Семинар 15 (08.12.20)

Письм. экз. – 16.01.21
Консультации – 15.01. → составители
↘ Овчинникова

10.71. $\sigma_{\pi N} = 26$ мбн, $\sigma_{KN} = 19$ мбн

$\sigma_{\Lambda N} - ?$, $\sigma_{\Xi N} - ?$, $\sigma_{\Omega N} - ?$

Решение

$\pi^+ = (u\ \tilde{d})$ $\qquad \pi^0 = (u\ \tilde{u})$ или $(d\ \tilde{d})$

$K^+ = (u\ \tilde{s})$ $\qquad K^0 = (d\ \tilde{s})$

$\Lambda = (u\ d\ s)$

$\Xi = (u\ s\ s)$

$\Omega = (s\ s\ s)$

$p = (u\ u\ d)$

$n = (d\ d\ u)$

(πN): $\sigma_{uN} + \sigma_{dN} = 2\sigma_{uN} = 26$ мбн

$\sigma_{uN} = 13$ мбн

(KN) $\sigma_{uN} + \sigma_{sN} = 19$ мбн $\Rightarrow \sigma_{sN} = 19 - 13 = 6$ мбн

$\sigma_{\Lambda N} = 2\sigma_{uN} + \sigma_{sN} = 2 \cdot 13 + 6 = 32$ мбн

$\sigma_{\Xi N} = \sigma_{uN} + 2\sigma_{sN} = 13 + 2 \cdot 6 = 25$ мбн

$\sigma_{\Omega N} = 3\sigma_{sN} = 3 \cdot 6 = 18$ мбн //

$\boxed{T5}$ $m_{eg} = \frac{e\hbar}{2m_p c}$, $m_Б = \frac{e\hbar}{2m_e c}$.

$\mu_p - ?$ $\mu_n - ?$

Для кварка $\Gamma_q = \frac{q}{2m_q c}$, $m_q = \frac{1}{3} m_N$

Решение

1) $\mu \sim \frac{q}{m} \Rightarrow \mu_u = \frac{2/3}{1/3} m_{eg} = 2m_{eg} = g_u m_{eg} \Rightarrow g_u = 2.$

$\mu_d = \frac{-1/3}{1/3} m_{eg} = -m_{eg} = g_d m_{eg} \Rightarrow g_d = -1$

2) $p = (\overset{\uparrow}{u}\,\overset{\uparrow}{u}\,\overset{\downarrow}{d})$ $\quad S_u = 1, \quad S_d = 1/2$

10.93* У одноим. кварков спины склад.

$n = (\overset{\uparrow}{d}\,\overset{\uparrow}{d}\,\overset{\downarrow}{u})$ $\quad S_d = 1, \quad S_u = 1/2$

$$g = \frac{g_u + g_d}{2} + \frac{g_u - g_d}{2} \cdot \frac{S_u(S_u+1) - S_d(S_d+1)}{J(J+1)}$$

$$g = \frac{\overline{(\vec{\mu}, \vec{J})}}{\overline{J^2}} = \frac{\overline{((g_u \vec{S}_u + g_d \vec{S}_d), (\vec{S}_u + \vec{S}_d))}}{\overline{J^2}} =$$

$$= \frac{1}{\overline{J^2}}\left[g_u \overline{S_u^2} + g_d \overline{(\vec{S}_u, \vec{S}_d)} + g_u \overline{(\vec{S}_u \vec{S}_d)} + g_d \overline{S_d^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{\overline{J^2}}\left[g_u \overline{S_u^2} + (g_u + g_d)\overline{(\vec{S}_u, \vec{S}_d)} + g_d \overline{S_d^2}\right] = \ldots$$

$$\ldots = \frac{1}{\overline{J^2}}\left[g_u \overline{S_u^2} + g_d \overline{S_d^2} + \frac{g_u + g_d}{2}\left(\overline{J^2} - \overline{S_u^2} - \overline{S_d^2}\right)\right] =$$

$$= \frac{g_u + g_d}{2} + \frac{g_u - g_d}{2} \frac{\overline{S_u^2} - \overline{S_d^2}}{\overline{J^2}}$$

• протон:

$$g_p = \frac{1}{2} + \frac{3}{2} \cdot \frac{1\cdot 2 - \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}}{3/4} = 3.$$

$\mu_p = 3\mu_{яд}$

+2,98

• Нейтрон

$$g_n = \frac{1}{2} + \frac{3}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2} - 1\cdot 2}{3/4} = -2$$

$\mu_n = -2\mu_{яд}$

эксп.

−1,91

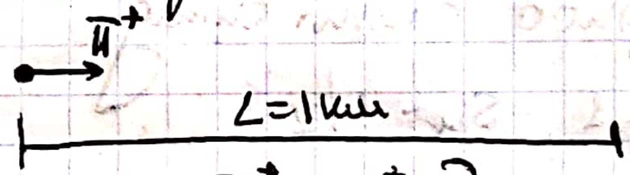
10.49. $L = 1$ км, $\varepsilon_\pi = 900$ ГэВ

$\pi \to \mu\nu$

$\varepsilon_\nu = 100$ ГэВ

Выход ν: $\frac{\Delta n}{n}$ — ?

Вклад в поток распада μ



$\pi^+ \to \mu^+ + \nu_\mu$

$\downarrow$

$e^+ + \nu_e + \tilde{\nu}_\mu$

Решение

1) $n_\pi(x) = n_\pi(0)\, e^{-\frac{x}{l_\pi}}$, $V_\pi \approx c$ (900 ГэВ)

$l_\pi = \gamma \tau_\pi c$ ← в нашей СО

свобод. пробег

сред. вр. жизни

$\tau_\pi = 2{,}8\cdot 10^{-8}$ с

в собств. СО (где он непод.)

$$\gamma = \frac{\varepsilon_\pi}{m_\pi c^2}$$

Сканировано с CamScanner

$$\ell_\pi = \frac{\varepsilon_\pi}{m_\pi c^2} \cdot c\tau_\pi = \frac{0{,}9\cdot10^{12}}{1{,}4\cdot10^8}\, 3\cdot10^{10}\cdot 2{,}8\cdot10^{-8}\,c = 5\cdot10^6\,см =$$
$$= 50\,км$$

$m_\pi c^2$ — 140 МэВ

$$\ell_\pi \gg L = 1\,км \Rightarrow \frac{x}{\ell_\pi} \ll 1$$

2) ν_μ - число мюонов от распада π

при $x = L$

$$n_\pi(0) - n_\pi(L) = n_\pi(0)\left(1 - e^{-L/\ell_\pi}\right) = n_\pi(0)\frac{L}{\ell_\pi}$$

$$\frac{\Delta n}{n_0} = \frac{L}{L_\pi} = \frac{1}{50} = 0{,}02\ (2\%)$$

3) Число мюонов и их ν_e мен:

$$n_\mu(x) = n_{\nu_\mu}(x) = n_\pi(0)\left(1 - e^{-x/\ell_\pi}\right) = n_\pi(0)\frac{x}{\ell_\pi}$$

рожд. μ идет равномерно.

На расст. dx число рожд. μ^+

$$dn_\mu(x) = \frac{n_\pi(0)}{\ell_\pi}\,dx.$$

$$n_\mu(x) - n_\mu(L) = n_\mu(x)\left(1 - e^{-\frac{L-x}{\ell_\mu}}\right) \approx n_\mu(x)\frac{L-x}{\ell_\mu}$$

$\varepsilon_\mu = 800$ ГэВ, $\tau_\mu = 2{,}2\cdot10^{-6}\,c$, $m_\mu c^2 = 106$ МэВ

$$\ell_\mu = \frac{\varepsilon_\mu}{m_\mu c^2}\cdot c\tau_\mu = \frac{800}{0{,}106}\cdot 3\cdot10^{10}\cdot 2{,}2\cdot10^{-6} = 5000\,км$$

Вихоg нейтрино:

$$n_\nu(L) = \int_0^L dn_\nu(x) = \frac{n_\pi(0)}{l_\pi}\int_0^L dx\,\frac{L-x}{l_\mu} =$$

$$= n_\pi(0)\,\frac{L}{l_\pi}\cdot\frac{L}{2l_\mu} = \frac{L}{l_\pi}\cdot\frac{L}{2l_\mu} =$$

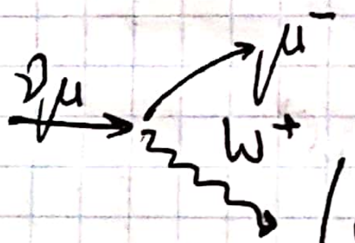
$$= \frac{1}{50}\cdot\frac{1}{10\,000} = 0{,}0002\%$$

10.73 а) $\nu_\mu + p \to \mu^- + \Delta^{++}$ в) $\tilde{\nu}_\mu + p \to \mu^+ + n$ (W^-, $\to \mu^+$)

б) $\nu_\mu + n \to \mu^- + p$ г) $\tilde{\nu}_\mu + n \to \mu^+ + \Delta^-$

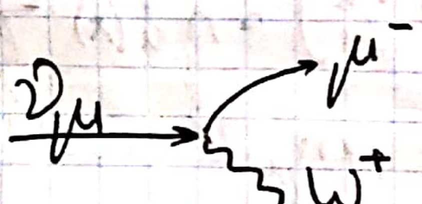
Решение

а) $\nu_\mu + \begin{pmatrix} u \\ u \\ d \end{pmatrix} \to \mu^- + \Delta^{++}$



$$\begin{pmatrix} d \\ u \\ u \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} u \\ u \\ u \end{pmatrix} = \Delta^{++}$$

б)

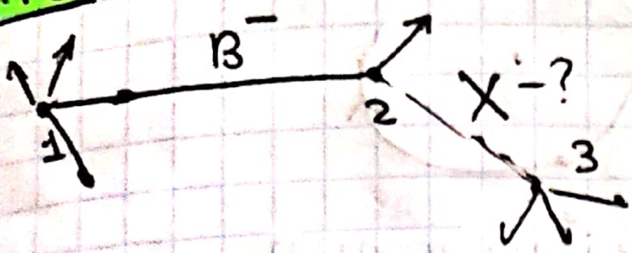


$$\begin{pmatrix} d \\ d \\ u \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} u \\ d \\ u \end{pmatrix} = p$$

и. cpear.c
1ugd

$$\boxed{\sigma_а : \sigma_б : \sigma_в : \sigma_г = 1:2:2:1}$$

10.76



$B^- = (b\tilde{u})$

<u>Решение</u>

1) $B^- = \begin{pmatrix} b \\ \tilde{u} \end{pmatrix} \xrightarrow{\mu^-\ \tilde{\nu}_\mu} \begin{pmatrix} c \\ \tilde{u} \end{pmatrix} = D^0$

$B^- \to D^0 + \mu^- + \tilde{\nu}_\mu$

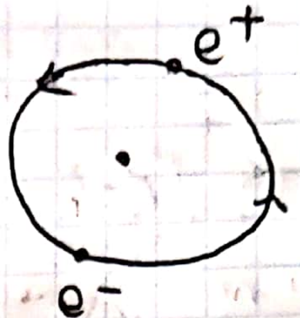
2) $D^0 = \begin{pmatrix} \tilde{u} \\ c \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} \tilde{u} \\ s \end{pmatrix} = K^-$

W^+

нелептон. $\begin{pmatrix} u \\ \tilde{d} \end{pmatrix} = \pi^+$

$D^0 \to \tilde{K}^0 + \underbrace{\pi^+ + \pi^-}_{\text{от. след}}$

10.95 (e^+e^-)



аннир, если $r < \lambda = \frac{\hbar}{mc}$
(м/у e^+ и e^-)

Время жизни <u>парапозитрония</u>

$^1S_0$ $(\uparrow\downarrow)$ $\quad J = 0$

$m_J = 0.$

//аннир. в 2 фотона – ЗСИ, ЗСЭ.

если $\uparrow\uparrow$ (орто), то аннир. из 3 фотонов//

$\tau_{жизни}$ – ? $\quad W_n \sim \alpha^n W$, $\alpha = e^2/\hbar c$

изл. n фотонов

верть излучения 2 фотонов за 1с

$n = 2$

<u>Решение</u>

1) Верть аннигиляции =

$= \underbrace{\text{вер-ть обр. 2 фотонов}}_{\alpha^2 W} \cdot$ верть оказ. на $r < \lambda$

$$r_Б^{пд} = \frac{\hbar^2}{\mu e^2} = \frac{\hbar^2}{\frac{m_e}{2} e^2} = 2 r_Б$$

$$\frac{\lambda_k}{r_Б^{пд}} = \frac{\hbar}{mc} \cdot \frac{me^2}{2\hbar^2} = \frac{1}{2} \underbrace{\frac{e^2}{\hbar c}}_{\alpha} = \alpha/2$$

$$\lambda_k << r_Б^2$$

3) $W_{r<\lambda_k} = \frac{1}{\pi (r_Б^{поз})^2} \int_0^{\lambda_k} 4\pi r^2 e^{-2r/r_Б^{поз}} dr \;③$ $\quad r_Б^{поз} = 2r_Б$

↑ водородоподоб. атом

$|\Psi_1|^2$ → осн. сост. позитр.

$③ \; \frac{4 r_Б^3}{(r_Б^{поз})^3} \int_0^{\lambda_k} \left(\frac{r}{r_Б}\right)^2 e^{-r/r_Б} d\left(\frac{r}{r_Б}\right) =$ $\quad e^{-r/r_Б} = 1 - r/r_Б$

$= \frac{4 \cancel{r_Б^3}}{(r_Б^{поз})^3} \frac{1}{3} \frac{\lambda^3}{\cancel{r_Б^3}} = \left(\frac{\lambda}{r_Б^{поз}}\right)^3$

3) Вер-ть $2^х$ фот. анниг:

$W_2 = \alpha^2 w \left(\frac{\lambda}{r_Б^{поз}}\right)^3$

Время жизни

$\tau \sim \frac{1}{W_2} = \frac{(r_Б^{поз})^3}{\alpha^2 w \lambda^3} = \overbrace{\frac{8}{\alpha^6} \frac{r_{кл}}{c}}^{5 \cdot 10^{-10} c}, \; r_{кл} = \frac{e^2}{mc^2} = 2{,}8 \cdot 10^{-13}$

Точ. кв. мех. расчёт: $1{,}23 \cdot 10^{-10} c$ //

T8 ν_e, ν_μ, ν_τ

$\nu_1 \quad \underbrace{\nu_2 \quad \nu_3}_{\nu_2}$

Нейтр. осцилляции

$\nu_e = \cos\theta\,\nu_1 + \sin\theta\,\nu_2$

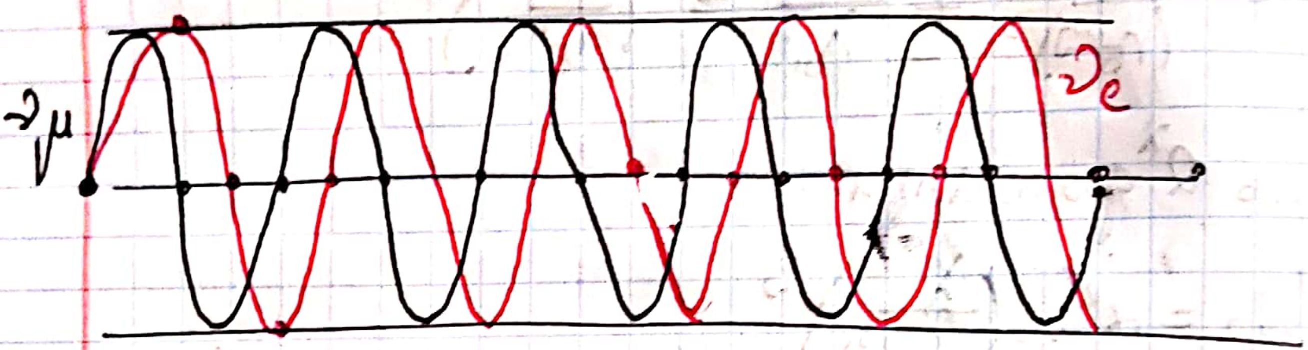
$\nu_\mu = -\sin\theta\,\nu_1 + \cos\theta\,\nu_2$

угол смешивания

$E = 3$ МэВ | $(m_{\nu_1}^2 - m_{\nu_2}^2)c^4 - ?$

$L = 100$ км

// нейтрино не обл. опр. массой, осцилл. //



$w(x,t)$ – плот. вер-ть обнаруж. $\tilde{\nu}$

$w(L,t) = w(0,0) \rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi$

$E_{1,2} = \sqrt{p^2c^2 + m_{1,2}^2c^4} = pc + \dfrac{m_{1,2}^2c^4}{2pc} \approx$

полная эн. частицы 1 или 2

$\approx E + \dfrac{m_{1,2}^2c^4}{2E}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = \dfrac{\Delta E}{\hbar}t = \dfrac{(m_2^2 - m_1^2)c^4 t}{2E\hbar} \underset{ct=L}{=} \dfrac{(m_2^2 - m_1^2)c^3 L}{2E\hbar}$

$(m_2^2 - m_1^2)c^4 = \dfrac{4\pi E\hbar c}{L} \approx \dfrac{2E\hbar c}{L} \approx 7{,}5 \cdot 10^{-5}\,[эВ]^2$ //

Сканировано с CamScanner