

FIZİK

DERGİSİ

AĞUSTOS 2003 - SAYI: 17



**"2001 Nobel Fizik Ödülü"
(Bose-Einstein Yoğunlaşması)**

Ekrem Aydiner

"Fiziğin Gizemi, Metodolojisi ve Felsefesi"

Süleyman Bozdemir

**"E. Fischer'in Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi
1951-1956 yılları arasında yönettiği çalışmalar"**

Erdal İnönü ve Nalf Türetken



TÜRK FİZİK VAKFI

FİZİK

DERGİSİ

FİZİK DERGİSİ

Sahibi

Türk Fizik Vakfı adına
Şükran Nasuhoğlu

Editörler

Gökçe Bingöl
A. Osman Kodolbaş

Katkıda Bulunanlar

Fevzi Apaydın
Özgen Birgül
Ethem Hızarcı
Bilal Tanatar

Adres

Gökçe Bingöl
A. Osman Kodolbaş
Hacettepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Fizik Mühendisliği Bölümü,
06532-Beytepe, Ankara
Tel: 0(312)297-7200
Fax: 0(312) 299-2037
Email: kodolbas@hacettepe.edu.tr

Türk Fizik Vakfı,
P.K. 78 06662-Küçükesat, Ankara
Tel: 0(312)428-1969

Yazarlara

Dergimiz yazılarıyla katkıda bulunabilecek herkese açıktır. Şimdilik olanaklarımız yazarlara telif ücreti ödemeye elverişli değildir. Yazılar iki kopya olarak bir disket eşliğinde gönderilmelidir. 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, Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 21.1.1994 gün ve 611.7.YKD. Bşk. Sür. Yay. Şb. Md. 311 sayılı kararı ile ortaöğretim öğrencilerine tavsiyesi uygun bulunmuştur.

Teknik Hazırlık ve Baskı

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Matbaası

İÇİNDEKİLER

Fizik Dergisi'nden

E. Fischer'in Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi
1951-1956 yılları arasında yönettiği çalışmalar
Erdal İnönü ve Naif Türetken

Fiziğin Gizemi, Metodolojisi ve Felsefesi
Süleyman Bozdemir

2001 Nobel Fizik Ödülü, Bose-Einstein
Yoğunlaşması

Ekrem Aydiner

Haberler

FİZİK DERGİSİ'NDEN

Dergimizin 17. sayısı, uzun bir aradan sonra çıktı.

Prof. Erich Fischer (1910-1970) Ankara Fen Fakültesinde 1951-1956 yılları arasında kurup yönettiği "dielektrik rölaksasyon" araştırma gurubuyla bilim adamı yetiştirme ve bilime katkı yapma görevlerini başarıyla yerine getiren bir Alman fizikçisidir. Prof. Erdal İnönü ve Prof. Naif Türetken'in kaleme aldığı yazıyı ilgiyle okuyacağınızı umuyoruz.

Prof. Süleyman Bozdemir, Fizik Dergisi 16. Sayısında çıkan "Felsefe-Bilim ve Fizik" başlıklı yazısının devamı niteliğindeki çalışmasında Klasik Fizikteki gelişmelerin zaman içinde yaşantımızı, düşünce sistemimizi ve felsefemizi nasıl etkilediğini ortaya koymaya çalışıyor.

2001 yılı Nobel Fizik Ödülü Eric Cornell, Carl Wieman ve Wolfgang Ketterle'ye İstatistik Fiziğin önemli beklentilerinden biri olan Bose-Einstein Yoğunlaşmasını oluşturmalarından dolayı verildi. Konunun ayrıntıları yazarımız Ekrem Aydiner'in yazısında sunulmuştur.

Yakın bilim tarihimizde, bilim insanı yetiştirme ile bilime katkı yapmanın birlikte başarı ile yürütüldüğü bir örnek:

E. Fischer'in Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi 1951-1956 yılları arasında yönettiği çalışmalar

Erdal İnönü – Naif Türetken

(Bu yazı, Tübitak'ın IV. Bilim Kongresine sunulacak bir bildiri olarak hazırlanmış, fakat kongrede okunamamıştı. Tarihi değeri bakımından okurlarımızın ilgisini çekeceğini umuyoruz.)

1. Giriş

Temel bilim fakültelerimizin bilim adamı yetiştirme ve bilime katkı yapma görevlerinin ikisini birden yürütmede çeşitli engellerle karşılaştıkları ve gereken başarıyı her zaman elde edemedikleri bilinen bir gerçektir. Öte yandan gerek yakın geçmişte, gerek günümüzde her iki alanda da başarı göstermiş bazı öğretim ve araştırma birimleri bulunduğu da bilinmektedir. Böyle olumlu örnekler üzerinde, yanıltıcı abartmalara düşmeden, biraz durmak bilim politikamız bakımından herhalde faydalıdır. Bu düşünce ile Erich Fischer'in Ankara Fen Fakültesinde 1951-1956 yılları arasında kurup yönettiği ve kendisi ayrıldıktan sonra da bir süre çalışmaya devam eden "dielektrik rölaksasyon" araştırma gurubunun çalışmalarını aşağıda kısaca özetleyip akademik ve bilimsel bir değerlendirme yapmak istiyoruz.

Prof. E. Fischer hakkında bilgi

Erich Fischer (1910-1970) bir Alman denel fizikçisi ve Üniversite profesörüdür. Öğretimini Bonn, Münih ve Berlin Üniversitelerinde tamamladıktan sonra 1937 de Max Plank Enstitüsünde molekül fiziği alanında çalışmaya başlamış daha sonraları da Berlin ve Tübingen Üniversitelerinde öğretim üyeliğine geçmiştir. Savaş sırasında çekirdek fiziğinde çalışmış, savaştan sonra tekrar molekül fiziğine dönmüştür. 1951 de Prof. Heisenberg'in telkini ve Genel Fizik Enstitüsü Müdürü Prof. Hayri Dener'in teşebbüsü ile Ankara Fen Fakültesine davet edildiği zaman Tübingen Üniversitesinde profesör olarak çalışmaktaydı. Molekül fiziği alanında, özel olarak polar sıvıların dielektrik rölaksasyon ölçüleri konularında bir çok araştırma yayınlamış bir uzman olarak biliniyordu.

Erich Fischer, 19 Mart 1951 de Ankara Fen Fakültesine katılmış, beş buçuk yıl burada çalıştıktan sonra 30 Eylül 1956 da ayrılmış ve Almanya'ya dönmüştür.

H. Fischer'in Ankara Fen Fakültesindeki çalışmaları

Prof. Fischer, Genel Fizik Enstitüsüne katılınca, bir yandan atom, molekül ve çekirdek fiziği konularında (Denel Fizik Enstitüsü öğretim görevlilerinden Rauf Nasuhoğlu'nun tercüme ettiği) bir temel ders vermeye başlamış, öte yandan dielektrik rölaksasyon konusundaki araştırma programını hiç vakit geçirmeden yürütmeye koyulmuştur. Tübingen Üniversitesinden getirmiş olduğu ve dielektrik kayıp ölçmeye yarayan basit bir alet yardımıyla asistan Adnan Şaplakoğlu Enstitüdeki ilk doktora çalışmasına başlamış, kısa bir süre sonra Almanyadan gelen bir öğrenci, F. Dieringer, gene kısmen Tübingen'den getirilmiş kısmen Ankara'da imal edilmiş (ve rezonans metoduyla dielektrik ölçmeler yapmaya yarayan) bir alet üzerinde bir diploma çalışmasına girişmiş, böylece Fischer'in Ankara'ya gelmesinden sonra bir yıl geçmeden üç dört elemanın katıldığı bir araştırma gurubu kurulmuştur. Doktorasını

yapan bir asistanın ayrılması ve onun yerine yeni bir asistanın alınması yoluyla gurubun eleman sayısı pek değişmeden araştırma faaliyeti aşığı yukarı on yıl (büyük kısmı Fischer'in, bir kısmı da R. Nasuhoğlu'nun yönetiminde olmak üzere) devam etmiştir. Bu çalışmalarla A. Şaplakoğlu'nun doktora tezi, F. Dieringer'in (Tübingen Üniversitesine sunduğu) diploma ve doktora tezleri, N. Zengin, K. Bakın, M. Ergun, E. Tokmakçıoğlu'nun doktora tezleri Prof. E. Fischer'in yönetiminde, Z. Güner ve M. Oral'ın doktora tezleri de R. Nasuhoğlu'nun yönetiminde tamamlanmıştır. Ayrıca 20 kadar da mühendislik tezi çalışması yapılmıştır.

Araştırma programı dışında E. Fischer'in Ankara Fen Fakültesinde ön ayak olduğu başka bir akademik girişim, yüksek fizik mühendisliği adıyla yeni bir diploma programı kurulmasıdır. Fakültede fizik dalına öğrencilerin çok az ilgi göstermesinin esas nedenini, Türkiye'de fizik öğretmeni dışında (örneğin kimyager veya kimya mühendisi gibi) bir "fizikçi" kavramının henüz yerleşmemiş olmasına, böylece Türkiye'nin öğretmenlik dışında uygulayıcı, geliştirici ve araştırmacı olarak çalışacak fizikçilere duyduğu ihtiyacın öğrencilerce bilinmemesine bağlayan Fischer, bu ihtiyacı açıkça belirtecek bir yeni diplomanın ve ünvanın faydasını farketmiş ve Almanyadaki "diploma physiker" teriminin bir serbest karşılığı olarak "fizik yüksek mühendisliği" derecesini ortaya atmıştır. Fakültedeki meslektaşları, başlıca H. Dener, B. Tanyel ve R. Nasuhoğlu'nun yardımlarıyla hazırlanan Fizik Mühendisliği programı yetkili kurullarca benimsenerek iki yıl gibi nisbetenkısa bir zaman içinde yürürlüğe konmuştur. Bu program, Türkiyede fizik dalına gösterilen rağbetin artmasında gerçekten çok önemli rol oynamış ve sonraları öteki üniversitelerimizde de başlatılan bütün Fizik Yüksek Mühendisliği ve Fizik lisans üstü programlarının öncüsü olmuştur.

Araştırmaların değerlendirilmesi

İlgilendiğimiz gurubun araştırmaları ile ilgili olarak 1952-1957 yılları arasında E. Fischer, R. Nasuhoğlu, A. Şaplakoğlu, F. Dieringer, H. Ergun, N. Zengin imzalarıyla 16 kadar makale (Ankara Fen Fakültesi dergisi ile Zeitschrift für Naturforschung, Zeitschrift für Physik, Naturwissenschaften dergilerinde) yayınlanmıştır. Bu yayınların bilime yaptığı katkıyı objektif olarak değerlendirebilmek için konunun uzmanlarının bilgisine başvurmak zorundayız.

1961, 1963-1971 yıllarına ait "Science Citation Index" [1] yıllıklarında bu makalelere başka yazarlar tarafından 1961-1971 arasında 25 kadar referans verildiği görülmektedir. Böylece makalelerin belirli bir ilgi uyandırdığı açıksa da daha incelikli ve nitelikli bir değerlendirme yapabilmek için ayrıntılara biraz inmeliyiz.

Söz konusu denel araştırmalarda güdülen gaye, bazı organik sıvıların belirli bir dalga boyu bölgesinde dielektrik özelliklerini belirleyen sabitlerin ölçülmesi ve bu ölçülere dayanarak

incelenen sıvıların molekül yapıları hakkında yorumlar yapılması, bilgi edinilmesidir. Öylese bu araştırmaların bilime katkısı araştırılırken hiç olmazsa aşağıdaki soruların cevaplandırılması gerekir:

1. Yapılan ölçmelerle bulunan değerler, acaba dielektrik özelliklere ait sabitleri gösteren uluslararası standart çizelgelere alınmış mıdır?
2. Belirli sıvıların molekül yapıları hakkında ileri sürülen yorumlar, acaba başka uzmanlarca da kabul edilerek "bilimsel literatür" ün malı olmuş mudur?

Her iki sorunun cevabının da olumlu olduğunu gösteren bir iki örnek verelim:

1. a. Bütün bu makalelerin özetleri ve verdikleri ölçü sonuçları gerek "Physics Abstracts", gerek "Chemical Abstracts" larda yayınlanmıştır.
b. Amerikada, National Bureau of Standards'ın 1958'de yayınladığı (F. Backley-A. A. Moryott tarafından derlenmiş) "sıvılar için dielektrik dispersiyon verileri" kitabındaki cetvellerde Fischer Dieringer'in 1952 tarihli ve Dieringer'in 1956 tarihli makalelerinden alınmış (Ankarada elde edilmiş) değerler vardır [2].
c. Gene Amerikada, National Academy of Science'in bir özel komitesinin her yıl çıkardığı "Digest of Literature on Dielectrics" dizisinin 1962 yılına ait 26. cildinde R. D. Nelson'un yazısındaki röleksasyon zamanları çizelgesinde Fischer'in 1957'de Ankara FenFakültesi dergisinde yayınlanmış makalesinden alınmış (ve Ankarada ölçülmüş) bir çok veri vardır [3].
2. a. "Digest of Literature on Dielectric" dizisinin 1957'de yayınlanan 21. cildinde T. D. Callinan'ın "Molecular and Ionic Interactions in Dielectrics" adlı değerlendirme yazısında E. Fischer ve N. Ergun'un yaptıkları ölçümlere dayanarak molekül yapısı hakkında ileri sürdükleri yorum olduğu gibi alınmıştır [4].
b. "Progress in Dielectrics" dizisinin 4. cildinde (1962) "Dispersion and Absorption of Microwaves in Gases and Liquids" başlıklı uzun bir inceleme yazmış olan K. H. Illinger, Fischer ve çalışma arkadaşlarının elde ettikleri sonuçlardan ve yaptıkları yorumlardan ayrıntılı olarak bahsetmektedir [5]. Özet olarak, Illinger, Fischer'in ölçtüğü dielektrik röleksasyon zamanlarını açıklamak için ileri sürdüğü molekül içi hareketlerin varlığını kabul etmekte, ancak bu hareketlerin meydana geliş şekli olarak Fischer ve Dieringer'in teklif ettiği mekanizmayı muhtemel bulmamaktadır.

Yukarıya aldığımız örneklerin 1951-1957 yılları arasında H. Fischer'in önderliğinde Ankara'da yürütülen dielektrik röleksasyon araştırmalarını başka merkezlerdeki uzmanların da ilgi ile takip ettiklerini göstermeye ve bu çalışmalarla bilime yapılan katkının mertebesini ortaya çıkarmaya yeteceğine inanıyoruz.

Sonuç

Prof. E. Fischer'in Ankara Fen Fakültesinde bulunduğu 1951-1956 yılları arasında yürüttüğü çalışmaların hem bilim adamı yetiştirme, hem de bilime katkı yapma yönlerinden ileri başarı kazanmış çalışmalar olduğunu belirtmeye gayret ettik. Bu başarılarda esas etken, şüphesiz araştırma gurubunun önderliğini yapan E. Fischer'in bilimsel yeteneği ile yapıcı şahsiyeti olmuştur. Ancak sonuçlar bakımından hemen aynı derecede önemli başka bir etkende başta Genel Fizik Enstitüsünün Müdürü Prof. Hayri Dener olmak üzere fakülteadaki yöneticilerin Prof. Fischer'in çalışmalarını kendi imkanları içinde iyice desteklemiş olmalarıdır. Bu iki etkinin, üniversitelerimizin yakın geçmişinde rastlanan başka olumlu örneklerde de en önemli rolü oynamış olmaları beklenebilir.

Referanslar

[1] Science Citation Index 1961, 1963-1971: Institute for Scientific Information, Philadelphia, PA, USA.

[2] Buckley, F., Maryott, A.: Tables of Dielectric Dispersion Data for Pure Liquids and Dilute Solutions. National Bureau of Standards Circular 589, Washington, 1958.

[3] R. D. Nelson: Tables of dielectric constants, dipole moments and dielectric relaxation times, Digest of Literature on Dielectrics, Vol. 26, 1962. Publication 1139, National Academy of Science – National Research Council, USA.

[4] T. D. Callinan: "Molecular and Ionic Interactions in Dielectrics" Digest of Literature on Dielectrics, Vol.21, 1959. National Academy of Science – National Research Council, USA.

[5] K. H. Illinger: "Dispersion and Absorption of Microwaves in Gases and Liquids", Progress in Dielectrics, Vol. 4., 1962, J. Wiley, New York.

Fiziğin Gizemi, Metodolojisi ve Felsefesi

Süleyman BOZDEMİR

Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü, Adana

SUNUŞ

Fizikte bir çok konuya yabancı olan geniş okuyucu kitlesine fizik bilimiyle ilgili gelişmelerin iletilmesi sorunu, günümüzde hem büyük bir önem kazanmıştır hem de bu iş çok ince bir çalışmayı gerekli kılmaktadır. Önem kazanmıştır diyoruz, çünkü kamuoyu tüm genişliğiyle, fizikteki ilerlemelerin yüceliğini, bunların düşünsel değerlerini ve ulusların gelecekleriyle uygarlıkların evrimi üzerinde yapabilecekleri son derece büyük yankılanmaları değerlendirmek durumundadır. Öte yandan, çok ince bir çalışmayı gerekli kılmaktadır dedik; çünkü, bilimsel bilgiler günden güne durmadan artmakta ve karmaşıklaşmaktadır. Bunun sonucu olarak, bu bilgileri çarpıtmaksızın başta fizik öğrencileri ve fizikçiler olmak üzere diğer okuyucu kitlesinin eli altına koymak çok güçleşmektedir. O zaman genel anlamda bilimde özel anlamda fizikteki bulguları halka iletmek doğrultusunda duyulan o çok yerinde ve içten dilek ile ; her bilim adamının vicdanına kendini dayatmış olan, hakikati çarpıtmadan ve ileri sürülen görüşleri, bilimsel olarak saptanmış olanların ötesine asla taşıtmama ödevi arasında bir çatışma doğmaktadır.

Bu yüzden günümüzde fizikçiler, mesleklerinden olmayanların da anlayabileceği bir düzeyde konferans vermeli, yazılar yazmalı ve böylece fizikteki gelişmeleri halka iletme çalışmasına yardımcı kalmamalıdır. Çünkü, geniş halk kitlelerinin düşünsel ilerlemesinde bu iletme geçmiştekine oranla çok daha fazla bir gerekliliği vardır. Bu iletim, bir yandan da kimi tehlikeleri de kendisiyle birlikte getirmekte ve kimi engellerle karşılaşmaktadır. Açıkça söylemekte yarar var: Ne denli seçkin bir bilimci olursa olsun, kimilerimiz, fizik bilimini halka iletme sanatının gerektirdiği, doğadan gelme bir yetenek sayılabilecek o anlatım ustalığını gösterememektedir. Bunun sonucu, bilimin halka iletilmesi işi, fizikteki son ilerlemelerin pek iyi bilinmeyen, bunları ya kötü bir yolla yorumlamaya ya da kazanç amacı güderek

okuyucularını bilgilendirmekten çok, onların sayısını çoğaltmak kaygısı taşıyan ve dolayısıyla, daha kolay anlaşılabilir görünebilmek için, açıklamalarının düzeyini düşürme eğilimi gösteren, bunu da, bilginin doğruluğunu sedeleme pahasına yapan kimselerce yapılması tehlikesiyle karşılaşılıyor.

Öyleyse, çağdaş toplum içindeki rolünün bilincini taşıyan gerçek bilim adamları, geniş halk katmanlarına bilimin ilerlemesi çalışmalarına kayıtsız kalmamalıdır; çünkü, bilimsel ilerlemelerin düşünsel yüceliğini ve pratik alanda onlardan doğabilecek son derece önemli sonuçları, bu katmanlara yalnızca böyle bir çalışma öğretebilecektir.

Bilimi geniş halk katmanlarına sunmasını başarmış değerli bilim adamları bulunmaktadır. Bunların arasında Nobel Fizik Ödülü almış Amerikalı fizikçi Richard Feynman ve dünyanın en bilgili ve yaratıcı matematiksel fizikçilerinden biri olan ünlü İngiliz bilim adamı Roger Penrose sayılabilir. Roger Penrose'un 1989 yılında "Oxford University Press" tarafından yayınlanan "**The Emperor's New Mind / Concerning Computers, Minds, and The Laws of Physics**" adlı yapıtı aynı meslekten olmayanlar için yazılmış ve bugün bilim klasikleri arasına girmiş harika bir çalışmadır. Bu eser dilimize Prof. Dr. Tekin Dereli tarafından "**Kralın Yeni Usu / Bilgisayar ve Zeka, Fiziğin Gizemi, Us Nerede?**" adıyla üç cilt halinde kazandırılmış ve 1997 yılından itibaren TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları serisinde yayımlanmaya başlamıştır.

Kralın Yeni Usu; yapay zekayı, usu ve bilimi tartışan, modern fizik, evren bilimi, matematik ve felsefe üzerine bugüne kadar yazılmış en ilginç yapıtlardan biridir. Buna benzer eserler çıktıkça çoğumuzun belki de pek farkında olmadığımız fiziğin gizemli bir yanının olduğu ve özellikle felsefe akımları üzerinde çok etkin bir rol oynadığı görülecektir.

"**Felsefe-Bilim ve Fizik**" ilişkisi konusunu ele alan bir çalışmam **Fizik Dergisi'nin** Ekim 2001'de çıkan 16. sayısında yayınlanmıştı. Onun bir devamı niteliğinde olan bu çalışmamda Klasik Fizikteki gelişmelerin zaman içinde yaşantımızı, düşünce sistemimizi ve felsefemizi nasıl etkilediğini ortaya koymaya çalıştım. Bunu yapabilmek için Klasik Fiziğin evrelerine kısaca bir bakmak gerekmektedir.

Klasik Fiziğin Evrelerine Kısa Bir Bakış

Doğanın en temel bilimi olan fizik, gerek doğal olarak insanın doğrudan karşılaştığı, gerek kendisinin yarattığı, algılanabilir dünyanın veya evrenin nesnelere, aralarındaki etkileşimleri ve olayları, gözleme, deneme ve kuram hazırlama yoluyla inceleyen bir doğa bilimidir. Kuark ve Lepton gibi maddenin temel yapısını oluşturan en küçük parçacıklardan evrendeki

yıldızların ve galaksilerin davranışlarına varıncaya kadar tüm doğa olaylarını kapsayan geniş bir alan fiziğin konusuna girmektedir. Fiziksel bilimlerin kraliçesi olarak da bilinen fizik, sadece ilişkili gerçeklerin bir kataloğu, doğa yasalarının bir koleksiyonu değildir. O özgür düşünce ve kavramlarıyla geliştirdiği akla, gözleme, deneye, bilimsel şüphecilığe ve kurama dayalı bilimsel yöntemleriyle, insan aklının yarattığı en büyük eserdir.

Fiziksel kuramlar gerçekleri su yüzüne çıkarmaya ve geniş bir biçimde algılanan izlenimlerle bu gerçeklerin arasında bir ilişki kurmaya çalışır. Aklımızın, yani mantıkyapımızın haklılığı, sadece kurumlarımızın bu ilişkiye hangi yolla ve nasıl yaptığına bağlıdır.

Antik çağlardan XVII. Yy başına dek fizik terimi, olayların hemen hemen yalnız nitel görünüşlerini, varlığını ve maddelerini ele alan, günümüzde “doğa felsefesi” dediğimiz kavramı belirtiyordu. Bu dönemde bilinen olaylar yalnızca, katı ve sıvı maddelerin statik davranışı, ışığın yansınması ve kırılması, ısı ve ateş, ses ve müziği. Katı-sıvı-gaz hal değişimleri XVII. yy'a dek, belirsiz bir kavram olarak kaldı. Bunda eski Yunanlıların M. Ö. VIII. yy'da mannetizmayı, VI. yy'da elektriği buluşunu, Çinlilerin M.Ö. 1000 yıllarında pusulayı keşfederek yön tayininde kullanmalarını da ekleyebiliriz. Fakat bu yüzeysel bilgiler daha ileri ve sistematik araştırmalarla geliştirilemediği için fiziğin bir bilim dalı olması sağlanamadı.

Bu dönemde fiziğin, genelde bilimin gelişmesine en büyük engellerden birisi Avrupa'da Aristo'nun doğanın yapısal durumuyla ilgili düşüncelerinin Hıristiyan düşünce düzeninin içine girmesini sağlayan kilise ile İslam dünyasında imanı akıldan üstün tutan Gazali felsefesini benimsemiş olan medreselerdir. Bilindiği gibi Aristo ünlü bir **rasyonel, eklektik** felsefecidir. Herşeyin akılla çözülebileceğini, deney yapmaya gerek olmadığına inanmaktadır. Bu yüzden hareketle ilgili bir çok yanlış görüşleri asırlarca bilimin gelişmesine engel olmuştur. Her hareketin bir nedeni olduğunu kabul eden Aristo, dış bir etkenin yokluğunda hareketin devam edebilmesini ortamın sahip olduğu bir hareket gücüne bağlamıştı. Aristo'ya göre, bir cisme bir kuvvet uygulayabilmesi için o cisme değmesi şarttı ve bir cismin hareket etmesi için o cisme sürekli olarak bir kuvvet uygulanması gerekiyordu. Aristo'nun bu eksik ve yanlış kuvvet ve hareket yasaları daha sonra İskenderiyeli **Philoponus** tarafından da benimsendi. Atılan bir cisme bir çeşit hareket gücü verilmekte ve bu güç ortamın direnci tarafından tüketilene kadar hareket devam etmektedir. 14. yy da **Jean Buridan** adında bir fizikçi cisme iletilen bu hareket gücüne “**İmpetus**” adını vermiştir.

Aristo'nun cisimlerin serbest düşme hareketi ile ilgili teorisi de hayli ilginçtir. Aristo'ya göre büyük kütleli cisimlerin yerin merkezine gitme eğilimi küçük kütleli cisimlerden daha fazladır, bu nedenle büyük cisimler küçük cisimlerden daha hızlı düşerler.

Aristo'daki bu yanılgılar uygun gibi görüldüğü için hala günümüzde bile öğrenciler arasında hakim bir görüştür.

Ayrıca yerin evrenin merkezi olduğu görüşü de kilise tarafından benimsenmiş, aksini söylemeye kalkan Giordino Brunu'yu ateşte yakmış, **Galileo** (1564-1642)'yu evine hapsederek, zindanlara atarak sefalet içinde bir ömür geçirmesine neden olmuştur. Aristo ile Galilei arasında yaklaşık 2000 yıllık bir zaman aralığı vardır. Nesnelere uzayı ile düşünceler uzayının tek bir "fizik uzayı" halinde birleşmesi için bu kadar uzun bir sürenin geçmesi gerekmiştir.

Fiziğin doğa felsefesinden ayrılarak bağımsız bir bilim haline gelmesi ve gerçek gelişimini XVII. yy'ın başında başladı. 16.yy.'da **Copernicus** tarafından Dünya ile birlikte diğer gezegenlerin Güneş çevresinde döndükleri ortaya atıldı. Galilei bunun ateşli bir savunucusu oldu. Bundan sonra araştırılacak soru şuydu: Gezegenler Güneş çevresinde tam olarak nasıl dönüyorlardı?

Yörüngeleri çember mi, elips mi yoksa başka bir eğri miydi? Nasıl bir hızla hareket ediyorlardı?

Bunların yanıtlanması daha uzun zaman aldı. Copernicus sonrası dönemler, gezegenlerin gerçekten Güneş etrafında mı döndükleri, yoksa Dünya'nın evrenin merkezinde mi olduğu sorularının tartışıldığı dönemlerdir.

Daha sonra **Tycho Brahe** (1546-1601) adında Danimarkalı bir astronom, soruyu yanıtlamak için bir yöntem önerdi. Eğer gezegenler çok dikkatle gözlenip gökyüzündeki yerleri tam olarak kaydedilirse, teorilerin durumu belki açıklığa kavuşabilirdi. Bu modern bilimin anahtarı ve doğanın gerçekten anlaşılmasının başlangıcı oldu: Bir şeyi gözlemek, ayrıntıları kaydetmek ve bu bilgilerden şu veya bu yorumu çıkarmayı sağlayacak ipuçlarını içerdiğini ummak. Zengin bir kişi olan Tycho, Kopenhag yakınlarında satın aldığı bir adanın üstüne bir gözlem evi kurdurdu ve geceler boyunca gezegenlerin konumlarını kaydetti. Tycho'nun beklenmeyen ani ölümü üzerine elde ettiği verilerin değerlendirilmesini asistanı Alman astronom ve matematikçisi **Johann Kepler** (1571-1630) yaptı.

Kendi adıyla anılan ünlü Kepler Kanunlarını buldu. Kepler'in bu üç yasası şu şekilde özetlenebilir:

1. **Gezegenlerin Güneş etrafındaki yörüngeleri elipstir. Güneş elipsin odaklarından birinde bulunmaktadır.**
2. **Gezegenleri Güneşe birleştiren doğru eşit zaman aralıklarında eşit alanlar süpürür.**
3. **Herhangi bir gezegenin yörünge periyotunun karesi, eliptik yörüngesinin büyük eksenin yarısının küpüyle orantılıdır.**

Kepler'in bu üç yasası gezegenlerin Güneş çevresindeki hareketlerini tam olarak belirlemektedir. Bundan sonraki soru şuydu: Gezegenleri Güneş çevresinde hareket ettiren şey nedir? Kepler'le aynı dönemde yaşamış bazı kişiler bu soruyu şöyle yanıtlıyorlardı: Melekler kanatlarını çırparak gezegenleri arkadan yörünge boyunca iterler. Nobel Ödüllü ünlü Amerikalı fizikçi Richard Feynman'ın deyimiyle bu yanıt gerçeği pek de uzak sayılmazdı. Tek fark, meleklerin farklı yönlerde oturup kanatlarını içeriye doğru çırpıyor olmalarıydı.

Aynı sıralarda Galileo da Dünya'daki sıradan cisimlerin hareket kurallarını inceliyor, bu inceleme sırasında da bazı gerçek ve düşünce deneyleri yapıyordu. Toplar eğik bir düzlem boyunca nasıl yuvarlanıyor, serbest bırakılan bir cisim havada nasıl düşüyor gibi. Bu çalışmaların sonucunda Galileo **eylemsizlik ilkesi** yeni ve önemli bir kural keşfetti. Kural şuydu: **Düzgün bir doğru üzerinde belirli bir hızla hareket eden bir cisim, hiçbir engelle karşılaşmazsa, bu doğru boyunca, aynı hızla sonsuza kadar gitmeye devam edecektir.** Bir topu durmamacasına yuvarlamaya çaişmiş olan herkes için buna inanmak güç olsa bile, yerdeki sürtünme vb. etkenlerin olmadığı ideal bir ortamda, top gerçekten de düzgün bir hızla sonsuza kadar gidecektir. Bunun için bir impetus'a ihtiyaç yoktur.

Galileo'nun ortaya çıkardığı bir diğer gerçek de Aristo'nun kuvvet ve hareketle ilgili düşüncelerinin yanlışlığı olmuştur. Galileo bütün cisimlerin ağırlıklarına ve şekline bağlı olmadan aynı yükseklikten serbest bırakıldıkları zaman yere aynı hızla düşeceklerini sezdiği ya da Pizza Kulesi'nde deneyerek gösterdiği ifade edilmektedir.

Serbest düşme deneyi hava direncinin gerçekten ihmal edilebilir olduğu iyi bir vakumda yapıldığı zaman bir kağıt parçası ile bir paranın aynı ivme ile yani yerçekimi ivmesiyle düştükleri bugün laboratuvarlarda gösterilen sıradan bir deneydir. 2 Ağustos 1971'de böyle bir deney astronot David Scott tarafından Ay üzerinde yapıldı. Astronot bir çekiç ve bir şahın tüyünü aynı zamanda serbest bıraktı ve Ay'ın yüzeyine aynı anda düştüklerini gözledi. Bu gösteri deneyi de Galileo'yu kesinlikle doğrulamıştır.

Galileo Galilei çağdaş fiziğin temelini atan fencilerden biri olarak bilinir. Bu ilginç insanın fiziğe katkıları yalnız kinematiği Aristo'dan beri yüzyıllar boyunca sürüp gelen bir çıkmazdan kurtararak önüne yeni ufuklar açması değil, bu işi yaparken doğa ile ilgili problemleri çözmekte, getirdiği yeni yaklaşım, yeni yöntemler, yeni anlayış ve yeni kavramlarla insanlığın eline yepyeni güçlü ve doğanın yapısına uygun araçlar vermiş olmasıdır.

Fiziğin gerçek gelişimi ve evrimi, XVII. yy'ın başında başladı. 1642'de Galileo ölür ve Newton doğar, Rönesans 'tan beri süren tüm hazırlıklar sanki Newton içindir. Newton (1642-1742), Kepler ve Galileo'nun buluşlarına, Francis Bacon'ın ve Galileo'nun kurduklarıakılcı bilim yöntemine ve deneysel felsefeye dayanarak fiziğin ilk sentezini 1687'de yaptı. Principia (ilkeler), diğer adıyla "**Doğa felsefesinin matematik ilkeleri**" adlı yapıtıyla hareket bilimi olan mekaniğin temellerini atan Newton, klasik fiziğin en parlak ilk kuramcısı oldu.

Newton'un sentezi iki farklı konuyu kapsar. Bunlardan biri; cismin bir kuvvetin etkisi altında nasıl bir yol izleyeceğini açıklayan hareket yasasıdır. Bunlara **dinamik yasaları** da denir. Diğeri **kütle çekim yasasıdır**. Newton Aristo'nun eksik ve yanlışlarını bir ölçüde düzelten Galileo'nun çalışmalarını tamamlamıştır. Kuvvet için değme koşulu yerine, uzaktan ani etkiyi getirdi; hareket için de, kuvvetin cismin hızını değiştirdiği yasaını getirdi. Bu son yasa, belirli bir kuvvetin etkisi altında hareket eden bir cismin, belirli bir andaki yeri ve hızı bilinirse, cismin ezele ve ebediyete kadar her an yerinin ve hızının bilinmesine olanak tanıyordu. Buna göre, insan evrendeki gezegen ve yıldızların her birinin yerini, hızını verilen bir anda saptayabilirse, evrenin geçmişini ve geleceğini belirleyebilecekti.

Newton'un mekanik yasaları bir yandan Aristo'nun bu konudaki önerilerini çürütürken, öte yandan yeni bir felsefenin doğmasına olanak sağlıyordu. Bu da insan aklına güvenen, insana önem veren bir dünya görüşünü hazırlayacaktı.

Bütün XVII. yy boyunca süren ve 20. yy. Başlarına kadar geçen süre klasik fizik dönemidir. Bu dönemde üç fizik sentezi bulunmaktadır; Newton (1687), Maxwell (1864), Einstein (1905, 1916). Burada "klasik" sözcüğünün anlamı, 1925 yılında kuantum kuramının, (Planck, Einstein, Bohr, Heisenber, Schrödinger, de Broglie, Born, Jordan, Pauli ve Dirac gibi fizikçilerin esin kaynağı yapıtlarının üretildiği dönemde) moleküllerin, atomların ve atom-altı elementer parçacıkların davranışlarını tamamlayan bir belirsizlik içeren, belirleyici olmayan gizemli kuantum kuramının ortaya çıkmasından önce tekin olan kuramlardır.

Bilimin bugüne kadar gerçekleştirdikleri dramatiktir. Doğayı yorumlamadaki olağanüstü gücümüzün neleri elde etmemize yardımcı olduğunu görmek için etrafımıza bakmamız yeterlidir. Modern dünyanın teknolojisi, deneysel birikimin zenginliğinden oldukça büyük ölçüde yararlanmıştır. Ancak teknolojinin temelini oluşturan fizik kuramlarıdır. Elimdeki kuramlar, dikkat çekecek ölçüde bir doğruluğa sahiptir. Fakat güçlerini bundan almazlar. Duyarlı ve ayrıntılı bir matematiksel uygulamaya olağanüstü yatkın oldukları da bir gerçektir. İşte tüm bu gerçekler bize gerçekten etkileyici güce sahip bir bilimi sunmuştur.

Önce klasik fizik kuramının klasik dünyadaki yerinin genel bir değerlendirmesini yapalım. Klasik kuram **belirleyicidir**, yani gelecek tümüyle geçmiş tarafından belirlenir. Biz buna **determinizm** (belirleyicilik) ilkesi diyoruz. Klasik fiziğin dayandığı bir diğer ilke de “**nedensellik**” yani **sebe-sonuç ilkesidir**. Nedensellik ilkesi bilimde tümevarım yönteminin temeli ve öncüsüdür. Bu yöntemin öncül hipotezi aynı nedenlerin aynı sonuçları doğuracağı ilkesidir. Nedensellik, doğal olayların bir düzen içinde ard arda yinelenmesinin insanda yarattığı bir kavramdır.

Newton'un Principia adlı yapıtı bize, birkaç temel fizik ilkesinden hareketle, fiziksel nesnelerin gerçekte nasıl davrandıklarını anlamak ve çoğu kez tam bir isabetle davranışlarını öngörmek yeteneğini kazandırmıştır. Newton'dan sonra Euler, d'Alembert, Laplace, Lagrange, Hamilton gibi matematikçilerin elinde mekanikte büyük ilerlemeler oldu. Bu matematikçilerin mekanikte yaptıkları yenilikler daha çok matematik tekniklerdeki yaptıkları katkıların yanı sıra dünya görüşümüzün felsefi temelini oluşturmak için zemin hazırlamış olmaları açısından da önemlidir. Newton'un hareket kanunları ile tüm gözle görülen evrende ve dünyamızda hareket eden nesnelerin davranışları tam anlaşılabilirdi. Fiziksel evren, hareket halindeki maddeden meydana gelmişti. Fizikte ilk defa yüksek matematiğe gereksinim duyuldu, çünkü maddesel evren diferansiyel ve integral hesapla yönetiliyordu. Evrensel kütle çekim kanunu ile Newton, doğanın temel kuvvetlerinden birini buldu; bu boşlukta gezegenlerin hareketini ve göktaşlarının dünyaya düşüşünü, serbest düşmeyi, gel-git olayını düzenleyen kuvvet idi. Klasik mekaniğin dayandığı standart nicelikler olan, zaman, uzay ve kütle mutlaktı, yani hareketten bağımsızdı. Etkileşim hızının sonsuz olduğu kabul ediliyordu. Hızı ışık hızından çok küçük olan makroskopik boyuttaki cisimlere uygulanıyordu ve iyi sonuçlar veriyordu. Atomlara ve atom-altı parçacıklara uygulandığı zaman iyi sonuçlar vermediği ilerde anlaşılacaktı.

19. yy. gelince fizikteki en önemli buluş, Coulomb, Ampere, Gauss, Ørsted, Faraday ile başlayan James Clerk Maxwell tarafından tamamlanan Elektromanyetik Teori'dir. Bu kuram yalnız elektrik ve manyetik alanların klasik davranışlarını değil, ışığın davranışını da açıklar.

Elektromanyetik dalga keşfedilir ve ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu anlaşılır. Böylece evrende yalnız maddesel parçacıkların kütlelerinin meydana getirdikleri çekim alanları değil, aynı zamanda çok daha kuvvetli olan elektromanyetik alanında bulunduğu anlaşılır. Bu alanın boşlukta yayılma hızı ışık hızına eşittir. Doğanın temel kuvvetlerinden ikincisinin de elektromanyetik kuvvet olduğu anlaşıldı.

Newton'un mekanik sentezi ile Maxwell'in elektromanyetik sentezi klasik fiziğin temelini oluşturur.

Klasik mekaniğin yasalarının maddenin ısı özelliklerine uygulaması termodinamiğin gelişmesini sağlamıştır. Mayer, Loule, Helmutz, Colding'in enerji korunumu üzerindeki ve özellikle Sadi Carnot'un ısı makinalar üzerindeki çalışmaları, Claussius ve Lord Kelvin'in 1850'de klasik termodinamiği tümleyen ikinci yasaya götürmüştür.

Kuşkusuz, 19. yy'ın ikinci yarısındaki sanayi devrimi, o zamanın elverişli ekonomik koşulları bir yana bu klasik fizik yasalarından doğmuştur. Dünün ve bugünün tüm makroskopik teknolojisi 1687'deki Newton mekaniği ile, 1864'deki Maxwell'in elektromanyetik kuramı ve 1850'de biçimlenen termodinamik yasaları üzerine kurulmuştur. 19. yy'da fizikçi ve mühendisler, fiziğin ve makroskopik teknolojisinin gelişmesine hemen hemen eşit katkılarda bulunmuşlardı; çünkü her ikisi de aynı bilimi, yani klasik fiziği kullanıyorlardı. Her ikisi de İngiliz olan Newton ve Maxwell'in sentezlerinin üretime uygulanmaları sonucunda doğan sanayi devrimi üzerine İngilizler, üzerinde güneş batmayan bir dünya imparatorluğu kurdular, yeni kıtalar keşfettiler ve dünyaya bu sayede hükmetmeyi başardılar.

Newton Sentezinin Felsefi Sonuçları

Newton, Francis Bacon'ın ve Galilei'nin kurdukları bilimsel yöntemin ve deneysel felsefenin parlak bir kuramcısı oldu. Bu felsefi görüşe göre, tüm olayların nedenleri olabildiğince basit ilkelere indirgenir; deneyle kanıtlanmayan hiçbir şey ilke olarak ele alınamaz. Çözümleme (analyse) yöntemiyle, doğanın kuvvetleri ve en basit doğa yasaları çıkarılır ve bu basit yasalardan da bileşim (synthese) yöntemiyle geri kalanların yapısı anlaşılır. Newton kütle çekim yasasından çıkarak Evreni böyle açıkladı.

Newton'dan önce, doğa bilimiyle felsefe arasında bir ayrım çizgisi söz konusu idi. Newton'la, doğa bilimi felsefesinin temelini yerleşen bir nitelik kazandı. Newton'un dindar bir kişi olmasına ve yazılarında ilk itici güce neden olarak Tanrıyı göstermesine karşılık, eseri özellikle İngiltere'de kilise tarafından tepkiyle karşılandı. Fakat Newton'un düşünceleri, 18. yy'da, Fransa'ya ve Almanya'ya geçişinde mekanist bir felsefenin doğmasına neden oldu.

Bilim tarihi yazarları Newton'la 17. yy'da başlayıp 18. yy sonuna kadar süren çağa **Newton Çağı** derler. Bu çağda, deney ve tümevarım yöntemi ilkelerinin çok sağlam biçimde kurulması, insan düşüncesinin yeni ufuklara açılmasını sağladı. Felsefede, soyut düşüncelerin bile kökenlerini bulmak ve bunların benimsemeye değer olup olmadıklarını sağlamak için deneye önemli bir yer veriliyordu. Bu nedenle, İngiltere'de felsefeci Locke, Hume ve öteki İngiliz felsefe okullarıyla başlayan ve Descartes'i Spinoza ve Leibniz'in akılcı felsefelerinden ayrılan bu felsefeye **İngiliz Deneyci Felsefesi** adı verilir. Bu felsefe, 17. yy'da yaşamış filozof John Locke (1632-1704)'un 1690'da yayınlanan eseriyle başlamış bir 18. yy felsefesidir.

Locke deneyci felsefenin temelini, doğmatik akılcılığı sorgulayarak kurar. Aklın her şeyi düşünüp, çözümleyip çözümleyemeyeceğini sorarak bilgi teorisini yeniden ele alır. Fikirlerin incelenmesine ve doğuştan varolan tasarımların çürütülmesine geçer. Sonunda, bilginin incelenmesine ve sınırların belirlenmesine girişir. Basın özgürlüğünü, serbest düşünce ve hoşgörülülüğü, dinle politikanın ayrılmasını savunur. Düşüncelerinden ötürü Hollanda'ya sığınmak zorunda kalır.

Locke kendisinden sonra İngiltere'de yetişen ve serbest düşünceliler ya da yaratıcılar adlarıyla filozoflar üzerinde büyük etki yapmış, sonra da Voltaire (1694-1778)'in 1726'da İngiltere'ye sürgün edilmesi üzerine İngiltere'de gördüklerini özellikle Newton'un çalışmalarına olan hayranlığını mektuplara dökerek Fransız halkını bilgilendirmesi, 18. yy. Fransa'sında düşünce hareketlerini etkilemiştir. Voltaire'in çok saydığı Newton'un ve düşüncelerini aynen benimseyerek yalın üslubuyla Fransızlara tanıtması sonucu, Newton yavaş yavaş Descartes'in yerini alıyordu. Maupertius, Lagrange, d'Alembert ve Laplace gibi Fransız matematikçileri ise Newton'un hareket denklemlerini çeşitli biçimlerde yazarak kuramın kullanımını kolaylaştırıyorlardı.

Kaynağını Francis Bacon'dan alan ve Locke, Hume ve diğer başka katılımcıların kurdukları İngiliz deneyci felsefesi ve serbest düşünce akımları en çok Fransa üzerinde etkili oldular. Çünkü, Fransa 1789 devrimine hazırlanıyordu. Fransız düşünürleri Descartes'ten miras aldıkları akılcılığı soyut bir biçimde bırakamazlardı, çünkü böyle bir felsefeyle devrim yapılamazdı. Fransa toplumunu devrime hazırlamak amacıyla aydınlanma felsefesini kurdular.

Bu felsefe, kökleri Newton'a kadar uzanan yaradancılık düzünce sistemi idi. Bu sistem çağın bilimiyle dinini uzlaştırmaya çalışıyordu. Akıl, gözlenemeyen ve deneyle doğrulanamayan, bilemediğimiz şeylere inanmayı kabul etmiyor; buna karşılık Tanrı'nın varlığı ve ruhun ölümsüzlüğü gibi dinin en önemli iki elemanına da felsefelerle ulaşmak mümkün olmuyordu. Yaradancılık sistemi kendisini bilimden ayrı tutamıyor, tüm dinsel gereçleri tıpkı fiziksel

gereçler gibi ele alıyordu. Bu sisteme göre, ilk nedenin doğanın mekanik yasalarıyla çalışmaması gerekiyordu. "Mucize ve Rabbanî İnanç" gibi dinin haber verdiği dogmatik düşünceleri kabul etmeye olanak yoktur. O halde, bu tür bir akılcılıktan doğan yaradancılıkta, dinin kendi köklü elemanlarından ve ayırıcı niteliklerinden sıyrılması gerekiyordu.

Aydınlanma felsefesinin gelişmesine ve yayılmasına en büyük katkı Fransız ansiklopedicilerinden gelmiştir. Fransız ansiklopedicileri Diderot (1713-1784) etrafında toplandılar. Bu "filozoflar"ın felsefesi temel olarak Locke'nin duyuvara dayanan deneyci sistemine ve doğa bilimlerine dayanır. Onlar gerçek doğa özdeksel doğadır. Bu felsefe, deneysilik ve tümevarım yolunda maddeciliğe yönelir. Matematikçi d'Alembert ve Lagrange, filozof d'Holbach, Helvetius ve Voltaire ve Rousseau gibi düşünürler Ansiklopedinin çıkmasına katkıda bulunurlar. Denilebilir ki, Ansiklopedi 18. yy'da yalnız Fransa'yı değil, dünya kamuoyunu yaygın biçimde etkiler. Bu etkiler Fransa kralından destek görmez, yayımı birkaç kez yasaklanır. Oysa, aynı zamanda bilgin, filozof ve özgür düşünceli bir kişi olan Prusya Kralı Büyük Friedrich, Voltaire, Helvetius, de la Mettrie, Maupertius ve Euler gibi filozof ve bilginleri sarayında konuk eder. Böylece Fransız düşüncesinin Almanya'ya geçmesini kolaylaştırır.

Alman düşüncesini 18. yy başlarında etkileyen ünlü bir matematikçi ve filozof olan Leibniz (1646-1716)'dir; etkisi Kant (1724-1801)'a kadar sürer. Leibniz, Newton'un çağdaşdır, diferansiyel ve integral hesabı (yani yüksek matematiği) ondan bağımsız olarak bulmuştur. Leibniz maddesel atomların yerine **monad** adını verdiği bir felsefe kurar ve maddeciliğe karşı çıkar. Bu tutumu o günki durağan Alman toplumunun düşüncesine uygun düşer. Ne İngiltere'deki canlı bilimsel tartışmalar, ne de Fransa'daki hummalı devrim hazırlıkları 18. yy. Almanya'sında yoktur. Din ve bilim ilişkilerini bir yana bırakarak, bilimsel araştırmalara girişmek Almanya'da henüz olanaklı değildir. Bilginler ve filozoflar çoğu zaman dinsel dogmalara bağlıdır.

Almanya'da aydınlanmayı Lessing (1729-1781) ile başlatırlar. Yaradancılığın temsilcisi olur. Hobbes ve Newton'un önemli etkileri görülmez. Sanatta, eski Yunan sanatına dönüşle romantizme ve felsefede Spinoza'ya yönelinir. De la Mettrie'nin *L'Homme Machine* adlı yapıtı büyük hücum uğrar, fakat Rousseau'nun duyu ve hayale yer veren yapıtları Alman düşüncesini etkiler.

Akla sınır çizmeyi öneren, duyu ve hayale yer veren, Yaradancılıkla duraksayan bir düşün örgüsü, 18.yy. Almanya'sının, yanındaki Fransa'nın aksine bir devrim hazırlığı içinde bulunmadığının kanıtıdır. İşte, böyle durağan bir toplumda Kant, düşüncede bir devrim

gerçekleştirir. 1781 yılında yayınlanan Kant'ın **Salt Aklın Eleştirisi** adlı baş yapıtından sonra Almanya'da tıpkı Fransa'daki devrim gibi, fakat tinsel ve zihinsel bir devrim başlamış oluyordu...

Kant'ın ilk yapıtları, Newton mekaniğine ve kozmolojiye dayanır. Newton gibi maddenin atom modelini benimser ve bugün Kant-Laplace kuramı olarak bilinen evrenin oluşumu kuramını yayımlar. Kant bu ve başka bilimsel çalışmalarından sonra felsefeyle ilgilendi. Kant kuramsal aklın sınırını belirtir ve deney dışında bilim olanağı bulunamayacağını ileri sürer. Bu nedenle, Tanrı tasarımı gibi deney üstü şeylerin bilinmeyeceğini söyler. Sonra bulgusal aklı (iradeyi) inceler, determinizm, irade-i cüz'iyeye, özgürlük ilkelerini tartışır. Her türlü dogmacılığa, ister idealist ister materyalist olsun, savaş açar. Hıristiyanlığın birçok inançlarını akla göre düzenlemek ve yorumlamak ister. Akla bağlı kalan bir din, ancak ve ancak ahlaktan ibarettir; kilisenin amacı, insanlığın hakkın zaferine ulaşmasıdır; eğer kilise başka amaca dönerse, varlık nedenini yitirmiş olur.

Buraya kadar, 1000'li yıllarda, Arap bilim ve felsefesinin Latince'ye çevrilmesiyle başlayan Hıristiyan Avrupa'daki düşünce akımlarının doğa bilimlerinden ne ölçüde etkilendikleri ortaya konmaya çalışıldı.

Sonuç olarak denebilir ki; Arapça'dan aktarılan Farabi, İbni-Sina ve İbnür-Rüşd'ün geliştirdikleri akılcılık ve bilimle İtalya'da Rönesans, Almanya'da Reform gerçekleşti. Kilisenin tepkisiyle bilim ve felsefenin gelişmesi İngiltere ve Fransa'ya kayar. İngiltere kralı 8. Henri'nin Kilise'den bağımsızlığını daha 16. yy başında ilan etmesine karşılık, Fransa'da krallık bir gecede yüz bin Calvin'ciyi katledecek kadar güçlü ve mutaassıptır. İngiltere Francis Bacon (1561-1626)'la akılcılığı deneycilikle birleştirip tüme varım yöntemiyle modern bilimsel araştırmanın önünü açarken, Fransa aynı yıllarda Descartes (1596-1650)'in soyut akılcılığında kalır. İngiltere felsefe ve siyasal devrimlerini 17. yy'da tamamlayarak fizikte Newton sentezini 1687'de gerçekleştirir, felsefede Hobbes, Boyle ve Locke, Francis Bacon'ın mirası üzerine İngiliz deneyci felsefesini kurarlar. Bu felsefe yüzer yıl arayla önce Fransa'yı, sonra Almanya'yı sarsar. Fransa'da aydınlanma filozofları, İngiliz felsefesini, doğal sonucu olan mekanist bir maddeciliğe ulaştırır. 1789 Fraqsız devrimi, bu felsefenin siyasal bir yansımasıdır. Almanya böyle köklü bir devrime henüz hazır olmadığı için, tinsel ve düşünsel alanda Kant'ın felsefe devrimi ile yetinir.

Fransa, 19. yy'da, devrimin hemen ardından başlayan işçi hareketleri nedeni ile hem devrim ilkelerinden, hem de devrimin hazırlanmasında kullanılan bilim ve felsefeden vazgeçerek Restaurantion'a (geri dönüşe) sığınır. Devrim öncesi ve süresince en yüksek düzeyine ulaşan

bilim ve felsefedeki araştırmalar durdurulur. Newton'un adı sansür edilir. Çünkü Newton'un felsefesi devrimin hazırlanmasında etkin bir rol oynamıştır.

Almanya ise Kant'ın yolunda ilerler, 19. yy'da bilim ve felsefeye çok önemli katkılar yapar. Fizikteki bu katkılar öylesine önemlidir ki, 20. yy. başında fiziğin iki sentezi Einstein (1905, 1916) ile Heisenberg-Schrödinger (1925-26) Alman kültürlü ülkelerde gerçekteşir.

19. yy'a ait olarak özetlediğimiz bu gelişmelerde Newton sentezinin felsefi sonuçlarını aktarmaya çalıştık. Klasik fiziğin Newton'dan sonra en büyük devi olan, elektromanyetik kuramın kurucusu Maxwell'in elektrik, manyetizma ve optiği dört yasadan oluşan tek bir kuramda birleştirmesi fiziğin mekanik kuramından sonra kaydettiği en önemli adımdır. Newton'un üç hareket yasası ve kütle çekim yasasıyla Maxwell'in dört yasası, toplam sekiz yasa, klasik fiziğin temel yasalarını oluştururlar.

Maxwell Sentezinin Felsefi Sonuçları

Newton mekaniği ile hareketin anlaşılması, fiziğin gelişiminde yeni ufuklar açmıştı. Çünkü, insanın elektrik ve manyetizma olayları konusundaki ilk bilgilerinin derinleşebilmesi, her şeyden önce, bir cismin herhangi bir kuvvetin etkisi altında yapacağı hareketin anlaşılmasını gerektiriyordu. Newton mekaniği bunu sağladı ve 19. yy. ilk yarısında elektrik, manyetizma ve optik birbirlerinden bağımsız ayrı bilimler olarak felsefeden ayrıldılar.

Felsefeden ilk ayrılan ışıkla ilgili ilk bilimsel çalışmalar 17. yy'da başlar. Işığın kırılma yasasını 1621'de Hollandalı Snell (1591-1629) denel yöntemle buldu. Rene Descartes bu yasayı 1637'de ışığın tanecik modelinden yola çıkarak çıkarmaya çalışmış ise de kuram ışığın daha yoğun ortamda, daha yüksek bir hızla yayılması gibi deneyle uyuşmayan bir sonuç vermesi yüzünden tutulmadı. Doğru kuramı 1678'de Christian Huygens (1629-1695) ışığın dalga özelliklerine dayanarak verdi. Ama bu kuram yaklaşık bir yüzyıl Newton'un da benimsediği tanecilik kuramının gölgesinde kaldı. Fransız Augustin Fresnel (1788-1827), Huygens'in kuramını tekrar ele aldı ve matematiksel olarak analiz etti. Nihayet 1801'de İngiliz Thomas Young (1773-1829) ışığın dalga kuramını denel bir temele oturttu.

Felsefeden ayrılarak Elektrik ve Manyetizmanın bağımsız bilimler olarak oluşmasında Fransız fizikçilerin çnemli katkıları oldu ve 1820 yıllarında elektrostatik ve manyetostatik denel yasaları büyük ölçüde tamamlandı.

Charler A. Coulomb (1736-1806) durgun elektrik yüklerin meydana getirdiği elektrik kuvvetinin ifadesini buldu. Laplace (1749-1827), Gauss (1777-1855) ve Poisson (1781-1840)

durgun elektrik yüklerle, bunların oluşturdukları elektrik alan arasındaki bağıntıları yazarak elektriğin yasalarını tamamladılar.

Elektrik akımının manyetik etkisi ilk kez Danimarkalı fizikçi Hans Christian Örsted (1774-1826), 1820'de gözlemlendi. Böylece Manyetik kuvvetin ya da alanın kaynağının hareketli elektrik yükleri olduğu anlaşıldı. Fransız fizikçileri S. B. Biot (1774-1862), F. Savart (1791-1841) ve Andre-Marie Ampere (1775-1836) elektrostatik ve manyetizmanın yasalarını (1820-1825) yıllarında tamamladılar.

19. yy. en önemli fizik buluşunu Michael Faraday (1791-1867), indükleme yasasını 1831'de bularak gerçekleştirdi: "Değişken bir manyetik alan, değişken bir elektrik alan meydana getirir." Bu yasanın önemi, o güne dek ayrı sanılan elektrik ile manyetizma arasında bir bağlantı kurmasıydı. Bunun için durgun rejimden, değişken rejime geçmek yetiyordu. Çünkü, durgun elektrik yükleri yalnız durgun elektrik alanları; durgun sabit akım devreleri de yalnız durgun manyetik alanları oluşturuyordu. Ancak, hareketli yükler ve değişken akımlar, değişken manyetik alan oluşturuyordu; bu sonucu alan da, Faraday indüksiyon yasasına göre, değişken bir elektrik alan oluşturuyordu.

James Clerk Maxwell (1831-1879) elektrik, manyetizma ve indükleme yasaları arasındaki tutarsızlığı ve eksikliği farketti. Elektirik ve manyetizma yasaları durgun rejimi kapsıyordu, oysa indüklenme yasası değişken rejimi getiriyordu. Bu durumda eksik olan yasa, indüklenme yasasının tersi idi: "Değişken bir elektrik alan, değişken bir manyetik alan meydana getirmelidir."

Oysa, Ampere yasasına göre, manyetik alanın kaynağı sabit-kararlı elektrik akımıydı. Maxwell serbest yüklerden doğan elektrik akımına değişken elektrik alanıyla orantılı olan moleküller yer değiştirme akımını ekleyerek bu eksikliği giderdi. Ayrıca, elektrikte, elektrik alanla elektrik yük arasındaki bağıntıyı veren, ters kare kuvvet yasasının bir sonucu olan Gauss yasasını değişken rejimi kapsayacak biçimde değiştirdi.

Böylece, elektrik ve manyetizma yasaları, indüklenme yasasıyla aynı değişken rejime uydurulmuş oluyordu. Bu üç yasaya, manyetik yükün ya da tek kutbun yokluğu yasası eklenince Maxwell'in elektromanyetik kuramının dört yasası tamamlanmış oluyordu.

Ampere, Maxwell ve Faraday yasaları elektrik ve manyetik alanları birbirlerine bağlayarak, elektrikle manyetizmanın birleştirilmesini gerçekleştirmiş oluyorlardı. Bu sentezden, ışık hızıyla yayılan bir elektromanyetik alanın yani dalganın varlığını öngörmek mümkün oldu.

Heinrich R. Herts (1857-1894), 1878'de bu alanı Laboratuarda elde ederek hem Maxwell'in kuramını doğrulamış, hem de optiğin elektromanyetizmayla birleştiğini göstermiş oldu. Elektromanyetik dalgaların önemli bir özelliği içinde değişken elektrik ve manyetik alanı bulundurmasıdır. Öyle ki, salınım yapan bir elektrik alan manyetik alanı, salınım yapan bir manyetik alan tekrar salınım yapan bir elektrik alanı yaratır. Bu böylece sürer gider. Elektromanyetik dalgalar, ışığın uzun zamandan beri bilinen girişim, kırınım, yansıma ve kutuplanma özelliklerini göstermekteydi.

Maxwell kuramının fiziksel gerçeklik görüşümüze getirdiği temel yenilik; elektrik, manyetik, kütle çekim gibi alanların bundan böyle hak ettikleri şekilde ciddiye alınmaları ve Newton kuramındaki gerçek parçacıkların birer matematiksel uzantısı gibi sayılmaları gerektiğidir. Nitekim Maxwell, alanların elektromanyetik dalgalar halinde yayılırken belli bir miktar enerjiyi de taşıdıklarını göstermiştir. Enerjinin, kütleden bağımsız olarak elektromanyetik dalgalarla bir yerden değerine taşındığı gerçeği, Hertz'in bu dalgaları saptamasıyla deneysel olarak doğrulanmıştır.

Klasik Fizik Kuramlarının Eksikleri yada Ana Çizgeden Sapmalar

19. yy. son çeyreğinde fizikçiler, bir yandan klasik fiziğin fiziksel olayları başarılı bir biçimde açıklamalarına tanık olurlarken, öte yandan da bu kuramın açıklayamadığı bazı olaylarla karşılaşmaya başlamışlardı. Bu olaylar iki türdendi:

Bir kısmı, klasik fiziğin iç çekişkilerinden kaynaklanırken; bir kısmı da klasik fiziğin atomlara uygulanmasından kaynaklanıyordu.

Klasik fiziğin iç çelişkisini, Newton'un hareket yasalarının uydukları Galilei'nin görelilik ilkesine, Maxwell yasalarının uymaması oluşturuyordu. Galilei'nin görelilik ilkesine göre, duran bir referans sisteminden sabit hızla ötelenen bir referans sistemine geçtiğimizde Newton fizik yasaları değişmeden kalmaktadır. Fakat, Maxwell denklemleri için Galilei'nin görelilik ilkesi geçerli olmamaktadır.

Bu çelişkinin çözümü Newton mekaniğinin ve göreliliğinin, Einstein mekaniği ve göreliliğiyle düzeltilmesi sonucu 1905'te gerçekleşecekti. Böylece, Klasik fizik Newton artı Maxwell yasaları yerine Einstein artı Newton-Maxwell yasalarından oluşacaktı.

Maxwell denklemlerince sağlanan görelilik ilkesi, diğer adıyla özel görelilik, kavranması oldukça zor bir ilke olup, ilk bakışta, içinde yaşadığımız dünyanın gerçek nitelikleri olarak kabullenmesi güç, önseziden uzak pek çok nitelik taşımaktadır. Aslında özel göreliliğe, son derece kendine özgü görüşleri ve yaratıcılığı olan Rus asıllı Alman geometrici Herman Minkowski'nin (1864-1909), 1908'de bulduğu ek bir öge olmaksızın doğru dürüst bir anlam

verilemez. Minkowski'nin temel nitelikteki yeni görüşü, uzayla zamanı birbirinden ayrılmaz bir bütün olarak alması ve dört boyutlu bir uzay-zaman olarak nitelemesiydi.

Einstein'ın geliştirdiği Görelilik Kuramı iki parçadan oluşur, bunlardan birine özel, diğerine genel görelilik kuramı denir. Özel görelilik kuramı, ışık hızına yakın hızlara sahip atom boyutunda cisimlerin nasıl hareket ettiklerini inceler. Özel görelilik kuramının farklılıkları şunlardı:

1. Doğa yasaları bütün eylemsiz gözlemciler için aynıdır.
2. Işığın hızı bütün gözlemciler için evrensel bir sabittir.

Newton'un durağan ve sonsuza kadar uzanan değişmez bir evrende bulunan nesnelerin arasındaki etkileşimleri veren "Evrensel Kütle Çekim Yasası'nın yerine değişen ve genişleyen, ivmeli hareket eden bir evrende geçerli olan kütle çekim yasası nasıl olmalıdır" sorusunu ele alan ve yanıtını veren kurama "Genel Görelilik Kuramı" denir. Bu kuram, eylemsizlik ve çekim kütlelerinin eşdeğerlik ilkesine dayanır. Einstein 1854'de Riemann tarafından geliştirilen uzay-zaman'ın iç geometrisinden yararlanarak kuramın analizini yapmaya başladı. Sonunda 1916 yılında doğanın en derin ve en güzel gizlerinden biri insanlığın önüne serildi. Bu kurama göre; kuvvet kavramının yerini uzay-zaman eğrileri alır, cisimlerin kütlesi uzay-zaman eğrilerini değiştirir. Kuramın bu öngörüsü kısa bir süre sonra 1919'daki Güneş tutulması sırasında Eddington'un başkanlığındaki bir ekip tarafından Afrika'da yapılan deneylerle 0.10 duyarlılıkla doğrulanmıştır.

Genel Görelilik kuramının fiziğe en temel katkısı, maddenin kütlesi ile, çevresindeki uzay-zaman'ın yapısını değişikliğe uğrattığını belirtmek oldu. Bu varsayım, hiçbirşeyin, hatta ışığın bile, büyük bir göcisminin yakınından geçerken, düz çizgi halini koruyamayacağı anlamına gelir. Böyle bir gök cismi kendi üzerine çöktüğünde, ışık ışınlarının ve maddenin gökcisminden kaçamayacakları ölçüde saptıran kritik bir gökcismi boyutu (Schwarzschild yarıçapı adı verilen) ve dolayısıyla kritik bir gökcismen yoğunluğu vardır. Evren'in geri kalan bölümünden yalıtılan ve hiçbirşeyin kaçmasına izin verilmeyen bu gökcismine "karadelik" adı verilir. Karadelik'in ufku içinde, maddenin kendi üzerine çökmesi, ilke olarak kesintisiz sürer ve sonsuz bir yoğunluğa yol açar. Karadelik oluşturulabilecek, yoğunlaşmış madde kütlesi hakkında kuramsal sınır yoktur. Bu son nokta pek aklın alacağı şey değildir; günümüzde, kuantum kuramı ile genel görelilik kuramının birleştirilmesi ve bu "acayip" durumun ortadan kaldırılması için yoğun araştırmalar yapılmaktadır.

Genel görelilik kuramının fiziğe yaptığı diğer bir katkı da kozmoloji (evrenbilim) alanında olmuştur. Çağdaş kozmoloji, yüzyılın başında Einstein'ın genel görelilik kuramını geliştirmesi

ve Amerikalı Edvin Hubble'ın sarmal bulutsuların gökada dışı yapısını keşfetmesi sonucunda doğdu. Evrenin geometrik yapısını, içerdiği madde ve enerjiye bağlayan genel görelilik kuramı, kozmoloji için doğal bir çerçeve oluşturmaktadır. Genel görelilikte, kütle ve enerji, serbest parçacıkların yörüngelerini belirleyen uzay-zaman'ın geometrisini değişikliğe uğratar böylece maddenin evren içindeki dağılımı bilinirse evren'in uzay zaman geometrisi yani yalnızca uzaysal biçimi değil, zaman içindeki evrimi de öğrenilebilir. Gökadaların evren içindeki dağılımının homojen izotrop olduğunu, yani gözlemcinin konumuna ve gözlem doğrultusuna bağlı olmadığı varsayımına dayanankozmoloji ilkesi, bu gelişimde temel bir rol oynar. Maddenin homojenliğinden ve izotropisinden, evren geometrisinin homojenliği ve izotropisi türetilir. Buradan doğan kozmoloji modellerinin genel özellikleri, başlıca gözlem olgularını açıklamaya yarar.

Einstein'ın klasik fizikte yaptığı bu düzeltmeler ikinci tür güçlükler, yani klasik fiziğin atomlara uygulanmasından kaynaklanan güçlükler bir çözüm getiremiyordu. Bu tür güçlüklerin çözümü de, Newton mekaniğinin Heisenberg ile Schrödinger'in kuantum mekanikleriyle düzeltilmesiyle 1925-1926'da gerçekleşti. Bu yeni fiziğe **Kuantum Fiziği** adı verilir.

(Yazımız, gelecek sayıda "Klasik Fiziğin Atomlarla İlgili Güçlükleri" ile devam edecektir.)

2001 Nobel Fizik Ödülü “Bose-Einstein Yoğunlaşması”

Ekrem AYDINER

Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü, Adana

1. Ödül Kimlere, Hangi Çalışmalarından Dolayı Verildi?

2001 yılının Nobel fizik ödülü, Nobel komitesi tarafından, Colarado Üniversitesi'nden Eric Cornell ve Carl Wieman'a, 2000 rubidyum atomunu mutlak sıfırın (-273.15°C) yalnızca bir derecenin milyarda birkaçı yakınına kadar soğutarak bir Bose-Einstein Yoğunlaşması (BEY) oluşturmaları ve benzer şekilde Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden (MIT) Wolfgang Ketterle'e, sodyum atomları kullanarak daha büyük bir BEY elde etmeyi başarmalarından dolayı verilmiştir. Nobel ödülü verildiğinde Wieman 51, Ketterle 45, Cornell ise 41 yaşındaydı.

Diğer yandan “Üretilmeyecek ve üretilmemesi gereken bilimsel çalışmalara” verilen ve alternatif Nobel ödülü olarak kabul edilen ‘Ig Nobel Fizik ödülü’ ise yine MIT’nden David Schmidt’e ‘duş sırasında banyo perdelerinin neden içeriye doğru kabardığını’ açıklayan *değerli* çalışması için verildi. Karnaval havasında geçen, bir çok gerçek Nobel ödüllü bilim adamının tavuk tüylerine bezenmiş giysiler içinde katıldığı ve küçük parodilerde rol aldıkları törende araştırmasını savunmaya çağrılan Schmidt, savunmasında araştırmasını “dışarıdan hiçbir yardım almadan” gerçekleştirdiğini söyledi.

2. BEY Nedir?

Bose-Einstein yoğunlaşmasının fiziğini anlamak için klasik ve kuantum gazlarının fiziksel davranışlarına yakından bakmak gereklidir. Bilindiği gibi gaz, basit anlamda, uzayda serbestçe hareket edebilen molekül veya atomik partiküllerden oluşur. Gazlar klasik (ideal) ve kuantum gazları olarak iki sınıfta incelenebilir.

Bir klasik gazı oluşturan moleküller birbirlerinden ayrı ve yalnızca zayıf etkileşecek şekilde dağılırlar. Herhangi bir anda bu molekül topluluğunun yalnızca çok küçük bir

parçası çarpışmalar yoluyla birbirleriyle güçlü etkileşimlere girerler. Moleküller arasında ortalama uzaklık moleküllerin çapı mertebesinde yani yaklaşık olarak $(22,400/N_0)^{1/3}$ ile orantılı olacak şekilde 30 \AA ile 3 \AA arasındadır.

Moleküller arası kuvvetler zayıf *van der Waals* kuvvetleridir. Herhangi bir anda bu moleküller birbirlerinden molekül çaplarından daha büyük mesafelere uzak-laştırıldığı anda bu etkileşimin büyüklüğü, moleküllerin aralarındaki uzaklığın altıncı kuvvetiyle hızlı bir şekilde düşer. Yeterince düşük yoğunluklarda ise gaz molekülleri birbirleriyle oldukça zayıf etkileşirler.

İdeal bir gaz; moleküller arası etkileşimden doğan potansiyel enerjinin moleküllerin kinetik enerjisi yanında ihmal edilebildiği durumla temsil edilir. Böyle bir gazı temsil eden bölüşüm fonksiyonu ve dolayısıyla gazın serbest enerjisi, Maxwell-Boltzman istatistiği kullanarak elde edilebilir.

İçerisinde N tane molekül olan V hacimli bir kutunun bir ısı banyosuyla değme durumunda olduğu durumu düşünelim. Böyle bir gaz içerisinde yer alan bir parçacığı herhangi bir durumda bulma olasılığı ile tanımlanan mümkün olan durumların sayısını, moleküllerin sayısı ile listeliyebiliriz. Buna göre, 1-inci durumda bulunan molekül n_1 , 2-inci durumda bulunan molekül n_2 , ve r . n_r -yinci durumda bulunan molekül ise r -yinci durumu işgal eder. Bu durumda gazı oluşturan moleküllerin enerjileri girilebilir durumlarının sayısı ile ilişkilendirilebilir. Böylece, moleküllerin enerjileri;

$$\varepsilon_1 \leq \varepsilon_2 \leq \varepsilon_3 \dots \leq \varepsilon_r \dots \quad (1)$$

şeklinde sıralanabilirler. Diğer yandan molekül sayısı da girilebilir durumların sayısı cinsinden

$$N = \sum_r n_r \quad (2)$$

bağıntısıyla verilir.

Klasik gazlarda kuantum etkileşimlerinin olmadığı kabul edilir. Ancak klasik gaz belli limitlerde gerçekleşir. İstatiksel olarak hesaplanabilen bu limitin dışına çıkıldığında kuantum etkiler baskın olmaya başlar. Bu limit

$$\frac{N}{V} \left(\frac{h^2}{2\pi mkT} \right)^{3/2} \ll 1 \quad (3)$$

oranıyla belirlenir. Burada N molekül sayısı, V hacim, T sıcaklık, h Planck sabiti, k Boltzman sabiti ve m parçacığın kütlesidir. Gazı oluşturan moleküller (3) bağıntısını sağlıyorsa kuantum etkilerin başladığını düşünebiliriz.

Klasik limitin geçerli olabilmesi için kuantum mekaniğine göre momentumu p olan bir parçacığa eşlik eden *de Broglie* dalga boyu λ_{DB} moleküller arası ortalama serbest yolla karşılaştırıldığında mutlaka küçük olmalıdır. Eğer moleküller arası mesafe çok büyük ise parçacıkların *de Broglie* dalgaları yeterli ölçüde girişim yapamazlar. Bu tip parçacıklar Newton mekaniğine uyarlar. Fakat parçacıkların *de Broglie* dalga boyları moleküller arası ortalama serbest yola yakın veya eşit büyüklükteyse bu dalgalar arasında girişim ortaya çıkar. Bu klasik limit olarak ve bu limit aşıldığında kuantum etkiler önem kazanır.

Gazı oluşturan parçacıklar arasında, örneğin bir metalin serbest elektronları veya sıvı Helyum atomlarının birbirleriyle etkileşmelerinde olduğu gibi, kuantum etkileri baskın hale geliyorsa bu tür gazlar kuantum gazları olarak bilinir.

Kuantum etkilerinin baskın olduğu bir gazın fiziksel davranışını anlayabilmek için kuantum istatistiği bakış açısından girilebilir durumların sayısını ve özelliklerini bilmek gereklidir. Klasik mekaniğe göre girilebilir durumların sayısı sistemde bulunan parçacık sayısı kadarken kuantum mekaniğine göre girilebilir durumların sayısı n_1, n_2, n_3, \dots setinin bütün keyfi değerleri alamaz. Yani bazı kısıtlamalar vardır. Bu kısıtlamalara geçmeden önce kuantal parçacıkların çok önemli bir özelliğini hatırlatmakta yarar var. Kuantal parçacıkların kendilerine has açısal momentumları vardır. Klasik açıdan bakıldığında bu açısal momentum herhangi bir referans sisteminde ölçülen yada gözlenen parçacık hareketiyle ilgili değildir. Parçacığın kütle merkezi hareketsiz iken bile bu açısal momentum vardır. Bu hareketsiz kalan bir dönme tepesinin açısal momentumuna benzer. Parçacığın bu tip açısal momentumu spin olarak adlandırılır. Spin tamamen kuantum mekaniğin bir kavramıdır o nedenle spini anlamak için kuantum mekaniği kavramlarıyla düşünmek gereklidir. Her ne kadar insanın sağ duyusuna (kimbilir belki de sol duyusu!) ters geliyor olsa da spin, parçacığı temsil eden dalga fonksiyonunun bir dönme operasyonu altında parçacığı tekrar yaratması olarak tanımlanır ve parçacığın spin sayısı da bu dönmenin niceliksel değerine eşittir. Spin \hbar ve $\hbar/2$ nin katları şeklinde kesirli değerler alır. Bir başka söyleyişle, spinler

$$0, \frac{1}{2}\hbar, \hbar, \frac{3}{2}\hbar, \dots, \quad (4)$$

şeklinde kuantize değerler alır.

Spin değerlerine bakarak bu parçacıkları iki sınıfa ayırabiliriz. Bunu yapmak istememizin en önemli nedeni parçacıkların spin değerlerine bağlı olarak çok farklı fiziksel özelliğe sahip olmalarıdır.

Birinci sınıf, işgal numarası n_r 'lerin tamsayı değerler aldığı parçacıklardan oluşur. Yani,

$$n_r = 0, 1, 2, 3, \dots, \quad (\text{tüm } r \text{ değerleri}) \quad (5)$$

kümesidir. Bu sınıftaki parçacıklar Bose-Einstein (BE) istatistiğine uyarlar. Örneğin π , K mezonu ve fonon bu sınıfa dahildir.

İkinci sınıftaki parçacıklar ise işgal numaraları 0 ile 1 değerleri arasında kısıtlanan parçacıklardan oluşur. Yani,

$$n_r = 0, 1 \quad (\text{arasında kesirli } r \text{ değerleri}) \quad (6)$$

değerleri alabilir. Bu sınıftaki parçacıklar ise 1926 yılında Fermi ve ondan bağımsız olarak Dirac tarafından geliştirilen Fermi-Dirac (FD) istatistiğine uyarlar. Elektron, pozitron, proton ve nötron bu sınıftaki bazı parçacıklardır. Fermiyonlar Pauli (1925) dışarılama ilkesine göre aynı kuantum düzeylerinde bulunamazlar. Fermiyonların bu çok önemli kuantal davranışını ilkesel olarak açıklayan Pauli'ye 1945 yılı Nobel Fizik ödülü verildi.

Şimdi yoğunlaşma olayının nasıl meydana geldiğini göstermek için kütlesi sıfırdan farklı bir bozon gazının fiziksel davranışını ele alacağız. Yukarıda bozon gazlarının, toplam spini bir tam sayıya eşit olan atomlardan oluştuğundan söz etmiştik. Bose gazları, fermiyonların tersine Pauli dışarılama ilkesine uymazlar. Bu çok çarpıcı bir durumdur ve önemli fiziksel sonuçlara yol açmaktadır. Bu durumu anlamak için bozonik gazın düşük sıcaklıklardaki davranışına yakından bakmak gereklidir. Bir bozon gazının dağılım fonksiyonu,

$$\bar{n}_i = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon_i - \mu)} - 1} \quad (7)$$

bağıntısıyla verilir. Sistemdeki tüm parçacıkların sayısı ise

$$N = \sum \frac{1}{e^{\beta(\epsilon, -\mu)} - 1} \quad (8)$$

şeklindedir. Durumların enerji yoğunluğu ise

$$f(\epsilon)d\epsilon = \frac{V2\pi(2m)^{3/2}}{h^3} \epsilon^{3/2} d\epsilon \quad (9)$$

olur. (8) bağıntısının integral formunu dikkate alarak (9) bağıntısını yeniden yazarsak toplam parçacık sayısını,

$$N = \frac{V2\pi(2m)^{3/2}}{h^3} \int_0^{\infty} \frac{\epsilon^{3/2}}{e^{\beta(\epsilon-\mu)} - 1} \quad (10)$$

elde ederiz. (10) bağıntısı sıcaklık değiştiğinde parçacık yoğunluğunun sabit kalacağını ifade eder. Fakat sıcaklık düşürüldüğünde (10) bağıntısının sağ tarafında sabit kalabilmesi için kimyasal potansiyelin işaretinin negatif olması gerekir. Sıcaklık düştüğünde μ 'de küçülür fakat $|\mu|$ daima büyür. (10) bağıntısındaki integral $\mu = 0$ iken $T = T_c$ de minimum kritik bir T_c sıcaklığı tanımlar. Bu kritik sıcaklık düşük sıcaklıklarda bir bozon gazının hal değiştireceğine (faz geçişi) açıkça işaret eder.

Ancak (10) bağıntısı taban durumunda bulunan parçacıkların sayısını yansıtmaz. Gerçekte taban enerji durumundaki, yani, enerjisi ve momentumu sıfır olan parçacıkların sayısı,

$$N_1 \equiv \frac{1}{e^{-\beta\mu} - 1} \quad (11)$$

kadarken diğer enerji seviyelerinde bulunan parçacıkların sayısı ise

$$N_{\epsilon>0} \equiv V \frac{2\pi(2m)^{3/2}}{h^3} \int_0^{\infty} \frac{\epsilon^{3/2} d\epsilon}{e^{\beta(\epsilon-\mu)} - 1} \quad (12)$$

şeklindedir.

Sonuç olarak, toplam parçacık sayısı (11) ve (12) nin toplamı ile

$$N = \frac{1}{e^{-\beta\mu} - 1} + \frac{V2\pi(2m)^{3/2}}{h^3} \int_0^{\infty} \frac{\epsilon^{3/2}}{e^{\beta(\epsilon-\mu)} - 1} \quad (13)$$

şeklinde verilir.

Bozonik gazlar için T_c kritik sıcaklığın üstünde, taban durumundaki parçacıklar tamamen ihmal edilebilirler ve kimyasal potansiyel (10) bağıntısında verildiği gibidir. Fakat kritik

T_c sıcaklığının altında kimyasal potansiyel sıfıra gider. Kritik sıcaklığın altında enerjisi sıfırdan farklı parçacıkların sayısı (12) bağıntısı $\mu = 0$ seçerek integre edilirse,

$$N_{\epsilon>0} = N \left(\frac{T}{T_c} \right)^{3/2} \quad (14)$$

elde edilir. Sonuç olarak $N_{\epsilon>0} / N$ oranı toplam parçacık sayısı içinde enerjisi $\epsilon > 0$ olanların oranını verirken, kalan parçacıkların

$$\frac{N_1}{N} = 1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^{3/2} \quad (15)$$

şeklindeki oranı da enerjisi ve momentumu sıfır olan parçacıkların oranını verir. Kritik sıcaklığın üstünde, taban durumundaki parçacıkların sayısı ihmal edilirken sıcaklık geçiş sıcaklığının altına düşürüldüğünde parçacık sayısı çok hızla büyür. Taban enerjisine ulaşan parçacıkların enerjileri ve momentumları sıfır olur. Böylece faz geçişi gerçekleşmiş olur. Bu şekilde parçacıkların taban enerji durumunda konsantre olmasına Bose-Einstein yoğunlaşması adı verilir. Bozonik gazın yoğunlaşması klasik bir buharın yoğunlaşmasından oldukça farklıdır. Ancak buhar ile bose gazının yoğunlaşması arasında bazı benzerlikler de vardır. Örneğin $T < T_c$ de BE gazının basıncı doymuş buhar basıncında olduğu gibi hacmine değil sıcaklığına bağlıdır. Yoğunlaşmanın en önemli fiziksel sonucu, sistemde bulunan tüm bozonik parçacıkların aynı taban enerji durumuna ulaşarak tek bir parçacık gibi davranması şeklinde özetlenebilir. Oysa hatırlayacağınız gibi fermiyonların aynı kuantum durumunda bulunmaları Pauli dışarlama ilkesine göre imkansızdı. Fermiyonlar bu özelliklerini düşük sıcaklıklarda da korumaktadırlar. Dolayısıyla, fermiyonlar, bozonlarda olduğu gibi düşük sıcaklıklarda hal değişimi (faz geçişi) göstermezler. Ancak, fermiyonlar düşük sıcaklıklarda başka bir mekanizma yoluyla hal değişimi göstererek süper iletken veya süper akışkan olabilirler.

3. BEY'in Kısa Tarihi

Yirminci yüzyılın başında, termal elektromanyetik radyasyonun kuantum doğası en çok ilgi çeken bir konulardan birisiydi. Bu konu Planck'ın (1900) ısıtılan cisimlerden yayılan radyasyonun spektral dağılımının, yalnızca yayılan radyasyonun enerjisinin ayrık (kesikli) enerji durumuyla açıklanabileceği şeklindeki keşfiyle ateşlenmişti. Bu keşfinden dolayı Planck 1918 Nobel fizik ödülüne layık görüldü. Planck'ın bu düşüncesi, Einstein'ı yayılan radyasyon enerjisinin daha sonraları foton adı verilecek kuantize olmuş enerji paketleri şeklinde olması gerektiği fikrine götürmüştü. Planck'ın sonuçlarını tekrar üreten Einstein, daha sonra Raman spektrumu ile ilişkilendirilecek olan frekans değişimi,

atomların ışık ile iyonize edilmesini ve üzerine ışık düşürülen metal yüzeylerden elektron yayını konularını tartışacaktı. Fotoelektrik etki olarak bilinen son tartışma Einstein'a 1921 yılı Nobel ödülü getirdi.

1924 yılında Hintli fizikçi Bose, klasik elektrodinamik sonuçlara hiç baş-vurmadan tamamıyla istatistik argümanlar kullanarak fotonlar için Planck dağılım yasasını türetilbileceğini gösterdiği bir makaleyi Einstein'a yolladı. Einstein bu makalenin önemini hemen kavradı ve makaleyi Almanca'ya çevirerek onun yayınlanmasını sağladı. Hemen sonra kendisi de bu konu üzerinde çalışarak bozonik parçacıkların kuantum teorisini geliştirdiği iki ayrı makale yayınladı. Bose'un fotonun kütesiz parçacık olması nedeniyle fark edemediği bir fiziksel durumu Einstein fark etmiş ve birbirleriyle etkileşmeyen bozonik parçacıkların toplam sayısının korunumu şartıyla düşük sıcaklıklarda faz geçiş göstermesi gerektiğini vurgulamıştı. Böylece Bose-Einstein istatistiği doğmuş oldu ve bu faz geçişi de Bose-Einstein yoğunlaşması olarak adlandırıldı. Ancak çok uzun zaman boyunca hiç bir fiziksel fenomenin böyle bir davranış ortaya koyacağı bilinmiyordu.

Oysa helyum izotopunun (^4He) sıvı fazının şaşırtıcı şekilde süper akışkan olduğu Onnes tarafından 1911 yılında bulunmuş ve bu çalışması nedeniyle 1938 Nobel fizik ödülü ona verilmişti. Ancak 1938 yılında London bu süper akışkanlığın helyum atomlarının bozonik karakterinden kaynaklanması gerektiğini ileri sürdü. Bu tez bozonik karakter taşımayan ve şu an bildiğimiz şekliyle Fermi-Dirac istatistiğine uyan ^3He izotopunun süper akışkan özelliğiyle desteklendi. Fakat yine beklenen olmadı. Her iki izotopun süper akışkan davranışı ile klasik akışkanların fiziksel özellikleri arasında hiç bir ilişki kurulamamıştı.

Süper akışkanların şaşırtıcı bir şekilde sanki hiçbir direnç kuvveti ile karşılaşmadan akan bir sıvı gibi davranmasını açıklayan bir fenomenolojik teori ilk defa 1941 yılında Landau tarafından oluşturuldu. Landau'nun teorisi, girilebilir enerji durumları yeterince azaltıldığında ancak uzun dalga boyuna sahip fotonların uyarılacağı ve böylece süper akışkan bir durum oluşacağı fikrine dayanıyordu. Fakat bu teori karşılığını bulmadı. Çok geçmeden Penrose ve Onsager, korelasyonları büyük olan bozonik sistemler kullanarak, süper akışkanlıkla uzun-erimli düzeni ilişkilendirdiler. 1950'ler de yaptıkları deneyde sıvı içinde yoğunlaşmış gibi görünen atomların ancak bir miktarının yoğunlaştığını fark ettiler. Penrose ve Onsager, 2.17 Kelvin'de süper akışkan olan sıvı helyumun kuvvetli etkileşimler nedeniyle süper akışkanlıktan saptığını ve ancak tahminen yüzde sekizinin süper akışkan olabileceğini buldular.

1950 yıllarının sonuna doğru Huang ve onun çalışma arkadaşları pertürbasyon teorisini kullanarak, zayıf etkileşen sistemlerin pertürbative taban durumun yapısının anlaşılır bir şekilde elde etmeyi başardılar. Bu çalışmayı 1960'lı yıllarda daha kuvvetli etkileşimlere sahip helyum sistemlerin fiziksel davranışlarını tanımlama çalışmaları izledi.

Süper akışkanların sürtünmesiz bir şekilde akışı ile düşük sıcaklıklarda bazı metallerde dirençsiz akım akışı arasında ilişki kuruldu. Bu Onnes tarafından 1911 yılında gözlenen durumun aynısıydı. Fakat bu konunun teorik olarak anlaşılması yaklaşık 50 yılı almıştı. Metallerde elektrik akımının hiç bir dirençle karşılaşmadan akışı süper iletkenlik olarak adlandırıldı. Ancak süper iletkenlik davranışı çok düşük sıcaklıklarda elde edilebiliyordu. 1957 yılında Bardeen, Cooper ve Schrieffer şimdilerde süper iletkenliğin BCS teorisi olarak bilinen süper iletkenlik teorisini geliştirdiler. Bu mikroskobik teori, metallerin elektronları arasındaki etkileşimlerin fononlar aracılığıyla gerçekleştirildiğini varsayıyordu. Zira Ginzburg ve Landau 1950 yılında halihazırda böyle bir fenomenolojik teori önermişlerdi. Fakat bu teorinin pratik bir uygulaması bulunamadığından teorinin öneminin anlaşılması için uzun bir sürenin geçmesi gerekmişti. Ancak 1962 yılında Landau ve 1972 yılında da Bardeen, Cooper ve Schrieffer 1957 yılında yaptıkları çalışmalardan dolayı Nobel fizik ödülüyle onurlandırıldılar.

Normalde elektronlar Fermi-Dirac istatistiğine uyarlar fakat süper iletken geçiş sıcaklığının altında oluşan 'Cooper çiftleri' olarak da bilinen elektron çiftleri bozon parçacıkları gibi davranırlar ve bu durum Bose-Einstein yoğuşmasına benzer bir durumun ortaya çıkmasına yol açarlar. BCS teorisine göre, spinleri ve momentumları eşit büyüklükte fakat birbirine zıt yönde iki elektron Frohlich etkileşimi olarak bilinen, fonon etkileşimi aracılığıyla bir sistem oluştururlar. İki elektrondan oluşan böyle bir sistem Cooper çiftidir. Metalik örgünün bir elektronun hareketine tepki süresinin kısıtlanmaması yüzünden ve elektron fonon etkileşiminde momentumun korunmasının gerekliliğinden dolayı iletim elektronlarının yalnızca bir bölümü çiftlenme sürecine katılabilirler. Bu iletim elektronları Fermi düzeyinin $k_B\theta_D$ enerjisine eşit enerji aralığı içindedirler. Bunun anlamı elektron çiftleri $k_B\theta_D$ Fermi enerjisi içinde bulunurlar. Bu durum metal içerisinde serbestçe dolaşan yaklaşık $10^{25}/m^3$ elektrondan, Fermi yüzeyin merkezinde $k_B\theta_D$ genişliğindeki küresel enerji kabuğunun içerisinde kabaca 10^{-4} kadarlık bir kısmının Cooper çifti olmasına neden olur. Cooper çiftlerinin dalga fonksiyonları uygun bir hacim üzerine ulaşır ve böylece diğer Cooper çiftleriyle üst üste biner. Tipik bir süper iletkende bir çift yaklaşık 10^6 adet Cooper çifti ile korelasyon yapar. Bu şekilde çok yoğun üst üste binme olayı, metal içinde hareket eden diğer elektron çiftleri arasında kuvvetli

korelasyonların doğmasına yol açar ve tüm iletim elektronları kolektif olarak hareket ederek süper iletken durumu yaratırlar.

Lee, Osheroff ve Richardson 1972 yılında fermiyonik helyum izotopunun (^3He) süper iletkene benzer şekilde 3 mK sıcaklığında faz geçişi gösterdiğini gözlediler. Helyum atomları süper iletken malzemedeki iletim elektronlarına benzer şekilde tamamıyla bozonik davranış gösterecek şekilde eşleşmekte ve yoğunlaşmış bir duruma geçmektedirler. Bu keşiflerinden dolayı Lee, Osheroff ve Richardson'a 1996 yılı Nobel fizik ödülü verildi. Sıvı helyumda ortaya çıkan kuvvetli parçacık itimi (repulsion), atomlardaki toplam spin ve toplam açısal momentum değerini bir birim olacak şekilde birleştiriyor, bunun sonucunda çok karmaşık yoğunlaşma durumu ve çok çeşitli fazların ortaya çıkmasına neden oluyordu.

4. Atomların Soğutulması ve Tuzaklanması

Tüm fiziksel parçacıklar geleneksel teoriye uygun olarak kinetik enerjilerini kaybettiklerinde, bunun doğal bir sonucu olarak, hızlarını da kaybederek yavaşlarlar. Benzer şekilde atomlar veya atomik kompozitler de kinetik enerjilerini kaybettiklerinde yavaşlarlar. Parçacıkların yavaşlatılmasının en basit yollardan birisi parçacığın momentumunu azaltmaktır. Eğer hareketli bir parçacığın momentumunun bir şekilde serbest bırakılması sağlanırsa doğrudan enerjisini de kaybederek yavaşlayacaktır. Burada küçük bir parantez açarak söylemekte yarar var. Soğutma sıcaklığın düşürülmesiyle gerçekleştirilen bir süreçtir. Tek bir parçacık için sıcaklığın fiziksel bir karşılığı yoktur. Bir enerji biçimi olan sıcaklık, bir parçacık sistemi için fiziksel bir anlama sahiptir ve böyle bir sistemin kinetik enerjisi sıcaklığın parametrik bir ölçüsüdür. Dolayısıyla, sistemdeki parçacıkların kinetik enerjilerini azaltmak fiziksel olarak sistemin sıcaklığını düşürmeye yani soğutmaya karşı gelir. Diğer yandan tuzaklama ise atomun tüm serbestlik dereceleri doğrultusunda hareketlerini kısıtlama olarak bilinir.

Atomları soğutmak ve tuzaklamak için yapılan çalışmaların tarihi oldukça geriye gider. Soğutma ve tuzaklama işlemi için geliştirilen yöntemler arasında lazer, optik alanlar ve manyetik alanların kullanımı sayılabilir. Şimdi bu yöntemleri kısaca inceleyelim.

Lazer normal ışıkla karşılaştırıldığında bir çok farklılık gösterir. Normal ışık bir elektromanyetik dalga olarak farklı frekans aralıklarını içine alır ve küresel yayılım gösterirken buna karşı lazer ışığı kohorent ve monokromatiktir. Lazerin yüksek yoğunluğu ve kontrollü olarak istenilen doğrultuda yönlendirilebilmesi sayesinde, fiziksel

sistemlerin bazı özelliklerini incelemek için 1960'lardan bu yana kullanıldığı bilinmektedir.

İlk kez Letokhov 1968 yılında elektromanyetik dalgalar ile atomik tuzaklamanın gerçekleştirilebileceğini öne sürdü. Bu takiben 1970 yılında Ashkin bir ışık demetiyle rezonans halinde bulunan bir atomda ışık basıncının ne olacağını hesapladı. Bu konuda farklı çalışmalar sürdürüldüğü yıllarda ilk defa Hansch ve Schawlov (1975) lazer ışığının serbest atomları soğutmada kullanılabileceğini gösterdiler. Atomların yavaşlamasının fiziksel nedeni atomların dışarıdan foton soğurması şeklinde açıklanabilir. Çünkü foton soğurumu atomun momentumunu da değiştirmekteydi. Şartların sağlanması durumunda bu yöntemi kullanarak atomların hareketini yavaşlatmak olanaklıdır. Ardışık kendiliğinden yayınım, atom momentumu tekrar kazanamayacağı bir şekilde keyfî bir yönde ortalama hızını düşürür. Böylece soğutma gerçekleşmiş olur. Doppler kayması olarak bilinen, atomun enerjisini azaltma yöntemi sayesinde, atom sürekli olarak hareket yönü doğrultusunda momentum soğurur. Eğer üç boyutlu bir lazer düzeneği sağlanırsa atomlar tüm serbestlik dereceleri doğrultusunda soğutulabilir. Bu sayede, yüksek enerji limiti kendiliğinden yayınımın gelişigüzel süreciyle tesis edilmiş olur.

Lazer soğutma yöntemiyle gerçekleştirilen ilk başarılı deney 1980 yılında Moskova'da Balykin ve Letokhov ve aynı yıl içinde Gaithersburg'da Phillips ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirildi. Bunun hemen ardından Phillips, Chu ve Cohen-Tannoudji önceki teorilerin öngördüğü limitler altında soğutma yöntemi geliştirdiler.

Aynı yıllarda ışık tuzakları da kullanılmaya başlanmıştı. Chu ve onun Bell laboratuvarındaki çalışma arkadaşları tamamıyla optik alanın ponderomotive potansiyelini kullanarak yavaş atomları tuzaklamayı başarmışlardı. Lazer ışığı ile soğutulan atomlar optik alanla tuzaklanıyordu. Optik tuzaklar çok zayıf ve küçük olduğu için fiziksel açıdan yeterince ilgi çekici sayıda atomun toplamak için kullanılan iyi bir tuzaklama gerekliydi. Phillips'in grubu tuzaklama için manyetik alanlar kullandı. Fakat atomik soğurmanın Zeeman tuning ile manyetik alan gradyentinin bir kombinasyonu olan bu yöntem gelecek çalışmalarda kullanılabilir olan standart bir tuzaklama önerisiydi. Daha orijinal bir manyetik-optik-tuzaklama (MOT) yöntemi 1986 yılında Dalibard tarafından önerildi. Fakat o sıralarda bu teknik, Pritchard'ın grubundakiler ile Chu tarafından geliştirildi. Bu tuzaklama yöntemi şimdiye kadar geliştirilen en iyi yöntemdi. Böylece atomların hem soğutulması hem de tuzaklanması oldukça güvenli bir şekilde sağlanmaktaydı.

Oldukça sofistike deneysel teknikler kullanılarak geliştirilen lazer soğutma ve tuzaklama metodunu geliştirmeleri nedeniyle Chu, Cohen-Tannoudji ve Phillips 1997 yılında Nobel Fizik ödülüyle onurlandırıldılar.

5. Alkali Atomlarda BEY

Hidrojende BEY için tüm parçacık yoğunlukları denendi fakat başarılı olunamadı. Bunun için yeni bir yöntem gerekliydi. Hidrojen atomunun da BEY gözlemek için lazer soğutma yöntemi kullanıldı fakat bu yöntem de hidrojen atomunun dalga uzunluğu 121,6 nm olan kuvvetli Lyman- α spektrumu ile herhangi bir lazer kaynağı rezonansa getirilemiyordu. Bu nedenle alkali atomlara yönelindi. Alkali atomların tek valance elektronları çekirdekle birleşiyor ve böylece bozonik karakter taşıyordu.

Wieman'ın temel düşüncesi atomları MOT içinde lazer kullanarak soğutmaktı. Bu düşüncesini gerçekleştirmek için Cornell'i doktora sonrası araştırma projesi altında atayarak rubidyum atomunda BEY gerçekleştirmek için çalıştılar. Fakat Wieman ve Cornell aynı temel düşünceleri farklı yollar izleyerek gerçekleştirmeye çalışıyorlardı. Atomları soğutma işlemi bir kaç aşamada gerçekleştirildi. İlk olarak lazer ile soğutulan atomların sıcaklığı, mutlak sıfıra bir derecenin on binde biri kadar yaklaştırıldı. Ancak bu sıcaklık BEY elde etmek için yeteri kadar düşük değildi. Atomlar aynı spin durumunda yoğunlaştırılmıyordu. Ancak spin flip'leri sürecin gerçekleştirilmesine karşı koyuyordu. Manyetik tuzakta, tuzağın merkezinde bulunan alan ortadan kalktığında spin durumları kontrolsüz bir şekilde değişiyordu. Atomların kaybına yol açan bu durumu önlemek için Cornell dönen bir manyetik düzen gerçekleştirdi. Böylece tuzak potansiyeli ortalama olarak dağılıyor ve parçacık kaybı gözlenmiyordu. Ayrıca manyetik tuzak parçacıkların merkezde toplanmasını sağlıyordu. Parçacıkları tuzaklamak için kullanılan bu yöntem, yani, zaman-yörünge potansiyel konfigürasyonu oldukça etkili olmuştu. Ancak BEY'i gözleyebilmek için sıcaklığı daha çok düşürmek gerekliydi. Sıcaklığı düşürmenin, yani sitemi soğutmanın bir başka yolu da sistemdeki yüksek enerjili parçacıkları dışarı atmaktır. Bu tipik bir buharlaştırma işlemidir. Buradaki süreç tıpkı bir fincan çayın kendi kendine soğumasına benzer. Yüksek enerjili parçacıkların kaçıp gidebileceği bir boşluk bırakırsınız, geride sıcaklığı kendiliğinden düşmüş olan bir sistem elde etmiş olursunuz. BEY elde etmek için izlenen üçüncü aşamada tam olarak buydu. Yüksek enerjili parçacıkların buharlaştırma yoluyla dışarı atılması sonucunda sıcaklık, mutlak sıfıra bir derecenin bir milyarda biri kadar yaklaştırılmış ve ^{87}Rb da BEY formasyonu Cornell ve Ketterle tarafından gözlenmiştir. Benzer bir yoldan Wieman 2000 rubidyum atomunu kullanarak BEY'i gözlemiştir. Bu başarılarından dolayı Wieman, Cornell ve Ketterle Nobel ödülüne layık görülmüştür.

Bose-Einstein yoğunlaşmasını gerçekleştirmek için geçmişte çok sayıda grup çalışmalar yürütmüştür. Halen belli başlı araştırma grupları, farklı atomlar kullanarak bu olayı gerçekleştirmeye çalışmaktadırlar. Bose-Einstein yoğunlaşmasının önemi onu sadece deneysel yoldan elde etmekle sınırlı değildir. Bu problemin fiziği süper iletken ve süper akışkanların fiziğini anlamak için çok temel bir hareket noktasıdır. Öte yandan, bu problemin fiziği ile kozmolojik problemler arasında ilişkiler de kurulabilmektedir.

Kaynaklar:

- 1) Ketterle W, *Experimental Studies of Bose-Einstein Condensation*, Physics Today, Vol.52, Iss.12, p.30, 1999.
- 2) Davis K.B et al., *Bose-Einstein Condensation in a Gas of Sodium Atoms*, Phys.Rev. Lett., Vol.75, Iss.22, p.3969, 1995.
- 3) Anderson M.H, et al., *Observation of Bose-Einstein Condensation in a Dillute Atomic Vapor*, Science, Vol.269, Iss.5221, p.198, 1995.
- 4) Moerdijk A.A, *Prospects for Bose-Einstein Condensation in Atomic Li-7 and Na-23*, Phys. Rev. Lett., Vol.73, Iss.4, p.518, 1994.
- 5) Bilim ve Teknik Dergisi, Kasım 2001.
- 6) Pines D and Nozières P, *The Thoery of Quantum Liquids*, W.A Benjamin, Inc. 1966.
- 7) Huang, K., *Statistical Mechanics*, 1987. Jon-Wiley & Sons
- 8) Plischke M., and Bergersen B., *Equilibrium Statistical Mech.* 1994, World Scientific.
- 9) Binney J.J., Dowrick N.J., Fisher A.J., Newman M.E.J., *The Theory of Critical Phenomena*, 1992, Clarendon Press.

HABERLER

Türk Fizik Vakfı yıllık olağan Genel Kurulu 01 Haziran 2003 günü yapıldı. Aşağıda bu Genel Kurul'a sunulan TFV 2002 Yılı Çalışma Raporu'nun önemli bölümlerini özet olarak sunuyoruz.

Eğitim Etkinlikleri:

Geçen yıl yurt genelinde yaşanan ekonomik kriz bizim toplantılarımızı, üniversiteler ve MEB'nin bilimsel/eğitsel çalışmalara desteğini azaltması nedeniyle, olumsuz etkilendi. Bu olumsuz hava hepimizin bildiği gibi hala sürüyor... Her yıl ders yılı başı ve sonunda düzenlemeye alışık haline getirdiğimiz simpozyumlarımızı, geçen yıl yaptığımız gibi, bu yıl da bire indirdik. Bu tek simpozyumumuz gene **"Fizikte Yeni Gelişmeler ve Fen Eğitimi"** üzerine olacak. Bu simpozyumu Mayıs 2003 sonunda **Çanakkale-Onsekiz Mart Üniversitesinde, MEB Öğretmen Yetiştirme Genel Müdürlüğü** ile işbirliği içinde düzenlemeyi planlamıştık; fakat çeşitli nedenlerle hazırlıklarımızı tamamlayamadığımız için, toplantımızı Eylül 2003 ayına ertelemek zorunda kaldık. Her yıl olduğu gibi, bu toplantımızda da değerli tebliğler sunulacak, işlik çalışmaları olacak, ayrıca yapılacak bir panelde katılacak geniş öğrenci ve öğretmen kitleleriyle sorunlar enine boyuna tartışılacak. Bu bilimsel çalışmaların fen öğretmenlerimize ve fen eğitimimize çok yararlı ve Vakfımızın amaçları doğrultusunda en önemli çalışmalar olduğunu düşünüyoruz.

Trakya Üniversitesinden Yrd. Doç. Dr. Aytekin ERDEM'in başkanlığında MEB-EARGED Başkanlığı ve Trakya Üniversitesi Araştırma Fonu tarafında desteklenmek üzere hazırlanan **"Fen Bilgisi/Fizik Öğretmenlerinin Hizmet İçi Eğitim Olanakları ve Problemlerinin Değerlendirilmesi: Sürekli Gelişim ve Yetkinlikler Edinme için Yeni bir Model"** adlı araştırmaya Vakfımız da desteklemektedir. Bu araştırmanın bulguları, özet olarak, Fizik Dergisinde verilecektir.

Fizik Dergisi

Fizik Dergisi'nin 17. Sayısı basıma verilme aşamasına getirildi. Fakat daha önceki matbaa ile bazı problemler yaşandığı için, Hacettepe Üniversitesinden bit grup arkadaşımızın gayretleri ile hazırlanan sayı ODTÜ matbaasında bastırılacak 18. Sayının da 2003 Kasım'ında basılması planlanıyor. Derginin dağıtımını da yeniden bir düzene sokulacak.

Burslar:

Üniversite fizik öğrencilerine verdiğimiz burslar sürüyor. Mezun öğrencilerimizin yerine, çok sayıda başvuru arasından özenle bursiyerler seçildi. Şu andaki burslu öğrenci sayımız 23 olup, burs miktarı yılda 400 milyon TL dir. Burslarımız her sömestre başında 200 milyon TL olarak yollanmaktadır.

Geçen yıl tüm bursiyerlerimizi Vakıf Merkezine davet edip birbirleriyle tanışmalarını sağladığımızı, bundan büyük haz aldıklarını ve Vakfımızın desteğiyle övündüklerini size aktardığımızı hatırlarsınız. Bu yıl böyle bir toplantıyı siz Vakıf üyeleriyle birlikte düzenlemeyi düşündük. Genel Kurul toplantımızın ardından buluşmak üzere tüm bursiyerlerimizi Vakıf Merkezine davet ettik.

Bağışlar:

Bu çalışma yılı içinde Şükran Nasuhoğlu çok sayıda öğrenci için, Nuri Ünal 1 öğrenci için ve Mustafa Gülenç 1 öğrenci için birer yıllık burs bağışında bulunmuşlardır.

Değerli üyelerimiz,

Vakfımızın, genel etkinliklerinin yanı sıra, burs ve dergi çalışmalarında da maddi ve manevi her türlü katkıyı sizlerden beklediğini bir kez daha hatırlatırken, saygı ve sevgilerimizi sunarız.

TFV Yönetim Kurulu

Bizimle,

Türk Fizik Vakfı, Büklüm Sokak 48/15, 06662-Kavaklıdere / Ankara
veya kodolbas@hacettepe.edu.tr adreslerinden haberleşebilirsiniz.