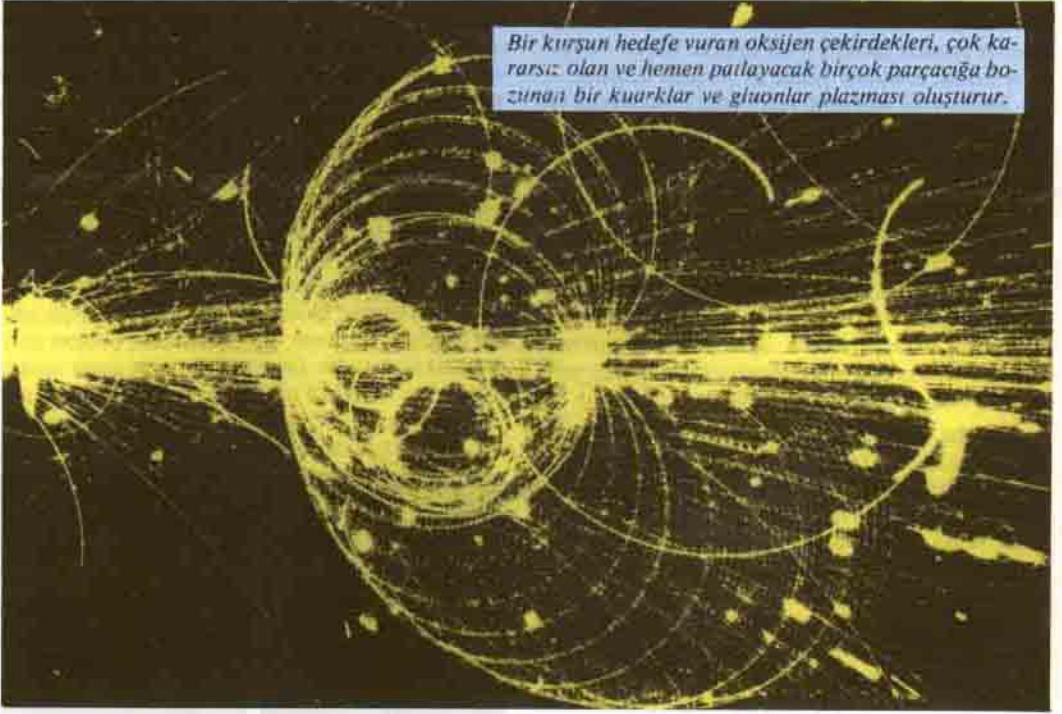


Bir kurşun hedefe vuran oksijen çekirdekleri, çok kararsız olan ve hemen patlayacak birçok parçacığa bozulan bir kuarklar ve gluonlar plazması oluşturur.



## MADDENİN OLUŞUMU

- Evren'in oluşumunun başlangıcında, sıcaklık 20 milyar dereceye çıktığı zaman saniyenin yüz binde biri kadar bir süre içinde oluştuğu düşünülen bir maddenin yeniden yaratılması, Avrupalı fizikçilerin Cenevre'de bulunan CERN laboratuvarlarındaki son çalışmalarıyla başarıldı.

**Jean-Louis LAVALLARD**

CERN'deki araştırmacıların son buluşu, kurşun bir hedef üzerine 3200 milyar elektron-volt ( $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-12}$  erg) gibi olağanüstü enerjilere dek hızlandırılmış oksijen atomu çekirdekleri göndererek "kuarklar ve gluonlar plazması" elde etmek... Maddenin bu durumu şimdiye dek yalnızca Evren'in oluşumunun en başında, maddenin bildiğimiz biçimini almasından tam önce, saniyenin pek küçük bir kesri süresince var olmuştur.

Öyleyse çok eskiye, yaklaşık 15 milyon yıl önceye, Evren'in oluştuğu ana dönem, Başlangıçta, enerji son derece yoğun ve patlamaya benzeyen bir olay oldu: "Big Bang" madde, çok çabuk olarak bildiğimiz biçimini aldı. Evren, nükleonlar (atom çekirdeklerini oluşturan parçacıklar)dan ve elektron, nötrino, foton vb. gibi öbür parçacıklardan oluştu. Atomlar ise çok sonra, sıcaklık ve yoğunluğun yeterince düşerek,

elektronların nükleonlar çevresindeki çekim alanına girmesi ile oluştu. Maddenin bu ikinci dönüşümü, birincisi kadar önemli olamaz. Kimi yerlerde bu dönüşüm oluşmamıştır. Örneğin, nötron yıldızlarındaki madde, yalnız nötronlardan oluşmuş durumda kalmıştır; bu yıldızlarda, atom çekirdeklerini oluşturacak nükleon gruplarının çevresinde dolanan eksi yüklü elektronlar yoktur.

Bu nedenle, maddenin bugünkü görünümü ile ortaya çıkışı, nükleonların yaratılması ile çakışır ve bu oluşum pek eski zamanlarda olmuştur: Big Bang'in başlangıcından birkaç milyonda ya da on milyonda bir saniye sonra. Daha önce ne vardı? Evren'in bu çok, çok önceki durumu, deneysel olarak yeniden oluşturulabilir mi?

Cenevre'deki Avrupa Nükleer Araştırma Kurumu CERN, bu soruya olumlu yanıt vermektedir: 1986'nın sonlarında yapılan deneylere göre, maddenin bu alışılmamış durumunun oluşturulması mümkündür. Şimdi bu deneyin açıkça gözler önüne serilmesi ve incelenmesi gerekmektedir.

Nükleon nedir? Nötron durumunda yüksüz, proton durumunda ise artı yüklü olan ağır bir parçacıktır; uzun zaman temel parçacık olduğu, yani daha küçük parçacıklara bölünemediği sanılmıştır. Şimdi, üç alt-parçacıktan kurulu birleşik bir parçacık olduğu bilinmektedir; kuarklar denen bu alt-parçacıklar birbirlerine çok büyük kuvvetlerle bağlıdır; bu kuvvetler ise gluon denen başka tür parçacıklarla sağlanır.

Nükleon, üç temel kuarkın doğasına göre, nötron ya da proton olur. Kuarkların olabilen birleşimlerini, çok kesin kuralları yönetir. Bir nükleon oluşturmak için, herhangi iki kuarkın birleşmesine izin verilmez. Böylece, kuarkların, mutlak değer olarak elektron yükünün üçte biri ya da üçte ikisi büyüklükte elektrik yükü taşımalarına karşın, doğadaki parça-

çıkların yükleri, yalnızca elektron yükünün tam katı olur.  $+2/3$  yük taşıyan iki kuarkın  $-1/3$  yüklü bir kuarkla birleşmesi  $+1$  yüklü bir parçacık verirken,  $+2/3$  yüklü bir kuarkın  $-1/3$  yüklü iki kuarkla birleşmesi yüksüz bir parçacık oluşturur.

Elektrik yükü, kuarkların çeşitli temel özelliklerinden yalnızca biridir. Bu, oldukça yakın bir özelliktir. Yükün, artı ya da eksi olarak, yalnızca iki işareti olabilir. Kuarkların, üç durum alabilen başka bir önemli özelliği daha vardır; fizikçiler, bu özelliği "renk" adını vermişlerdir.

Renk, imgesel bir deyimdir (kuarklar, çeşitli renklere boyanmış küçük bilyalar değildir). Renk, kuarkların içsel bir özelliğidir. Renklerin seçimi isteğe bağlı olarak yapılmıştır. Birçok rengi karıştırarak, başka renklerin elde edildiğini biliriz; fotoğrafçılık bu özelliği kullanır. Üç temel rengi birleştirerek, tüm öbür renkleri elde etmek olanaklıdır; özellikle, üç temel rengi eşit olarak karıştırmakla, beyaz bulunur.

Öyleyse, üç renkten kuarklarla, çok çeşitli renklere parçacıklar bulunabilir. Yalnız, bu birleşmelerin pek azı beyaz olacaktır. Oysa doğa, rengi sevmez görünmektedir. Renkli bir parçacığın özgürce dolaşmasını istemez; yalnızca beyaza (üç rengin eşit ölçülerdeki birleşimine) ya da bir rengin kendi karşıt rengi ile birleşimine (bir kuark ile onun karşıt kuarkının birleşimine) izin verir.

Bu özellik, özgür bir kuarkın (renkli kuark) neden gözlenemediğini açıklar: Kuarkın tek başına yer değiştirme olanağı yoktur. Kuark, nükleondan kurtulmak ister mi? Kuarkın arkasında, çok büyük enerjili, kendinden birçok parçacıklar çıkan ince bir iplikçik gezinir. Bu parçacıkların çıkışı, iplikçığın enerjisini düşürür ve kuark, lastikle çekiliyormuş gibi, yenden başlangıç konumuna döner. Başarısızlığa uğrayan bu kaçma girişimi yalnızca, kuarkı kendi nükleonuna bağlayan renkli iplikçikten çok sayıda parçacık yayınlanması ile anlaşılır: Kuarkın hareket etmek istediği doğrultuda giden bir parçacık demeti.

Renk, kuarkların temel özelliklerinden biridir. Gözönüne alınması gereken ve şiirsel adlar taşıyan başka özellikleri de vardır: Yabancılık ve tılsım. Fakat sonuçlarının önemi dolayısıyla, renk en baskındır. Bu nedenle, parçacıkların davranışlarını açıklayan güncel kurama kendi adını vermiştir: Kuantum kromodinamiği (Kromo öneki, rengi anlatır).

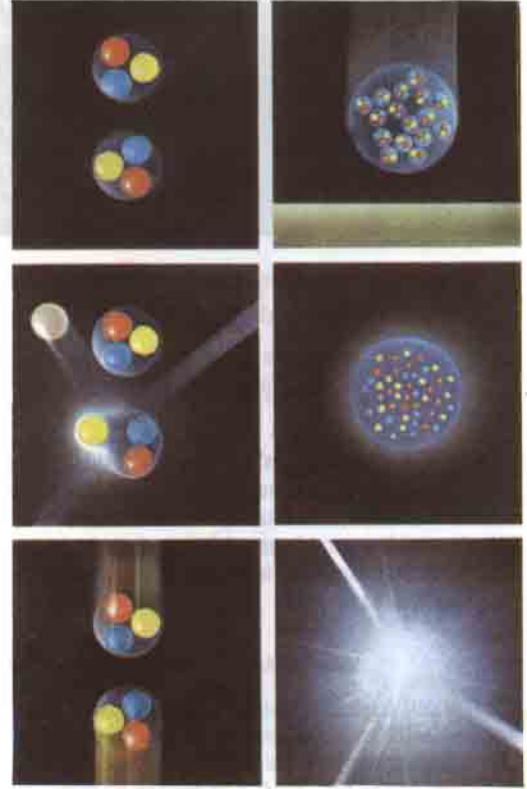
Kuarkların rengi, nükleonların, yani "beyaz" parçacıklar olan nötronlar ve protonların olağanüstü kararlılığını sağlar. Bu parçacıklar, nötronun proton ve elektrona bozunması ile birbirlerine dönüşebiliyorsa da, daha küçük yapıtaş parçacıklara (renkli olan kuarklara) bozunamazlar.

Beyaz, izin verilen tek renk olsaydı, beyazı beyaza eklemek de olanaklı olmalıydı. Gerçekten de böyle bir durum vardır. Nükleonları (üç ayrı renkteki kuarklardan oluştuklarına göre, beyazdır) birbirlerine ekleyerek kendileri de beyaz olan parçacıklar elde edilir: Atom çekirdekleri. Fakat burada, tamamlanmamış bir karşım sözkonusudur. Nükleonlar kendi aralarında karışmışlardır; ancak, bir nükleonun kuarkları bir başkasınıkilerin yanına gitmezler. Bir kuarkın (renklidir), üçlüdeki (üçünün birlikte oluşturdukları beyaz renkli topluluk) öbür iki eşinden uzaklaşması yasağı öyle kuvvetlidir ki, atom çekirdeklerinin içinde bile, nükleonları oluşturan kuark üçlüleri birbirlerinden ayrı kalırlar.

Bu kuarklara enerji verelim. Her kuark öbür iki eşinden

biraz daha fazla uzaklaşabilecektir. Fakat, kuarkların arkalarında gezinen ve onları lastik gibi ilk konumlarına geri getiren renkli iplikçikleri vardır. Verilen enerji yeterince yüksek olursa, bir kuarkın başka bir üçlünün bir kuarkına yeterince yaklaşabileceği ve ona bağlanabileceği beklenebilir. Öbür kuarkların da enerjileri çok yüksek olursa, hepsi böyle davranacaklardır. Her kuark bir başka üçlününkilere yaklaşacak biçimde, kendi üçlüsünden ayrılacaktır. Başka bir deyişle kuarklar, kendi üçlüleri ile birlikte hareket etmek zorunda olmadan, küçük bir aralığı hemen hemen özgürce geçerek, yeni bir kuark topluluğu kurabileceklerdir.

Böylece, maddenin yeni bir durumunu oluşturmuş oluyoruz: Artık kuarklar, bir nükleon boyutundaki pek küçük uzaylara kapatılmış değillerdir; çok sayıda kuark, bir atom çekirdeği boyutundaki çok daha büyük bir uzay içinde özgürce dolaşabilirler. Kuşkusuz bu kuarklar kendi aralarında sürekli etkileşirler. Bunları birbirlerine yaklaştıran kuvvetler, bir nükleon içindeki kuarkların birbirlerine yaklaştıran kuvvetlerle



*İki foton (herbiri üç kuarktan oluşmuş) arasında gerçekleşen bir çarpışma, aslında iki kuark arasındaki bir çarpışmadır. Kuarklardan biri kaçmak ister, fakat "renk iplikçigi" onu yeniden nükleon içindeki eski konumuna getirir.*

*Bir oksijen iyonunun 16 nükleonluk topluluğu, kurşundan bir "duvar" ile sert bir çarpışma yapıyor. Geçici bir kuarklar ve gluonlar plazması oluşuyor; plazma içindeki kuarklar her yönde hareket ediyor. Sonra patlama oluşuyor.*



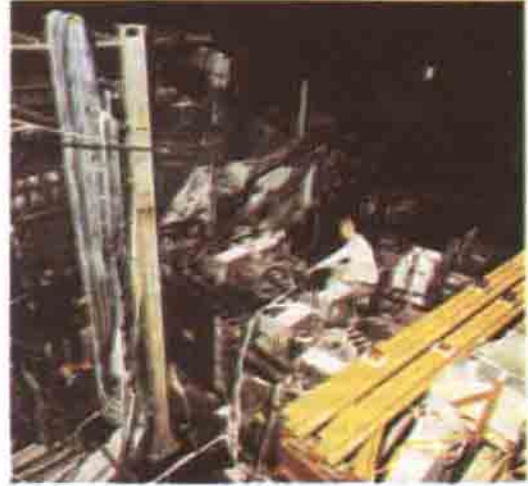
*Araştırmacılar, Proton Sinkrotronu ile, oksijen çekirdeklerini 3200 milyar elektron voltluk enerjilere dek hızlandırmışlardır.*

ayrı özelliklerdedir. Bu kuvvetlere, gluon denen parçacıkların eşleştiğini söylemiştik. Maddenin oluşturduğumuz bu yeni durumunda da, gluonlar bulunacaktır. Bu durumu, her yönde hareket eden kuarkların ve gluonların bir karışımı olarak gösterebiliriz. Fizikçiler, maddenin bu yeni durumuna her yönde hareket eden atom çekirdekleri ve elektronların karışımı olan bildiğimiz plazmaya benzeterek, "kuarklar ve gluonlar plazması" adını vermişlerdir.

Böyle bir karışım son derece kararsızdır. Karışımın öyle çok enerjisi vardır ki, birdenbire patlayarak pek çok sayıda (birkaç yüz) bilinen parçacık oluşturur. Kuram, bu karışımın varoluş süresinin, saniyenin yüzbin kez milyar kez milyarda biri olduğunu öngörmektedir. Öyleyse, bu karışımı incelemek için pek az bir zaman var demektir. Karışımın bu geçici varlığının, yalnızca sonuçlarının görüleceği beklenebilir. Bu "kuarklar" ve gluonlar plazması", maddenin son derece kararsız bir durumudur. Evren'in oluşumunun en başlarında, Big Bang'in başlangıcında, geçici olarak var olmuş olmalıdır. En tanınmış kuramlara göre, başlangıçtan yüz binde bir saniye sonra, sıcaklık 20 milyar dereceye çıktığı zaman... Hemen sonra, plazmada özgürce dolaşan kuarklar, şimdiki Evren'i oluşturan nükleonları kurmak üzere, üçer üçer yoğunlaşmışlardır. İşte, doğadaki bu son derece kararsız durumu küçük ölçekte de olsa bir laboratuvarında yeniden oluşturmak gerçek bir başarıdır. Geçen aylarda CERN'de bu başarıya ulaşıldığı sanılmaktadır.

Araştırmacılar, Proton Süper Sinkrotronu'nu, alışılmamış bir biçimde kullanmışlardır. Çevresi yaklaşık yedi kilometre olan bu dairesel aygıtta, olağan deneylerde protonlar (ve/ya da karşıt protonlar) döndürülür. Bu parçacıklar, bu aygıtın içinde 400 GeV'lik (400 milyar elektron voltluk) akıl almaz enerjilere çıkabilirler. Yeni plazma deneyinde ise, protonlar yerine oksijen çekirdekleri (sekiz proton ve sekiz nötron olan) alınmıştır. Protonların sekiz katı yük taşıyan bu çekirdekler, protonların ulaşabildiklerinin sekiz katı, yani 3200 GeV'lik enerjiler kazanırlar. Bu, bir dünya rekorudur. Bu son derece yüksek enerjili çekirdekler, bir kurşun hedef üzerine gönderilirler. Oksijen çekirdeğinin sekiz protonu ve sekiz nötronu içinde bulunan kuarkların, hızlandırıcının kendilerine sağladığı kinetik enerjili çarpışma sırasında tümüyle kullanarak, "kuarklar ve gluonlar plazması" biçiminde düzenlenmeleri olasıdır; bu plazma da, birdenbire patlayarak yüz kadar parçacık oluşturur.

Yalnızca, çarpışma sırasında çıkan parçacık akışının çözümlenmesi, "kuarklar ve gluonlar plazması"nın oluşup oluşmadığının kesin doğrulanmasını sağlayacaktır. Bu çözümlenme henüz bitmemiştir. Bu nedenle, "plazma"nın oluşumu olasıdır, diyoruz. Plazmanın bozunma ürünlerinin çözümlenmesinin son derece uzun süreceği sanılıyor. Çözümleme yıllarca sürecektir ve bu sırada deney daha ağır mermilerle yi-



*Kuark ve gluon plazması denen madde durumu, şimdiki dek yalnızca Evren'in başlangıcında, saniyenin küçük bir kesri süresince var olmuştur. İçinde, bu plazmanın deneysel olarak ilk kez gerçekleştirildiği sanılan, deney aygıtı Hélios.*

nelenecek ve daha çeşitli ölçümler yapılacaktır. Sırada bu konu ile ilgili en az on iki deney vardır.

Plazma, bir kurşun çekirdeğine karşılık hızlanmış bir oksijen çekirdeği vermek zorunda değildir. Çekirdeklerden birinin nükleonlarının öbürünlerle birer birer etkileşmesi daha olasıdır. Öyleyse, incelenen çarpışmada, yayınlanan yüz kadar parçacığın çokça yinelenen nükleon-nükleon çarpışmasından (önceleri çok karmaşık gelmesine karşın, şimdi protonlarla sabit hedefler arasındaki çarpışmalar yardımı ile oldukça iyi anlaşılması olan) mı, yoksa geçici olarak oluşmuş olan plazmanın patlamasından mı geldiğinin bilinmesi gerekir. Kimi bilim adamları, çarpışma olasılığını ölçmek ve onu nükleon-nükleon çarpışmalarınıniki ile karşılaştırmak istemektedirler. Öbürleri ise, çıkan parçacıklar arasında yalnızca belli parçacıklar aramaktadırlar. Birkaç deneyci, çıkan parçacıklar arasında özgür bir kuark bulmayı bile düşlemektedir.

Yine de, bu türden ilk deneylere göre, kuarklar ve gluonlar plazmasının gerçekten oluşması olasıdır; çünkü, oksijen iyonlarının durdurma gücünün kuramsal öngörülere uygun olduğu açığa çıkmıştır.

**Science et Avenir'den çev.: Dr.Hanasi GÜR**