

# Fizikten Teknolojiye

Burhan C. ÜNAL

Fiziğin temel yasalarının sanayiye uygulanmasında, 19'uncu ve 20'inci yüzyıllar büyük bir benzerlik gösterir. İnsanoğlunun bu yüzyılların ilk yarılarındaki bilimsel buluşları, ikinci yarılarında sanayideki ve teknolojiye gelişimlerin temeli olmuştur.

## 19'uncu yy'daki Fizik ve Teknoloji

Galileo'nun kinematığı ve Kepler'in görgül yasalarının Newton'ca 1687'de birleşimlenmesi (sentezi) ile, klasik mekanik tam ve uyumlu bir kuram olmuştur. Newton, kütleçekim kuvvetinin somut biçimini de belirlemiştir. İnsanoğlu böylece devinim yasalarını tanıdıktan sonra, elektrik ve mıknatıslık yasalarını anlamaya yönelmiştir. Coulomb, Gauss ve Poisson'un elektrikte ve Oersted, Biot, Savart, Ampère ve Faraday'ın mıknatıslıktaki çalışmaları görkemli bir birleşimle (sentezle) yani Maxwell'in 1864'deki elektromıknatısal alan kuramı ile sonuçlanmıştır. Doğanın bu yedi yalın yasası, başka deyimle, Newton'un klasik mekaniği ve Maxwell'in elektromıknatısal kuramı klasik fiziğin temelini oluşturmuştur.

Klasik mekaniğin yasalarının maddenin ısı özelliklerine uygulanması, termodinamiğin gelişmesini sağlamıştır. Mayer, Joule, Helmholtz ve Colling'in enerji korunumu üzerindeki ve özellikle Sadi Carnot'un ısı makineler üzerindeki çalışmaları, Clausius ve Lord Kelvin'i 1850'de klasik termodinamiği tümleyen ikinci yasaya götürmüştür.

Kuşkusuz, 19'uncu yy'ın ikinci yarısındaki sanayi devrimi, o zamanın elverişli ekonomik koşulları bir yana, bu klasik fizik yasalarından doğmuştur. Dünün ve bugünün tüm makroskopik teknolojisi 1687'deki Newton mekaniği üzerine, 1864'deki Maxwell elektromıknatıslığı ve 1850'deki termodinamik üzerine kurulmuştur. Her daldaki mühendise klasik fizik öğretilmesinin nedeni budur.

## 20'inci yy'daki Fizik ve Teknoloji

Fizik, 19'uncu yy'ın son çeyreğinde, atomculuk ve elektromıknatıslık olmak üzere iki ana doğrultuda ilerlemiştir. İki -maddenin atomsal yapı modeli-, gazların kinetik kuramının ve klasik istatistiksel

mekaniğin yazımlamaları yardımı ile, termodinamiğin fenomenolojik yasalarının anlaşılmasını sağlamış ve 1900'den başlayarak da kuantum mekaniğinin bulunmasına neden olmuştur. İkincisi -elektronmıknatıslık-, 1905'de Einstein'ı, özel göreliliği geliştirmeye yöneltmiştir.

Planck, Bohr, de Broglie, Heisenberg ve Schrödinger'in çalışmaları atomsal, molekül ve nükleer olayların tümleşik bir kuramı olan kuantum mekaniğinin bulunuşu ile sonuçlanmıştır. Tüm kimya, katıhal ve çekirdek fiziği bu kuramın kapsamında idi. Ayrıca, özel görelilik, devinimin, Newton yasalarından daha doğru bir anlatımını veriyordu. Son olarak, eşdeğerlik ilkesi -eylemsizlik kütlelerinin ağırlık kütlelerine eşitliği-, Einstein'ın 1916'da genel görelilik kuramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Atomun, molekülün, katı maddenin ve çekirdeğin tanınması, 2. Dünya Savaşı'ndan başlayarak teknoloji alanında meyvelerini vermeye başlayacaktı. Kuantum mekaniği ve özel görelilik, aşağıda konu başlıklarını sunduğumuz yeni bir teknoloji devrimi oluşturarak sanayiye girecekti :

a. Çekirdeksel bölünümün ve çekirdeksel kaynaşımın, yeni bir enerji kaynağı umudu yaratması (1939-1944);

b. Transistör (1947) ve onun tümleşik çevrimlerdeki gelişimi;

c. Laser (1960) ve optik lifler (fiberler) ile iletişim (1966);

d. Bardeen-Cooper-Schrieffer süperiletkenliği (1957) ve Josephson eklemi (1962).

Böylece, bu alanlarda şu teknoloji atılımları göze çarpmıştır:

a. Hahn ve Strassman 1939'da kimyasal yöntemlerle, atom çekirdeğini parçaladılar. Uranyumun nötronlarla dövülmesi dönemi (periyodik) çizelgenin ortalarında bulunan elementler üretiyordu.

## Fizikten Teknolojiye

Herbir bölüm başına 200 MeV'lik enerji, çıkan ürünlerin kinetik enerjisi biçiminde gözleniyordu. Tüm reaktör teknolojisi, bu kinetik enerjinin ısı enerjisine çevrilmesi üzerine kuruludur.

Kaynaşım ise, atom numaraları küçük iki çekirdeğin birleşerek katarlı bir çekirdek oluşturması olayıdır. Bu tepkime, Güneş'te sürekli, ama  $10^7$  °K sıcaklığında küçük bir hızla da olsa, doğal olarak oluşabilmektedir. Bu tepkimenin yapay olarak oluşturabileceği bir ısı kaynaşım reaktörünün etkin olabilmesi için, sıcaklığı  $10^7$  °K'den yüksek olmalıdır. Bu sıcaklıklara ulaşmak için birçok yöntem vardır; ancak böyle sıcaklıklara dayanabilecek kap henüz bulunamamıştır. Yeryüzünde, yüklü çekirdekleri belli bir yerde tutmak için manyetik alanlar kullanılır. Böylece, lazerin ve süperiletkenliğin işlevleri önem kazanmaktadır. Lazer ışınları ısıtmaya, süperiletkenlik ise, kap yerine geçecek dev manyetik alanlar yapmaya yarayacaktır. (340 tonluk manyetik alanlar, ancak 24 Tesla değerinde manyetik alanlar üretebildiğini belirtelim.)

b. Yoğun hal alanındaki araştırmalar, dev kristallerin anlaşılmasından sonra, yüzey, arayüzey ve ince katmanlardaki olayların incelenmesi doğrultusunda gelişmiştir. Bu yapay örgüler, doğal yoğun maddelerde görülmeyen ve tümleşik çevrimlerin gereksinimlerini karşılayabilecek yeni kuantum özellikleri taşıyordu. Güncel teknoloji ise, iki yönelim sunuyor: Biri, gitgide küçülen mikroelektronik gereçler geliştirilmesidir. (Bu, arayüzey olaylarının anlaşılmasını gerektiriyor.) Öbürü ise, elektronik sistemler yerine optik sistemlere geçilmesidir. (Bu da, süperörgülerin ya da kuantum kuyularının anlaşılmasını gerektiriyor.)

Molekül demetleriyle ya da buharın yoğunlaştırılmasıyla ince katman yapma yöntemleri, çeşitli katman kalınlıklarının  $1^{\circ}$  A yaklaşıklığı ile denetlenmesini sağlamaktadır. Bu, kullanılacağı çevrimin (kişinin ve yayın çevrimleri, alıcı çevrimler ya da sayısal mantık çevrimleri) gereksinimlerine uygun, elektronik ya da elektro-optik malzemelerin ısımlama olarak yapımına olanak sağlar.

c. Lazerin bulunmasını, optik liflerinki izlemiştir. İmleri (sıgnalleri) iletmek için, elektronlar yerine fotonlar kullanılır. Tekkipli (monomode) bir optik lifin çapı 2-5 mikron aralığında değişir. Üretimi molekül boyutlarında olur. Uçlarda, elektronik imleri ışık imlerine, ya da bunun tersine, çevrilmeli-

dir. Bu buluşlar, optoelektronik ve kuantum optiği gibi yeni bilimlerin doğmasına neden olmuştur.

d. Süperiletkenlik, taban gürültüsü az, başka bir deyişle bir kaç yüz  $10^{24}$  joule-saniye basamağında olan, alıcı aygıtlar yapılmasına olanak sağlar. Süperiletken kuantum girişim araçları (SQUID) manyetik alıya öyle duyarlıdır ki, insan beyninden yayınlanan zayıf manyetik alanı bile duyabilirler ve olası ağırlım (gravitation) dalgaları alıcılarının mikroskopikaltı hareketlerini de kaydedebilirler. Öte yandan, hızlı değiştirgeçliği ve az yitimi nedeniyle, Josephson eklemine kullanıldığı yeni bilgisayar teknolojisi geliştirilmiştir. Son olarak, süperiletkenliği çevre sıcaklığında da elde etmeyi amaçlayan yüksek sıcaklık süperiletkenliği araştırmalarını n  $92$  °K'e ulaştığını belirtelim.

### Fizik Öğretimi, 20'inci yy'ın İkinci Yarısında Nereye Vardı?

Yukarıda özetlediğimiz ve dört grupta topladığımız bu yeni teknolojilerin kaynağında, klasik fiziğin artık kullanılmadığı, bunun yerine atomal ve çekirdeksele boyutlar fiziğine dayanılması gerekiyor. Öyleyse, bugünün gerekleri için geçerli bilgiler kuantum mekaniği ve görelilik mekaniğidir ve bunlar sanayiye girmiş durumdardır. Acaba, bu yeni bilgiler fizik öğretimine ve mühendislerin temel eğitimine girmiş midir?

Yanıt, hayırdır. Savaş sonrasında dek, ne kuantum mekaniği, ne de görelilik-yüksek lisans düzeyinde bile okutulmamıştır. Avrupa'daki güncel öğretimde ise, kuantum mekaniği ve görelilik fiziği, klasik fiziğe tümleşmeden eklenmiştir. Ayrıcalığı olan, klasik fiziktir. Öğrenimi yeni bitiren mühendis ya da fizikçi, maddenin tanınmasında kuantumun ve görelilik temellere dayanan bir görüş edinmemiştir. Maddenin yapısına ilişkin anlayışı, klasik düzeyde kalmıştır.

Bu nedenle, savaş sonrası tüm yeni teknolojiler, ne mühendislerin buluşudur ne de sanayicilerin; yalnızca araştırma fizikçilerinin buluşlarıdır. Oysa 19'uncu yy'da, fizikçi ve mühendis, fiziğin ve makroskopik teknolojinin gelişmesine hemen hemen eşit katkılarda bulunmuşlardı; çünkü her ikisi de aynı bilimi, klasik fiziği, kullanıyorlardı.

Kuantum mekaniğine ve göreliliğe dayalı mikroskopik teknolojinin ortaya çıkışı, fizikçi ile mühendisi zorunlu olarak birbirlerinden ayırıyordu. Geçen yüzyılın klasik fiziği ile eğitilen mühendis, çağının ne teknolojik gelişmesine ne de bilimine bir

katkı getirebiliyordu. Savaştan hemen sonraları, mühendisin eğitiminde, o zamanki fiziğe göre yarım yüzyıllık bir gecikme olmuştu. Bugün, kırk yıl sonra, Avrupa'da bu gecikme hala vardır.

Makroskopik teknoloji, 19'uncu yy'daki klasik fiziğin gelişimi ile Avrupa'da doğmuş ve 1860'lı yılların sanayi devriminin itici gücü olmuştur. Bunun tersine, mikroskopik teknoloji Avrupa dışında, ABD'de, Japonya'da ve Sovyetler Birliği'nde doğmuştur. Uyanış Çağı'ndan beri ilk kez Avrupa geç kalmıştır ve fizik öğretimi de bu gecikmenin sonuçlarından etkilenmiştir. Ekonomik ve askeri yarış içindeki güçlü devletler, fizik öğretimini geliştirmeye de özen göstermelidirler. Mühendis ya da fizikçi, fiziğin sınırında çalışan araştırmacıları teknolojiye hemen girebilmelidirler. Üniversitede fizik öğrenimi, görelilik ve kuantum mekaniği ile başlanmalı ve yüksek öğrenim boyunca bu bilgiler kullanılmalıdır. Göreliliğe ve kuantum mekaniğine dayanmayan bir fizik öğretimi çağdışıdır. Klasik mekanik ortaöğretimde bitirilmelidir.

### Gelecekteki Gelişim

19'uncu yy'ın teknolojisi, doğrudan Coulomb, Oersted, Faraday, Ampère ve Maxwell'in elektrik ve mıknatıslık üzerindeki çalışmalarından doğmuştur. 20'inci yy'ın teknolojisinin kaynağında ise, Schrödinger'in kuantum mekaniği ve Einstein'ın göreliliği vardır. Aşağıda ana çizgileri ile sunduğumuz bugünün bilimsel araştırmalarının kalıtıcısı olarak, yarının teknolojisi için de böyle olacaktır:

a. Schrödinger'in kuantum mekaniği, 1947-1949'dan beri, Stueckelberg, Dyson, Feynman, Schwinger ve Tomonaga'nın göreliliği kuantum mekaniği ve göreliliği alanlar kuramınca geride bırakılmıştır. Bu kuram, yüksek enerjilerde gözlenen ve parçacık sayılarının sabit kalmadığı yaratım ve yokolom süreçlerini açıklama gereklerinden doğmuştur.

b. Elektromıknatıslık kuvvetlerle zayıf çekirdeksel kuvvetlerin Abdus Salam ve Steven Weinberg'ce bir tek ayar alanında birleştirilmesi (1968), Evren'in standart modelinin, fotonlar, gluonlar ve W<sup>±</sup> ve Z parçacıkları ile birbirlerine bağlanmış kuarklardan ve leptonlardan kurulu olarak ortaya çıkmasını sağlamıştır.

c. Baryonların ve mesonların yapısının, kuantum renk dinamiği kuramı (Chromodynamics) çerçevesinde anlaşılması umudundan da söz

etmeliyiz. Bir yandan, 40 TeV'lik yeni kuark hızlandırıcılar yardımı ile, bu son kuramın sınanacağı ve böylece bu enerji basamağına özgü olayların ortaya çıkacağı ve öte yandan, ağır iyonları çarpışma deneylerinde kuarklar ile gluonlar plazmasının gözleneceği umutlar arasındadır.

d. Bunları, bilinen tüm kuvvetlerin, yani kütleçekimi, elektro-zayıf ve kuvvetli etkileşmelerin birleştirilmesi girişimleri izliyor. Şimdiye dek bilinen bu dördünden başka temel kuvvetlerin varlığı da saptanmaya çalışılıyor.

e. Öte yandan biri öbürüne yardım eden iki bilim dalı olarak, temel parçacıklar fiziği ile kozmoloji arasında bir yakınlık geliştirecek.

f. Renormalizasyon grubu gibi kuramsal gelişmeler yoğun hal fiziğini zenginleştirmiştir. Bu gelişmeler verilen bir sistemin evre geçişleri yakınlarındaki, ya da , kritik noktasındaki farklı özellikler arasında bulunan görgül bağıntıların anlaşılmasını sağlamıştır.

### Henüz Çözülmemiş Sorunlar

a. Kütleliğin kökeni sorunu: Higgs'in varsayımı doğru mudur? Higgs parçacıkları gözlenebilir mi?

b. Şimdilik bilinen üç kuark dışında, başka kuark ve lepton kuşakları var mıdır? Kuarklar ve leptonlar temel parçacıklar mıdır, değilse, yapıtaşları nelerdir?

Bugün çağdaş teknolojiler, bu soruları yanıtlamak için yeni yöntemler üretiyorlar.

Süperiletkenlik, TeV basamağında enerjilere ulaşan hızlandırıcıların planlanmasında olanak sağlıyor. Doğanın gizleri, hem kuarkların yapısı düzeyinde, hem de Evren'deki kara deliklerin oluşumu düzeyinde araştırılıyor. Atomun yapısından çok öteledeyiz! Bu, Schrödinger'in kuantum mekaniğinden başka bir bilgi düzeyi olarak karşımıza çıkıyor.

21'inci yy'ın teknolojisi, günümüz araştırmalarının sonuçlarından ve ilerlemelerinden doğacaktır. Bugün bize çok soyut gelen kuramlardan hangisi, yarın ki mühendisin çalışmasında gündelik araç olacaktır? Alanların ayar kuramı mı? Renormalizasyon grubu mu? Genel görelilik mi? Yoksa, bir kuramın deneysel bir gerçekle gelecekteki sentezinden doğacak bir başkası mı?