

Kwantumvelden voormiddag

27 January 2022

1 Theorie

1.1 Vraag 1: Theorema van Noether

1. Formuleer en geef het theorema van Noether voor klassieke veldentheorie. Interpreteer het resultaat.
2. Gebruik dit theorema om de energie-momentumtensor af te leiden bij constante ruimtetijdstranslatie $x^\mu \rightarrow x^\mu + a^\mu$.
3. Geef een systeem en Noethersymmetrie die corresponderen met:
 - (a) \mathcal{L} is invariant
 - (b) L is invariant, maar niet \mathcal{L} .
 - (c) S is invariant, maar noch L noch \mathcal{L} .

1.2 Vraag 2: Yang-Millstheorie

Gegeven de vrije Dirac-Lagrangiaan voor globale $SU(N)$ en de ijktransformatie van A_μ .

1. Bespreek het ijkprincipe en construeer de resulterende gekoppelde theorie is. Leg covariante afgeleide uit, en leg uit waarom het ijkveeld $A_\mu = A_\mu^a \lambda_a$ in de algebra van $SU(N)$ blijft onder ijktransformaties.
2. Leid de uitdrukking voor de $SU(N)$ $F_{\mu\nu}$ af.
3. Zonder de Yang-Millsterm was \mathcal{L} invariant onder $U(N) = U(1) \otimes SU(N)$. Wat verandert er als het ijkprincipe toegepast wordt op $U(N)$?

1.3 Vraag 3: Korte inzichtsvragen

1. Gegeven een $\lambda_6 \phi^6$ Klein-Gordontheorie in d ruimtetijdsdimensies. Wat is d zodat λ_6 dimensieloos is? Wat is de eenheid van λ_6 voor $d = 4$? Verwacht je dat de UV-problemen van een gegeven theorie verbeteren of verslechteren als je in hogere dimensies werkt?

2. De ijkgroep $SU(5)$ wordt vaak gekozen als groep om de 3 krachten te unificeren. Deze lokale ijsymmetrie wordt spontaan gebroken tot het standaardmodel via:

$$SU(5) \rightarrow SU(3) \otimes SU(2) \otimes U(1) \quad (1)$$

Hoeveel ijkbosonen van $SU(5)$ krijgen een massa in dit proces?

2 Oefeningen

2.1 Oefening 1: Scattering

Een volledige botsingsoefening.

$$\mu^- + + \rightarrow - + +$$

Eerst moet je beide Feynman diagrammen geven en op het einde moet je σ uitkomen.

2.2 Oefening 2: Interactievertices

Er wordt een rare Lagrangiaan gegeven met een Dirac veld en een Complex Klein Gordon veld, met een $\cosh(|\phi|^2)$ term. Geef de massas van de verschillende velden en geef een Feynman diagram voor elke interactieterm. Benoem hierbij de koppelingssterkte.