PARIDADE DE UM ESTADO DE MOMENTO ANGULAR

Função de onda:

$$\psi_{n\ell m}(\vec{x}) = R_{n\ell}\, Y_\ell^m(\theta,\varphi)$$

$R_{n\ell} \to$ função radial

$Y_\ell^m \to$ harmónicas esféricas

$$Y_0^0 = 1/\sqrt{4\pi} \;;\; Y_1^0 = \sqrt{\frac{3}{4\pi}}\cos\theta \;;\; Y_1^{\pm1} = \mp\sqrt{\frac{3}{8\pi}}\operatorname{sen}\theta\, e^{\pm i\varphi}$$

$$x = r\operatorname{sen}\theta\cos\phi \;;\; y = r\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\varphi \;;\; z = r\cos\theta$$

Operação de paridade:

$$r \to r' = r,\quad \theta \to \theta' = \pi - \theta,\quad \phi \to \phi' = \pi + \phi$$

Pode mostrar-se que:

$$Y_\ell^m(\theta,\varphi) \longrightarrow Y_\ell^m(\pi-\theta,\pi+\varphi) = (-1)^\ell\, Y_\ell^m(\theta,\varphi)$$

Aplicando o operador paridade:

$$\hat{P}\,\psi_{n\ell m}(\vec{x}) = P_a\,\psi_{n\ell m}(-\vec{x}) = P_a(-1)^\ell\,\psi_{n\ell m}(\vec{x})$$

$\hookrightarrow$ paridade intrínseca

$\psi_{n\ell m}(\vec{x})$ é função própria do operador $\hat{P}$ com valor próprio $P_a(-1)^\ell$

PARIDADE DE LEPTÕES E ANTILEPTÕES

Da equação de Dirac (partículas de spin 1/2) resulta:

$$P_f \, P_{\bar{f}} = -1$$

f - fermião
$\bar{f}$ - antifermião

Resultados experimentais:

1) Reacção $e^+ e^- \to \gamma\gamma$

- $e^+ e^- \to$ parapositronium : onda S ($l=0$)

$$\Rightarrow \; P_i = P_{e^+} P_{e^-}$$

- $P_f = P_\gamma^2 (-1)^{l_f} = (-1)^{l_f}$

l_f : momento angular orbital no estado final

l_f é impar (estudo da polarização dos fotões emitidos)

$$\Rightarrow \; P_{e^+} P_{e^-} = -1$$

Definição (arbitrário):

$$P_{e^-} = P_{\mu^-} = P_{\tau^-} \equiv 1$$

$$P_{e^+} = P_{\mu^+} = P_{\tau^+} \equiv -1$$

PARIDADE DE QUARKS E HADRÕES

Os quarks são fermiões, logo $P_q P_{\bar{q}} = -1$

Convenciona-se:

$$P_u = P_d = P_s = P_c = P_b = P_t = 1$$

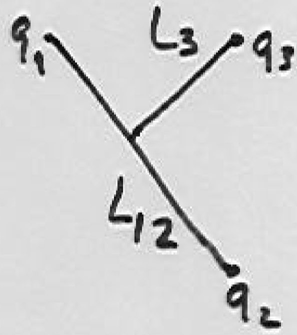
$$P_{\bar{u}} = P_{\bar{d}} = P_{\bar{s}} = P_{\bar{c}} = P_{\bar{b}} = P_{\bar{t}} = -1$$

Paridade dos mesões ($q\bar{q}$):

$$P_M = P_q P_{\bar{q}} (-1)^L = (-1)^{L+1}$$

L: momento angular orbital do par $q\bar{q}$

Paridade dos bariões (qqq):



$$P_B = P_a P_b P_c (-1)^{L_{12}} (-1)^{L_3}$$

$$= (-1)^{L_{12}+L_3}$$

Antibarião: $P_{\bar{B}} = -(-1)^{L_{12}+L_3} = -P_B$

PARIDADE DO PIÃO CARREGADO

Supondo $L=0$, a paridade $P_\pi = -1$

Verificação experimental:

$$\pi^- + d \rightarrow n + n$$

- deutrão: estado ligado p-n, $^3S_1$ $\quad L=0,\ S=1$
- paridade do deutrão $P_d = P_n \cdot P_p = +1$
- captura do π em orbitais π-d, transição para estado S com emissão de raios-X
- absorção do π^- pelo deutrão no estado S: função de onda não-nula na origem
  $\rightarrow L_{\pi\text{-}d} = 0$
- momento angular total π-d : $J=1$, pois $S_d = 1$ e $S_\pi = 0$ (spin)
- paridade π-d : $P_i = P_\pi P_d = P_\pi$
- conservação de paridade $\rightarrow P_\pi = P_f = P_n P_n (-1)^L$
- momento angular orbital do sistema n-n:
  spin : 0 ou 1
  - 1 → tripleto, funções de onda de spin simétricas
  - 0 → singleto, funções de onda de spin antisimétricas

Caso $S=1$:

- função de onda espaço anti-simétrica
  $\Rightarrow$ L ímpar

- $J=1 \Rightarrow L=1$

- $L_{n.n}=1 \longrightarrow P_\pi = -1$

Caso $S=0$

- função de onda espaço simétrica
  $\Rightarrow$ L par

- L par e $S=0 \Rightarrow J=0, 2, \ldots$

  $\Rightarrow$ viola conservação de J

Conclusão : $P_\pi = -1$

PARIDADE DO FOTÃO

Equação de Poisson:

$$\nabla \cdot E(\vec{x},t) = \frac{1}{\varepsilon_0}\, \rho(\vec{x},t)$$

Operação de paridade:

$$\vec{x} \to -\vec{x}$$

$$\rho(\vec{x},t) \to \rho(-\vec{x},t)$$

$$\vec{\nabla} \to -\vec{\nabla}$$

$$\Rightarrow E(\vec{x},t) \to -E(-\vec{x},t)$$

Relação com o fotão:

$$\vec{E} = -\nabla\phi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$$

ϕ - potencial escalar

A - potencial vector

- Onda electromagnética é descrita por $\vec{A}$.

- fotão: quanta do campo $\vec{A}$

→ paridade do fotão P_γ:

$$A(\vec{x},t) \to P_\gamma\, A(-\vec{x},t)$$

$$\Rightarrow P_\gamma = -1$$