

Temel Parçacık Dinamiği

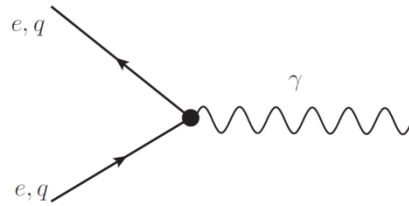
□ Doğadaki Temel Kuvvetler

- Doğada dört tane temel kuvvet ve bu kuvvetleri tanımlayan fiziksel teoriler vardır
- **Kütleçekim Kuvveti:** Klasik teorisi Newton'un evrensel kütleçekim teorisidir. Relativistik versiyonu ise Einstein'ın genel görelilik teorisidir.
- **Elektromanyetik Kuvvet:** Klasik formülasyonu Maxwell tarafından gerçekleştirilmiştir. Kuantum teorisi olan QED ise Tomonaga, Feynman, ve Schwinger tarafından geliştirilmiştir.
- **Güçlü Kuvvetler:** Kuantum teorisi QCD'dir.
- **Zayıf Kuvvetler:** Teorisi flavordinamiktir (GWS teori)

Temel Parçacık Dinamiği

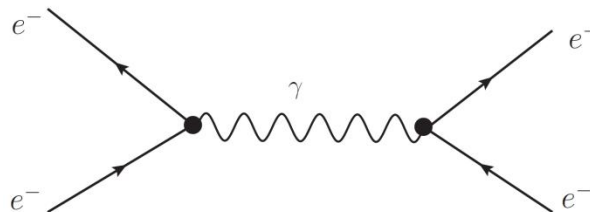
□ Kuantum Elektrodinamiği (QED)

- Temel köşe $e(q) \rightarrow e(q) + \gamma$



- Moller Saçılması (Coulomb itmesi)

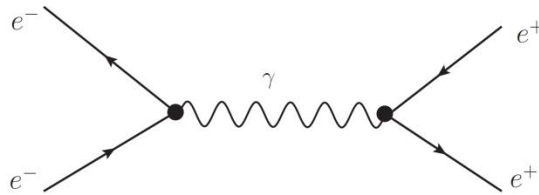
$$e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$$



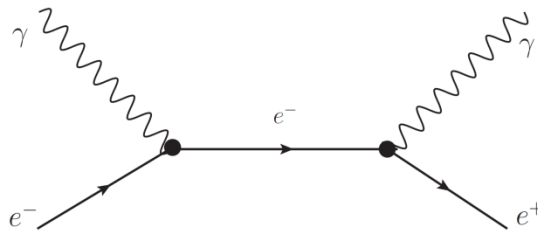
Temel Parçacık Dinamiği

- Bhabha Saçılması (Coulomb çekmesi)

$$e^{-} + e^{+} \rightarrow e^{-} + e^{+}$$

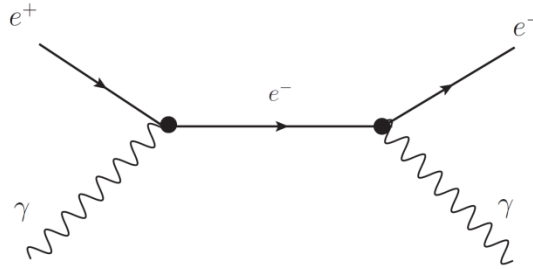


- Çift yok olumu $e^{-} + e^{+} \rightarrow \gamma + \gamma$



Temel Parçacık Dinamiği

- Çift üretimi $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$



- Kendi kütle kabuğunda olmayan parçacıklar, sanal (virtüel) parçacıklar olarak adlandırılmaktadır.
- Feynman diyagramlarında serbest olarak hareket eden gerçek parçacıklar dış çizgilerle, parçacıklar arasındaki etkileşmeler ise etkileşme köşeleri ile temsil edilir.
- QED'de her bir köşenin katkısı $\sqrt{\alpha}$ ile orantılıdır.

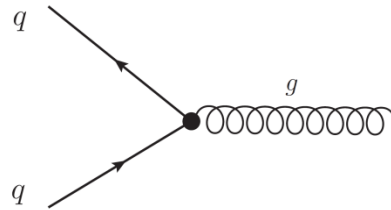
$\alpha = 1/137$: ince yapı sabiti

Temel Parçacık Dinamiği

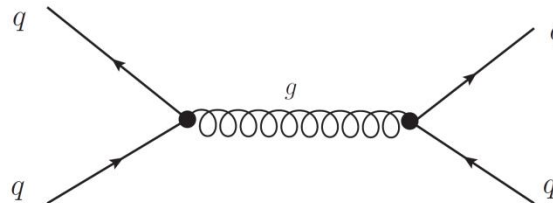
- Ağaç mertebesindeki diyagramların süreçlere katkısı daha fazla olur.

□ Kuantum Renk Dinamiği (QCD)

- Temel köşe $q \rightarrow q + g$



- İki kuark arasında meydana gelen güçlü etkileşmeye ait ağaç mertebesindeki Feynman diyagramı: $q + q \rightarrow q + q$



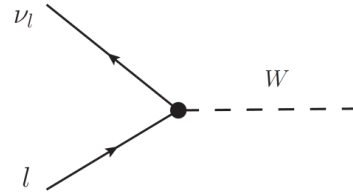
Temel Parçacık Dinamiği

- QCD'de üç çeşit renk yükü vardır; **kırmızı**, **yeşil**, **mavi**.
- Güçlü etkileşmelerde kuarklar renk değiştirebilir, renk farkı gluon ile karşılanır.
- Gluonlar çift renk yüküne sahiptirler; bir birim pozitif bir birim de negatif renk yükü taşırlar. 8 tane gluon vardır.
- Gluonlar renk yüküne sahip olduklarından diğer gluonlarla bağlaşımları da mümkündür.
- **Asimtotik Serbestlik**: QCD'deki kuplaj sabiti etkileşen parçacıklar arasındaki mesafeye bağlı olarak değişir (**running coupling constant**).

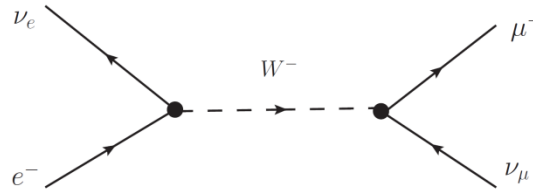
Temel Parçacık Dinamiği

□ Zayıf Etkileşmeler

- Hem yüklü ve yüksüz leptonlar hem de kuarklar zayıf etkileşmeye girerler.
- Yükü (W^\pm) ve yüksüz (Z^0) olmak üzere iki türlü zayıf etkileşme vardır.
- Leptonlar için yüklü zayıf etkileşme temel köşesi $l^\pm \rightarrow \nu_l + W^\pm$

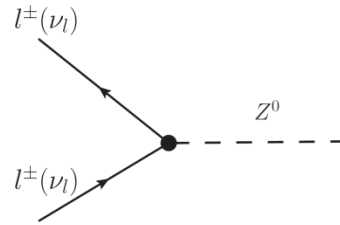


- Leptonlar için yüklü zayıf etkileşmeye örnek süreç $e^- + \nu_\mu \rightarrow \mu^- + \nu_e$

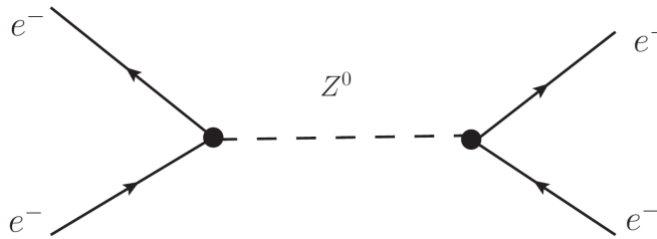


Temel Parçacık Dinamiği

- Leptonlar için yüksüz zayıf etkileşme temel köşesi $l^\pm(\nu_l) \rightarrow l^\pm(\nu_l) + Z^0$



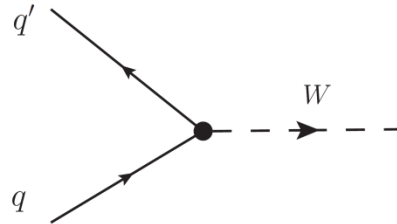
- Leptonlar için yüksüz zayıf etkileşmeye örnek süreç $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$



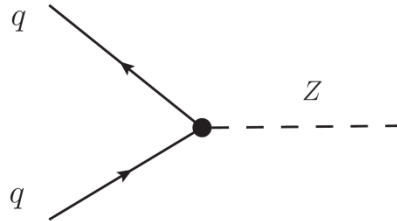
- Yüksüz zayıf etkileşmelerin varlığı 1973'de CERN'de deneysel olarak da doğrulandı.

Temel Parçacık Dinamiği

- Kuarklar için yüklü zayıf etkileşme temel köşesi $q \rightarrow q' + W^\pm$



- Yüklü zayıf etkileşmelerde flavor korunmaz (*flavordynamics*).
- Kuarklar için yüksüz zayıf etkileşme temel köşesi $q \rightarrow q + Z^0$



- Acayıplık değiştiren zayıf etkileşme süreçlerinin varlığı, kuarkların zayıf etkileşme davranışını leptonlarınkinden farklı kılar. (GIM)



Temel Parçacık Dinamiği

- Zayıf etkileşmenin amacı doğrultusunda kuarklar döndürülür.

$$\begin{pmatrix} u \\ d' \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s' \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} t \\ b' \end{pmatrix}$$

$d', s', b' \Rightarrow$ alan bazı

$d, s, b \Rightarrow$ kütle bazı

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}}_{\text{Cabibbo-KobayashiMaskawa}} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

Temel Parçacık Dinamiği

- Zayıf etkileşme ara vektörlerinin mümkün olan zayıf ve elektromanyetik etkileşme bağlaşımları

$$W - W - Z \quad W - W - Z - Z \quad W - W - W - W$$

$$W - W - \gamma \quad W - W - Z - \gamma \quad W - W - \gamma - \gamma$$

- Parçacıkların “*Ortalama Ömürü*”nü ve “*Dallanma Oranı*”nı hesaplamak temel parçacık fiziğinin amaçları arasındadır.
- Parçacıklar kendisinden daha hafif kütleli parçacıklara bozunur.
- Elektrik yükü, renk yükü, baryon sayısı, lepton sayısı bütün fiziksel süreçlerde korunur.