalemunculuk bile oynanabilir. Özellikle savunma ve askeri alanda kullanılması düşünülen bu teknolojide iletken polimerlerle kaplanmış bir kıyafet veya kamuflaj ortama uygun olarak renk değiştirecektir (Şekil 2). Bu da bulunduğunuz ortamda kolaylıkla kamufle edilmenizi sağlayacaktır. Halihazırda kullanım alanı bulunduğu bir diğer alan ise radara yakalanmayan araçlardır. Radarda gönderilen sinyalin bir nesneye çarptıktan sonra yansıyan kısmının tekrar ölçülmesi o nesnenin yerinin belirlenmesini olanaklı kılarken bu malzemeler ile kaplı bir uçakta veya tankta radar sinyalleri gönderdiğinizde bu polimer radar sinyallerini absorbe edecek ve böylece geri yansıyan bir sinyal olmadığından sanki ortamda hiçbir şey yokmuş izlenimi verecektir. Polimerik ışık yayıcı diodlar (polymer light emitting diode, PLED) olarak kullanıma sunulan bu yeni teknolojik malzemeler sayesinde ise parlak renkler elde edilebilmektedir (Şekil 3). Ampul gibi ışık veren, esnek, hafif ve de çok ince (bir saç telinin yüzde biri kadar) olan bu malzemeler şimdiden birçok kullanım alanı için (özellikle aydınlatma sektörü) potansiyel malzemeler olacaktır. Hali hazırda bugün kullandığımız ve çevreyi kirleten malzemeler (ağır metaller ve gazlar) yerine kullanılacaklardır. Yine aynı şekilde gece yolculuğunda arabanın etrafına yerleştirilen PLED ile yolculukta farkedilebilirliğiniz artacağı gibi bu malzemelerin yakın gelecekte televizyon ve dizüstü bilgisayar ekranlarında da kullanımı mümkün olacaktır. Geçtiğimiz 2007 yılı mayıs ayında Sony firması tarafından üretilen LED ekranı bu geleceğe ne kadar yakın olduğumuzu göstermiştir (Şekil 3). 63x63x0.25 mm ebatlarında olan bu kağıt misali ekranları gelecekte bir bilezik gibi kolumuzda taşıyabileceğimiz gibi giydiğimiz kıyafetleri de bir ekran olarak kullanabileceğiz. Hatta bunun üzerine günümüzde yapılan çalışmalar, radara yakalanmadığı gibi gözle de görülemeyen askeri araçların yapılmasını olanaklı kılmıştır. Prensipte nesnenin bir yüzeyine yerleştirilen kamera, bir diğer yüzeyinde bulunan malzemeyi ekran olarak kullanarak bu ekrana çektiklerini görüntü olarak aktarır. Böylece izleyici sanki orda herhangi bir nesne yokmuş gibi algılar. Bu gerçekleştiğinde sokakta karşılaşmak istemediğiniz kişilere karşı kıyafetinizin bu özelliğini devreye sokabileceksiniz. (Şekil 4)

Son yıllarda iletken polimerlerin gelecek vadeden kullanım alanlarından biri de yapay kas, organ ve biyo-sensör olarak kullanılmalarıdır (Şekil 5). Daha önceleri kalp pili olarak kullanılan bu malzemelerin özelliği tersinir olarak vermiş oldukları kas benzeri gerilme ve rahatlama hareketleridir. Bu polimerler tıpta ortapedik ayakkabılar ve yatakların üretiminde ve gözlerinizi zararlı güneş ışıklarından koruyacak gözlüklerinde yapımında kullanılmaktadır. Giydiğiniz kıyafetlerin sıcaklığa bağlı olarak farklı fiziksel yapılara bürünmesi de olası olacaktır; sıcak havalarda serin bir ortam sağlarken soğuk havalarda sıcak bir kıyafete dönüşmeleri mümkün olacaktır. Aynı şekilde vücuda hap ile beraber alınan iletken polimer kapsülleri sayesinde vücudun ihtiyacı olduğu kadar ilaç salınımı sağlanacaktır.

Bu malzemelerin enerji depolama amaçlı olarak süperkapasitörlerde kullanılması ile beraber bu kapasitörlerin depolama kapasitelerini 100 kattan daha fazla artırabilmek mümkün olmuştur. Süperkapasitörler tekrar doldurulabilir piller mantığında çalışmakta fakat onlardan daha çok tekrar doldurulabildikleri gibi enerjiyi depolama/boşaltma işlemini de çok hızlı yapabilmektedirler. Günümüzde geleceğin arabaları olarak gösterilen hibrit arabalarda kullanılan bu teknoloji yakıt tüketimini yarı yarıya azaltmaktadır. Ayrıca elektromanyetik perdeleme özelliklerinden dolayı yıllık olarak elektronik cihazlarda meydana gelen 15 milyar dolarlık bir kaybın önüne de geçilebilecektir. Yine antistatik özellikleriyle yakıt ve benzeri patlayıcı malzemelerin bir yerden diğer bir yere taşınmalarında oluşan elektrostatik yük depolanması sonucu meydana gelecek olası patlamaların önüne geçilecektir. Antikorozyon özellikleri ile bu malzemelerle kaplanan metaller artık oksitlenmeyecek ve artık bundan kaynaklı yenileme işlemleri son bulacaktır.

Bu malzemelerin bu uygulamalar dışında bir başka uygulama alanı da otomotiv sektörüdür. Şu an sektörde kullanılan iletken polimerler hava-yakıt karışımını motorun gereklerine göre en az kirlenme ama maksimum etkinlikte ayarlayabilir. Polimerlerin otomobilin ağır aksamaları yerine kullanılması ve iletken polimerlerin elektronik devrelerin ve bataryaların yerini almasıyla beraber ileriki tarihlerde otomobillerin ağırlıkları çok azalacağı gibi otomobilinizin arkasına park etmiş bir diğer otomobil elinizle itekleyerek bu sıkıntının da üstesinden gelmek mümkün olacaktır.

Makro ve de nano büyüklükte üretildikleri zaman iletkenliklerinden pek de birşey kaybetmeyen, sırada süper iletkenler olarak kullanılmayı bekleyen bu mucizevi malzemeler günümüzde büyük bütçeli birçok projenin çalışma konusu olmuştur ve olmaya da devam edecektir. Bir sakarlık sonucu bulunan ve ısrarlı bir inceleme sonucu hayatımıza giren bu malzemeler hala yeni kullanım alanları için sizi bekliyor. Nice nice sakarlıklara ve tesadüflere...

KAYNAK

1. "Arşimed'in Hamamı" Sven Ortoli ve Nicolas Witkowski, Yapı Kredi yayınları, 2006.
2. "Büyük Fizikçiler, Galileo'dan Hawking'e Büyük Hayatlar", William H. Cropper, Oğlak Yayıncılık ve Reklamcılık Ltd. Şti, 2004.
3. "Semiconducting and Matallic Polymers: The Fourth Generation of Polymeric Materials (Nobel Lecture)", Alan J. Heeger, Angew. Chem. Int. Ed., 2001, 45, 2591-2611.
4. <http://www.tuba.gov.tr> (Yrd. Doç. Dr. Gürsel Sönmez'in Makalesi Chemical Communications'a Kapak Oldu)
5. <http://blog.scifi.com> (Sony shows off flexible full-color OLED screen)
6. <http://virtualskies.arc.nasa.gov> (Electroactive Polymers 2: Ionic and Conductive Polymers)

7. <http://beverlytang.com/materials/>
8. <http://www.ntu.edu.sg/home/asjma/Soldier2.htm>.
9. <http://www.oled-display.net>