

Examen kwantumveldentheorie

Master fysica, KULeuven, 21 januari 2014, derde groep
Alexander Sevrin

Schrijf uw naam op elke bladzijde en nummer ze! We werken in natuurlijke eenheden en stellen voor de eenvoud $\hbar = 1$, $c = 1$.

I. Lorentz invariantie

Gegeven een Dirac spinor veld ψ en een bosonisch veld ϕ met Lagrange dichtheid,

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi - \frac{m^2}{2} \phi^2 + i \bar{\psi} \not{\partial} \psi - M \bar{\psi} \psi + i \lambda \phi \bar{\psi} \gamma_5 \psi, \quad (1)$$

met $\lambda, m, M \in \mathbb{R}$ en allen verschillend van nul.

1. Hoe moet ϕ transformeren onder Lorentz transformaties opdat de Lagrange dichtheid invariant zou zijn onder de volledige Lorentz groep?

2. Stel nu dat de Lagrange dichtheid door,

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi - \frac{m^2}{2} \phi^2 + i \bar{\psi} \not{\partial} \psi - M \bar{\psi} \psi + i \lambda \phi \bar{\psi} \gamma_5 \psi + \lambda' \phi \bar{\psi} \psi, \quad (2)$$

met $\lambda' \in \mathbb{R}$, $\lambda' \neq 0$, vervangen wordt. Kunnen we dan nog invariantie onder de volledige Lorentz groep hebben?

3. Wat is de dimensie (in natuurlijke eenheden) van λ en λ' ?

4. Als we naar de laatste twee interactie termen kijken in vgl. (2) dan zien we dat de laatste een reële coëfficiënt heeft en de voorlaatste een imaginaire. Leg uit!

II. Amplitudes en overgangs waarschijnlijkheden

Beschouw elektron/muon verstrooiing: $e^- \mu^- \rightarrow e^- \mu^-$. Het inkomende elektron heeft (moment, heliceit) (p_1, r_1) , het inkomende muon heeft (moment, heliceit) (p_2, r_2) , het uitgaande elektron heeft (moment, heliceit) (p'_1, r'_1) en het uitgaande muon heeft (moment, heliceit) (p'_2, r'_2) .

1. Geef het Feynman diagram dat dit proces in *leidende* orde beschrijft. Geef expliciet de bijhorende Feynman amplitude \mathcal{M} (dus polarisatie indices, momenta, etc. moeten overal expliciet geschreven worden).

2. Bereken de overgangswaarschijnlijkheid $|\mathcal{M}|^2$ waarbij je middelt over de inkomende heliceiten en sommeert over de uitgaande heliceiten en vergelijk het resultaat met de overgangswaarschijnlijkheid voor paarproductie $e^- e^+ \rightarrow \mu^- \mu^+$ (vgl. (8.43) op blz. 136 van Mandl en Shaw).

3. Geef de overgangswaarschijnlijkheid in het COM systeem waarbij je mag aannemen dat we ons in een ultra-relativistisch regime bevinden (alle energieën zijn veel groter dan m_e en m_μ) en bespreek.