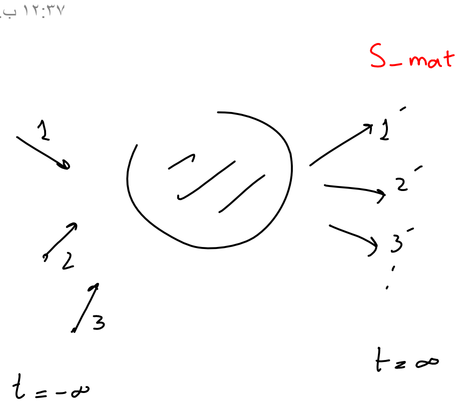
۲۰۱۰/۱۰/۱۶
۱۲:۳۷ ب.ظ

مروری بسیار کوتاه بر S-matrix



$$S = {}_{out}\langle 1' 2' \ldots m | 1, 2, 3 \ldots n \rangle_{in} = \mathbb{1} + iT$$

یکانی بودن ماتریس S

$$SS^{\dagger} = \mathbb{1}$$

$$ {}_{out}\langle 1', \ldots | iT | 1, \ldots, n \rangle_{in} = (2\pi)^4 \delta^4 \left(\sum_{in} p_i - \sum_{f} p_f \right) i \mathcal{M}$$

$\mathcal{M}$ ← دامنه

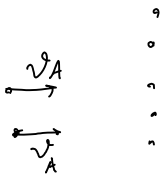
$$p_A + p_B \longrightarrow p_1 + p_2$$

سطح مقطع برخورد

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{CM} = \frac{1}{2E_A 2E_B} \frac{1}{|v_A - v_B|} \frac{|\vec{p}_1|}{(2\pi)^2 4 E_{c.m}} |\mathcal{M}(p_A + p_B \to p_1 + p_2)|^2$$

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{CM} = \frac{|\mathcal{M}|^2}{64\pi^2 E_{cm}^2}$$ ← برای ذرات مشابه

$|v_A - v_B| \rightarrow$ سرعت نسبی در دستگاه آزمایش



تعداد پراکندگی

$$\frac{dN}{d\Omega} = N_A N_B v_A \frac{d\sigma}{d\Omega}$$

یادآوری

$$\begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 & \gamma v \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \gamma v & 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

[illegible]

$t \to t'$ آیا $x' = x$

$z \to z'$ $y' = y$

$$\sigma_{tot} = \int \underbrace{\frac{d\sigma}{d\Omega}}_{\text{سطح مقطع برخورد جزئی}} d\Omega$$

آیا σ_{tot} ناوردای لورنتس است؟

مسأله: در ال-اچ-سی سطح مقطع برخورد برای سیگنال خاص $1\,fb$ است. پیش‌زمینه (background) $1\,nb$ است

برای کشف با ۵ درجه‌ی اعتماد چه‌قدر درخشندگی کل (Integrated Luminosity) لازم داریم.

$\sigma_s = 1\,fb \qquad \sigma_b = 1\,n$

$$\frac{L\sigma_s}{\sqrt{L\sigma_b}} \geq 5$$

افت و خیز آماری با $\sqrt{N}$ داده می‌شود

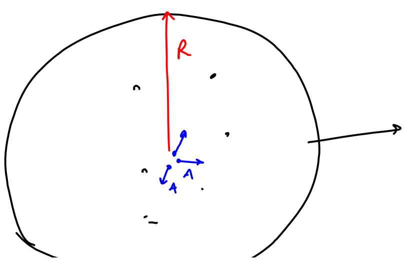
← این یعنی تعداد سیگنال از ۵ برابر افت و خیز پیش‌زمینه باید بیشتر باشد.

$$L > \frac{25\sigma_b}{\sigma_s} = 25 \times \frac{10^{-9}}{10^{-15}}\, fb^{-1} = 25\times 10^{6}\, fb^{-1}$$

کل درخشندگی ال-اچ-سی از $100\, fb^{-1}$ کمتر خواهد بود

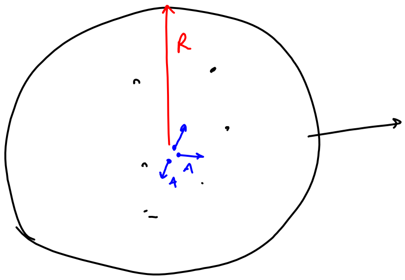
بنابراین شانسی برای کشف این سیگنال نیست

* تمرین



گرم چگالی

از اتم هیدروژن تشکیل شده



جرم چگالی
از اتم هیدروژن تشکیل شده

$\sigma_{tot}(A+p)$

شرط به دام افتادن

$$\frac{\rho}{m_p} \times \sigma_{tot} \times R \gg 1$$

$$\text{مسافت پویش آزاد میانگین} = \frac{1}{n\sigma}$$

$$\text{آهنگ برخورد} = v n \sigma$$

واپاشی تک ذره

$$A \to f$$

$$d\Gamma = \frac{1}{2m_A}\left(\prod_f \frac{d^3 p_f}{(2\pi)^3}\frac{1}{2E_f}\right)|\mathcal{M}|^2 (2\pi)^4 \delta^4\left(p_A - \sum_f p_f\right)$$

در دستگاه سکون

چگونه دامنه را محاسبه کنیم؟

$$\langle \cdots | S | \cdots \rangle_{in} = \lim_{T\to\infty} {}_{out}\langle \cdots | e^{-iH(2T)} | \cdots \rangle_{in}$$

$$\mathcal{L} = K - \underset{\sim}{V}$$

$${}_{out}\langle \cdots | -iV \cdots -iV | \cdots \rangle_{in}$$

$\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad , \quad \cdots \quad \varphi_n$

$$\varphi = \int \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \frac{1}{\sqrt{2\omega_k}} \left(e^{ik.x} a_k^+ \quad e^{-ik.x} a_k^{c+} \right)$$

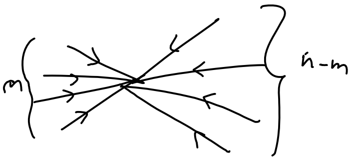
$$V = \lambda \, \varphi_1 \varphi_2 \cdots \varphi_m \, \varphi_{m+1} \cdots \varphi_n + H.c.$$

$$\varphi_1 \to a_1, \quad \varphi_2 \to a_2, \quad \varphi_m \to a_m, \quad \varphi_{m+1} \to (a^c_{m+1})^+, \quad \varphi_n \to a_n^{c+}$$

$$|\,\rangle_{in} = |\varphi_1(k_1) \cdots \varphi_m(k_m)\rangle$$

$$|\,\rangle_{out} = |\bar{\varphi}_{m+1}(k_{m+1}) \cdots \bar{\varphi}_n(k_n)\rangle$$

$$\mathcal{M} = \lambda$$



$$V = \underbrace{\lambda \, \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3}_{V_1} + \underbrace{\lambda' \varphi_4 \varphi_5 \varphi_6}_{V_2} + H.c.$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 \to \varphi_5 + \varphi_6 \qquad ?$$

$$\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \, |\varphi_1 \, \varphi_2\rangle = |\bar{\varphi}_3\rangle$$

$$\langle \varphi_5 \, \varphi_6| \, \varphi_4^\dagger \varphi_5^\dagger \varphi_6^\dagger = \langle \bar{\varphi}_4|$$

مراتب بالاتر؟

تقارن

$$\varphi_1 \to e^{2i\frac{\pi}{3}} \varphi_1 \qquad \varphi_4 \to \varphi_4$$

$$\varphi_2 \to e^{2i\frac{\pi}{3}} \varphi_2 \qquad \varphi_5 \to \varphi_5$$

$$\varphi_3 = e^{i2\frac{\pi}{3}} \varphi_3 \qquad \varphi_6 \to \varphi_6$$

$$V \to V$$

$\varphi_1 + \varphi_2 \to \varphi_5 + \varphi_6$ تحت این تبدیل ناوردا نیست.

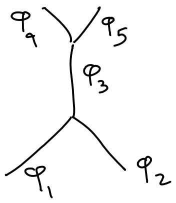
$$\cancel{\varphi_1 + \varphi_2 \to \varphi_5 + \varphi_6}$$

$$V = g_1 \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 + g_1^* \varphi_1^\dagger \varphi_2^\dagger \varphi_3^\dagger + g_2 \varphi_3 \varphi_4 \varphi_5 + g_2^* \varphi_3^\dagger \varphi_4^\dagger \varphi_5^\dagger$$

$$V = \underbrace{g_1 \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3}_{V_1} + \underbrace{g_1^* \varphi_1^\dagger \varphi_2^\dagger \varphi_3^\dagger}_{V_1^\dagger} + \underbrace{g_2 \varphi_3 \varphi_4 \varphi_5}_{V_2} + \underbrace{g_2^* \varphi_3^\dagger \varphi_4^\dagger \varphi_5^\dagger}_{V_2^\dagger}$$

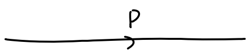
$$V_2^\dagger V_1 |\varphi_1 \varphi_2\rangle \propto |\varphi_4 \varphi_5\rangle$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 \longrightarrow \varphi_4 \varphi_5$$

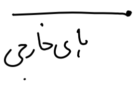


$$i\mathcal{M} = \frac{i}{q^2 - m_3^2 + i\varepsilon}(-ig_1)(-ig_2^*)$$

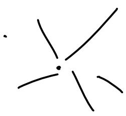
$$q = P_1 + P_2$$



$$\frac{i}{p^2 - m^2}$$



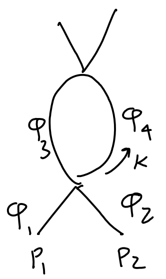
$$1$$



$$-iV$$

$$V = g_1 \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \varphi_4 + g_2 \varphi_3 \varphi_4 \varphi_5 \varphi_6 + \text{H.c.}$$

حلقه



$$\mathcal{M} = \int \frac{d^4k}{(2\pi)^4} \frac{i}{k^2 - m_4^2} \frac{i}{(P_1 + P_2 - k)^2 - m_3^2} (-ig_1)(-ig_2^*)$$

$$d^4k = \Omega_{4D} k^3 dk = \underbrace{2\pi^2}_{} k^3 dk$$

$$\text{Loop - suppression} \sim \frac{g^2}{16\pi^2}$$

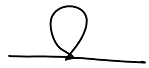
فاکتورهای تقارن

$V = \lambda \frac{\varphi^4}{4!}$

$\varphi\varphi\varphi\varphi \,|\varphi(k_1)\varphi(k_2)\varphi(k_3)\varphi(k_4)\rangle$

$= 4!$

$\langle \bar{\varphi}(k_2)|\,\varphi\varphi\varphi\varphi\,|\varphi(k_1)\rangle = 4\times 3$



$\frac{4\times 3}{4!} = \frac{1}{2}$

$\varphi\varphi\varphi\varphi \qquad 3$

$\frac{3}{4!} = \frac{1}{8}$

به صفحات ۹۲ و ۹۳ پسکین مراجعه کنید.

(در امتحان میان ترم یک سؤال مربوط خواهم پرسید.)

فرمیون ها

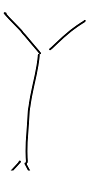
u

یا درونی $\quad \bar{v}$

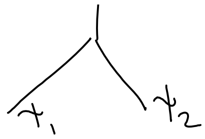
داخلی $\qquad i\,\frac{\not p + m}{p^2 - m^2 + i\epsilon}$

$V = \lambda \bar{\psi}_2 \psi_1 \varphi$

$\psi_1(k_1)\ \bar{\psi}_2(k_2) \longrightarrow \psi_1(k_3)\ \bar{\psi}_2(k_4)$



$iM = (-i\lambda)(-i\lambda^*)$ $\frac{i}{\quad}$



$$iM = (-i\lambda)(-i\lambda')\,\frac{i}{s - m_\varphi^2}$$

$$\overbrace{\bar{v}(k_2)\,u_1(k_1)}^{\text{عدد}} \qquad \underbrace{\bar{u}_1(k_3)\,v_2(k_4)}_{\text{عدد}}$$

$$[\,-\,-\,-\,]\,\gamma^0 \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \end{bmatrix}$$

$$\sum |M|^2$$

جمع روی اسپین

$$\bar{v}_2(k_2)\,u_1(k_1) = v_2^\dagger \gamma^0 u_1$$

$$\bar{v}_2 u_1 (\bar{v}_2 u_1)^* = \bar{v}_2 u_1 \bar{u}_1 v_2 = \mathrm{Tr}(u_1 \bar{u}_1 v_2 \bar{v}_2)$$

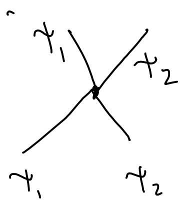
$$u^s(p) = \begin{pmatrix} \sqrt{p\cdot\sigma}\,\xi^s \\ \sqrt{p\cdot\bar{\sigma}}\,\xi^s \end{pmatrix} \qquad v^s = \begin{pmatrix} \sqrt{p\cdot\sigma}\,\eta^s \\ -\sqrt{p\cdot\bar{\sigma}}\,\eta^s \end{pmatrix}$$

$$\sum_s u^s \bar{u}^s = \begin{pmatrix} m & p\cdot\sigma \\ p\cdot\bar{\sigma} & m \end{pmatrix} = \gamma\cdot p + m$$

$$\sum_s v^s \bar{v}^s = \begin{pmatrix} -m & p\cdot\sigma \\ p\cdot\bar{\sigma} & -m \end{pmatrix} = \gamma\cdot p - m$$

لاگرانژی مؤثر

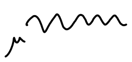
$$s \ll m_\varphi$$



$$-\frac{i\lambda\lambda'}{m_\varphi^2} \qquad \bar{\psi}_1\psi_2(\bar{\psi}_1\psi_2)^\dagger$$

Polarization

ε^μ



$\leftarrow$ خارجی

داخلی

$$-i\,\frac{\eta_{\mu\nu} - \frac{q_\lambda q_\nu}{M_V^2}}{q^2 - m_V^2}$$

$$\cdots \frac{\quad}{q^2 - m_V^2}$$

Weak interactions

β-decay of Nuclei

از زمان بکرل شناخته شده بود

α-decay   β-decay را در سال ۱۸۹۷
معرفی کرده بود.

توصیف نظری واپاشی بتا در سال ۱۹۳۳ توسط فرمی ارائه شد.

طی دو دهه ی بعد تر و تمیزتر شد.

که ۱۹۵۷ خانم Wu نقض پاریته

Lee Yang

فاینمن گلمان مارشاک سودارشان

V - A - structure

$$\bar{\psi} \gamma^\mu (1-\gamma^5) \psi$$

β-decay

$$n \longrightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

ذره اسپین صفر $\longrightarrow \underbrace{\pi \, \pi \, \pi}$

$$M(\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 \,,\; \vec{p}_2 \cdot \vec{p}_3 \,,\; \vec{p}_1 \cdot \vec{p}_3)$$

تقارن دورانی

$$\vec{p}_1 \cdot (\vec{p}_2 \times \vec{p}_3) = 0$$

$$\uparrow$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = 0$$

پاریته $\quad (-1)^3 = -1$

ذره اسپین صفر $\rightarrow \pi\pi$

$\downarrow$

پاریته $(-1)^2 = 1$

θ و τ هم جرم بودند

Lee Yang ۱۹۵۶ $\rightarrow$ ~~Parity~~

ذره مزبور همان K^+ بود.

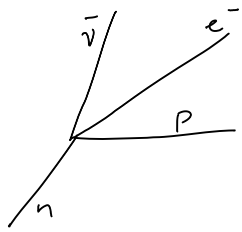
$$Br(K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0) = 21\%$$

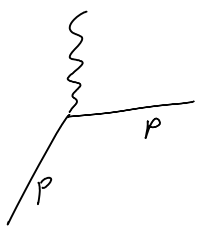
$$Br(K^+ \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-) = 5.6\%$$

Wu et al.

$$^{60}Co \rightarrow {}^{60}Ni + e^- + \bar{\nu}$$

Road to Current - Current V - A interaction





$$G j_\mu^{(n\rightarrow p)} J^\mu_{(\nu e)}$$

$$e j_\mu^{(em)} A^\mu$$

$$j_\mu^{(em)} = \bar{u}_p \gamma_\mu u_p$$

$$H_w = \sum_i \frac{G_i}{2}\left[\bar{\psi}_p O_i \psi_n\right]\left[\bar{\psi}_e O_i (1 + c_i\gamma_5)\psi_\nu\right] + h.c.$$

1	$O_S = 1$	Scalar (S)
4	$O_V = \gamma_\mu$	Vector (V)
6	$O_T = \frac{i}{2}(\gamma_\mu\gamma_\nu - \gamma_\nu\gamma_\mu)$	Tensor (T)
4	$O_A = \gamma_5\gamma_\mu$	Axial vector (A)
1	$O_P = \gamma_5$	Pseudoscalar (P)
+ 16		

پایه ی کامل برای ماتریس هرمیتی ۴×۴

ماتریس کلی ۴×۴ $\quad \underbrace{G_i}_{\text{Complex}} O_i$

$H_w \to$ کلی‌ترین حالت ناوردا تحت لورنتس

$G_i = G_s$

$C_0 \Uparrow$ $\quad$ $C = \pm 1$

$\downarrow$ Maximal parity violation

آیا به این طریق می‌توان تشخیص داد $C=1$ یا $C=-1$ ؟
موضوع تحویل دو هفته بعد

$\bar{\psi}_2 O_i \psi_1$ تحت C ، P و T چگونه
تبدیل می‌شود. موعد تحویل ۲ هفته بعد

نوتاسیون کتاب با پسکین فرق دارد پس بخش ۲.۱.۲.۱
را نخوانید!

$$u = \begin{pmatrix} \sqrt{p\cdot\sigma}\, \xi \\ \sqrt{p\cdot\bar{\sigma}}\, \xi \end{pmatrix} \qquad v = \begin{pmatrix} \sqrt{p\cdot\sigma}\, \xi \\ -\sqrt{p\cdot\bar{\sigma}}\, \xi \end{pmatrix}$$

$$\gamma^0 = \begin{bmatrix} 0 & \mathbb{1} \\ \mathbb{1} & 0 \end{bmatrix} \qquad \gamma^1 = \begin{bmatrix} 0 & \sigma^1 \\ -\sigma^1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\gamma^2 = \begin{bmatrix} 0 & \sigma^2 \\ -\sigma^2 & 0 \end{bmatrix} \qquad \gamma^3 = \begin{bmatrix} 0 & \sigma^3 \\ -\sigma^3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\sigma^1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \sigma^2 = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix} \qquad \sigma^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\gamma^5 = i\gamma^0\gamma^1\gamma^2\gamma^3 = \begin{bmatrix} -\mathbb{1} & 0 \\ 0 & \mathbb{1} \end{bmatrix}$$

$$P_L = \underbrace{\frac{1-\gamma^5}{2}}_{\text{Projection}} \qquad P_R = \underbrace{\frac{1+\gamma^5}{2}}_{\text{matrices}}$$

$$h = \frac{\vec{\sigma}\cdot\vec{p}}{2p}$$

ماتریس هلیسیتی

$$P_L \psi = \psi_L$$

$$P_R \psi = \psi_R$$

معادله ی حرکت $\qquad (\gamma^\mu p_\mu - m)\psi = 0$

$$m \to 0 \qquad p_\mu = (p, 0, 0, p)$$

$$\gamma^\mu p_\mu = p\left(\begin{bmatrix} 0 & \mathbb{1} \\ \mathbb{1} & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & \sigma_3 \\ -\sigma_3 & 0 \end{bmatrix} \right) =$$

$$p\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\sqrt{p\cdot\sigma} = \sqrt{p\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}\right)} = \sqrt{2p}\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\sqrt{p\cdot\bar{\sigma}} = \sqrt{p\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}\right)} = \sqrt{2p}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\psi = \sqrt{2p}\begin{pmatrix} 0 \\ \xi_2 \\ \xi_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\xi = \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} \qquad |\xi_1|^2 + |\xi_2|^2 = 1$$

$$p\cdot\gamma\, \psi_L = 0 \qquad p\cdot\gamma\, \psi_R = 0$$

در حد $m=0$ ، ψ_L و ψ_R با معادله حرکت مربوط نمی‌شوند

$$\psi_L = \sqrt{2p}\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad \psi_R = \sqrt{2p}\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$h = \frac{\vec{p}\cdot\vec{\sigma}}{2|\vec{p}|} \qquad h\psi_L = -\frac{\psi_L}{2} \qquad h\psi_R = \frac{\psi_R}{2}$$

Observation of electron helicity in the β-decay

Frauenfelder ۱۹۵۷

$$^{60}Co \longrightarrow {}^{60}Ni + e^- + \bar{\nu}_e$$

مشاهده e بیرون آمده چپ-دست است.

$$\psi_e \to \frac{1-\gamma_5}{2}\psi_e \qquad \psi_e^{\dagger} \to \psi_e^{\dagger}\frac{1-\gamma_5}{2}$$

$$\gamma_0\gamma_5 = -\gamma_5\gamma_0 \qquad \bar{\psi}_e \to \bar{\psi}_e\frac{1+\gamma_5}{2}$$

$$\bar{\psi}_e O_i (1+C_i\gamma_5)\psi_\nu \longrightarrow \bar{\psi}_e \frac{1+\gamma_5}{2} O_i (1+C_i\gamma_5)\psi_\nu$$

$i = V, A \to -1$

$i = S, T, P \to +$

$$= \bar{\psi}_e O_i \frac{1\mp\gamma_5}{2}(1+C_i\gamma_5)\psi_\nu$$

$$= \bar{\psi}_e O_i (1\mp C_i)\left(\frac{1\mp\gamma_5}{2}\right)\psi_\nu$$

$V, A \to C_i = -1$ نوترینوی چپ دست

$S, T, P \to C_i = 1$ 〃 راست‌دست

تعیین هلیسیتی نوترینو

1958 Golhaber

$$^{152}Eu(J^P = 0^-) + e^- \longrightarrow {}^{152}Sm^*(1^-) + \nu \to {}^{152}Sm(0^+) + \gamma + \nu$$

$$^{152}Eu(0^-) + e^- \longrightarrow {}^{152}Sm(0^+) + \gamma + \nu$$

(z) $\quad 0 \quad -\frac{1}{2} \quad\quad 0 \quad -1 \quad \frac{1}{2}$ } فوتون‌های که در جهت

(i) 0 $-\frac{1}{2}$ 0 -1 $\frac{1}{2}$ } مولدهای درهم جهت

(ii) 0 $+\frac{1}{2}$ 0 1 $-\frac{1}{2}$ S_m هستند

قطبش دایروی چپ‌گرد
left-circularly polarized

قطبش $\gamma = +1$

توجه

$$A_\mu \longrightarrow F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$$

$$F_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & E_1 & E_2 & E_3 \\ -E_1 & 0 & B_3 & -B_2 \\ -E_2 & -B_3 & 0 & B_1 \\ -E_3 & +B_2 & -B_1 & 0 \end{bmatrix} \leftarrow$$

علامت ها را چک کنید.

ε_μ: $(0, 0, 1, 0)$ $\quad \vec{k} = (k, 0, 0, k)$

$\vec{E}(t, x)$ $\quad \vec{B}(t, x)$ بدست بیاورید

$*$

V-A type; i.e. $\bar{\psi}_e \gamma^\mu (1-\gamma_5) \psi_\nu$

$$N \rightarrow N' \, e \, \bar{\nu}$$

$S = 0$ $\quad e\bar{\nu}$ $\quad$ گذار فرمی :

$S = 1$ $\quad e^- \bar{\nu}$ $\quad$ گذار گاموف-تلر

در حد غیرنسبیتی N و N'

$O_i = S, V$ $\quad$ گذار فرمی

$O_i = T, A$ $\quad$ گذار گاموف-تلر

$$H_W = \frac{G_V}{2} \left[\bar{\psi}_p \gamma_\mu \psi_n \right] \left[\bar{\psi}_e \gamma^\mu (1-\gamma_5) \psi_\nu \right]$$

$$+\frac{G_A}{2}\left[\bar{\psi}_p \gamma_5 \gamma_\mu \psi_n\right]\left[\bar{\psi}_e \gamma^\mu (1-\gamma_5)\psi_\nu\right] + H.C.$$

$$^{16}O(0^+) \longrightarrow {}^{14}N(0^+) + e^+ + \nu$$

گذار فرمی ــــ فقط از G_V سهم می‌گیرد.

$$G_F = \frac{G_V}{\sqrt{2}} \qquad G_\beta = 1.147\times 10^{-5}\ GeV^{-2}$$

$$n \longrightarrow p + e\,\bar{\nu}_e \qquad \left|\frac{G_A}{G_V}\right| = 1.26$$

علامت نسبی G_V و G_A با مطالعه‌ی واپاشی n قطبیده (ناقطبیده) به دست می‌آید:

$\Uparrow n$

$$\psi_n = \begin{bmatrix} \sqrt{\sigma\cdot p}\ \chi_n \\ \sqrt{p\cdot\bar{\sigma}}\ \chi_n \end{bmatrix} \simeq \sqrt{m_n}\begin{bmatrix}\chi_n \\ \chi_n\end{bmatrix}$$

$$\psi_p = \begin{bmatrix} \sqrt{p\cdot\sigma}\ \chi_p \\ \sqrt{p\cdot\bar{\sigma}}\ \chi_p \end{bmatrix} \simeq \sqrt{m_p}\begin{bmatrix}\chi_p \\ \chi_p\end{bmatrix}$$

$$\bar{\psi}_p \gamma_0 \psi_n \propto \chi_p^\dagger \chi_n$$

$$\bar{\psi}_p \gamma^i \psi_n \simeq \sqrt{m_n m_p}\,[\chi_p^\dagger\ \ \chi_p^\dagger]\begin{bmatrix} -\sigma^i & \\ & \sigma^i \end{bmatrix}\begin{bmatrix}\chi_n \\ \chi_n\end{bmatrix}$$

$$= 0 + O\left(\frac{v}{c}\right)$$

$$H_W = G_V(\chi_p^\dagger \chi_n)(\eta_e^\dagger \eta_\nu) + G_A(\chi_p^\dagger \vec{\sigma}\chi_n)(\eta_e^\dagger\vec{\sigma}\eta_\nu)$$

$+ H.C.$

$$\sigma_1 = \begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix} \quad \sigma_2 = \begin{bmatrix}0 & -i\\ i & 0\end{bmatrix} \quad \sigma_3 = \begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{bmatrix}$$

(a) $\Uparrow n \longrightarrow \Uparrow p + \underset{e^-}{\downarrow}\Uparrow\ \underset{\bar{\nu}_e}{\downarrow}\Downarrow$

(b) $n\Uparrow \longrightarrow p\Uparrow + e^-\uparrow\Downarrow + \bar{\nu}_e\uparrow\Uparrow$

(a) e^- $\bar{\nu}_e$ (b)

Fermi

$$\Uparrow n \longrightarrow \Downarrow p + e^- \downarrow \Uparrow + \bar{\nu}_e \uparrow \Uparrow$$

(c) Gamow - Teller

$$M^{(a)} = (G_V + G_A)\, F$$

$$M^{(b)} = (G_V - G_A)\, F$$

$$M^{(c)} = 2\, G_A\, F$$

$$P(\vec{\sigma}\uparrow \ \vec{P}_e \uparrow) = |M^{(b)}|^2 = |G_V - G_A|^2 |F|^2$$

$$P(\vec{\sigma}\uparrow \ \vec{P}_e \downarrow) = |M^{a}|^2 + |M^{(c)}|^2 = |G_V + G_A|^2 |F|^2 + 4|G_A|^2 |F|^2$$

P

مشاهده : $P(\vec{\sigma}\uparrow \vec{P}_e \uparrow) \simeq P(\vec{\sigma}\uparrow \ \vec{P}_e \downarrow)$

$$H_w = \frac{G_\beta}{\sqrt{2}} \left[\bar{\psi}_p \gamma_\mu (1 - g_A \gamma_5) \psi_n \right] \left[\bar{\psi}_e \gamma^\mu (1-\gamma_5) \psi_\nu \right] + H.c.$$

$$g_A = -\frac{G_A}{G_V} \cong 1.26$$

* تمرین های ۲.۱ ، ۲.۲ ، ۲.۳