

# 素粒子物理学基礎 第2回 レポート

C3SM2016 木村佑斗

2023年8月1日

## 1 問題 [1]

$$(1)p = |uud\rangle, (2)K^+ = |u\bar{s}\rangle, (3)\rho^0 = \frac{|u\bar{u}\rangle + |d\bar{d}\rangle}{\sqrt{2}}, (4)\Sigma^+ = |uus\rangle, (5)\Omega^- = |sss\rangle, (6)\omega = \frac{|u\bar{u}\rangle + |d\bar{d}\rangle}{\sqrt{2}}$$

$$(7)K_L = \frac{|d\bar{s}\rangle + |\bar{d}s\rangle}{\sqrt{2}}, (8)\eta = \frac{|u\bar{u}\rangle + |d\bar{d}\rangle + 2|s\bar{s}\rangle}{\sqrt{6}}, (9)\Lambda = |uds\rangle, (10)J/\Psi = |c\bar{c}\rangle$$

## 2 問題 [2]

[(1)~(8)の考え方] ニュートリノを伴う反応やフレーバーが変わる (例えば  $s \rightarrow u$  など) 反応は弱い相互作用、 $\gamma$  とカップルするのは電磁相互作用、それ以外は強い相互作用となる。

[(9),(10)の考え方]  $s$  チャンネルのみで、中間状態として  $\gamma$  と  $Z$  がある。この場合、散乱振幅  $i\mathcal{M}$  は

$$i\mathcal{M} = i\mathcal{M}_{EM} + i\mathcal{M}_{weak}$$

というように電磁相互作用 (EM) と弱い相互作用 (weak) の寄与がある。断面積  $\sigma$  は

$$\sigma \propto |\mathcal{M}_{EM} + \mathcal{M}_{weak}|^2 = |\mathcal{M}_{EM}|^2 + |\mathcal{M}_{weak}|^2 + 2\text{Re}(\mathcal{M}_{EM}\mathcal{M}_{weak}^*)$$

となる。EM 項と weak 項の大きさを比較する。EM 項は  $\alpha^2/s$  に、weak 項は  $G^2s$  に比例する。ここで  $\alpha \simeq 1/137$  は電磁相互作用の結合定数、 $G \simeq 10^{-5}\text{GeV}^{-2}$  はフェルミ結合定数であり弱い相互作用の結合定数と考えて良い。 $s$  は重心系エネルギーの 2 乗である。weak 項が EM 項より大きくなるような  $\sqrt{s}$  を概算する。すなわち

$$G^2s > \frac{\alpha^2}{s} \Leftrightarrow s > \frac{\alpha}{G} \simeq 10^3\text{GeV}^2 \Leftrightarrow \sqrt{s} > 33\text{GeV}$$

となる。以上より、 $\sqrt{s}$  が 33GeV より大きい時、 $\gamma$  より  $Z$  の寄与が大きくなる [1]。

以上より、以下の表 1 のように分類できる。

表 1 反応の相互作用による分類

電磁相互作用 (EM)	弱い相互作用 (W)	強い相互作用 (S)
2)	1)	3)
7)	4)	5)
9)	8)	6)
	10)	

### 3 問題 [3]

図1の通り。

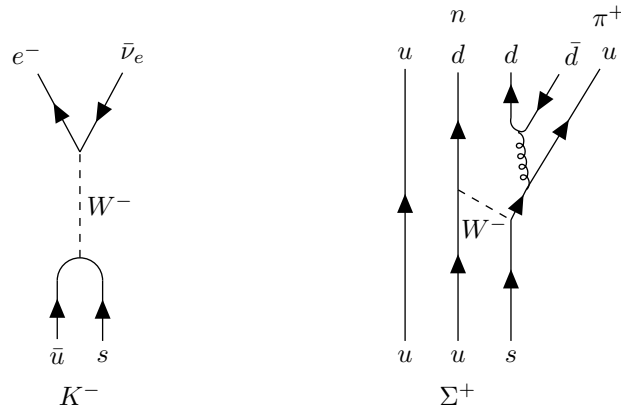


図1 左が (a) の答え、右が (b) の答え

### 4 問題 [4]

P 変換によって  $q \rightarrow q$ ,  $\vec{E} \rightarrow -\vec{E}$ ,  $\vec{B} \rightarrow \vec{B}$ ,  $\vec{v} \rightarrow -\vec{v}$ , C 変換によって  $q \rightarrow -q$ ,  $\vec{E} \rightarrow -\vec{E}$ ,  $\vec{B} \rightarrow -\vec{B}$ ,  $\vec{v} \rightarrow \vec{v}$  と変換される。よって、 $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) + \epsilon q(\vec{B} + \vec{v} \times \vec{E})$  は次のように変換される。

(a) パリティ反転 (P)

$$\begin{aligned} \vec{F} \rightarrow \vec{F}^{(P)} &= q(-\vec{E} + ((-\vec{v}) \times \vec{B})) + \epsilon q(\vec{B} + (-\vec{v} \times (-\vec{E}))) \\ &= -q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) + \epsilon q(\vec{B} + \vec{v} \times \vec{E}) \end{aligned}$$

(b) 荷電反転 (C)

$$\begin{aligned} \vec{F} \rightarrow \vec{F}^{(C)} &= -q(-\vec{E} + (\vec{v} \times (-\vec{B}))) + \epsilon(-q(-\vec{B} + (\vec{v} \times (-\vec{E})))) \\ &= q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) + \epsilon q(\vec{B} + \vec{v} \times \vec{E}) \\ &= \vec{F} \end{aligned}$$

(c) CP 反転

$$\begin{aligned} \vec{F} \rightarrow \vec{F}^{(CP)} &= -q(\vec{E} + ((-\vec{v}) \times (-\vec{B}))) + \epsilon(-q(-\vec{B} + ((-\vec{v}) \times \vec{E}))) \\ &= -q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) + \epsilon q(\vec{B} + \vec{v} \times \vec{E}) \end{aligned}$$

### 参考文献

[1] 『パリティ物理学コース 高エネルギー物理学実験』 真木 昌弘 著