

Zusammenfassung 29.10

① Polarisationsvektoren (Schwieriger Anhang C und 9.6)

Für Teilchen mit Masse M

a) Im Ruhesystem:

$$\vec{E}(\lambda = +1) = -\frac{1}{\sqrt{2}}(1, i, 0)$$

$$\vec{E}(\lambda = 0) = (0, 0, 1)$$

$$\vec{E}(\lambda = -1) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1, -i, 0)$$

Ergänzung zu einem Vierervektor:

es gilt (immer) $\boxed{\varepsilon^\mu p_\mu = 0}$ $\leftarrow$ Invariante!

$\Rightarrow$ im Ruhesystem ist $\varepsilon^0 = 0$ eine notwendige Wahl.

(wg. $p_\mu = (M, 0, 0, 0)$)

b) mit Impuls in z-Richtung: $p^\mu = (E, 0, 0, p)$

$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} \varepsilon^\mu(\lambda = +1) &= -\frac{1}{\sqrt{2}}(0, 1, i, 0) \\ \varepsilon^\mu(\lambda = -1) &= \frac{1}{\sqrt{2}}(0, 1, -i, 0) \end{aligned} \right\} \text{unverändert}$$

aber $\varepsilon^\mu(\lambda = 0) = \frac{1}{p}(p, 0, 0, E)$

für $E \gg M \Rightarrow \boxed{\varepsilon^\mu(\lambda = 0) = \varepsilon^\mu_{\text{long}} = \frac{1}{M} p^\mu}$

3

c) Für masselose Vektorbosonen (Photonen):

Es gibt immer eine Eichtransformation,

so daß $\boxed{\vec{E} \cdot \vec{A} = 0}$

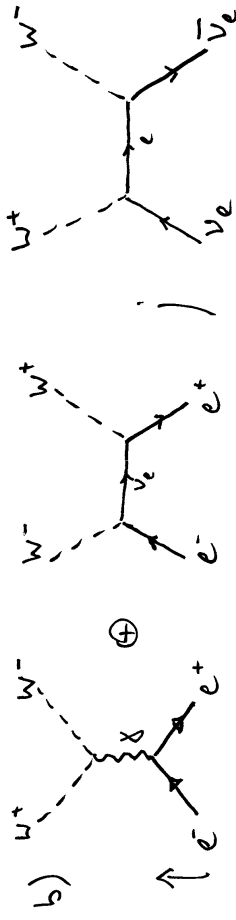
(reelle)

$\Rightarrow$ Photonen haben keine long. Polarisation $\vec{y}$

② Divergenzen in der schwachen WW (Schwierig 8.)

a) Unitaritätsgrenze: Wirkungsquerschnitte können nicht über alle Grenzen wachsen

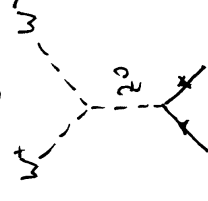
$$\sigma_{\text{tot}} \leq \frac{4\pi}{k^2} \quad \sigma_{\text{inelast.}} \leq \frac{\pi}{k^2} \quad k = \frac{\sqrt{s}}{2} \text{ für } s \gg M_{\text{Proton}}^2$$



für long. W-Bosonen: Verletzung der Unitarität

bei $\sqrt{s} \approx 680 \text{ GeV}$

Kompensation durch Z^0 :



4

Funktioniert nur wenn $g_Z \approx g_W \approx e$

$\rightarrow m_W \approx m_Z \approx 40 \text{ GeV}$ (stimmt nicht ganz...)

c) Auch mit Z^0 treten noch Divergenzen auf:

$$\left. \begin{array}{l} e^+e^- \rightarrow W_L^+ W_L^- \text{ für } m_e \neq 0 \\ W_L^+ W_L^- \rightarrow W_L^+ W_L^- \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{können nur durch} \\ \text{weitere Teilchen (Skalar)} \\ \text{kompensiert werden:} \\ \text{Higgs} \end{array}$$

③ Eichinvarianz für massive Vektorkelder?

Wellengleichung:

$$(\square + M^2) W^\nu = \partial^\nu \partial_\mu W^\mu = j^\nu \quad \text{Proca-Gleich.}$$

liefert bei Eichtransformation $W^\mu \rightarrow W^\mu - \partial^\mu \chi$
einen Extraterm $-M^2 \partial^\nu \chi$, $\Rightarrow$ Problem !!!

(Lösung: Higgs-Mechanismus)