

# FİZİKTE POPÜLER KONULAR

Prof. Dr. Erol AYGÜN

## MADDENİN TEMEL TAŞI NEDİR? (Kuarklar)

İnsanoğlu asırlar boyu, maddeyi oluşturan en küçük parçacığın ne olduğunu merak etmiş, hep onu belirlemeye çalışmıştır. Halen de maddenin, bölünemeyen en küçük parçasının ne olduğunu keşfetmek fiziğin temel problemlerinden biridir. Günümüz fiziğinde bu konuda büyük aşamalar kaydedilmiş ve **kuarklara** kadar inilmiştir. Ancak kuark nedir, bu kavrama (parçacığa) nasıl varılmıştır? Konu bu popüler yönü ile ele alınmıştır.

Uzun yıllar **atom**, maddeyi oluşturan en küçük parçacık sanılmıştır. Zira **atomos** Yunanca'da bölünemez demektir. 1910'lu yıllarda atomun da bir iç yapısı olduğu, içinde **çekirdek** denen yoğun bir kısım, onun etrafında yörüngelerde dolanan elektronlardan ibaret olduğu anlaşıldı. Bu sefer dikkatler atomun çekirdeği üzerinde yoğunlaştı ve 1930'lu yıllarda çekirdeğin içinde de **nükleon** (nötron, proton) denen parçacıklar olduğu saptandı. Bir süre temel parçacıklar; **elektron, proton ve nötrondan** ibaret sanıldı ise de, daha sonra, kütlesi elektronun kütlesi ile protonun kütlesi arasında olan yeni parçacıklar bulundu. Bunlara kütlelerinin, elektron ve proton kütleleri arasında olmasını anımsatacak şekilde **mezonlar** denildi. Mezonların elektrik yükü bakımından (+), (-) ve (0) yüklü olmak üzere üç çeşit olduğu görüldü. Böylece keşfedilen elementer parçacık sayısı süratle arttı. Bugün bu tür parçacık sayısı 300 civarındadır. Fizikte **elementer parçacıklarla** ilgilenen dala, **yüksek enerji fiziği** denir. Zira aşağıda verilen tablodaki herhangi bir parçacığı meydana getirmek için birkaç yüz milyon elektron voltluk (MeV) enerjiye ihtiyaç olduğu görülmektedir. Örneğin, küçük kütleli parçacıklardan olduğu bilinen elektronu meydana getirmek için bile 0,511 MeV'lik enerjiye ihtiyaç vardır. Fiziğin elementer parçacıklarla ilgilenen dalında gereken ve kullanılan enerjinin, diğer dallarında gerekli enerjilerle kıyaslandığında çok büyük olduğu görülür.

300 civarındaki temel (elementer) parçacığın pek çoğu kararsızdır. İçlerinde tam kararlı olanlar, **elektron, proton ve nötrondur**. Örneğin, **nötron** bile kararlı değildir. Bir nötron yaklaşık 1000 s (16,7 dak.) sonra kendiliğinden  $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$  şeklinde proton, elektron ve antinötrino bozunur. Buradaki elektronlar çok hızlı elektronlar ( $\beta$ -parçacıklar) olduğundan bu parçalanma **beta-bozunması** olarak bilinir.

Elementer parçacıklar toplu halde üç ana grupta toplanır: **Leptonlar, mezonlar ve baryonlar**. Aşağıdaki tabloda her grupta neler olduğu ve grup özellikleri ana çizgileri ile verilmiştir.

Elementer Parçacıkların Gruplandırılması

Leptonlar (s = 1/2)	Mezonlar (s = 0, 1, 2...)	Baryonlar (s = 1/2, 3/2, 5/2)
elektron (e)	pionlar ( $\pi$ )	proton (p)
el-nötrinosu ( $\bar{\nu}_e$ )	Eta-parçacığı ( $\eta$ )	nötron (n)
muon ( $\mu$ )	ro-parçacığı ( $\rho$ )	delta-parçacığı ( $\Delta$ )
mü-nötrinosu ( $\bar{\nu}_\mu$ )	omega-parçacığı ( $\omega$ )	lamda-parçacığı ( $\Lambda$ )
to ( $\tau$ )	kapa-parçacığı (K)	sigma-parçacığı ( $\Sigma$ )
to-nötrinosu ( $\bar{\nu}_\tau$ )		

Leptonların toplam sayısı 6 tanedir. Bunların içinde ilginç olanlar  $\bar{\nu}_e$ ,  $\bar{\nu}_\mu$  ve  $\bar{\nu}_\tau$  nötrinoları yüksüz, kütesiz fakat spini 1/2 olan parçacıklardır. **Mezon ve baryonların** ikisine birden **hadronlar** da denir.

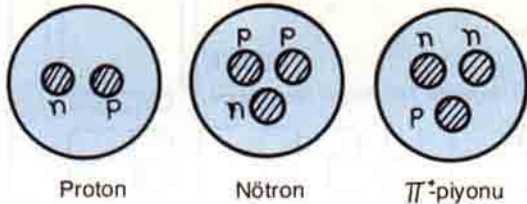
1970'li yıllara gelindiğinde tablodaki elementer parçacıkların önemli bir kısmının iç yapısı belirlendi. Nitekim elektronun boyutu belirlenememekle birlikte nötron ve protonun her ikisinin de çaplarının yaklaşık olarak  $2 \times 10^{-15}$  metre olduğu saptandı. Boyut belirlenmesinden öteye bu parçacıklardan **kuark** denen daha küçük parçacıklardan oluştuğu görüldü. **Kuark modeli**, literatüre iki bilim adamı Gell-Mann ve G.Zweig tarafından sokulmuştur. **Kuark** sözcüğü ilk defa Gell-Mann tarafından, İrlanda'lı yazar James Joyce'un (1882-1941) **Finnegan'in Uyanışı** (Finnegan's Wake) adlı romanından alınmıştır. Yazar bu romanında fazlaça **esrarengiz ve uydurma** kelime kullanmış, kitap bu yönü ile tanınmıştır. Bilindiği gibi yazar James Joyce, bu anlamsız kelimeyi **Bay Mark'a Üç Kuark** (Three Quarks For Mr. Mark) adlı romanında da kullanmıştır. Hatta bazı kaynaklar bu kelimenin özellikle bu romandan alındığını yazmaktadır. Bilim adamı Gell-Mann, **kuark** sözcüğünü bir fantezi olsun diye seçmiştir. Sözcüğün özel bir anlamı yoktur. Sözcük özel anlamını fi-

Kuarklar Tablosu

Kuark adı (sembölü)	Kütlesi	Yükü (e-cinsinden)	Spini		Karşıt yük
			Spini	Karşıtı	
üst kuark (u)	336MeV	+ 2/3	1/2	$\bar{u}$	- 2/3
alt kuark (d)	338MeV	- 1/3	1/2	$\bar{d}$	+ 1/3
acaip kuark (s)	540MeV	- 1/3	1/2	$\bar{s}$	+ 1/3

zikteki bu kullanımından sonra kazanmıştır. Böylece maddenin en küçük yapı taşı olarak, kuarklara kadar inilmiş oldu. O halde kuarkların çeşitleri ve fiziksel özelliklerinin ne olduğu basitleştirerek derlenebilir.

Bu bilgiler ışığında bir protonun, bir nötronun ve bir  $\pi^+$ -pionun iç yapılarına bakalım.



Üç çeşit kuark olduğu sanılırken, teorik çalışmalar sonunda dördüncü kuark, yani **tılsımlı** (charmed) kuark da bulundu ve (c) harfi ile temsil edildi. Daha sonra 1977'de taban (bottom) ve 1984'te tavan (top) kuarklar bulundu. Böylece kuark sayısı 6 oldu. 6 adet de bunların karşısı olan kuark olacağına göre toplam 12 kuark olmuş oluyor. Kuarkların bir takım fiziksel özellikleri **renklerle** ifade edilir. Bu maksatla **kırmızı**, **yeşil** ve **mavi** kelimeleri kullanılmış, antikuarlar için de **antikırmızı**, **antiyeşil** ve **antimavi** gibi kelimeler kullanılır olmuştur. Burada renk sözcüklerinin, gerçek anlamlarının dışında fiziksel özellikleri gösterdiğine dikkat edilmelidir. Bu duruma göre, **maddenin en küçük yapı taşını oluşturan kuarkların** toplam sayısını şöyle bulabiliriz: 6 kuarkın her birinin 3 farklı renk özelliği olduğuna göre  $3 \times 6 = 18$  farklı ve normal türden kuark, bunların antilerini (zıtlarını) da göz önüne alarak toplam kuark çeşidi  $18 + 18 = 36$  olmaktadır. Kuarkların çarpıcı özelliği, kesirli yükü sahip olmalarıdır. Yani kuarklar elektrik yük kuantumu denen  $e = 1,6 \times 10^{-19}C$ 'luk yükün  $\frac{2}{3}e/3$  ve  $\frac{1}{3}e/3$  gibi kesirli değerlerine sahiptirler. Halbuki kuark dışı, bilinen diğer tüm parçacıkların yükleri ise,  $e$ 'nin 0,  $\mp 1$ ,  $\mp 2$ ,  $\mp 3$ ,..... gibi tam katları şeklindedir. Elektron, kütle olarak kuarklardan çok daha küçük olmasına rağmen, yük ve diğer fiziksel özellikleri bakımından, maddeyi oluşturan en küçük yapı taşı olarak kabul edilememektedir.

Sonuç itibarıyla bir bilimsel çalışma, genellikle teorik ve deneysel olmak üzere iki koldan ilerler. Teorik öngörüler, deneyle doğrulandığı sürece anlam kazanır. Deneysel çalışma da kendi içinde, tekrarlanarak her denemede aynı sonucu verdiği sürece bilimseldir; anlamlıdır. Kuarklar konusunda pek çok teorik çalışma vardır. Bu çalışmalar 36 adet temel parçacığın var olmasını öngörmektedir. Yüksek enerji fiziğinde deneylerin çok zor ve pahalı olması sebebiyle, kuarklar konusunda deneysel doğrulamalar henüz tamamlanmamıştır. Bu tür deneylerin masraflarını süper devletler (ABD-Rusya) hariç, bir tek devletin bütçesi karşılayamamaktadır. Onun için birkaç devletin desteklediği ve şu kısa adları ile tanı-

## ORNİTORENKİN ALTINCI HİSSİ



Ornitorenk, Avustralya ve Tasmanya'da nehir kıyılarında yaşayan su samuru gövdelli, kunduz kuyruklu ve ördek gagalı, farklı fizyolojik özelliklere sahip ilginç bir hayvan. Bilim adamları, bu memelinin yumurtladığını ve çıkan yavrularını sütüyle beslediğini öğrendikten sonra daha fazla ilgilenmeye başladılar.

Avustralyalı fizyologlar karada ve suda yaşayabilen bu tuhaf memeliyi inceledikçe hayret verici bir özelliğini daha keşfettiler. Ornitorenk in etli ve kalın bir deriyle kaplı gaga şeklindeki ağzının çevresinde yer alan, sinir sistemi vasıtasıyla beyne bağlı duyarlı sinir lifleri, hayvanın çevresindeki elektrik dalgalarını tespit etmesini sağlıyor. Akvaryumda gerçekleştirilen deneylerde, Ornitorenk, farklı frekanslarda elektrik yayan kaynaklar arasında ayırım yapabildiği ayrıca doğru akım ve alternatif akıma da tepki verdiği görülmüştür. Keşfedilen bu yeni duyu, hayvanın yaşadığı çevreye uyum sağlamasında çok önemli bir rol oynuyor: Bu duyu sayesinde tatlı su karidesleri, böcek larvaları, yumuşakçalar, kurbağalar ve balıkların vücutlarından yayılan mikro elektrik dalgalarını takip ederek, avını yüzerken veya saklandığı yerden çıkararak kolayca yakalayabiliyor.

Ornitorenk bilim adamlarına yeni sürprizleri var mı acaba? Bunu zaman gösterecek.

Sciences et Avenir'den çev.: Hakan ÖZTÜRK

nan CERN, DESY, SLAC,..... gibi laboratuvarlar bu konuda faaliyet halindedir. Bazen de bu tür deneyleri yerin birkaç bin metre altında ya da uzayda yapmak gerekmektedir. Ayrıca ICTP gibi çok-devlet destekli teorik fizik merkezleri de konunun teorik yönünü yürütmektedir.

Sonuç olarak, insanoğlu, maddeyi oluşturan en küçük yapıtaşını belirlerken konu, tarih gelişimi içinde aşağıdaki aşamalardan geçmiştir denilebilir.

molekül → atom → çekirdek → nükleon → kuark → ?

Evet, acaba kuarklardan daha da temel olan parçacık var mıdır? Bu sorunun cevabı, konunun uzmanı bilim adamlarınca, şimdiye kadar olduğu gibi yine zaman içinde verilecektir. Bilim dünyasında son kutunun kapağı henüz açılmamıştır. □