

YÜKSEK ENERJİLERDEKİ TIRMANIŞ

Pierre BARON

- Saclay'deki Satürn II'nin hizmete sokulması sayesinde fizikçiler, artık atom çekirdeğinin yapısını tanımlarını sağlayacak çok etkili bir araca kavuşmuşlardır. Avrupalıların ve Amerikalıların gerçekleştireceği geleceğin parçacık hızlandırıcılarıyla, araştırmacılar asal parçacıkların bütün anatomisini inceleyebileceklerdir. Ancak XXI. yüzyılda bu muazzam makineler ortadan kalkacak, yerlerini bir ayakkabı kutusuna sığabilen laser ya da plazmalı hızlandırıcılar alacaktır. Bu aletler maddenin en derin sırlarını ortaya çıkarabileceklerdir.

René Beurtey, kendini tamamen çalıştığı işe adanmış. Günlerden 4 Mart 1988 ve şu anda, Paris

Büyük Avrupa Parçacık Hızlandırıcısı LEP, 27 kilometrelik çevresi olan bir halka biçimindedir. Hızlandırıcının 5 yıllık bir çalışmayı gerektirmiş bulunan inşaatı artık tamamlanmıştır. Birkaç ay sonra, burada incelenen parçacıklar hemen hemen ışık hızında bir hareket gücü kazanarak bu muazzam çarpıştırıcıda son hızla birbirlerine çarpacaklardır.

yakınlarındaki Saclay'de bulunan ulusal laboratuvarın büyük konferans salonunda sevinçten uçuyor. Sebebi, laboratuvarın müdürü Jacques Arvieux ve müdür yardımcısı Jean Saudinos ile birlikte "küçük mucize" diye adlandırılan yeni parçacık hızlandırıcısı Satürn II'nin açılışını yapacak olmaları! Daha ilk denemelerden itibaren, René Beurtey'in "mücevher" adını verdiği bu alet, büyük farkla polarize (yönlendirilmiş) parçacık üretim rekorunu kırmıştır. Rekoru, saniyede 100 milyar parçacığın üzerinde! Bundan sonra Satürn II'nin sağlayacağı iyon huzmesi, Amerikalı, Rus, Japon ve Kanadalı rakiplerin daha önce elde etmiş oldukları başarıların çoğunu geride bırakacak. Deney grubunun başkanı olan fizikçi René Beurtey, kıvancını şöyle dile getiriyor: "1986 yılında Satürn laboratuvarı'nda 270 araştırmacı çalışmaktaydı. Şimdi bunların sayısı 400'ü biraz geçmiştir. Başanımızın başka bir işareti de, dış yararlanıcıların sayısının 1986'da 130 iken şimdi 200'ü aşabilmiş olmasıdır".

Parçacık hızlandırıcısı Satürn, 105 metre çapında kapalı halka biçiminde büyük bir borudur. İç kıs-

mında vakum sağlanarak, fizikçilerin seçtiği bazı parçacıkların ışığa yakın hızlarda dönmesi imkânı elde edilir.

Birinci işlem, atomun kabuğunu soymak, yani etrafındaki elektronları almak. Bu sayede elektrik yüklü iyonlar üretilir. İyonlar nötr olan atomun aksine, elektriksel ve manyetik alanlara karşı duyarlıdır. İşte fizikçiler, mermilerini bunlarla yönlendirmek ve hızlandırmak istiyorlar. Araştırmacıların elinde yapılacak deneyin gereklerine göre, yoğun hafif iyonlar (protonlar, dötonlar), ağır iyonlar ya da polarize iyonlar üretebilecek değişik "kaynaklar" vardır. Her üç halde elde edilen iyonlar, gaz halindedir.

Bir kere halkaya varduktan sonra, iyonlar özenle ayarlanmış manyetik alanlar sayesinde dev bir manejdeymiş gibi dairesel bir yörüngede muhafaza edilirler. Her bir tur sırasında parçacıklar, manyetik alanlar tarafından hızlandırılırlar ve gitgide hızlanırlar. Bir milyon tur ve halkada 100.000 kilometre döndükten sonra parçacıklar bir deney odasına yönlendirilerek, orada bir "hedef" ya da başka deyişle çekirdeğini incelemek istediğimiz kimyasal elemanın çok küçük bir örneği ile çarpıştırılırlar. Çoğunlukla her defasında sadece tek bir çekirdek tipi incelenir. Bundan dolayı hedefin kimyasal açıdan çok saf olması gerekir. Bu saflığı elde etmek bazen güç olur. O takdirde, iki hattâ daha fazla çekirdek ihtiva eden hedefler kullanılır ve deney sonuçlarının analizine başvurulur. Elde ne kadar çok çekirdek varsa, ilgi çekici bir çarpışma elde etme şansı o oranda artar. Bundan dolayı hedefin yeter derecede kalın olması gerekir. Ancak bunun bir ölçüyü geçmemesi lâzımdır; aksi halde, birbirini izleyen çarpışmaların sıklığı yüzünden bunların yorumlanması imkânsızlaşır. Yapılacak deneye göre, en uygun ölçü milimetrenin yüzde biri ile birkaç santimetre arasında değişmektedir.

Bir parçacık huzmesi ile hedef arasındaki çarpışma, bir dizi detektör tarafından kaydolunur. Bunlar bir parçacığın çarpışına tepki gösterirler ve bir elektrik itmesi (impuls) üretirler. Bu itmenin biçimi, genliği ve ortaya çıkış anı, izlenmiş olan parçacığın ve hareketinin karakteristik özelliklerini gösterir. Ne var ki, bu detektörlerde iz bırakabilen milyarlarca cisim arasında az rastlanır özellikler gösteren nadir birkaçını ayırt etmek gerekir. Bu seçimi yaparken üç ölçüden yararlanılır: Bunlardan birincisi, parçacıkların enerjisi ve esas huzmeye göre doğrultuları; ikincisi, parçacıkların özellikleri (yükleri ve kütleleri); üçüncüsü ise hedefe varış anlarıdır. Ayrıca detektörlerin kaydettiği itmeler bilgisayarlara aktararak, çok sayıda sonucun kısa zamanda analizi sağlanır. Bazen sonuçlarla teorik modeller arasındaki fark o kadar büyük olur ki, teorisinin bizzat kendini yeni baştan gözden geçirmek gerekir!

Réne Beurtey: "Bu, bir saç levhanın nasıl davranacağını anlamak için, büyük bir kamyonu küçük



Beton tüneli için de görülen Satürn halkası, saniyede 100 milyar parçacık üretebilmektedir.



Parçacıkları dairesel bir yörüngede tutabilmek için, fizikçiler dört kutuplu mıknatıslar kullanmaktadır (yeşil birimler).

bir arabanın üzerine sürmeye benzer" diyor. Satürn'ün halkası, yeni enjektörü Mimas sayesinde 1000 milyarlık (1 trilyonluk) enerji paketlerini alabilmekte ve bunlar 4 saniyeden az sürede önemli bir enerji düzeyine erişebilmektedir. Laboratuvarında çalışan Fransız ve yabancı araştırmacılar için bu makina, vazgeçilemez bir araçtır. Onun yardımıyla fizikçiler, atom çekirdeğini düzenleyen fizik kanunlarını inceleyebileceklerdir. Biz şimdiye kadar dört ana kuvveti biliyoruz. Bunlar, kütle ile ilgili olan çekim; özellikle çekirdeğin pozitif protonları etrafında negatif elektronlardan oluşan bir bulutun muhafazasını sağlayarak, elektrik yüklü parçacıklar arasında etkin olan elektromanyetik etkileşim; radyoaktivite ve bazı parçacıkların bozunması gibi bazı olaylara sebep olan zayıf etkileşim ve son olarak proton ile nötronlar arasında varlığını göstererek onları çekirdeğin içinde birbirine bağlayan kuvvetli etkileşimdir.

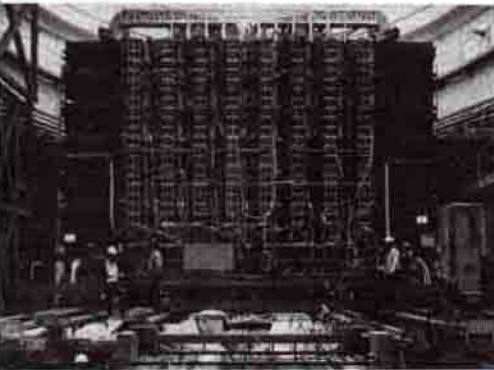
Maddeyi yöneten bu dört temel gücün üçü (elektromanyetizma, kuvvetli etkileşim ve zayıf etkileşim) çekirdekte ortaya çıkar ve çekirdeğin görünüş, yapı ile özelliğini belirler. Satürn ve GANIL hızlandırıcılarında bu güçler incelenmektedir.

GANIL (Büyük Millî Ağır İyon Hızlandırıcısı) La-

boratuvanı, iki ayrı araştırma kuruluşu tarafından gerçekleştirilmiş olup, buradaki ilk fizik deneylerine 1983'te başlanmıştır. O zamandan beri her yıl, bütün dünyadan 300 kadar araştırmacı gelerek birkaç gün ya da hafta süreyle, laboratuvarlarında hazırlanmış ya da analiz etmiş oldukları deneyleri yapmaktadır.

Satürn Laboratuvarı'nda olduğu gibi, GANIL'de yürütülmekte olan deneylerin de amacı, atomların çekirdeğini incelemektir. Şimdiye kadar bu çekirdekler hakkındaki bilgimiz, çoğunlukla hafif parçacıklar (elektronlar, protonlar, nötronlar) bombardımanı altındaki davranışlarının gözlenmesinden sağlanıyordu. Bu "sonda"lar, protonlar ile nötronların (nükleonların) dizilişini pek bozamazlar; çünkü kütle ve enerjileri azdır. Nükleer matzemenin özelliklerini daha iyi anlayabilmemiz için, kütle ve enerjisi daha büyük olan sondalara başvurmamız gerekmektedir: Bunlar, ağır iyonlardır. GANIL, işte böyle sondalar sağlamak için tasarlanmıştır. GANIL, karbondan tutun da, tabiiatta rastlanan en ağır çekirdek olan uranyuma kadar bütün ağır iyon çekirdeklerini üretir. Böylelikle şimdiye kadar bilinmeyen kırktan fazla çekirdek ortaya çıkarılmıştır. Bunların en son bulunanlarından biri, bir kalsiyum izotopu olan Ca^{48} 'dir. Geçen yılın 15 ile 24 Ekimi arasında 15 kadar fizikçi, 4 ile 5 milyar yıllık bir aradan sonra, evrenin başlangıcında var olan fakat hayat süresi bir saniyenin çok altında bulunan bir elemanı tekrar ortaya çıkarmayı başardı! Böyle başarılar özellikle astrofizikçileri ilgilendirmektedir; çünkü çekirdek, büyük patlamadan hayatın ortaya çıkışına kadar gelen tabiatın yaratılışı olayındaki ana aşamalardan biridir. Fizikçiler, çekirdek gibi küçücük bir hacimde çeşitli parçacıkları bir arada tutabilen gücü araştırmak istemektedirler.

Gitgide büyüyen ve pahalılaşan hızlandırıcılar yanında bir de parçacık fiziğini araştıran ve hepsin-



Burada CERN'in büyük elektronik detektörlerinden biri, montaj sırasında görülüyor. 2000 tonluk aletler, proton ile antiptonların fevkalâde kısa çarpışma süresi içinde yer alan olaylar hakkında yüzlerce milyon "bilgi"yi kaydedeceklerdir.

den pahalı olan araçlar geliştirilmektedir. Bunların amacı, çekirdeğin özelliklerini araştırmak değil, çekirdeği oluşturan asal parçacıkların davranışını incelemektir. Fiziğin bununla uğraşan dalının bir adı da yüksek enerji fiziğidir; çünkü hızlandırıcılar tarafından sağlanacak çok yüksek enerjilere ihtiyaç göstermektedir. Parçacık fiziğinin temel amaçlarından biri, parçacık ve bunları yöneten kuvvetlerin tablosunu basitleştirmektir. Bu, muazzam yatırımların yapılmasını gerektirmektedir. Amerikalılar son zamanlarda SSC (Süperiletken Çarpıştırıcı) yapımını kararlaştırmışlardır. Bunun masrafının 6 milyar dolar (yaklaşık 9 trilyon Türk Lirası) olacağı hesaplanmıştır. Böylelikle Amerika, Avrupa'dan geri kalmak istemediğini göstermektedir.

CERN, Fransa-İsviçre sınırı üzerinde yer almakta olup, parçacık fiziği araştırmaları konusunda uluslararası bir ün kazanmıştır. 1984 Nobel Fizik Ödülü de CERN'in iki araştırmacısı olan Carlo Rubbia ve Simon Van Der Meer'e verilmiştir. Rubbia, kısa bir süre önce CERN'in müdürlüğüne getirilmiş bulunmaktadır. CERN 29 Eylül 1954'te kurulmuştur ve bugün 14 devlet tarafından finanse edilmektedir. Burada çalışanların sayısı 3500'dür ve bunlara bütün dünya üniversite ve laboratuvarlarından gelen 4000'i aşkın bilimsel yararlanıcıları da eklemek gerekir.

CERN'in hızlandırıcıları, maddenin içlerine kadar nüfuz ederek onun yapı taşlarını açığa çıkaran yüksek enerjili parçacık huzmeleri sağlamaktadır. Parçacık fiziğinde enerji birimi, elektron-volttur. Bu, bir voltluk bir elektrik pilinin nefatif kutbundan pozitif kutbuna geçen bir elektronun, kazandığı enerji miktarıdır. Birkaç elektron-voltluk enerjiler, elektronları atomlardan sökmeye yeterler. Bu enerji düzeyinde, bir kömür parçasının yanması gibi kimyasal olaylar ortaya çıkar. Bundan bir milyon kat daha yüksek enerjilerde (mega elektron-volt ya da MeV düzeyinde) nükleer reaktörlerdeki atom çekirdeklerinin parçalanması olayı meydana gelir. Parçacık fiziği için, bundan da bin kat daha yüksek (giga elektron-volt ya da GeV) enerjilere gerek vardır. Böyle dev makinalarda hareket eden parçacıkların bu enerjisinin muazzam olduğu sanılabilir ama, aslında durum böyle değildir. Meselâ bir proton ortaya çıkarmak için gerekli bir GeV'lik enerji, uçan bir sivrisineğin hareket enerjisinin binde birine eşdeğerdir. Yere düşen bir kurşunkalem bile, yüzlerce kentrilyon elektron-voltluk bir enerjiye sahiptir. O halde olağan bir büyük cisme, meselâ 100 milyar elektron-voltluk bir enerji uygulamak hiçbir şey ifade etmez; cisme de hiçbir şey olmaz. Ancak bu enerjiyi küçücük parçacıklara uyguladığımızda iş değişmektedir. Bu enerjilerle yeni parçacıklar ortaya çıkarmayı başarabiliyoruz. CERN'in bu iş için kullandığı 28 GeV'lik proton senkrotronu (PS) ve 450 GeV'lik süper senkrotronu bulunmaktadır.

Proton senkrotronu ya da PS, 200 metre çapın-



Büyük hızlandırıcıların kontrol merkezi, bir anket müessesesi gibi çalışır ve önemli olayları seçerek önemsizleri eler. Süper hesaplayıcılardan geçirildikten sonra, incelenen parçacıkların yeter sayıda tipik örnekleri elde edilir.

da bir halkanın etrafına yerleştirilmiş yüz miknatısla donatılmıştır. Bu miknatıslar, protonları halka içinde vakumda dönerken yörüngede tutmaya yararlar. Protonlar, senkrotron halkasına gönderilmeden önce, bir doğrusal hızlandırıcıdan geçirilerek 50 MeV'lik bir enerjiye yükseltilir ve enerjilerini 800 MeV'ye erişiren dört halkalı küçük bir senkrotronu dolanırlar. Bunlar ve diğer parçacıklar, PS'ten çıkan protonların bir hedefe çarptırılmasından elde edilmektedir. Fizikçiler bu sayede karşıt maddenin bizim bildiğimiz normal maddeyi yöneten temel kanunlar karşısındaki davranışını inceleyebilmektedir. Bir örnek verelim; Eğer çekime maruz kalan bir proton aşağı doğru çekilirse, bir antipton da yukarı doğru mu çekilecektir? Problem, görüldüğü kadar basit değildir.

CERN'in öteki büyük hızlandırıcısı, süper proton senkrotronu (SPS)'dur. Yer altında bir tünele yerleştirilmiş bulunan SPS, 2,2 kilometre çapındaki bir halka biçimindedir ve üzerinde bin kadar miknatıs yer almaktadır. Şimdilik dünyanın en büyük hızlandırıcısı olmakla birlikte, bu pek uzun sürmeyecektir; çünkü bugünlerde, Jura toprağı altında kazılmış 27 kilometre çevreli bir tünel içinde yer alan yeni Avrupa Parçacık Hızlandırıcısı LEP hizmete girecektir. Süperiletken malzemeden yararlanılan hızlandırma boşlukları sayesinde, LEP'te parçacık huzmeleri 100 GeV'lik bir enerjiye kadar ulaşabileceklerdir. 900'den fazla fizikçi, elektronlarla positonların çarpıştırılacağı deneylerin başlangıcı olan Haziran 1989 tarihini sabırsızlıkla beklemektedir.



LEP'in tam bir turunu yapmak için, elektronlara bir saniyenin onbinde birinden az süre yeter.

Dev hızlandırıcıların çağı henüz kapanmamıştır. Ne var ki, bütün bir fizikçi kuşağı, geleceğin hızlandırıcıları üzerinde çalışmaktadır. Amaçları, bin kere daha küçültülmüş bir alanda, bin kere daha yüksek enerjiler elde etmektir. Bunun için bugünkünden temelde çok değişik bir konseptin gerçekleştirilmesi gerekecektir. Günümüzde bunu sağlayabilecek iki imkân olan laser ışınları ve plazmadan yararlanılması düşünülmektedir. Bu başarılsa, XXI. yüzyılın parçacık hızlandırıcıları 20-30 kilometrelik bir yer işgal edecek yerde, bir ayakkabı kutusunun içine bile sığdırılabileceklerdir!

**Sciences et Avenir'den kısaltarak çev.:
Dr. Ergin KORUR**