

Fizik

Dergisi



★ MADDE - ANTİMADDE

Rauf NASUHOĞLU

★ FİZİKTEN TEKNOLOJİYE

Burhan C. ÜNAL

★ BİR ASTRONOMİ YASASININ ÖYKÜSÜ (2)

Osman DEMİRCAN

★ ASIM BARUT: SİMETRİ VE DİNAMİK

Z. Zekeriya AYDIN

★ FİZİKTE DENEYSEL ÇALIŞMANIN YERİ

Gökçe BİNGÖL

★ FİZİK ÖĞRENİMİNİN GÜNÜMÜZDEKİ
DURUMU VE BAZI ÖNERİLER

Süleyman BOZDEMİR

★ TEMEL BİLİM DALLARINDA YÜKSEK
NİTELİKLİ ELEMANLAR YETİŞTİRMEK İÇİN
ÖNERİLER.

Rafet KAMER

★ ELEKTRİK AKIMININ ENERJİSİ

Amirullah MAMEDOV - Gülsen ÖNENGÜT

★ DENGE

Hanaslı GÜR

★ PROBLEMLER

Ali Ulvi YILMAZER



TÜRK FİZİK VAKFI

HAZİRAN 1993

SAYI:3

Fizik Dergisi'nden

Dergimizin bu sayısı hocamız Profesör **Rauf Nasuhoğlu'nun** Madde-Antimadde üzerine bir yazısı ile başlıyor.

Halen Tunus'ta çalışmakta olan emekli öğretim üyelerimizden Profesör **Burhan Cahit Ünal** güncel bir konu olan fizik-teknoloji ilişkilerini özlü bir yazısında tartışıyor.

Güneş sisteminizi oluşturan gezegenlerin güneşe olan ortalama uzaklıklarını veren Titius-Bode yasasının öyküsü birinci sayımızda verilmişti. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi Bölümü Öğretim Üyesi Profesör **Osman Demircan** bu öykünün 19. yüzyıldaki devamını aktarıyor. Amerika'da yerleşmiş ünlü bilginlerimizden Profesör **Asım Barut'un** yeni yayımlanmış bir kitabında bu konuyla ilgili bir çalışmaya rastladık. Kitaptan aldığımız bu bölümü, Asım Barut'u ve çalışmalarını tanıtan bir yazı ile beraber Profesör **Zekeriya Aydın'ın** kaleminden sunmaktayız.

Daha sonra Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Profesör **Gökçe Bingöl'ün** fizikte deneysel çalışmanın önemli yerini vurgulayan bir yazısı var.

Bunu izleyen yazıda Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümü Öğretim Üyelerinden Profesör **Süleyman Bozdemir**, fizik öğretimimizin ülkemizdeki durumunu tartışarak görüşlerini ortaya koymakta.

Yakın bir tarihte Bulgaristan'dan göç etmiş bulunan **Rafet Kamer** fizik öğretmenliğini ülkemizde sürdürmekte. Kendi deneyimlerine dayanarak temel bilim dallarında yüksek nitelikli elemanlar yetiştirebilmek için bazı öneriler getirmekte.

Çukurova Üniversitesi Öğretim üyelerinden Profesör **Gülşen Öngüt** ile Azeri bilim adamı **Amirullah Mamedov'un** birlikte hazırladığı dizi yazıları devam ediyor. Bu sayının konusu elektrik akımının enerjisi.

Ayın konusu başlığı altında "Denge" konusu işlendi. Yazıyı hazırlayan Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünden Yrd. Doç. Dr. **Hanash Gür**.

FİZİK DERGİSİ

Sahibi

Türk Fizik Vakfı Adına
Yönetim Kurulu Başkanı
Rauf NASUHOĞLU

Yayın Kurulu

Rauf NASUHOĞLU, Zekeriya AYDIN,
Dinçer ÜLKÜ, Mehmet TOMAK,
Meral SERDAROĞLU, Tekin DERELİ

Editör

Tekin DERELİ

Fizik Dergisi, Türk Fizik Vakfı tarafından üç ayda bir yayımlanır. Bu dergideki yazılar yazarlarının sorumluluğunda olup, Türk Fizik Vakfı Yönetim Kurulunu ve üyelerini bağlamaz. Yayımlanan yazılar kaynak göstermek koşuluyla kullanılabilir.

Yazarlara

Dergimiz yazılarıyla katkıda bulunabilecek herkese açıktır. Şimdilik olanaklarımız yazarlara telif ücreti ödemeye elverişli değildir. Gönderilecek yazılar okunaklı elyazısı veya tercihen bir daktilo ile yazılmalıdır.

Abone Koşulları

Yurt içi yıllık abone bedeli:40.000 TL
Yurt dışı yıllık abone bedeli:US\$15
Yurt içi abone bedelini Türk Fizik Vakfı'nın 525865 No'lu Posta Çeki Hesabına yatırarak dekontun bir kopyasını dergi abone adresine yollamak yeterlidir. Yurt dışı abone bedeli için Türk Fizik Vakfı adına yazılmış kişisel çek yollanabilir.

Adres:(Abone olmak için)
Türk Fizik Vakfı P.K.78
06662 Kütükesat/ANKARA
Tel:4281969

(İçerikle İlgili Yazışmalar İçin)

Prof. Dr. Tekin DERELİ
Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi
Fizik Bölümü 06100
Tandoğan, ANKARA
Tel.:126720/1103

Madde-Antimadde

Rauf NASUHOĞLU

Maddenin atomlu yapıda olduğu anlayışı, 19. yüzyıl kimyasının denel kanunlarına dayanarak kesin olarak yerleşmişti. Fakat kimya kanunlarına dayanan bu atom kavramı atomun kendisinin ne yapıda olduğu hakkında birşey söyleyemiyordu. Ancak yine aynı sıralarda fizikte sağlanan yeni gelişmeler ve bu arada gazlar içinde elektrik boşalması gibi olayların incelenmesi, maddeden, elektron dediğimiz negatif yüklü taneciğin çıkıp ayrılabilceğini, bu taneciğin yükünün ve kütesinin ölçülebileceğini göstermişti. Demek ki madde atomları elektronlu yapıda idi. Normal halde nötral olan atomlardan elektronlar ayrılabilirdiğine göre, geri kalan kısmın pozitif yüklü olması gerekirdi. Fakat acaba atom içinde bu pozitif ve negatif yükler nasıl bir düzen içinde bulunuyorlardı? Bu sorunun cevabını İngiliz fencisi E. Rutherford, radyoaktif maddelerin saldıği pozitif yüklü alfa ışınlarının ince bir metal yaprak üzerinden saçılmasını inceleyerek verdi. Saçılmanın nicel analizi, atomun bütün pozitif yükünün ve bütün kütesinin toplandığı bir çekirdek ile, bunun dışında dolanan elektronlardan oluşmuş bir modele uygun şekilde davrandığını gösterdi.

Deneylerin bu modele göre değerlendirilmesi ile, oldukça basit bir hesapla atom çekirdeğinin boyutunu ve pozitif yük miktarını da hesaplamak mümkün oluyordu. Buna göre çekirdek 10^{-13} cm boyutunda idi, pozitif yük miktarı da dikkate alınan elementin periyotlar sistemindeki sıra numarasına eşit idi. Bu duruma göre elektronların sayısı, çekirdeğin pozitif yükünü tam karşılayacak kadar olmalıdır. Bu elektronların atom içinde tutunabilmeleri için, pozitif çekirdek çevresinde dolandıklarını kabul etmek zorundayız. Böylece gezegenleri ile birlikte güneş sistemine benzeyen bir atom modeli kurulmuş oldu. Birbirinden çok farklı metodlarla yapılan ölçüler atomun elektronları ile

boyutunun 10^{-8} cm olduğunu gösterir. Böylece madde atomları güneş sisteminden daha dağınık bir yapıda idiler.

Rutherford'un ortaya attığı bu model atom yapısının iki ayrı kısmında incelenmesi gerektiğini gösterir: 1) Çekirdeğin yapısı, 2) Atom elektronlarının yapısı.

Rutherford'un atom modeli dayandığı denel olgularla iyi bağdaşmakta ise de, başka olaylarla, bilhassa klasik elektromagnetizma ile çelişme halinde idi. Bu çelişmenin ayrıntılarına girmeksizin, bir elektronun kapalı bir yörünge üzerinde dolanmasının enerji ışınmasına sebep olacağını ve elektronun, çevresine enerji ışıdıkça kendi enerjisini kaybedeceğini ve sonunda çekirdeğin içerisine düşeceğini gösterir. Böyle bir atom dayanıklı olmayacaktır. Fakat tabiatta dayanıklı atomların var oluşu modelin noksanlığını gösterir.

İşte 1911'de Rutherford'un çekirdekli atom modelini kurduğu sırada karşılaşılan güçlük bu idi. Bu sırada Manchester Üniversitesi'nde çalışan Rutherford'un yanına genç ve parlak bir fizikçi, Danimarkalı Niels Bohr geldi. Kendisine orada çalışmak üzere burs verilen bu genç fizikçi, 1913 yılında hidrojen atomu için bir teori kurarak güçlüğü geniş ölçüde yendi ve bununla atom yapısı teorisinin sonraki gelişmelerinin temellerini attı. Bohr, atom yapısını anlamak ve tasvir etmek için, klasik Newton mekaniği anlayışının elverişli olmadığını, problemi yeni bir anlayışla, kuantumlar anlayışı ile ele almak gerektiğini sezdi. Bohr'un kuantum teorisini çok hünerli şekilde kullanması, bu teorisinin o günkü kapsamını çok ötelere götürdü ve atomlar dünyasının çok genel şekilde incelenmesini mümkün kıldı.

Burada kuantum terimi üzerinde bir iki söz söylemek faydalı olacaktır. 1900' lere doğru, Alman teorik fizikçisi M. Planck, siyah bir cismin deneyle bulunan ışınım kanunlarını teorik bir ifadeye

bağlamak isterken, ışık enerjisinin, titreşim frekansı ile oranlı $h\nu$ gibi sabit miktarlar (kuantumlar) kadar salındığını veya soğurulduğunu kabul etmek gerektiği sonucuna varmıştı. Fotonlar denilen bu enerji kuantumları enerji taneleri halinde toptan alınıp verileceklerdi.

Bohr, ışık kuantumlarının madde atomları tarafından salındığını veya soğurulduğunu dikkate alarak, atomların bu kuantumlu alışverişe elverişli olmaları ve dolayısı ile, kendilerinin de kuantumlu yapıda olmaları gerektiği, başka bir deyişle, atomların enerji hallerinin kesikli birtakım düzeyler şeklinde olması gerektiği düşüncesine vardı. Bunun anlamı, atom elektronlarının belirli ve kararlı birtakım yörüngeler üzerine dolanabilecekleri, bu sırada hiçbir enerji ışınması veya soğurması olmayacağı, ancak bir yörünge atlaması ile bir enerji alış verişine olabileceğidir. Bu düşüncüyü atomların en basiti olan hidrojen atomuna iki postülat halinde uygulayan Bohr, daire şeklindeki elektron yörüngelerinin yarı çaplarını, enerji düzeylerini ve en önemlisi, bu enerji düzeyleri arasındaki geçişlere ait ışınımın titreşim frekanslarını hesapladı. Hesaplar, hidrojenin ışıklı hale gelince yaydığı ışığın analizi ile elde olunan spektrum çizgilerinin frekanslarını tam olarak tutuyordu. Böylece, 1913 yılına kadar spektroskopinin çözülme bir düğümü de çözülmüş, maddenin ışık vermesinin ve ışık almasının, daha doğrusu madde-enerji alış verişinin mekanizması anlaşılma yoluna girmişti.

Bohr atom modeli, elementlerin kimyasal davranışlarını genel çizgileri ile aydınlatılabiliyordu. Elementlerin periyotlar sistemi gibi ampirik sınıflamaları bir aydınlığa kavuşuyordu.

Daha sonra Sommerfeld'in geliştirdiği Bohr atom teorisinde, atom elektronlarının hallerini tasvir edebilmek için, kuantum sayıları dediğimiz n , l , m , harfleri ile gösterilen üç parametre ortaya çıkmaktadır. Bu sayılar birbirlerine bağlıdır ve atom içindeki elektronların halleri için bir çeşit katalog numaraları meydana getirirler. Bu sayılardan her biri, elektronun atom içinde bulunduğu bölge ile, üzerinde dolandığı yörünge düzleminin yönelişi ile ilgili bilgiler verirler. Bu üç kuantum sayısından başka, bir de spin kuantum sayısı vardır ki bu, spektroskopiden ampirik olarak işe karıştığı halde, Bohr teorisinde yerini bulamamıştır.

Bohr'un kuantik atom modelinin büyük başarısı, 1913 den 1926 yılına kadar fiziğin dört elle sarıldığı bir ümit kaynağı olmuş, çözümlenmemiş birçok problemin çözümü için başvurulan bir metod

haline gelmiştir. Fakat hidrojen atomu gibi basit bir sistem için iyi yürüyen Bohr metodu, çok elektronlu ve atomlu sistemlerde iyi işlememiş, işler sandığı hallerde deney sonuçları ile çelişik sonuçlara götürmüştür. Bohr atomunun yetersizlikleri, fizikçilerde maddenin yapısı probleminin daha genel bir çözümü bulunması gerektiği kanısını uyanırtmaya başlamıştı.

Bu çözümün ne olabileceğini anlayabilmek için ışığın ve maddenin tabiatında gözlenen ikilik üzerinde kısaca durmak zorundayız. Eski çağlardan beri, ışığın, doğru üzerinde yayılma, kırılma, yansınma gibi gözleyebildiğimiz özelliklerini anlayabilmek için, bazı fenciler, ışığın tane modeline bağlanmışlar, başkaları ise, aynı olayları bir dalga hareketi modeline göre anlamaya çalışmışlardır. Fakat girişim ve kırınım dediğimiz birtakım olaylar vardır ki bunlar ancak ışığı dalga olarak kabul ettiğimiz takdirde anlaşılabilir. Fotoelektrik olayı, Compton olayı gibi olaylar ise, ışığı tane olarak kabul ettiğimiz zaman anlaşılabilir. Her ikisi de gözlenen olaylara dayanan bu farklı iki modelin her ikisinin de ışığın tabiatına uyması, fiziği oldukça karışık bir duruma sokmuştur. Zira bu iki model birbiriyle bağdaşır nitelikte değildir. Fakat ışığın bu iki yüzölçümünü olduğu gibi kabul etmekten başka bir çare de yoktur, Zira fencinin görevi, kendi kafasına yatmasa bile tabiat görüşlerini olduğu gibi kabul ederek onları kendi mantıkları içinde anlamaya çalışmaktır. Işığın tane ve dalga karakterleri Planck'ın $E=h\nu$ bağıntısı ile birbirine bağlanmışlardır.

Güçlük bununla da kalmadı, 1924 yılında genç bir Fransız fizikçisi, Louis de Broglie, doktora çalışmasında, tane tabiatında olduğuna inandığımız ve Newton mekaniğine uydurmuş kabul ettiğimiz elektron gibi madde taneciklerinin, aynı zamanda bir dalga karakteri taşımaları gerektiği düşüncesini ileri sürdü. De Broglie, v hızı ile hareket eden m kütleli bir madde taneciğine bağlı olan dalga hareketinin dalga boyunu $\lambda = \frac{h}{mv}$ ifadesi ile veriyordu. Bu düşünce Bohr'un hidrojen modelindeki elektrona uygulanınca, kuantum şartları kendiliğinden ortaya çıkarak, maddenin dalga tabiatında olması gibi bir sebebe bağlanıyordu. De Broglie'un bu düşüncesi iki yıl sonra Birleşik Amerika'da Davisson ve Germer tarafından deneyle doğrulandı. Madde tanecikleri olan elektronların, dalga tabiatlı X-ışınları gibi, kristallerde kırınımı halkaları verdikleri ve dalga boylarının ölçülebileceği anlaşıldı.

Böylece maddenin, aynı zamanda bir dalga tabiatında olduğu kesin olarak anlaşıldı. Buna madde dalgası veya Ψ dalgası denildi. Birbiri ile çelişen bu iki anlayışın bağdaşması, klasik fiziğe (Newton Mekaniğine) göre imkansızdır. Newton mekaniği *determinist*dir. Bir parçacığın herhangi bir andaki yeri ve hızı biliniyorsa, bundan sonra gelen herhangi bir andaki yeri ve hızı kesin olarak hesaplanabilir. Fakat taneciklerin aynı zamanda dalga karakteri taşıması ve dalgaların birbirini söndürebilmesi artık bu determinizmi ortadan kaldırmaktadır. Taneciklerin yerleri ve hızları hakkında ancak, dalganın genliği ile oranlı bir ihtimal bağıntısı verilebilir. W. Heisenberg atom boyutundaki parçacıkların bu davranışını, *belirsizlik prensibi* adı altında ifade etmiş ve bir parçacığın yerinin ve mv momentumunun aynı kesinlikte ölçülemeyeceğini söylemiştir. Bu prensip kuantum fiziğinin kilit noktalarından biri olmuştur.

Maddenin atomlar ölçüsündeki davranışını, tasvir edebilecek her yeni teori, maddenin ve ışığın tabiatında gördüğümüz bu tane dalga ikiliğini ve bu ikilikten doğan belirsizliği gözönünde tutmak zorundadır.

İşte 1926-1927 yıllarında iki Alman fizikçisi E. Schrödinger ile W. Heisenberg ve biraz daha geriden M. Born problemi farklı matematik vasıtalarla ele alarak *dalga mekaniği* ve *kuantum mekaniği* diye iki ayrı hesap tekniği getirdiler. Her ikisi de gayet başarılı sonuçlara götüren bu teknikler artık hiçbir modele başvurmaksızın, atomları hiçbirşeye benzetmeye çalışmaksızın matematik ifadelerle tasvir etmeyi amaç edinmektedir. Bunlardan daha kolay bir matematik vasıta kullanan dalga mekaniğinin atomlar ölçeğindeki problemleri nasıl bir çözümlenmeye götürdüğüne dair bir iki söz söyleyelim. Schrödinger klasik mekanikten bilinen dalga denklemini atomik taneciklere ait dalgalara uygulayarak Schrödinger denklemi diye anılan

$$\Delta^2\Psi - \frac{8\pi^2m}{h^2}(\Psi + \frac{i\hbar m}{h} \frac{\partial\Psi}{\partial t}) = 0$$

ifadesini elde etti. Bu bir diferansiyel denklemdir. Ψ incelediğimiz taneyi veya sistemi tasvir eden bir fonksiyondur. Bu denklemin çözümü ilgilendiğimiz sistemin özelliklerini belirten bir ifade verecektir.

Schrödinger denklemi bazen sayfalar tutan çetrefil hesaplardan sonra, mesela hidrojen atomunun bir halinin zamana bağlı olmayan kısmı için şöyle bir çözüm verir:

$$\Psi_{122} = \frac{1}{162\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{3/2} \left(\frac{r^2}{a_0^2}\right) e^{-\frac{r}{3a_0}} \sin^2\theta e^{2i\phi}$$

Artık bizim için hidrojen atomu ne küçük bir bilye, ne bir çekirdek ve etrafında dolanan bir elektrondur. Fakat bir hali için yukarıdaki dalga fonksiyonu ile tasvir edilen bir varlıktır. Bu onun özelliklerini daha doğrusu bu basamaktaki bazı özelliklerini gerçeğe uygun şekilde anlatır.

İşte dalga mekaniğinin ve kuantum mekaniğinin doğuşu atom boyutundaki olayların tasvirini ve anlaşılmasını böyle bir yola soktu. Bu çok verimli oldu. Bu yeni mekaniğin doğuşundan sonra çeşitli problemlere her yandan saldırıya geçildi. Atom ve çekirdek fiziğinin bugünkü gelişmeleri sağlandı. Bununla beraber bu haliyle Schrödinger denklemi atomik olayların tam olarak kavramaktan uzaktır. Çünkü rölativistik değildir.

Dalga mekaniğini ve kuantum mekaniğinin doğuşunu izleyen yıllar içinde, teorik gelişmelerin mahmuzladığı denel çalışmalar, gündün güne ilerleyen teknik imkanlardan da geniş ölçüde faydalanarak, atom çekirdeği üzerindeki bilgimizin artmasını sağlamıştır. Böylece 1932 de İngiltere'de Chadwick, çekirdek reaksiyonlarında nötronu tesbit etti. Bu protona yakın kütlede yüksüz bir taneciktir ve protonla birlikte atom çekirdeğini oluşturan iki parçacıktan, biri olduğuna inanılmaktadır. Buna göre elementlerin en basiti olan H çekirdeği bir tek protondan meydana gelmiştir ve tabiidir ki çevresinde bir tek elektron vardır. Hidrojenin bir ikizi olan döterium atomunun çekirdeği bir proton ile nötrondan, ikinci ikiz kardeşi olan tritium çekirdeği ise, bir proton ile iki nötrondan oluşmuştur. Nötronlar yüksüz olduğu için çekirdek yükünü tayin eden protonların sayısıdır. Örneğin tabiatta bulunan elementlerin en ağırlı olan uranium-238 atomunun çekirdeğinde 92 tane proton ve 146 tane nötron vardır ve bu tanecikleri bir yerde tutan kuvvetin ne olduğu bugünkü çekirdek fiziğini en çok uğraştıran konudur. Uranium çekirdeğinin çevresinde ise 92 tane elektron yer almaktadır. Çekirdek sadece protonlar ile nötronlardan meydana gelmiş olmakla beraber çekirdek reaksiyonlarından daha pek çok parçacıklar çıkmaktadır. Kısa ömürlü bu parçacıkların reaksiyon sırasında meydana gelmesine inanılmaktadır.

Madde hakkında bildiğimiz ana çizgileriyle bunlardır. Şimdi anti-madde konusuna geliyoruz.

Pozitron: İlk Tanınan Anti Parçacık

Kuantum mekaniğinin daha ilk günlerinde teorisinin rölativistik şeklini kurmanın gerekli olduğu anlaşılıyordu. Bu teşebbüs başarıya ulaştığı takdirde ışık hızı ile ölçülebilecek hızlarda hareket edebilen parçacıkların özelliklerinin tasviri mümkün olacaktı; fakat bu kolay olmadı. Güçlüğü bir kısmının nereden geldiğini anlamak için rölativite teorisine göre enerji ifadesinin

$$E = \pm \sqrt{(m_0^2 c^4 + p^2 c^2)} + U$$

formülü ile verildiğini belirtelim. Burada m_0 dikkate alınan parçacığın sükunet halindeki kütlesi, c ışığın yayılma hızı, p momentumu, U ise potansiyel enerjisidir. Parçacığın küçük hızları halinde kök altındaki ifade bir seri halinde açılabilir ve

$$E = \pm \left(m_0 c^2 + \frac{p^2}{2m_0} + \dots \right) + U$$

şekline sokulabilir. Buradaki $m_0 c^2$ terimi parçacığın rölativite teorisine ile verilen kütle enerjisini, ikinci terim ise klasik kinetik enerjiyi verir.

Buraya kadar söylediklerimiz ilk bakışta olağan dışı bir hal göstermemektedir. Fakat birinci ifadeye dikkatle bakılırsa kökün önüne bir \pm işareti koymak gerektiği dikkati çeker. Başka bir deyişle bu enerji ifadesi, toplam enerjisi negatif, dolayısıyla kütlesi negatif olan bir parçacığın mümkün olabileceğini düşünmemizi gerektirir. Bu enerji ifadesini Schrödinger denklemi tipinde bir denkleme veya denklem sistemine taşıyacak olursak, negatif enerjiye uyan bir çözüm kaçınılmaz bir sonuç halinde ortaya çıkacaktır.

İngiliz fizikçisi Dirac bu problemi ciddiyetle ele alarak bir sonuca götürdü. Yaptığı hesaplar ve ulaştığı sonuçlar şaşırtıcı ve karışık olmakla beraber, bunlardan faydalanmak o kadar güç değildir. Dirac'ın vardığı sonuçlardan birincisi, atom elektronlarını tasvir edebilmek için kullanılan üç parametreye spin kuantum sayısı denilen bir dördüncünün ilave edilmesi gerektiğidir. Başka bir deyişle, Dirac bir elektronun spinini, yani kendi üzerindeki dönme hareketini, dalga mekaniğinin rölativite teorisine göre yapılan genellemesinden bir hesapla bulmuş ve bu teori için sağlam bir destek olmuştur.

Bizim burada ilgilendiğimiz daha çok Dirac teorisinden çıkarılan ikinci sonuçtur ki, bu da

Schrödinger denkleminin, negatif kütleli bir çözümü olabileceğidir. Az yukarıda belirttiğimiz gibi, bu denklemler sadece pozitif kinetik enerjili (yani serbest uzaydaki enerjisi $m_0 c^2$ ye eşit veya ondan büyük) elektron değil, kinetik enerjisi $-m_0 c^2$ eşit veya ondan daha küçük bir parçacığın da mümkün olması gerektiğini gösterir. Her şey sıfır enerji düzeyinin iki yanında bir boşluk bıraktıktan sonra $\pm m_0 c^2$ düzeyleri meydana getirecek şekilde ortaya çıkar.

Bu nokta, üzerinde düşünülmeğe değer kadar önemlidir. Dirac'ın problemi, elektronun genel davranışını tasvir edecek nitelikte bir matematik denklem veya denklemler sistemi kurmak ve onların çözümü veya çözümleri ile elektronu anlamak teşebbüsüdür. Fakat elektron için iki çözüm ortaya çıkıyor. Yani tabiatta iki türlü elektron bulunmaktadır. Biri bildiğimiz pozitif kütleli veya fizikçe aynı şey demek olan pozitif enerji halini temsil eden elektron, öteki ise negatif kütleli yani negatif enerji halini temsil eden elektron; bunlar aynı problemin çözümleri olduklarına göre tasvir etmeye çalıştığımız varlığın ayrı iki hali olacaklardır. Kuantum mekaniği bu iki hal arasında geçişlerin mümkün olabileceğini ifade eder.

Fakat bu alçak enerji düzeylerini tabiatta niçin gözleyemiyoruz? Bir elektron pozitif enerji düzeylerinden negatif enerji düzeylerine düşerek aradaki fark kadar bir ışıma niçin yapmamaktadır?

Problem teorik olarak incelenince bu geçişin mümkün olduğu ve bu düşüş sırasında $m_0 c^2 - (-m_0 c^2) = 2m_0 c^2 \approx 1\text{MeV}$ enerjili gamma kuantumu yayınlanması gerektiği ortaya çıkar. Düşüş ihtimalleri de hesaplanmış ve bu ihtimal o kadar büyük çıkmıştır ki, meydana geldiklerinden gayet kısa (saniyeden daha kısa) bir zaman sonra tabiatta bulunan bütün elektronların bu negatif enerji haline düşmelerini beklemek gerekmektedir. Fakat tabiat kuralları maddenin yapı taşlarından biri olan elektronlar vardır. Demek ki elektronun yok olması demek olan bu geçiş olamamaktadır. Dirac, teorisini verdiği bu mantıklı sonucu tabiatın olumsuz cevap verişini basit bir düşünce ile karşılamaya çalıştı. Dirac bu alçak enerji düzeylerinin hepsinin dolu olduğunu ve bu dolu enerji düzeylerine elektronların düşmeyeceğini ileri sürdü. Bu bir sistemde bulunan iki elektronun bütün kuantum sayıları ile aynı olamayacağını anlatan Pauli prensibine uyan bir davranıştır.

Bu fikir gücüğü giderdi, fakat aynı zamanda ilgi çekici bir imkan ortaya çıkardı. Acaba enerjisi

1MeV'den biraz daha büyük olan bir foton boş görülen uzay tarafından soğurularak elektronu bu negatif düzeyinden alarak pozitif enerji düzeyine çıkaramaz mıydı? Hesaplar boş uzayda bunun mümkün olmadığını, çünkü enerjinin ve momentumun korunumu kanunlarının çiğnenmemesi için, fazla momentumu alacak bir parçacığın bulunması gerektiğini gösteriyordu. Fakat bu enerjide bir foton bir atom çekirdeğine çarpacak olursa, atom çekirdeği bu üçüncü parçacık vazifesini görebilecek ve bir elektron ile, alçak enerji düzeyinde bir boşluk, bir *delik* meydana gelmesi mümkün olacaktır.

Dirac bu deliğin özelliklerinin neler olabileceğini araştırdı. Onun kolayca gösterdiğine göre bu delik, bir dış elektrik alanının etkisi altında pozitif yüklü bir elektron gibi davranacak, kütlesi elektronunkine eşit olacaktır. Bu sonucu nasıl yorumlamak gerektiği noktasında pek çok tereddütlere düşüldü; zira böyle bir tanecik gözlenmiş değildi. Bu tanecik proton veya önceki atomik parçacıklar gibi olamazdı.

Fakat 1932 Ağustosunda işler dramatik bir gelişme gösterdi. Amerikalı Anderson ve arkadaşları, kozmik ışınların sis odasında bıraktıkları izleri incelerken, bugün adına pozitron dediğimiz, elektron kütlesinde, pozitif yüklü bir taneciğin bıraktığı izlere rastladılar. Bu fizikte çok rastlanan olağanüstü başarılardan biridir. Bir parçacığın kendisi bulunmazdan önce, teorik hesaplar, bütün özellikleri ile varlığını haber veriyordu.

Böylece dayanıklı bir tanecik olarak, tabii-taki maddelerin ana yapı taşlarından biri olan elektronun bir karşısı vardı. Karşının elektrondan farkı, yükünün onunla eşit fakat zıt işaretli olması idi: Elektronun karşısı, anti-elektron veya pozitron.

Bir pozitron gerçekten bir elektronun boş bıraktığı bir negatif enerji hali ise, bu hale bir elektronun düşmesi ve bu sırada, ikisinin kütlelerinin eşdeğer olduğu enerjilerin $2m_0c^2$ toplamı kadar bir enerji ışıması mümkün olmalıdır. Enerjinin ve momentumun korunumu prensibinin yürürlükte kalabilmesi bu sırada her birinin enerjisi $2m_0c^2 \sim 1\text{MeV}$ olan iki gamma fotonunun zıt yönlere yayılmasını gerektirir. Bu olayın net sonucu elektron-pozitron çiftinin yok olması ve enerjisinin ışıma haline geçmesi demektir. Gerçekten pozitronlar madde ile bir yere gelirlerse, elektronlara rastlayacakları için, böyle bir yok olma ile meydana gelen gamma ışınları gözlenmiştir.

Bundan sonra gelen yıllar içinde önce kozmik ışınlar arasında, sonra büyük hızlandırıcıların

verdiği yüksek enerjili parçacıkların yardımı ile yeni bir takım parçacıklar bulunmaya başladı. Bunlardan en heyecan uyandıranı *mezon* denilen parçacıkların bulunması oldu. Bunun sebebi, mezonları da, kendilerine rastlanmazdan önce varlıklarından hesapla haberdar oluşumuzdur. Atom çekirdeklerini oluşturan protonlarla nötronları birbirine bağlayan kuvvetlerin mahiyetleri üzerinde teorik hesaplar yapan Japon fizikçisi Yukawa, 1935'de bu tanecikler arasında, kütlesi elektron kütlesinin 200 katı kadar olan bir parçacık alış verişi olması gerektiği sonucuna vardı. Kütlesi, elektron kütlesi ile protonunki arasında bulunduğu için adına mezon denilen parçacığa gerçekten 1937 yılında yine kozmik ışınlar içinde Anderson ve arkadaşları tarafından rastlandı ve adına μ mezonu denildi. Gerçi μ mezonu Yukawa'nın şartlarını tam tutmuyordu. Fakat bu büyüklükte bir taneciğe rastlanması çekirdek kuvvetleri probleminde bir çözüm bulma ümidi getirmişti. Mezon denilen parçacıklar sadece μ mezonu ile kalmadı, sayıları gün geçtikçe arttı. Kozmik ışınlardan yüksek enerjili iyon hızlandırıcılarına geçince önceleri π , μ ve θ diye adlandırılan mezonlar, sonraları yunan alfabesinin içine sığmayacak kadar çoğaldı. Bu parçacıkların yalnız birkaç tanesi dayanıklıdır. Ötekilerin hepsinin ömürleri milyonda bir saniyeden milyarda bir saniyeye ve daha aşağıya gider. Parçalandıkları zaman birinden ötekine geçer. Mesela bir π mezonu μ mezonu ile nötrinoya ayrılır. Kaldı ki bu parçalanma şekli her zaman aynı değildir.

Konumuzla ilgili önemli nokta, bulunan bütün bu parçacıkların birer tane de anti-parçacığı olduğudur. Yani mesela μ mezonunun hem pozitif hem negatif olanı μ^+ , π 'nin π^+ 'si vardır.

Demek ki elektron-positron çifti halinde olduğu gibi bu parçacıklarda antileri ile doğmaktadır. Sayıları yüzleri bulan irili ufaklı pozitif, negatif yüklü ve yüksüz olan parçacıkların yarısı anti-parçacıklardır.

Antiproton: Bütün bu anlatıklarımızdan sonra protonların da bir antisini bulunacağını olağan saymak gerekir. Anti-protonun özelliklerinin neler olacağını kestirebiliriz. Kütlesi protonunkine eşit ve yükü de negatif olacaktır.

Elektron-positron çifti halinde olduğu gibi bunlar da çift halinde doğacaklar ve bir yere geldikleri zaman yok olup enerji haline geçeceklerdi. Bu düşünceler nötronun antisini olan anti-nötron için de doğrudur.

Bu parçacıklarla anti parçacıkların ortalama ömürleri aynı olacaktır. Başka bir deyimle, proton dayanıklı olduğuna göre anti-proton da dayanıklı, anti-nötron ise nötron gibi dayanıksızdır, bir pozitron salarak, yarı ömrü nötronunkine eşit bir zaman sonunda anti-protona dönüşecektir.

Anti-protonun kesin olarak tesbit edilmesi California Üniversitesinin 6 BeV'lik bevatronu yapıldıktan sonra Chamberlain, Segre, ve arkadaşları tarafından 1955 de 6 BeV'lik protonlarla, protonlu yani hidrojenli bir hedefi döverek elde edilmiştir. Aletin yapısı ve bilhassa reaksiyondan anti-protonlarla birlikte çıkan protonların ayrılarak sadece anti-protonların gözlenmesi, deney tekniği bakımından çok ilgi çekici olmakla beraber, burada üzerinde durulamayacak kadar karışıktır. Zaten aynı hızlandırıcının verdiği 6 BeV'lik protonlarla nükleer fotoğraf plakaları üzerinde anti-proton veren reaksiyonlar ve asıl önemlisi, meydana gelen anti-protonun bir protonla buluşunca yok olduğunu gösteren reaksiyonlar tesbit edilmiştir. Bu defaki yokolma büsbütün kaybolma şeklinde değil, bir takım ara parçacıklardan sonra π mezolonları meydana gelmesi şeklindedir. *Anti-nötronların tesbiti* çok daha güç olmuştur. Zira bunlar da nötronlar gibi sis odalarında veya kabarcık odalarında iz bırakmazlar. Fakat kabarcık odasında meydana gelen bazı çekirdek parçalanmalarının izlerinin enerji ve momentum bilançolarının kurulması anti-nötronu kesin olarak ele vermektedir.

Buraya kadar parçacıklar ile anti-parçacıklar arasında farkın yüklerinin zıt işaretli oluşundan geldiğini belirttik. Fakat nötron gibi, nötrino gibi yüksüz taneciklerin antileri ile farkı nedir? Bunlar arasındaki fark, bu iki taneciğin magnetik momentlerinin "zıt" yönlü oluşu veya acayıplık kuantum sayısının zıt işaretli olması ile belirlenir. Magnetik moment, atom boyutunda bir mıknatıs gibi davranan taneciklerin magnetik özelliklerini belirleyen bir niceliktir ve o taneciğin taşıdığı elektrik yüküyle ilgilidir. Işın ilk bakışta garip görünen yanı nötron gibi "yüksüz" taneciklerin de bir magnetik momente sahip oluşudur. Bu durum nötronun kendi içinin de basit olmadığını, gerçekten "yüksüz" değil, dışa karşı yüksüz göründüğünü anlatır. Başka bir deyimle, basit elemanter bir tanecik olarak atom çekirdeklerinin yapı taşlarından biri olan nötronlar gerçekte hiç de basit yapılı değildir. Aynı şey protonlar için de doğrudur.

Şimdi yine parçacık anti-parçacık farkına dönelim, nötronun magnetik momenti

anti-nötronunkinin "zıttıdır". Bu deyim birer vektörle temsil edilen bu iki niceliğin zıt yönlerde yönelmiş olduğunu anlatır. Burada uzay içinde yön'ün ne demek istediğini biraz kesinleştirmek zorundayız. Makroskopik evrende sağ-sol, ileri-geri, üst-alt, doğu-batı, kuzey-güney gibi birtakım yönlerden söz edilince çevrenizdeki cisimlere veya gökyüzündeki yıldızlara göre yöneliyoruz demektir. Fakat atom boyutunda bütün bunlar kaybolur ve onun için atom altı parçacıkların sağından, solundan bahsetmek güçleşir; bununla beraber atom altı parçacıkların kendi üzerinde dönmesi (spin) ve magnetik moment gibi özellikleri bir sağ-sol tanımını mümkün kılar. Örneğin, elektronun magnetik momenti boyunca, moment vektörü ay-ağından girip başından çıkacak şekilde duran bir gözleyici için bu parçacığın dönüşü soldan-sağa doğru, positron halinde ise, sağdan-sola doğru olacaktır. Bu iki parçacığın bu özellikleri, geometrik olarak ayna simetrisine uyar. Yani bu iki parçacığın spin hareketlerine göre magnetik momentlerinin yönelişi birbirinin ayna simetriğidir. Başka bir deyimle elektron ile positron birbirinin ayna simetriğidirler. Ayna simetrisi pozitif negatif, negatif pozitif yapan, sağ-sol, solu-sağ haline getiren, hatta zamanın akış yönünü değiştiren simetri dir. Aynadaki görüntünün sağ eli sizin sol elinizin simetriğidir; görüntünün kalbi sağındadır. Ayna simetrisi matematik bakımdan belli bir işlemin ifadesidir. Daha açık olarak bu parçacıkları tasvir eden olayla ilgili bir simetri bulunup bulunmadığını anlatır

İşte işaret ettiğimiz bütün parçacık, anti-parçacık çiftleri birbirlerinin ayna simetrikleridir.

Fizikten Teknolojiye

Burhan C. ÜNAL

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

19'uncu yy'daki Fizik ve Teknoloji

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

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

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

20'inci yy'daki Fizik ve Teknoloji

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

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

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

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

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

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

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

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

Böylece, bu alanlarda şu teknoloji atılımları göze çarpmıştır:

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

Fizikten Teknolojiye

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Gelecekteki Gelişim

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

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

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

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

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

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

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

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

Henüz Çözülmemiş Sorunlar

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

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

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

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

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

Bir Astronomi Yasasının Öyküsü (2)

Osman DEMİRCAN

Bu derginin ilk sayısında gezegenlerin güneşe olan ortalama uzaklıklarını basit bir geometrik diziyle veren Titius-Bode yasasının 19. yüzyıl başına kadarki öyküsünü sunmuştu. Her ne kadar öykünün 1764 yılında başladığını yazmışsak da yasanın binlerce yıldır dini açıdan varlığına inanılan evrensel düzenin anlaşılması için harcanan binlerce yıllık çabanın ürünü olduğunu açıkladık. Yani yasanın ortaya çıkışında Babil'lilerin ve eski Yunanlıların bile emeği vardı. Bir çok bilimadamı tüm bilim dallarında olduğu gibi gezegen verileri yenilendikçe varlığına inanılan düzeni bilinen verilerle yasalaştırmaya, formüllerini bulmaya çalışmıştır. Birçok Eski Yunan ve İslam bilgininden sonra Kepler, Wolf, Kant, Lambert, Titius ve Bode bu alanda en çok çaba harcayanlardır. Yasanın bugünkü şekliyle ifadesi ilk kez 1787'de Vicarius Wurm tarafından ortaya konmuştur. Ortalama Dünya-Güneş uzaklığını 1 astronomik birim ($=149.6 \times 10^6$ km) alırsak yasanın ifadesi:

$$r_n = 0.4 + 0.3 \times 2^n$$

şeklinde dir. r_n : n indisi gezegenin güneşe olan ortalama uzaklığıdır (astronomik birim "AB" cinsinden). n indisi Merkür için önceleri -1 sonra $-\infty$ alınmıştır. Aynı indis diğer gezegenler için sırasıyla 0, 1, 2, 3, ... alınmaktadır. Böylesine önemli ve önemli olduğu kadar basit olan yasanın öyküsü 1878 de bitemezdi. Aslında asıl öykü yeni başlıyor sayılırdı. Öykünün devamını bu yazıda anlatmaya karar verdik.

Yasanın bulunduğu dönemde altı gezegen bilinmiyordu. Aletsiz görülemeyen Uranüs, Neptün ve Pluto gezegenleri ve Asteroid deneni küçük gezegenler bilinmiyordu. Ayrıca birkaç Alman astronomun dışında yasaya ilgi gösteren de yoktu. 1781 de William Herschel (1738-1822) tesadüfen Uranüs'ü keşfettiğinde Titius-Bode yasasından habersizdi. Üstelik Herschel kuyruğunu gözleyemediği halde uzak bir kuyruklu yıldız keşfettiğine inanmıştı. İlginci ki bu yeni cisme Uranüs adını Bode koymuştur. Uranüs'ün kuyruklu yıldız olduğu

düşünüldüğü için uzun süre parabolik yörüngesi hesaplanmaya çalışılmış, ancak tutarsızlıklar sonunda çember yörünge çözümü denenmiş ve Anders Jean Lexell (1740-1784) tarafından gezegen olduğu kanıtlanmıştır. Uranüs'ün Pater Placidus Fixmillner (1721-1791) tarafından bulunan yörünge yarıçapının Titius-Bode yasasından $n=6$ için bulunan değerle aşağı-yukarı (sadece %2 hatayla) aynı olması yasaya büyük bir önem kazandırmıştır. Hemen $n=3$ indisi için güneşe uzaklığı 2.8 AB olması gereken ancak yine o güne kadar bilinmeyen gezegenin keşif çalışmalarına başlandı. 1787 de sistemli çalışma Baron von Zach (1754-1832) tarafından başlatıldı. 1800 yılında burçlar kuşağı 24 bölgeye ayrılıp haritalar hazırlanarak her bölge ayrı gözlem evlerinde yeniden taranmaya başlandı. 1801 yılında bu bölgelerden birinde Giuseppe Piazzi (1746-1826) tarafından küçük gezegen Ceres keşfedildi. Piazzi, Bode ve Lalande'ye yazdığı mektuplarda Ceres'in kuyruklu yıldız olduğunu bildirmişti. Zack ve Bode bu cismin aranan gezegen olması gerektiğine inanmışlardı. Ceres bu arada gökyüzünde güneşe yaklaşıp gözlenemez duruma gelmiş ve kaybolmuştu. Bu yüzden yörüngesi de hesaplanamıyordu. Bu sıralarda Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) gezegen yörüngeleri üzerine felsefi açıklamalar içeren doçentlik tezini yayınlamıştı. Kepler'in etkisinde kalan Hegel gezegen sayısının yediye aşamayacağı yönünde felsefi kanıtlar ileri sürüyordu. Dünya merkezli güneş sistemi modelinde Dünya gezegen sayılmıyor ve o zaman bilinen beş gezegene güneş ve ayın eklenmesiyle oluşan yedi gök cismi, yedi katlı gök ve bunların hareketini temel alan haftanın yedi günü, müziğin yedi notası gibi kavramlar Kopernik'ten sonra Güneş merkezli modelden pek etkilenmemişti. Hegel'e göre Kepler'in gezegen sisteminin geometrik dizi ve müzik armonisi üzerine felsefi yorumu Newton'un yasalarından daha önemliydi ve bu nedenle kutsal yedi sayısı bozulamazdı. Başka gezegen aramak boş çabaydı. Diğer taraftan aynı dönemde meşhur matematikçi Karl Friedrich Gauss (1777-1855) Newton yasalarından yararlanarak güneş sistemi üyelerinin yörüngelerini hesaplamak

için yeni bir yöntem geliştirmişti. Bu yöntemle üç gözlem noktasından yörünge belirlenebiliyordu. Ceres'in yörüngesi belirlendi ve Ceres belirlenen yerde von Zach ve Wilhelm M. Olbers (1758-1840) tarafından bağımsız olarak tekrar keşfedildi. Gözlemlerden Ceres'in uzaklığı 2.767 AB bulunmuştu. Titius-Bode yasası da bu uzaklığın $n=3$ için 2.8 AB olmasını öngörüyordu. Yasa doğru iz üzerindeydi. Bilinmeyen gezegenleri bile önceden tahmin edebiliyordu. İlginçtir ki Mars'la Jupiter arasında bir gezegen bulunması gerektiği geometrik düzenden yararlanarak ilk kez Kepler tarafından ileri sürülmüştür. 1801 yılından itibaren Ceres'e çok yakın uzaklıklarda başka cisimler keşfedilmeye başlandı; 1801 de Pallas, Olbers tarafından; 1804 de Juno, Harding (1765-1834) tarafından; 1807' de Vesta yine Olbers tarafından ilk kez gözlemlendi. Bugün sayıları 3000'e varan bu cisimlere küçük gezegenler diyoruz. O zaman bilinen tüm küçük gezegenler Titius-Bode yasasını aşağı-yukarı sağlıyordu. Diğer gezegenlere göre farklı olan bu durumu Olbers tarafından şöyle açıklanmıştı: Güneşe ortalama uzaklığı 2.8 AB olan bir büyük gezegen parçalanarak küçük gezegenleri oluşturmuş ve küçük gezegenler ilk gezegenin yörüngesine dağılmışlardı. Bu nedenle hepsi Titius-Bode yasasını sağlıyordu. Birçok astronom artık yasanın çok genel ve doğru olduğuna inanmıştı. Yalnız küçük bir karışıklık vardı: Geometrik diziyi oluşturan yasadaki indis sırasına göre Merkür için $n=-1$ alındığında Merkür'ün güneşe ortalama uzaklığı 0.4 AB olması gerekirken 0.55 AB bulunuyordu. Bu ise Merkür ile Venüs uzaklıklarının tam ortasıydı ($0.55=(0.4+0.7)/2$). Bu nokta ilk kez Wurm tarafından 1787 de not edilmişti. Gauss'a göre Merkürle Venüs arasında $-\infty \leq n \leq 0$ şartını sağlayan sonsuz sayıda yörünge olmalıydı. Merkür için $n = -\infty$ alındığında $r=0.4$ AB bulunuyor ancak bu indis diziyeye uymuyordu ve bu karışıklık açıklanamamıştı. $n=-1$ için yasanın öngördüğü $r=0.55$ AB uzaklığında başka bir gezegen aranmış bulunamamıştı. Yasanın küçük fakat önemli olan bu eksikliği zamanla unutuldu. Çok sonra 1969 da Baily Ayın Merkür'le Venüs arasında aranan gezegen olduğunu iddia ediyordu. Baily'ye göre Ay, Dünyanın çekimine kapılarak onun uydusu durumuna gelmiştir. Bugün bu tezin doğru olmadığı bilinmektedir.

1820 yılına gelindiğinde yasa ile ilgili bir sorun daha ortaya çıkmıştı: Uranüs gezegeni öngörülen yörüngeyi izlemiyordu. Alexis Bouvard'a (1767-1843) göre eski gözlemler yanlış sayılırsa yeni gözlemler öngörülen yörüngeyle uyuyordu. Eski

gözlemlerin yanlış olamayacağı Bessel (1784-1846) ve Leverrier (1811-1877) tarafından saptanmıştı. Uranüs sorunu çözülemiyordu. Newton yasalarının uzak mesafelerde farklı olabileceği bile düşünülürdü. Sorunu oluşturan en olası neden olarak başka bir gezegenin çekim etkisi olabileceği varsayımı ağırlık kazanıyordu. Aslında bu varsayım yeni değildi. Daha 1758 yılında Clairant (1713-1765) Halley kuyruklu yıldızının 1759 dönüşü üzerinde çalışırken çok uzakta görünmeyen bir gezegenin kuyruklu yıldızın yörüngesine etki etmiş olabileceğini ileri sürmüştü. Bu tahmin Uranüs gezegeninin keşfinden de öncedir. Wurm Titius-Bode yasasının genelliğine inanarak Uranüs dışında bilinmeyen gezegenler için yörüngeler oluşturmuştu. 1802'de Gilberti (1769-1824) Titius-Bode yasasıyla $n = 7$ için $r = 38.8$ AB uzaklığının Halley kuyruklu yıldızının en öte uzaklığıyla aşağı yukarı aynı olduğunu, dolayısıyla bu uzaklıktaki görünmeyen gezegenin Halley kuyruklu yıldızıyla ilgili olduğunu ileri sürmüştür. 1880'li yılların başında bu görünmeyen gezegenin varlığına o kadar inanılmıştır ki keşfedilmeden adı bile konmuştur: Ophion. Ophion bulunamamış, tam unutulup gitmişken 1834'te varlığı Hussey tarafından tekrar iddia edilmiş ve bu iddia da Airy (1801-1892) tarafından sert ve kesin bir şekilde reddedilmiştir. 1835'te Halley kuyruklu yıldızının gözlemlerinden hareketle Valz (1787-1861) ve Nikolai tarafından (1793-1846) bilinmeyen bir gezegenin etkisi Clairant'dan bir asır sonra tekrar ortaya kondu. Bilinmeyen gezegenin güneşten 38-40 AB uzakta olduğuna inanılıyordu. Sonunda Adams (1819-1892) 1845'te Uranüs yörüngesindeki bozulmalardan bilinmeyen gezegenin yerini kuramsal olarak saptadı. Ancak gözlemleri özellikle Airy'i inandıramadığı için gezegen tahmin edilen yerde aranmadı. Leverrier de bilinmeyen gezegenin yerini aynı şekilde kuramsal olarak saptamıştı. 1846'da Galle (1812-1910) bilinmeyen gezegeni Leverrier'in saptadığı konunda buldu. Burada ilginç olan; hem Adams hem de Leverrier bilinmeyen gezegenin yerini saptarken Titius-Bode yasasının geçerli olduğunu kabul etmişler, onun öngördüğü uzaklığa göre hesaplarını yapmışlar ve sonuçta kuramsal olarak yeri belirlenen gezegen eliyle koymuş gibi bulunmuştu. Öyleyse yasa artık kesin olarak doğru olmalıydı. Sonuç hiç de öyle olmadı: 1847 de Walker (1805-1853) önceden bilmeden yapılan gözlemleri de kullanarak Neptün adı verilen bu gezegenin yörüngesini belirledi. Neptün'ün uzaklığı yasadan beklendiği gibi 38.8 AB değil, fakat 30.25 AB

bulunmuştu. Yasa burada ikinci önemli tutarsızlığı gösteriyordu. O dönemin yasayı ilgilendiren bir başka gelişmesi yine Merkür gezegeni ile ilgilidir. 1859'da Leverrier uzun süre Merkür'ün yörünge hareketi üzerinde çalıştıktan sonra yörünge'nin enberi noktasının hareketini açıklayabilmek için Merkür ile Güneş arasında bir gezegen olması gerektiğini ileri sürdü. Gezegenin güneşe uzaklığı $r=0.143$ AB ve yörünge dönemi 19 gün 17 saat olmalıydı. Bir Fransız tıp doktoru olan M. Lecarbault 26 Mart 1859'da yeni gezegeni gözlediğini duyurdu. Vulcan adı verilen bu gezegen güneşe çok yakın olduğu için tekrar tekrar kaybedildi ve tekrar tekrar yeniden keşfedildi. Vulcan'ın varlığına yaygın bir şekilde inanıldı. Ancak Titius-Bode yasası Vulcan için hiç de geçerli değildi. 1879'da yasa Vulcan'ı da içerecek şekilde yeniden düzenlendi. Büyük bilim adamı Leverrier ölünceye kadar Vulcan'ın varlığına inandı. Ama Vulcan'ın gözlemleri ve yörüngesi tutarsızdı. Sonraki gözlemler Vulcan'ın hayali olduğunu gösterdi. Son olarak Vulcan 7 Mart 1970'te oluşan güneş tutulması sırasında modern aletlerle arandı; Vulcan yoktu. Titius-Bode yasası, olmayan bir gezegeni sağlayacak şekilde düzenlenebilirdi. Öyleyse yasanın kendisi de gerçek olmayabilirdi. Leverrier Vulcan'ın varlığına neden bu kadar çok inanmıştı? Uranüs yörüngesindeki tutarsızlığı hatırlarsanız, bunun nedeni olarak ya (i) dışta başka bir gezegenin varolabileceği ya da (ii) Newton yasalarının orada geçersiz olabileceği ileri sürülmüş ve sonuçta uzun ve yorucu çalışmalar birinci seçeneğin doğru olduğunu göstermişti.

Leverrier bu nedenle Merkür için de birinci seçeneğin doğru olduğuna inanmıştır. Sonraki çalışmalar göstermiştir ki Merkür'ün yörünge hareketindeki tutarsızlıkların nedeni ikinci seçenektir. Bu tutarsızlık sonradan Einstein'ın genel görelilik kuramı ile açıklanmıştır. Bu arada olmayan Vulcan gezegeniyle Titius-Bode yasası bir kez daha sarsılmıştır. 1930 yılında Pluto gezegeni keşfedildiğinde yasanın tutarsızlığı bir kez daha ortaya çıkmıştı. Yasa Pluto'nun uzaklığını 77.2 AB verirken gezegenin uzaklığı 39.62 AB bulunmuştu. Yasanın daha fazla tahmin yapmada (örneğin 10. gezegenin uzaklığı için) kullanılamayacağı anlaşıyordu. Son tutarsızlığın, Pluto'nun Neptün'ün uydusuymuş bir çarpışma sonucu sonradan gezegen olmasından kaynaklandığı savunuldu. Çünkü yasa çarpışmaları dikkate almıyordu. Diğer taraftan yasanın Neptün için öngördüğü 38.8 AB'lik uzaklık Pluto'nun gözlenen uzaklığına yakın görünüyordu. Acaba Pluto $n=7$ numaralı yörüngede mi dolanıyordu? O zaman Neptün kaç numaralı yörüngede bulunmalıydı? $n=6$ numaralı yörüngede Uranüs vardı ve uzaklığı yasa ile tutarlıydı. Yörünge numarası n mutlaka tamsayı mı olmalıydı? Kesirli sayı olamaz mıydı? Gezegen uzaklıkları neden hep yaklaşık çıkıyor ve hiç tam eşitlik sağlanmıyordu? Yasanın arkasında fiziksel bir temel var mıydı?

Bu gibi sorular ve tutarsızlıklar Titius-Bode yasasına güvenilirliği sarsmış, yeni arayışlara yol açmıştır. Mistik düşüncenin öngördüğü evrensel düzen beklentisine temel olan ve binlerce yıllık geçmişi olan yasa hakkında şüpheler artmış ama yasadan ümit kesilmemişti. Öykünün bundan sonraki kısmında yasa ile ilgili yeni arayışlardan sözedeceğiz.

Asım BARUT: Simetri ve Dinamik

Z.Zekeriya AYDIN

"Simetri ve Dinamik, fizik yasalarını formüle etmenin farklı yollarıdır; birinin diğerinden türetilmesi mutlaka zorunlu değildir. Bazen çelişirler, bazen birbirlerini tamamlarlar, sık sık da farklı soruları yanıtlarlar. Ama birlikte doğanın tam anlaşılmasını sağlarlar."

Yukarıdaki cümleler Profesör Asım Barut'un **Geometri ve Fizik** adlı son kitabından alındı. Bu yazıda okuyucularımıza hem bu ünlü fizikçimizi tanıtmaya hem de onun geometri ve fizik hakkındaki düşüncelerinden küçük birini (Fizik Dergisi'nin ilk sayısında "bir Astronomi Yasasının Öyküsü" başlığıyla çıktığı için kolaylıkla izleyeceğinizi umduğum Titius-Bode Yasası'nın izahı üzerine olanını) aktarmak istiyorum.

Profesör Asım Barut 1962'den beri A.B.D. de Colorado Üniversitesi Fizik Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışıyor. Sürekli yurt dışında oturmasına karşın, başta Ankara, Boğaziçi, Karadeniz Teknik ve Dicle üniversiteleri olmak üzere, Türk üniversitelerine birçok fizikçi yetiştirdi ve yetiştirmekte. Yetiştirdiği bu fizikçilerle hala birlikte çalışmayı sürdürmekte. Sayısı 500 ü bulan bilimsel makaleleriyle dikkati çekmekte. Asım Barut 1926 Malatya doğumlu. İlk ve orta öğrenimini Malatya'da tamamlamıştır. Malatya Lisesi'ni bitirdikten sonra, yurt dışı sınavlarını kazanarak İsviçre'ye gidiyor ve 1949 da Zürih'teki Federal Teknik Üniversite (ETH)'den mezun oluyor. Doktorasını aynı üniversitede 1952 yılında tamamlıyor. Bu dönem çalışmaları denel fizik üzerine: Elektron emisyonu, ikincil elektronlar, elektron optiği vs. 1953 yılında kazandığı bir Rockefeller bursu ile Amerika'ya Chicago Üniversitesi'ne gidiyor ve bir yıl soyut matematik çalışıyor ve böylece deneysel fizikle matematiği birleştirerek asıl çalışma alanı olan teorik fiziğe geçiş yapıyor. Kısa sürelerle Reed Koleji, Montreal Üniversitesi, Syracuse Üniversitesi ve Berkeley'de çalıştıktan sonra, 1962 de Colorado Üniversitesi'nde profesör oluyor.

Asım Barut dünyanın çeşitli üniversite ve araştırma merkezleriyle ilişkilerini sürdürmeye özen göstermekte. Bunlar arasında Trieste Teorik Fizik Merkezi (ICTP), Münich'teki Max Planck Enstitüsü, Canterbury, Münich, Heidelberg, Frankfurt, Dijon, Stockholm, Caracas, Şili, Mexico, Güney Afrika, Ankara ve Boğaziçi Üniversiteleri sayılabilir. Yaz okulu, kongre ve kollokyum gibi bilimsel etkinlikleri en çok organize eden ve bu tür etkinliklere konuşmacı olarak en çok davet edilen fizikçilerden biri olduğunu belirtmeliyiz. Barut Türkiye'de de bir çok uluslararası yaz okulu düzenlemiştir.

1974'de Almanya'nın Alexander von Humboldt Bilim Ödülünü, 1982'de de TÜBİTAK Bilim Ödülünü kazanmıştır.

Barut'un çalışmaları üç ana başlıkta toplanabilir:

1) **Kuramsal Fiziğin Temel Problemleri**: Bu bölümde, dinamik grup kuramı ve uygulamaları, sonsuz-bileşenli görelî hareket denklemleri, kimyasal elementlerin periyodik cetvelinin grup kuramı, klasik elektro-dinamikte ışınım problemi, kuantum elektrodinamiğinin öz-alan yaklaşımı, elektromagnetik ve zayıf etkileşmelerin saçılma matrisi kuramı sayılabilir. Bunları tek tek açıklamaya girişmemekle beraber, şunu söylemeden de geçemeyeceğiz. Grup gösterimlerini dinamik sistemlere ilk uygulayan Asım Barut oldu; böylece de dinamiğin altında geniş bir geometrik yapının yer almış olabileceği düşüncesi kuvvet kazandı.

2) **Matematiksel Fizik** : Bu bölümün alt başlıkları ise, görelî saçılma matrisinin simetri özellikleri ve görelî denklemler, Lagrange değişim ilkesinin yüksek basamaklı sistemlere genişletilmesi, kompakt olmayan grupların matematiksel ve fiziksel özellikleri, konform gruplar ve uygulamaları, çizgisel olmayan dinamik sistemler ve grup özellikleri olarak sıralanabilir. Dinamik grupların geliştirilmesinin ardından, grup kuramına ve özellikle kompakt olmayan gruplar kuramına ve gösterimlerine çok

büyük bir ilgi doğdu. Barut, bu alana yaptığı katkılarını ayrıca **Grup Gösterimleri Kuramı ve Uygulamaları** adlı bir kitapta topladı.

3) **Yüksek Enerji ya da Temel Parçacıklar Fizigi**: Barut'un çalışmalarının büyük bir kısmı bu alandadır. Bu alandaki çalışmalarına temel parçacıkların sınıflandırılmasıyla başlamış; Gell-Mann ve Neeman'dan üç yıl önce *Nuovo Cimento* dergisinde "sekizli" simetriye dikkatleri çekmiştir. Temel parçacıkların yapı taşları ve aralarındaki temel kuvvetler konusunda, "kuark modeli"ne karşı bir seçenek olarak "magnetik model"i geliştirmiştir. Aşırı kısa mesafelerde magnetik kuvvetlerin elektriksel kuvvetlere baskın gelmesini, kuvvetli etkileşme olarak yorumlanmaktadır. Bu kurama göre, elektron, nötrino ve bunların karşı-parçacıkları çok kısa mesafelerde magnetik momentleriyle etkileşerek diğer tüm birleşik parçacıkları (rezonansları) oluştururlar. Hipotetik hiçbir yeni parçacık gerektirmeyen bu "ekonomik" model, tüm kuvvetleri de kendiliğinden birleştirmektedir. Asım Barut'un tüm dünyada lisans-üstü öğrencilerinin ve araştırmacıların ellerinden düşürmedikleri İngilizce yazılmış çok değerli beş kitabı vardır. **Elektrodinamik: Alan ve Parçacıkların Klasik Kuramı** adıyla 1964 yılında Macmillan yayını olarak çıkan ilk kitabı öylesine klasikleşti ki, 1980'de Dover yayınevi tarafından yeniden basıldı. **Saçılma Matrisi Kuramı** adlı ikinci kitabı 1967'de yine Macmillan yayınevi tarafından yayınlandı ve bu konunun baş kitabı haline geldi. Canterbury üniversitesi yayını olarak 1972'de çıkan **Dinamik Gruplar** kitabında, grup gösterimleri hidrojen atomuna, protona ve diğer birleşik parçacıklara uygulanmaktadır. 800 sayfalık bir başka kitabı ise **Kompakt Olmayan Grupların Gösterimleri ve Uygulamaları** adını taşımakta; Polish Scientific Publishers tarafından 1977'de ilk baskısı ve 1980'de ikinci baskısı çıkan kitap, grup kuramı konusunda en kapsamlı eser olarak nitelenmektedir. 1989'da Bibliopolis tarafından yayınlanan **Fizik ve Geometri** adlı monografında ise, doğanın işleyişini, simetriyi ya da geometriyi dinamiğe bağlayarak anlamaya çalışmaktadır. İkinci ve dördüncü kitapları, Alman, Rus ve Polonya dillerine de çevrilmiştir.

Titius-Bode Yasası İçin Kuramsal Bir Temel

Dinamiği geometriden çıkarma ya da daha zayıf anlamıyla dinamiği geometrikleştirme anlayışı, Kepler'den beri fizikçilerce sürekli gündeme getirilmiştir. Kepler güneş sisteminin dinamiğini geometriyle anlamaya uğraşmış; gezegenlerin düzeninde harmonik seslerdeki mükemmel oranların varolduğunu sanarak, kendi zamanında bilinen altı gezegenin yörüngelerinin, içiçe yerleştirilen beş düzgün katının (**tetrahedron** = 4 eşkenar üçgen yüzlü, **küp**, **oktahedron**=8 eşkenar üçgen yüzlü **ikosahedron**=12 düzgün beşgen yüzlü, **dodekahedron**= 20 eşkenar üçgen yüzlü) oluşturduğu aralıklara uygun düştüğünü kanıtlamaya çalışmıştır.

Kepler'in sorusu bugün hala çözülememiştir. Gezegenlerin yasalarını tam olarak bildiğimizi düşünebiliriz. Fakat güneşten bu uzaklıklarla neden şu kadar uydulu dokuz gezegenin varolduğunu anlamıyoruz. Gezegenlerin oluşumu sırasındaki karmaşık başlangıç koşulları nedeniyle, bu sorular bir kenara bırakılır. Bununla beraber, dinamik denklemlerle başlayıp, güneş sisteminin başlangıcından itibaren onları integre edip, gezegenlerin sayıları ve mesafeleri üzerine **basit yasalar** türetmek olası değildir. Fakat **kimbilir belki de son durum, simetri cinsinden basit bir dorucu betimlemeye uygun olabilir.**

Böyle bir gerekleyle yola çıkan Barut,

$$r = 0.4 + 0.3 \times 2^n$$

şeklindeki ampirik Titius-Bode formülüne sağlam bir temel arar. Bu formül, gezegenlerin asal yarı-eksenlerinin uzunluğunu Astronomik Birim cinsinden verir. (1 Astronomik Birim = Yer yörüngesinin asal yarı-ekseni) ; burada $n = -\infty$ Merkür (M), $n=0$ Venüs (V), $n=1$ Yer (Y), $n=2$ Mars (Ma), $n=3$ Astroidler, $n=4$ Jüpiter (J), $n=5$ Satürn (S), $n=6$ Uranüs (U) ve $n=7$ Pluton (P) içindir. Formül Neptün'ün yörüngesini hesaba katmaz; n değerleri düzenli değildir ve üstelik formülün kuramsal temeli de yoktur.

Bula adında biri 1982'de gezegenler sistemi için bir tür "atomik model" denemiş; yani gezegen yörüngelerinin yarıçaplarını, hidrojen atomu tipinde bir yasayla fit etmeye çalışmıştır. Bunun için, $\frac{GmM}{r^2}$

kütle-çekim kuvvetini $\frac{mv^2}{r}$ ye eşitlerseniz (daireesel yörünge koşulu)

$$v^2 r = GM = \Gamma$$

denklemini bulursunuz. Bu denkleme ek olarak

$v_n r_n = n\sigma$ (n =tamsayı) gibi bir "kuantumlama" varsayarsanız (ki bu tam olarak açısal momentumun kuantumlanması değil de, bir kütle başına açısal momentumun kuantumlanmasıdır), o zaman

$$r_n = \frac{\sigma^2}{v_n^2} n^2$$

formülüne ulaşırsınız. Eğer $\sigma = 9.22 \times 10^{14} \text{ m}^2 / \text{sn}$ alınırsa, çok iyi bir fit elde edilir. Fakat n değerleri biraz keyfidir:

n	3	4	5	6	...	11	15	21	26	31
Gezegen	M	V	Y	Ma	...	J	S	U	N	P

Kayıp n değerleri hakkında birşeyler ileri sürülebilir; ya da gezegenlerin uydularıyla bu kayıp n değerlerini özdeşleştirmeye çalışmak denenebilir. Gene de üstteki kuantumlama için bir neden yoktur.

Şimdi bu noktada başka bir hipotez deneyelim diyor Asım Barut. Gezegen hızlarının logaritmaları ile uzaklıklarının logaritmasını n tam sayılarına göre grafikleyelim; her ikisi için de yaklaşık birer doğrusal yasanın var olduğunu görürüz (Şekil 1). Doğrudan olan ufak sapmalar eliptik yörüngelere vs.ye yorulabilir. Buna göre, hızın bir üstel yasaya göre "kuantumlanması" çok daha olası görülür:

$$v_n = v_0 e^{-\lambda n}$$

Öyle ki buradan, sırasıyla hızın, uzaklığın ve periyodik logaritmaları

$$\log V_n = \log V_0 - \lambda n$$

$$\log R_n = \log R_0 + 2\lambda n$$

$$\log T_n = \log T_0 + 3\lambda n$$

şeklinde ortaya çıkar. Şekil 1 de çizilenler bunlardır. Bunlara, daha doğrusu hızın üstel "kuantumlanması" kuralına kuramsal bir dayanak bulabilirmiyiz? Galiba evet... Kuantumlamamanın anlamlı olduğu mikroskobik bölgeyle makroskobik gezegen sistemini birbirine bağlayan

$$t \rightarrow e^{3\lambda n}, x \rightarrow e^{2\lambda n}$$

zaman ve uzay genişmesi (dilatation), yukarıdaki üstel yasayı verir. Bu dönüşüm altında $(2/x)^3$ değişmez kalır; dolayısıyla Kepler'in üçüncü yasası türetilir:

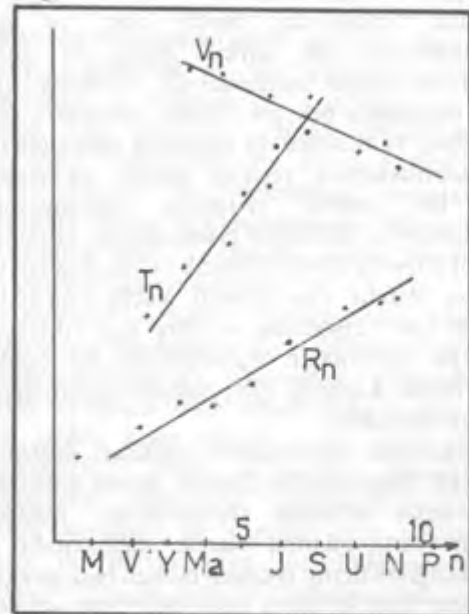
Bu tür bir düzenlilik, ya da "kuantumlanma", yeni bir λ sabiti getirir. Fakat bu durumda 10 parametre yerine, bir yörüngeyi bilirse, geri kalan yörüngeleri öngörebiliriz. Bu, tümüyle simetrisinin ne hakkında olduğudur: Görünüşte farklı durumları ya

da biçimleri birbirleri üzerine gönderen dönüşümleri bulmak!

Gerçekte bugün biliyoruz ki, $\frac{1}{r^2}$ -kuvvet yasasıyla belirlenen dinamik Kepler problemi, açısal momentum ve Lenz vektörüyle doğrulan 4-boyutlu dönme simetrisine ek olarak, ölçekleme dönüşümlerini ve yansımaları içeren konformal simetri gibi yüksek bir simetriye de sahiptir. Böylece bir yörüngeyi bir diğeri üzerine gönderebiliriz. Bu yüksek simetri, momentum uzayında daha basit olarak ifade edilir; fakat yorumu biraz daha karmaşıktır.

Bu dönüşümlerin düzgün katları da birbirleri üzerine gönderdikleri düşünülebilir. Bunlar daha çok kesikli alt-gruplar oluştururlar; ki bunlar düşük yörüngeler için düzgün polihedronların kesikli alt-gruplarıyla çakışır. Kepler'in düşüncesi, herşeyden sonra, çok da delice olmayabilir.

Gezegenlerin oluşumunda neden kesikli ölçekleme dönüşümlerine ya da "kuantumlanma"sına sahip olduğumuz hakkında henüz iyi bir gerekçemiz yok. Kuşkusuz, kütlelerdeki ve dolayısıyla enerjilerdeki düzenliliği de anlamalıyız. Fakat hidrojen atomunda açısal momentumun kuantumlanması için de çok iyi bir gerekçemiz yok: Sadece onu kabul ediyoruz!... Kuantum mekaniği, bu kuantumlamayı tasvir eder; ama izah etmez.



Fizikte Deneysel Çalışmanın Yeri

Gökçe BİNGÖL

Fizik, insanoğlunun doğayı ve evreni anlama çabaları sonucunda, halkaları gözlem-deney-kuram olan bir zincirle oluşan temel bilimdir. Tarihsel gelişim sürecinde, bu halkalardan birinin ya da ötekinin öne çıktığı olmuştur; ama zinciri koparacak biçimde, bunlardan birinden vazgeçilmesi hiç söz konusu olmamıştır. Kendisi böyle bir zincirle oluşan fizik'in her düzeyindeki eğitiminde bu zincirin özenle korunması, onun da ötesinde, "Duyulan unutulur, görülen anımsanır, yapılan anlaşılır" özdeyişine uygun olarak, deney halkasının öne çıkarılması gerekir. Okul öncesinden üniversiteye uzanan süreçte bunun sağlanabilmesi için fizik eğitimcileri sürekli çalışmalar yapmaktadırlar. Aşağıda bu çalışmaların sonuçları vurgulanacaktır.

İlkokul Düzeyinde Deneysel Çalışma

İlkokul düzeyindeki fizik eğitiminin ana amaçlarından biri, çocuklara deneysel çalışmanın önemini ve değerini kavratmak olmalıdır. Bu amaca, fiziğin deneysel olarak öğretilmesi yoluyla ulaşılabilir. Okul öncesinde ve ilkokulun ilk yıllarında, çocukların çeşitli araç ve gereç kullanimalarına, çok sayıda deney ve gözlem yapımlarına olanak sağlanmalıdır. Gelişmişlerin de içinde bulunduğu pek çok ülkede, çocukların çeşitli araç, gereç ve düzenekleri kullanma deneyimlerinin ve alışkanlıklarının yetersiz olduğu saptanmıştır. Çoğu kez evdeki yetiştirme yöntemlerinden kaynaklanan bu eksikliğin giderilmesine, bilimsel ve teknolojik temele dayalı oyuncak ve yap-boz takımlar yardımcı olabilir. Öte yandan, küçük öğrencilerin deneysel yolla eğitilmesi ve ders dışı bilimsel ve teknolojik etkinliklere özendirilmesi bu eksikliği büyük ölçüde kapattığı gibi, onların deneyimlerinin artmasını da sağlar.

İlkokulda öğrencilerin yaptıkları gözlem ve deneylerde karşılaştıkları fiziksel olaylar hakkındaki düşüncelerini serbestçe söylemelerine, ulaştıkları sonuçları tartışmalarına olanak sağlamalıdır. Bu aşamada öğrencilerin, önceden bilinen bazı sonuçlara ulaşmaları, bazı soruların kesin yanıtlarını vermeleri beklenmemelidir. Burada, öğrencilere sorgulama ve

irdelemeyi bir yöntem olarak benimsetmek ve onlara, bunu alışkanlık olarak kazandırmak amaçlanmalıdır. Çocuğun ilk kez karşılaştığı bir olayda sonucun önceden söylenmesi ya da doğru sonuca ulaşması için çok ayrıntılı olarak yönlendirilmesi, sorgulama-irdeleme alışkanlığını edinmemesine yol açacağından, bundan kaçınılmalıdır.

İlkokulun ilk yıllarında öğrencilerin yapacağı gözlem ve deneyler, işlenen kavramlarla sıkı biçimde bağlantılı olmalı ve bir bütünlük taşımalıdır. Son yıllara doğru, öğrencilerin fiziğe alışkanlıkları arttıkça bu bağlantı ve bütünlük daha az önem taşır. Bununla birlikte, konuların yönetsel ya da eğitimbilimsel nedenlerle bölündüğü durumlarda bile, fizik dersleri bir bütün olarak düşünülmesi ve böyle işlenmelidir.

İlkokulda ders programları, öğrencilerin bildikleri olaylardan başlayıp, bilmedikleri olaylara doğru gelişen bir yönde oluşturulmalı, deney düzeneklerinde de onların tanıdıkları basit araç ve gereçler kullanılmalıdır. Bu iki konuda öğretmenlerin bilgilendirilmesi, deneysel eğitimin başarısını arttıracaktır. Öğretmenlerin, deneysel eğitimin başarısının kullanılan düzeneklerin karmaşıklığı ile ilişkisi bulunmadığı, bu tür eğitimin değerinin ve başarısının, kullanılacak düzeneklerden bağımsız olarak, yapılacak gözlem ve çözümlenmelerden kaynaklandığı ve bu nedenle karmaşık ve pahalı düzenekler yerine, aynı amaca yönelik basit düzenekleri kullanmalarının daha değerli olduğu konusunda bilinçlendirilmeleri gerekir.

Ortaöğretimde Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmanın ilköğretim ve ortaöğretim düzeyindeki amaçları arasında önemli bir ayrım yoktur. Ortaöğretim düzeyinde de deneysel çalışmalar, öğrencilerin fiziksel kavramları daha iyi anlamalarına yönelik olmakla birlikte, onlara daha üst düzeyde deneysel beceri kazandıracak biçimde düzenlenmelidir. Öğrencilerin deneysel becerilerini artırmak için, özellikle ortaöğrenimin son yıllarında, öncekilerden daha karmaşık deney düzenekleri kullanılabilir. Bu tür düzenekler çok amaçlı kullanıma ve güvenilir ölçümler yapmaya elverişli olacak biçimde seçilmelidir. Karmaşık deney

düzeneklerinin sürekli kullanımında tutulması, işletim giderleri ve teknik destek gibi iki önemli sorunu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunlardan birincisi, işletim giderleri düşük düzeneklerin seçimiyle bir ölçüde aşılabilir. Teknik destek sorunu ise öğretmenlerin, deney düzeneklerinin kullanımı, bakımı ve basit onarımı konularında eğitilmeleri yoluyla çözümlenebilir. Bu çözüme ulaşabilmek için, öğretmen eğitim programlarında, atölye eğitimi ayrılmaz bir öge olarak yer almalıdır.

Öğrencilere, yapacakları deneyle ilgili yazılı kılavuzların verilmesi gereklidir. Bu kılavuzlar, özellikle az deneyimli öğrenciler gözönüne alınarak, kullanılacak araç-gereç ve düzeneklerin kurulmasına, işletilmesine ilişkin tüm ayrıntıları içerecek biçimde hazırlanmalıdır. Öte yandan bu kılavuzlarda, yapılacak gözlemlerle ilgili öngörüler ve varsayımlarla, ulaşılabilecek sonuçlar kesinlikle yer almamalıdır.

Öğrencilerin, deney raporlarının yazımında, kuramsal bilgilere ve deneysel yöntemlere ayrıntılı biçimde yer vererek çok fazla zaman harcadıkları gözlenmektedir. Özellikle basit ve deneyim kazandırmaya yönelik laboratuvar çalışmalarına ilişkin raporlara ayrıntılı kuram ve yöntemin yazılması gereksizdir. Deney raporlarında doğru deney verilerinin, bunların çözümlenmesinin ve sonuçlarının tartışılmasının yanısıra, karşılaşılan güçlüklerin, bunların aşılması için uygulanan yöntemlerin ve önerilerin yer alması büyük önem taşır. Öğrenciler bu konuda özenle eğitilmelidir.

Ortaöğretim fizik programları yapılırken, deneysel çalışmanın, fizik eğitiminin temel ögesi olduğu gözönünde bulundurulmalıdır. Fizik eğitiminde yer alacak deneysel çalışmaların uzunluğuna göre, programlarda, laboratuvar çalışmalarının ve kuramsal derslerin süreleri ve yerleri belirtilmelidir. Bir öğrenciye ya da bir öğrenci grubuna yönelik, birkaç hafta süreli proje çalışmaları, öğrencileri araştırmaya yöneltmede önemli olduğundan, bunlara programlarda yer verilmelidir.

Öğrencilerin fizik derslerindeki çalışmalarını değerlendirirken, laboratuvar çalışmalarındaki başarılarına yeterli ağırlık verilmelidir. Bu ağırlığın ve değerlendirme yönteminin öğrencilerce bilinmesi, onların deneysel çalışmaya özen göstermelerini ve önem vermelerini sağlar.

Yükseköğretimde Deneysel Çalışma

Fiziğin deneysel yöntemle öğretilmesi, bu yöntemin temel ilkeleri ve amaçları konusunda ilk ve ortaöğretim için büyük ölçüde sağlanmış bulunan görüş birliğinin, yükseköğretim düzeyinde de sağlanmasının bazı güçlükleri vardır. Bu güçlükler, çeşitli ülkelerdeki çeşitli üniversitelerde, değişik ilkelere dayalı, değişik amaçlı çok sayıda laboratuvarın fizik eğitiminde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Deneysel yöntemlerle işlenebilecek konuların çokluğu, bunların tümünün bir özel eğitim programında yer almasına olanak vermemektedir. Bu nedenle laboratuvarlar düzenlenirken bazı seçimlerin yapılması zorunlu olmaktadır. Bu seçimler genellikle konunun gerektirdiği bilinçle yapılmamaktadır. Bilinçle yapılmayan seçimler, eğitime yönelik laboratuvarların amaçlarını belirsiz kıldığından, bunların başarıya ulaşip ulaşmadıkları da belirsiz kalmaktadır. Öte yandan, çeşitli ülkelerin üniversitelerindeki değişik kişiler, değişik seçimler yaptıklarından, türdeş olmayan laboratuvarlar ortaya çıkmakta, bunların fizik eğitiminde ulaşılabilecek sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilememektedir. Özetle, üniversitelerde öğretim elemanlarının deneyimlerinden kaynaklanan kişisel inançları, laboratuvar çalışmalarını, kuramsal derslere göre çok fazla etkilemektedir.

Fizik eğitiminde deneysel yöntem uygulamaları açısından gözlenen olumsuzluklar, ne yazık ki yukarıdakilerle sınırlı değildir. Bazı temel olayları doğrulamak ya da göstermek amacıyla düzenlenmiş değişmez deneyleri içeren laboratuvarlar dünyanın pekçok üniversitesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür gösteri deneyi niteliği taşıyan bu geleneksel uygulamalar, öğrencilerin fiziğe ilgi duymalarını sağlayamadığı gibi, onların bilim konusunda yanlış düşüncelere kapılmasına da yol açmaktadır.

Deneysel fizik eğitiminin önündeki engellerden biri de öğrenci sayısı/öğretim üyesi sayısı oranının büyüklüğüdür. Dünyadaki üniversitelerin çoğunda, bu oranın 100'ler basamağına ulaştığı servis amaçlı eğitim başta olmak üzere, fizik eğitimi öğrenci-öğretim üyesi ilişkisinin hemen hiç sağlanamadığı koşullarda yürütülmektedir.* Bu ilişkinin, kendileri de öğrenci olan yardımcıları aracılığı ile sağlanmasına çalışılmaktadır. Oysa öğrencilerle öğretim üyelerinin laboratuvarında birlikte çalışmaları, eğitimin niteliği bakımından büyük önem taşır. Yukarıda belirtilen oranın küçük olduğu,

araştırma deneyimli genç öğretim üyelerinin istekle katıldığı ve öğrencilerle gerçekten çalıştığı laboratuvarlardaki eğitimin niteliğinin, bu laboratuvarların yapısından daha az etkilendiği gözlenmiştir.

Üniversitelerdeki Eğilimler

Fiziğin gelişmesine ve araştırma için gerekli düzeneklerin gittikçe daha karmaşıklaşmasına koşut olarak, eğitim laboratuvarlarının daha gelişmiş düzeneklerle donatılması yönünde bir eğilim vardır. Özellikle üniversite eğitim programlarının son yıllardaki eğitim laboratuvarlarına, çok kısa bir süre önce bilgi düzeyinin sınırlarında bulunan deneyleri koymayı amaçlayan bu eğilim iki temel düşünceden kaynaklanmaktadır:

a) Gelişmiş deney düzenekleri ve güncel konulardaki deneylerle öğrencilerin ilgilerini uyarmak ve artırmak.

b) Eğitim laboratuvarlarını bir araştırma laboratuvarına benzer duruma getirerek, bir yandan öğrencileri genç yaşlarda bir araştırmacı gibi çalışmaya yöneltirken bir yandan da üniversitenin araştırma kapasitesini artırmak.

Bu son düşünce, eğitim bilimcilerce iki noktadan eleştirilmektedir. Bunlardan biri, eğitim ve araştırma laboratuvarları arasında benzerliğin, temel bilgileri yetersiz olan öğrencileri yanlış yönlendirebileceğidir. Eleştiri konusu olan ikinci nokta ise, basit düzeneklerle çalışan öğrencilerin yaptıkları işi çok daha iyi anlayacakları ve kolaylıkla bir araştırmacı gibi çalışmayı öğrenecekleri olgusunun gözardı edilmesidir. Bu eleştirilerin sonucunda, bazı üniversitelerde eğitim laboratuvarlarının, fiziksel olayların ayrıntılı ve yakından incelenip anlaşılması için olabildiğince basit düzeneklerle donatılması yönünde, yukarıdakine ters bir eğilim ortaya çıkmaktadır.

Üniversitelerdeki bir başka eğilim de eğitim laboratuvarlarının yapılarının ve donanımlarının esnekleştirilmesi yönündedir. Gittikçe artan sayıdaki üniversitede, öğrencilere çok sınırlı bir bilimsel davranış özgürlüğü tanıyan, sonuçları önceden belli hazır deney düzeniği ve ayrıntılı deney kılavuzu verme yönteminin bir yana bırakılarak, onun yerine, öğrencinin ilgi alanını ön plana alan ve deneyler konusunda kendi seçimlerini yapmalarına olanak sağlayan yeni deneysel çalışma türlerinin uygulamaya konulduğu gözlenmektedir. Bu yeni türlerin başlıcaları aşağıda belirtilmiştir:

Açık laboratuvar :

Belli sınırlamalarla sürekli olarak açık tutulan ve öğrencilerin istedikleri anda, istedikleri süreyle çalışmalarına olanak tanıyan laboratuvarlardır. Bunlardan bazılarında, öğrencilerin sorumluluk duygularını ve kendilerini denetleme yeteneklerini geliştirmek amacıyla, yapacakları deneyleri ve amaçlarını seçmelerine de olanak sağlanmaktadır.

Kendinden denetimli laboratuvar :

Öğrencilerin kendi kendine öğrenmesi ilkesine dayalı Keller yöntemi çerçevesinde oluşturulan laboratuvarlardır. Kuramsal derslerle bağlantılı olarak yürütülen bazı laboratuvar çalışmalarında da bu yöntemin uygulandığı görülmektedir.

Kendine yeterli donanımlı laboratuvarlar :

Bu tür laboratuvarlarda, bir araştırma laboratuvarında olduğu gibi, çok sayıda genel amaçlı araç-gereç ve düzenekler bulunmaktadır. Burada öğrencilerin, izlenecek deneysel yöntem hakkında hiçbir bilgi verilmeden, laboratuvarlardaki olanakları kullanarak, deneyler yapmaları ya da bir olayı incelemeleri istenmektedir. Açık laboratuvarlarda öğrenciler neyi, ne zaman yapacakları konusunda uzun erimli kararlar vermek zorundadırlar. Kendine yeterli donanımlı laboratuvarlarda ise, öğrenciler buna ek olarak yapacakları deneyleri de seçmek durumundadırlar.

Yön seçmeye açık laboratuvarlar :

Bu laboratuvarlarda öğrencilere, bir deneyi yaparken edindikleri deneyimlere göre, bu deneyin yönü ve gelişimi konusunda seçim yapma ve karar verme özgürlüğü tanınır. Burada neyin, hangi yöntemle ölçüleceği deneyin başlangıcında çok iyi tanımlanır. Sonra öğrencilerin, bulguların geliştirilmesi için önerilen yollardan, kendi amaçlarına ve yöntemlerine uygun olanını seçmesi istenir.

Proje çalışması :

Proje çalışması, öğrencilerin bilimsel tartışma özgürlüğünü artırmaya ve böylece bir araştırmacı olarak gelişimlerini sağlamaya yönelik yeni eğitimsel eğilimlerin doğal sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Burada öğrencilerin, tek bir araştırma konusuyla, bir öğrenci deneyine kıyasla, çok daha yakından ilgilenmeleri ve böylece daha olgun ve daha eksiksiz bir deneyci haline gelmeleri amaçlanmaktadır. Proje kapsamında yapılması öngörülen deneylerin seçiminde genellikle iki ölçüt kullanılmaktadır. Bunlardan biri problemin basitliği, öteki de sonucun bilinmemesidir.

Üniversitelerdeki Deneysel Çalışmalar İçin Öneriler

Bir ders planlanırken, öncelikle dersin amaçlarının çok iyi belirlenmesi gerekir. İkinci aşama, belirlenen amaçlara en uygun olan deneylerin seçilmesi ve bunların ders planında en uygun yerlere konulmasıdır. Dikkatsizce seçilmiş deneylerin, gelişigüzel yerlere konulduğu bir ders planının başarıya ulaşması çok zordur.

Üniversitelerdeki eğitim genellikle, ders, laboratuvar çalışması ve grup çalışması olmak üzere birbirinden ayrı üç parçadan oluşmaktadır. Bu parçaların birleştirilerek bütünlüğün sağlanması ve her türden deneysel çalışmanın, bu bütünlüğün içinde bir öğretim yöntemi olarak yer alması eğitimcilerce önerilmektedir.

Öğrenci-öğretim üyesi ilişkilerinin artırılması için eldeki tüm olanaklar kullanılmalı, özellikle deneysel çalışmalarda bu ilişkilerin sağlanmasına özel bir önem verilmelidir.

Laboratuvar çalışmalarıyla kuramsal dersler arasındaki engeller kaldırılmalı, bu ikisi arasında sıkı bir ilişki kurulmalıdır.

Eğitimsel Sonuçlar

Fizik deneysel bir bilim olduğundan, her düzeydeki fizik eğitiminde deneysel çalışma önemli bir yer tutar. Deneysel çalışmanın üç ana amacı vardır:

1. Öğrencilerin kavramları daha iyi anlamalarını sağlamak.
2. Öğrencilere, birçok kavramın ve kuramın deneysel çalışmalara dayalı olduğunu göstererek, onların deneysel çalışmanın değerini anlamalarını sağlamak.
3. Öğrencilere, deneylerin planlanması, ölçüm yöntemleri, verilerin çözümlenmesi ve sonuçların yorumlanmasını içeren deneysel çalışmayı öğretmek.

Yukarıdaki amaçlara ulaşılmasını sağlayan laboratuvar ortamlarının, aynı zamanda eğitimin genel amaçları olan yaratıcılığın geliştirilmesini, bağımsız düşünme ve çalışmayı, kendine güveni sağlayabilecek ve öğrencilerin fiziğe ilgisini, sevgisini artıracılabilecek en iyi ortamlar olduğu kuşkusuzdur.

Türkiye'deki Durum

Fizik eğitiminde deneysel yöntemin kullanılması konusunda ülkemizde bir dizi olumsuzluklar gözlenmektedir. Türkiye ölçeğindeki üst düzey eğitim planlarında deneysel yöntem, bir eğitim aracı olarak yer almamaktadır. Oysa bu

yöntem dünyada önemli ve etkin bir amaç olarak kullanılmaktadır. Fizik eğitiminde öncelikle bu aracın benimsenmesi, sonra da etkin ve yaygın biçimde kullanılması için tüm olanakların zorlanması gerekir.

İlk ve ortaöğretim düzeyinde, okul ölçeğine inildiğinde, sayıları çok az da olsa bazı okullardaki öğrencilerin gözlem ve deney yapma olanağı bulabilmesine karşın, öğrencilerin geri kalanı bir laboratuvar aracını görme olanağını bile bulamadan okullarından mezun olmaktadır. Deney yapabilenlerin ise, bundan beklenen yararı sağlayabildikleri kuşkuludur. Çünkü deneysel çalışmalar, öğretmenlerin bilgi, beceri ve istekleriyle ellerindeki olanaklara bırakılmıştır. Öğretmenlerin bu konuda uygulayacakları bir program da yoktur.

Ülkemizde, fizik eğitiminin ortaöğretimde deneysel yöntemle yürütülmesi için zaman zaman bazı olumlu girişim ve uygulamaların pözenmiş olmasına karşın, bugün ne yazık ki geleneksel kara tahta-tebeşir yöntemine dönmüştür. Deneysel yöntem, onun gerektirdiği laboratuvar düzenekleri Türkiye ölçeğinde sağlanmadan, bu konuda gerekli olan öğretmen eğitimi yapılmadan başarısız sayılmıştır. Şimdiki yöntem, öğretmenlerin bilgi sınırlarını zorlayan ders kitabı içerikleriyle, uygulanan programın olumlu yanı olarak gösterilen ders saatlerinin artımında beklenen yararı karşılamaktan çok uzaktır.

Üniversitelerimize gelince, onlar deneysel yöntemi hiç tanımayan ve bu nedenle de bu yöntemle yatkın olmayan öğrencilerle karşı karşıyadır. Üniversite düzeyine gelmiş bir öğrenciye deneysel yöntemi benimsetmenin ve onun eğitiminde bunu uygulamanın güçlükleri ortadadır. Öte yandan, üniversitelerimiz artan öğrenci sayısına karşın, öğretim üyesi sayısının azlığından ve parasal olanakların yetersizliğinden kaynaklanan sorunlarla uğraşmaktadır. Bu koşullarda, üniversitelerimizde fizik eğitiminin deneysel yöntemle sürdürülmesinde büyük güçlükler vardır. Deneysel yöntemin uygulanması yönündeki sınırlı girişimlerin de başarıya ulaşma şansının az olduğu gözlenmektedir.

Türkiye'de her düzeydeki fizik eğitiminde deneysel yöntemin uygulanması için, tüm ilgili ve yetkililerin ellerindeki tüm olanakları kullanmaları çağımızın gerektirdiği bir zorunluktur.

Fizik Öğreniminin Günümüzdeki Durumu ve Bazı Öneriler

Süleyman BOZDEMİR

Hepimiz fizikle uğraşan kişiler olarak ortaöğretim dönemimizde kendi gördüğümüz fizik öğrenimini hatırlamaya ve bunun kişiliğimizin oluşmasına ne gibi bir katkıda bulunduğunu ya da sonraki meslek eğitimimizde ne getirdiğini değerlendirmeye çalışırsak, harcanan zamana, emek ve masrafa ve çekilen onca güçlükler bakınca pek olumlu bir sonuca vardığımız söylenemez. Aslında bu konuda kesin bir karara varabilmek için bu eğitim ortamı ile ilgili herkesin, öğretmenler kadar öğrenci kesiminin ve de ailelerin fizik öğretiminden ne beklediğini, başka bir deyimle fizik öğretimini ya da amaçlarının ne olduğunu hiç deşilse ana çizgileri ile bilmek gerekir. Bu konuda yapılmış bilimsel bir çalışmanın veya anketin bulunup bulunmadığından emin değilim. Bizde ne yazık ki hiçbir devirde eğitim ve öğretim programlarının hazırlanmasında, amaçlarının belirlenmesinde velinin veya öğrencinin görüşünü almak, onu bilgilendirmek adet olmamıştır. Bu mevcut eğitim sistemimizin büyük bir eksikliği ve kusurudur.

Fizik öğretiminin yararları

Günümüzde fizik sadece fizikçilerin bir uğraşı alanı değil, konularıyla uzaktan yakından herkesi ilgilendiren bir bilim dalıdır. Kısaca diyebiliriz ki, fizik evrenin temel özelliklerinin sistematik bir incelemesidir. Bu temel özelliklerin her birisi evrende bulunan maddelerin davranışları ve aralarındaki temel etkileşmelerle yakından ilgilidir. O nedenle fizik doğanın temel bilimidir. Elektron, kuarklar gibi maddelerin yapısını oluşturan en küçük parçacıklardan, evrendeki yıldızların ve galaksilerin davranışına varıncaya kadar tüm doğa olaylarını kapsayan geniş bir alan fiziğin konusuna girmektedir. Fizik bize, dünya ve evren hakkında neler bildiğimizi, insanların bugün bildiklerini nasıl bulduklarını ve yeni buluşlar için nasıl çalıştıklarını öğretir. Fizik sayesinde bilinmeyenle uğraşmak, onu anlamak ve tahmin etmek kudretini kazanırız. Fizikten öğrendiklerimizle yeni buluşlar yaparız. Her yeni buluş yeni teknolojilerin doğması demektir.

İnsana doğayı bir fizikçi gözüyle incelemenin ve anlamının zevkini verir ve doğa olaylarının yasalarını öğretir. Bu insana içinde yaşadığı dünyayı anlamak hususunda büyük bir güç kazandıracaktır. Zira bugünkü dünyada önemli haberlerin, yeni işler yaratan aletlerin ve bir insanın karşılaştığı günlük problemlerin gerisinde fizik vardır.

Hergün gelişen bu bilim dalını yeni nesillere öğretmekle onların evren hakkındaki ilgilerini ve içlerinde tatlı bir duygu halinde yaşayan öğrenme isteklerini canlı tutmuş olmakla kalmaz, pozitif düşünmeyi, doğru karar vermeyi, bilimsel düşünme yöntemlerini de öğretmiş oluruz. Böylelikle öğrencilerin doğayı daha iyi anlayarak, daha ölçülü önyargılardan ve bir takım kavram yanılgılarından arınmış halde yetişmeleri sağlanabilir.

Fizik öğretiminin temel amaçları

Fiziğin diğer fen dalları gibi iki ana görünümü var; birincisi yüzlerce yıldan beri yapılan araştırmaların sağladığı bilgi birikimi, ikincisi ise temelde pek değişmeden gelişen çalışma yöntemi ki, bu, bilimsel yöntem adı ile fizik dışındaki fen dallarında, mühendislik bilimlerinde hatta sosyal bilimlerde de kullanılır olmuştur. Fiziksel sistemlerin incelenmesinde kullanılan bilimsel yöntemin insan aklının en güçlü buluşlarından birisi olduğu söylenebilir. Bilindiği gibi bu yöntemin üç temel ögesi vardır : Deneylere dayanması, matematiği kullanması ve karmaşık sistemlerin analizinde, tüme varım yoluyla, en basit mekaniik modellerden yararlanmasıdır.

Bilgi birikimi yeni çalışmalar ve bulgularla durmadan değişmekte, gelişmekte ve sınırlarını genişletmektedir. Bu sürekli değişmeye fizik çok çarpıcı örnekler verir; Işığın yapısı üzerindeki ikilem, maddedeki madde-dalga sorunu, atom modellerinin Demokritus'dan beri geçirdiği evreler, klasik mekaniik-görelî mekaniik gelişimi, kuantum mekaniği, bunun sadece bir kaçıdır. Kısacası bilgi birikimi, değişmeyen mutlak gerçeklerden oluşmuş bir hazine niteliğinde değildir.

Böyle olunca amaç hiçbir zaman kesin bir biçim almasını bekleyemeyeceğimiz bir bilgi birikiminin öğrenciye aktarılması olamaz. Amaçın daha çok fiziğin ne olduğunun, nasıl işlendiğinin, nasıl geliştiğinin, yazımızın başında sıraladığımız faydalarının öğrenciye nasıl kazandırılacağıının ve nasıl fizik yapılacağıının anlaşılması olmalıdır. Bu da ancak fizik içinde, fiziksel çalışmalarla olur.

Öğretimde amaç saptanması hep tartışma konusu olagelmıştır. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmalar oldukça fazladır. Araştırma sonuçları, öğretimde ağırlığın daha çok bilimsel metod ve pratik beceriler gibi bilgi aktarma dışı niteliklerde toplanması gerektiğini göstermektedir. Son yarım asır içinde batıda girilen tüm öğretim reformu çalışmalarında amaçların belirlenmesinde bilimsel metod ve pratik becerilere öncelik verilmesi yerleşik bir kural haline gelmiş bulunmaktadır.

Bu anlayışa göre fizik, en genel anlamda fen öğretilemez, öğrenilir. Fizikçinin doğayı anlamak için kullandığı yöntemlerle öğrenilir. Öğrenci kendi çabası ile bilgi edinme, öğrenme yollarını bulma, kendi başına düşünme, çabalarını eleştirici gözle değerlendirme alışkanlığı edinerek, bağımsız yürüyecek hale gelmelidir. Kanımızca, bu fizik öğretiminde izlenebilecek, amaçlara en uygun yöntemdir.

Unutmayalım ki bugün okul çağında olan gençlerimizi eğitmek demek, onları bugünün problemlerini değil 2000 yıllarında karşılaşacakları problemleri çözmeye yatkın insanlar haline getirmek demektir. 2000 yıllarında fiziğin problemleri bugünkülerden herhalde çok farklı olacaktır. O nedenle, yeni nesillerin eline zamanla hiç eskimeyecek olan bu sağlam aracı vermek gerekir. Fizik veya fen eğitiminin en temel amacı bu olmalıdır.

Fizik Öğretiminin Uygulamadaki Durumu

Müfredat programlarında genellikle ilgili dalın öğrencide ne gibi yetenekler geliştirmesinin beklendiği klişeleşmiş beylik sözler ile deyimlenir ve sonra bir ders konuları listesi hazırlanır. Ama programın pedagojik amaçlarının nasıl işlerlik kazanacağı üzerinde hiç durulmaz. Verilen listeye göre ısmarlama kitaplar yazdırılır. Ama yazarlardan öğrenciyi bireysel çalışmalara yönlenecek bir kılavuz, ana çizgileri ile bir laboratuvar araç takımı önerisi aranmaz. Ve hiçbir yazar da böyle bir çabaya girmez. Kalabalık sınıflarda bireysel çalışmalar yaptırılamayacağı düşüncesi olumlu yönde hiçbir

çaba harcanmadan kabul edilmiştir. Yerleşik öğretim düzeni, ders "takriri", arada bir problem çözmek ve verilenlerin tanımları, terimleri ile aynen geri istenmesi biçimindedir. Yani ÖĞRETİM DOĞMATİKTİR, OTORİTERDİR, EZBERCİDİR ve genç öğrencinin kendi kafasına güvenerek yaratıcı çabalar göstermesine, kişiliğinin gelişmesine yer bırakmaz. Zaman zaman yapılan ve neyi gösterdiği pek anlaşılmayan gösteri deneyleri, yasak savmadan öteye bir anlam taşımadığına inanıldığı için pek ciddiye alınmaz. O nedenle öğrencinin pek ilgisini çekmez.

Böylece fizik (ve de tüm fen dersleri), talita-tebeşir tekniği ile doğa gerçeğinden kopuk kuru lafa boğulmuş, mantığı ve düzeni anlaşılmayan donmuş bir bilgi alışverişi geleneği içine yerleşip kalınmış bulunmaktadır. Fiziğin iyi öğretildiği izlenimi uyandıran durumlarda konular, varsayımlardan yola çıkarak, matematiksel formüller türetimi işlemleri halinde sunulur. Böylece fizik, matematiğin garip bir uygulaması gibi görünür. Temel fizik kavramları ve bunların anlamları üzerinde fazla durulmaz. Formüller yazılır ve uygulama adı altında bol bol problemler çözülerek konu öğretilmeye çalışılır. Hele saymanın, ölçmenin, sayıları işlemenin ve yorumlamanın fizikteki yeri, öğrencinin bilincine yerleşmemiştir. Çünkü ömründe üç beş ölçü olarak ortalamasını çıkarıp ölçülerinin sağladığı olanaklar içinde doğruya en yakın değeri bulmak kavramı üzerinde hiç bir alışkanlık oluşmamıştır. Teknolojinin fen ile, fiziğin-sanayi ile ilişkisi tümenden bulanıklık içindedir.

Gençlere sürekli olarak fiziğin çok zor olduğu söylenir. Böylece gözleri daha işin başında korkutulur. Hatta fizikçilerin bir çoğu bile buna inanır. Oysa başkalarının yaptığını anlamak ile yeni fizik yaratmak arasında temel bir ayırım güderssek, artık fiziğin hayal gücüne dayanan herhangi bir sanat dalının istediğinden daha fazla sabır ve zeka gerektirmediği görülür. Fark, sonunda duyulan ve ele geçendedir. Müzik ya da resim doğrudan doğruya duygularımızı etkileyebilirken, fizikte hıçkırık kemanlara ve ürküten imgelere rastlanmaz. Yarışta görkem ve sonuçlarda güç varsa da; yapılan duyulan hayranlık, yalnızca onun zarıflığı ve inceliği, tutarlılığı ve estetik bütünlüğü ile ilgilidir. Biçimler, ne yazık ki bir resimde gördüklerimizden operada işittiğimizden, ya da romanda okuduklarımızdan çok farklıdır. Ancak, verdiği doyum, anlayanlar için bunlarıki ile aynıdır. Bu yüzden fenle ilişkisi olsun olmasın herkese fiziği tanıtmamın ve onu

sevdirmenin, hem içinde ne bulunduğunu görmeleri hem de hep bir araya gelerek uygarlığı oluşturan tüm diğer beyin gücü ürünleri arasındaki ilişkiyi anlamaları bakımından büyük bir yararı olacaktır. Yalnız burada bir gerçeği de gözardı etmemek gerekir. Bir fizikçinin dediği gibi, "İyi fizikçi olmak zaman ister. Newton'un hareket yasaları, Einstein'ın görelilik kuramının açıkladığı gerçekler birkaç dakikada ezberlenebilir de , bu gerçeklere anlam veren kuramı dilediğimiz gibi kullanacak hale gelmeye yıllarca çalışmak yetmeyebilir". Bilime kendini adayanları, ancak aşıklar ve evliyalarla kıyaslayabiliriz: Rutherford, radyoaktif maddelerin saldırdığı ışınların niteliklerini nasıl bulduğu sorulduğunda, "Yedi yıl boyunca başka hiç birşey düşünmedim" dememiş miydi?

Şüphesiz bunlar sadece fizikçiler için geçerli düşüncelerdir. Biz öğrencilerimizin fiziği hiç bir zaman bir fizikçi kadar öğrenmelerini bekleyemeyiz.

Fizik Öğretiminde Reform Çalışmaları

Batılılar yüzyıllardan beri pozitif bilimleri zihin eğitimi için tek yol olarak görüp, okul programlarında fen derslerine geniş yer verirken, bizim okullarda bu tür derslerin adı bile bilinmiyordu.

İleri ülkelere göre ciddi bir fen öğretimini, birkaç yüzyıllık bir gecikmeyle, Cumhuriyet döneminde başlatan Türk Milleti, mevcut bilgi birikimini kısa sürede özümlemek ve temel bilimlerdeki hızlı gelişmelere ayak uydurabilmek için Fen öğretimi programlarını sürekli olarak değiştirmek, geliştirmek ve çeşitlendirmek zorunda kalmıştır. Fen programlarıyla ilgili reform çalışmalarında önce Almanya'nın, İkinci Dünya Savaşından sonra da Amerika Birleşik Devletleri'nin örnek alındığını görüyoruz.

Özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra öğretimin, bilim ve teknolojinin giderek gerisinde kalması artan bir kaygı kaynağı olmuş ve bilime en çok katkıda bulunan ülkelerin önde gelen bilim adamları araştırmalarına bir süre ara vererek her düzeydeki fen öğretimini çağdaşlaştırma çabalarına katkıda bulunmayı görev saymışlardır. Bu girişimler kişisel çabaları aşan, hükümetlerden, vakıflardan, uluslararası kuruluşlardan destek gören bir kurumlaşma içine girmiştir. Okul öğretmeninden, eğitim uzmanından, psikologdan, dilciden, Nobel ödülü almış fencilere kadar çeşitli yetenekte insanların oluşturduğu gruplar her düzeyde kitaplar, laboratuvar çalışmaları ve araçları, öğretici filmleri

hazırlamış ve bunları sınıf içinde deneyerek işlerliğini değerlendirmiş, buna göre geliştirmişlerdir. Böylece fenme yaraşır bilimsel çalışmalarla yapılan öğretim reformu çalışmaları 1950 ler sonlarına doğru somut örneklerini vermeye başlamıştır. Fizikte bunların en ünlüsü ve tüm fen programlarını etkileyen B. Amerika'da M.I.T. de kurulan Physical Science Study Committee'nin geliştirdiği PSSC Fizik programıdır. Amerika içinde ve dışında bu gibi pek çok fen programları geliştirilmiş ve pek çok ülkenin fen öğretimi bu çağdaşlaştırma çabasının etkisi ile yeni bir yörüngeye oturtulmuştur. Bu öğretim reformu çabalarının ortak yanı, bir dalda ve bir düzeyde öğrencinin ne öğrenmesi ve bunu nasıl öğrenmesi gerektiğini bütün araç ve gereçleri ve bütün koşulları ile somut örnekler halinde ortaya koymak, eğitim çevrelerinin desteğini kazanmak, öğretmenleri yetiştirmek, uygulama ve değerlendirmeleri yaparak genel kullanıma sunmaktır.

Bu reform çalışmalarından etkilenen ülkemizde ilk çalışmalar, Uluslararası Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD)'nin desteği ile, 1959 yılında başladı. TÜBİTAK ve Milli Eğitim Bakanlığının işbirliği ile "Fen Öğretimini Geliştirme Komisyonu" kuruldu. Tarihsel kaynaklarından öğrendiğimize göre bu konudaki ilk somut girişim bir yabancıdan, Ford Vakfının o zamanki Türkiye temsilcisi müteveffa Dr. E. P. Northrop'dan gelmiştir. Northrop iki Türk bilim adamı, Prof. Cahit Arf ve Prof. Erdal İnönü ve zamanın Orta Öğretim Genel Müdürü rahmetli Osman Ülkümen ile beraber Milli Eğitim Bakanlığının ikna ederek fen öğretimini çağdaşlaştırmak ve geleceğin temel fen bilimcilerini yetiştirmek üzere laboratuvar niteliğinde bir okul (Fen Lisesi) kurulmasını sağlamışlardır. Bu girişim Milli Eğitim Bakanlığı ile Ford Vakfının ortak bir projesi halinde gelişmiş, modern tesis ve olanaklar ile 1964 yılında Ankara Fen Lisesi kurulmuş, matematik ve fen dallarında B. Amerika'da hazırlanan programlardan bir seçim yapılarak Türkçeye uyarlanmış ve yayınlanmıştır. Laboratuvar araç ve gereçleri, Bakanlık Ders Aletleri Yapım ve Onarım Merkezi'nde yapılmıştır. Böylece ülkemizde ilk kez fennin yapısına uygun bir lise öğretimi yapmanın hemen tüm koşullarını yerine getiren bir öğretim reformu başlatılmıştır. Hazırlıklar yeterli görülünce yeni programlar Fen Lisesi dışındaki okullarda da uygulanmaya başlanmıştır. 1985 de yeni programın diğer adıyla "Modern Fen Programı", 2400 liseden 1300 ünde uygulandığını görüyoruz. Bu

programın uygulanmasına bir süreden beri son verilmiş bulunmaktadır.

Reform Çalışmalarının Sonuçları

1) Liselerdeki fizik öğretmenlerinin büyük çoğunluğu lisans düzeyinde yeterli bir fizik öğretiminden geçmedikleri için yeni programların gerektirdiği yetiştirmekten yoksun idiler. Bu açığı kapatmak için başvuru kısa süreli yetiştirme kursları etkili olamamış, öğretmen yetiştiren kaynakların yeni koşullar için düzenlenmesi ise bir türlü yapılamamıştır.

2) Programlar ile ilgili kitaplar öğrencileri ve öğretmenleri alıştırdan çok daha fazla sınıf dışı okuma ile yükleyen ayrıntılı metinler ve kavram tartışmaları içermektedir. Ama toplumumuzun her kesiminde okuma alışkanlığı gelişmediği için bir fizik metnini dikkatle ve eleştireci bir gözle okumak zorunluluğu öğrenciler kadar öğretmenleri de yıldırmakta, yıllık programlar bir türlü bitirilememektedir.

3) Ders Aletleri Merkezinde yapılan araçlar, alet geliştirme çabalarına yatkın, bu alanda deneyim görmüş eğitimciler tarafından denetlenmediği için laboratuvar çalışmalarından beklenen sonuçları sağlamakta yetersiz kalmıştır.

4) Programın asıl metinlerini disiplin içinde kullanmakta çıkan güçlüklerin üstüne giderek gerekli önlemleri alacak yerde, bu metinleri kendi koşullarımıza göre yazmak yani kısaltarak kolay ezberlenir hale sokmak gibi eskiden beri işlediğimiz hata yeniden işlenmeye başlanmıştır.

5) Yüksek öğretime seçimde sadece bilgi içeriğine önem veren sınavlar düzenlenmesi, bilgi dışı etkinliklere ağırlık veren yeni programların yararlı kısmını ölçü dışı bırakarak öğretimi olumsuz yönde etkilemiştir. Buna rağmen modern fen öğretiminin bilimsel değerlendirilmesini yapan ODTÜ öğretim üyelerinden Prof. Dr. Fuat Turgut'un yaptığı bir araştırmada, modern program ile yetişen çocukların Ü.S.S. de aynı koşullar altında klasik öğretim gören öğrencilerden daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar elverişsiz koşullarda bile fizik öğretimi için bir çıkış yolu bulunduğunu göstermektedir.

Öneriler

Ortaöğretimde Fen derslerini, özellikle fiziği, öğrencilerin korkulu rüyası olmaktan çıkarmamız gerekmektedir. Bu dersler, öğrencilerin başarısızlığında en büyük faktör olan

tebeşir-karatahta tekniğine dayalı bir ders durumundan çıkarmamız şarttır. Aslında Fizik öğrenilmesi en kolay olan derslerden birisi olmalıdır. Çünkü konuları hergün her yerde karşılaştığımız, nedenini merak ettiğimiz doğa olaylarıdır. Fizik derslerindeki konular doğayla ilişki kurarak, olayı laboratuvarla canlandırarak kolayca öğretilir. Özellikle bu deneyleri öğrencinin kendisine yapabilirsek sonucun ne kadar başarılı olacağını kestirmek zor olmayacaktır. Yaparak öğrenen öğrenci kendisini bir bilim adamı kadar bilgili, yeni buluşlar yapabilecek kadar emin hissedecektir. Böylece öğrenci kendi çabası ile bilgi edinme, öğrenme yollarını bulma, kendi başına düşünme, çalışmalarını eleştireci gözle değerlendirme alışkanlığı edinebilecektir.

Bu tür modern fen eğitimi ile yetişen öğrencilere uygun, yeni bir üniversite seçme sınavı sistemi hazırlanmalıdır. Bu sistemde sadece bilgi içeriğine önem veren sorular değil, bilgi dışı etkinliklere de yer veren sorular sorulmalıdır.

Böyle bir sınavın ÖSYM benzeri bir kuruluş tarafından tek merkezden hazırlanıp düzenlenmesi, üniversite adayı olsun olmasın her lise son sınıf öğrencisine zorunlu olması, sonuçların bir mutlak ölçüğe bağlanması şarttır. Ancak bu sınavda başarılı olan öğrenciler üniversiteye gitmeye hak kazanmalıdır. Adına "Lise Bitirme Sınavı" diyebiliriz.

Ortaöğretim düzeyindeki fen öğretmenlerinin hemen hemen tümü klasik sisteme göre yetiştiklerinden laboratuvar deneyimleri hiç yok denecek kadar azdır. Çoğu yabancı dil bilgisinden yoksundur. Bu nedenle yeni gelişmeleri izlemeleri, kendilerini yenilemeleri ve yetiştirmeleri olanaksızdır. Böyle bir kadro ile Modern Fen Öğretimi'nin başarılı olması düşünülemez. Mevcut öğretmenlerin uzun süreli yetiştirme kurslarından geçirilmesi ve başarılı olanlara bu programın uygulanmasında görev verilmesi gerekir.

Modern Fen öğretimi uygulamasının çok daha başarılı bir biçimde sürdürülebilmesi için, öncelikle Fen öğretimi, ilkokuldan üniversiteye kadar bir sistem içinde uyumlu bir hale getirilmelidir. İlk ve Orta öğretime öğretmen yetiştiren Yüksek Öğretim Kurumları, ders programlarını Modern Fen öğretiminde ön görülen ilkeler doğrultusunda hazırlamalı ve mezun olan genç öğretmen adayları yeni programların gerektirdiği yetiştirmekten yoksun olmamalıdır.

Bir başka seçenек şu olabilir: Orta öğretimde, ekonomik nedenlerden dolayı araç, gereç, laboratuvar ve dersliklerin, nitelikli öğretmenlerin eksikliği hiçbir zaman giderilemeyeceği düşünülürse, herkese iyi bir fizik eğitimi vermemizin imkansızlığı ortaya çıkar. O takdirde, ya şimdi yaptığımız gibi gerçekte ilişkisi olmayan tebeşir-karatahta tekniği ile öğretime devam ederiz, ya da fiziği zorunlu ders olmaktan çıkartıp isteyen öğrencilere gereği gibi öğretiriz. Öğrencilerin belirli kredilik fen (fizik, kimya ya da biyoloji) almaları istenebilir.

Eğer öğretimde bilimsel yöntem ve pratiklerle ilgili etkinliklere ağırlık verilmesi gerektiğini kabul ederssek, öğretim konularının şu ya da bu daldan olması önemli değildir. Öğrenim konusu, bilimsel yöntemin bir uygulama ortamından başka bir şey olmayacaktır. O zaman öğrenci anlayabildiği dersi, anlayabildiği öğretmeni seçme özgürlüğü kazanır; bu ise daha verimli bir öğrenim sağlar. Fizik öğrenmeyi özendirme yüksek eğitim kapısındaki seçim düzeni ile sağlar. Fizik (ya da başka bir fen) isteyen kurumlar bunu önceden bildirirler. Şimdiki ÖSYM sisteminde uygulandığı gibi.

Sonuç

Kendi kendimize sormalıyız: Gençlerimizi akılcı, gerçekçi, araştırmacı ve yaratıcı bir öze dayanan modern fen öğretimi ile yetiştirerek onların yeteneklerini bizim uygarlığımızı geliştirmede kullanmalarını mı sağlamalıyız? Yoksa dogmatik, otoriter ve ezberciliğe dayanan öğretimi sürdürerek onların yeteneklerini çürütmeye sararıp solmaya mı bırakacağız?

Milli eğitimin temel amaçlarında birinci seçenек hedef alınmış olmasına karşın, kolaycılığa kaçılarak genelde ikincisi uygulamaya konulmuş bulunmaktadır. Türk ulusu Atatürk'ün gösterdiği aydınlık yolda yürüyerek kendi teknolojisini kuracak, Nobel almış bilim adamlarını yetiştirecek eğitim sistemini zaman geçirmeden uygulamaya koymak zorundadır. Aksi halde temel bilimlerde hep geri kalmış bir ulus olmaya devam eder, "Çağdaş medeniyet ufkunda yeni bir güneş gibi doğacağız" diyen ulu önder Atatürk'ün sözünü gerçekleştirememiş oluruz. Nobel almış bir bilim adamını hiç bir zaman çıkaramayız. Temel bilimlerde geri kalmış bir toplum hiç bir zaman çağdaş bir toplum olma niteliğini kazanamaz, teknoloji kıtlığından ve fikir yoksunluğundan kurtulamaz. Temel bilim yapmak demek ülkenin geleceği için en büyük yatırımı yapmak demektir.

Temel bilimlerde hep çağın gerisinde kalmak istemiyorsak, modern fen öğretimi konusunda başlatılan çalışmaların aksayan yönlerini düzelterek devam ettirilmesi için gerekli çabayı göstermemiz gerekmektedir.

Temel Bilim Dallarında Yüksek Nitelikli Elemanlar Yetiştirmek İçin Öneriler

Rafet KAMER

Günümüzde fizik, matematik, kimya, biyoloji dalları hızla gelişmektedir. Bu bilim dallarını geliştirmek için sağlam ve güçlü kadrolar gerekir ve esaslı bir eğitim ve öğretim süresine ihtiyaç vardır. Elde olan elemanlardan en rasyonel bir şekilde istifade edilmelidir. Buna ulaşmak için elde olan elemanların bir kısmı araştırmalara yönelik ve diğer bir kısmı da eğitim için çalıştırılmalıdır. Ancak bu şekilde üstün zekalar ortaya çıkar, alt yapı sağlamlaştırılır ve bir süre sonra da kuvvetli bir kadroya sahip olabiliriz.

1. Adı geçen bilim dallarında TÜBİTAK kurumu gibi lise ve yüksek öğretim alanında bir merkez kurulmalıdır (fizik kimya matematik biyoloji öğretim metodları araştırma kurumu).

2. Bu kuruma ait iki laboratuvar açılmalı; bunlardan biri uluslararası olimpiyat yarışmacıları yetiştirmekle ilgili, diğeri ise, öğrenciler tarafından bilim dalında ulaşılmış en mülüm deneyleri gerçekleştirmeye dair olmalıdır.

3. Bu kuruma bağlı Milli Fen Lisesi açılmalıdır. Ülkemizde bulunan 26 Fen Liselerinden en seçkin öğrenciler seçilerek bu liseye getirilmelidir.

4. Milli Fen Lisesi öğretmenlerinin karşılaştıkları güçlükleri yenmek için, ayrı ayrı bilim dallarında, üniversite öğretim üyeleri tarafından açık dersler verilmeli, konferanslar düzenlenmelidir.

5. Özellikle Fen Liseleri için yeni ders ve problem kitapları, laboratuvar kılavuzları basılmalı ve öğretmenler için seviyeli kitaplar hazırlanmalıdır. Ders kitapları şimdiki olduğu gibi ticari amaçla değil, daha iyi yararlanmak için hazırlanmalıdır.

6. Her bilim dalında problem deposu kurulmalı ve çalışmalarımız uluslararası tamlanmalıdır. Öğrenciler için Fen ve Matematik dergileri hazırlanmalıdır.

7. Adı geçen öğretim metodları araştırma merkezine bağlı, milli kütüphane kurulmalı, işimize

yarayacak dünya kitapları ile donatılmalı, bu kitaplardan bazıları Türkçe'ye çevrilerek kendi malımıza dönüştürülmelidir.

8. Çalışmalarını daha verimli yapabilmek için, liselerde görevli olan öğretmenlerin yükselme ve seçilmeleri ile ilgili 1, 3, 6 ve hatta gerekirse 9 aylık kurslar uygulanmalıdır.

9. Öğretmenler bilgi ve becerilerine göre sınıflandırılmalı, ona göre ödeme yapılmalı ve böylece profesyonel öğretmenler yetiştirilmelidir.

10. Branşlarına göre öğretmen dernekleri kurulmalıdır. Bu dernekler çeşitli bilim dallarında dergiler neşretmeli, öğretmenler bu dergilere abone olmalı ve yenilikleri takip ederek kendi çalışmalarını iyileştirmelidir.

11. Her yıl çeşitli branşlarda eğitim ve öğretim metodları üzerinde milli konferanslar düzenlenmeli, ayrı ayrı öğretim usulleri incelenmeli, yapılacak yenilikler için yönler gösterilmelidir.

12. Enstitülerde ve yüksek okullarda öğretmenlik tahsili, öğretim metodları araştırma kurumunda verilen direktiflerle sürdürülmelidir.

13. Bu merkeze bağlı öğrenci akademisi kurulmalı, kendi inisiyatifleri ile çalışan öğrencilerin projeleri ve araştırmaları desteklenmelidir. Bazı seçkin öğrenciler ileride bu merkeze yardımcı olmak amacı ile ilim ve teknolojisini geliştirmiş ülkelerde öğretim görmeye gönderilmelidir.

14. Balkan Olimpiyatları, Akdeniz Olimpiyatları ve Ortadoğu Olimpiyatları gibi komşu ve yakın ülkelerin öğrencileriyle bilimsel yarışmalar düzenlenmelidir.

15. Olimpiyatlarda daha iyi dereceye ulaşmak için, olimpiyatlarda başarılı olan Almanya, İngiltere, Sovyetler Birliği, Bulgaristan gibi ülkelerin faaliyetlerini giderek yerinde incelenmelidir. İleri ülkelerle olimpiyatlardan önce karşılıklı yarışmalar düzenlenmelidir.

16. Televizyon Yayınlarının genişlemesinden faydalanılarak Milli Fen Lisesinde verilen dersler televizyon aracılığı ile bütün öğrencilere aktarılmalıdır.

17. Üniversite öğrenciler için de yarışmalar ve olimpiyatlar düzenlenmelidir.

18. Olimpiyat yarışmaları aşağıda tarif edilecek şekilde 4 tur üzerinde, Lise 1., 2. ve 3. sınıf öğrencilerinin katılabileceği bir şekilde düzenlenmelidir.

1. Tur (mahalli tur); soruları okullarda öğretmenler kendileri hazırlamalıdır.

2. Tur (ilçe turu); şubat ayında, bir okulda, merkezden gelen sorularla yapılmalıdır.

3. Tur (il turu); mart ayının sonunda uygulanmalı, belli bir puanın üzerindeki öğrencilerin kağıtları merkezde incelenip, 4. tura devam edecek öğrenciler belirlenmelidir.

4. Tur (milli tur); nisan ayının sonunda iki günde yapılmalı: 1. gün teorik problemler, 2.gün deneysel problemler üzerine olmalıdır.

19. Ulusal Olimpiyat ekiplerinin beraberliklerinde TRT'den ve basından iki-üç gazetenin muhabiri ile birlikte (yurt dışına) gidilmeli ve Eylül, Şubat, Mayıs kamplarına TRT ve basın davet edilmesi sağlanmalıdır. Milli takıma seçilenler ve öğretmenleri ile TRT'de röportaj yapılmalıdır.

21. Olimpiyatların mahiyeti, içeriği, koşulları ve bugüne kadar ki durum hakkında broşürler bastırılıp bütün okullara gönderilmelidir. Bilim-Teknik'te her ay olimpiyatlarla ilgili haber, gelişme, yapılan sınav, sınav sonuçları, başarılı okul, öğretmen ve öğrencilerle röportaj gibi yazılar çıkartılmalıdır.

Olimpiyatlarda başarının en büyük faktörü öğretmendir. Kademeli olarak manen zaten çok büyük bir mutluluk haklarıdır. Maddeten ödüllendirilmeleri ayrıca bir değer taşıyacaktır.

TÜRK FİZİK VAKFI ÜNİVERSİTE BURSLARI

TFV, Üniversitelerin Fizik ve Fizik Mühendisliği bölümlerinin 2,3 ve 4. sınıflarında okuyan başarılı öğrencilerine karşılıksız burslar vermektedir. Burs tutarı, üniversite öğrencilerine verilen kredi tutarı düzeyindedir.

Başvuru Koşulları:

1. Geçmiş yılların ders programlarının takıntısız başarılmış olması.
2. Not ortalamalarının en az 65/100, 12/20 veya 2.5/4 olması.
3. Başka bir yerden burslu olunmaması (bazı durumlarda aranmayabilir).
4. Bir bursiyer yukarıdaki koşulları sonradan yerine getiremez duruma düşerse, bursu kesilir.
5. Bir bursiyer lisansüstü eğitime başlarsa bursu da sürer.

Başvuru için, Bölüm Başkanlıklarından veya Vakıftan temin edilebilecek "Türk Fizik Vakfı Başvuru Formu" ve eklerinin Vakıf adresine gönderilmesi gerekir. Başvurular en geç 1993 Ekim ayı sonuna kadar Türk Fizik Vakfı'na ulaştırılmalıdır. Burslar 1 Ekim'den başlayarak ödenecektir.

Elektrik Akımının Enerjisi

Amirullah MAMEDOV, Gülsen ÖNENGÜT

Birçok fiziksel olayın araştırılmasında bu olaylarla ilgili enerji dönüşümlerinin incelenmesi önemlidir. Örnek olarak fırlatılan bir füzeyi düşünelim. Füze fırlamadan önce füzenin yakıtı yanmaya başlayacaktır. Yakıttaki kimyasal enerji, yanma sırasında meydana gelen sıcak gazlarda ısı depolanmasına neden olur. Bu gazların sahip olduğu iç enerjinin büyük bir kısmı çok kısa bir zamanda füzeden dışarı fırlayan gazın ve füzenin kinetik enerjilerine dönüşür. Bu temel dönüşümlerin yanında az da olsa füzeden çıkan gazların ışık saçması (gazların iç enerjisinin ışık enerjisine dönüşmesi), gürültülü sesler çıkarması (gazların iç enerjisinin akustik enerjiye dönüşmesi) vb. gibi başka dönüşümler de gerçekleşir.

Bu makalede biz elektrik enerjisinin başka enerji şekillerine dönüşmesini değil, elektrik akımının hangi enerji türleri ile bağlantılı olduğunu araştırmak istiyoruz.

Öz indüktansı L olan bir iletken telden I akımı geçiyorsa bu akımın taşıdığı enerji, oluşturduğu magnetik alanda depo edilen ve

$$U_M = LI^2/2$$

ifadesi ile verilen potansiyel enerji olarak bilinir. Halbuki elektrik akımını oluşturan yüklü parçacıkların (elektronlar, iyonlar v.s.) kinetik enerjisi de vardır. Bu enerji neden dikkate alınmamaktadır? Bu soru Maxwell teorisi ilk ortaya atıldığında sorulamazdı, çünkü o zaman akım taşıyan parçacıkların neler olduğu bilinmiyordu. Elektron ve başka yük taşıyıcıları keşfedildikten ve elektron teorisi Lorentz tarafından ortaya atıldıktan sonra elektrik akımının enerjisi hesaplanırken elektrik akımını taşıyan yüklü parçacıkların kinetik enerjisi yine hesap dışı bırakılmıştır. Hiçbir fizik kitabında bu konuda ayrıntılı bilgi verilmemiştir. Biz bu iki enerjinin bağıl büyüklüklerini analiz ederek hangi durumlarda yüklü parçacıkların kinetik enerjisinin hesaba katılması gerektiğini ortaya koyacağız.

İletken telin bağlı bulunduğu kapalı devreden akım geçtiğinde telde hareket eden yüklü parçacıkların kinetik enerjisi

$$K = N \frac{mv^2}{2}$$

olarak verilir. N serbest yüklü parçacıkların sayısı, v sürüklenme hızı, m kütlesidir. Bu hesaplarda yük taşıyıcılarının rastgele hareketlerinin kinetik enerjisi dikkate alınmamalıdır, çünkü bu hareketler akım olmadığı zaman da vardır. Toplam kinetik enerjinin parçacık sayısı ile orantılı olması, kinetik enerjinin additif (toplanabilir) bir büyüklük olmasından dolayıdır. Kinetik enerjinin potansiyel enerjiye oranı şöyle bulunur:

$$\frac{K}{U_M} = \frac{Nmv^2}{LI^2}$$

Yük taşıyıcı parçacıkların elektrik yükleri q , birim hacimdeki yük taşıyıcı sayısı n , bunların sürüklenme hızı v ve telin kesit alanı A ise akım

$$I = qnvA$$

olarak verilir. Telin uzunluğu l ise $n = \frac{N}{Al}$ dir. Dolayısı ile

$$\frac{K}{U_M} = \frac{mv^2}{q^2 n A l}$$

bulunur. $\frac{K}{U_M}$ 'nin m ile yani yük taşıyıcılarının kütlesi ile orantılı olduğunu görüyoruz. Bu bağımlılık K 'dan dolayıdır. U_M 'den bağımsızdır. Biliyoruz ki metallerde yük taşıyıcıları en düşük kütleli parçacıklar olan elektronlardır. Akım elektronların hareketi ile oluşmaktadır. Dolayısı ile enerjiler arasındaki oran yük taşıyıcıları içinde elektronlar için en düşük değere sahip olacaktır. Bu sonuca göre elektrik akımının enerjisinin elektrik akımının yarattığı magnetik alanın enerjisine eşit olması iddiası yanlıştır, çünkü K küçük de olsa sıfırdan farklı bir değere sahiptir. $\frac{K}{U_M}$, $n.l$ yani birim uzunluktaki yük taşıyıcı sayısı ile ters orantılıdır. İki tür enerjinin oranının yük taşıyıcıların hızından bağımsız olması potansiyel enerjinin de kinetik enerji

İnceleme - Araştırma

gibi yük taşıyıcılarının hızının karesi ile orantılı olmasından dolayıdır.

Sayısal bir değer elde edebilmek için $\frac{K}{U_M}$ ifadesini bir solenoid için hesaplayalım. Solenoidin öz-indüktansı

$$L_s = \frac{\mu_0 S N_0^2}{l_0}$$

ile verilir. Burada $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Henry/m magnetik geçirgenlik sabiti, $S = \pi R^2$ (R solenoidin yarıçapı) solenoidin dikine kesit alanı, $N_0 = \frac{l_0}{2\pi R}$ solenoidin sarım sayısı, $l_0 = d N_0$ (d telin çapı) solenoiddeki telin uzunluğudur. Bu ifadeyi yerine koyar ve $q_e = 1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb, $m_e = 9 \times 10^{-31}$ kg değerlerini kullanırsak

$$\frac{K}{U_m} = \frac{1}{q_e^2} m_e \frac{1}{n S 2\pi R} 10^7 \approx 0.7 \times 10^{14} (n R d)^{-1}$$

elde ederiz. Metallerde $n \approx 10^{28}$ m^{-3} civarındadır. $d = 1 \text{ mm} = 10^{-3}$ olursa, $\frac{K}{U_m} \approx 10^{-10}$ olarak hesaplanır.

Yani normal şartlarda bir metal solenoidde $U_m \gg K$ olur ve bu nedenle hesaplarda K dikkate alınmaz. Yarı iletkenlerde ise durum değişiktir. Bilindiği gibi yarı iletkenlerde $n_{y\ddot{u}} \ll (n_{\text{metal}} \text{ ve } m^x(\text{etkink\u00fctle})) m_e$ (örneğin $m \approx (10 - 100) m_e$) dir.

Bu durumda yarıiletkenlerde $K \approx U_m$ olur ve yarıiletkenlerde elektrik akımının enerjisi hesaplanırken K dikkate alınmalıdır. Aynı şey seyreltik elektrolitler ve düşük basınçlı gazlardaki elektrik akımı için de doğrudur. Yüklü parçacıkların yüksek kinetik enerjilere hızlandırıldığı parçacık hızlandırıcılarında ise kinetik enerjinin değeri potansiyel enerjinin çok üstüne çıkabilir.

Özetleyecek olursak elektrik akımının enerjisi serbest yük taşıyıcıların kinetik enerjileri ile magnetik potansiyel enerjilerinin toplamından oluşur. Bu iki terimin bağıl büyüklükleri değişik durumlarda farklıdır:

Parçacık hızlandırıcılarında $K \gg U_m$ şartı geçerli iken, yarıiletkenlerde $K \approx U_m$, Elektroteknikte ise $K \ll U_m$ şartı geçerlidir.

Denge

İnsan dengesini nasıl sağlar? Tren yolunun bir rayı üzerinde, dengemizi korumaya çalışarak yürüdüğümüzü varsayalım. Vücudumuzun, içgüdüsel olarak, düşmeden yürümemizi sağlayacak biçimde hareket ettiğini görürüz. Bunlar, vücut konumumuzun küçük yer değiştirmeleri ya da kol, bacak ve öbür vücut bölümlerimizin tuhaf ve çevik hareketleridir. Bu hareketler, acaba gerçekten amacımıza ulaşmamıza yardım ediyor mu; ve eğer öyle ise nasıl ve neden? Jimnastikçiler denge kirişi üzerinde hareket etmeyi, ip cambazları ip üstünden düşmemeyi, ya da dansçılar zamansız sıçramalarının göz açıp kapama anlarında dengeli konumlarda kalmayı nasıl beceriyorlar?

Tersine olarak da, başlangıçtaki dengeli ve duruk (statik) bir konumdan ivmelenmeyi nasıl başlatabiliriz? Örneğin, kendinizin bir kaleci olduğunu ve penaltı atışında öbür oyuncunun topa vurnasını beklediğinizi düşünün. Topun sıçradığı doğrultuda hemen hareket edebilme için, ayaklarınız ayırık, çömelmiş durumda olursunuz. Ya da yarışa başlamak üzere hazır bir atlet olduğunuzu ve başlama tabancası atılır atılmaz olabildiğince çabuk ivmelenmek istediğinizi düşünün. Her iki olayda da, vücut durumunuz, hareket durumunuzu nasıl en çabuk değiştireceğinizi nasıl denetlemektedir? Neden yüzücülerin, bir yarış başlangıcında suya dalmak için öne doğru ivmelenmeleri, bir atletin koşuya başlamasından yavaş olur ve neden yüzmeye yarışları hatalı başlangıçtan dolayı sık sık bozulur?

Önce dengeyi tanımlayalım. Sonra, vücudumuzun, denge koşullarını denetlemek üzere mekanik süreçleri nasıl kullandığını çözümlayelim.

Kütleçekimi ve başka kuvvetlerin etkisindeki bir cisim duruk bir konumdan ivmelenmiyorsa, dengededir. Bir dayanma yüzeyinin (örneğin, taban ve ray) üzerindeki bir insanda, denge koşulunun bulunması için, vücudun ağırlık merkezinin, dayanma yüzeyinden geçen düşey bir çizgi üzerinde olması gerekir. İnsan tek ayağı üzerinde duruyorsa, dayanma yüzeyi, ayağı ile taban arasındaki değme yüzeyidir. Birden fazla değme

Hanashı GÜR

yüzeyi varsa, dayanma yüzeyi, tek tek değme yüzeylerini çevreleyen yüzey olacaktır. Dayanma yüzeyi genişse, denge koşulunu sağlayan ağırlık merkezi konumları da çok olur. Böylece, jimnastikçilerin kullandığı 10 cm. eninde bir denge kirişi üzerinde dengede kalmak, 7 cm. eninde bir ray üzerinde ya da bir balerin olarak ince burunlu bir ayakkabının ucunda dengede kalmaktan kolaydır.

Birkaç basit deney yapalım. Önce, ayak parmaklarınızla bir duvara dayanmayı; sonra da, ayak parmaklarınızın üzerinde yükselmeyi deneyiniz. İki durumda da denge de kalabiliyor musunuz? Bu durumlarda, duvar, vücudun mümkün eğilimleri üzerine bir kısıtlama koyar; dolayısı ile, ağırlık merkezinin dayanma alanından çıkmasını önler.

Şimdi kısıtlayıcı duvarlardan uzaklaşarak, birleşik ve paralel durumdaki ayaklarınızın üzerinde, dik durunuz ve arkaya doğru eğildiğinizde, ağırlığın topuklarınıza; öne doğru eğildiğinizde ise, ağırlığın ayaklarınızın ön kısmına ve ayak parmaklarınıza bindiğine dikkat ediniz.

Vücudun ağırlık merkezinin yeri, iki denge durumunun karşılaştırılmasından, iki durumdaki çekül çizgilerinin kesiştiği yer olarak, kabaca belirlenebilir. Ağırlık merkezinin yüksekliğinin, vücut biçimine bağlı olduğuna dikkat ediniz. Buna göre, kadınlarda daha aşağıda, kalçada; erkeklerde ise, daha yukarıda, göğüs ya da omuzlarda bulunur.

Ayakta dengede durduğunuzu, fakat arkadan bir itme ile düşürülmek istediğinizi düşününüz. Vücudunuzun, dengesini yeniden kazanması için ne yapmalısınız? Vücudunuzun içgüdüsel tepkisinin, düşmenizi önleyecek biçimde olduğuna dikkat ediniz. Düşmemeyi sağlayan içgüdüsel hareketlerin neler olduğunu inceleyelim.

Ağırlık merkezinin, dayanma yüzeyi üzerinde bir konuma dönmek üzere, arkaya doğru hareket etmesi gerektiği açıktır. Newton'un ikinci yasasına göre, vücudun arkaya doğru hareketini sağlayacak yatay bir kuvvet bulunmalıdır; bu kuvvetin kaynağı ne olabilir?

Taban üzerine, ayaklarla ileri doğru bir kuvvet uygulanabilirse, Newton'un üçüncü yasasına göre,

taban yüzeyinin ayaklara uygulanacağı kuvvet arkaya doğru olacaktır. Bu, vücuda etki eden tek yatay kuvvet olursa, ağırlık merkezi arkaya doğru ivmelenecektir.



Öne doğru düşen bir vücudun içgüdüsel tepkisinin, sezgisel beklentinin tersi olarak, vücudun üst kısmını çabucak önce doğru eğmek olduğuna belki dikkat etmişsinizdir. Acaba bu eğilimin bir yararı var mıdır? Gerçekten, bu hareket, ayakların ileri doğru hareket etmesine neden olur; ayaklarla taban arasındaki sürtünme ise, kaymayı önler ve ayaklar tabanı ileri doğru itmiş olur; ve bu itmeye tabanın uyguladığı tepki, arkaya doğru olması gereken dengeleyici kuvveti sağlar. Benzer bir hareket de, tren yolunun bir rayı üzerinde, dengede kalmaya çalışarak yürürken görülür. Sağa doğru bir düşme başlarsa, vücut da birdenbire sağa doğru eğilerek, ray üzerinde sağa doğru bir kuvvet uygular; Newton'un üçüncü yasasına göre, vücudu sola doğru iterek, dengenin yeniden kurulmasını sağlar.

Öne doğru düşerken, kolların yel değirmeni gibi hareket ettiğine de belki dikkat etmişsinizdir. Sağdan bakıldığında saat ibreleri yönünde görülen dönme doğrultusu, vücudu ters yönde döndürmeye çalışarak, yine ileri doğru giden ayaklarla, taban yüzeyine ileri doğru bir kuvvet uygulamaktadır. İçgüdülerimizizin, yine fizik yasaları ile tutarlı olduğunu görüyoruz!

Bu çözümleme, dengeyi sağlamak için elinde nazmı bir çabuk taşıyan ip cambazının yürüyüşüne de uygulanabilir mi? Örneğin, 6 m.lik bir çubuğun yel

değirmeni hareketlerinin, çok büyük dönme eylemsizliği ile, ne kadar etkili olabileceğini düşününüz. Yel değirmeni hareketinden çok, küçük dönme hareketleri dengeyi sağlamaya yeterli olacaktır.

Şimdi de, tersine olarak, duruk (statik) bir durumdan ivmelenmek üzere, denge durumunu bozmak isteyen bir insanı inceleyelim. Denge durumundan biraz ayrılmış bir insan, düşeyle yaptığı açı büyüdükçe, büyüyen bir açısal ivme ile düşecek gibi olmaya başlayacaktır. Bu açısal ivmenin nedeni, şimdi, dayanma yüzeyi üzerindeki düşey doğrultudan sapmış olan ağırlık merkezine etki eden düşey çekim kuvvetinin, tabandaki değme noktasına göre vücuda uyguladığı dönme momentidir.

Düşer gibi olma durumu, tabandaki etki eden yatay bir kuvvetin, yukarıdaki dönme momentine ters yönde bir dönme momenti uygulaması ile önlenabilir; bu yatay kuvvet, aynı zamanda çizgisel bir ivme oluşturur. Böylece, ileri doğru ivmelenmek isteyen bir insan, önce, şekile yukarıdan bakıldığında saat iğnelerinin ters yönünde etki eden yerçekimi dönme momentinden dolayı düşer gibi olmaya başlayacaktır. Tabanın ayaklara uygulayacağı ileri doğru bir kuvvet ise, saat ibreleri yönünde bir dönme momenti oluşturacak ve yerçekimi dönme momentini dengeleyerek, vücudun düşeyle yaptığı açının büyümesini önleyecektir. Peki, başlangıçtaki denge durumundan, düşer gibi olmaya nasıl başlanabilecektir?

Şöyle bir soru sorulabilir: Bir kaleci ile atletin, yüzücülerden farklı olan ortak yanları nelerdir? İlk ikisinin, harekete başlamak için kullanabilecekleri geniş dayanma yüzeyleri vardır. Kalecinin bacakları ayrıktır; atlet ise, hem ellerine, hemde ayaklarına dayanmaktadır. Böylece, kaleci bir ayağını kaldırıncı, vücudun ağırlık merkezi, kalan dayanma yüzeyinin (öbür ayağı) çok dışına çıkmış olur; atlete bakarsak, onun vücudunun ağırlık merkezi ise, ellerini kaldırıncı, kalan dayanma yüzeyinin (ayakları) çok önünde yer alır. İki durumda da, vücut hemen düşer gibi olmaya başlar; böylece ayaklardaki kuvvet büyüyerek, hem düşer gibi olmayı önler, hem de vücuda büyük bir yatay kuvvet uygulayarak, oyuncu ya da koşucunun çabuk ivmelenmesini sağlar. Bu oyuncuların, başlangıçta iyice çömelmiş olmalarını da belli bir amacı vardır. Ağırlık merkezi aşağıda olunca, başlangıçtaki dayanma yüzeyinin düşey çizgisinden uzaklaşma da büyük olacağından, karşılık gelen düşer gibi olma ivmesi de büyük olacaktır.

Oysa yarışa başlamadan ön cebir yüzücünün iki ayağı da havuzun kenarında ya da hafifçe yükseltilmiş bir atlama yerinin üzerindedir. Dayanma yüzeylerini kaydırmak için yapabileceği tek şey, ayak parmakları üzerinde yükselerek, vücudunun ağırlık merkezini arkaya doğru biraz kaydırmaktır. Böylece, düşer gibi olma durumu yavaş yavaş başlayacağından, ileri doğru çizgisel ivmelenme de başlangıçta küçük olacaktır. Bu nedenle, başlama tabancasını merakla beklerken, yanlış başlangıçlar ortaya çıkabilmektedir.

Şimdi, düşer gibi olmaya başlar başlamaz, vücudun dengesini nasıl yeniden kazandığını hatırlayınız. Belki, yüzücünün vücudu, kuvvet merkezinin yeri değişmemiş olsa bile, dayanma yüzeyine yatay bir kuvvet uygulanacak biçimde eğilebilir. Bunun için de, kollarını aşağı ve ileri doğru ani hareketlerle hareket ettirebilir. Böylece, yüzücünün yarışın başlangıcında ivmelenmesi sağlanabilir.

Başka bir deney yapalım. Bir duvarın 3 m. kadar önünde ayakta durun. Bir arkadaşınızın, kronometre ile saptadığı "başla" işareti ile, olabildiğince hızlı olarak duvara dokunmak üzere koşun. Bir ayağınız önceki yerinde olmak üzere, öbür ayağınız iyice önde olarak başlamayı da deneyin. Duvara daha çabuk ulaşabiliyor musunuz? Bunun, yüzücülerin suya dalışında bir anlamı olup olmadığını da düşünün.

Kol hareketlerinin etkilerini de inceleyin: Ayaklarınız birleşik, kollarınız duvara doğru uzatılmış; kollarınız arkada, fakat koşmaya başlar başlamaz, aşağıya ve öne doğru hızla döndürülecek...

Bu çözümler ve deneylerin tümü, durgun bir taban içindi. Eğer taban, örneğin trende olduğu gibi, hareket ediyorsa, denge durumu farklı olacaktır. Doğaldır ki, yüzeyin hızı sabit ise, yukarıdaki ilkelerin tümü geçerli olacaktır. Ancak, yüzeyin bir ivmesi varsa (hızın büyüklüğündeki ya da doğrultusundaki değişme), yüzeyin ayağa uyguladığı yatay kuvvetin oluşturduğu dönme momenti, dayanma yüzeyinin dikmesi üzerindeki ağırlık merkezine etki eden yerçekim kuvvetinin oluşturduğu dönme momenti ile dengelenmedikçe, vücudun denge durumu bozulmuş olacaktır. Demek ki, vücudu, ivmelenen yüzeyle ivmelendirme işleyişi, yukarıda açıkladığımız denge durumundan ivmelenme işleyişinin tam aynıdır. Denge, yine ivmelenme doğrultusunda, bir kuvvet uygulanarak korunabilir.

Ayaklarının ucunda dengede olan bir balerin düşününüz. Balerin, dengesini çok yumuşak hareketlerle korur. Bir ip cambazını da düşünebilirsiniz. Bu insanlar, ne yapmaları gerektiğini, Newton yasalarına dayanan fiziksel çözümlerle mi hesaplıyorlar? Hayır, vücudun bu ince ayarlanmış hareketleri biraz içgüdüsel, biraz da deneme yanılma ile öğrenilmektedir. Bir gözlemci için, bu hareketlerin nasıl başladığı bilmece gibidir. Acaba oyuncular da, bu hareketlerin çözümlenmesinden yararlanabilirler mi?

(Halliday ve Resnick'in Fiziğin Temelleri (3.Baskı,1988) kitabından çevrilerek aktarılmıştır.)

Yarışma Problemleri

1. Yarıçapı $r = 10$ cm. ve odak uzaklığı $f = 1$ m. olan parabolik bir aynanın odağına küçük siyah bir disk konuluyor. Diskin boyutları, güneşin ayna odağındaki görüntüsüyle çakışmaktadır. Diskin erişeceği maksimum sıcaklık ne olur? Güneşimizi, sıcaklığı $T_0 = 6000$ K olan siyah bir cisim gibi düşünebilirsiniz. Çevredeki havanın ısı iletkenliğini ihmal ediniz. (Bulgaristan Ulusal Fizik Yarışması, 1985)

2.a) Toplam momentumu sabit ve P olan bir parçacıklar sisteminin toplam relativistik enerjisinin, tüm parçacıklar aynı yönde ve aynı hızla hareket ederlerken, minimum olacağını gösteriniz.

b) Yüksek enerjili bir foton, elektron-pozitron ($e^- - e^+$) çifti yaratabilir. Bu çift-yaratılma olayı ilk kez 1928'de Dirac tarafından öngörülmüştür. Enerji ve momentum korunum yasalarını kullanarak, başka bir parçacığın varlığında, çift-yaratılmanın mümkün olduğunu gösteriniz.

c) Durgun bir elektronun Coulomb alanında bir elektron-pozitron çifti yaratılsın. Bunun mümkün olabilmesi için fotonun minimum eşik enerjisini hesaplayınız.

d) Ultrarelativistik bir elektronla fotonun etkileşmesi sonucu $e^- - e^+$ çifti yaratılıyor. Elektron, fotona zıt yönde hareket ediyor olsun. Fotonun eşik enerjisi $E_f = 10$ eV ise bu elektronun enerjisini hesaplayınız. (Bulgaristan Ulusal Fizik Yarışması, 1990)

3. Deforme olmuş bir metal parçasının yoğunluğunu belirlemek üzere aşağıdaki deney elemanlarıyla bir yöntem geliştiriniz.

- Cetvel
- Tahta bir çubuk
- Büyükçe iki kova
- İnce ip
- Yoğunluğu bilinmeyen metal parçası
- Bakır silindir, $\rho_{Cu} = 8.3$ gr/cm³
- Su

Deneyin analizini yapıp şu sonuçları cevaplandırınız.

a) Bulduğunuz sonucun muhtemel hataları nelerdir?

b) Sudan başka bir sıvı kullanılsa sonuç nasıl değişir?

c) Bakır silindirin içinin boş olması sonucu nasıl değiştirir?

d) Suya bir miktar şeker katılsa sonuç nasıl değişir?

e) Uzunlukları cm. yerine inç, karış, vb. ile ölçseniz cevabınız nasıl değişir? (Kolombiya Ulusal Fizik Yarışması, 1988)

4. Bir bardağı suyla tamamen doldurup üstünü karton ile kapatın. Bardağı birdenbire ters çevirin, su bardağın içinde kalacaktır. Bardak başlangıçta suyla kısmen doldurulmuş olsa idi ne olurdu? Deneyiniz. Sonucu açıklayınız. (Finlandiya Ulusal Fizik Yarışması, 1990)

5. Bir kaba su konuluyor. Kabin dibinde küçük bir delik bulunmaktadır. Kaptaki su yüksekliğini zamanın fonksiyonu olarak elde ediniz. (Hollanda Ulusal Fizik Yarışması Sorusu, 1990)

6. Yağmur damlalarında kırılma ve iç yansıma gökkuşağına neden olur. Tek yansıma halini gözönüne alalım.

a) Gelen ve giden ışık ışınları arasındaki açının maksimumunun dalga boyuna bağlı olduğunu gösteriniz.

b) Gökkuşağı olayını açıklamaya çalışınız. (Hollanda Ulusal Fizik Yarışması Sorusu, 1988)