

Hadronların İçinde Neler Oluyor

A. Özpineci

Fizik Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ozpineci@metu.edu.tr

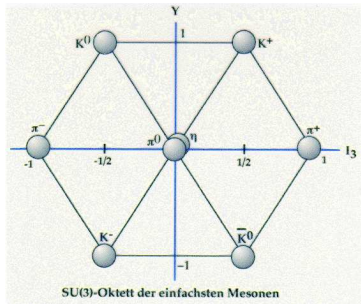
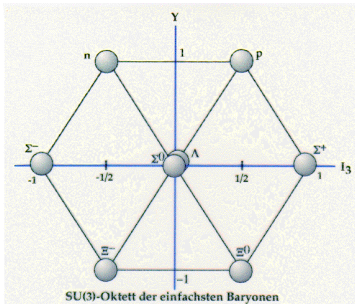
2 Mayıs, 2008

Konuşma Planı

- 1 Parçacık Fiziğinin Tarihçesi
- 2 Standart Model
 - Temel Parçacıklar
 - Hadronlar
 - Hadronların Kuark Yapısı
- 3 Kuantum Renk Dinamiği (QCD)
 - Tedirgeme Yöntemi
 - Tedirgeme Olmayan Yöntemler
- 4 LHC
- 5 Sonuç

- 1800lerin sonu, 1900lerin başı: Kuantum Mekaniğinin doğuşu
- 199lerin başı: Rutherford'un atom modeli
- 1928: Dirac denklemi ve pozitronun öngörülmesi
- 1931: Nötrinonun varlığının öngörülmesi
- 1932: Protonun keşfi
- 1940'lar: KEDİ- Kuantum Elektrodinamiği
- 1935: Yukawa tarafından pionların öngörülmesi
- 1947: Pionların deneysel olarak gözlemlenmesi
- 1956: Nötrinonun keşfi
- 1960lar: Standart Model

- 1964 Murray Gell-Mann ve Georg Zweig kuark fikrini ortaya arttı



- 1964
Leptonların belli bir şeması olduğundan yola çıkarak, kuarkların da aynı semayı takip etmeleri için dördüncü bir kuarkın daha var olabileceği ortaya atıldı. Az sayıda fizikçi bu öneriyi ciddiye aldı. Sheldon Glashow ve James Bjorken bu dördüncü kuarka “tılsım” adını verdi.
- 1965
O. W. Greenberg, M. Y. Han ve Yoichiro Nambu, kuarklara renk yükü tayin etti. Gözlemlenen bütün hadronlar “beyaz”dır.
- ... 1966 ...
Kuarklar gözlemlenmediği için kuark modeli çok yavaş kabul gördü.

- 1967

Steven Weinberg ve Abdul Salam birbirlerinden ayrı olarak elektromanyetik ve zayıf etkileşimleri elektrozayıf etkileşimler olarak birleştiren bir model öne sürdüler. Bu teori, zayıf etkileşen ve electric yükü olmayan bir bozonun varlığını gerektiriyordu. Kütlesi olan bir bozon'un daha var olduğunu öngördüler. Bu bozon henüz gözlemlenmemiş Higgs Bozonudur.

- 1968-1969

Stanford Lineer Çarpıştırıcısında (SLAC) yapılan bir deneyde, bir proton üzerinde saçılan elektronların, protondan çok daha küçük sert çekirdeklerden saçılıyormuş gibi davrandıkları gözlemlendi.

- 1973

Donald Perkins, Standard Model'in tahminlerinde esinlenerek, CERN'deki bazı eski verileri inceledi ve zayıf etkileşen yüksüz bir parçacığın etkilerini gördü

- 1973

Kuvvetli etkileşimlerin kuramı yazıldı. Bu kuramda kuarklar gerçek parçacıklar olarak tasvir edildi. Kuvvetli etkileşimi gluon adı verilen kütesiz parçacıklar taşımaktadır. Bu teori ilk olarak Harald Fritzsch ve Murray Gell-Mann tarafından önerilmiştir.

- 1973

David Politzer, David Gross ve Frank Wilczek kuvvetli etkileşimlerin renk teorisinin “asimptotik serbestlik” denen bir özelliği olduğunu gösterdiler. Bu özellik, deneysel verileri açıklayabilmek için önemliydi.

Outline

- 1 Parçacık Fiziğinin Tarihçesi
- 2 **Standart Model**
 - **Temel Parçacıklar**
 - Hadronlar
 - Hadronların Kuark Yapısı
- 3 Kuantum Renk Dinamiği (QCD)
 - Tedirgeme Yöntemi
 - Tedirgeme Olmayan Yöntemler
- 4 LHC
- 5 Sonuç

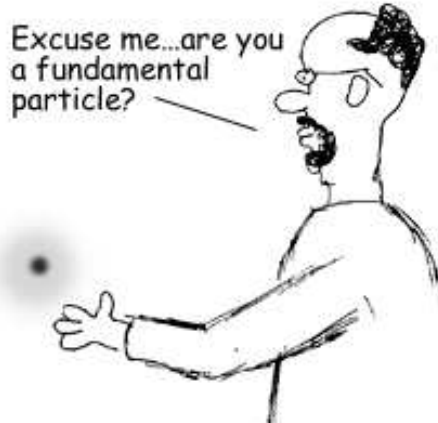
Standart Model

Kuarklar: $\left\{ \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix} \right\}$

Leptonlar: $\left\{ \begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix} \right\}$

Ayar Bozonları: $\gamma, W^\pm, Z^0, g$

Skalar: *Higgs*Bozonu

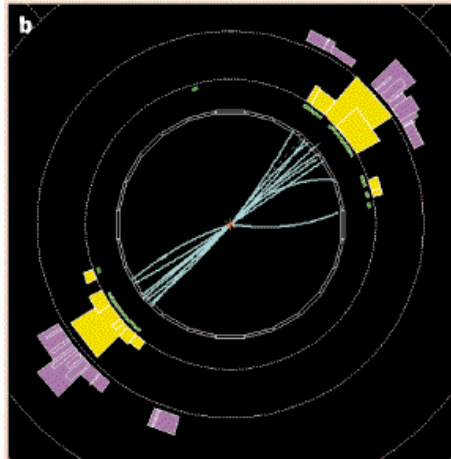


Outline

- 1 Parçacık Fiziğinin Tarihçesi
- 2 **Standart Model**
 - Temel Parçacıklar
 - **Hadronlar**
 - Hadronların Kuark Yapısı
- 3 Kuantum Renk Dinamiği (QCD)
 - Tedirgeme Yöntemi
 - Tedirgeme Olmayan Yöntemler
- 4 LHC
- 5 Sonuç

Hadronlar

- Deneysel olarak serbest bir kuark gözlemlenmedi
- Kuarklar, hadron dediğimiz bağlı durumlar oluştururlar.
- Bu duruma kuarkların hapsedilmesi denir
- Kuantum renk dinamiğinin, kuarkların hapsedildiğini öngördüğü gösterilmemiştir



Outline

- 1 Parçacık Fiziğinin Tarihçesi
- 2 **Standart Model**
 - Temel Parçacıklar
 - Hadronlar
 - **Hadronların Kuark Yapısı**
- 3 Kuantum Renk Dinamiği (QCD)
 - Tedirgeme Yöntemi
 - Tedirgeme Olmayan Yöntemler
- 4 LHC
- 5 Sonuç

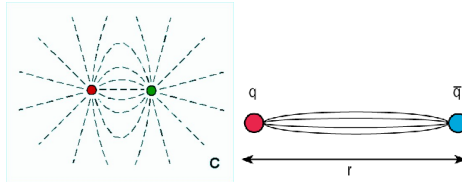
Hadronların Kuark Yapısı

- Bilinen bütün hadronlar iki grupta toplanır
 - Baryonlar (proton, nötron, $\Sigma^\pm$, Σ^0 , Λ , Ξ^0 , Ξ^- v.b.)
 - Mezonlar ($\pi^\pm$, π^0 , $K^\pm$, K^0 , $\bar{K}^0$, η , η' , v.b.)
- Mezonlar bir kuark ve bir anti-kuarktan oluşurlar
- Baryonlar üç kuark içerirler
- Kuantum Renk Dinamiği 4 kuark, 1 anti-kuark, ya da 2 kuark 2 anti-kuark içeren, ya da kuark-anti-kuarklara ek olarak gluon içeren bağlı durumlarında olmasına olanak tanır
- Bu egzotik hadronlar kesin olarak gözlemlenmemiştir.

Kuantum Renk Dinamiği

- Kuantum Renk Dinamiği, kuarkların ve gluonların birbirleri ile olan etkileşimlerini açıklar.
- Her kuark üç farklı “renkte” olabilir: kırmızı, yeşil ve sarı
- Doğada görülen parçacıklar “beyaz” olmak zorundalar
- Bir renk ile anti-renk beyaz bir bağlı durum oluşturabilir (mezonlar)
- Üç renk bir araya geldiğinde beyaz olurlar (baryonlar)

- Kuantum Renk Dinamiğini, Kuantum Elektrodinamik teorisinden ayıran bir başka özelliği gluonların renk yükü taşımasıdır

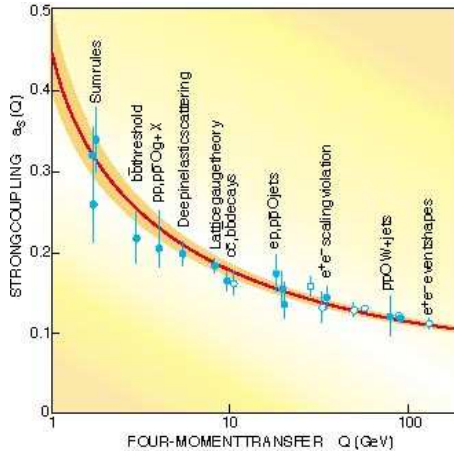


Outline

- 1 Parçacık Fiziğinin Tarihçesi
- 2 Standart Model
 - Temel Parçacıklar
 - Hadronlar
 - Hadronların Kuark Yapısı
- 3 Kuantum Renk Dinamiği (QCD)
 - Tedirgeme Yöntemi
 - Tedirgeme Olmayan Yöntemler
- 4 LHC
- 5 Sonuç

Tedirgeme Yöntemi

- Alan teorilerinde temel hesaplama tekniğimiz, tedirgeme yöntemidir.
- Tedirgeme, elektromanyetik alan teorisine başarı ile ugrulanmış ve 10 basamaktan daha hassas hesaplar yapıp bu hesapların deneysel sonuçlarla tutarlılığı gösterilmiştir.
- Tedirgeme yönteminin kullanılması için etkileşim sabitinin küçük olması gerekmektedir.
- Kuvvetli etkileşim sabiti düşük enerjilerde büyüktür.



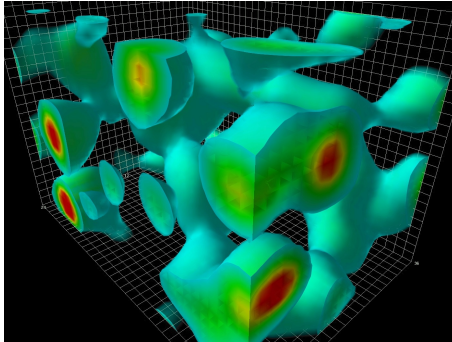
Outline

- 1 Parçacık Fiziğinin Tarihçesi
- 2 Standart Model
 - Temel Parçacıklar
 - Hadronlar
 - Hadronların Kuark Yapısı
- 3 Kuantum Renk Dinamiği (QCD)
 - Tedirgeme Yöntemi
 - Tedirgeme Olmayan Yöntemler
- 4 LHC
- 5 Sonuç

Sayısal Yöntemler

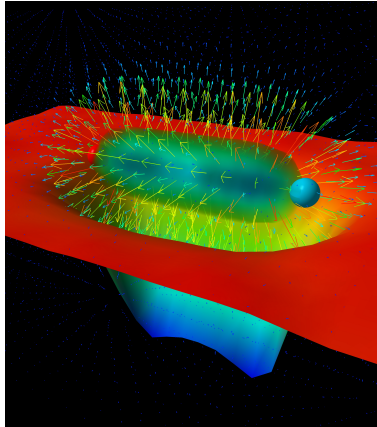
<http://www.physics.adelaide.edu.au/theory/staff/leinweber/VisualQCD/QCDvacuum/index.html>

Boşluktaki Eylem Yoğunluğu:



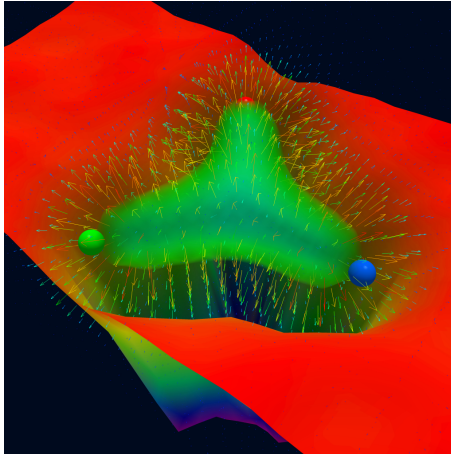
Sayısal Yöntemler

Kuark-Anti-Kuark arasındaki akı tüpü:



Sayısal Yöntemler

Üç kuark arasındaki akı tüpü:



Toplam Kuralları

- QCD toplam kurallari tedirgeme olmayan, analitik metodlardan biridir.
- Bu metoddaki, QCD vakumu, bazı yoğunşmalarla parametrize edilir.
- Hadronların özellikleri vakum yoğunşmaları cinsinden ifade edilir.

LHC

- LHC CERN'de inşa edilen 27 km çevresi olan bir hızlandırıcıdır.
- Bu hızlandırıcıda protonlar ve kurşun iyonları çarpıştırılacaktır
- Çarpıştırılan protonların ağırlık merkezlerindeki toplam enerjisi $14 \text{ TeV} = 14000 \text{ GeV}$ olacaktır.
- LHCdeki çarpışmalarda Higgs bozonu ve süpersimetrik parçacıklar yaratılmaya çalışılacaktır.

Sonuç