

Standart Model

A. Özpineci

ozpineci@metu.edu.tr

22 Aralık 2009

Outline

- 1 Standart Model'in Kısa Tarihçesi
- 2 Standart Model
- 3 Standart Model'in Bazı Problemleri
- 4 Alternatif Modeller

Standart Model'in Kısa Tarihçesi

- Democritus (460 BC - 370 BS) vs Aristotle (384 BS - 322 BS)
- Sihirli bir bıçakla maddeyi sonsuza kadar ikiye bölmek mümkün müdür?

http://www-donut.fnal.gov/web_pages/standardmodelpg/TheStandardModel.html

- 1800'lere kadar maddenin teorisi ile ilgili pek fazla bir araştırma yapılmadı. Yapılan araştırmaların büyük çoğunluğu, kimya altında, elementlerin keşfine yöneliktir.
- 1802'de Dalton, Atom Modeliyle maddenin araştırması konusunu canlandırdı. Bu modele göre, atomlar maddenin temel yapı taşıdır ve tam sayılarda bir araya gelebilirler
- 1898 J.J. Thomson, katod ışınlarının elektronlar, temel parçacıklar, olduğunu keşfeder.
- 1905 Einstein, ışığın dalga-parçacık dualitesi teorisini yayınlar. Bu Kuantum Mekaniğin temelini oluşturur.
- 1911 Rutherford atomun yoğun bir çekirdeği olduğunu keşfeder

- 1913 Bohr, Rutherford'un modelini geliştirir ve kesikli yarıçaplardaki yörüngelerde hareket eden elektronları modele dahil eder.
- 1919 Yıldızlardan gelen ışığın uzay-zaman'ın eğriliği dolayısıyla eğilmesi gözlemlenir, böylece Einstein'ın genel görecelik kuramı desteklenir
- 1923 Louis de Broglie, maddenin dalga-parçacık ikiliğini önerir
- 1925 Heisenberg, deneylerin hassasiyetlerine sınır koyan belirsizlik ilkesini oluşturur
- 1925-1926 Schroedinger, doğanın dalga-parçacık ikiliğini dalga denklemi ile karıştırmaktan kurtarır.
- Mart 1926 Kuantum Mekaniği formüle edilir
- 1932 James Chadwick, nötronun keşfini duyurur

- 1956-57 Tsung-Dao Lee ve Chen Ning Yang, daha sonra Chien-Shiung Wu tarafından deneysel olarak onaylanan, bazı atom altı süreçlerde paritenin korunmayabileceğini öne sürdüler
- 1962 Muon nötrino ilk defa gözlemlendi
- 1967 Raymond Davis, ilk solar nötrino dedektörünü üretti ve tahmin edilen solar nötrino akısının yarısını buldu.
- 1967 Steven Winberg, Sheldon Glashow ve Abdus Salam, elektro-zayıf teoriyi yarattılar ve böylece elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvveti birleştirdiler (1979'da Nobel ödülünü aldılar)

- 1964 Murray Gell-Mann ve George Zweig tarafından kuarklar önerilir
- 1969 Jerome Friedman, Henry Kendall ve Richard Taylor, kuarklar ile ilgili ilk ipucunu bulurlar
- 1970-73 Parçacık fiziğinin Standard Modeli oluşturulur
- 1974 Tılsım(charm) Kuark gözlemlenir

- 1975 τ leptonla ilgili ipucu bulunur
- 1977 Alt (bottom) kuarkla ilgili ipucu bulunur
- 1983 Carlo Rubbia zayıf kuvvet taşıyıcıları olan W ve Z bozonları bulurlar
- 1994 BHÇ(LHC) CERN'de tasarlanmaya başlar
- 1995 Üst (top) kuarkla (gözlemlenmemiş son kuark) ilgili ipucu bulunur
- 2000 ν_τ , (Higgs dışında) Standard Modelin son parçası Fermilab'da gözlemlenir

- Standart Model $SU(3)_c \otimes SU(2)_L \otimes U(1)_Y$ simetrisine dayanan bir ayar teorisidir.
- Kendiliğinden simetri kırılması ile bu simetri $SU(3)_c \otimes U(1)_{EM}$ simetrisine bozunur.
- Standart Modeldeki parçacıklar:

Kuarklar:

$$\left\{ \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}_L, u_R, d_R, c_R, s_R, t_R, b_R \right.$$

$$\text{Leptonlar: } \left\{ \begin{pmatrix} e \\ \nu_e \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} \mu \\ \nu_\mu \end{pmatrix}_L, \begin{pmatrix} \tau \\ \nu_\tau \end{pmatrix}_L, e_R, \mu_R, \tau_R \right.$$

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

Skalar Bozon: Higgs

- $SU(N)$ simetrileri
- Ayar Simetrileri
- Renormalizasyon

SM'in Bazı Problemleri

- Niye üç tane birbirinin kopyası aile var?
- Niye üç ayrı ayar grubu var?
- SM'deki parametreler niye o değerlere sahip?
- SM'deki parametreler niye o kadar farklı? ($\frac{m_\nu}{m_t} \simeq 10^{-12}$)
- Madde-Antimadde asimetrisi nereden geliyor?
- Elektrik yükü niye sadece kesikli değerler alıyor?
- Güçlü CP bozunması niye yok?
- Kozmolojik sabit niye o kadar küçük?

- Kütle çekimi nerede? Niye o kadar zayıf? (Hiyerarşi problemi)
- Karanlık madde var mı, varsa neden oluşuyor?
- Karanlık enerji ne?
- Nötrinoların kütlesi nereden geliyor?
- Higgs nerede?

Alternatif Modeller

- Supersimetri (Minimal Supersimetrik Standart Model)
- Zenginleştirilmiş Higgs sektörü (2HDM, Little Higgs Model)
- 4. Aile
- Zenginleştirilmiş ayar simetrisi
- BBK (Büyük birleşik kuramlar)
- Higgs içermeyen modeller (örn. Teknikolor modelleri)

- Ek boyutlar
- Sicim kuramı
- Preonik modeller