VA Theorie — Atom- & Subatomare — 29.01.09

$$H_{Fermi} = \frac{G}{\sqrt{2}} \int d^3r \; j_H^\mu(\vec{r}) \; j_{L\mu}(\vec{r})$$

polare V. $\bar{\psi} \gamma^\mu \psi$ — Madame WU

axiale V. $\bar{\psi} \gamma^\mu \gamma_5 \psi$ — Paritätsverletzung

$\gamma_5 = i \gamma_0 \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$

$$j_H = \bar{\psi}_p \gamma^\mu (g_v - g_a \gamma^5) \psi_n$$

$$j_L^\mu = \bar{\psi}_e \gamma^\mu (1 - \gamma^5) \psi_\nu$$

$\frac{1}{2}(1 \pm \gamma_5)$ Projek

e, ν $\quad e^{i\vec{k}\vec{r}} = \sum_l (2l+1) j_l(kr) \cdot i^l P_l(\cos\vartheta)$

$$\frac{(kr)^l}{(2l-1)!}$$

Erlaubte Übergänge

Fermi Überg $\quad S_{Leptonenpaar} = 0 \quad \int d^3r \langle \chi_p^+ \chi_n \rangle$

Gamow Teller $\quad S_{Lept...} = 1 \quad \int d^3r \langle \chi_p^+ \vec{\sigma} \chi_n \rangle$

Universelle Fermi WW

$$j^\mu = j_H^\mu + j_L^\mu$$

$$\frac{G}{\sqrt{2}} \int d^3r \, J_\mu J^\mu = H_{univ}$$

$$j_L^\alpha = j_e^\alpha + j_\mu^\alpha + j_\tau^\alpha$$

Teilchen

$$j_L^\alpha = \bar{\psi}_e \gamma^\alpha (1-\gamma_5) \psi_{\nu_e} + \bar{\psi}_\mu \gamma^\alpha (1-\gamma_5) \psi_{\nu_\mu} + \bar{\psi}_\tau \gamma^\alpha (1-\gamma_5) \psi_{\nu_\tau}$$

$$j_H^\alpha = \bar{d}' \gamma^\alpha (1-\gamma_5) u + \bar{s}' \gamma^\alpha (1-\gamma_5) c + \bar{b} \gamma^\alpha (1-\gamma_5) t$$

d-Quark Feld — strange — charmed — ---

Problem: $\bar{d}'$ & $\bar{s}'$ // keine reinen $\bar{d}$ & $\bar{s}$

Mischungen zu $\bar{d}$ & $\bar{s}$ spielen eine Rolle

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\vartheta_{cb} & \sin\vartheta_{cb} \\ -\sin\vartheta_{cb} & \cos\vartheta_{cb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \end{pmatrix}$$

ϑ_{cb}: Cabibbo Winkel $= 0{,}228 \pm 0{,}001\,^\circ$

Andere Quarks sind nicht so bedeutend bzw zu schwer ...

WW nicht so stark

$\Delta q = e_0$ geladene Ströme

μ: neg ν_μ: neutral

$\nu_\mu \to \nu_\mu$

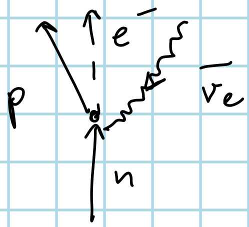
neutraler Strom

1973 Cern

$E \to \infty$ Matrixelem

$|\langle \ | H_{\text{wirw}} | \ \rangle| \to \infty$

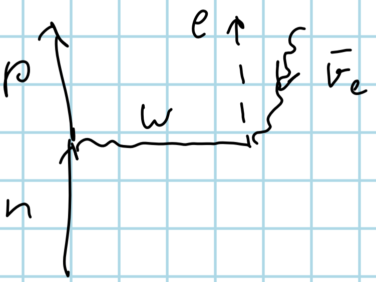
Woran liegt das?



Punkt WW hier angenommen

$\to$ Divergenz

$\Rightarrow$ Austausch T benötigt



el. magn:

Propagator $\frac{1}{q^2}$

T mit Masse: zB

Prop: $\frac{1}{q^2+m^2}$

Prop ist Fourier Raum

Rücktrafo :

RT : $\frac{1}{q^2+m^2} \longrightarrow \frac{e^{-mr}}{r}$

$\frac{mc^2}{\hbar c}$

$\rightarrow$ W & Z : $e^{-\frac{r}{r_0}}$

haben Masse

$\rightarrow$ beschränkte Reichweite

Photon keine m

$\rightarrow$ unendl RW

$m_W c^2 \sim 80\,GeV$

$m_Z c^2 \sim 90\,GeV$

Erzeugung in der Sonne : pp - Chain $p+p \rightarrow d + e^+ \nu$

keine n, sind zerfallen weg Schwachen WW schwach, langsam

Dann $p+d \rightarrow {}^3He + \gamma$ // starke WW - schnell

Es werden pro Zyklus $2e^-$ & 2ν frei

Luminosität der Sonne messen $\rightarrow$ ausrechnen wie viele Neutrinos produziert werden

Detektor messen : 6 t dün (Wasser oder so?)

pro 4 Monate 3 od 6 Neutrinos

messen ..

Man misst $\sim \frac{1}{3}$ der e^- Neutrinos $\longrightarrow$ Neutrino - oszillationen

Mischung der Neutrinos

Globale Symmetriebrechung

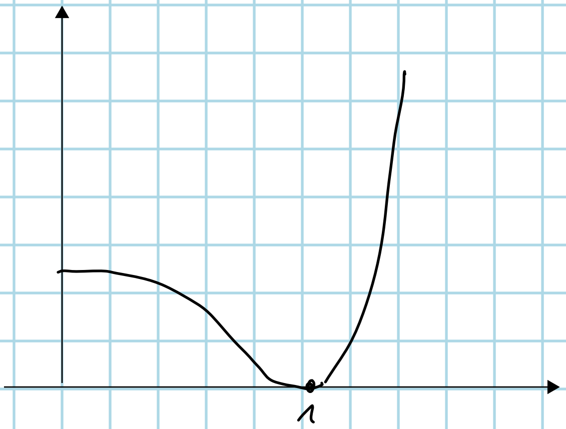
$\Phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_1 + i\phi_2)$

$\mathcal{L} = (\partial_\mu \Phi^+)(\partial_\mu \Phi) - m^2 \Phi^+ \Phi$

kin Energie: $(\partial_0 \Phi^+)(\partial^0 \Phi)$

pot Energie: $(\vec{\nabla} \Phi^+)(\vec{\nabla} \Phi) + m^2 \Phi^+ \Phi$

Vakuum $\phi_1 = \phi_2 = \emptyset$

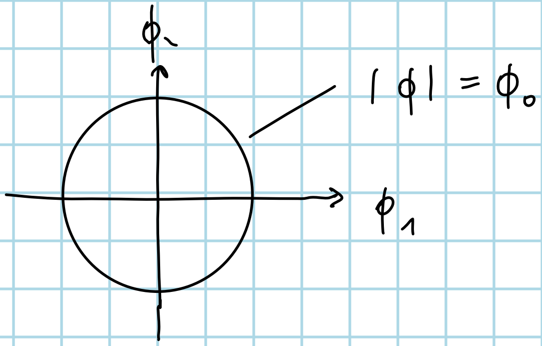


$\frac{|\phi|}{\phi_0}$

$V(\phi^+\phi) = \frac{m^2}{2\phi_0^2}(\phi^+\phi - \phi_0^2)^2$

$|\phi|^2 = \phi_1^2 + \phi_2^2 = \phi_0^2$ // bei 1

zB bei Ferromagnet



// sphärische Symmetrie

spontane Symmetriebrechung !!

$\mathcal{L} = (\partial_\mu \phi^+)(\partial^\mu \phi) - V(\phi^+\phi)$

Vakuumzustand: $\phi^+\phi = \phi_0^2$ // System noch nicht eindeutig definiert

$\rightarrow$ $\mathcal{L}$ hat noch eine $U(1)$ Symmetrie

$\phi' = e^{i\alpha}\phi$

reell

Ansatz: $\Phi = \phi_0 + \frac{1}{\sqrt{2}}(\chi + i\psi)$ // in $\mathcal{L}$ einsetzen

$\phi_1 = \phi_0$; $\phi_2 = \emptyset$

aus 1. Term v $\mathcal{L}$

$\rightarrow \mathcal{L} = \frac{1}{2}(\partial_\mu \chi)(\partial^\mu \chi) + \frac{1}{2}(\partial_\mu \psi)(\partial^\mu \psi) - *_1 \rightarrow$

$$*_1 \quad \underbrace{\frac{m^2}{2\phi_0^2}\left[\sqrt{2}\,\phi_0\,\chi + \frac{1}{2}\chi^2 + \frac{1}{2}\psi^2\right]^2}_{\text{aus } V(\phi^+\phi)} = \mathcal{L}^{(1)}_{frei} + \mathcal{L}^{(1)}_{ww}$$

$$\mathcal{L}_{frei} = \underbrace{\frac{1}{2}\left[(\partial_\mu\chi)(\partial^\mu\chi) - (\sqrt{2}m)^2\chi^2\right]}_{m_\chi = \sqrt{2}\,m} + \frac{1}{2}\left[(\partial_\mu\psi)(\partial^\mu\psi)\right]$$

$m_\psi = \emptyset$

// Masse // Felder sind Masse-behaftet

$\downarrow$

Goldstone Boson

bei globalen U1 Invarianz

// π wird oft als Goldstone Boson berechnet // Masse ist sehr gering daher wird es so berechnet

// $(AB)^+ = B^+A^+$

$$\mathcal{L} = (D_\mu^+\phi^+)(D^\mu\phi) - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - V(\phi^+\phi)$$

$$D^\mu = \partial^\mu + iq\,A^\mu$$

$$D_\mu^+ = \partial_\mu - iq\,A_\mu$$

$$\rightarrow \left((\partial_\mu - iq\,A_\mu)\phi^+\right)(\partial^\mu + iq\,A^\mu)\,\phi)$$

Eichtrafo: $\phi' = e^{iq\Theta(x)}\,\phi(x)$

$$A'_\mu = A_\mu(x) + \partial_\mu\,\Theta(x)$$

$$\phi(x) = \phi_0 + \frac{1}{\sqrt{2}}h(x) \longrightarrow \mathcal{L}$$

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}^{(2)}_{frei} + \mathcal{L}^{(2)}_{ww} \implies \mathcal{L}_{frei} = \overbrace{\frac{1}{2}\left[(\partial_\mu h)(\partial^\mu h) - (\sqrt{2}m)^2 h^2\right]}^{\text{Higgs Feld } H \text{ Masse } \sqrt{2}m}$$

$$\left.- \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + q^2\phi_0^2 A_\mu A^\mu \right\} *_2$$

$q^2 \phi_0^2$ Masse Term // Photon Feld hat Masse bekommen

!! Higgs Kiebel Mechanismus

$\mathcal{L}_{WW}$: zeigt wie ein Higgs Boson wechselwirkt

Frage: warum ist $q^2 \phi_0^2$ positiv?

Masseterm sollte $-m$ sein

Bsp Photon: $\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \frac{1}{2} m^2 A_\mu A^\mu - j^\mu A_\mu$

BWGL: $\partial_\mu F^{\mu\nu} + m^2 A^\nu = j^\nu$

$m^2 \partial_\nu A^\nu = j_\nu A^\nu \longrightarrow A^\nu$ nicht unabhängig

siehe Edyn // best Terme fallen weg

Globale Invar $\longrightarrow$ Goldstone

Lokale Invar $\longrightarrow$ Higgs T

Massive Eichfelder

$U(1) \times SU(2)$ Symmetrie Yang-Mills Theorie

$$\Phi = \begin{pmatrix} \phi_A \\ \phi_B \end{pmatrix}$$

ϕ_A, ϕ_B skalare, kompl Eichfelder

$\phi_A = \phi_1 + i\phi_2 \qquad \phi_B = \phi_3 + i\phi_4$

reell

Verlange $\Phi' = \underset{\uparrow\, U(1)}{e^{-i\theta}}\ \underset{\uparrow\, SU(2)}{\mathcal{U}}\ \Phi = e^{-i\theta J_0} e^{-\lambda^k J^k}$

Pauli Matrizen hier τ :

$$\tau^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad \tau^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \qquad \tau^2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

$$\tau^3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\mathcal{L} = (\partial_\mu \phi^+)(\partial^\mu \phi) - V(\phi^+ \phi)$$

Konvention

$$U(1): B_\mu \longrightarrow B_\mu' = B_\mu(x) + \frac{2}{g_1} \partial_\mu \Theta(x)$$

Eichfeld mit $U(1)$ — eff. Parameter

$*_3$

$$SU(2) \qquad \underline{W}_\mu(x) = \sum_{k=1}^{3} W_\mu^k(x)\, \tau^k = \begin{pmatrix} W_\mu^3 & W_\mu^1 - i W_\mu^2 \\ W_\mu^1 + i W_\mu^2 & -W_\mu^3 \end{pmatrix}$$

noch 3 Komponenten

$$SU(3) \qquad G_\mu(x) = \sum_{a=1}^{8} G_\mu^a \hat{\lambda}_a$$

8 Komponenten !!

$$W_\mu(x) \longrightarrow W_\mu'(x) = U(x) W_\mu(x) U^+(x) + i \frac{2}{g_2} (\partial_\mu U(x)) U^+(x)$$

vergleich zu $U(1)$: 1. Term

$$e^{i\phi} B_\mu(x) e^{-i\phi} = B_\mu(x) \quad ---$$

$$\partial_\mu e^{i\Lambda(x)} = i(\partial_\mu \Lambda) e^{i\Lambda}$$

$*_3$: $D_\mu \Phi = [\partial_\mu + i \frac{g_1}{2} B_\mu + i \frac{g_2}{2} \underline{W}_\mu]$ kov. Ableitung

// lokale Eich inv. $U(1) + SU(2)$ — Grundzust annehmen,

$$\rightarrow \underline{\mathcal{L} = (D_\mu \phi)^+ (D_\mu \phi) - V(\phi^+ \phi)}$$

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

$\underline{W}_{\mu\nu}$ definieren

$$\underline{W}_{\mu\nu} = D_\mu W_\nu - D_\nu W_\mu$$ // eig fehlt B noch

// $B = \emptyset$

$$\underline{W}_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu + \frac{i g_2}{2} \underbrace{[W_\mu, W_\nu]}$$ nicht abelsche Symmetrie Gruppe!

SU(2) & SU(3)

Man sucht nach Gluonen Bindungs-Zustand Glue Balls

U(1) ist abelsch

$$G_{\mu\nu} = \partial_\mu G_\nu - \partial_\nu G_\mu + g[G_\mu, G_\nu]$$

lokale ET : wieder Higgs Feld