



# FİZ0424 PARÇACIK FİZİĞİ

*Ankara Üniversitesi  
Fen Fakültesi Fizik Bölümü  
5. Hafta*

---

AYSUHAN OZANSOY

# İçerik

---

1. Korunum Yasaları
2. Temel Etkileşmeler ve Özellikleri

# 1. Korunum Yasaları:

(Enerji, momentum ve açısal momentumun korunumundan başka korunum yasaları)

1. Elektrik yükünün korunumu

2. Renk yükünün korunumu (güçlü etkileşmelerde)

3. Baryon sayısı ( $A$ ) : Tüm baryonlar için  $A=1$  ve antibaryonlar için  $A=-1$

4. Lepton ailesi sayısı ( $L$ ) : Her aile için ayrı. Elektron ve nötrinosu için  $L_e=1$ ,

Müon ve nötrinosu için  $L_\mu=+1$

Tau ve nötrinosu için  $L_\tau=+1$

5. Çeşni kuantum sayıları:

Örneğin, Acayıplik sayısı ( $S$ ): acayıp kuark için  $S=-1$ , antiacayıp kuark için  $S=+1$ ;

Tılsımlılık sayısı ( $C$ ) ; tılsımlı kuark için  $C=+1$ , antıtılsımlı kuark için  $C=-1$

- Baryon sayısının korunumu, bir süreçte olaydan önceki ve sonraki baryon sayısının korunduğunu ifade eder.
- Lepton sayısının korunumu, herhangi bir süreçte tüm lepton tipleri için lepton sayılarının ayrı ayrı korunmasını söyler ( $L_e$ ,  $L_\mu$ ,  $L_\tau$  korunur).
- Güçlü ve elektromanyetik etkileşmelerde acayıplik sayısı korunur.

Leptonların sınıflandırılması ve kuantum sayıları

Aile	L	Q	$L_e$	$L_\mu$	$L_\tau$
1.	$e$	-1	1	0	0
	$\nu_e$	0	1	0	0
2.	$\mu$	-1	0	1	0
	$\nu_\mu$	0	0	1	0
3.	$\tau$	-1	0	0	1
	$\nu_\tau$	0	0	0	1

Aile	q	Q	D	U	S	C	B	T
1.	d	-1/3	-1	0	0	0	0	0
	u	2/3	0	1	0	0	0	0
2.	s	-1/3	0	0	-1	0	0	0
	c	2/3	0	0	0	1	0	0
3.	b	-1/3	0	0	0	0	-1	0
	t	2/3	0	0	0	0	0	1

Kuarkların sınıflandırılması ve çeşni kuantum sayıları

## Örnekler:

	$\mu$	$\rightarrow$	$\nu_{\mu}$	$+$	$e^{-}$	$+$	$\bar{\nu}_e$
elektron lepton sayısı	0	=	0	+	1	+	-1
müyon lepton sayısı	1	=	1	+	0	+	0
tau lepton sayısı	0	=	0	+	0	+	0

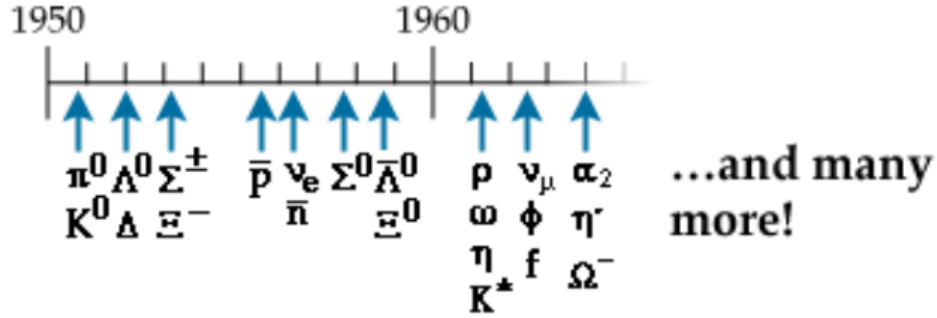
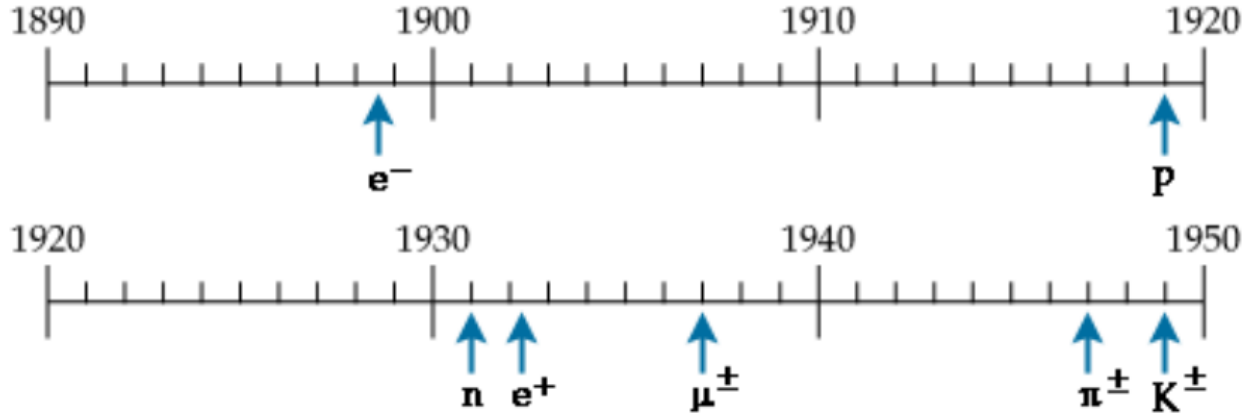
$D^+ \rightarrow K^- + \pi^+ + \pi^+$        $D^+ : c\bar{d}$   
 $K^- : \bar{u}s$   
 Q:  $+1 \rightarrow -1 + 1 + 1$  ✓  
 A:  $0 \rightarrow 0 + 0 + 0$  ✓  
 S:  $0 \rightarrow -1 + 0 + 0$  ✗  
 C:  $1 \rightarrow 0 + 0 + 0$  ✗

Acağılık ve tıbbımlılık  
 (fermi korunmuyor)  
 Zayıf etkileşim

$\gamma + p \rightarrow D^+ + \bar{D}^0 + n$        $\bar{D}^0 : \bar{c}u, D^+ : c\bar{d}$   
 Q:  $0 + 1 \rightarrow +1 + 0 + 0$  ✓  
 A:  $0 + 1 \rightarrow 0 + 0 + 1$  ✓  
 C:  $0 + 0 \rightarrow +1 - 1 + 0$  ✓

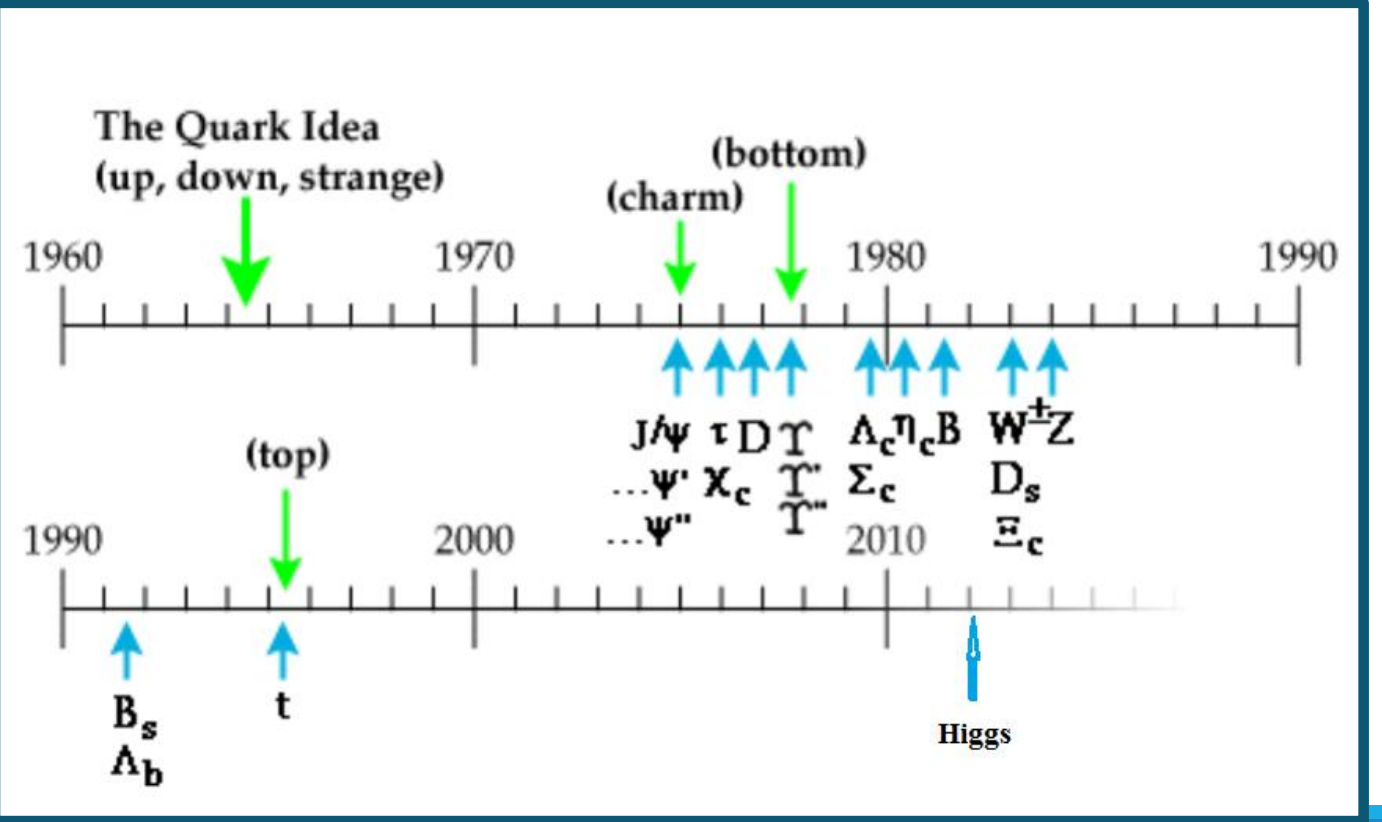
Fermi korunuyor. Etkileşmeye  
 foton ( $\gamma$ ) giriyor  
 EM etkileşim!

## Keşfedildikleri yıllara göre parçacıklar



"If I could remember the names of these particles, I would have been a botanist." E. Fermi

«Bu parçacıkların isimlerini hatırlayabilseydim, bir botanikçi olurum.»



## 2. Temel Etkileşmeler ve Özellikleri

- Temel parçacık fiziğinde kuvvet sözcüğünden ziyade etkileşme sözcüğü tercih edilir. Parçacıklar arasındaki temel etkileşmelerin bir aracı parçacık vasıtasıyla (değiş-tokuşu ile) gerçekleştiği dikkate alınır. Bu parçacıklara **aracı parçacıklar**, **kuvvet taşıyıcıları** ya da **ayar bozonları** (gauge bosons) denir.
- Temel kuvvetlerden elektromanyetik kuvvet ve kütle çekimi kuvveti, günlük hayatta bildiğimiz kuvvetlerdir. Diğer ikisi (zayıf ve güçlü çekirdek kuvvetleri) atom çekirdeği ölçeğinde etkilidir.

Kuvvet	Görelî Şiddet	Karakteristik Zaman	Menzil	Belirleyici olduğu durumlar
Güçlü	1	$< 10^{-23}$ s	$10^{-15}$ m	<i>Kuarkları bir arada tutar Çekirdeği bir arada tutar</i>
Elektromanyetik	$10^{-2}$	$10^{-20}$ - $10^{-16}$ s	$\infty$	<i>e<sup>-</sup> ların çekirdeğe bağlanarak kararlı atom oluşturmaları</i>
Zayıf	$10^{-5}$	$10^{-13}$ - $10^{-6}$ s	$10^{-18}$ m	<i>Radyoaktif bozunmalar Güneşteki reaksiyonlar</i>
Kütle çekim	$10^{-39}$		$\infty$	<i>Gezegenleri bir arada tutar. Güneş sistemini bir arada tutar</i>

Elektrozayıf kuvvet

## Lepton aileleri

## Kuark aileleri

Yüksüz leptonlar nötrinolardır.

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$$

1. Aile

2. Aile

3. Aile

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$$

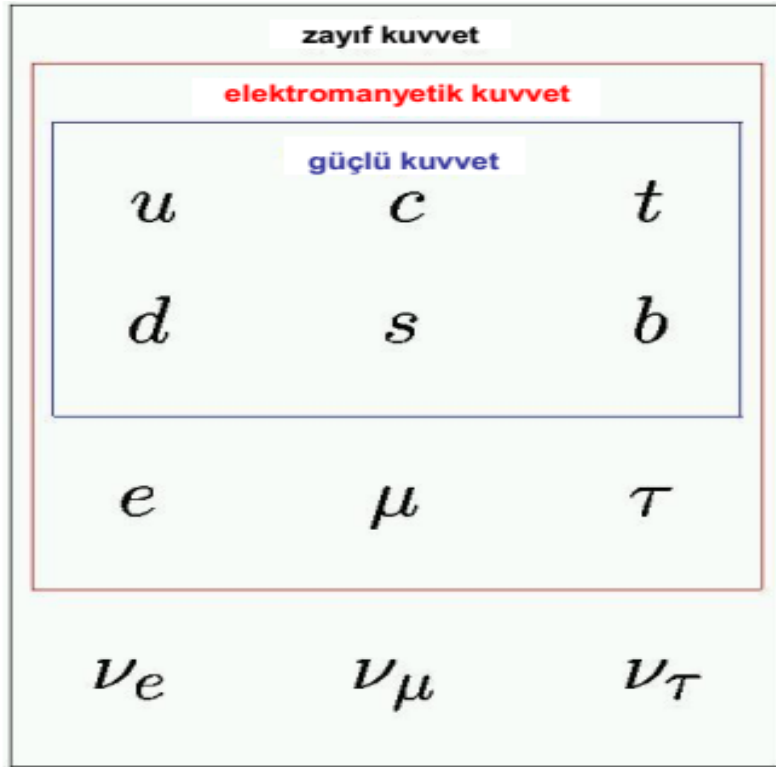
1. Aile

2. Aile

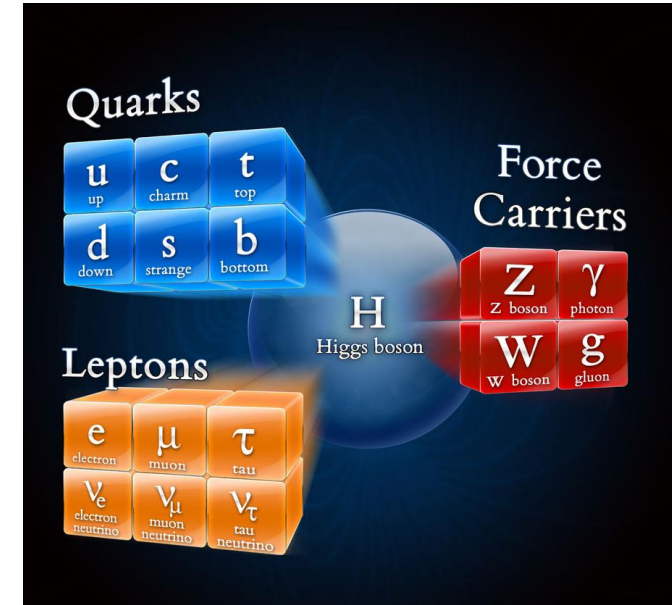
3. Aile

→ +2/3e

→ -1/3e



**SM çerçevesinde**, kuarklar, leptonlar ve girdikleri temel etkileşmelerin biçimsel olarak gösterilmesi. (Kütle çekimi dahil edilmemiştir)





## Temel etkileşmeler, aracı parçacıkları ve özellikleri

Etkileşme	Aracı Parçacık	Simge	Yük (e)	Spin ( h)	Kütle (GeV)
Güçlü	Gluonlar (8 adet)	$g$	0	1	0
EM	Foton	$\gamma$	0	1	0
Zayıf	Zayıf Bozonlar	$W^- \cdot W^+$ ve Z bozonları	-1, +1, 0	1	$M_W=80.4$ $M_Z=91.2$
Kütle Çekim	Graviton	$G$	0	2	0

Etkileşme	Yük (Ne ile bağlaşım var ?)	Teori		Ayar grubu
Güçlü	Renk yükü	Renk dinamiği		$SU(3)_c$
Elektromanyetik	Elektrik yükü	Elektrodinamik	Elektrozayıf Teori (GSW Teorisi)	$SU(2)_L \times U(1)_Y$
Zayıf	Zayıf hiper yük Zayıf izospin	Çeşni dinamiği		
Kütleçekim	Kütle + Enerji momentum tensörü	Geometrodinamik		??  Henüz tutuarlı bir kuantumlu ayar kuramı yok

Parçacık Sınıfı	Yapı	Açıklama	Spin
Yüksüz leptonlar (nötrinolar)	Temel	Zayıf etkileşmeye girer	1/2
Yüklü leptonlar	Temel	Zayıf + em etkileşmelere girer	1/2
Kuarklar	Temel	Zayıf + em + güçlü etkileşmelere girer	1/2
Kuvvet Taşıyıcıları (Ayar Bozonları ya da aracı parçacıklar)	Temel	<b>Foton</b> → em etkileşmenin aracı parçacığı, <b>W ve Z</b> → zayıf etk. aracı parçacığı, <b>Gluon</b> → güçlü etk. aracı parçacığı	1
Higgs Bozonu	Temel	Parçacıklara kütle kazandırmaktan sorumlu	0
Mezonlar ( $q$ -anti $_q$ )	Kompozit (iç yapısı var)	Zayıf + em + güçlü etk. girer	Tam sayı (0 , 1)
Baryonlar ( $qqq$ )	Kompozit	Zayıf + em + güçlü etk. girer	Yarım tam sayı (1/2 , 3/2)

## Kaynaklar:

1. "Introduction to Elementary Particles" , D. Griffiths, Wiley, 2nd revised edition, 2013.  
(Türkçe' ye çevirisi mevcut, Temel Parçacıklara Giriş, Çeviri Editörü. G. Önengüt, Nobel Akademik Yayıncılık, 2015)
2. "Particle Physics", B.R. Martin and G. Shaw, 3rd edition, John Wiley & Sons, 2008. (ilk baskı, 1992)
3. "Introduction to High Energy Physics", D. H. Perkins, 4th edition, Cambridge Univ. Press, 2000. (İlk baskı 1972)
4. "Quarks and Leptons-An Introductory Course on Modern Particle Physics" , F. Halzen and A. D. Martin, John Wiley & Sons, 1984.
5. "Introduction to Nuclear and Particle Physics", A. Das and T. Ferbel, World Scientific, 2nd edition, 2006.
6. "The Particle Hunters", Y. Ne'eman and Y.Kirsh, Cambridge University Press, 2nd edition, 1996 (İlk baskı 1983)
7. "Meraklısına Parçacık ve Hızlandırıcı Fiziği", B. Akgün, G. Ünel, S. Erhan, S. Sekmen, U. Köse, V. Yıldız, 2014.
8. <https://www2.ph.ed.ac.uk/~vjm/Lectures/SHParticlePhysics2012.html>
9. <http://epweb2.ph.bham.ac.uk/user/newman/ctpp2016/Lecture6.pdf>