

# Simetrier

---

- Parite elektromanyetik ve kuvvetli etkileşmelerde korunur.
- Örnek Lorentz kuvveti

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- $\vec{E}$  : vektör.
- Parite zayıf etkileşmelerde korunmaz. ( *Wu'nun parite deneyi, 1957* )



- $\pi^{+} \rightarrow \mu^{+} + \nu_{\mu} \Rightarrow$  *nötrinolar sol-ellidir.* (nötrinolar)
- $\pi^{-} \rightarrow \mu^{-} + \bar{\nu}_{\mu} \Rightarrow$  *anti-nötrinolar-sağ ellidir.*
- Parite zayıf etkileşmelerde korunsaydı sağ-ellilerle sol-elliler eşit olasılıkta olurlardı.

# Simetriler

---

- Bir parçacığın *helisitesi*, spininin momentum doğrultusundaki izdüşümüdür:  $\vec{\sigma} \cdot \vec{P}$
- Helisitenin büyüklüğü :  $\frac{m_s}{s}$
- Spin-1/2 parçacıklar için helisite +1 yada -1 dir.
- heliste=+1: sağ-elli parçacık  
heliste=-1: sol-elli parçacık
- Foton (spin -1) için de heliste +1 yada -1 dir.
- Kütleli parçacıklar için helisite invariant değildir.
- *Yük eşlenikliği operatörü* (C) parçacığı anti-parçacığına dönüştürür

$$C|p\rangle = |\bar{p}\rangle$$

# Simetriler

---

- *Yük eşlenikliği operatörü* (**C**) bütün iç kuantum sayılarını tersine çevirir.

$$C^2 = I \Rightarrow C = \pm 1$$

- Sadece anti-parçacığı kendisine eşit olan parçacıklar ( $\pi^0$ ,  $\gamma$ ..) yük eşlenikliği operatörünün öz durumlarıdır.
- Yük eşlenikliği kuantum sayısı güçlü ve elektromanyetik etkileşmelerde korunur.
- Foton için  $C=-1$
- Fermiyon anti-fermiyon bağlı durumu için  $C = (-1)^{l+s}$

- $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$  izinli

- $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma + \gamma$  yasak

# Simetriler

---

- *CP Simetrisi*, Yük eşlenikliği ve Parite simetrisinin birleşiminden oluşmuştur.
- Zayıf etkileşmelerde CP simetrisi tam olarak korunmaz.
- Evrendeki madde anti-madde asimetrisini açıklamak için önemlidir.
- Kaon sistemi ( $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$ ) CP bozulunun incelenmesi için ilginç bir sistemdir:

$$CP|K^0\rangle = -|\bar{K}^0\rangle \quad CP|\bar{K}^0\rangle = -|K^0\rangle$$

- CP öz durumları

$$\begin{aligned} |K_1\rangle = |K_S\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle) & \Rightarrow & \quad CP|K_1\rangle = +|K_1\rangle \\ |K_2\rangle = |K_L\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle) & & \quad CP|K_2\rangle = -|K_2\rangle \end{aligned}$$

# Simetriler

---

- Eğer CP tam olarak korunuyorsa izinli bozunum kanalları

$$|K_S\rangle \rightarrow 2\pi \quad (CP = +1)$$

$$|K_L\rangle \rightarrow 3\pi \quad (CP = -1)$$

olmalıdır.

- $|K_L\rangle \rightarrow 2\pi$  bozunumu da gözlemlenmiştir (1964).
- Zaman tersinmesi simetrisi

$$T(x, t) = (x, -t)$$

- Zayıf etkileşmelerde T'nin korunumlu olmadığını bekliyoruz.
- *CPT* herhangi bir QFT'de korunur.
- *CPT bozulumu = Lorentz invaryanslığın bozulumu*