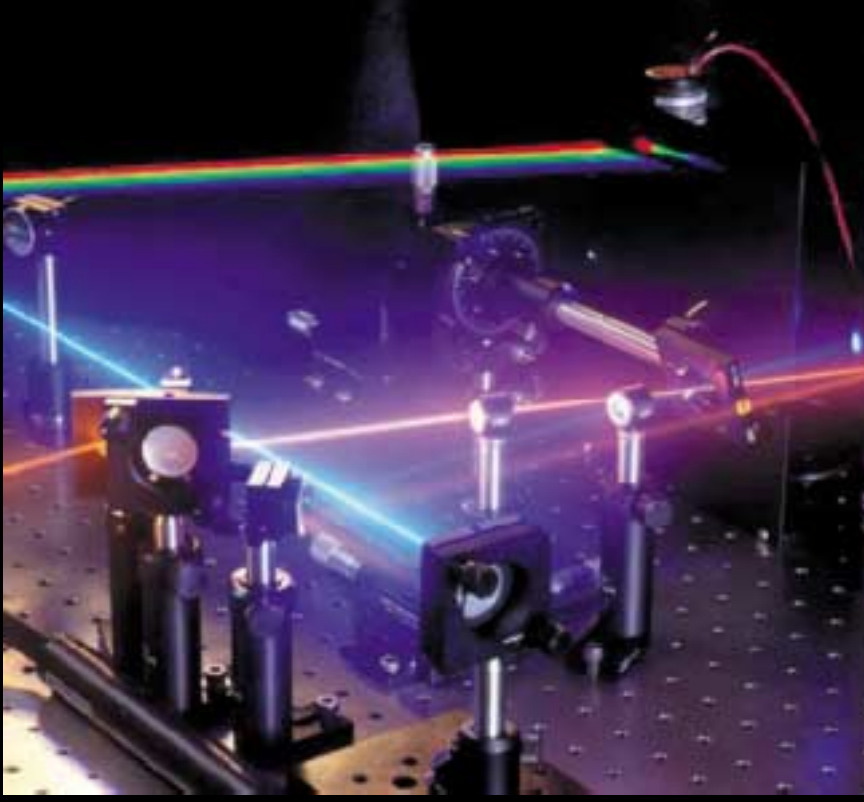


# OPTİKÇİNİN YOL HARİTASI



Yakın geçmişe kadar optik, fizik içerisinde bitmiş bir dal olarak görülüyor, eğitimde ve araştırmada ancak giriş düzeyinde öğretiliyor ve ilgi görmüyordu. Oysa son yıllarda bu dal, dünya çapında endüstride ve ekonomideki payını hızla artırıyor. Araştırmalarda temel kavramlar açısından devrim sayılabilecek sonuçlara ulaşıyor. Bu günlerde bu konuda bilgi sahibi olmak isteyen kişileriye daha önce görülmemiş olanaklar bekliyor...

Birleşik Avrupa düşüncesini çoğumuz yeni bir düşünce olarak algılayabiliriz. Oysa bu düşünce daha 1612 yılında Venedikli tüccarlar tarafından dile getirilmişti. Papa ve Osmanlı Sultanı'nın içinde yer alacağı bir ortaklıkta, Doğu Akdeniz'de ticaret serbestisi getirilecekti. Zamanla, 1618'de başlayan otuz yıl savaşları gibi siyasal, ve ticaret yollarının Atlantik Okyanusu'na kayması gibi ekonomik nedenlerle bu düşünce gerçekleşmedi. Ama Venedik, bugün de bir liman ve ticaret kenti. Festivali, romantizmi, ya da yılın belli dönemlerinde su düzeyinin yükselmesini bir kenara koyarsak, bu kenti ilginç kılan bir diğer özelliği, cam sanatçılığı geleneği. Yaklaşık bin yıl kadar önce Mısırlıların cam üretim yöntemleri bu kentte daha da geliştirildi, yeni cam kısa sürede kendini işleyip artı değer üre-

tecek sanatçılara da kavuştu. Dünyanın ilk gözlükçüler loncası da 1243 yılında yine bu kentte kurulmuştu. Günümüzde de Veneto Bölgesi'nde bu geleneğin izlerini görmek mümkün.

Ancak, artık bir sanayi kolunda söz sahibi olabilmek için binlerce yıllık geleneğe sahip olmak gerekmiyor. Yine cam endüstrisi üzerinde yoğunlaşalım



Fiberoptik kablolar, bakır tel üzerinden yapılan iletişimdeki sorunları büyük ölçüde gideriyor.

ve Türkiye örneğini ele alalım. Türkiye'de cam endüstrisi yüz yıllık bir geçmişe bile sahip değil; ilk ciddi yatırımlarsa, Atatürk'ün direktifleriyle yapılmış. Şu andaysa, dünya pazarının önünde gelen şirketleri Türkiye'de.

Ancak, bugün yüksek teknolojiye dayalı, yüksek kâr getiren endüstri dallarında yatırım yaparken, iyi yetişmiş araştırmacılarla geliştirme yapmadan, kısa sürede atılım gerçekleştirmek olası değil. Dolayısıyla finans ve insan faktörü birlikte düşünülmeli. Türkiye, cam endüstrisindeki başarısını, daha yüksek teknolojilere dayalı ve daha kârlı dallarda tekrarlamak istiyorsa, bu konuda yetişmiş bilim adamlarına sahip olmalı.

Bilimsel yöntemlerin, gerçek arayışında güvenebileceğimiz tek yol gösterici yöntem olduğu saptaması da insan-

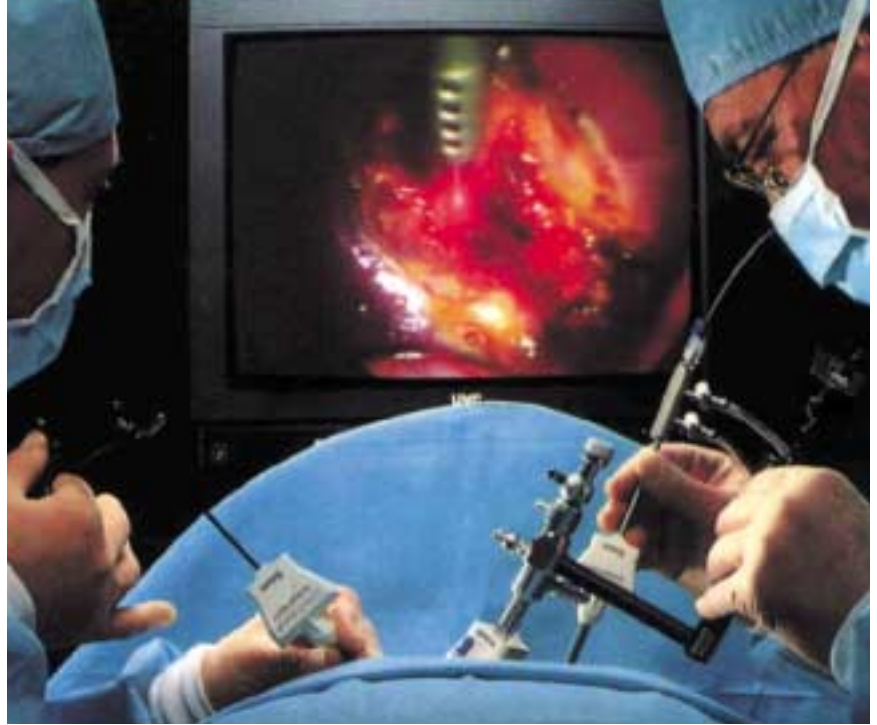
lğın binlerce yıllık deneyiminin kaçınılmaz bir sonucu. Ama, şu da unutulmamalı ki, gerçek arayışıyla motive edilen bilim üretme işlevi, aynı zamanda en dengeli ve kârlı ekonomik sonuçları da beraberinde getiriyor.

## Yükselen Endüstri Dalı

Uluslararası Optik Komisyonu ICO, opto-elektronik, optronik, fotonik, elektro-optik gibi ışık ve madde etkileşimi üzerine dayalı bilim dallarını tüm yan dallarıyla “optik” adı altında toplamaya karar verdi. Bu bilim dalı gerçekten de geleceğin önde gelen sanayileri için ve aynı zamanda temel bilimlerdeki atılımlar ve doğayı anlamadaki yetkinliğimizi artırmadaki öncelikli rolü nedeniyle onurlandırılmayı hak ediyor.

Yüksek teknolojiye dayalı ürünler içerisinde optik ve yan dallarına dayalı ürünler önemli bir yer tutuyor. Bilgisayarınızın Cd ROM sürücüsünü ele alalım, eğer istenen diyot lazerler elimizde olmasaydı, bu sürücülerini de DVD sürücülerini de yapamayacaktık. Ama dürüst olmak gerekirse, geleneksel anlamda sürücü üzerinde çalışmak fizikçi için kısa dönemde çok kârlı bir iş değil. Nitekim, bu sürücülerin lazerlerini servo sistemleriyle birlikte birkaç dolara maletmek mümkün. Tabii, on binlercesini alırsanız! Ancak bilgi depolamada daha yüksek kapasiteye çıkmak her zaman için önem taşıyor. Bu durumda kârlı olan, mevcut teknolojilerde küçük iyileştirmeler yapmak değil, yepyeni teknolojiler geliştirmek. Belki de bu nedenle manyetik maddelerin yüzeylerine ne kadar bilgi depolanabileceğinin araştırıldığı çalışmalar, büyük Sinkrotron Radyasyonu Laboratuvarlarında çok revaçta. Ayrıca diğer taraftan daha kısa dalga boylarında diyot lazerler üretmek ve ucuza mal etmek üzere araştırmalar da yapılıyor. Böylece bilgi depolamak ve okumak çok daha küçük yüzeylerde de sağlanabilecektir.

Çoğumuz genelde İnternet bağlantı hızından memnun değiliz. Bu durumda telefon hatlarımızın fiber kablolarla örülmesi için iletişim şirketlerine gerekli teknolojiyi kurmaları konusunda baskı yapmalıyız. Telefon konuşmalarımızın net olmadığını da fark ettiniz. Evet, bakır kablolarla “cross-talk” denilen, farklı hatların etkileşmesi duru-



Excimer lazerler, hassas dokulara zarar vermeyen ameliyat tekniklerine olanak sağlıyor.

munu engelleyemiyoruz. Ama fiber kablo döşenmiş olsaydı fonda bir diğer konuşmayı da dinlemek zorunda kalmayacaktınız. Fiber optik teknolojisinin haberleşmede ne kadar önem taşıdığını anlamak hiç de zor değil.

Optik artık günlük yaşantımıza iyice girdi. Gözlük camlarını ele alalım. Özellikle yaz aylarında mor ötesi ışınların gözlerimizi rahatsız etmesinden hiç hoşlanmıyoruz. Ne kadar şanslıyız ki camı, istemediğimiz renklerin madde içerisindeki dalga boyunun dörtte biri yüksekliğinde ince katmanlarla kaplayarak bundan kurtulabiliriz. Yapacağımız tek şey, bu ince filmlerden on katmanla gözlük camını kaplamak. Böylece yalnızca bu renk çevresindeki ışığın %98'ini yansıtılmış oluruz. Bu arada ağır gözlükler de taşımak istemiyoruz; hafif olması için olasılıkla titanyum çerçeve kullanıyor ve bu pahalı metal için fark ödüyoruz. Bu durumda camları daha hafif yapmayı neden denemeyelim? Öyleyse kırılma indisi yüksek camları seçeceğiz. Pek çok dielektrik kırılma indisi oldukça yüksek olduğu için daha ince mercekler yapabiliriz. Hem böylece cam daha da inceleneceği için sapmaları da azaltmış oluruz. Belki camların alanını da azaltarak küresel sapmalardan ve dolayısıyla nedeninin farkında olmadığımız baş ağrılarından da kurtulabiliriz. Zaten dürbün ya da teleskop yaparsak da bu sap-

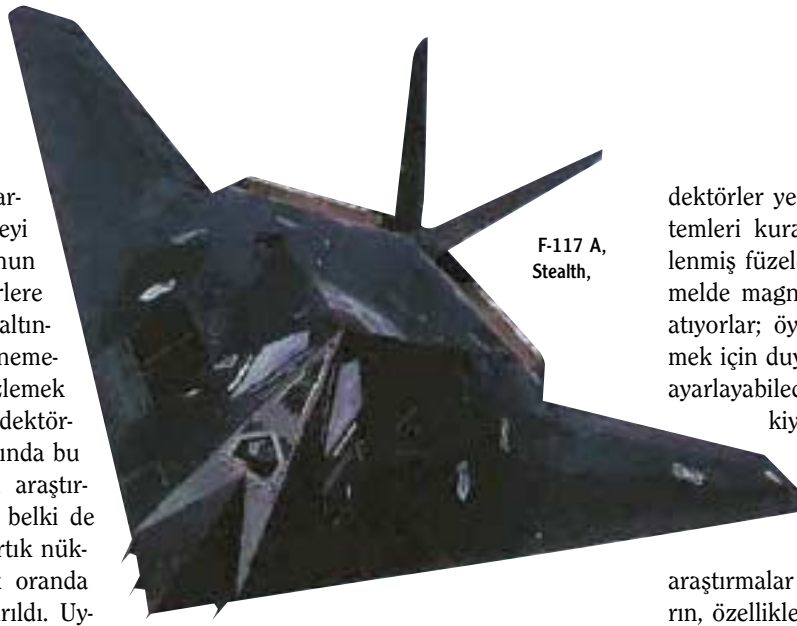
maları azaltmamız gerekiyor; hele uzağa bir araç göndermeyi düşünüyorsanız iyi bir teleskop yapmamız hiç de fena olmaz. Ama önce sağlık. Belki de gözümüzdeki probleminden tümüyle kurtulmak istiyoruz, organik ya da inceltilmiş mercek taşımak istemiyoruz, lens bakımıyla da uğraşmak istemiyoruz. Hem belki de gözümüz allerjik yapıda ve lens kullanamayacağız. Ameliyat için uzman göz doktorumuz fizikçilerin bir “excimer lazer” yapmasını beklemek zorunda.

## Lazerli Hayalet

Satürn'ün halkalarını iyi bir teleskopla bulutsuz bir gecede gözlemek gerçekten de çok şiirsel. Ama, çok iyi bir teleskop için merceklerle dayalı bir sistem yerine küresel aynalar kullanmalıyız. Bu aynaların yarıçapı mümkün olduğunca büyük ve yüzeyleri pürüzsüz, yüzey eğrilikleri ise hatasız olmalı. Yeterince büyük aynalarla yapacağımız bir teleskopla Güneş Sistemi'nin derinliklerinde yol alan bir aracı izleyebiliriz, ama bu kadar yatırım yapıyorsak, belki de teleskobumuzu atmosferin üzerinde bir uyduya yerleştirmeli ve böylece, alacağımız daha net görüntülerle evrenin derinliklerindeki kaynakları da izlemeliyiz. Bu gözlem aygıtlarıyla ülkemizin tarımsal yapısını, meteorolojik değişimleri, ya da bel-

ki de düşman topraklardan ateşlenen bir füzeyi gözlemleyebiliriz. Bunun için kızıl ötesi dedektörlere gerek duyacağız. Yer altında yapılan nükleer denemelerin büyüklüğünü izlemek içinse gamma ışını dedektörleri gerekiyor. Ama aslında bu dedektörleri astrofizik araştırmaları için kullanmak belki de daha anlamlı; çünkü artık nükleer denemeler büyük oranda anlaşmalarla sınırlandırıldı. Uydumuzu casus uydusu olarak ya da haberleşme uydusu olarak da kullanabiliriz. Ama her şeyden önce uydumuzun bir navigasyon (rota belirleme) sistemi olmalı. Bu sistem için temel eleman bir jiroskop. Mekanik jiroskopların ağırlıkları düzinelerce kilogramdır. Bu bir şilepte kullanılırsa sorun olmaz, ama bir uyduda, uçak, bir torpido, ya da yüz binlerce kilometre yol alacak bir uzay aracı ya da bir uyduda kullanılacaksa, jiroskobumuzun çabuk tepki vermesi, hafif olması ve çok duyarlı olması gerekiyor. Bu nedenle uçaklarda lazer jiroskoplar kullanılıyor; ama bir füze ya da uyduda için fiber jiroskoplar kullanmalıyız.

Varsayalım bir balistik füze yaptık, jiroskop sistemlerimizi de tamamladık, ama bu füzenin nereye düşeceğini kesin olarak bilemiyoruz, çünkü güdüm sistemimiz yok. Öyleyse güdüm sistemi de yapmalıyız, ve bunu yaparken olabildiğince az elektronik malzemeyle başarmalıyız. Sözelimi, yerden havaya savaş uçaklarını hedefleyen bir füze kullanmanın avantajı, füzenin fiyatıyla uçağın fiyatının oranının yaklaşık 1:100 olması. Ama hedefi vurmaması füze hiç bir işe yaramamış demektir. Burada başka bir savaş başlıyor; elektronik karşı önlem teknolojisi. Güdüm sistemlerinin ya da uçak kontrol, ya da haberleşme sistemlerinin elektronik sinyallerinin karıştırılması. İşin bu yönüyle sadece askeri kesim değil, sivil havacılık da ilgilenecek. Uçak kontrol sistemleri telle uçuş denilen bir elektronik sistemle yönlendirilir. Fakat bir cep telefonunun mikrodalga çıkışı ya da doğal olarak yayılan bu aralıktaki bir elektromanyetik ışınım, bu sistemi etkileyerek özellikle yere iniş ve havalandırma sırasında problem oluşturabilir. Savaş uçakları söz konusu olduğunda



F-117 A,  
Stealth,

“fly by wire” sistemi normal uçuş sırasında da önem taşır; çünkü bu uçaklar manevra yeteneğini artırmak amacıyla dengersiz yapırlar. Örneğin en iyi avcı uçaklarından F-15 Eagle ya da SU 27 Flanker, sadece düz bir doğru üzerinde hareket edebilmek için kanatçıklara saniyede 70 kadar sinyal gönderir. Olası elektromanyetik karıştırma ya da doğal problemlerden korunmak için, uçak kontrol sistemlerinin fiber temelli “fly by light” teknolojisine geçmesi söz konusu.

Bu aşamada füze yapımını tamamlamalıyız. Uçak vurmak istiyorsak IR de-

dektörler yerleştireceğiz ve arama sistemleri kuracağız. Ama uçaklar kilitlenmiş füzeleri şaşırtmak amacı ile temelde magnezyum içeren bir karışım atıyorlar; öyleyse yeniden kilitlenebilmek için duyarlı olduğu dalga boyunu ayarlayabileceğimiz dedektörler gerekiyor. Bu dedektörlerin nano elektronik ölçeğindeki süperkafes teknolojisiyle yapılabileceği düşünülüyor ve bu konudaki araştırmalar sürüyor. (Aslında uçakların, özellikle SAM füzelerinden kurtulabilmesi Hollywood filmlerinde görüldüğü kadar kolay değil.)

En iyisi biz daha barışçı amaçlara yönelelim. Bilgisayarlı Tomografi aygıtları üretebiliriz. Kullanacağımız X-ışınlarının şiddetinin gerekenden fazla olmaması önemli. Ayrıca inceleyeceğimiz dokuları en ayrıntılı olarak inceleyebileceğimiz bir dalga boyu aralığı istiyoruz. Ama önce X-ışınlarını üretmek için bir parçacık hızlandırıcısında elektronları hızlandırmamız ve bir ağır metal yüzeyiyle, örneğin tungstenle, çarpıştırmamız gerekiyor. Uyduda teleskopunda kullandığımız X-ışını dedektörleri bura-

## Pazarın Geleceği

Modern fizik kavramları ve uygulamaları yaşam tarzımızı, üretim ve tüketim biçimimizi, kültürümüzü ve yaşamı algılayışımızı son yüzyıl içerisinde hızla değiştirdi. Bu yeni bilgi üretim sistemini kurabilen ve kuramayan toplumlar arasındaki sosyal ve ekonomik farklara kaçınılmaz olarak arttı. Ancak, yine teknolojinin sağladığı yeni iletişim olanaklarıyla bilginin akış hızı da inanılmaz kadar artmış durumda. Unutmamalıyız ki, Çinlilerin bulunduğu kağıt Avrupa kıtasına ulaşmaya kadar yüzlerce yıl geçmiş ve bu iletişimde savaşların bile rolü olmuştur. 21. yüzyılda artık teknolojiye ve bilgiye ulaşmak için blok savaşları yapmamız gerekiyor, sadece daha iyi bir gelecek için işbirliğine ve İnternetin sağladığı olanakların doğru kullanımına gereksinim duyuyoruz.

Önümüzdeki yıllarda gelişmenin ne yönde olacağını öngörmek kolay değil. Ancak gelişmiş ülkelerin ticaretinin çok büyük bir yüzdesinin yüksek teknoloji ürünleri olduğu, ve bu ürünler içerisinde opto-elektronik malzemelerinin önde gelen kalemi oluşturduğu göz önüne alınmalı.

Bu bağlamda yüksek teknoloji pazarını incelememizde yarar var; sözelimi, yarı iletken teknolojileri, 2000 yılında satışlarını %31 artırarak 222,1 milyar dolarlık satış yaptı. Bölgesel oranlar şöyle: Amerika, 71,7; Asya-Pasifik, 56,9; Japonya, 50,4; Avrupa, 43,1 milyar \$. Lazer pazarının incelenmesinde dikkatimizi ilk olarak çeken sayılar şöyle; 1997 yılında ilk elden toplam satışlar 3,2 milyar

doları bulduğunda satışların % 57'sini diyet lazerleri oluşturuyordu. Zaman içerisinde diyet olmayan lazerlerin toplam içinde oranı hızla düşerken, geçtiğimiz yıl için öngörülen 12 milyar dolarlık satışların %78'ini diyet lazerlerinin oluşturması bekleniyordu. Diyet olmayan lazerlerde satışların artmasının beklendiği dallar, materyal işleme ve tıp. Diğer dallardaysa fazla değişme beklenmiyor. Ancak lazer pazarının asıl artı değeri, uygulama alanlarıyla birleştirildiğinde ortaya çıkıyor. (Örneği verilen Cd ROM sürücülerini anımsayın.) Fiber optik kablolar için bu daha da dikkat çekici. Kilometrelerce fiberi çok ucuza almak olası, ne var ki bu elemanı İnternet ve İnternet ağlarının omurgasında, ya da Ulusal ve Uluslar Arası Haberleşme Sistemlerinde kullanınca, ürettiği katma değer hızla artıyor. Airbag ve cep telefonu algılayıcıları, bilgisayar yazma/okuma başları, ya da ink jet yazıcılarının mürekkep fırlatıcıları gibi Mikromekanik Sistemler (MEMS) pazarında bile sayılar şaşırtıcı: 1996'da 2 milyar dolar, 2001'de öngörülen sayıların 7,1 ila 11,5 milyar dolar arasındaydı.

Son olarak gözlemsel astrofizikçiler için bir haber: ABD Ulusal Araştırma Konseyi, 2000 yılı Mayıs'ında Federal Hükümet'e önümüzdeki on yıl içerisinde İleri Optik Teleskoplar geliştirilmesi için bütçeden 4,7 milyar dolar ayrılmasını önerdi. Konseyin üzerinde ısrarlı olduğu noktaysa, Hubble Uzay Teleskopu'nun yerini alacak Yeni Nesil Uzay Teleskopu (NGST) için 1 milyar dolar ayrılması.



da görüntü almamızı kolaylaştıracak. Aldığımız bilgileri bilgisayarda kurgulayarak üç boyutlu görüntülerin kesitlerini elde edeceğiz. Ayrıca haberleşmede kullandığımız fiber teknolojisini endoskopide de kullanarak bir hastanın kalbinin, midesinin ya da bronşlarının içerisini de inceleyebiliriz. Yine aynı fiber dalga kılavuzlarını Ar+ lazerleri ya da Nd:YAG lazerleriyle mikro ameliyatlarda, sözgelimi tümörlerin alınmasında ya da hasara uğramış damarların açılmasında kullanabiliriz. Halen araştırmanın devam ettiği alanlardan birisinde, fiberler yerel sıcaklık, kan akış oranı, ya da kimyasal yapının belirlenmesinde kullanılmak üzere inceleniyor. Ancak, endüstride yüksek gerilim altındaki makinelerin yüzeyindeki sıcaklık dağılımının izlenmesi gibi başka yöntemlerle yapılamayan ölçüm teknolojilerinin uygulanmasına başlandı bile. Fiber sensörler, ucuzlukları, hafiflikleri, etkinlikleri ve çoğu zaman istenen uygulama için vazgeçilmez oluşlarıyla dünyada birkaç milyar dolarlık bir pazar payına sahipler.

Şili sıcak yaz ayları boyunca Atlantik'ten ulaşan ve tek damla bile bırakmadan ülkenin üzerinden öylece gelip geçen yağmur yüklü bulutları seyrediyor binlerce yıldır. Son yıllarda bu bulutlardan yağmur çekebilmek için Benjamin Franklin'in deneyi farklı bir amaçla tekrarlanıyor. Yağmuru tetiklemek üzere gökyüzüne gümüş bir tel çekmek, gerçekten hiç de kolay değil. Ama ya bunu başarmanın tek yolu ya yalnızca bir femtosaniye lazerinin atmosfer içerisindeki doğrusal olmayan etkileşimleriyle bir plazma oluşturmaksa? Gerçekten bir lazer bize bulutlardan yağmur çekebilir mi? Önümüzdeki yıllarda bunu da göreceğiz.

Brezilya, geniş topraklar üzerine kurulu bir Latin Amerika ülkesi. Dünyanın en borçlu ülkesi olmaktan kurtulmak için, endüstri yatırımları ve ihracat yapmak zorundaydı. Ancak hızlı sanayileşmenin bedeli de, ne yazık ki hızlı çevre kirliliği oldu. Atmosfer katmanlarındaki gazların dağılımını lazer radarları (LIDAR) ile ölçmek ve sonuçları hızla alarak, gecikmeden önlem almak, Rio de Janeiro'da yaşamsal önem taşıyor. Eğer zamanında önlem alınmazsa, yirminci yüzyılın ilk yarısında Londra'da yaşanan hava kirliliği sonucunda toplu ölümlerin bir benzerinin



Avrupa Güney Gözlemevi'ndeki gibi optik teknolojinin ucundaki teleskoplar evrendeki ilk ışığı arıyorlar.

Rio'da da görülmesi olası. Ayrıca LIDAR'lar meteorolojik bilgilerin elde edilmesinde de kullanılıyorlar. Çevre konusundaki duyarlılık, geçmişte asit yağmurlarının da yaşandığı Almanya ve İsviçre gibi ülkelerde de gündemin üst sıralarında, üstelik bu duyarlılık artık bir Avrupa Standardı olarak yasalara da girdi. Bu ülkelerde de trafiğin yoğun olduğu bölgelerde havadaki gazların oranının spektroskopik yöntemlerle izlenmesi konusunda araştırmalar sürüyor.

Optik teknolojilerinin uygulamaları bunlarla sınırlı değil. Önemli teknolojiler olan Optik Bilgisayar araştırmalarından hiç söz etmedik henüz. Ya nano teknolojiye yönelik atomotron ve atom bozeri araştırmalarına ne demeli? Bu konudaki temel çalışmalara bir Nobel Ödülü verilmesinden bu yana

henüz dört yıl geçmesine karşın, kulislerde bir ödül daha gelebileceği konuşuluyor. Üstelik 2000 yılı Nobel Fizik Ödülünü alanlardan, Z. I. Alferov ve H. Kroemer, yüksek hızlı ve opto-elektronik hetero-yapılar geliştirdikleri için bu ödüle layık görüldüler.

2000'li yıllarda yazılan hiç bir kaynak makalesi, tamamlanmış sayılamaz. Bu makale de, optik konusunda her kaynağı kapsamak iddiasından çok uzak. Ancak, başlangıç için yeterli olduğunu, ve kabaca bir harita çıkardığını söyleyebilirim.

O. Çağlar Akın  
ODTÜ Fizik Bölümü

#### Kaynaklar

- Valerie C. Coffey, The Market: Tiny Tools are Changing the Rules, s.133, Laser Focus World, Ocak 2001.  
Steven G. Anderson, The 2001 Annual Survey of the Marketplace, s.88, LFW, Ocak 2001.  
Market Analysis, Integrated Communications Design, s.46, penwell publications, 12 Şubat 2001