



FİZİK

D E R G İ S İ

FİZİK

TEMMUZ '99

SAYI 13

BİR BİLİM ELÇİMİZİN,
ASIM ORHAN BARUT'UN ARDINDAN
Fizik Dergisi

TEMEL PARÇACIK NÖTRİNO
Meltem Serin

FİZİKSEL BİLİMLERİN METODOLOJİSİ VE STRATEJİSİ
Süleyman Bozdemir

HOLOGRAFİK DEPOLAMA YÜKSEK BİLGİ
YOĞUNLUĞU ÖNGÖRMEKTEDİR
M. Zeki Kurt, Amirullah Mamedov, Kerim Kıymaç

DÜNYANIN SONU VEYA MAHŞER TAŞI
Amirullah Mamedov, Metin Candemir

GÖKYÜZÜ VE ÖTESİ
R. Ömür Akyüz

EVRENSEL SABİTLER VE GELECEĞİN FİZİĞİ
Hanaslı Gür

KUANTUM ÇAĞI BAŞKARKEN
Muzaffer Adak



TÜRK FİZİK VAKFI



İÇİNDEKİLER

<i>Bir Bilim Elçimizin, Asım Orhan Barut'un Ardından</i>	1
Fizik Dergisi	
<i>Temel Parçacık Nötrino</i>	21
Meltem Serin	
<i>Fiziksel Bilimlerin Metodolojisi ve Stratejisi.....</i>	24
Süleyman Bozdemir	
<i>Holografik Depolama Yüksek Bilgi Yoğunluğu Öngörmektedir.</i>	29
M. Zeki Kurt, Amirullah Mamedov, Kerim Kıymaç	
<i>Dünyanın Sonu Veya Mahşer Taşı</i>	35
Amirullah Mamedov, Metin Candemir	
<i>Gökyüzü ve Ötesi</i>	37
R. Ömür Akyüz	
<i>Evrensel Sabitler ve Geleceğin Fiziği.....</i>	39
Hanashı Gür	
<i>Kuantum Çağı Başlarken</i>	44
Muzaffer Adak	



Bir Plazma Küresinin İçinden Ayrıntı

FİZİK

DERGİSİ

bu sayıda

FİZİK DERGİSİ

Sahibi

Türk Fizik Vakfı adına
Şükran Nasuhoğlu

Editör

Hanaslı Gür

Danışma Kurulu

Zekeriya Aydın
Tekin Dereli
Nuran Özalp
Mehmet Tomak

Katkıda Bulunanlar

İlhami Buğdaycı
Mohaç Tekmen

Abone Koşulları

Yurt içi yıllık abone bedeli : 2.000.000 TL.
Yurt dışı yıllık abone bedeli: US\$15
Yurt içi abone bedelini Türk Fizik Vakfı'nın
525865 Nolu Posta çeki hesabına
yatarak dekontun bir kopyasını
dergi adresine yollamak yeterlidir.
Yurt dışı abone bedeli için Türk Fizik Vakfı
adına yazılmış kişisel çek yollanabilir.

Adres

Dr. Hanaslı Gür
Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi
Fizik Mühendisliği Bölümü,
06100 Tandoğan, Ankara

Fizik Dergisi

Türk Fizik Vakfı tarafından
çeyrek yılda bir yayınlanır.

Bu dergideki yazılar yazarlarının
sorumluluğunda olup, Türk Fizik Vakfı
Yönetim Kurulu'nu ve üyelerini bağlamaz.
Yayınlanan yazılar kaynak göstermek
koşuluyla yayınlanabilir.

Fizik Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, 2 ve 3,
Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu
Başkanlığının 21/1 1994 gün ve 611.7. YKD,
Bk. Sür. Yay. Şb. Md.311 sayılı karar ile
ortadoğretim öğrencilerine tavsiyesi
uygun bulunmuştur.

Teknik Hazırlık & Baskı

Nispetiye Reklamcılık Matbaacılık Hiz. Ltd. Şti.
Tel : (0.312) 149 35 45 - 419 35 59

Türk Fizik Vakfı'nın en önemli etkinliklerinden biri olduğuna inandığımız *Fizik Dergisi*'nin yayın yaşamı, yeni Editörü Dr. Hanaslı Gür ile sürüyor. Dergimizin Editörlüğü'nü, Eylül 1992'de çıkan ilk sayısından bu yana olağanüstü özveri ve özenle yerine getirmiş olan Prof. Dr. Tekin Dereli'nin görev anlayışını burada takdirle anarak, kendisini kutluyor ve sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz. Dergimizin yeni sayılarında da, yardımlarını esirgemeyeceğine ve Dergimizi güzel yazıları ile destekleyeceğine inanıyoruz.

1997 Yılı'nda Türk Fizik Vakfı Onur Üyeliği'ne seçilmiş bulunan Dr. Hanaslı Gür'ün de, bu kutsal Editörlük görevini, öncekine eşdeğer özveri ve özenle sürdürmeye gayret edeceğinden eminiz; kendisini de kutluyor ve görevinde başarılar diliyoruz.

Dergimiz, bilim insanlarımızın, öğretmenlerimizin ve öğrencilerimizin katkıları ile günden güne gelişmektedir; kendilerine, takdirlerimizi ve teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Fizik Dergisi'nin 13. Sayısı, beş yıl kadar önce sonsuzluğa göçmüş olan, ünlü Türk Fizikçisi Profesör Asım Orhan Barut'un, kendi elyazısı ile hazırlanmış bulunduğu özyaşam öyküsü ile başlıyor. Onun gibi bilim adamlarının öyküleri, daima yolumuzu aydınlatacaktır.

Temel parçacıkların gizemli dünyasından nötrinoların tarihsel öyküsünün ve günümüzde süren umut verici nötrino salınımları deneylerinin anlatıldığı yazıyı, ODTÜ Fizik Bölümü öğretim üyelerinden Meltem Serin hazırlamıştır.

Niğde Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Süleyman Bozdemir'in kaleme aldığı ilginç yazıda, fiziksel bilimlerin metodolojisi ve stratejisi, fizik bilimi tarihinin ünlü dehalarının çalışmalarından ve düşünüş biçimlerinden seçilmiş örneklerle sunulmuştur.

Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyelerinden M. Zeki Kurt, Amirullah Mamedov ve Kerim Kıymaç'ın işledikleri teknik konuda, holografik depolamanın sağladığı yüksek bilgi yoğunluğu anlatılmıştır.

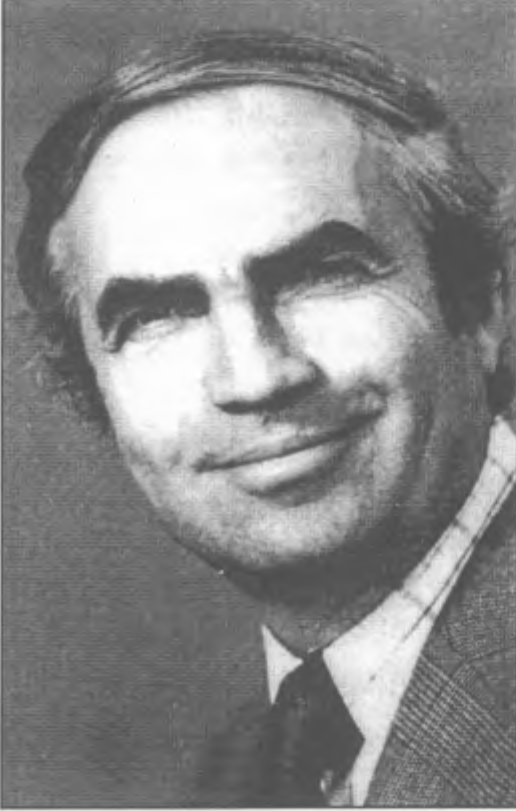
Üzerinde yaşadığımız Yer Yuvarlağı'nın uzayda karşı karşıya bulunduğu büyük tehlikelerin neler olduğunu ve bu tehlikelerden şans eseri ve kılpayı nasıl kurtulduğumuzu anlatan başka bir ilginç yazıyı da, yine Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyeleri Amirullah Mamedov ve Metin Candemir'in kalemlerinden okuyacağız. Yeryüzü üzerindeki raslantısal yaşamımız ne kadar değerli, değil mi? Acaba değerini yeterince bilebiliyor muyuz?

Doğayı merak etmemizin ve dünya görüşümüzün biçimlenmesinin temel bilimi olan astronominin dünü ve bugününün özetlendiği güzel bir yazıyı da, Boğaziçi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. R. Ömür Akyüz'ün kaleminden ilgiyle okuyacağız.

Dr. Hanaslı Gür tarafından çevirilerek sunulan felsefik bir yazıda, matematiğin doğal gerçeğe tam uygun olup olmadığı sırrını, fiziğin evrensel sabitleri ile ilişkilendiriyor. Acaba, matematik bilimi ve fiziğin evrensel sabitleri, insan bilgisinin evren üzerinde çizdiği ufuk çizgilerini mi belirlemeye yarıyor? Bu ufuk çizgileri nasıl genişliyor?

Dergimizin bu sayısının son yazısında ise, kuantum çağının zorlu başlangıç serüvenini, ODTÜ Fizik Bölümü Doktora Öğrencilerinden Muzaffer Adak'ın çevirisinden okuyacağız.

Bir Bilim Elçimizin, Asım Orhan Barut'un, Ardından...



*Asım Orhan
Barut*

Asım Orhan Barut

Ülkemizin yetiştirdiği ve dünyaya salıverdiği ender değerlerimizden biri, uluslararası üne ve saygınlığa sahip teorik fizik profesörü Asım BARUT'un aramızdan ayrılışı, neredeyse beş yılını dolduruyor. Sürekli yurtdışında oturmasına karşın, başta Ankara, Boğaziçi, Karadeniz Teknik, Trakya ve Dicle Üniversiteleri olmak üzere, Türk üniversitelerine birçok fizikçi yetiştirmişti. Yetiştirdiği bu fizikçilerle de, son günlerine kadar birlikte çalışmayı sürdürmüştü...

Asım Orhan BARUT, 1926'da Malatya'da doğmuştur. İlkokulu, ortaokulu ve liseyi, 1933-43 yılları arasında Malatya'da okumuştur. 1944 Yılı'nda, İsviçre'ye Zurich Teknik Üniversitesi'ne lisans öğrenimi için gönderilmiştir. 1952'de deneysel fizik dalında doktorasını alıp, Amerika Birleşik Devletleri'ne geçmiştir. Chicago, Montreal, Syracuse ve California Üniversiteleri'nde birer ikişer yıl çalıştıktan sonra, 1962'de Colorado Üniversitesi Fizik Bölümü'ne profesör olarak girmiş ve ölümüne dek (4 Aralık 1994) bu üniversitede kalmıştır.

Asım BARUT'u, kendi yazısından tanımak belki de en iyisi. İşte sizlere, Karadeniz Teknik Üniversitesi tarafından kendisine 1982'de verilen "Onur Doktorası" münasebetiyle hazırlanan kitapçıktan, kendi elyazısı ile hazırladığı özgeçmişi:

" Yaşam Öyküm ,

Benim için tertip ettiğiniz bu onur toplantısı için sizlere candan teşekkür ederim. Hoş bir geleneğe göre biraz kendi hayatımdan ve tecrübelerimden bahsetmemi istediniz. Bu bana bir hayat üzerinde düşünmek ve yorimin nerede olduğunu tayin etmek fırsatını verdi. Max Weber' in "Ortsbestimmung der Gegenwart", yani halihazırdaki yerimiz dediği gibi. Ben başkalarının bu gibi hatıralarını daima büyük bir sevinçle dinledim ve okudum. Umut ederim ki bu söyleyeceklerim ve bir iki filozofik dipnotu sizlere, ve bilhassa gençlere, kendi hayatınıza bakmaya yardımcı olur ve canınızı sıkmaz.

En iyisi en baştan başlayalım. Malatya'da doğmuşum. Aslında doğumumun ne yıla ne de günü tam belli değil. Annem "yazın en sıcak gününde (Malatya şivesiyle

'tommuzun ortasında') doğdun" derdi. Daha sonra hevesli olup altı yaşında okula başlamak istediğimden yaşımı bir sene büyük göstermişler. Sözün kısası böylece bana 24 Haziran 1926 diye bir doğum tarihi verildi, astrologlara iyiden iyiyeye şaşırtmak için. Adımda doğduğum günlerde Malatya'dan geçen, zannediyorum Erzincanlı, Mustafa Asım isiminde bir alimin hatıra için verilmiş ki bundan bizde halkın hocalara, okumuşlara olan büyük saygının örneği olarak bahsediyorum. 'Orhan' da sonradan ilave edilmiş.

İlk okudda sınıfın en küçüğü idim, beni ilk sıraya oturtular ve bu hep böyle kaldı. Halân da genellikle ilk sırada otururum. Tarih, edebiyat ve tiyatro sevdiğim derslerdi. Beş yıllık ilköğretimim Sidika hanımdan Jaima büyük sevgi ve destekleme gördüm ve bu sevgi de karşılıklı idi.

Hepimiz bazı öğretmenlerimize ne kadar borçlu olduğumuzu biliyoruz. Bu gibi fırsatlarda bu borçlara minnettar olarak teşekkür etmek bize zevinc veriyor. Onlara "isimsiz asker" gibi bir anıt dikmeli.

Matematiğe olan merakım ancak orta okulun ikinci sınıfında cebir dersleriyle başladı. Kilisli Rifat Bey isminde bir matematik hocamız bize kısa bir zamanda cebirin oldukça güzel sırlarını öğretmişti. Ve o yaz ilk olarak da özel matematik dersleri vermeye başladım. Hatırlamamda iyi kaldıysa ders baxı elli kurustu. Hocalığım bu tarihten başladı diğebilirim ve sürekli devam etti; on üç yaşında idim. Malatya o zaman uzak bir doğu şehri olmasına rağmen lisede fıkalede kuvvetli öğretmenlerimiz vardı. Bazıları avrupada tahsilini yapmışlardı. Edebiyat öğretmenimiz tamınmış bir şairdi. Tarih öğretmenimizin basılmış kitapları vardı.

Lisenin on birinci ve son yili olan fen subesinde bazı matematik ve fizik derslerini hoca yerine hazırlardım. Bunların birinde Newton'un hareket denklemlerinin integrasyonunu yapmıştık. Hareket denklemlerine olan ilgi ve merakım bugüne kadar devam ediyor. Biliyorsunuz "dinamik sistemler" teorisi bugün bile fiziğin ve matematiğin en canlı kısımlarından birini teşkil etmektedir. O zamanlar teprvik için bir "iftihar listesi" vardı, bilmem şimdi hala var mı? Üç orta okul, üç lise altı sene iftihar listesinde olanlar için resimli bir kitap çıkmıştı ama kayboldu. Bugünkü Amerikan lisesine göre oldukça zor matematik problemleri çözerdik. "FGM" denilen Fransızca kalın bir bakaorya problemleri kitabı vardı. 1943 yazında Üniversite imtihanlarına hazırlanırken bu kitapdan epey problem çözmüştük.

Malatya gibi küçük bir taşra şehrinden İstanbul'a gelmek genç bir kafayı heyecan ve limitle dolduruyor. Altı ay sonra aynı hisleri İstanbul'dan Viyana ve İsviçre'ye gelince de yaşadım. Eylül'da İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilgiler Okulu ve Avrupa İmtihanlarına girerdim. Sevdiğim fizik ve matematik olmasına rağmen herkesin rağbet gösterdiği dal mühendislikti. Fen Fakültesine kimse gitmiyordu. Umarım bu değişmiştir veya değişir. Çünkü her yıl birçok gençler her yerde büyük tereddüt ve seçme kararında kendilerine sorarlar, "Sevdiğim bilim dalına mı gireyim, yoksa daha çok para kazanan mühendisliğe veya tıp'la mı?" Zannetiyorum ki para kazanmak, maddi zenginlik en sonda insanı tatmin edecek bir gaye olsun. Diğer taraftan da manevi amaçlar takip edebilmek için biraz da maddenin tatmin edilmiş olması zaruridir.

Teknik Üniversite o sene ayrı bir imtihanla bazılarımızı
doğrudan doğruya yatılı olarak ikinci sınıfa almıştı. Gü-
müşsuyunda böylece üç dört ay Avrupa imtihanlarının sonucunu
bekledik. 1944'ün ilk baharında bir akşam otuz kişilik bir
grup Sirkeci'den trenle İsviçreye hareket ettik. İkinci Cihan
harbi tam o zaman Britün şiddetiyle Balkanlara iniyordu
Amerikalılar Sicilyadan Balkanlardaki Alman tesislerini bom-
balıyorlardı. Almanlarda tam biz Macaristana girmeden
orasını resmen işgal etmişlerdi. Normal iki üç günlük tren
seyahati bir aydan fazla sürdü. Genç ve ümit dolu olma-
saydık, hep beraber olmasaydık, her şeyi şakaya alma-
saydık, bu yolculuğu tamamlayamazdık. Ne ise bu ayrı
bir hikaye.

İsviçre'de bir enstitüde üç dört ay Almanca
öğrendikten sonra 1944'ün sonbaharında Zürihte ünlü
ETH'da ("Eidgenössische Technische Hochschule")

derslere başladık. Ben lisede fransızca öğrenmiştim ;
almanca başta fonetik ve kolay geldi , fakat biraz sonra
gramerin inceliklerini anlamak epey çalışma istedi Benim
için lisan öğrenmede en iyi metod boyuna okuma idi , ve
elime geçen her şeyi okuyordum , roman , şiir , gazete .

ETH 'da biz Türkler teorik derslerde genellikle başa-
rılı olurduk ama teknik ve tatbiki derslerde güçlük
çekerdik . İsviçreliler teknik resim çizmekte , laboratuvar
deneylerinde , makine konstruksiyonunda bizden pek çok
tecrübeliydi . Bu da muhakkak daha teknik bir
ortamda yetiştiklerinden ve daha teknik liselerden
geldiklerinden dolayı idi . O zaman Malatya gibi liselerde
laboratuvar deneyleri hemen hemen yok gibi bir şeydi .
Bu arada şunu da söyleyeyim . Ne yazık ki okulda iyi
bir bioloji ve musiki öğrenimi yapamadım ve bu eksikliği
daima hissetdim . Bu da lise yaşlarında elde edilem veya

edilemeyen bilgilerin ne kadar önemli olduğunu gösteriyor.

Zürich'te Plancherel, Hopf, Stiefel, Eckmann, Pfluger, Saxer, Gonseth, Pauli, Scherrer, Wentzel, Busch, Ackeret, Ziegler

gibi fizik ve matematik hocaları vardı. Bunların ne kadar

kıymetli ve meşhur bilim adamları olduklarını daha çok sonra

anladık. Yalnız Nobel ödüllü Pauli'nin şöhratını o zaman

bilirdik. Her sahada ders dinlemek merakımdı. Ne kadar

fizik, matematik, mühendislik, kimya, edebiyat, sanat ve bilhassa

lisan dersleri alabildimse aldım. Şimdi bile toplantılarda

genellikle bütün konuşmaları dinler, konferanslara kaçırmam.

ETH'da bize "iyi bir temel öğrenim edinin, sonra hayatta

önünüze ne sahada problem çıkarsa çıkssun, çözersiniz" derlerdi.

İyi bir temel bilgiyle ve çalışma tarzını, bilimsel düşüncüyü

kapsayan, kanaatimca, her türlü problemi başta inceler, sonra

bilmediklerini öğrenir ve sonra bir çözüm yoluna varır.

1948 sonunda deneysel diploma çalışmasını bitirdikten

Sonra tabiki Fizik enstitüsünde asistan olarak doktora çalışmasına başladım. Burada bana aşağı yukarı beş sene boyunca büyük sabırla ve bir ağabey gibi yol gösteren, her türlü yardımı esirgemeyen kıymetli arkadaşım Enis Baş oldu. Enis, Berlin'den harbin sonuna doğru Zürih'e gelmişti ve Fischer' in enstitüsünde kendi kendine bir laboratuvar kurmuştu. Ben de aslında Enis'in laboratuvarında çalışıyordum. Yüksek derece boşluk (vacuum) elde etmek ve boşluğun deliklerini bulmak sırlarını ondan öğrendim. Birçok tecrübeler yaptık: elektron emisyonu, ikinci elektronlar, elektron optiği, multipliers, parçacık sayılması, yüzey (surface) fiziği, katodlar, vesaire, vesaire. Bu deneyler epey zaman alıyordu. Bu devrede fiziğün asline tamamen kavramak için teorinin iyiden iyiye içine girmenin lüzumuna kani oldum. Bir bakımdan tam genç yaşta, nasıl olsa teorik fiziğe eninde sonunda geçeceğime göre, beş sene denek fizikte zaman kaybettim denilebilir. Fakat belli de

Bu çalışmalar bana ilerde faydale olacak bir fiziki his,
bir entuisyon verdi ki bundan sonra daima formal axiomatik
fizikten biraz kasındım. Bugün bile fizikte formal sistemlere
yüzde yüz güvenmemin, onlara daima bağlı kalmanın doğru ol-
duğuna inanmıyorum. Matematikte de biraz başka. Zaten
daima kafam filozofik soru sorma şekline daha çok yatıyordu.
Gonseth'in haftada bir akşam yaptığı filozoflar toplantısına
giderdim. O zaman O, "Dialectica" mecmuasını çıkarıyordu.
Fakat burada da pek uzun falavralı konuşmalara pek sabrım
yetişmiyordu. Gençliğin heyecanıyla kendikendime, evvela
fiziği öğreneyim, sonra filozofiyeye dönerim, sonra da hayat
problemlerini, yani iyi nedir, kötü nedir, nasıl yaşamak,
ele alırım diyardım. Fakat şimdi biliyoruz, fiziği bitirmek
diye bir şey yok. İlim ve öğrenme yalnız bitmediği gibi
üstelik büyüyor bile.

• Hayatda bir değişme zamanıydı ve 1953 sonbaharında bir Rockefeller bursu kazanarak Chicago Üniversitesi matematik fakültesine gittim ve bir sene saf matematik ve fizik öğrendim. Deneysel fizikten matematiğe ve nihayet ikisinin ortası teorik fiziğe geçiş!

Enrico Fermi Chicago'da 1953-54 yılında Kuantum Mekaniği dersini veriyordu. Ne yazık ki bu onun son dersi oldu. Diyebilirimki bu teoriyi o zaman ilk olarak biraz anlamaya başladım. Fikrimce tam olarak kuantum teorisini bugün bile kimse anlamıyor. Anladıklarımı zannedenler Bergen Davis' in sözüyle "hep bir araya gelip aynı şeyi tekrar ediyorlar" Son yıllardaki çalışmalarım bazılarını beni tekrar kuantum teorisinin tam başına götürüyor. Zannımca, Planck sabiti (\hbar) yı (yahu $\alpha = 1/137$) hesap etmeden kuantum teorisini tam anlayamayacağız. Fizik'de ve diğer alanlarda şüpheler arttıkça en iyisi olayların

kaynağına dönmek ve yeniden başlamak! Fermi farklı bir hoca idi. El yazısı ile yazdığı notları dağıtmıştı. Bu notlar şimdi küçük bir kitap olarak basıldı; bende orijinali var. Her işlem diğerinden kesin ve aşık olarak akuyordu. Pauli aksine Züriç'te hazırlanmadan ders veriyordu ve konuyu daha evvelde bilmeyenler için bu dersler zordu. İki büyük fiziki hoca olarak ne kadar farklı olurlar! Fermi'den sonra tanıdığım ve bana fiziki düşünme tarzı ile ilerde (1965-) en fazla etki yapan fiziki Heisenberg olmuştu.

Her mevzuya olan doyulmayan merakım ve uzun süre deneysel çalışmalarından dolayı hakiki teorik araştırmaya epay geç başladım, otuz yaşlarına doğru. Demilikki fiziki ve matematikçiler en iyi çalışmalarını otuzundan evvel yaparlar. Fakat bu ümidimi fazla kermade. Bu söyleme belki belli bir problemi çözmek

veya gs bir teoremi isbat etmek gibi slisimlerde değer.
Diğer taraftan yeni bir yol açmak, daylara birerch bam-
lasa bir yönden bakmak, bazan biraz daha tecrübe, ol-
gunluk ve geniş bir ufuk ister. He-ne ise otuzun çok yka-
resında da önemli buluşlar yapantarm misalleri var. Yae
ykare olanların cesareti kırılsın.

. Buraya kada- açığı ykare öğrenim yıllarında
ahsettim. Bundan sonra da retim ve araştırma yılları
aılıyor. Bilim dalına seçenler için öğrenme tabii bitmi-
yor. Fakat öğrenirken bu arada insanlıu kolektif ilim
yapısına bir iki ta koymak bahtiyarlıını arıyoruz.

İlk retim yeliimi Pasifik sahilinde Oregon
eyaletindeki Reed College'da yaptım. Bu kck frhalede
bir shreti olan zek bir oku. Dokuz ayda son sınıf
talebelerine hemen hemen lutm teorik fiziği kaplayan,
mekanikten genel relativiteye kada-, bir ders vermiştim.

Hem ben hevesliydim, hemde onlar. Ondan bu yana bu gibi bir öğretim deneyini hiç bir yerde yapamadım. Ders yılı sonu talebeler bana Eddington'un "Fundamental Theory" kitabını hediye ettiler. Buda dersin amacıydı. Bu kitabı bir kaç kere okumaya niyet ettim ama hala anlayamıyorum. Zannedersem başka tam anlayan da yok. Reed'den sonra yazı Stamford'da geçirip bir sene Montréal Üniversitesinde kaldıktan sonra Syracuse Üniversitesine gittim.

Bu devrede ilk orijinal yeni yönlü teorik araştırma tecrübem probabilitate teorisinin yeni bir şekli olmuştur. Üzerinde epey düşünmeme rağmen bu yazıyı bastırmadım. Hala duruyor. Belli bir gün bu düşünceye dönerim.

1950'lerin son senelerine doğru temel parçacıklar ve yüksek enerji fiziğinde yeni hamleler başladı, hem teorik hem de deneysel olarak. Statistik mekanik

ve kuantum teorisinde ki bazı çalışmalardan sonra o zaman büyük kuvvetimi bu yöne çevirmeye karar verdim. Yeni bulunan temel parçacıkların bulunduğum bir "oktet" simetrisi bana pek önemli geldi. Üç yıl sonra bu simetrisinin Gell-Mann ve Ne'eman'ın $SU(3)$ -simetrisiyle aynı olduğu meydana çıktı. Bu arada zayıf etkilerdeki (V-A)-teorisini veren "strong Reflection Principle for each Fermion" diye bir yazım Physical Review Letters mecmuasından reddedildi. Doğru olmasına rağmen tecrübenizlikten takip etmedim. Yazısı reddedilen gençlerin cesaretleri kırılmasın. Genellikle genel akım ("mainstream") dışında çalışmalar için yazıların kabul edilmemesi seyrek değil, ve "zamanından önce" olan düşünceler hemen dikkate çekmez, zaman ister. Bazıları bir müddet sonra yeniden bulunur ve o zaman daha çok dikkate çekerek. En acısı reddedilen bir fikrin bir zaman

sonra başka biri tarafından bulunması ve yayınlanması.

Hayatında en iyi çalışma, danışma ve tartışma atmosferini Berkeley'ün Lawrence Radiation Laboratuvar'ında buldum. 1961-62 de orada idim. Geoffrey Chew'un haftada bir öğle semineri vardı. Herkes hazırlanır gelirdi ve orada ortaya çıkan problemleri gelecek haftaya kadar çözmeğe çalışırdık. Araştırma merkezlerinin diğer organizasyonlar gibi aktif ve pasif, büyüme ve çöküşüne devirleri oluyor. Fikrimce böyle merkezlerin üniversite içinde ve üniversiteye bağlı olması daha iyi. Çünkü bu durumda talebe ile temasta kendini sürekli yenileyebilirler. Organizasyonlar ve ortamların günlük işleme prensipleri yanında daima kendini yenileyecek bir mekanizmaya da kurmaları da lazım; statik teşekküller uzun dayanmazlar.

Sonra araştırmanın Üniversitelerde daima öğretilen sağlam temel kaynaklara bağlanması, derin sonuçların hiç bir zaman gözden kaçırmaması lazım. John von Neumann'ın dediği gibi, kaynaklardan uzak matematik ve fizik, kaynaklarından uzak, parçalanmış küçük daneler gibi, nihayet kururlar. Bulduğum CERN ve TRIESTE gibi teorik fizik araştırma merkezleri şöde iyi başladılar, fakat bence saydığım şartlara henüz tam yerine getiremediler.

Son yirmi yıl içinde yaptıklarımı uzun uzun anlatmayayım. Yalnız kendi bilim hayatım için en önemli gördüğüm yolu söyleyeyim. Bu da tabiatın, maddenin basit fakat bütün olayları içine alan bir modelini bulmak. Bu da dışarı bir doğanın varlığını kabul etmek ve onun gayet az, derin, kaçınılmaz kanunlarla geliştiğine inanmak demektir.

Birçok modern fizikçiler bu felsefeyi ortadan kaldırmak istiyorlar, yalnız doğada gördüğümüz kuralları, oranları tasvir edelim, yeter diyorlar. Bence bu kâfi değil ve zannınca parçacık fiziğinin son senelerdeki kendine has lisansı ile serbest genişlemesi, gelenek fizikten ayrılması ve tavus kuşu gibi renklenmesi bu felsefeden gelmekte. Ne ise son beş ~~on~~ altı yıldır, maddenin basit kaynaklara dayanan bir elektromanyetik modeli ile uğraştım. Model yapmak hipotez yapmak demektir ve hipotez yapmak pozitif bir faaliyettir, çünkü hakikati bulmaya yardım eder. Manyetik kuvvetlerin küçük mesafedeki büyük rolleri, fizik tarihinin garip bir hadisesi olarak, üzerinden geçirilmiş önemli bir doğa kuvveti olduğu ortaya çıktı. Bugün öyle görünüyor ki çekirdek kuvvetleri, radyoaktif bozulma gibi zayıf etkiler, elektromanyetik kuvvetlerin

kısa mesafede kendini gösterdiği başka bir şekil. Bu
okadar basit ve konservatif bir düşünce ki, daha
geniş sistemlere alısmış fizikçiler için inandırılmaz görünüyor.

Teorik fizik bence sırat köprüsü gibi. Maxwell'in
sözüyle teorik fizikçilerin ya kendilerini ortaya çıkarı
matematik problemlerin inceliklerinde kaybetmeleri, ya da
hoşlarına giden fenomenolojide ısrar etmeleri çok kolay.
İkisinin ortasını bulmak, basit fakat aşikar ol-
mayan, elle kolay kolay tutulamayan mefhumlara,
bağlantıları görmek zor. Doğa böyle prensiplerle
çalışıyor. Pek küçükken geceleri sırat köprüsü ü-
zerinde düşünür, korkudan titrerdim.

Trabzon, Ağustos 1982

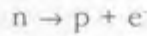
Asım Orhan Bozant

Temel Parçacık Nötrino

Meltem SERİN

Nötrino denilen gizemli parçacığın varlığının ilk defa farkına varılması 65 yıl öncesine dayanmaktadır. Gizemli dememizin nedeni, yüksüz olduğu ve nadiren etkileştiği için kolayca algılanamayan bu parçacığın, varlığının anlaşılmasından ancak yıllar sonra deneysel olarak gözlenebilmesi ve bugün bile hâlâ bazı sırlarını korumasıdır.

Fizik dünyasında gözlenen ilk zayıf etkileşim, nötronun bir elektron çıkararak protona bozunması olmuştur:



Beta bozumu diye bilinen bu etkileşimde ilginç olan nokta enerji ve momentumun korunmamasıydı. Bu durumu açıklamak için ilk öneri, 1930 yılında bir İtalyan fizikçisi olan Pauli'den geldi; enerji ve momentumun korunabilmesi için, bu bozunumdan çok hafif ve yüksüz, bu yüzden de algılanamayan bir parçacığın daha çıktığı fikrini ortaya attı. Bu parçacığa daha sonra gene bir İtalyan fizikçisi olan Fermi tarafından, İtalyanca'da "küçük yüksüz şey" anlamına gelen nötrino adı verildi. O günlerde nötron, proton ve elektron bilinen yegâne temel parçacıklardı. Bu yüzden yeni bir parçacık fikrinin ortaya atılması bilim dünyasında bir çeşit devrim yarattı. Ancak nötrino'nun varlığının deneysel olarak ispatlanması yıllar aldı. 1954'de, varlığının ortaya atılmasından 25 yıl sonra Reines ve Cowan tarafından Savañ nah River'daki reaktörde yapılan bir deneyde ilk defa nötrinoparçacığı gözlemlendi(1995 NobelÖdülü).

Daha sonraki yıllarda nötrinonun özelliklerini tanımak için çeşitli deneyler yapıldı, iç açıl momentumu belirlendi. 1962'de dünyanın en önemli

yüksek enerji laboratuvarları olan CERN ve Brookhaven'da, hemen hemen aynı zamanlarda ilkinden farklı bir tip nötrino keşfedildi (1988 Nobel Ödülü). Bu yeni tip nötrino başka bir tip bozunumdan elde edilmiş ve bu kez de elektron yerine müon eşliğinde ortaya çıkmıştı. Böylece yüklü leptonlar ile nötronlar arasında sıkı bir bağ olduğu düşünölmeye başlandı. Elektron eşliğinde çıkan ilk tip nötrinoya elektron nötrinosu adı verilirken, müon eşliğinde ortaya çıkan bu ikinci tip nötrinoya da müon nötrinosu dendi. 1975'te SLAC'te tao leptonun keşfedilmesinden sonra bu yeni yüklü leptonla ilişkili olarak üçüncü bir tip nötrinonun var olduğu düşüncesi doğdu.

Böylece temel parçacıklar tablosunda her bir yüklü leptona (elektron, müon, tao) karşı gelen birer tane de yüksüz nötrino yer almış oldu. Bununla birlikte, tao nötrinosu adı verilen bu son tip nötrino henüz deneysel olarak gözlenebilmiş değildir; halen, bu konuda çeşitli deneyler yapılmaktadır.

KÜTLELİ NÖTRİNOLAR

Günümüzde geçerli olan, temel parçacıklar ve onların etkileşimlerini anlatan Standard Modelde nötrinolar kütsüz olarak kabul edilmektedir. Fakat insanoğlunun sınırsız merakı bu modelin ötesinde yeni modeller aramakta, çözümleri yeni baştan sorgulamaktadır. Bu yeni arayışlarda nötrinonun küçük de olsa bir miktar kütsesinin olduğu varsayılmaktadır.

Nötrinonun kütsesi olduğuna dair varsayımların ortaya çıkmasında rol oynayan nedenlerden biri kozmolojiye dayanır. Yaklaşık 15 milyar yıl

önce büyük bir patlama ile başladığı varsayılan evren o zamandan beri sürekli bir genişleme içerisinde. Geceleri gökyüzüne baktığımızda gördüğümüz yıldızlar hâlâ sürekli olarak birbirinden uzaklaşmaktadır. Peki bu genişleme nereye, ne zamana kadar devam edecek? Bu sorunun cevabı temel bir prensibe dayanmaktadır. Bu genişlemeyi dengeleyecek yegâne kuvvet kütleçekimidir. Kütleçekimini oluşturan da madde olduğuna göre, bu noktada, evreni oluşturan madde miktarı büyük önem taşımaktadır. Yapılan hesaplara göre, evrenin yoğunluğu eğer çok büyükse bir nokta etrafında büzülerek çökme yapacaktır. Yok eğer madde yoğunluğu çok küçükse o zaman da evren sonsuza kadar genişleyecektir. Ama, bu uç değerler arasında öyle bir ara değer vardır ki, eğer evrendeki madde miktarı o kadarsa, evren bir noktada dengede kalacak, ne büzülüp çökme, ne de sonsuza kadar genişleme olacaktır.

Günümüz bilim adamları yıldız ve galaksileri gözleyerek evrenin yoğunluğunu ölçmeye çalışıyorlar. Astrofizikçilerin görsel gözlemlerine dayanarak yaptıkları hesaplamalar sonucunda, gözlenebilen madde miktarının evreni dengede tutmaya yetmeyeceği ortaya çıkmıştır. Öte yandan boşlukta yaydığı enerji dalgalarının ölçümlerine dayanarak, evrende gözlemlenemeyen bir miktar madde daha olduğu düşünülmektedir. Görsel olarak gözlenemediği için bu madde kara madde olarak adlandırılmaktadır. İşte bizim görünmez parçacık, nötrinoların rolü burada başlıyor. Büyük patlamada oluşan bu parçacıkların bir kısmı madde oluşumu sırasında etkileşimlerde yer alırken geriye kalanları da evrende serbestçe dolaşmaktadır. Buna ilaveten, güneş, yıldız ve süpernova gibi kaynaklardan da sürekli nötrinolar gelmekte, çok çok küçük olsa da bir miktar kütle varsa, evrende çok sayıda oldukları için evren yoğunluğuna büyük katkıları olacaktır.

Kara maddenin tüm kütlelerinin sadece nötrinolarından kaynaklanmasının bazı nedenlerden dolayı başka problemler yaratacağı gerçeğine rağmen, kütleli nötrino evrendeki eksik madde miktarına katkıda bulunabilmesi açısından cazip bir adaydır. Öte yandan nötrinoların kütleli olması günümüz-

de geçerli olan temel parçacık modelini de değiştirecek, Büyük Birleşim Teorisinde çok önemli bir rol oynayacaktır. Böylece nötrinonun kütlelerinin ölçülmesi hem evrenin geleceği hem de temel parçacıkları anlamak açısından önem taşımaktadır.

NÖTRINO KÜTLESİNİN DOĞRUDAN ÖLÇÜLMESİ

Elektron nötrinosunun kütlelerinin doğrudan ölçülmesi için trityum bozunumuna, müon nötrinosu için de pion bozunumuna bakarak, bu kütleler için ancak birtakım sınır değerler bulunmuştur. Ölçümlere göre, elektron nötrinosunun kütleleri, eğer varsa, $4.5eV$ 'nin altında olmalıdır. Müon nötrinosu için ise bu sınır $160 keV$ olarak bulunmuştur. Tao leptonun bozunumu için yapılan hesaplar tao nötrinosu için $24 MeV$ 'lik bir üst sınır öngörmekteyse de, bu tip nötrino henüz doğrudan algılanamamıştır.

NÖTRINO SALINIMLARI

Nötrinoların kütleli olmaları durumunda bir başka ilginç sonuçla karşı karşıya kalabiliriz. Bilindiği gibi üç tip nötrino vardır. Eğer bu parçacıkların kütleleri varsa, bir tip nötrinonun diğer bir tip nötrinoya dönüşmesinin mümkün olduğu ilk defa 1957'de, İtalyan Fizikçi Pontecorvo tarafından ortaya atıldı. Bu dönüşüme nötrino salınımı adını vermekteyiz. Deneysel olarak nötrinonun kütleli olup olmadığını ispatlamak için bu mantığı tersinden de düşünebiliriz. Eğer bir nötrino salınımı gözlemleyebilirsek, bu gözlem nötrinoların kütleleri olduğuna dair önemli bir gösterge olacak ve dolaylı olarak nötrinonun kütlelerinin ölçülmesini sağlayacaktır. Günümüzde bu salınımları gözlemlemek için çeşitli tipte deneyler yapılmaktadır.

Uzun yıllar nötrino salınımları için önemli bir ipucunun güneşten gelen nötrinolara dayandığı düşünüldü. Güneş doğal bir nötrino kaynağıdır. Güneşteki reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan elektron tipi nötrinolardan dünyamıza ulaşması beklenen miktar standard güneş sistemi modeline göre teorik olarak hesaplanmaktadır. Gelen nötrino sayısı çeşitli deneylerde yıllarca veri toplanarak ölçülmeye çalışıldı ve yaklaşık 20 yıllık bir süre bo-

yunca, deneysel olarak ölçülen miktar hep beklenenin çok altında bulundu. Bu farkın, gelen elektron tipi nötrinoların bir kısmının başka tip nötrinolarına dönüşmesinin bir göstergesi olabileceği düşünüldü. Fakat son yıllarda yeni deneyler, hesaplarda ve ölçüm hatalarında yapılan yeni kontroller, modelde yapılan bazı değişiklikler sonucu eskisi ile çelişen sonuçlar elde edildi. Teori ve deneylerde bu kadar çok bilinmeyen varken, güneşten gelen nötrinoları artık salınım (osilasyon) için bir ipucu olarak görmek oldukça zor.

Öte yandan atmosfere giren kozmik ışınlardan gelen müon ve elektron nötrinolarının oranını yeraltı detektörlerinde ölçmek mümkündür. Bu oran beklenenden oldukça farklı çıkmaktadır. Bu fark bir tip nötrinonun diğerine dönüşmesiyle açıklanabilirse de, teorideki ve deneydeki hatâ payları düşünüldüğünde bu sonuçlar sadece ölçümlere yeni bir limit getirebilir, salınımı gösteren bir ipucu olarak kabul edilemez.

Nötrino salınımları reaktörler ve parçacık hızlandırıcılarında da geniş çapta araştırılmaktadır. Hızlandırıcılarda yapılan deneylerin temel yönü kabaca şöyle ifade edilebilir: Büyük hızlandırıcılarda tek bir tip nötrino huzmesi elde edilir. Hedef madde bu nötrino huzmesine mâruz bırakılır. Oluşan etkileşim sonucunda ortaya çıkan yeni parçacıklar algılanmaya çalışılır.

Elbette, gelen nötrinolar yüksüz olduğu için algılayıcılarda algılanamazlar, aynı şekilde, etkileşim sonucu ortaya çıkan yüksüz parçacıklar

da algılayıcılar tarafından belirlenemeyecektir. Ancak, çıkan yüklü parçacıkların ölçümlerine dayanarak yapılan kinematik hesaplamalar sonucu, çıkan yüksüz parçacıkların momentumu ve enerjisi belirlenir. Böylece etkileşim sonucunda çıkan parçacıklara dayanarak algılayıcıya gelen nötrino miktarı hesaplanır, hedefe yollanan miktar ile karşılaştırılarak ne kadarlık bir eksilme olduğu hesaplanır. Gelen bir tip nötrinodaki bu eksilme, bir kısım nötrinonun kaynaktan çıkıp hedefe varması esnasında diğer bir tip nötrinoya dönüşmesi ile açıklanabileceğinden bu bilgi önemlidir.

Öte yandan eğer bu salınım gerçekleşmiş olsa idi, oluşan diğer tipteki nötrinoların hedef madde içinde ne tip etkileşimlere gireceği ve ne tip parçacıklar çıkaracağı göz önüne alınıp, bu etkileşimlerin hesaplanması için çeşitli modellemeler yapılır ve deneyde bu tip nötrinonun yapabileceği bir etkileşim gözlemlenecek olursa bu, nötrino salınıminin gerçekleştiğini gösteren bir ipucu olacaktır.

Şu sıralarda, CERN'de devam etmekte olan iki deney, Nomad ve Chorus, tao nötrinonunun varlığını ispatlamayı ümit etmektedir. Bu deneyler müon nötrinonunun tao nötrinonuna salınımlarını araştırarak aynı zamanda nötrinoların kütesinin dolaylı olarak ölçülmesini amaçlamıştır.

Eğer bu amaç gerçekleşirse bilim adamları yeni bir fiziğin varlığı ile karşı karşıya kalacaklardır.

Fiziksel Bilimlerin Metodolojisi ve Stratejisi

Süleyman BOZDEMİR

Doğa yasalarını daha iyi anlamak için bir bilimci nasıl çalışır? Bu sorunun yanıtını vermek için geçmişte onların nasıl bir çalışma yöntemi izleyerek bilimi bugünkü düzeyine getirdiklerine bir bakmak yeter. Bu büyük bilimcilerin çalışma yöntemlerinden öğreneceğimiz çok şeyler bulunabilir. Onların deneyimlerinden yararlanabiliriz. Zira, geçmişte bilim adamlarının ilgilendiği problemlerle bugün çözmeye çalıştığımız problemler arasında birçok ortak nokta bulunmaktadır.

Fiziksel bilimlerde çalışan kuramcı bilim adamlarının izledikleri yöntemleri ikiye ayırmak mümkündür:

1- Deneysel yöntem,

2- Matematiksel yöntem.

Deneysel yöntemi benimseyen kuramcı bilim adamları çalışmalarında deneysel verilerden yararlanırlar. Onun için, sürekli deneyicilerle yakın temasta bulunurlar, onların elde ettiği sonuçları sürekli izlerler. İlginç buldukları sonuçları geniş kapsamlı bir analize ve tatmin edici bir değerlendirmeye tabi tutarlar.

Matematiği kullanarak kuramsal çalışma yapan bir bilim adamı, öncelikle mevcut teorileri inceleyerek eleştirisini yapar. Kusurlarını ve yetersizliklerini ortaya koymaya çalışır. Bu kuramları kusurlarından arındırarak kapsamını genişletmeye çalışır veya geliştirme olanaklarını araştırır. Burada önemli bir husus, bunları yaparken, teorinin büyük başarılarını yok etmeden düzeltilmesine özen göstermektir.

Var olan bu iki yöntem arasında kesin bir ayırım yapmak bilim adamları açısından zordur. Bu

yöntemleri ayrı ayrı kullananlar olduğu gibi, her ikisini de kullanan, bu yöntemlerden çalışmalarında yararlananlar bulunmaktadır. Başka bir deyişle, bu iki ana yöntem arasında, diğer yöntemlerin bir derecelendirilmesi yapılabilir. Benimsenecek yöntem, çalışılacak konuya sıkı sıkıya bağlıdır. Hakkında çok az şey bilinen bir konuda, insanın bir çıkış yolu bulabilmesi için deneylere dayalı bir yöntemi benimsemesi daha uygun olur. Yeni bir konuda çalışmak isteyen birisinin yapacağı ilk iş, bu konuda deneysel fizikçilerin yayınladığı tüm verileri toplayıp bir sınıflandırma yapmak olmalıdır.

Örneğin, geçen yüzyılda kimyada periyodik cetveller ile ilgili bilgimizin nasıl geliştiğine bir bakalım. Önce deneysel veriler toplandı ve düzenlendi. Sistem yavaş yavaş yapılandıkça ona duyulan güven de sürekli bir biçimde arttı. En sonunda periyodik cetvel aşağı - yukarı tamamlandığı zaman, arada kalan boşluklardan yararlanarak o güne kadar bilinmeyen diğer elementler ortaya çıkarıldı. Bu yoldan varlıkları kestirilen bütün elementler daha sonra doğada teker teker bulundu.

Son zamanlarda benzer bir durumla yüksek enerji fiziğinde de karşılaşıldı. Gözlenen tüm temel parçacıkların periyodik cetvele benzer bir sistemi yapıldı. Aralarındaki boş kalan yerlerde bulunması gereken parçacığın tüm özellikleri önceden kestirildi ve sonra doğada var mı yok mu diye araştırılması yapıldı. Bunların büyük bir çoğunluğunu zamanla laboratuvarında gözlemek mümkün oldu.

Bilimin çok az bilinen bir bölgesinde çalışan bir bilim adamı, yanlış olabileceğini bile bile aşırı

spekülasyon yapmak istemiyorsa, gözünü deneysel çalışmaların sonuçlarından ayırmamalıdır. Ama bu spekülasyon yapılmasının anlamına gelmez. Bazen bir konuda yapılan bir spekülasyonun sonucu yanlış bile olsa, dolaylı olarak yararlı ve eğlenceli de olabilir. Bu türden görüşler bilim adamları arasında uç fikirler olarak nitelendirilir. Aslında yeni, ilginç fikirler olarak görüp onlara zihnimizi açık tutmalıyız. Özetle, spekülasyona tamamen karşı olmamalıyız, ana, ona fazla önem de vermemeliyiz.

Spekülasyonun çok fazla yapıldığı bir çalışma alanı da kozmoloji'dir. Devam etmek için elde çok az sağlam gerçekler olmasına rağmen, kuramcılar bazı varsayımlara dayanarak evren için değişik modeller kurmaya çalıştılar. Bu modellerin dayandığı temel unsurlardan biri doğa yasalarının evrenin başından beri hep aynı olduğudur. Bu bir varsayımdır, kanıtı elimizde yoktur. Bu nedenle bu modeller muhtemel ki yanlış da olabilir. Doğa yasalarının özellikle doğanın temel sabitlerinin kozmolojik zaman içinde değişmediğini nasıl bilebiliriz. Böyle değişmelerin olabileceği düşüncesi şüphesiz modelcileri çok rahatsız etmektedir.

Bir konuda artan bilgi ile bir çalışma zeminine sahip olan insan, matematiksel yöntemlerin üzerine doğru daha fazla gidebilir. Matematiksel güzelliği elde etme arzusu insanın sahip olduğu bir motivasyondur. Kuramcı bilim adamları, ortaya koydukları kuramların matematik formülasyonunun bir matematiksel güzelliğe sahip olmasına önem verirler ve buna olan gereksinimi kurama duyulan bir güven unsuru olarak kabul ederler. Aslında her kuramın betimlenmesinin matematiksel bir güzellikte olmasını zorlayan bir neden yoktur, fakat geçmişteki deneyimler onun çok faydalı bir şey olduğunu kanıtlamış bulunmaktadır.

Örneğin, görelilik kuramının öyle evrensel olarak benimsenmesindeki neden onun sadece deneysel verilerle uyumlu olması değil, sahip olduğu matematiksel güzelliğidir. Doğa yasalarında matematiksel güzellik fikri, fiziksel dünyanın matematik vasıtasıyla betimlenebileceği gerçeğine dayanır. Bu konuda ünlü düşünür Jean's Maxim diyor ki, "Evrenin büyük mimarı şimdi saf bir matematikçi olarak görünmeye başladı". Matematiksel güzellik fikri insanın sahip olduğu yüce duygulardan biridir.

YÖNTEMİN BAŞARISI

Bir kuramcının bilimsel çalışmalarında izleyebileceği üç ana yöntem vardır:

1. Tutarsızlıkları gidermek,

2. Önceden ayrı olan kurumları birleştirmek,

3. Deneysel verileri kullanarak fenomenolojik kuramlar yapmak. Bir başka deyişle, gözlemleri betimleyen matematiksel formülasyonlar türetmek ve bu formülasyonları veren fiziksel modeller geliştirmek.

Birinci yöntemin başarılı sonuçlar verdiği birçok örneği biliyoruz. Maxwell'in yaşadığı dönemde Elektromagnetik Teori'nin temel denklemleri arasında bir tutarsızlık vardı. Bu tutarsızlığı görmek ve onları düzelterek tutarlı bir sistem haline sokmak için, Faraday'ın ve diğerlerinin gözlemlerini sentezleyecek olan Maxwell'in üstün dehasına gerek vardı. Yapılan düzeltme, o zamanlarda bilinmeyen, fakat ardından deneysel olarak tüm ayrıntılarıyla doğrulanan yeni fiziksel olaylar içermektedir. 1865'deki Maxwell'in bu göz alıcı katkısı, yer değiştirme akımını Ampère yasasının içine yerleştirmekten ibaretti. Ampère yasasına yapılan bu gerekli ekleme, elektromagnetik dalgalar kavramının doğmasına neden oldu ve böylece ışığın da bir elektromagnetik dalga olduğu kanıtlandı. Klasik fizikteki bu gelişmeler, 19. yy. Sanayi Devriminin doğmasına neden oldu. İngilizler de bu sayede üzerinde güneş batmayan bir dünya imparatorluğu kurdular.

19. yy. sonlarında siyah cismin ısıma ve soğurma spektrumu eğrilerine uyan eğriler elde edilebilmek için bilinen, elektromagnetik ve istatistik teorileri kullanılarak birçok model geliştirildi. Fakat bunların hiçbirinden siyah cismin deneysel ısıma eğrisine uyan bir eğri elde edilemedi. Bu kuramdaki tutarsızlığın nereden kaynaklandığını araştıran Max Planck, doğru sonucun ancak ışığın enerjisinin sürekli değil, kuantumlu olduğu varsayımı yapıldığında elde edilebileceğini gördü. Yani, Max Planck kaderin zoruyla istemeyerek ışığın dalga niteliklerinden ödün vererek siyah cisim ışımasını açıklayabilmiştir. Böylece içinde yaşadığımız yüzyılın fiziği Kuantum Fiziği'nin doğmasına neden olmuştur. Bu konudaki örnekleri daha da çoğaltmak mümkündür.

Örneğin Modern laserlerin doğmasına neden olan Einstein'ın önerdiği uyarılma yoluyla ışınma, yine Einstein'ın Özel Görelilik (Rölativite) Kuramı ile Newton gravitasyonunu birleştirmesiyle elde ettiği "evrensel kütleçekim yasası" yani, Genel Görelilik Kuramı bugün kozmolojik araştırmalarda yararlanılan temel bir kuramdır.

İkinci yöntem birincisi kadar henüz çok başarılı olamamıştır. Bu metodun amacı, doğanın dört temel kuvveti olan kütleçekimi, zayıf çekirdek, elektromagnetik ve kuvvetli çekirdek kuvvetlerini birleştirerek bir tek kuvvet elde etmektir.

Einstein'ın başlattığı ve bugün de devam eden önemli bir çalışma, Einstein'ın genel görelilik kuramı ile kuantumlu alanlar kuramının birleştirilmesiyle ilgilidir. Bu ikinci kuram, kütleçekim kuvveti dışındaki diğer üç temel kuvveti içine almaktadır. Bu başarılılabirirse, dört temel etkileşme kuvveti uzay-zamanın dinamik geometrisinin ortak kavramlarıyla betimlenebilecektir. Einstein bu sorunu çözebilmek için bütün ömrünü verdi, fakat başaramadı. Bugüne kadar bu dört temel kuvvetin birleştirilmesiyle ilgili tüm girişimler "onların uyuşmaz olduklarını daha çok ortaya koymaktan başka bir işe yaramadı" biçimindeki düşüncelerin taraftar bulmaya başladığı bir sırada, bu konuda güzel bir gelişme, fizik dünyasında yeni bir umudun doğmasına neden oldu. 1979'da Nobel fizik ödülünü bu alandaki çalışmalarıyla alan Weinberg - Salam "Zayıf çekirdek kuvveti ile elektromagnetik kuvveti" birleştirmeyi başardılar.

Aynı kuramları (etkileşmeleri) birleştirmek için doğrudan yapılan girişimlerin sonuç vermesi çok zor gibi görünüyor. Sonunda bir başarı gelecekse bunun doğrudan değil, dolaylı yoldan gelme olasılığı daha fazla gibi. Bu görüşümüzü destekleyen pek çok örneğe fizikte rastlamak olasıdır.

Üçüncü yöntem, ikinci yöntemin aksine, fiziksel bilimlerde çok başarılı olduğunu kanıtlamış bulunuyor. Bir örnek olarak, Bohr'un Hidrojen atom kuramı verilebilir. Bohr açısız momentumun kuantumlu olduğunu varsayarak elektronun enerjisinin kuantumlu olduğunu gösterdi. Buradan da Hidrojen atomunun spektrumunu başarılı bir biçimde analiz etti. Dikkat edilirse Bohr burada hiçbir hesaplama yapmadı sadece sonucu bir şans

eseri kestirdi. Sonradan Bohr'un hipotezlerinin yaklaşık olarak doğru olduğu, kuantum mekaniğinin daha kesin kuramlarının sonuçlarıyla ortaya çıktı.

İnsanın deneysel veya matematiksel yöntemi izleyip izlemeyeceği geniş olarak üstünde çalışılan konuya bağlıdır. Fakat tam böyle de olmayabilir. O biraz kişiye bağlıdır. Kuantum mekaniğinin keşfinde rol oynayan iki fizikçi buna iyi bir örnektir. Modern kuantum mekaniğinin doğuşu sırasında iki kişinin katkısının çok büyük olduğu görülür. Bunlar Heisenberg ve Schrödinger'dir. Heisenberg, Arnold Sommerfeld'in yanında Münih'te doktorasını yaptıktan sonra 1926 yılında bu dönemin en büyük Alman fizikçilerinden olan Max Born ve asistanı Pascual Jordan'ın yanında asistan olarak çalışmaya başlar. Heisenberg deneysel verilere dayalı bir çalışma yapmaktadır. Hidrojen spektroskopisi ile uğraşırken, geçiş genliklerinin basit bir takım sayı dizileriyle verildiklerini farketmiş ve bunu o dönemin deneyimli fizikçilerinden hocası Born'a göstermiş. Born, bu dizilerin matrislerden başka bir şey olmadığını farketmiş. Born, Heisenberg ve Jordan bir araya gelecek, şimdi matris mekaniği dediğimiz anlatımı geliştirmişler. Yani kuantum mekaniğini, matrislerin zaman içerisindeki değişimleri cinsinden bugün bildiğimiz şekliyle formüle etmişler.

Aşağı yukarı aynı yıllarda, Zürih'te kendi başına çalışan Avusturyalı fizikçi Ervin Schrödinger var. Klasik fiziği daha çok özümsemiş bir insan. Heisenberg gibi deneycilerle pek yakın teması yok. Hidrojen atomunun spektroskopik verilerinden pek haberi olmadığı anlaşılıyor. O matematiksel metodu kullanarak bir atomun elektronunu tarif etmek, spektral frekansların değerlerini bulmak için kendi adıyla anılan "Schrödinger dalga denklemi" ni çıkarmayı başardı. 1926 yılı Aralık ayında Noel tatiline gittiği bir sırada oteline kapanıp 3-4 makalelik bir dizi halinde bugün bildiğimiz kuantum mekaniğinin dalga mekaniği formülasyonunu tamamladığını söyler. O sırada, İngiltere'de Cambridge'de 25 yaşında başarılı bir fizikçi olan Paul Dirac kısa bir süre içinde Heisenberg ve Schrödinger'in bize sunduğu kuantum mekaniğinin iki ayrı formalizminin, (her ne kadar Schrödinger tarafından 1926 yılında eşitlikleri gösteril-

miş ise de) birbirine eşit olduklarını farklı bir yoldan gösterdiği gibi, Kuantum mekaniğinin çok daha güçlü, sonsuz boyutlu vektör uzaylarına dayanan soyut bir formülasyonunu da geliştirmeyi başardı. Bundan sonra kuantum mekaniğindeki gelişmelerde büyük bir ilerleme oldu.

EINSTEIN'IN METOLOJİSİ

Bu yüzyılın başlarında kuramsal fizikte altın çağ başladığı zaman, adı henüz bilim dünyasında hiç duyulmamış bir fizikçi vardı. Bu, Annalen der Physik'ın 1905 tarihli sayısında "fotoelektrik olayı", "Brown hareketi" ve "özel görelilik" ile ilgili ünlü üç çalışmasını birden yayınlarak üne kavuşan Albert Einstein'dır. Onun fizikteki hayat boyu çalışmaları bilimin felsefesi ve yöntemleri üzerinde büyük etki yaptı. Einstein'ın kendisi bilimci-filozoftu.

O hayranlık uyandırıcı bir şekilde felsefeyi kullanarak bugün modern bilimin önemli bir kısmı olan buluşlarını yaptı ve bunlar insanlık aleminin evrene bakış açısını kökten değiştirdi. Hiç şüphe yok ki, Einstein çok özel bir bilim adamıdır ve bir benzerini bilim tarihinde görmek, bulmak olası değildir. O, Planck'ın buluşunun önemini ilk kavrayanlardan biridir ve bunu fotoelektrik olayının mekanizmasını açıklamada başarıyla kullanarak Nobel Fizik Ödülü'nü almaya hak kazanmıştır. İstatistik mekaniği de çok önemli katkılar yapmıştır. Kuantum fiziğinin ilk öncülerindendir. Fiziksel olayların özünü kavramakta olağanüstü yeteneğe sahip idi. Hiçbir kısa özet, onun fiziğin temel problemlerine yaptığı çok sayıda derin katkıları anlatmaya yetmez. Onun Genel Görelilik Kuramı, bütün zamanların en yeterli, en akıllı yapıtlarından biri olarak durmaktadır.

Einstein bilime yepyeni bir yöntem getirmiştir. Einstein'ın Metodolojisi "modern bilimsel şüphencilik" olarak gözönüne alınabilir. Einstein'daki şüphencilik duygusu, fizikte yerleşmiş bir takım temel kavramları, yeni gözlemler altında yeniden ele alıp inceleme ve sorgulama gereksinimini doğurmuştur.

Kuramcı fizikçilerin çalıştığı atmosferi iyi anlayabilmek için görelilik kuramının büyük etkisini takdir etmemek mümkün değildir. Uzun ve zor bir dünya savaşının ardından görelilik kuramı bü-

yük bir etkiyle bilimsel düşünce dünyasında bir bomba gibi patladı. Herkes savaşın stresinden uzaklaşmak için göreliliğin ve kuantum kuramının altında yatan felsefeyi ve düşünceyi büyük bir istekle öğrenme çabasına girişti. Heyecan, bilim tarihinde görülmemiş derecede, tahminlerin çok üstünde idi.

Öte yandan aynı zamanda fizikçiler atomun kararlılığının esrarını anlamaya çalışıyorlardı. Herkes gibi, Schrödinger de yeni fikirlere kapılmıştı. Kuantum mekaniğini görelilik kavramının çerçevesinde geliştirmeye çalıştı, fakat başaramadı. Uzay-zamanda herşeyi vektör ve tensörlerle ifade etme zorunluluğu vardı ve bu bir şanssızlıktı. Rölativistik kuantum mekaniği için zaman henüz tam olgunlaşmamıştı. Bu yüzden Schrödinger'in çabası başarısızlıkla sonuçlandı; ama bizce, sadece buluşu gecikmiş oldu.

Schrödinger, De Broglie'nin parçacıklar ve dalgaları birleştiren o güzel fikirlerini rölativistik bir yoldan çalışıyordu. De Broglie'nin düşüncesi sadece serbest parçacıklara uygulandı ve Schrödinger onu bir atomun bağlı elektronuna genelleştirmeye çalıştı. En sonunda bunu rölativistik çabaya bağlı kalarak başardı. Fakat kuramını hidrojen atomuna uyguladığı zaman, deneyle uyuşmadığını gördü.

Uyuşmazlığın o zamanlar henüz bilinmeyen elektron spinlerinin hesaba katılmamasından ileri geldiği, kısa bir süre sonra Dirac tarafından kanıtlandı. Schrödinger'in kuantum kuramıyla özel rölativite kuramını birleştirme çabalarının sonuçları, Dirac'a doğru kuram oluşturmada büyük katkı yapmıştır. Sonunda, Schrödinger farketti ki, kuramının, rölativistik olmayan yaklaşımlar için doğru olan kuramlardan bir farkı yoktur.

Bu hikayeden çıkarılacak ders şudur: İnsan çok fazla şeyi bir evrede tamamlamaya çalışmamalıdır. Fizikte, insan mümkün olduğunca güçlükleri birbirinden ayırmalı ve sonra tek tek düzene koymalıdır.

FİZİKSEL SİSTEMLERİN İNCELENMESİNDE BENİMSENEN STRATEJİ

Bir temel bilimcinin fiziksel bir sistemin incelemesini yaparken izlemesi gereken belli bir strate-

jinin bulunması gerekir. Fakat bu konudan konuya değıştiği gibi, bilimciden bilimciye göre de değışebilir. Geçmişte büyük buluşlar yapmış, temel bilimlere büyük katkılarda bulunmuş bilim adamlarının çalışmalarına baktığımız zaman onların benimsediği ve bizlerin de bugün genelde kendimize rehber edindiğimiz temel araştırma stratejilerini şöyle özetlemek mümkündür:

1- Kuramcılar, deneysel çalışmaların sonuçlarıyla yakından ilgilenmelidirler. Araştırma yaptıkları bir konuda deneylerin sadece bir grubuyla değil, diğer bütün deneylerin gelişmeleriyle de yakından ilgilenmelidirler. Ancak böyle yapıldığında kalıcılığı olan, kapsamı geniş, deneysel verilerle daha uyumlu olan, hatta yeni öngörülerde bile bulunabilen kuramlar geliştirmek olasıdır. Bu yoldan geliştirilmiş gerçek iyi bir kuram, öngörülerini doğrulamak için yeni ve ilginç deneylerin yapılmasını da önerebilir. Kuramcılar, deneysel çalışmaların sonuçlarıyla yakından ilgilenmelidirler.

2- Bir bilimci başkalarının çalışmaları hakkında bir dereceye kadar şüpheci olabilir, fakat aynı alana yönelik çalışmalara tamamıyla ilgisiz bir tutumda olmamalıdır.

3- Bilimciler yeni düşüncelere açık olmalıdırlar. Bilimde tutuculuk iyi değildir, bilimin ilerlemesini önler.

4- Fizikte bir sistemin analizinde, basit sistemlerin özelliklerinden her zaman yararlanabiliriz. Bir sistemin incelemesinde araştırmacı, onun davranışını etkileyen her tür faktörü (unsuru) ayrı ayrı ele almak ister. Bu faktörlerin her biri asıl sistemle bazı yönden ilişkilidir, fakat bunların ancak birkaç tanesinin sistemin davranışına olan etkisi hayati öneme sahiptir. Daha basit olarak, bu sistemlerin özellikleri iyice anlaşılincaya kadar basit sistemlerin özelliklerinden yararlanarak incelenmelidir.

Bir başka husus da, fiziksel bilimlerde çalışmak için kişinin iyi derecede matematik bilmesidir. Bilindiği gibi matematik, fiziksel bilimlerin dilidir.

Gerçekten matematik, fiziksel sistemlerin incelenmesinde nicel mantıksal ilişkilerin izlenebilmesi için önemlidir. Tüm bunun gibi ilişkileri yöneten kurallar matematiğin konusudur. Böylece, matematik işlemlerinin ve kurallarının çoğu uygulamada fiziksel bilimlerin anlaşılmasına doğrudan büyük katkı sağlar. Deneysel bulguların analizinde, yasaların formüle edilmesinde, hareket denklemlerinin çıkarılması ve çözülmesinde hep matematikten yararlanırız. Fiziğin neredeyse tamamını diferansiyel denklemlerle temsil etmek olasıdır. Uygulamalı matematiğin birçok kuralı ve yöntemi fiziksel bilimlere doğrudan uygulanabilmektedir. Bilimdeki yeni gelişmeler matematikteki gelişmelere çok yakından bağımlı hale gelmiş bulunuyor. Bugün fizikte birçok problemin çözülebilmesi için mevcut matematiğin yeterli olmadığı gibi düşünceler bulunmaktadır. Ama, bu demek değildir ki, matematik, fiziksel bir bilim; veya tersi. Gerçekte, matematiksel bir tartışmadan bir sonuç elde ettiğimiz zaman ilke olarak, sonucun deneysel doğrulanması ve onu elde etmek için kullanılan basamakların fiziksel anlamlarıyla yakından ilgileniriz.

Fiziksel sistemlerin incelenmesinde kullanılan stratejinin tüm bu karakteristik nitelikleri insan aklının en güçlü buluşlarından biridir. Onun meyveleri insanlığın yaşam biçimini, düşüncesini, alışkanlıklarını tamamıyla değıştirmiş bulunmaktadır.

Uzunca bir süredir, fiziksel bilimlerin stratejisinin kullanımı, bilimin bütün alanlarına yayıldı. Gerçekten, psikoloji, ekonomi ve sosyoloji gibi bazı alanlar bir dereceye kadar bilimsel stratejiden yararlandıkları için "bilimsel" olarak nitelenmektedirler. Herşeye rağmen strateji en başarılı olarak fizikte uygulanmaktadır. Zira fiziğin asıl ilgilendiği göreceli olarak basit sistemler olduğu için özellikle uygundur. Kısacası, fizik en basit sistemlerle ilgilendiği için en sade bilimdir. Bu nedenle fizik, diğer bütün bilimlerin temelini oluşturmaktadır.

FİZİKSEL BİLİMLERİN KRALİÇESİ FİZİKTİR.

Holografik Depolama Yüksek Bilgi Yoğunluğu Öngörmektedir

M. Zeki KURT, Amirullah MAMEDOV, Kerim KIYMAÇ

OPTİK BİLGİ DEPOLAMA

Holografik bilgi depolama ve yeniden geri verme sistemlerinin diğer teknolojilerle yarışabilmesi için geliştirilmiş bileşenlere, sinyal işleme metodlarına ve depolama malzemelerine gereksinim duyulacaktır.

Geçtiğimiz birkaç yıl içinde dijital (sayısal) holografik bilgi (veri) depolama teknolojisi kavramını uygulamaya koymak ve ticarî olarak kârlı bir bilgi depolama ürünü yaratmak için yoğun çaba harcandığı görülmüştür. Sürekli olarak artan büyük miktarlarda bilgiyi depolama, kısa erişim süresinde yeniden kazanma ve megabit başına düşük bir masrafla yüksek bilgi oranı elde etme gereksinimi bu girişimleri harekete geçirmiştir. Holografik bilgi depolama aygıtlarının giriş ve çıkış aygıtlarını yapmaya elverişli olan sıvı kristal görüntüleme (SKG) ve katıhal detektör teknolojisindeki yeni gelişmeler çabaları daha anlamlı hale getirmektedir.

Holografik depolama, yüksek çözünürlü ikili optiksel görüntüler halindeki giriş ve çıkış "bit" lerinin iki boyutlu sıralanışından (sayfa denen) oluşan bilgileri okur ve yazar. Bilgilerin bu şekilde sayfa düzeninde yerleştirilmesi, çok yüksek bilgi oranı (gigabit/s) ve kısa erişim zamanı (1 ms veya daha az) elde etmeyi olası kılmaktadır. Bilgiler, bilinen optiksel veya manyetik depolamadaki gibi bir yüzeye veya ince filme yerleştirilmekten ziyade depolama ortamının hacminin her tarafına yayılmıştır. Bu hacmin tamamının kapasitesi kullanılırsa çok yüksek bilgi yoğunluğu (1011 bit/cm³ mertebesinde veya daha çok) mümkün olabilir.

Temel holografik depolama kavramı, bir objeden gelen ışını SKG gibi bir uzaysal ışık modülatöründen (UIM) geçirerek üzerine ikili sayılarla (1'ler ve 0'lar) kodlamaktadır (bkz. şekil 1)[1]. Kodlanan obje ışını optikçe duyarlı bir depolama ortamına odaklanır ve orada bir referans ışını ile birleştirilir [2]. Oluşan girişim deseni, ortamın kırılma indisini uzaysal olarak modüle eder ve böylece ortam desenin bir kopyasını oluşturur. İşte bu ortama hologram denir. Şayet referans ışın hologramı tek başına aydınlatırsa, kırılma indisinde oluşmuş olan modülasyon nedeniyle kırınıma uğrar ve başlangıçtaki obje ışınının iyi bir kopyasını oluşturur. Bu da gerekirse bir sıra foto algılayıcı üzerine düşürülerek görüntülenebilir.

Detektör sinyalleri, orjinal dijital bilgiyi ortaya çıkarmak üzere yukarıda anlatılan kodlama işleminin tersi bir işlemde geçirilir. Okuma ışınının dalga cephesi, kaydetmek için kullanılanın kopyasını tam olarak verebilmelidir. 1cm³lük kaydedici ortam için, referans ışını açısındaki 0.001 derecelik bir değişim brag açısı uyumsuzluğuna neden olarak sinyali ölçülemeyecek bir düzeye indirir. Bu açısal seçicilik, birçok hologramı değişik referans ışını açılarında kaydetmek için kullanılabilir, bunların herbiri diğerlerinden bağımsız olarak okunabilir. Ortamın yanıt verme yeteneği -yani, onun sınırlı dinamik bölgesi-çok yönlü hologramların sayısını sınırlamaktadır. Her bilgi sayfası, referans ışının açısını uygun bir ışın yönlendirme metoduyla değiştirilerek adreslendirilir. Bu yöntemlerden bazıları hiçbir mekanik hareket gerektirmez (dalgaboyu çok düzeyleme ve faz-kodu çok düzeyleme alternatif adresleme metodlarıdır, fakat burada onlardan bahsedilmeyecektir).

Video kameraları ve dijital fotoğrafçılık için geliştirilmiş olanlara benzeyen yük-çiftlenimli algılayıcı sıraları (YÇA), yüksek kuantum verimliliği ve alçak gürültü özelliğine sahip olup holografik bir depolama sistemi için mükemmel detektörlerdir. Sıraları 2048 x 2048 detektör pixel'e kadar çıkabilecek prototip UIM'ler yapım aşamasındadır. Böylece, holografik depolama için mümkün olan bir dizayn hedefi çok yönlü 104 bilgi-sayfası hologramı içerecek ve bunların herbiri erişim zamanı 1 ms olan 106 parça (bit) bilgiyi kodlanmış olarak depolayabilecektir. Bu durum kaydedici ortamda 1010 bit/cm³lük bilgi yoğunluğu ve 1 Gbit/s'lik bir bilgi oranı sağlayacaktır.

ÇALIŞIR HALE GETİRMEK

Bu dizayn hedeflerini gerçek bir aygıtta gerçekleştirmek, teknik olarak kompleks ve zor bir problem gündeme getirir ve çalışma prensibinin nicel olarak anlaşılmasını gerektirir. Yüksek bilgi yoğunluğu, yüksek bilgi oranı, düşük bit-hata oranı, düşük bilgi kaybı, yüksek sistem kapasitesi ve düşük maliyet gerekli özelliklerdir. Sayısal 1'lerin ve 0'ların hatasız olarak algılanmaları, bilgi-sayfa görüntüsündeki her pixel ile karşılık gelen algılayıcı pixelinin kesin kaydını, algılayıcı gürültüsünü önemsiz kılmak için algılama süresince foton sayısının yeterli olmasını, hem ortamdaki bozukluklardan ötürü referans ışınının saçılması ve hem de çok-yönlü hologramların karşılıklı etkileşimlerinden doğan gürültü düzeyinin yeterince düşük olmasını ve yeterli ayırma gücü ve düşük bozulma ile birlikte yüksek-kontrast görüntüsü oluşturma yeteneğine sahip optik bir sistemi gerektirir. Şüphesiz bilgi taşıyan ışın demeti holografik süreçle aslına uygun olarak yeniden oluşturulmalıdır.

Depolama yoğunluğunu ve kapasitesini maksimuma çıkarmak için her sayfa başına çok sayıda bilgi pixeli seçilip mümkün olduğunca çok sayfa depolanabilir. Ancak bu parametreler, istenen bilgi oranı, sinyal-gürültü oranı ve ortam hacmi gibi depolama malzemesinin öngördüğü limitlere ulaşılmaksızın keyfî olarak arttırılamaz. Sınırlı dinamik bölgeyi M hologram arasında paylaşım için uygulanan optimal projeler, $\eta = (M\# / M)^2$ ile verilen kırınım verimi ile sonuçlanır. Burada M#

kaydedici malzemenin özelliklerinin belirlediği bir sabittir [3]. η için bir alt limit ise, ışık saçılması ve karşılıklı etkileşim gürültüsü ile belirlenmektedir. Lityumniyobat'ı kaydedici malzeme olarak kullanan tipik bir prototip depolama aygıtı, $M = 1000$ ve $M\# = 1$ için $\eta = 10^{-6}$ verebilir. Böylesine zayıf hologramları 1 ms'de okuyabilmek ve istenilen gigabit/saniye bilgi oranına ulaşabilmek için her algılayıcı (detektör) pixelinde binlerce fotona gereksinim olacaktır. Bu nedenle yazım esnasında saçak (fringe) kararlılığı için güç çıkışı 1 Watt ve koherens derinliği uzun olan ucuz, sağlam ve verimli bir laser gereklidir.

Kaydedici malzemelerin en çekici sınıfı foto-kırıncılardır [3]. Bunların en klasik örneği ise, demir karışımı lityumniyobat (LiNbO₃:Fe) dir. Bu malzemelerde kayıt, devingen yüklerin üretiminden ışık etkisiyle oluşundan kaynaklanır. Bu yükler, girişim deseninin aydınlık bölgelerinden daha karanlık bölgelerine doğru sürüklenme ve difüzyon şeklinde hareket ederler. Yüklerin bu ayırımı, bir elektrik alan oluşturur ve doğrusal elektro-optik etki nedeniyle kırılma indisinde bir modülasyon meydana getirir. Bu malzemelerdeki hologramlar, malzemenin cinsine bağlı olarak karanlıkta yıllarca devam edebilirler, fakat ısıtma veya başka aydınlatma ile silinirler; bu yüzden bu malzemeler silinilebilir bilgileri depolamak için kullanılabilirler. Yüksek bir bilgi giriş oranı için malzeme mümkün olduğunca duyarlı olmalıdır. Ancak bu istek okuma esnasındaki yüksek akıcılık gereksinimi ile ters düşer-okuma süreci bilgileri silebilir.

ÇÖZÜLECEK PROBLEMLER

Kullanışlı bir holografik optik depolama sisteminin gelişiminde iki çeşit problem ortaya çıkıyor. Birincisi, en iyi malzemelerin dahi, okuma esnasındaki silinmelere karşı duyarlılık eksikliği ve kolayca etkilenebilmek gibi belirgin dezavantajlar vardır. İkincisi ise, SKG uzaysal ışık modülatörleri ve YÇA detektörler sıraları gibi mevcut teknolojiler bu uygulama için hemen hemen yeterli iseler de var olan ve tasarlanan aygıtları, bütünlüğü olan tam bir depolama sisteminde en iyi şekilde kullanmaya ve/veya performanslarını geliştirmeye ve entegre etmeye gereksinim vardır.

İki boyutlu sayfalara keyfî dijital bilgileri kod-

lama, hat düzeltmelerini yürürlüğe koyma ve bilgi giriş ve çıkış kanallarını tasarımlamak gibi problemlerin çözülmesi gereklidir. Fotokırıcı Bilgi Depolama Malzemeleri (FOBDEM) olarak bilinen malzemelerle ilişkili çabalar, geliştirilen yeni malzemeleri sofistike malzemelerle birleştirerek dijital depolama sistemi bağlamında test edilmelerini sağlamaktadır. Holografik Bilgi Depolama Sistemleri topluluğu, sistem programı olarak sistemin anahtar bileşenlerini geliştirmeyi ve bunları prototip bilgi depolama sistemlerine entegre etmeyi amaçlamaktadır.

MALZEMELER

Fotokırıcı ortamlardaki hologramların kararsızlığı uzun süredir bilinmektedir. 1970'li yıllarda RCA Laboratuvarlarındaki bir grup, hologramları lityumniyobat'e nasıl yerleştireceklerini öğrendi [4]. Yazımdan sonraki bir ısıl tavlama süreci elektronik yük dağılımını iyonik yük dağılımına kopyalar. Bu işlem daha sonra silinme meydana gelmeden okunabilen bir hologram ortaya çıkarır. Isıl olarak yerleştirilmiş bir holografik okuma belleği gösterimi, gelişim aşamasındadır. Ancak her bireysel kristale verilerin girilmesi ve ısıl süreçten geçirilmesi, yöntemi epeyce pahalı depolama tekniği haline getirmektedir. Bu yöntem, ancak holografik depolamanın belirli karakteristikleri önemli olduğunda uygulanabilir. Bunu düşük fiyata oldukça yüksek etkin kayıt oranı elde edebilmek için esas kaynaktan kopyalama yapan CD-ROM teknolojisi ile karşılaştırınız.

Silinebilirliğini kaybetmeyen bir başka iyi çözüm yöntemi de geçitlendirilmiş fotokırıcı malzeme denen malzemeyi kullanmaktır. Bu malzeme, aynı anda değişik dalgaboyuna sahip ikinci bir ışık ışını mevcut olmadığı sürece, okuma ve yazma için kullanılan dalgaboyuna duyarsızdır. Bu tür malzemelerin gelişimi fotokırıcı bilgi depolama malzemeleri (FOBDEM) programının önemli bir parçasıdır. Temel yaklaşım, bir ışınla, diğer dalgaboyunda yazıma izin verecek şekilde, malzeme de gelip geçici bir duyarlılık oluşturmaktır. Bu, örneğin, iyonizasyonun meydana gelebileceği uzun-ömürlü kararsız ara durumlara sahip katkılı türlerde gerçekleştirilebilir. Bu ara durumlarını uyarmak için okuma/yazma ışını fotonlarının enerjisi tek başına yetersizdir [5]. Alternatif olarak,

geçitleme ışını, karanlıkta aktif olmayan bazı tür- lere dönüşen geçici bir verici (donor) türü oluşturabilir ve böylece malzemeyi yine okuma ışınına duyarlı olmayan bir hale dönüştürür [6].

Inorganik fotokırıcıların dışındaki malzemeler, çok az anlaşılmıştır, fakat eninde sonunda iyileşme görülebilir. Sistemi oluşturan moleküllerin elektro-optik tepkileriyle bir kırılma indisı modülasyonu elde edebilmek için yükün ışıkla üretimi yöntemiyle çalışan organik polimerik fotokırıcı malzemelerin gelişiminde kayda değer ilerleme olmuştur [7]. Kırılma indisinde değişiklik oluşturmak için başka bir yaklaşım ise fotokimyayı kullanmaktır. Şayet kimya uygun bir fotoduyarlılık süreci ile başlatılırsa, bu tür fotokromik malzemeler minimal absorpsiyonlu büyük kırılma indisı değişimleri (10-3) verebilirler [8]. Bu tür malzemeler, bir kez yaz-çok oku, holografik depolama ortamları olarak kullanışlı olabilirler.

YENİ MALZEMELERİ TEST ETME

FOBDEM'in en önemli hedeflerinden biri, dijital holografik depolama iletişimi alanında yeni keşfedilen ve önceden bilinen malzemeleri yakında sunulan eleştirilere göre test etmektir. Bu hedef gereklidir, çünkü çeşitli malzemeler ve örneklerin geometrileri test edilmelidir. İdeal olarak istenen, elde edilen sonuçları aygıtlardan ziyade malzemenin sınırlandırmasıdır. Bu istekleri karşılamak için M.P.Bernal ve ark.[9] bir test aygıtı yaptılar. Bu aygıtın, depolama malzemesinin yerine optik kalitede kaynaklanmış silis kullanarak, 1024x1024 - bit bilgi sayfalarını 10⁻⁷ bit-hata oranı ile YÇA detektörüne görüntüleyebildiği belirtilmektedir.

Bu test yönteminde göze çarpan sonuç şudur: yüksek-ayrım (çözümlü) böyle bir görüntünün oluşması için yeterince iyi optik kaliteye sahip çok az malzemenin kolayca elde edilebildiği görülüyor. Şayet çözüm 512x512'ye düşürülürse, birçok malzeme makul hata performansına sahiptir, fakat henüz megabit bilgi sayfalarıyla ilgili hedef ulaşılmayı beklemektedir. M.P.Bernal ve ark.[9], çeşitli malzemelerin optik özelliklerini, ışık saçılma gürültü tabanını (işaret-gürültü oranını belirleyerek) izinli kırınım verimliliği için bir alt limit olarak belirledikleri gibi, hem verilen bir çözümde

örnekten geçen görüntüyü ve hem de bilgi sayfalarının tek hologramları için gözlenen bit-hata oranını saptayarak da belirlemişler. Birinci ölçüm, malzemenin doğal kalitesini belirliyor, fakat aynı zamanda yüksek kaliteli bir yüzey üretme yeteneğinden ve referans ışını geometrisinden (saçılan ışık seviyesini etkiler) de etkileniyor. Bu, böylece, depolama bağlamındaki optik kalitenin genel tesisinin bir ölçüsüdür.

Yeterince iyi optik özelliklere sahip birçok inorganik malzeme üretilebilmektedir (bkz. Şekil 2). Fotokromik WORM malzemeleri başta olmak üzere birçok organikler de, umut veriyor. Fotokromikler çok iyi bir dinamik bölgeye sahip olmalarına rağmen, genelde incedirler (0,1-0,2 mm). Hologramlar arasındaki açısal ayırım bir derece civarındadır, bu durum yalnız açısal çokyönlülüğü kullanan malzemelerin belirli bir hacmine depolanabilen hologramların toplam sayısını sınırlar. Test edilen inorganiklerin içinde yalnız demir katkılanmış lityumniyobayt 100 den fazla yüksek-çözümlü, düşük hata oranlı bilgi sayfaları depolamaya elverişli yeterli dinamik bölgeye ve optik kaliteye sahiptir. Lityumniyobayt'ın bilgi yoğunluğunun en yakın rakiplerinin M# değerleri 4-5 kez daha düşüktür. Bu, rakiplerinin bilgi yoğunluğunun onda birinden daha az olması demektir. Holografik depolamada teknolojik başarıya ulaşmak için malzemelerde daha fazla gelişme sağlamak halen öncelik taşıyor.

GÖSTERİ SİSTEMİ

M. P. Bernal ve ark. [9] tarafından yapılan FOB-DEM test cihazı, düşük bilgi oranında çalışmak üzere bilinen bileşenleri kullanarak, dizayn edilmiş, esnek doğruluğa sahip büyük bir test aygıtıdır. Gerçek dijital bilginin uygun bir performansla depolanıp yeniden kazanılabildiğini gösterebilmek için bir dijital holografik gösterici yapılmış. Göstericinin tamamı, optik fiber ile bağlanan 530 nm'lik argon-iyon Inova laseri (Koherent+Laser Grubu, Santa Clara, CA) hariç, (45.72)x(60.96) cm²'lik bir kurgu yerli kaplamaktadır. Giriş 640x480-pixel formatlı bir ticarî sıvı-kristal (Epson OEM Peripherals, Torrance, CA) aracılığı ile, çıkış ise 60 çerçeve/s'e kadar orana sahip bir 640x480 pixel Kodak YÇA (Rochester, NY) çipi üzerinden yapılmış.

Ne yazık ki UIM üzerindeki pixel aralığı 42 mm'dir. Bu büyüklük YÇA üzerindeki 9 mm ile karşılaştırmaya değer. Bu uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için düşük bozunumlu, değişken büyütmeli optik aletler dizayn edildi. Çünkü bu lens sisteminin maksimum azaltma oranı 3:1 olduğu için pixel aralığı 18 mm olacak biçimde ayarlanmış ve sadece UIM merkezinin 1/4'ü (76,800 piksel) bilgi için kullanılmıştır. Giriş verileri görüntü şiddetindeki yerel değişimleri düzelten bloklara kodlanmış ve "açık" ve "kapalı" pikselleri arasında dengelenmiştir. Kod oranı 8/12'dir, bu 8 bitlik bilgiyi kodlamak için 12 pixele ihtiyaç var demektir.

Tasarımı test etmek için, M.P. ve ark. kodlayıp depoladıkları 5.75-Mbyte'lik bir veri dosyası elde edebilmek için ticarî IBM televizyonunun 30s'lik video klibini sayılaştırıp sıkıştırmışlar. Bu test MPEG sıkıştırma protokolu yeniden elde edilen video kalitesini küçücük bir tek hataya bile duyarlı kıldığı için gereksinim duyulan bir test oluşturmuş. Kodlanan 1012 veri sayfası yaklaşık 3 Çerçeve/s'de Fe:LiNbO₃'e kaydedilmiş ve geri okuma sayfa başına 1/60 saniyede gerçekleşmiş. Kodlama ve tersi işlemi çevrim dışı yapılarak orijinal dosya, hiç bit hatası yapılmaksızın geri elde edilmiş. Bunun anlamı hata düzeltme kodlaması kullanmaksızın, 2x10⁸'den daha iyi bir bit-hata oranıdır. Gelecekte yüksek çözümlü veri sayfalarının ve hata düzeltme kodlamasının kullanılması, kapasiteleri oldukça yükseltecektir.

Sayısal holografik göstericinin özellikleri aşağıdaki tabloda verilmektedir. Hedeflenen en iyi dizaynlardan ve yaşayabilir bir depolama aygıtının fiyat ve büyüklüğünden çok uzakta olunmasına rağmen, sayısal holografik gösterici, geliştirilmiş depolama malzemeleri ve sistem bileşenleri elde edildiği takdirde nelerin beklenebileceğini şimdiden göstermeye başlamış durumdadır [9].

GELECEĞE BAKIŞ

Holografik optiksel veri depolamanın, manyetik diske, teyp, veya optiksel diske depolama gibi iyi bilinen teknolojilerin yerini alması beklenmiyor. Ancak, kendisine özgü gücünün çok önemli olduğu durumlarda (örneğin, yüksek çözümlü görüntü dosyalarının çok büyük görüntülü veri tabanlarından geri kazanılmasında ya da diji-

tal video-on talep hizmetlerinde) uygulanması beklenmektedir. Ekonomik olarak uygulanabilir olması için megabyte başına düşen masraf alternatif teknolojilere göre rekabet edilebilir olmalıdır.

Holografik depolama için rekabet edilebilir bir fiyat elde etmenin anlamı, belki de depolama sisteminin çok geniş bir toplam kapasiteye sahip ve fiziksel olarak da büyük, bir olasılıkla bugünkü optik kütüphane ürünlerine benzer olacaktır. Böyle bir sistem, büyük bir olasılıkla kişisel bilgisayarlardan ziyade yükseltilen çalışma istasyonları ve servislerde kullanılacaktır. Herşeye rağmen holografik depolama sisteminin başarılı bir biçimde üretimi için, bileşenlerin teknolojilerinde, sinyal işleme metodlarında ve özellikle depolama malzemelerinde kilit ilerlemelere halen gereksinim vardır.

REFERANSLAR

1. G. Sincerbox, "Holographic storage revisited," in *Current Trends in Optics*, C. Dainty, ed. (Academic Press, New York, 1994), p. 1995.

2. M.-P. Bernal et al., "Holographic Data Storage Materials," *Mat. Res. Soc. Bull.* (Sept. 1996) to be published.

3. F. H. Mok, G. W. Burr, and D. Psaltis, *Opt. Lett.* 21, 896 (1996)

4. J. J. Amodei and D. L. Staebler, *Appl. Phys. Lett.* 18, 540 (1971)

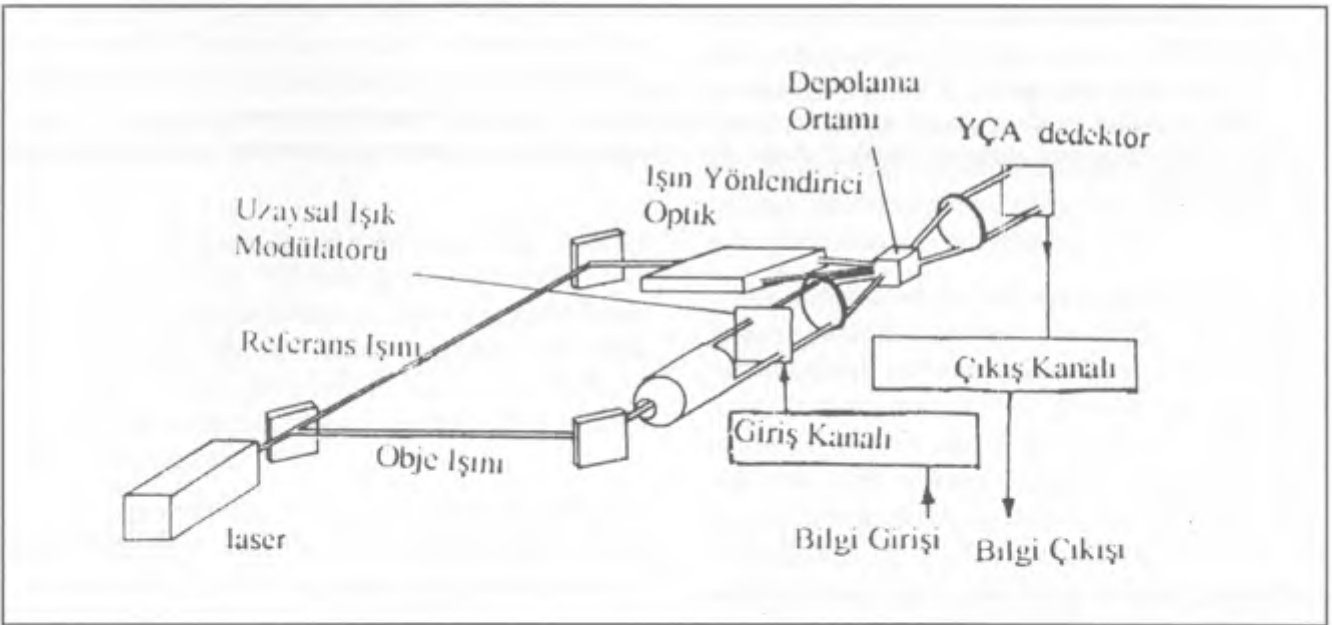
5. D. von der Linde, A. M. Glass, and K. F. Rogers, *J. Appl. Phys.* 47, 217 (1976).

6. K. Buse, L. Holtmann, and E. Kraatzig, *Opt. Commun.* 85, 183 (1991).

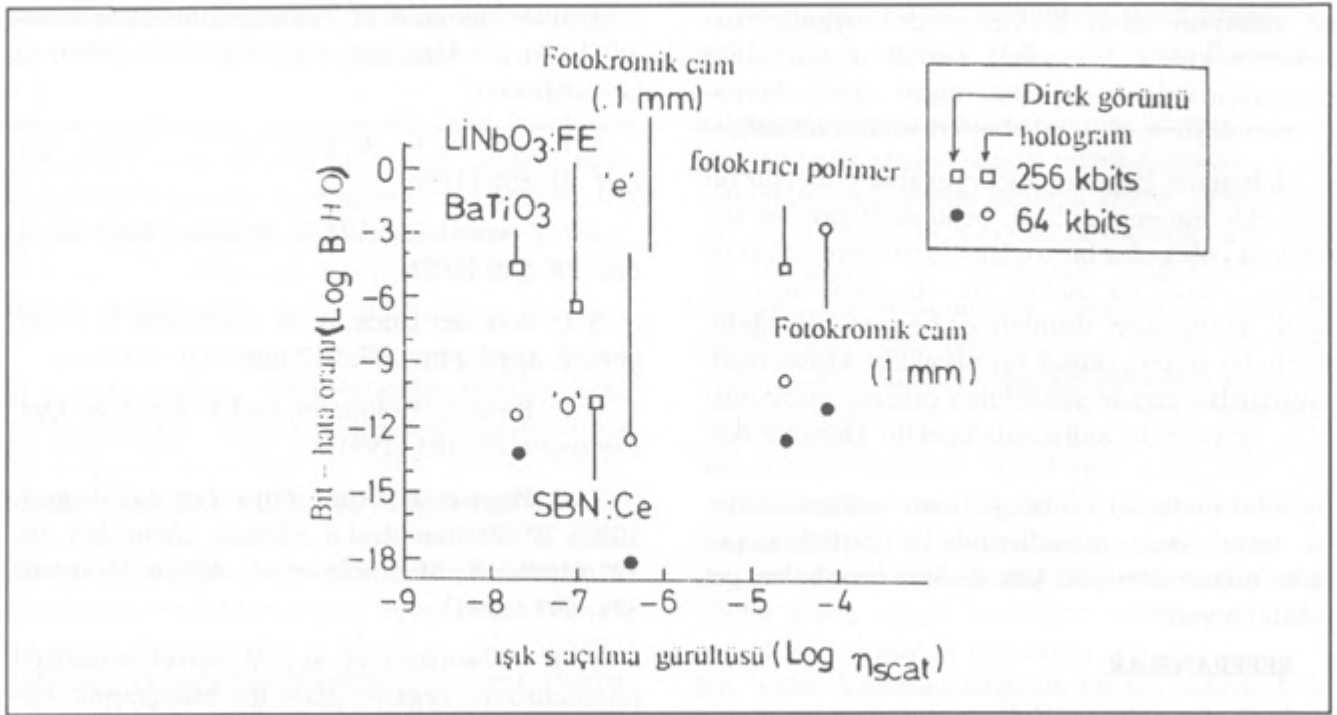
7. C. Poga et al., *Appl. Phys. Lett.* (12 August, 1996); W. Moerner and S. Silence, *Chem. Rev.* 94, 127 (1994); K. Meerholz et al., *Nature* (London) 371, 497 (1994).

8. R. Wortmann et al., "A novel sensitized photochromic organic glass for holographic optical storage," *Appl. Phys. Lett.*, to be published.

9. M.-P. Bernal et al., *Appl. Opt.* 35, 2360 (1996).



Şekil 1. Holografik dijital depolama sisteminde, laser ışını obje ve referans ışınlarına ayrılır. Objekt ışını genişletilir ve bir uzay ışık modülatöründen geçirilerek bir bilgi sayfası deseni oluşturulur. Sonra depolama ortamına odaklanır ve orada referans ışını ile birleşir. Gerekirse referans ışınının açısı ışın yönlendirici optikle kontrol edilerek değiştirilebilir. Okuma esnasında bilgi sayfasının görüntüsü bir YÇA dedektör takımının üzerine dönüştürülür. Depolanacak bilgiler (veriler) giriş ve çıkış kanalları elektronikleri yardımıyla girilir veya çıkarılır. Bu elektronikler kodlama ve sinyal işleme işlevleri yaparlar.



Şekil 2. Performans sınırları çeşitli malzemelerin holografik bilgi depolama ortamı olarak uygun olup olmadıklarını belirler. Bir malzemenin yüksek kaliteli bir görüntüyü geçirmek ve kaydetme yeteneği 256 kbit ve/ya da 64 kbit bilgi sayfalık görüntüler ve hologramlar için düşey ekseninde bit - hata oranı şeklinde verilmektedir. Yatay eksen, ışık saçılma gürültüsü ile belirlenen gözlenebilir bir hologramın minimum kırınım verimliliğini göstermektedir.

En iyi kaliteli malzemeler, şeklin sol alt kısmına doğru yer alacaktır. Fotokromik cam bir foto kimyasal olarak aktif kromofor ve C_{60} algılayıcı içeren bir besli 'Siloxane'dir. Fotokromik Polimer ise lineer olmayan kromofor ve trinitrofluorenon algılayıcı olarak 3-fluoro-4-N, N-Dietilamino - b - nitrostren içeren bir çoklu siloxane ama polimerdir.

Dünyanın Sonu Veya Mahşer Taşı

Amirullah MAMEDOV, Metin CANDEMİR

Daha XIX. yüzyılda bazı astrologlar XX. yüzyılın sonunda yer küresine ulaşan göktaşlarının ve rebilecekleri zararın eskisine nazaran bin kat fazla olacağını söylemişlerdi. Bunların başında "Zamanın Sonu" adlı kitabı ile Edgar Kace geliyordu. O'nun söylediğine göre, 1999 yılında İngiltere üzerine "Mahşer Taşı" düşecek ve İngiltere'yi yok edecekti. Bu kitabın Britanya Müzesi arşivlerinde bulunarak çok ciddiye alınması ve hattâ İngiliz Hükümeti'nin de bununla ilgili bir araştırma yaptırması Ada'daki insanları telaşlandırdı. Araştırmayı yapan bilim adamları "Mahşer taşı" olarak iki kilometrelik Tautatis asteroidini gösteriyorlar. Bu göktaşı zaman zaman dünyanın yörüngesini keserek geçiyor, ama her geçtiğinde Dünya'ya biraz daha yaklaşıyor. 1999 yılında bu yaklaşım çok kritik olabilir.

İngilizlerin hesaplamalarına göre, eğer göktaşı Ada'ya 10 Ocak'ta düşerse, İngiltere anında yerle bir olacak, 14 Şubat'a kadar tüm Avrupa'da hayat yok olacak. 28 Şubat'a kadar yangınlar, sis, doğal felâketler ve oluşacak suni kış Asya ve Amerika'yı yok edecek. En çok direnen Avustralya 31 Mart'a kadar yok olacak.

Bu senaryolarla Amerikalı araştırmacılar da hem fikirdirler; ama onlar bu senaryoları olacak nükleer savaş için hesaplamışlardı. Sonuç aynı fakat süre farklı idi.

Tabii ki göktaşının Dünya'ya çarpması nükleer savaşlardan daha korkunç olup, Dünya'daki hayatın yeniden "dirilmesi" ve canlanması için en azından 5000 yıl gerekecektir. Ama şu andaki teknoloji ve silahlar bu doğa felâketlerinin önünü almakta yetersiz sayılmayacak kadar gelişmiştir. Bu yakın-

larda ABD'li bilim adamları Hubble teleskobunun tamiri ve daha iyi donatılması için uzaya bir ekspediyon göndermişler. Adlarının açıklanmasını istemeyen NASA yetkililerinden alınan bilgiler ise, bu ekspedisyona Hubble teleskobunun nükleer füze ve laser silahları ile donatılmasını saklamak için gönderilmiş olabileceğini düşündürüyor. Bu iş için ABD'li astronotlar iki defa ağzına kadar dolu "Shuttle"lar ile uzay yolculuğu yapmışlar. Hubble teleskobunun üzerinde durduğu platform (masa) ilk önce öyle tasarlanmıştı ki, Pentagon istediği zaman oraya nükleer başlıklı füzeleri ve laser silahları yerleştirebilirdi (yıldız savaşları için). Önceleri, Ruslar buna karşı idiler ve zaten laser silahları için yüksek enerji kaynakları mevcut değildi. Şimdi ise her iki problem (Rusların muhalefeti ve enerji kaynakları) çözülmüştür ve silahlar Hubble teleskobunun platformuna yerleştirilmiştir (! ?).

Bu çalışmanın ana hatları şöyledir: İlk önce teleskop yaklaşan göktaşlarını tespit eder, onların yörüngelerini ve yere yaklaştığı zaman doğuracağı felâketlerin ne olabileceğini hesaplar. Bundan sonra ise yerden alınan kumanda ile göktaşlarını yok eder (bilim kurgu filmlerinde olduğu gibi). Bu haberlerin ne kadar doğru olup olmadığı bilinmediğinden ve Hubble teleskobu platformunda silahların olduğuna dair kesin bilgiler bulunmadığından, söylenenler, bir ihtimal niteliğindedir. Belki bunlar tümüyle yanlış, belki doğrudur. Çünkü Pentagon ve ABD Askerî Sanayi Kurumları, yıldız savaşları için bu tür modelleri yıllardır planlamaktadır ve şimdi de ellerine kaçınılmaz bir fırsat geçmiştir (Yer'i kurtarıyorum, ona göre de daha fazla silahlanıyorum ve silah üretiyorum).

Tabii, Yer'i kurtarmak gerekmektedir ve ancak saf birileri tüm büyük göktaşlarının Yer'e düşme-yeceğini düşünebilir. İnsanlık tarihine baktığımız zaman görüyoruz ki, bundan 65 000 000 yıl önce dinozorların ölümüne Yer'e düşen bir göktaşı neden olmuştur. Yer'deki birçok büyük krater de, göktaşının Yer'e düşme ihtimalinin yüksek olduğunu gösteriyor.

1994 yılında Jüpiter'e düşen bir kuyruklu yıldızın parçaları (Levy Şumeyker kuyruklu yıldızı) Jüpiter'in yüzeyinde Yer yüzeyinden daha büyük delik ve kraterler açmıştır. Yani bu göktaşı yere düşseydi, şu anda ne makaleyi yazan olurdu ne de okuyan. Aynı yıl Ay yüzeyinde 13 km derinliğinde ve 2500 km çapında bir krater bulunmuştur. Birçok astronotun dediğine göre, İspanya boyutlarında bir krater açabilecek göktaşları Yer'in etrafında arılar gibi vızır vızır dolaşıyorlar. NASA'daki bilim adamları bu göktaşlarından ancak 100 tanesinin yörüngelerini hesaplayabilmişler, ama Yer için tehlikeli göktaşlarının sayısı 2000'in üzerindedir.

Göktaşlarının Yer'e çarpması ve sonra cereyan edecek olaylarla ilgili başka bir görüş ise, Yer'in tümüyle yok olması. Bu görüşe göre, Yer'in derin-

liklerinde Uranyum var ve göktaşı ile çarpışma sırasında Uranyum kritik kütleye kadar yoğunlaşabilir. O zaman Yer'in çekirdeğine yakın bir yerlerde koskocaman bir atom bombası oluşacak ve patlayacaktır. Bu patlamadan sonra Yer küçük parçalara bölünecektir (Aynı şey, zamanında Mars ile Jüpiter arasında yerleşen bir gezegenin başına gelmiş).

Şunu da söylemekte ve hatırlatmakta yarar var: Bundan iki yıl önce, 1996'da JAI göktaşı ile Yer az kaldı çarpışacaktı. Aramızdaki uzaklık 500 000 km oldu, göktaşının hızı 93 450 km/saat idi ve çarpışmamamızın sebebi aynı noktadan 5 saatlik gecikme ile geçmemiz oldu.

Son zamanlarda Maya Devleti'nin tarihi ve İnka kültürü ile uğraşan bilim adamları, yüzyıllar önce yapılmış İnka takvimlerinin hepsinin 2013 yılında bittiği gözlemişlerdir. Belki de İnkaların bildiği ve bizlerin bilmediği bir şeyler var. İtalyan bilim adamlarının buldukları Eros göktaşı [(40x9) km²], Tautatis'ten oldukça büyük olup, Yer'in yörüngesine doğru yönelmektedir. Yerle çarpışma şansı % 50, çarpışma zamanı 2011 yılıdır. Bunlar düşündürücü değil mi

Gökyüzü ve Ötesi

R. Ömür AKYÜZ

Babililerin yaratılış efsanesi olan *Emma Eliş'e* göre, ana-babalarımıza, büyük ana-babalarımıza, büyük büyük ana-babalarımıza ve böylece daha da da gerilere gidersek, gök tanrısı *Anu*'ya ve yer tanrısı *Nudimmu'ta* varırız: bunlar, bir sıvı olan ufukta, akıntılardan yavaşça süzülen kalıntılardan olmuştur.

Modern astronomlar da gövdemizdeki atomların ufkun ötesinden geldiğine inanmaktalar. Bu atomlar yıldızların içinde yeralan çekirdek tepkimelerinden oluşurlar ve patlamalarla uzaya fırtılarak gezegenlere, toprağa, ve organik moleküllere şekil verirler. İnsanlığın başlangıcına ilişkin bu yeni görüş, yıldızların, gökadalarnın ve hattâ tüm evrenin de hayat öyküsünü içerir. Geçmişteki astronomlar daha çok, yıldızların sabit bir kozmostaki haritalarını çıkartmakla uğraştıkları, halde, günümüzün astronomları evrimi ve değişmeyi incelemekteler.

Astronomlar târih boyunca dünya görüşümüzü biçimlendirmişlerdir. Mevsimler ve göksel cisimlerin hareketleri doğadaki düzenliliğin en erken gözlenmiş örnekleridir. Böylece astronomi ilk fen bilimi olarak gelişti. Eski Yunanlıların usturlâpları bir zaman ölçüsüyüdü ve yerini sonraları başka saatlere bıraktı; bunlar da zamanın insan algılamasının dışında bir gerçekliği olduğunu onayladılar. Resimde perspektifi ilk inceleyenlerden olan Albrecht Dürer'in ve diğer sanatçıların kullandıkları özel aygıtlar yıldızların yerlerini saptamak için kullanılan rubû tahtalarından gelmektedir. Onaltıncı yüzyılda Nikolaus Kopernikus'un Güneş merkezli gezegenler sistemi, Dünya'yı ayrıcalıklı yerinden kaydırarak kozmosun insanlar için ya-

ratıldığı görüşüne meydan okudu. Isaac Newton'un gezegenlerin yörüngelerinden süzölmüş olan kütleçekimi yasası, doğanın ilk modern kuramı olup sonraki birçok kuramın da esin kaynağıydı. 1929 yılında Edwin Hubble'ın evrenin genişlediğini bulması ise, aristocu, değişmeyen kozmos inancını yıktı.

Darwin'in geçen yüzyıldaki yapıtının göksel bir yankısı olarak bu yüzyıldaki astronomi bulguları, uzaydaki evrim süreçlerine ilişkin sorulara yol açtı. Venüs'te püsküren yanardağlar göröldü. Güneş sisteminin, milyarlarca yıldır kuyruklu yıldızlarda donmuş olan ham maddelerini tanımaktayız. Yıldızların oluşumlarına, hâlâ içinden yoğunlaştıkları gaz ve toza sarmalanmışlarken şahit olduk. Yıldızların, önce çekirdeksel (nükleer) yakıtlarını tüketerek kendi ağırlıkları altında çöktükten sonra patladıklarını gördük. Arta kalan süpürüntü arasında oksijen ve karbon ile hayat için temel olan diğer elementlere de rastladık. Gökadalarnın merkezlerinden neredeyse ışık hızıyla fırlatılan muazzam madde selleri bulduk. Gökadalarnın renklerinde ve ışılda güçlerinde, evrimlerinin değişik evrelerinde farklılıklar olduğunu gözledik. Gökadalarnın, bir zamanlar inanılanın aksine, uzayda düzgün olarak dağılmak yerine, kökenleri henüz bilinemeyen ipsi, tabakamsı ve diğer büyük gruplar halinde yığılmış olduklarını öğrendik. Sonunda, evrenin tüm kütesinin 10 milyar yıl kadar önce akıl almaz bir sıkışıklık durumundan başladığına ilişkin tanıtılar toparladık. Bir kere, evren nasıl varoldu? Özelliklerini ne belirledi? Hep genişleyip duracak mı, yoksa yeniden çökecek mi? Bir yüzyıl önce böylesine sorular bilimin sınırları dışındaydı; bugün ise tam merkezinde. Bu sı-

ralarda farkına vardığımız bir durum şu ki kozmosu oluşturan her şey değişime uğrar.

Yeni bulgular teknolojideki ilerlemelerle güdülmektedir. 1930'larda yeni iletişim aygıtları uzaydan gelen radyo dalgalarının varlanmasına yol açtı. Buna kadar, binlerce yıldır insanoğlunun âlemi görmesine yarayan tek şey görünen ışıktı. 1940'tan beri bir dizi füze ve uydu, uzaydan salınan kızılberisi, morötesi ışınlarıyla X-ışınlarını kaydetmekte. Tıpkı insan gözüne görünmeyen radyo dalgaları gibi, böylesine ışınlar da birçok astronomik nesnenin yeni niteliklerini ortaya çıkartırlarken daha önce hiç bilinmeyen yeni neslelerin de varlığını bildirirler. Elektronik ışık varlayıcıları, fotoğraf plâkalarının yerine geçerek, pozlama süresinin yüzde biri içinde astronomik nesnelerin görüntülerini kaydederken aynı zamanda da bu görüntülerin bilgisayarlarda saklanıp işlenmelerine aracı oluyorlar. Diğer yüksek hızlı bilgisayarlar ise, her biri elektron ya da yıldız ya da gökadalara temsil eden milyonlarca parçacığın etkileşmelerinin benzetimini yapmaya olanak sağlayarak kuramsal astronomide devrim yaratıyor. Geniş alana yayılmış olan radyoteleskoplar birbirlerine elektronik olarak bağlanıp değişik antenlerden gelen veriler birleştirilince sanki tek bir dev göz imişçesine birlikte çalışabilmekte.

Astronomlar, 1960'ların ortalarında, bir kafesin içinde veya platformun üstünde oturarak teleskopu gözleriyle ayarlarlardı. Şimdi ayarlamalar elektronik olarak makinelerle yapılmakta. Bugünlerde büyük bir teleskobun yakınlarında fotoğraf plâkası bulamazsınız. Yıldız ve gökadalaraın soluk ışıkları yükü bağlaşıklık düzenek (ccd) denilen gelişmiş fotoelektrik hücrelerle kaydedilerek bir bilgisayarda saklanır. 1960'larda bildiğimiz astronomların ço-

ğu insan gözünün gördüğü ışıkla çalışmaktaydı. Edinmiş olduğum izlenim, astronomların "gözlem çalışmaları" için yanlarına birkaç gün yetecek kadar sandöviç ve bulutlu geceler için de sevdikleri kitapları alarak bir yerde bir dağın tepesine giderek bir teleskopun bakış merceğine gözlerini dayayıp yıldızlı gösteriyi birinci elden seyrettikleriydi. Bugün ise büyük, "X-ışını astronomları" ve "kızılberisi astronomları" grupları bulunmakta ve bunlar gözlem çalışmalarını çoğu zaman uzaktan kumandayla yapmaktalar. Son zamanlarda bir meslektaşım, "Einstein X-ışını Gözlemcisi" (bir yapma uydu) ile çalışarak yıldızlar (quasar: quasi stellar objects) üzerinde "doğrudan" yapılmış bir çalışmayı tamamladı. Neye benzediğini sordüğümde, bir video ekranı karşısında vakit geçirdiğini, düğmelere basarak bir manyetik şeride kaydedilmiş olan sayısallaştırılmış verilerden gelen çeşitli yıldızlı görüntüleri üzerinde kafa patlattığını söyledi. Bu bilgiler, gözlemciden Dünya'ya ışınlandıktan sonra daha önce başka iki bilgisayarda işlenmişti. Yıldızları tek başına X-ışınlarıyla "görmüş olan" gözlemcinin on yıldır çalışmıyor olmasının hiçbir önemi yoktur. Sayısallaştırılmış veriler iyi dayanır.

1990'lar biterken, astronomik keşifler de bugünlerde plânlanmakta olan çok daha yeni teknoloji ve aygıtlardan yararlanacaktır. Gene de kendimizi gelecek için donatırken tam keskinliğe esnekliğin de eşlik etmesi zorunludur. Elimizden geldiğince kurup tahmin yürüteceğiz ama eğer geçmiş, bir kılavuz ise önümüzdeki on yılın buluşları bizi hazırlıksız yakalayacaktır. Astronomide bizi cepheler çevrelemektedir.

Bu yazı, Alan Lightman'ın *Time For Stars (Yıldızlara Zaman)*, Warner Books, New York, 1992 adlı kitabın *Giris* bölümünden özetle çevirilerek aktarılmıştır.

Evrensel Sabitler ve Geleceğin Fiziği

Hanash GÜR

ÖZET: Matematik, acaba doğanın nesnel özelliklerinin bir yansıması mıdır; yoksa, insan beyninin katıksız bir ürünü müdür? Fiziğin dört evrensel sabitinin çözümlemesi, bu yazının yazarı olan Gilles Cohen-Tannoudji'ye, bu sorunun karşılığı olarak beklenmeyen bir cevap bulma olanağını sağlamıştır. Yazara göre, fizik kavramları ve onlarla birlikte evrensel sabitler, evreni doğrudan anlatımlama savında değildir; onlar yalnızca, insan bilgisinin evren üzerinde çizdiği ufuk çizgilerini belirlemeye yarar.

Bilinen dört temel sabit, çağdaş fiziğin yasalarının çatısını kurar. Bunların her biri, bir bilimsel devrimin işaretini taşır.

Kütleçekiminin kuantum kuramı kurulabilseydi, uzunluk, zaman ve kütlelerin ölçü ayarları fizik yasaları ile belirlenirdi.

Dört evrensel sabit, kendini insanoğluna benimsetmiş olan şu ilkenin sınırlarını çizer: Ufuklar, her zaman aşılmaya çalışılabilir.

Matematiğin gerçekte ilişkisi, bilim felsefesinin en çekişmeli sorularından biridir. Fiziğin, matematikleştirilmesi sayesinde gerçekleşen dev ilerlemeleri, bu soruların daha da keskinleşmesinden başka bir şeye yaramamıştır: Nasıl olur da, doğa kendini, çağdaş fiziğin kullandığı gibi çok ileri bir matematik yardımı ile anlatımlanmaya bırakır? Bu yazıda, Gilles Cohen-Tannoudji, bu tartışmaya, birkaç yıldır fiziğin evrensel sabitleri hakkında geliştirdiği düşünce ile ufak bir katkı getirmek istiyor.

Fiziğin matematikleştirilmesi, doğanın gözlenebilir özelliklerini anlatımladığı sayılan ölçülebilir

fiziksel büyüklükleri için içine katar. Birimler bir kez anlaşmayla kararlaştırılınca, bu büyüklüklerin ölçü sonuçları sayılarla belirtilir; böylece, fizik kuramları için gerekli hesaplamaları yapmaya yarayan veriler elde edilmiş olur. Çeşitli fiziksel büyüklükler arasında, bazıları öbürlerinden daha **temel** sayılır. Böylece, mekaniğin fiziksel büyüklükleri olan uzunluk, zaman ve kütle, tüm fiziğin üç **temel ve indirgenemez** büyüklüğü olarak alınır. Herşeyi mekaniğe indirgeme tutkusu, uzun zamandan beri kuramsal fiziğin ana ilkelerinden biri olmuştur. Temel büyüklükler türünden anlatılan fiziksel büyüklüklere ise, **türetilmiş** büyüklükler denir. Bunlar, tanımlarına giren temel niceliklerin oranları olarak yazılan boyutsal kapsamları ile belirlenirler. Böylece, bir uzaklığın zamana göre türevi olan hızın boyutsal kapsamı, uzunluk bölü zamandır; ivmenininki ise, uzunluk bölü zamanın karesidir. Mekaniğin yasaları, aynı boyutsal kapsamlı fiziksel büyüklükler arasındaki bağıntılardır.

Klasik mekanikte, üç temel büyüklük birbirinden bağımsızdır; ama bu ilkenin mutlak olmadığını birazdan göreceğiz. Fizik geliştikçe, **evrensel** denen sabitler ortaya çıkmıştır; bunlar, boyutlu, yani boyutsal kapsamları bulunan belli fiziksel niceliklerin aldığı sabit ve evrensel değerlerdir. Işığın boşluktaki hızı olan $c = 300\,000$ km/s'yi göz önüne alalım; Amerikan fizikçiler olan Albert Michelson ve Edward Morley, 1887'de, bu hızın, hareketleri ne olursa olsun, tüm gözlemciler için aynı olduğunu göstermişlerdir. 1900'de, Alman fizikçi Max Planck'ın tanımladığı h sabiti ise, iki sistem arasında değiş tokuş edilebilen en küçük eylem miktarı olarak, en küçük kuantum eyleminin ölçü-

sünü verir ($h = 6,662 \times 10^{-34}$ joule.saniye). Newton'un evrensel çekim yasasına giren ve bu yasanın bulucusunun adıyla anılan Newton sabiti $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³kg⁻¹s⁻²'ye gelince, bu, en eski evrensel sabittir. Evrensel kütleçekim yasasının, koşullardan, konumdan ve cisimlerin doğasından bağımsız olarak, değişmez olduğunu anlatır. Kütleçekiminin evrenselliği bir kez benimsenince, G 'nin tek yararının, denklemin iki yanının boyutsal kapsamını eşitlemek olduğu düşünülebilir. Benzer bir düşünme, öbür iki sabit olan c ve h için de geçerli olabilecektir.

Ama böyle düşünmek, çağdaş fiziğin yasalarının çatısını oluşturan temel sabitlerin derin rolünü önemsememek olur. Bu sabitlerin her birinin ortaya çıkışı, evrensel olduklarının benimsenmesi birer bilimsel devrimin işareti olmuştur. Kütleçekiminin evrenselliğinin benimsenmesi, Newton'a borçlu olduğumuz büyük ilerlemelerden biri olmuştur. Işığın hızının değişmezliğinin bulunuşu, klasik fiziğin yasalarına meydan okumuştur. Einstein, buradan çıkardığı sonuçlarla, 1905'de özel görelilik kuramını formüle etmiştir; bu kuramda ışığın hızı geçilemez. Kuantum eylemi ise, iki sistem arasındaki etkileşmelerde kesiklilik kavramını ışın içine katarak, klasik fiziği kökünden değiştirmiştir; buna göre, iki sistem arasındaki etkileşmelerde kesiklilik kavramını ışın içine katarak, klasik fiziği kökünden değiştirmiştir; buna göre, iki sistem arasındaki etkileşmeler, h ile orantılı enerji tanecekleri olan kuantum değiş tokuşları dışında oluşamaz.

Temel sabitler, çeşitli fizik kuramlarının geçerlilik bölgelerini de belirler: Klasik mekaniğin kullanılması, ışık hızı yanında küçük hızlar için doğrudur; bu durumda, ışık hızının belirlediği limitin sonuçları önemsenmeyebilir ve ışık hızı sonsuz sayılabilir. Bunun tersine olarak, büyük hızlarda, c 'nin varlığı hesaba katılmalıdır, çünkü özel görelilik bölgesine girilmiş olunmaktadır. Kuantum mekaniği ise, en küçük kuantum eylemi h 'ye duyarlı olan mikroskopik sistemler dışında işe karışmaz. Makroskopik sistemler için, genellikle, h önemsenmeyebilir ve sıfıra eşit alınabilir. G sabitine gelince, onun belirlediği limitler, tümüyle, Einstein'ın, kütleçekim kütlesi (bir cismin, kütleçekim etkileşmesine katıldığı katsayı) ile eylem-

sizlik kütlesi (bir cismin, herhangi bir kuvvetin etkisine cevap verdiği katsayı) arasındaki eşdeğerlik ilkesini kullandığı genel görelilik kuramında görülür. Bu eşdeğerlik ilkesine göre, kütleçekimi, kütleleri ne olursa olsun, tüm cisimlere aynı ivmeyi iletir. Buradan, her başvuru çerçevesi hareketinin yerine, yerel olarak belli bir kütleçekim alanının geçebileceği, ve tersine olarak, her kütleçekim alanının yerine de, yerel olarak belli bir başvuru çerçevesi hareketinin geçebileceği sonucu çıkar. Demek ki, G sabiti bir ilke sınırlaması olarak ortaya çıkmaktadır: Belli bir ivmenin etkisine girilince, bir kütleçekim alanında durgun mu bulunduğu; yoksa, ivmeli bir hareket mi yapıldığını bilmek olanaksızdır.

Sabitlerin, çiftler olarak, aynı anda hesaba katılmaları ise, çağdaş kuramsal fiziğin daha geniş çerçevelerini belirler. G ve c 'yi aynı anda işin içine katan genel görelilik, çağdaş kozmolojinin ve onun standard modelinin, yani **büyük patlamanın (big-bang'ın)** kuramsal temelini sağlar. h ve c 'yi birleştiren kuantumlu alanlar kuramı ise, 10^{16} m'ye kadar inen mikroskopik evren için iyi bir anlatım sağlayan parçacık fiziğinin standard modelinin temelini oluşturur. Mekaniğin üç evrensel sabitini aynı anda hesaba katan ve böylece genel görelilik ile kuantumlu alanlar kuramını birleştiren bir kuantumlu kütleçekim kuramı oluşturma tutkusu da, yavaş yavaş düş olmaktan çıkmaktadır: Yaşamının son zamanlarında Einstein'ın kafasını kurcalayan bu rüya, acaba, süpersicim kuramı ya da komütatif olmayan geometrilerle gerçek olabilecek mi?

Bu rüya bir gün gerçekleşirse, büyüleyici sonuçları olabilecektir: Bunların en küçüğü, temel fiziğin, tümüyle an sayılarla anlatılabilmesi olmayacaktır. Artık, uzunluk, zaman ve kütle ayarlarına gerek kalmayacaktır; ölçü birimleri, fizik yasalarının kendi içlerinde kapsanmış olarak bulunacaktır. Bu doğrultuda bir ilk adım atıldığından beri 10 yıldan biraz fazla bir zaman geçmiş durumdadır. 1983'e kadar, uzunluk ve zaman bağımsız birimlerle ölçülüyordu. Sonra, ışık hızının evrenselliğine dayanılarak, zaman aralıkları ve uzunluklar aynı ölçü ile ölçülebilir kılındılar; buna göre, sözkonusu iki nicelik, sezyum atomundaki belli bir geçişin salınım periyodu olan temel zamandan

hareketle ölçülebilir. Demek ki, bir uzunluğu ölçmek, basitçe, ışığın bu yolu gitmesi için geçen zamanı ölçerek yapılabilir. Bunun için, ışık hızına, bir defalığına olarak belirlenmiş bir değer verilir: Eski birim sisteminde ölçülen değeri olan $c = 299\,792,458$ km/s. Aynı biçimde, kuantum mekaniği ve h sabiti ile, enerji ve frekansı bağlayan $E = h \nu$ denklemi yardımı ile, enerji ve frekans aynı ölçü ayarı ile ölçülebilir kılınabilir; bu ise, kütle ve zamanın aynı ölçü ayarı ile ölçülebilmesi anlamına gelir ve birimler sistemi bir tek birime indirgenmiş olur.

Sonrakı aşama ise, G sabitini işin içine katmaktan oluşacaktır; yani, üç temel nicelik arasındaki üç bağıntıyı kullanmak ve böylece birimlere başvuruyu kaldırmak için genel görelilik kuramından yararlanılmış olacaktır. Bu üç denklemin sağlanabilmesi için, Planck uzunluğu denen özel bir uzunluğun, Planck kütlesi denen özel bir kütlenin, ve Planck zamanı denen özel bir zamanın var olması gerekir.* Bu Planck nicelikleri, ister temel ister türetilmiş olsun, birimleri belirlemiş olacaktır.

Ne yazık ki, bu büyük proje iki büyük güçlükle karşı karşıyadır. En başta, Planck ölçekleri deneysel olmaktan çok öte gibi görünmektedir. Planck uzunluğu, yaklaşık olarak 10^{-33} cm; ve Planck zamanı, yaklaşık olarak 10^{-44} s gelmektedir. Bunlar, fiziğin, hattâ parçacık fiziğinin içerdiği tüm uzaklık ve zaman aralıklarından en az on beş büyüklük basamağı kadar küçüktür. Planck kütlesi ise, tersine olarak, mikrogram basamağındaki değeri ile hemen hemen makroskopiktir; parçacık fiziği ölçeğine çevrilirse kocamandır. Fiziğin bu alanında kullanılan ve Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ 'si üzerine kurulmuş enerji birimleri ile anlatılan alışılmış birimlerle, 10^{10} GeV/ c^2 yapar. Bir parçacık paketini 10^{10} GeV'e kadar hızlandırmak, onlara 10 000 taşıma uçağı için gereken enerjiyi vermek demektir! Buna göre, Planck ölçekleri, fizik olaylarını incelemek için, tam bir kuantumlu kütleçekim kuramının kaçınılmaz olduğu duruma karşılık gelir. Burada, böyle bir başvuru sisteminin, kütleçekimi-

nin güzel bir kuantum kuramının henüz bulunamış olmasından kaynaklanan ikinci güçlüğüne ulaşmış bulunuyoruz: Görünen o ki, ilke olarak, bir gün, maddenin uzay ve zamandaki en genel hareketlerini arı sayılar yardımı ile anlatımlayabilecek bir fizik kuramı elde edilebilecektir. Böylece, matematiğin doğal gerçeğe tam uygun olup olmadığı ise, daha da anlaşılabilir olacaktır.

G. Cohen-Tannoudji'ye göre, bu problem, evet ya da hayır gibi kesin bir cevap bulmak için çok karmaşıktır. Matematik, ya doğanın tümüyle nesnel özelliklerinin yansımasıdır; ya da, insan beyninin katıksız bir ürünüdür; ve gerçek, daha çok bu iki uç önermenin arasında bir yerde bulunur. Önergelerin ilki, zaferler kazanmış fiziğin, matematiğinki ile karşılaştırılabilir bir başarı derecesine ulaştığının düşünüldüğü 19. yüzyıl sonundaki düşünceye daha yakındır. Bu düşünce, bilimsel bilginin herhangi bir konusuna herhangi bir başvuruda tutumlu olabilmeye çalışıyordu.

Oysa 20. yüzyılın tüm fiziği, bu dogmayı tartışma konusu yapmakla tanınır. Gitgide karmaşılaşan olanaklar sunan bir bilimsel bilginin ortasında, öznel ile nesnelin birbirlerine karışmasını çözmek daha büyük çabalar gerektirir. Bu problem, birazdan göreceğimiz gibi, geçen yüzyılın sonunda, çok sayıda mikroskopik parçacıktan oluşan sistemleri incelemek için, Boltzmann'ın işe kattığı dördüncü bir temel sabit üzerine kurulmuş ek bir kuram gerektirir.

İstatistik termodinamik kuramı ile, Avusturyalı Ludwig Boltzmann, 1877'de iki önemli yenilik getirmiştir: Olasılıkları öngörme yararına, kesin sonuçları öngörmekten vazgeçmek; ve ayrıca, mekaniğe yabancı yeni bir fiziksel büyüklük olan **entropiyi** işe katmak. İstatistik termodinamik, k Boltzmann sabiti denen ve yukarıda gördüğümüz sabitlerden farklı bir durumu olan bir evrensel sabit daha ortaya çıkarmıştır. Boltzmann sabitinin boyutsal kapsamı, enerji bölü sıcaklık olarak, entropininkine eşittir: $k = 1,380 \times 10^{-23}$ joule/kelvin.

* Planck uzunluğu, zamanı ve kütlesi: Yalnız üç evrensel sabit olan c , h ve G 'yi kullanarak, sıra ile, Planck uzunluğu, zamanı ve kütlesi denen bir L uzunluğu, bir t_0 süresi ve bir m_0 kütlesi oluşturulabilir. Bunların deyimlerini ve değerlerini bulmak için, boyutlar üzerinde düşünülür: L uzunluğu, T zamanı ve M kütleyi gösteriyorsa, $|c| = L/T$; $|h| = ML^2/T$; ve $|G| = L^3/(MT^2)$ olur; burada, köşeli parantezler, "...in boyutsal kapsamını" belirtir. Örneğin, L 'yi elde etmek için, $[c^3 h^3 G^3] = L^3$ sağlayacak biçimde, α , β ve γ üstleri aranır. Ayrıntılara girilirse, bu eşitlik şu üç bağıntıyı verir: $\alpha + \beta + 2\gamma = 0$. Bu bağıntılardan, $\alpha = -3/2$, $\beta = \gamma = 1/2$ bulunur. Böylece, $L_0 = (hc^3/G)^{1/2}$ olur. L_0 'nin sayısal değeri, yaklaşık olarak 10^{-33} m'dir. Aynı biçimde, $t_0 = (hc/Gc^3)^{1/2}$ ve $m_0 = (hc/G)^{1/2}$ oldukları da elde edilebilir.

Sıcaklık, hiç değilse az sayıda serbestlik derecesi bulunan sistemler için anlamlı olan fiziksel bir büyüklüktür; bir sistemin makroskopik durumunu belirlemeyi sağlayan bir denetleme parametresi rolü oynar. İstatistik termodinamikte, sıcaklık, moleküllerin ortalama kinetik enerjileri ile orantılıdır; ve Boltzmann sabiti, evrensel orantı katsayısıdır. Böylece, nesnelin yanında yer alan klasik kavram olan enerji ile, öznelin yanında yer almayla çalışan sıcaklığı birbirine bağlayan bir evrensel sabit olarak ortaya çıkmaktadır.

Aslında, Boltzmann sabitinin derin anlamını anlamak için, Amerikan Claude Shannon'un çalışmalarından hareketle, 1950'lere doğru gelişmiş olan bilgi (interformation) kuramını beklemek gerekmiştir. Termodinamiğin ikinci ilkesine göre, yalıtılmış bir sistem için azalamayan entropi, bilgi kuramı ile, bilgisel bir yorum kazanmıştır: Bu bilgi, makroskopik bir sistemi anlatmak için, mikroskopik şekillenimler cümlesi üzerinden ortalamaları gösteren az sayıda değişkenle yetinilirse kaybolur. Bilgi kuramına göre, bu kaybolmuş bilgi, aynı makroskopik durumu verebilen ve karmaşıklaşmalar denen mikroskopik şekillenimlerin sayısının logaritması ile orantılıdır. Böylece, Boltzmann sabitinin yeni yorumu, onun, entropi ile, karmaşıklaşmaların sayısının logaritması arasındaki orantı katsayısı olmasıdır.

Mikroskopik şekillenimler üzerinde başka bilgiler kazanarak, entropinin azaltılmak istendiğini varsayalım. Bu durumda, Léon Brillouin ve Leo Szilard'ın gösterdiği gibi, başa çıkılmaz bir güçlükle karşılaşılır: Dengedeki bir gazın bulunduğu bir kabın içine kapatılmış bir "Maxwell gözlemcisi"nin, molekülleri ayırmak için, onların hızlarını ölçmek, ve böylece mekanik enerjiye dönüşebilen bir sıcaklık farkı elde etmek istediğini varsayalım; böyle bir gözlemcinin, bir ya da başka bir biçimde, hızlarını ölçmek istediği moleküllerin her biri ile etkileşmeye girmesi gerekecektir; örneğin, onları görmek için, onları aydınlatması gerekecektir. Ama, ışık parçacıkları olan fotonlar, moleküllere çarpacak ve onların hareketini değiştirecektir. Böylece, gözlemci, bir molekülün hızını, onun konumunu az da olsa değiştirmeden ölçmesini engelleyen kuantum eylemi ile karşılaşacaktır. Bir molekülün hızı üzerinde bilgi kazanmak, zorunlu

olarak, onun konumu üzerinde bilgi kaybetmeyi içerir; bunun tersi de de doğrudur. Gözlemcinin çabaları ne olursa olsun, k çarpı 2 'nin logaritmasına eşit bir bilgi miktarının altında, kazanılan bilgi miktarı kaybedilenden küçüktür. Bu, bir mikroskopik serbestlik derecesine bağlanmış en küçük bilgi niceliği olan, gerçek bir bilgi kuantumudur. Bu niceliğin altında, gözlemcinin kullanabileceği başka bilgi yoktur. h Planck sabiti ve k Boltzmann sabiti birleştirildiklerinde, öznenin nesnel gerçekle ilişkisine bir ilke sınırlaması gelmiş olur: Bir gerçek üzerinde her bilgi eldesi, bir enerji ile bir zamanın çarpımı olan ve hiç değilse, bir kuantum eylemine eşit olan bir eylemin işe karıştığı olayların oluşacağını varsayar. Oysa, olay ve bilgi kavramları mekaniğe yabancıdır.

Demek ki, k 'nin işe karıştığı termodinamiğin ve h 'nin hesaplara girdiği temel süreçler dinamiğinin mekaniğe birleştirilmesi, fizik kavramlarının durumunda derin bir değişiklik yapacaktır. Fizik kavramlarının, artık, öznenin bağımsız nesnel gerçeği doğrudan anlattıkları sanılmayacaktır; onlar yalnızca, olabildiğince iyi belirlenmiş gözlem koşullarındaki gerçeğin görünüşleri ya da anları olan fenomenleri anlatabilecektir; burada, uzunluk, zaman ve küleden sonra, bilgi de dördüncü bir temel büyüklük olacaktır. Çok açıktır ki, fizik kavramlarının durumundaki bu değişiklik, öznenin bağımsız bir gerçeğin varlığı hipotezinden vazgeçildiğini varsaymaz. Söz konusu hipotez, her bilimsel girişimin temelini kurar; ama nesnelere erişmek için, öznelin yanında bulunmayı bilmek gerekir. G. Cohen-Tannoudji'nin yaptığı kanıtlanmanın anahtarı da buradadır; h ve k evrensel sabitleri, evrenin fiziksel sabitleri olarak değil, fiziğin evrensel sabitleri olarak görülmelidir. Aslında, evrenin, insanı üreten ürününü olan fiziğin dışında kalan bir yanı yoktur. Ama evren, fizik yasalarına uymamaktadır. Evren düşüncesi için, yasalara uyan ve amaca uygun güvenilir başvuru noktalarına ve demir atma yerlerine ihtiyacı olan fiziğin kendisidir. Evrensel sabitlerin oynadığı temel rol şöyledir: Onların belirlediği sınırlamalar, bilinen her özneye kendini benimseten ilke sınırlamaları olarak ortaya çıkar. Bu sınırlamalar, bu anlamda nesnelidir de...

Ama bu sınırlamalar, aşılabilir duvarlar değildir; bunlar, daha çok, hiç değilse düşüncede, her zaman geri çekilmeye zorladığımız **ufuklardır**. Çok büyük bir çağrışım yaptırma gücü olan ufuk kavramı, kozmolojide ve astrofizikte önemli bir rol oynar. Uzayın gözlemi, ötesinde galaksilerin bulunduğu bir ufukla sınırlanmıştır; öyle ki, Evren'in genişlemesi yüzünden bu galaksilerin ışığı bize ulaşamaz. Astrofizikte, çok yoğun ama çok küçük olan ve çok şiddetli bir kütleçekim alanı oluşturan kara delik ufuğu, ötesinde, hiçbir şeyin, hattâ fotonların bile, kara delikten dışarı çıkamadığı sınırlardır. Işık hızı her zaman c olduğundan, kara delik ufku üzerinde, zamanın geçmesinin durduğunu kabul etmemiz gerekir. Kuantum fiziğinde, en az bir kuantum eylemi kadar bir fark yoksa, bir sistemin iki durumu ayırdedilemez. Böylece, Planck sabiti ise, sonsuz küçüğün ayırdedilmesinde bir ufuk oluşturur. Boltzmann sabitinin bilgi kuantumu olarak ortaya çıkması da, ötesinde, olasılıkların öngörülmesi yararına, klasik mekaniğin belirleyici öngörüsünden vazgeçilmesinin gerektiği yeni bir ufuk çizer.

Kendini, nesnel evren üzerindeki pratik ve deneysel bilgide gösteren sınırlamaların bilincine varılması, bizi bir ölçüde alçak gönüllü olmaya sürüklemektedir. Bizim fizik kavramlarımız, evreni doğrudan anlatılamaya değil, yalnızca, duyarlı, pratik ve deneysel bilginin bu evren üzerinde çizdiği ufuk çizgilerini belirlemeye yöneliktir. Bir ufuk çizgisi sanal ve ulaşılamazdır, ama kolayca yer değiştirebilir. Ufuk çizgisinin hareketi, kolayca matematikleştirilebilir. Onun hareketi ne olursa olsun, evren **üzerindedir**. Böylece, evren, olabilen tüm ufuk çizgilerinin geometrik yeri olarak düşünülebilir. Evrenin anlaşılabilirliği inancı da, bu evren düşüncesinde gerçekleşebilir. G. Cohen-Tannoudji'ye göre, matematiğin gerçeğe uymasındaki gizemin nedeni, hiçbir şeyin, bir ufuk çizgisinden daha çok ya da daha iyi matematikleştirilemeyeceği olgusunda yer almaktadır.

Bu yazı, Gilles Cohen-Tannoudji, *La Recherche (Spécial)*,

No 278, Temmuz - Ağustos 1995, Sayfa 756-759'dan çevirilerek aktarılmıştır.

FİZİK DERGİSİ

TÜRK FİZİK VAKFI
P.K. 78, 06662
Küçükesat - ANKARA
Tel : (312) 428 19 69

Abone Koşulları : Yıllık 2.000.000.TL (Yurtiçi)
15 \$ (Yurtdışı)
Tek Sayı : 500.000. TL

ABONE FORMU

Adı, Soyadı :
Adresi :
Başlama Sayısı :
Gönderilen Miktar :
Tarih : İmza:

Posta Çeki Numarası : TÜRK FİZİK VAKFI'nın 525 865 No'lu hesabı

Lütfen bu formları birlikte posta çekinin bir fotokopisini yukarıdaki adrese gönderiniz

Kuantum Çağı Başlarken

Muzaffer ADAK

100 yıl kadar önce, 1897'de, elektronun keşfini kavramak zordu. Umulmayan şey, J.J. Thomson'un düşüncesiyle şekillenmişti. Elektronu keşfeden J.J. Thomson şöyle söylemişti:

Konferansında bulunan ünlü bir fizikçi, onlarla dalga geçtiğimi düşündüğünü uzun bir süre sonra bana anlattı.

Nötron 1932'ye kadar keşfedilmemiştir; öyleyse kuantum teorisinin başlangıcını 1859'a kadar götürmemiz bu keşifle çelişir.

1859'da Gustav Kirchoff siyah cisim ışınımı hakkında bir teori ispatlamıştır. Siyah cisim, üzerine düşen bütün enerjiyi soğuran bir nesnedir, ve hiç ışık yansıtmadığı için gözlemciye siyah görünür. Siyah cisim aynı zamanda mükemmel bir yayıcıdır; ve Kirchoff, yayınlanan E enerjisinin sadece T sıcaklığına ve yayınlanan enerjinin frekansı v'ye bağlı olduğunu ispatlamıştır:

$$E=J(T,v)$$

Kirchoff, J fonksiyonunu bulmaları için fizikçilere öneride bulunmuştur.

1879'da Josef Stefan, deneysel bir zeminde, sıcak bir cismin yayınladığı toplam enerjinin, sıcaklığın dördüncü kuvvetine bağlı olduğunu ileri sürmüştür. Genel olarak Stefan'ın bu iddiası yanlıştır. Siyah cisim ışıması için aynı sonuca 1884'de Ludwig Boltzmann da ulaşmıştır. Fakat bu kez termodinamik ve Maxwell'in elektromanyetik teorisi kullanılarak bu bu sonuca varılmıştır. Şimdi Stefan-Boltzmann kanunu olarak bilinen bu sonuç, belli dalgaboyları için Kirchoff'un sorusuna tam olarak cevap vermez.

1896'da Wilhelm Wien, Kirchoff'un problemi-

ne bir çözüm ileri sürmüştür. Ancak dalgaboyunun küçük değerleri için Wien'in çözümü deneysel gözlemlere yakın bir uyum sağlamasına rağmen, uzak kızılötesinde bu uyumun bozulduğu Rubens ve Kurlbaum tarafından gösterilmiştir.

Heidelberg'de olan Kirchoff Berlin'e taşınmıştır. Kirchoff'un Heidelberg'deki kürsüsü Boltzmann'a teklif edilmiştir, fakat o geri çevirmiştir. Sonra kürsü Hertz'e teklif edilmiştir, ancak tekrar reddedilmiştir. Böylece kürsü bu defa Planck'a teklif edilmiştir ve Planck kabul etmiştir.

Rubens, Ekim 1900'da Planck'ı ziyaret etmiştir ve sonuçlarını ona açıklamıştır. Rubens, Planck'ın evinden ayrıldıktan sonra birkaç saat içinde Planck, Kirchoff'un J fonksiyonu için doğru formülü tahmin etmiştir. Bu tahmin bütün dalgaboylarında deneysel kanıtlara çok iyi uymuştur, fakat Planck bununla yetinmemiştir ve teorik bir türetmesini vermeyi denemiştir. Bunun için, öncekilerden farklı olarak, toplam enerjinin, bölünmez miktarlarından-enerji kuantumu-oluştugu varsayımını yapmıştır. Planck bir yazısında şöyle demiştir:

Bu hipotezin doğruluğu deneyle ispatlanacaktır.

Planck, Boltzmann'a kendisinin istatistik metodu için kullanma hakkı vermiştir, fakat Planck'ın yaklaşımı temel olarak farklı olmuştur. Ancak şimdi teori deneyden ayrılmıştır ve hiçbir deneysel temeli olmayan bir hipoteze dayanmıştır. 1918'de Planck bu çalışma ile Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmıştır.

1901'de Ricci ve Levi-Civita '*Mutlak diferansiyel hesabi*' yayınlamışlardır. Bu, Christoffel'in 1869'da yaptığı 'kovaryant diferansiyelin' keşfi ol-

muştur. Kovaryant diferansiyel, Ricci'ye tensör analizi teorisini n boyutlu Riemann-yan uzaya genişletme imkânı vermiştir. Ricci ve Levi-Civita tanımları, bir tensörün en genel formülasyonunu vermek için düşünülmüştür. Bu çalışmanın kuantum teorisine yapılması amaçlanmamıştır, fakat sıklıkla olduğu üzere, bir fiziksel teoriyi şekillendirmek için gerekli olan matematik tam zamanında ortaya çıkmıştır.

1905'de Einstein fotoelektrik olayı sınamıştır. Fotoelektrik olay, elektronların ışık etkisi ile belirli metallere veya yarıiletkenlere salınmasıdır. Bu problemi çözmek için Einstein ışığın kuantum teorisini ileri sürmüştür ve sonra Planck teorisinin, ışığın kuantum malzemeli salınıcıda enerji değişikliklerinin $h\nu$ 'nün tam katları kadar sıçramalar şeklinde ortaya çıktığını doğru olarak tahmin etmiştir. Burada h , Planck sabiti; ve ν , frekanstır. Einstein, 1921 Nobel Fizik Ödülü'nü 1922'de fotoelektrik olay üzerine yaptığı bu çalışmadan dolayı almıştır.

1913'de Niels Bohr hidrojen atomu üzerine devrimsel bir makale yazmıştır. Spektral çizgilerin temel kanunlarını keşfetmiştir. Bu çalışma Niels Bohr'a 1922 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandırmıştır. Arthur Compton 1923'de bir fotonun (bir ışık kuantumu) durgun bir elektrondan saçılmasının rölativistik kinematığını türetmiştir.

Ancak yeni kuantum teorisinde birçok önde gelen fizikçiyi endişelendiren kavramlar olmuştur. Özellikle Einstein fiziğe giren "şans" kavramı konusunda endişelenmiştir. Gerçekte Rutherford, 1900'de radyoaktif ışınmayı tartışırken kendiliğinden (içten gelen) oluşmayı sunmuştur. 1924'de Einstein şunları yazmıştır:

Bundan böyle ışığın iki teorisi vardır. Her ikisi de vazgeçilmezdir ve aralarında herhangi bir mantıksal bağlantı yoktur. Teorik fizikçilerin yirmi yıllık muazzam gayretlerine rağmen, bugün bu kesinlikle kabul edilmelidir.

Aynı yıl, 1924'de, Niels Bohr, Kramers ve Slater, fotonu reddeden, ışık ve madde etkileşmesiyle ilgili önemli teorik öneriler yapmışlardır. Önerilerin yanlış yolda olmasına rağmen, bu öneriler önemli deneysel çalışmaları başlatmıştır. Niels Bohr, çalışmasında belli paradoksları yazmıştır:

(i) Bazı enerji değişiklikleri sürekli ve bazıları süreksiz, yani kuantum miktarıyla değişen, olduğu zaman enerji nasıl korunabilir?

(ii) Elektron radyasyonu ne zaman yayınlayacağına nasıl bilir?

Einstein, (ii) paradoksuyla şaşırmıştır; ve Pauli, Niels Bohr'a teorisine inanmadığını anlatmıştır. Kısa bir süre sonra, daha fazla deneysel çalışma, elektrona inanmak için varolan bütün karşı koymaları sona erdirmiştir: Paradoksu çözmek için başka yollar bulunmalıdır.

Bu aşamaya kadar kuantum teorisini Eucliden uzay içinde kurulmuştur ve lineer ve açısal momentumun Cartesien tensörlerini kullanmıştır. Ancak, kuantum teorisini yeni bir devire girmek üzeredir.

Başka bir temel makale 1924 yılında yayınlanmıştır. Bu makaleyi Satyendra Nath Bose yazmıştır ve yayınlanma izni bir bilirkişi tarafından reddedilmiştir. Sonra Bose makalenin el yazmasını Einstein'a göndermiştir. Einstein, Bose'un çalışmasının önemini hemen görmüştür ve onun yayınlanması için ayarlamalar yapmıştır. Bose, foton için farklı durumlar önermiştir. Fotonların sayılarının korunmadığını da ileri sürmüştür. Parçacıkların istatistiksel bağımsızlıkları yerine, Bose parçacıklarını hücrelere koymuştur ve hücrelerin istatistiksel bağımsızlıklarını göz önüne almıştır. Zaman, Bose'un bütün bu noktalarda haklı olduğunu göstermiştir.

Temel önemi olan başka bir çalışma da neredeyse Bose'unki ile aynı zamanda devam ediyordu. Louis de Broglie, parçacık-dalga duality'sini (ikilik), özellikle ışık-elektron için, genişleten doktora tezini sunmuştu. 1926'da Schrödinger, hidrojen atomu için kendi adıyla bilinen denklemi veren bir makale yayınlamıştı ve Schrödinger, dalga mekaniğinin doğumunu müjdelemişti. Schrödinger, her bir dinamik değişkene karşı gelen operatörleri tanıtmıştı.

Planck'tan 26 yıl sonra, 1926'da Dirac, Planck kanununu tam olarak türetmiştir. 1926'da Born aynı zamanda geleneksel fiziğin nedenselliğini (causality) terk etmiştir. Born, çarpışmalar üzerinde tartışırken, çarpışmalarla ilgili olarak şunları yazmıştır:

"Çarpışmadan sonra durum nedir?" sorusuna

cevap alınmaz. Sadece, "Çarpışmanın verdiği bir sonucun olasılığı nedir?" sorusuna cevap alınabilir. Bizim kuantum mekaniğimizin bakış açısından, tek bir olaydaki bir çarpışmanın sonucunu nedensel olarak belirleyen hiçbir nicelik yoktur.

Heisenberg, 1925'de kuantum mekaniği üzerine ilk makalesini yazmıştır: Onun belirsizlik ilkesi, bir parçacığın x konumunu ölçme sürecinin, parçacığın p momentumunu dağıttığını ve böylece $\Delta x \Delta p \geq h/2\pi$ olduğunu söyler. Burada Δx konumdaki, Δp ise, momentumdaki belirsizliktir, ve h, Planck sabitidir. Heisenberg'in düşüncesi şöyledir:

Katı nedensellik geçersiz olmalıdır; ve tutarlı biçimde mümkün de değildir.

Heisenberg'in çalışması, Cayley'in 50 yıl önceki matrislerle kurduğu matris metodunu kullanmıştır. Heisenberg'in çalışması ile, Schrödinger'in dalga mekaniğinden türeyen 'rakip (rival)' matris mekaniği hesaba girmiştir. Yaklaşık 25 yıl sonra gerekli matematik, Riesz tarafından geliştirilinceye kadar bunların eşdeğerliliği uygun biçimde gösterilmemiştir.

1927'de Bohr, uzay-zaman koordinatlarının ve nedenselliğin aynı zamanda birbirlerinin tamamlayıcısı olduklarını söylemiştir. Pauli, spinin yeni tür bir tansöre karşılık geldiğinin farkına varmıştır. Bu, Bose'un ileri sürdüğü durumlardan biridir. Doğal olarak, bu 1901'de Ricci ve Levi-Civita çalışması tarafından hesaba alınmıştır. Ancak bunun matematiği, E. Cartan tarafından önceden yapılmıştır. E. Cartan, 1913'deki çok daha genel bir araştırmanın parçası olarak "spinör" ü tanıtmıştır.

1928'de, kuantum teorisini, özel rölativitenin Lorentz grup dönüşümleri altında değişmez biçimde açıklayan problemin ilk çözümünü Dirac vermiştir. Dirac, d'Alembert'in dalga denklemini operatör cebriyle açıklamıştır.

Belirsizlik ilkesi herkes tarafından kabul edilmiştir. Onun en ateşli karşıtı Einstein olmuştur. 1930'da Einstein ve Niels Bohr'un her ikisinin de katıldığı bir konferansta Einstein, Niels Bohr'a düşünüp bulması için sert bir öneride bulunmuştur. Einstein bir kenarında ayarlanmış bir saat olan ve ışınım ile dolu bir kutu önermiştir. Saat, kapağı açacak ve bir fotonun çıkmasına izin verecek şekilde düzenlenmiştir. Biraz sonra kutu tekrar tartılacak-

tır. Fotonun enerjisi ve çıkış zamanının her ikisi de keyfi doğrulukla ölçülebilir. Elbette bu, bunun gerçek bir deney olduğu anlamına gelmez, sadece bir 'düşünce deneyidir'.

Einstein tarafından belirsizlik ilkesine yapılan bu karşı çıkıştan sonra, Niels Bohr'un mutsuz ve Einstein'in da mutlu bir akşam geçirdikleri söylenir. Ancak Niels Bohr'un çözümü bulduğu sonraki gün, Niels Bohr son zaferini kazanmıştır. Kutu altına bir telafi ağırlığı asılarak kütle ölçülür. Bu, kutuya bir momentum katkısıdır ve konumu ölçmede bir hata vardır. Rölativiteye göre zaman mutlak değildir ve kutunun konumundaki hata zamanı ölçmede bir hataya dönüşür.

Einstein, belirsizlik ilkesini asla benimsememiştir. Fakat Bohr'un açıklamasından sonra onu gönülsüz de olsa kabul etmek zorunda kalmıştır.

1932'de von Neumann kuantum teorisini kesin bir temele oturtmuştur. Önceki çalışmaların bazıları matematiksel olarak eksikti, fakat von Neumann bütün teoriyi operatör cebrinin kurulmasına oturtmuştur.

Referanslar:

1. L. M. Brown, Quantum mechanics, in I Grattan-Guinness (ed.), *Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences* (London, 1994), 1252-1260.
2. J. Mehra and H. Reichenberg, *The Historical Development of Quantum Theory* (New York, 1982-87).
3. F. Hund, *Geschichte der Quantentheorie* (Mannheim, 1967).
4. D. Wick, *The infamous boundary: seven decades of controversy in quantum physics* (Boston, 1995).
5. B. L. Cline, *Men who made a new physics : physicists and the quantum theory* (Chicago, 1987).
6. M. Jammer, *The philosophy of quantum mechanics: the interpretations of quantum mechanics in historical perspective* (New York, 1974).
7. A. I. Miller (ed.), *Sixty-two years of uncertainty: historical, philosophical, and physical inquiries into the foundations of quantum mechanics* (New York, 1990).

YAZARLARA

Dergimiz yazılarıyla katkıda bulunabilecek herkese açıktır.

İçeriği hakkında fikir vermek üzere şu konu başlıklarını sayabiliriz:

- Fizikteki son gelişmeler üzerine popüler düzeyde makaleler.

- *Derlemeler.*

- *Fizik eğitimi ile ilgili yazılar.*

- *Bilim tarihi.*

- *Fizik dünyasından haberler.*

- *Yarışmalı fizik problemleri.*

- *İzleyici mektupları.*

Şimdilik, olanaklarımız yazarlara telif ücreti ödemeye elverişli değildir. Gönderilecek yazıların okunaklı el yazısı veya tercihan herhangi bir daktilo ile yazılması ve editör adresine yollanması yeterlidir.