

DÜNYAMIZIN TEMEL TAŞININ İZİNDE

Pedro WALOSCHEK

- Atom çekirdeğini oluşturan Quark adı verilen parçacıkların sırrı nedir? Acaba maddeyi oluşturan gerçekten bunlar mı? Yoksa bunlar da daha küçük parçacıklardan mı oluşuyorlar? Bu sorulara yanıt bulmak için Hamburg Araştırma Merkezi DESY'de yeni bir "Parçacık hızlandırıcı" inşa edilmektedir. DESY'de araştırmacı Pedro WALOSCHEK, fizikçilerin, atomun mikro dünyasının ne kadar derinliklerine indiklerini açıklamaktadır.

Çevremizde bulunan herşey çok küçük parçacıklardan oluşmaktadır. Bu sonuca zamanımızdan tam 2000 yıl önce yaşamış olan Yunanlı filozof Demokrit düşünerek ulaşmıştı. Daha fazla parçalanması olanaksız olan bu parçacıklara "atom" adını o vermişti.

Demokrit'in bu teorisi uzun süre kimsenin dikkatini çekmedi. Geçen yüzyılın başlarında "atom" sözcüğü yeniden güncel olmaya başladı. Zira sayıları gittikçe artan tüm göz-

DESY Araştırma Merkezi'nin havadan görünüşü. Kırmızı çember Dünya'da şimdiye kadar inşa edilmiş en büyük elips tünel olan RETRA'yı göstermektedir. İnşa edilmekte olan HERA Tüneli ise sarı renkte işaretlenmiştir. Sağda Hamburg'un Park Stadı görülmektedir.

lemler, bu efsanevi parçacığın gerçekten varlığını gösteriyordu. Daha 1900 yılının başlarında tüm fizikçiler ve kimyagerler atomun varlığına inandılar. O zamanlar 90 farklı atom tam olarak biliniyordu. Bunlardan her biri bir kimyasal elementi simgeliyordu: Buna göre; hidrojen gazı hidrojen atomlarından, bir demir levha demir atomlarından, uranyum mineralli uranyum atomlarından oluşuyordu. Fakat atom nasıl bir şeydi? Bunlar çok küçük kürecikler miydi? Yoksa birçok fizikçinin de tahmin ettiği gibi iç yapısı olan bir şey miydi?

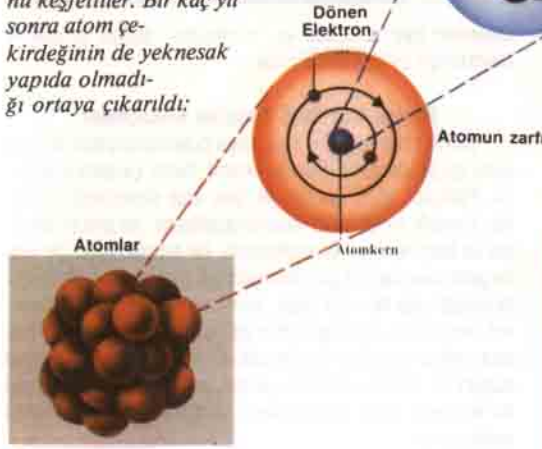
1911 yılında İngiltere'de çalışan fizikçi Ernest Rutherford ilginç bir sonuçla karşılaştı: Rutherford, radyoaktif bir maddeden ışınan, çok küçük parçacıklarla bir altın levhayı yayılım ateşine tuttu. Aynen bir duvara vurulan lastik toplar örneği, sık bir şekilde altın atomlarından oluşan bir levhadan parçacıkların geri tepmesi gerekiyordu. Fakat altın levhaya çarpan parçacıkların çoğunun levhaya saplanıp kaldığını gördü. Bunlardan çok azı levhaya çarparak geri döndü. Rutherford bu gözlemden, atomların tekdüze bir yapıya sahip olmadıkları sonucuna vardı. O'na göre, atomlar büyük boş bir hacim ve ağır bir çekirdekten oluşmaktadır. Çekirdek atomun hemen hemen tüm ağırlığını oluştururken, atom hacminin sadece onbinde biri kadar büyüklüğe sahiptir. Atomun tüm hacmi, çekirdek ve bunu saran elektronlardan olu-

şan bir zarfıdan ibarettir. Elektronlar ise çekirdeğe göre 2000 defa daha hafiftir.

Atom Çekirdeğinin Bombardmanı

Fizikçiler, atom çekirdeğini de daha küçük parçacıklarla bombardımana tutarak araştırmaya devam ettiler. Bu yöntem olumlu sonuçlar verdi. Sonuçta atom çekirdeğinin de yeknesak bir yapıda olmadığı görüldü. Çekirdek, iki tür çok daha küçük parçacıktan, **protonlardan** ve **nötronlardan** oluşuyordu.

Atomun yapısı ile ilgili bilgiler zamanla değişmiştir. Daha bir asır öncesinde atom yeknesak, içi dışı aynı bir kürecik olarak kabul ediliyordu. Sonradan fizikçiler atomun ortasında çok küçük bir çekirdek ve etrafında elektronlar olduğunu keşfettiler. Bir kaç yıl sonra atom çekirdeğinin de yeknesak yapıda olmadığı ortaya çıkarıldı:



Proton ve nötronlardan oluşan Atom Çekirdeği



Dönen Elektron



Atomun zarfı

Atomkern

Proton 3 adet Quarkdan oluşmaktadır.



Quarklar neden oluşuyor?

Çekirdek, protonlar ve nötronlardan oluşmaktadır. Ve çok değil bir kaç yıldan bu yana da bunların bir takım daha küçük parçacıklardan oluştuğu ortaya kondu. Her biri üç "Quark"dan oluşmaktadır. Şimdi araştırmacılar Quarkların da birşeylerden oluşup oluşmadığı bilmeceğini çözmeye çalışıyorlar.

ha küçüktür. 100.000.000 atom yanyana geldiğinde ancak 1 cm uzunluğunda bir zincir oluşmaktadır.

Fizikçiler, tüm kararlı maddelerin iki tür Quarkdan ayrıca elektronlardan ve bir başka tür parçacıktan, yani sırtı henüz çözülememiş nötrinodan oluştuklarını saptamışlardır. Eğer dünyamızı, hatta tüm evreni tek tek atomları yan yana geti-

Çekirdeğin bu parçacıkları da bombardıman edildiler ve sonuçta bunların da yeknesak olmadığı, değişik içyapıya sahip oldukları görüldü. Bunların herbirinin yapısında çok daha küçük üç adet parçacığın bulunduğu görüldü. Bu parçacıklara fantastik bir isim bulunarak "Quark" denildi.

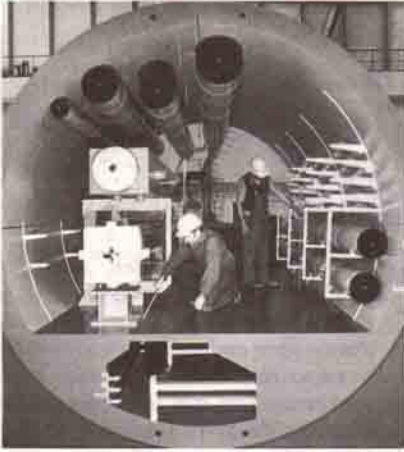
Quarklar, protonlardan en az 1000 defa daha küçük boyuttadırlar. Protonlar ise atomdan yaklaşık 10.000 defa da-



Resimde görülen araçlardan dört tanesi ile HERA Tüneli içindeki alet yerlerine yerleştirilmektedir. Burada 12 m uzunluğundaki manyetik modül yerine monte edilmektedir (üstte).

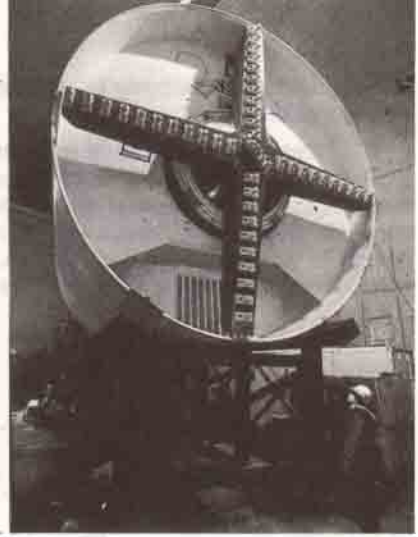


Protonların yörüngeden sapmasını önleyen 9 m'lik mıknatıslardan birisi. Bunlardan 416 tanesi tünel içindeki çember yörüngesinin etrafına yerleştirilmiştir. Çalışmalar başlarken bunlar sıvılaştırılmış helyumla -269°C 'ye kadar soğutulacaktır (solda).



HERA Tünelinin modeli. Solda üst üste mavi mknatıslı proton hızlandırıcı altında elektron hızlandırıcı. Borular soğutucu su ve helyum taşıyıcılardır.

6 km den daha uzun HERA Tünelini açacak olan tünel kazıcısının bıçakları.



rerek yaratmak isteseydik, bu dört tür parçacığa gereksinim duyacaktık.

İnşaat taşlarını yan yana koyabiliriz. Buna karşılık atom dünyasında parçacıkları birlikte tutan değişik güçte ve etkinlikte 4 kuvvet etkindir ve dünyamız ancak bu şekilde meydana getirilebilir:

- **Kütleçekimi**
- **"Zayıf kuvvetler"**
- **Elektromanyetik kuvvetler ve**
- **"Quark kuvvetleri"**

Bu güçlerden hiçbirisi önemsiz değildir. Yerçekimi bizi Yerküre'nin üzerinde tutar ve Dünya'mızın Güneş etrafında dönmesini sağlar. Zayıf kuvvetler Güneş'deki enerjiyi bir nevi düzenler. Elektromanyetik kuvvetler atomların birarada, birbirine yapışık kalmasını sağlar, ayrıca elektrik akımı ve radyo dalgaları için gereklidir. Quark kuvvetleri ise Quarkları birarada tutar, çekirdekaltı parçacığını ve son olarak da atom çekirdeğini şekillendirir.

Quark Nedir?

Quarkların sırrı henüz çözölmüş değildir. Yalnız birbirlerine çok sıkı bir şekilde bağlıdır; son yıllarda protonların ve nötronların başka parçacıklarla bombardımanından bazı bilgiler elde edilmiştir.

Acaba şimdi Quarklar, gerçekten maddenin daha küçük parçalara bölünmeyen en küçük parçaları mıdır, yoksa bunlar da daha küçük parçalardan mı oluşmaktadır?

Bu soruya yanıt arayan fizikçiler, yine çok kullanılan eski bir yöntemle, Quarkları enerji yüklü elektronlarla bombardımana tutarak, parçalamaya veya hiç değışile ölçölebilen bir hacime sahip olup olmadıklarını bulmaya çalışmaktadırlar. Eğer bir hacimleri varsa, içlerinde "birşeyler" de var demektir. Quarklar tek tek elde edilemediği için hedef olarak protonlar seçilmekte, Quark'lar üçlü gruplar halindedir. Fizikçiler bu bombardımanların analizleri sonucunda "dört temel kuvvet"i birlikte yorumlayabilecekleri bir teori elde edebileceklerini ummaktadırlar.

Quarkların araştırılmasının yapılacağı süper tesis, şu sıra Hamburg'da DESY Araştırma Merkezi'nde inşa edilmektedir. 1990 yılında HERA'nın inşaatı tamamlanarak deneylere başlanacaktır. HERA "Hadron-Elektron-Ringanlage" söz-

külerinin baş harfleridir ve "Hadronlar" terimi, proton ve elektronları birlikte ifade eder.

Parçacıklar Oval Tünelde Dönecekler

HERA şimdiye kadar inşa edilen hızlandırıcılardan 10 misli daha güçlü olacaktır. Burada önemli faktör çarpma enerjisi-dir. Fizikçiler, bu iş için bilinen, bazı araç sürücülerinin yakinen tanıdığı bir olaydan yararlanacaklardır: İki aracın birbirleri ile karşı karşıya çarpışmasıyla, bir aracın duran bir araç çarpmasından ortaya çıkan çarpma enerjisinin, tahmin edilebileceği gibi iki misli değil, tam dört mislidir. İkili bir kuvvet harcanarak 4 katı güç elde edilebilmektedir. Bu olayı atomun mikro evrenine uygularsak: Elektronların protonlardan oluşan bir duvara çarpmak yerine, protonları da hızlandırıp bu iki enerji yüklü parçacıkların karşı karşıya çarpışmasını sağlamak.

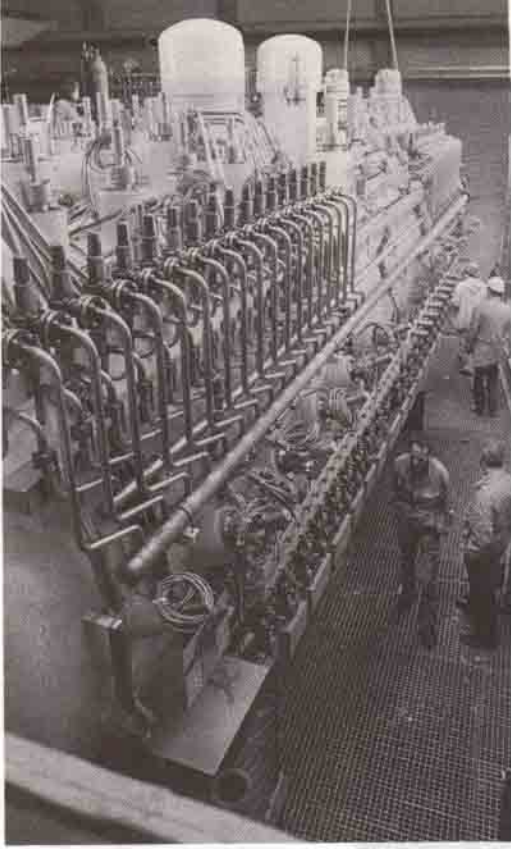
Bu nedenle HERA üst üste iki, biri protonlar için, diğeri elektronlar için, dairesel yörüngeden oluşmaktadır. Bu yörüngenin en önemli kısmı 6,3 km uzunluğundaki, içinin havası tamamen boşaltılmış tüpdür. Bu tüp yörüngede parçacıklar, saniyede 47.700 devirlik bir hızla saatlerce döneceklerdir.

Parçacıklar 4 yerde karşı karşıya çarpıştırılabileceklerdir. Bu dört noktada bir takım ölçüm ve gözleme aletleri monte edilmiştir. Tüm bu olaylar Hamburg şehri Halk Parkı'nın yedi kat altında inşa edilen oval bir tünelde gerçekleşecektir.

Otomobiller gaz verilerek, elektronlar ve protonlar ise elektrik gerilimi yaratılarak hızlandırılırlar. Hemen hemen her yerde bulunan televizyon aletleri böyle bir hızlandırıcıdır.

TV tüpünde, kor halindeki tellerden elektronlar gönderilir. Tüpün öteki ucuna metal bir levha yerleştirilmiştir. Kızgın tel ile levha arasında birkaç bin voltluk elektrik gerilimi elde edilir. Sonuç: Elektronlar telden levhaya doğru büyük bir hızla uçuşurlar ve ekranı aydınlatırlar. Bu olayda elektronlara aktarılan elektrik enerjisi "eletrovolt eV" ile ölçölür ve oluşan gerilim ile doğru orantılı olarak yükselir. TV'de elektronlar 20.000 eV'a ulaşırlar.

Bu değer, atom çekirdeğini incelemek için çok azdır. Enerjiyi yükseltmenin iki yolu vardır. Birisi gerilimi artırmak. Bu yol izolasyon problemini de beraberinde getirir. İkinci yol daha zekice düşünölmüştür. Parçacıkları dairesel bir yörün-



Avrupa'nın en büyük soğutucu sistemi HERA'da kurulmuştur. Üç büyük Kryo-Agragat Çember yörüngesinin mıknatıslarını soğutmak için helyumu sıvılaştırıcaklardır.

geye yerleştirip, defalarca aynı gerilim artırıcı noktalardan geçirecek, her dönüşte enerjisinin artması sağlanır. Günümüzde parçacık hızlandırıcılar hep bu biçimde çalışırlar, bu nedenle hep büyük çaplı halkalardan oluşurlar.

Parçacıkları yeterli derecede yüksek enerjiye getirmek için, önce bir dizi aletler kullanılır ve daha sonra belirli bir hız ulaştıktan sonra halka biçimindeki hızlandırıcı tüpe yönlendirilir. Daha sonra burada hızı ışık hızına, yani 300.000 km/sn'ye ulaşır. Bu hız Einstein'ın izafiyet teorisinde ileri sürdüğü ulaşılabilecek en yüksek hızdır. Dönmeye devam ederken, parçacıkların hızları daha da artmaz, ancak enerjileri artmaya devam eder. Elektronlar 30 milyar elektrovolta, protonlar ise 820 milyar eV'e ulaşırlar.

Bir ipin ucuna bağlanan taş döndürüldüğünde yanlara doğru savrulmaya çalışır. Parçacıklar da aynı şekilde bu merkezkaç kuvveti etkisi altındadır. Burada, taşın bağlı bulunduğu ipin görevini, hızlandırıcı yörünge boyunca yerleştirilmiş bulunan elektromıknatıslar görür. Oluşan kuvvetli manyetik alanlar parçacıkların yörüngesinde tutmaya çalışırlar. Bu mıknatıslar HERA'nın inşası sırasında en önemli sorunları oluşturmaktadır.

Demir çekirdekli elektromıknatısların çekim alanı kuvveti, yaklaşık 1.8 Tesla'dır. Bu, yerçekimi manyetik alanının ortalama 100.000 katıdır. Fakat HERA'nın içindeki 820 milyar eV yüklü protonları yörüngede tutmak için, bu değer üç

DÜŞÜNME KUTUSU

(Geçen sayımızdaki soruların yanıtları)

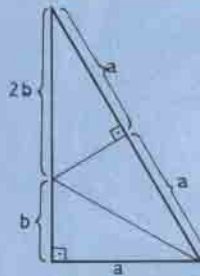
3 PORTAKAL: Düzeni yarım çapı sonsuz bir küre alırsak $1/r=0$ olur. Soddy'nin değen küreler formülünü kullanalım (Dört daire formülü gibi, yalnız parentezden önce 2 yerine 3):

$$3 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1}{x^2} \right) = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{x} \right)^2$$

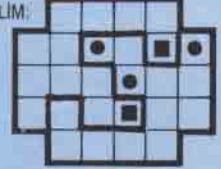
KUTU MAKİNELERİ: 400 kutu.

A+B= 60 kutu/gün, B+C= 45 kutu/gün, A+C= 55 kutu/gün, C=(B+C)+(A+C)-(A+B))/2=20 kutu/gün

ÜÇGEN:



NASIL BOLELİM:



BEŞ DAİRE: Bir kenarı 4 cm olan bir kare içine yarım çapları 1 cm olan 4 daire konulmuştur. Ortadaki küçük dairenin yarım çapını bulunuz.

SEKİZ KÜRE: $r=\sqrt{3}-1$. Küpün karşı uçları arasındaki köşegen Pitagor ile $4\sqrt{3}$ bulunur. Bundan iki kürenin çapları toplamı (4) çıkarılır ve kalan 4'e bölünür. Matematik severler için ek bilgi: 4. dereceden bir hiperküp içine 4. dereceden 16 küre konabilir ve ortadaki kürenin yarım çapı $\sqrt{4}-1=1$ 'dir. Genel kural: n. dereceden bir hiperküp içine yarım çapı 1 olan 2'lik küre konabilir ve central kürenin yarım çapı $r=\sqrt{n}-1$ 'dir. Örneğin 9. dereceden bir hiperküp köşelerine yarım çapı 1 olan $2^9=512$ küre konabilir, böyle bir küpün içine konulacak kürenin yarım çapı $\sqrt{9}-1=2$ 'dir, yani central küre küpü doldurur.

SAYDAM KARELER: C,D,E

DÖRT DAİRE: Soruda eksiklik olduğundan ötürü, bu problem Hızlı ran sayımızda yeniden yer alacaktır.

misli manyetik güce gereksinim vardır. Eğer bu güç normal manyetik sargı makaraları ile elde edilmek istenseydi, HERA'da parçacıkların dolaşacağı tüpün etrafına 400 adet, herbiri 10 m çapında mıknatıs yerleştirmek ve içinden de Hamburg şehrine verilen elektrik akımını geçirmek gerekecekti.

Bu sorunun çözümünde 75 yıl önce keşfedilen bir olgudan yararlanıldı: Aşırı iletkenlik bazı metallerin çok düşük sıcaklıklarda elektrik geçirgenliği büyük bir sıçrama ile artar. Bunun anlamı şudur. Yüksek akıma ve doğal olarak oluşan kuvvetli manyetik güce rağmen ısı kaybı olmaz; bu, göreceli olarak daha az enerji gereksinimi demektir.

Fevkalade geçirgenliği sağlamak için, doğal olarak mıknatıslar -269°C 'ye kadar soğutulacaktır- mutlak en düşük sıcaklıktan sadece 4°C eksiktir. Bu ancak sıvı helyum ile olasıdır. Bunun için HERA'da Avrupa'nın en büyük helyum sıvılaştırma tesisi kurulmuştur.

Protonları için nasıl boyutya sahiptir? Quarklar ve hatta elektronlar daha küçük parçacıklardan mı oluşmaktadır? HERA protonlardan 10,000 defa daha küçük bu parçacıkların daha küçük parçaları ayrarabilecek güçtedir. Tüm göstergeler, doğanın bu boyutlarda insanlığa sürprizler sunacağına işaret etmektedir.

Kosmos'dan çev.: Dr.Nuri GÜLDALI