



FİZ0424 PARÇACIK FİZİĞİ

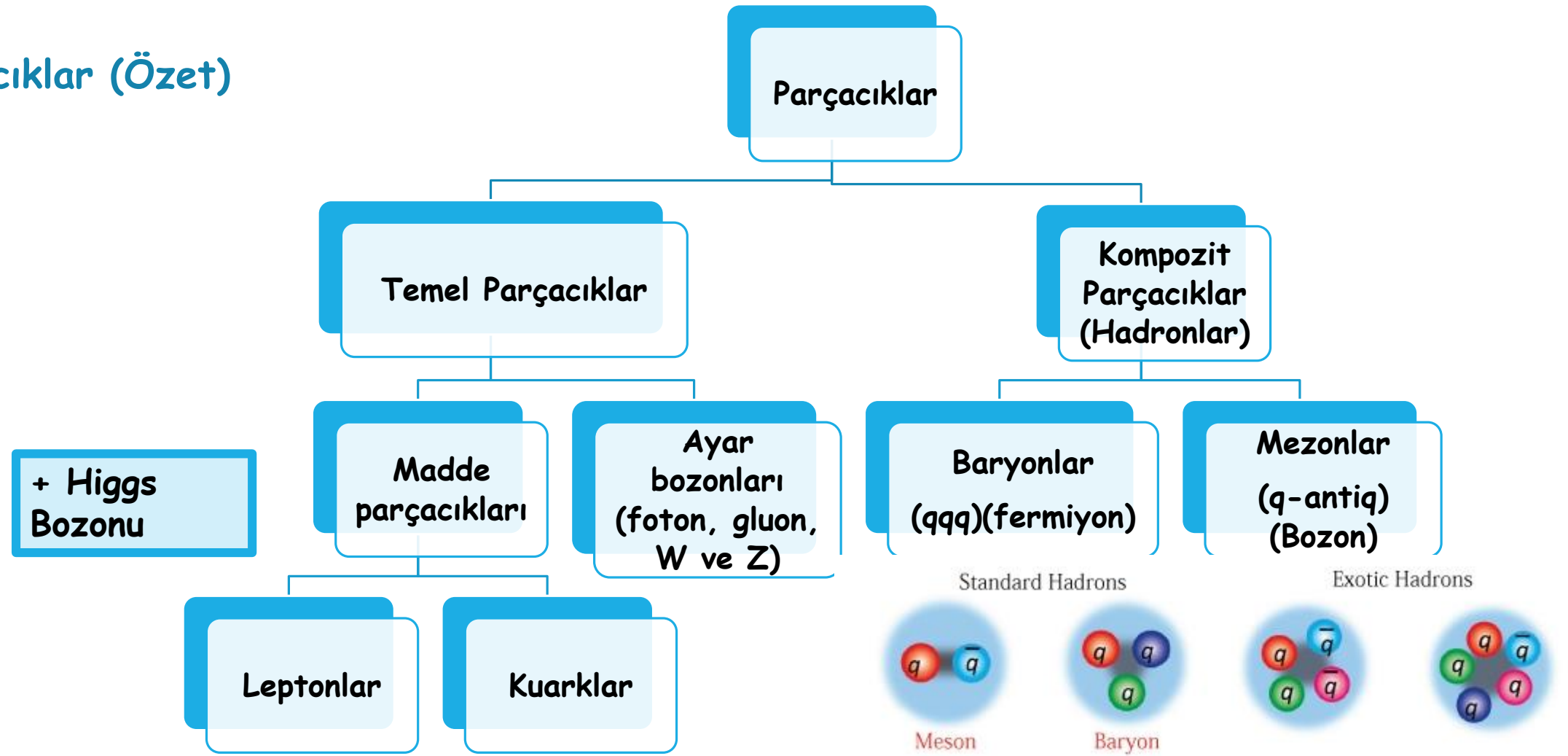
*Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
3. Hafta*

AYSUHAN OZANSOY

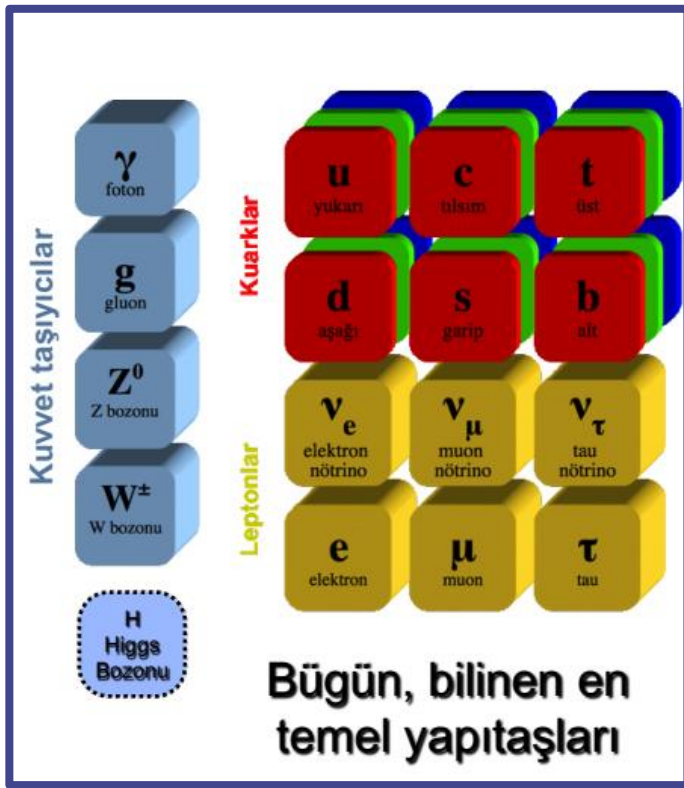
İçerik

1. Parçacıklar (Özet)
2. Müonun ve pionun keşfi
3. Anti parçacıklar
4. Acayip parçacıklar
5. Sekiz katlı yol
6. Kuark modeli ve renk yükü

1. Parçacıklar (Özet)



- Lepton ismi; Yunanca, 'hafif' anlamındaki 'leptos' dan gelir. Aynı şekilde 'hadron' iri, güçlü anlamındaki 'hadros' tan gelir. Mezon ismi 'orta' ve 'baryon ' ağır' anlamındadır.
- Higgs bozonu parçacıkların kütle kazanmalarından sorumlu parçacıktır.



Kuarkın adı	Simgesi	Yükü (e)
Yukarı (up)	u	+2/3
Aşağı (down)	d	-1/3
Tılsımlı (charm)	c	+2/3
Acayip (strange)	s	-1/3
Üst (top)	t	+2/3
Alt (bottom)	b	-1/3

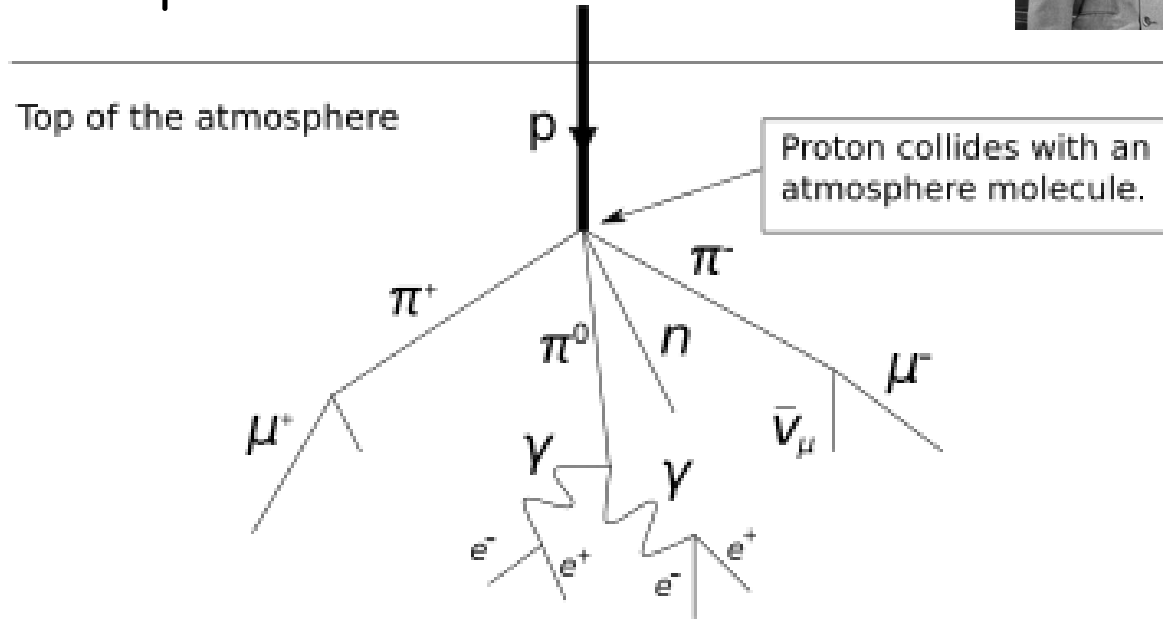
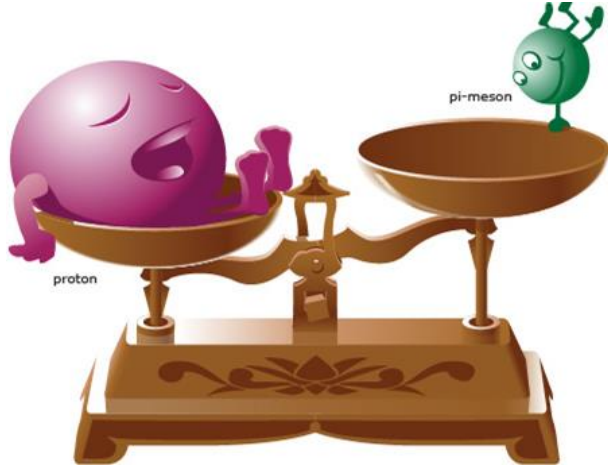
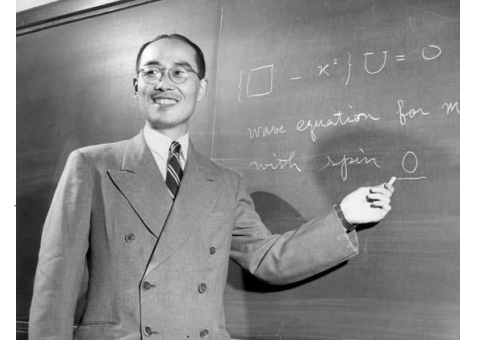


- **Kuarklar** doğada serbest olarak bulunamazlar, hadronlar (mezon ya da baryon) olarak bağlı durum oluştururlar. Kuarklar renk yükü denen bir kuantum sayısına daha sahiptirler.
- Yukarıdaki tabloda adı geçen her kuark çeşni 3 farklı renkte bulunurlar: kırmızı, yeşil ve mavi. (Bu renk yükü günlük hayatta kullandığımız renk anlamında değildir.) . Her kuark bir renk yükü taşırken antikuarklar antirenk yükü taşır.

2. Müonun ve pionun keşfi

→ 1934 yılında Hideki Yukawa, proton ve nötron arasında **değiş tokuş parçacığı** olarak **mezonları** öneriyor → Bu parçacığa ilk olarak **"mu mezon"** ismini veriyor.

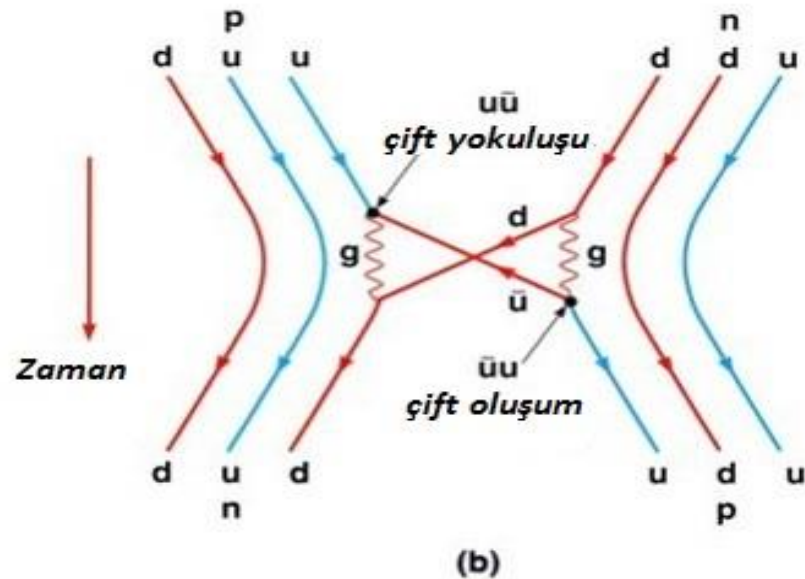
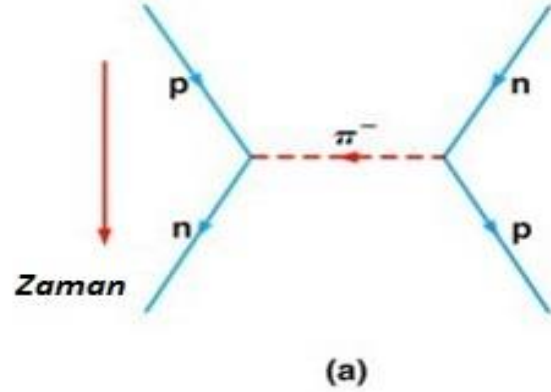
→ Bu değiş-tokuş parçacığının kütesinin proton kütesinin $\sim 1/6$ olması gerektiğini hesaplıyor.



- 1937' de Anderson ve Nedermeyer kozmik ışın deneylerinde Yukawa' nın önerisi ile uyuşan parçacıklar tanımladılar.
- 1947' de Powell ve ekibi, kozmik ışınlarda iki parçacık keşfediliyor: müon ve pi-mezon (pion)

→ Keşfedilen ilk egzotik parçacık: müon

Serway, College Physics, 5/e
Text Figure 30.13



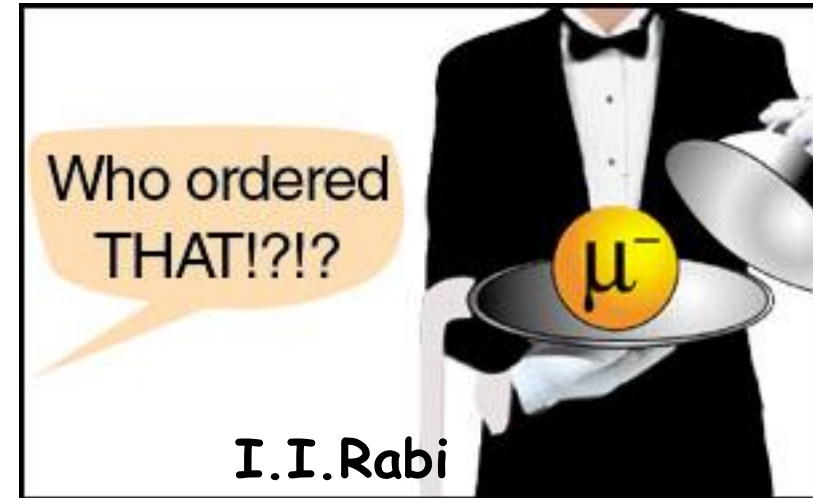
Yukawa'nın gerçekte önerdiği pion. Muon güçlü etkileşmeden etkilenmiyor.

Yukawa potansiyeli

$$V(r) = -\frac{g^2}{4\pi} \frac{e^{-r/a}}{r}$$

$$a \sim 1 \text{ fm}$$

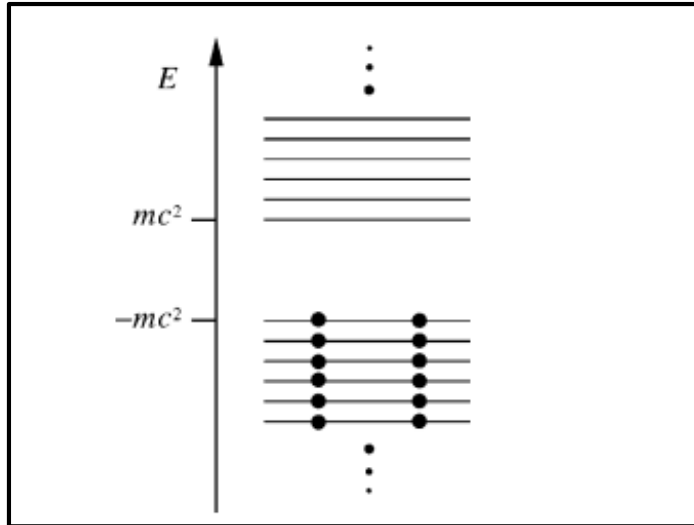
$$a \equiv R = \frac{h}{Mc} \rightarrow \text{etkileşmenin erimi}$$



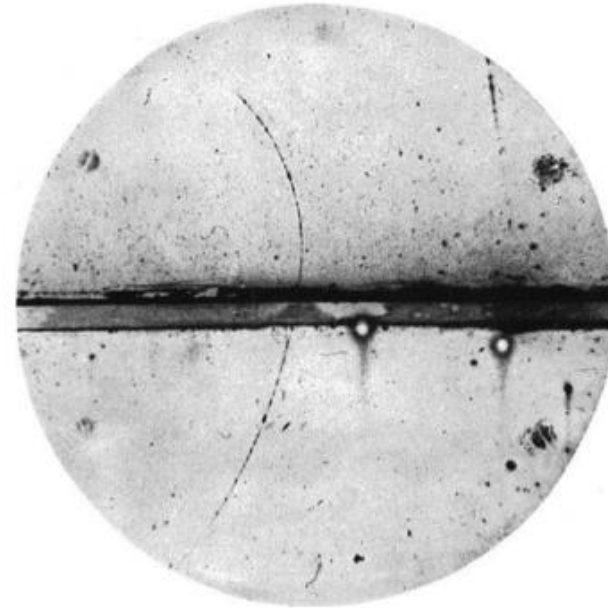
3. Antiparçacıklar (Karşıt parçacıklar)

- 1920'ler Paul Dirac → spin1/2 parçacıklar için görelî kuantum mekaniksel denklemi geliştirdi. Negatif enerjili durumlara karşılık gelen çözümler var → çözüm 'antiparçacıklar'

$$E = +\sqrt{\mathbf{p}^2 c^2 + m^2 c^4} \quad E = -\sqrt{\mathbf{p}^2 c^2 + m^2 c^4}$$



Dirac'ın yorumu: negatif enerjili durumlar dolu → Dirac denizi. Dışardan enerji vererek negatif enerjili durumda bulunan elektronları pozitif enerjili durumlara yükseltebiliriz. Elektron eksikiği pozitif bir yük olarak görünür (deşikler)



1932 Anderson'ın pozitronu keşfi

Figure 1.2 One of the first positron tracks observed by Anderson in a Wilson cloud chamber. The band across the centre of the picture is a lead plate, inserted to slow down particles. The positive sign of the electric charge and the particle's momentum are deduced from the curvature of the tracks in the applied magnetic field. That it is a positron follows from the long range of the upper track. (Reprinted Figure 1 with permission from C. D. Anderson, *Phys. Rev.*, **43**, 491. Copyright 1933 by American Physical Society.)

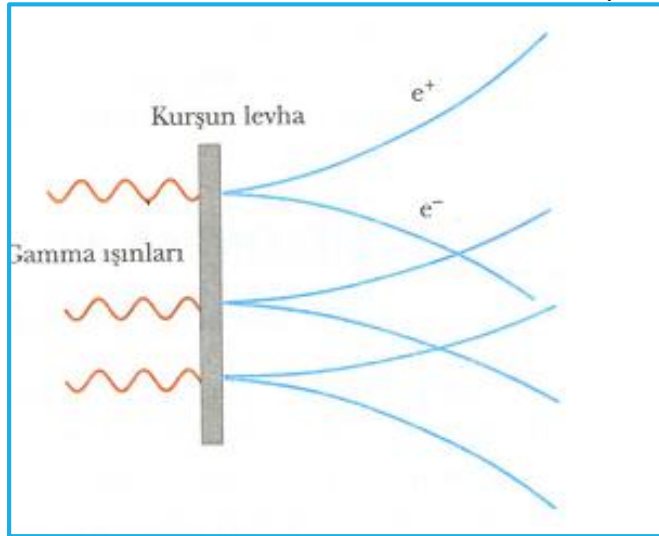
⇒ Her parçacık için bir antiparçacık mevcuttur. Kütle, spin, ortalama ömür gibi özellikleri parçacık ve antiparçacık için aynı iken **içsel kuantum sayıları (elektrik yükü, baryon sayısı, lepton ailesi sayısı, ...)** birbirinin tersidir. π^0 mezonu, foton gibi bazı yüksüz parçacıkların antiparçacığı kendisidir (Nötrinolarda durum farklıdır).

⇒ Genelde parçacık simgelerinin üzerine bir çizgi çekerek antiparçacıkları gösteririz. Yüklü leptonların antiparçacıkları (e^+ : pozitron (antielektron), μ^+ : antimüon, τ^+ : antitau)

⇒ Parçacık ve antiparçacık bir araya geldiğinde iki ya da daha fazla foton oluşturacak şekilde yok olurlar.



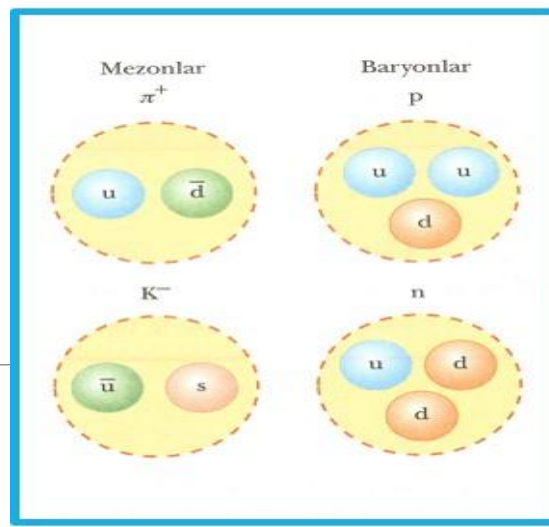
e^+ : pozitron, elektronun antiparçacığı
Çift yok oluş süreci



<i>Particle</i>	<i>Antiparticle</i>
e^-	e^+
p	\bar{p}
ν	$\bar{\nu}$
γ	γ
π^0	π^0
W^+	W^-

Çift oluşum süreci. Sayfa düzlemin içine doğru manyetik alan uygulanıyor. Yüklerinin zıt olmasından dolayı elektron ve pozitron ters yönlerde saparlar.

4. Acayip parçacıklar



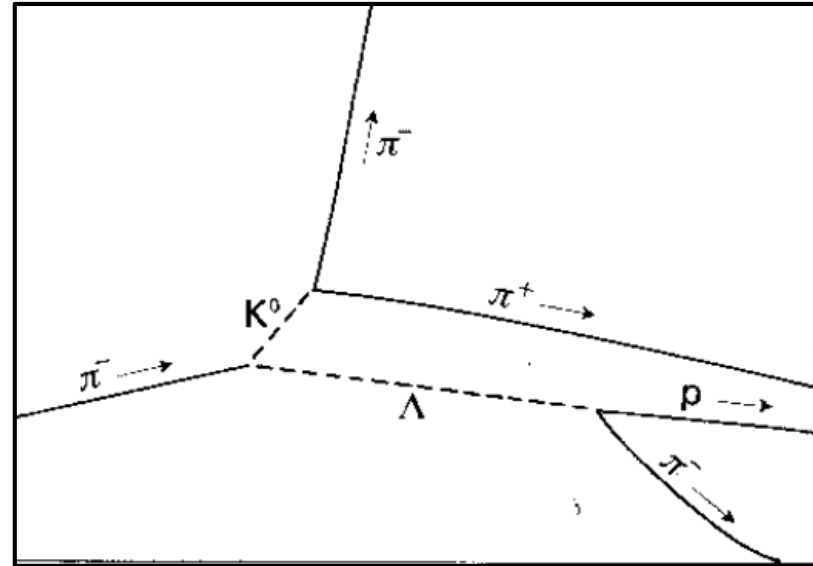
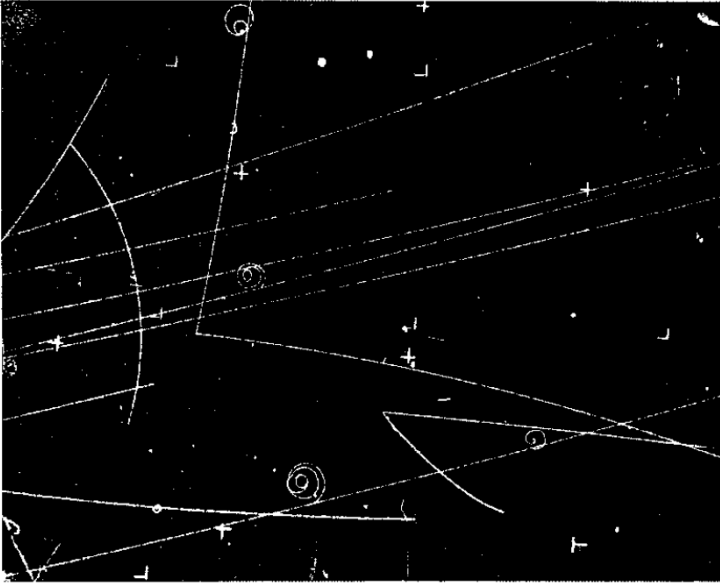
Standart Hadronlar

Mezonlar bozondur, baryonlar fermiyondur.

(1947-1950)

→ Neden acayip ?

- Daima çiftler halinde üretiliyorlar
- 10^{-23} s' de üretilip, 10^{-10} s' de bozunuyorlar. (üretim ve bozunum mekanizmaları farklı)



$$\pi^- + p \rightarrow K^0 + \Lambda,$$

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-,$$

$$\Lambda \rightarrow \pi^- + p.$$

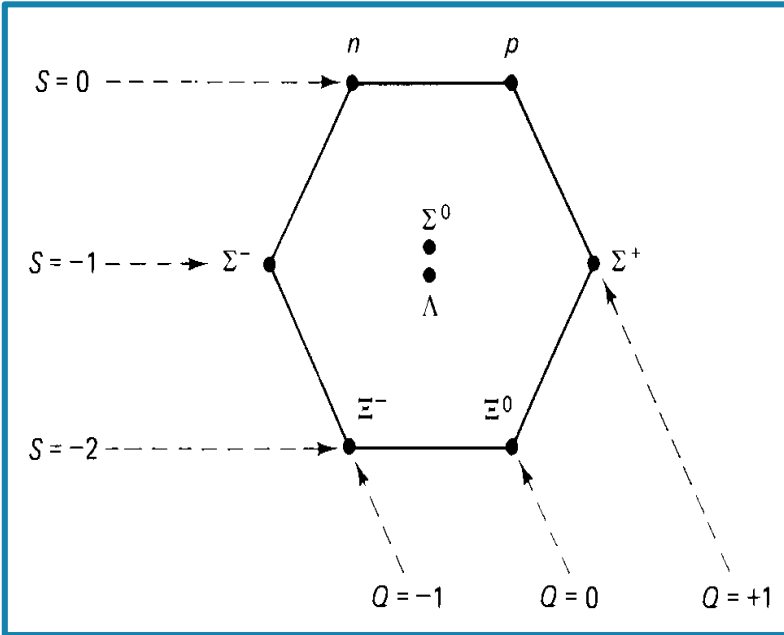
S: Acayiplik sayısı
Güçlü etkileşmelerde
korunan bir nicelik

5. Sekiz Katlı Yol (1961)

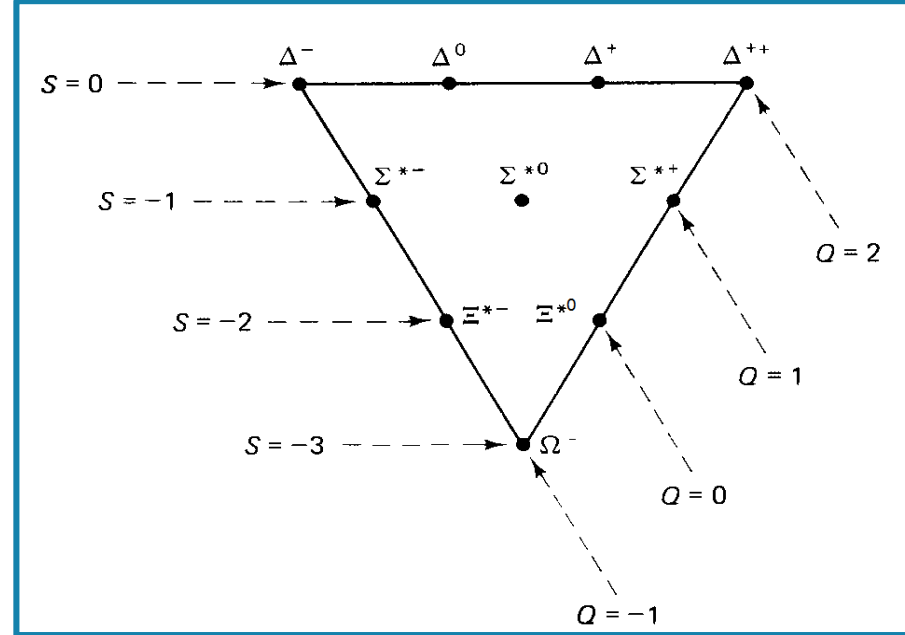
Murray Gell-Mann



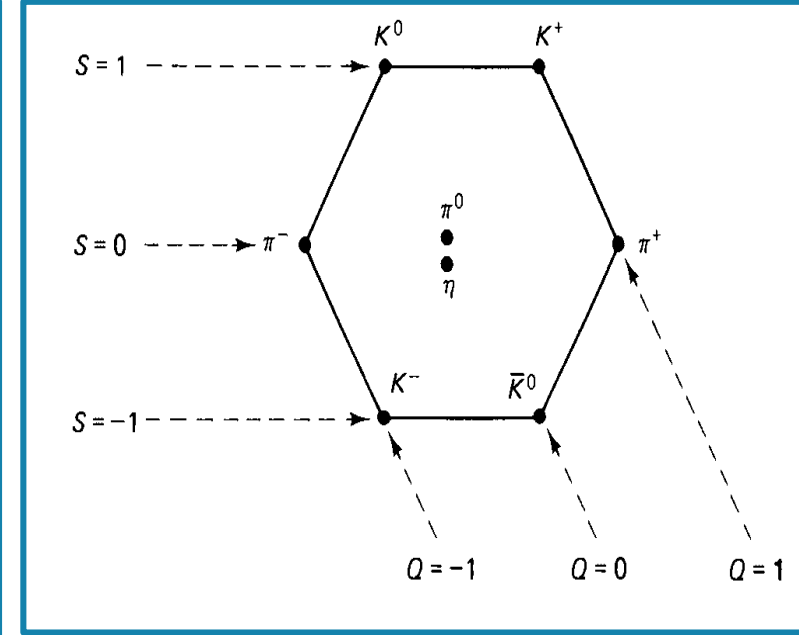
S acayıplik sayısını, Q elektrik yükünü göstermektedir. Sekiz katlı yol, S ve Q' ya göre bir sınıflandırma.



Baryon sekizlisi



Baryon onlusunu



Mezon sekizlisi

6. Kuark modeli ve renk yükü

Gell-Mann ve Ne'eman:
Sekiz Katlı Yol

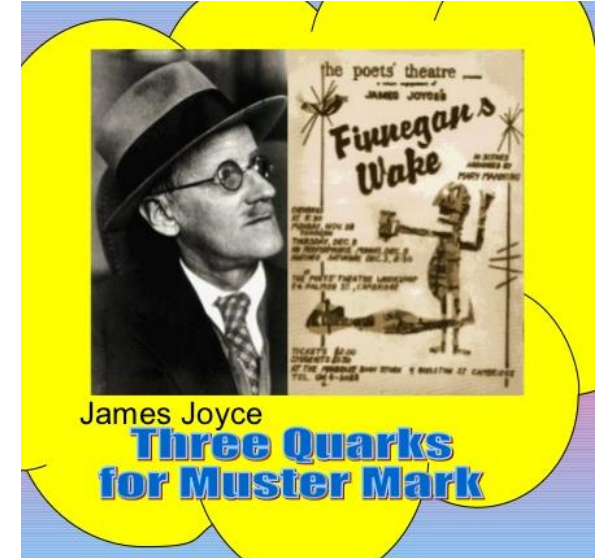
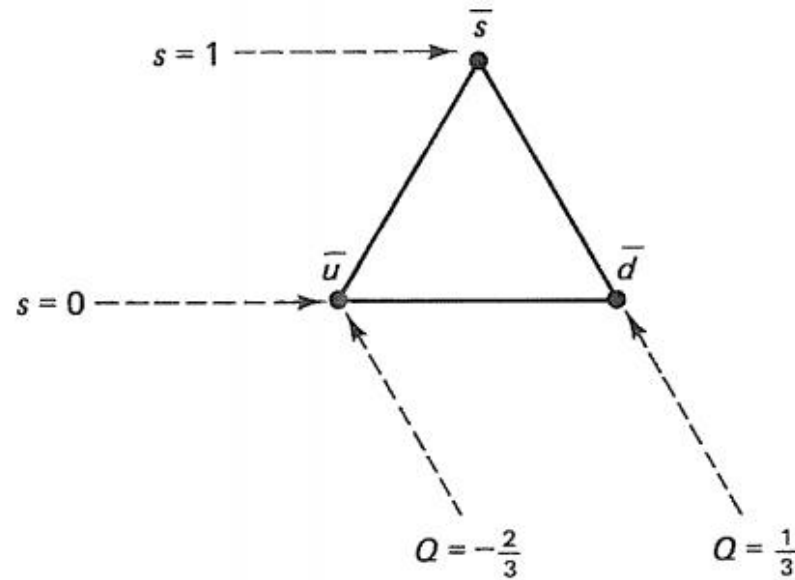
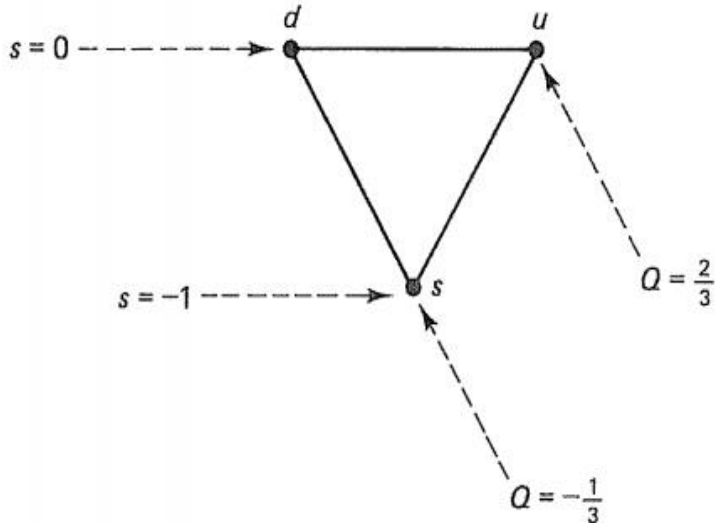
birkaç yıl sonra



Kuark modeli:
hadronlar daha temel
yapılardan oluşuyor

Gell-Mann: "quarks"

Zweig: "Aces"

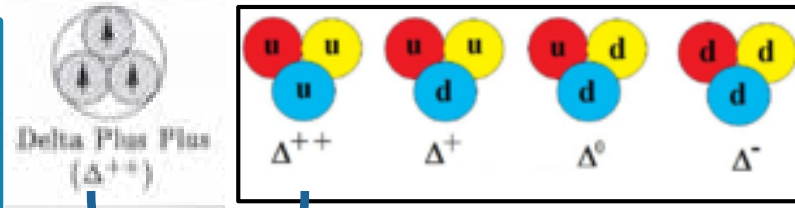


<https://www.slideshare.net/helencorbettscience/introduction-to-particle-physics>

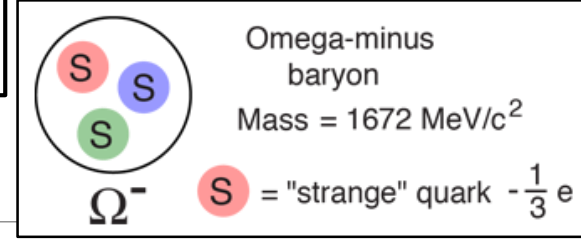
- Tüm baryonlar üç kuarktan (tüm antibaryonlar üç antikuaktan) oluşmuştur.
- Tüm mezonlar bir kuark ve bir antikuaktan oluşmuştur.

Kuark modelinin sorunları:

1. Serbest olarak kuarklar gözlenmiyor (Hapis)
2. " Görünürde " Pauli Dışarlama İlkesinin ihlali



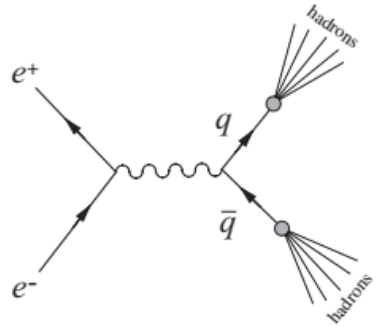
Buradaki 3 u kuark aynı değil!



→ **Renk yükü 1964** (O.W. Greenberg): Her kuark çeşni 3 farklı renk durumundadır. (Kırmızı, mavi, yeşil)

- Serbest olarak gözlenen tüm parçacıklar renksizdir.
- 3 farklı renk ya da bir renk ve bir antirenk bir araya gelerek renksiz kombinasyonlar oluşur.
- Renk yükü taşıyan parçacıklar (kuarklar ve gluonlar) güçlü etkileşmeye girerler.

→ " Renk yükü " kavramı, durumu kurtarmak için bulunmuş bir şey değil, deneysel kanıtı var.



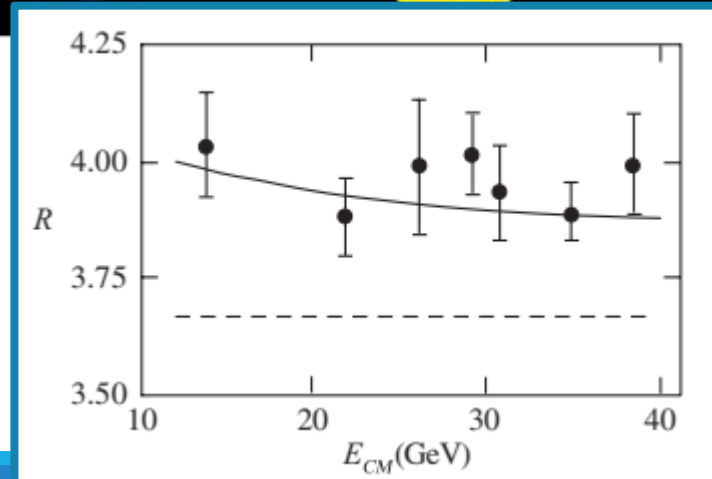
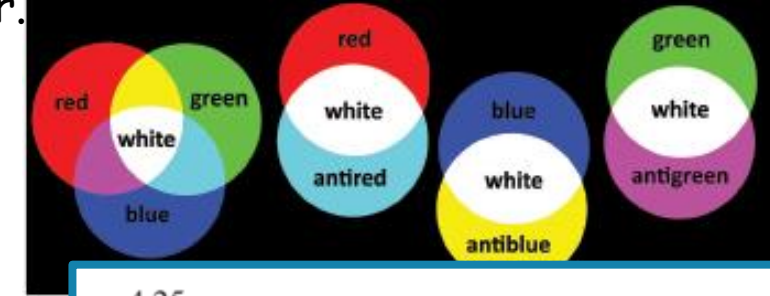
$$\sigma(e^+e^- \rightarrow q\bar{q}) = N_c e_q^2 \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$$

$$R \equiv \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

N_c : renk yükü durumlarının sayısı

e_q : Kuark çeşnileri için elektrik yükü

$$R = R_0 \equiv N_c (e_u^2 + e_d^2 + e_s^2 + e_c^2 + e_b^2) = 11N_c/9$$



Grafik ve diyagramlar; "Particle Physics", B.R. Martin and G. Shaw, 3rd edition'dan alınmıştır.

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)