

### 第三节 介子和重子衰变性质简介(PDG2022)

#### 一、赝标量介子的主要衰变

最轻的介子，味道改变的衰变，只能弱衰变，电磁衰变。

$\pi^\pm(140)$

$$\tau = 2.6033(5) \times 10^{-8} \text{ s}$$

$\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm \nu(\bar{\nu})$	99.98770(4)%	弱衰变
$\pi^\pm \rightarrow e^\pm \nu_e(\bar{\nu}_e)$	$1.230(4) \times 10^{-4}$	螺旋度压低
$\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm \nu(\bar{\nu}) \gamma$	$2.00(25) \times 10^{-4}$	

$\pi^0(135)$

$$\tau = 8.43(13) \times 10^{-17} \text{ s} \quad (\text{主要是电磁衰变, 所以短寿命。})$$

$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$	98.823(34)%	电磁衰变
$\pi^0 \rightarrow \gamma e^+ e^-$	1.174(35)%	

**$\eta(547)$**      **$\Gamma = 1.31(5) \text{ keV}$**     (质量大, 衰变道较多, 寿命更短, 用宽度)

$\eta \rightarrow \gamma\gamma$       39.36(18)%      电磁衰变

$\eta \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$	32.57(21)%	} <b>G宇称不守恒； 同位旋破坏效应的强衰变</b>
$\eta \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^-$	23.02(25)%	

$\eta \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^-$     23.02(25)%    同位旋破坏效应的强衰变

$\eta'(958)$   $\Gamma = 230(21) \text{ keV}$  (质量大, 衰变道多, 有强衰变, 寿命更短)

$\eta' \rightarrow \pi^+ \pi^- \eta$	42.5(5)%	} 三体强衰变，无两体。
$\eta' \rightarrow \pi^0 \pi^0 \eta$	22.4(5)%	

$$\eta' \rightarrow \pi^0 \pi^0 \eta \quad 22.4(5)\%$$

$\eta' \rightarrow \rho^0 \gamma$	29.5(4)%	} 电磁衰变。
$\eta' \rightarrow \omega \gamma$	2.52(7)%	
$\eta' \rightarrow \gamma \gamma$	2.307(33)%	

$\eta' \rightarrow \omega\gamma$	2.52(7)%	} 电磁衰变。
$\eta' \rightarrow \rho^0\gamma$	0.52(10)%	

$$\eta' \rightarrow \gamma\gamma \quad 2.307(33)\%$$

$K^+(494)$

$$\tau = 1.2379(21) \times 10^{-8} s$$

弱衰变

强子弱衰变 (hadronic)

$$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \quad 63.56(11)\%$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \quad 20.67(8)\%$$

$$K^+ \rightarrow e^+ \nu_e \quad 1.582(7) \times 10^{-5}$$

$$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^0 \quad 1.760(23)\%$$

纯轻子衰变 (leptonic) 螺旋度压低

$$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \quad 5.583(24)\%$$

$$K^+ \rightarrow \pi^0 \mu^+ \nu_\mu \quad 3.352(33)\%$$

$$K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e \quad 5.07(4)\%$$

半轻子衰变 (semileptonic)

$K_S^0(498)$

$$\tau = 0.8954(4) \times 10^{-10} s$$

$$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \quad 69.20(5)\%$$

$$K_S^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \quad 30.69(5)\%$$

$$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \quad 3.5(1) \times 10^{-7}$$

弱衰变

$K_L^0(498)$

$$\tau = 5.099(21) \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$\left. \begin{array}{ll} K_L^0 \rightarrow \pi^\pm e^\mp \nu_e & 40.55(11)\% \quad K_{e3}^0 \\ K_L^0 \rightarrow \pi^\pm \mu^\mp \nu_\mu & 27.04(7)\% \quad K_{\mu 3}^0 \end{array} \right\} \text{半轻子衰变}$$

$$\left. \begin{array}{ll} K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0 & 19.52(12)\% \\ K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 & 12.54(5)\% \end{array} \quad \begin{array}{ll} K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- & 1.97(1) \times 10^{-3} \\ K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 & 8.64(6) \times 10^{-4} \end{array} \right\} \text{CP 破坏}$$

## 二、矢量介子的主要衰变

宽共振态，以强衰变为主，末态为赝标量介子。

$\omega(782)$

$$\Gamma = 8.68(13) \text{ MeV}$$

$$\Gamma_{ee} = 0.60(2) \text{ keV}$$

$$\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \quad 89.2(7)\% \quad \text{强衰变}$$

$$\omega \rightarrow \pi^0 \gamma \quad 8.35(27)\%$$

$$\omega \rightarrow e^+ e^- \quad 7.38(22) \times 10^{-5}$$

$$\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \quad 1.53(11)\%$$

电磁,  
G破坏

$\varphi(1020)$	$\Gamma = 4.26 \text{ MeV}$	$\Gamma_{ee} = 1.251(21) \text{ keV}$	
$\varphi \rightarrow K^+ K^-$		49.1(5)%	<div> <div>强衰变</div> <div>(OZI Suppression)</div> <div>一级电磁衰变</div> </div>
$\varphi \rightarrow K_L^0 K_S^0$		33.9(4)%	
$\varphi \rightarrow \rho\pi + \pi^+ \pi^- \pi^0$		15.4(4)%	
$\varphi \rightarrow \eta\gamma$		1.301(25)%	
$\rho(770)$	$\Gamma \approx 150 \text{ MeV}$	$\Gamma_{ee} = 7.04(6) \text{ keV}$	
$\rho \rightarrow \pi\pi$		$\sim 100\%$	强衰变
$\rho^0 \rightarrow e^+ e^-$		$4.72(5) \times 10^{-5}$	二级电磁衰变
$K^*(892)$	$\Gamma \approx 51 \text{ MeV}$		强衰变
$K^* \rightarrow K\pi$		$\sim 100\%$	
$K^* \rightarrow K\gamma$		$O(10^{-3})$	一级电磁衰变

### 三、重子八重态（基态）的主要衰变

基态八重态是最轻的重子超多重态，由于重子数严格守恒，因此只通过弱衰变和电弱衰变。主要衰变末态为一个重子加赝标量介子或轻子或光子。

$p(938)$

$$\tau > 1.6 \times 10^{31} \text{year}$$

质量最轻的重子，是稳定粒子，不衰变。  
标准模型中不衰变，大统一模型中寿命为

$n(939)$

$$\tau = 878.4(5) \text{ s}$$

弱衰变

$$n \rightarrow pe^- \bar{\nu}_e$$

100%

$\Lambda^0(1116)$

$$\tau = 2.632(20) \times 10^{-10} \text{ s}$$

$$\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$$

$$63.9(5)\%$$

$$\Lambda^0 \rightarrow n\pi^0$$

$$35.8(5)\%$$

$$\Lambda^0 \rightarrow n\gamma$$

$$0.175(15)\%$$

弱衰变 ( $\Delta S = 1$ )

电弱圈图衰变 ( $\Delta S = 1$ )

---

$\Sigma^+(1189)$

$\tau = 0.8018(26) \times 10^{-10} \text{ s}$

$\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0 \quad 51.57(30)\%$

$\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+ \quad 48.31(30)\%$

$\Sigma^+ \rightarrow p\gamma \quad 0.123(5)\%$

} 弱衰变 ( $\Delta S = 1$ )

电弱圈图衰变 ( $\Delta S = 1$ )

---

$\Sigma^-(1189)$

$\tau = 1.479(11) \times 10^{-10} \text{ s}$

$\Sigma^- \rightarrow n\pi^- \quad 99.848(5)\%$

$\Sigma^- \rightarrow ne^-\bar{\nu}_e \quad 0.1017(34)\%$

} 弱衰变 ( $\Delta S = 1$ )

---

$\Sigma^0(1192)$

$\tau = 7.4(7) \times 10^{-20} \text{ s}$

(电磁衰变, 寿命短)

$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0\gamma \quad \sim 100\%$

一级电磁衰变

$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 e^+ e^- \quad 0.50\%$

二级电磁衰变

---

$\Xi(1318)$

$$\tau(\Xi^0) = 2.90(9) \times 10^{-10} \text{ s}, \quad \tau(\Xi^-) = 1.639(15) \times 10^{-10} \text{ s}$$

$$\Xi \rightarrow \Lambda \pi \quad \sim 99.5 - 99.9\%$$

弱衰变 ( $\Delta S = 1$ )

$$\Xi^0 \rightarrow \Lambda \gamma \quad 1.17(7) \times 10^{-3}$$

$$\Xi^0 \rightarrow \Sigma^0 \gamma \quad 3.33(10) \times 10^{-3}$$

$$\Xi^- \rightarrow \Sigma^- \gamma \quad 1.27(23) \times 10^{-4}$$

电弱圈图衰变 ( $\Delta S = 1$ )

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda e \bar{\nu}_e \quad 5.63(31) \times 10^{-4}$$

类似 $\beta$ 衰变

#### 四、重子十重态（基态）的主要衰变

主要通过强相互作用衰变到八重态重子，大都是宽共振态。

$\Delta(1232)$

$$\Gamma \approx 117 \text{ MeV}$$

$$\Delta \rightarrow N \pi \quad 99.4\%$$

强衰变

$$\Delta \rightarrow N \gamma \quad 0.55 - 0.65\%$$

电磁衰变

---

 $\Sigma^*(1385)$ 

$$\Gamma \approx 37 \text{ MeV}$$

$$\Sigma^* \rightarrow \Lambda \pi \quad 87.0(1.5)\%$$

$$\Sigma^* \rightarrow \Sigma \pi \quad 11.7(1.5)\%$$

强衰变

$$\Sigma^* \rightarrow \Lambda \gamma \quad 1.25(12)\%$$

$$\Sigma^* \rightarrow \Sigma \gamma \quad 0.70(17)\%$$

一级电  
磁衰变

---

 $\Xi^*(1535)$ 

$$\Gamma \approx 9 - 10 \text{ MeV}$$

$$\Xi^* \rightarrow \Xi \pi \quad \sim 100\%$$

$$\Xi^* \rightarrow \Xi \gamma \quad < 3.7\%$$

---

 $\Omega^-(1672)$ 

$$\tau = 0.821(11) \times 10^{-10} \text{ s}$$

$$\Omega^- \rightarrow \Lambda K^- \quad 67.8(7)\%$$

$$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 \pi^- \quad 23.6(7)\%$$

$$\Omega^- \rightarrow \Xi^- \pi^0 \quad 8.6(4)\%$$

弱衰变 ( $\Delta S = 1$ )