

Deeltjesfysica

Gereproduceerde versie

23 januari 2017, namiddag

1 Theoretisch deel (Van Riet)

Op het gegeven formularium (Appendix G in de cursus) en doorheen dit examen gebruiken we natural units, $c = \hbar = 1$.

1.1 Gauge invariance en geladen scalaire velden [12 punten]

Beschouw de volgende lagrangian density voor een geladen scalair veld:

$$L = \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi^* - \frac{1}{2} m^2 |\phi|^2 - \frac{1}{4} \lambda |\phi|^4 \quad (1)$$

- Bepaal het aantal vrijheidsgraden, hun spins, en de bewegingsvergelijkingen voor deze Lagrangian density. [3 punten]
- Bepaal de globale $U(1)$ symmetrie. Wat is de overeenkomstige behouden grootte? [1 punt]
- Maak van deze globale symmetrie een lokale symmetrie door het systeem te koppelen aan een Maxwell field A^μ . Geef de volledige Lagrangian density met koppeling en toon aan dat die ijk invariant is. [3 punten]
- Leid de bewegingsvergelijkingen voor deze nieuwe langrangian density in detail af. [4 punten]
- Ken je een veld dat door deze vergelijkingen beschreven wordt? [1 punt]

1.2 Spin helicity [8 punten]

Bewijs dat de spin helicity h behouden is voor massieve Dirac deeltjes. De spin helicity is gedefinieerd als

$$h = \frac{\vec{S} \cdot \vec{p}}{|\vec{p}|} \quad (2)$$

2 Fenomenologisch deel (Severijns)

1. Bewijs dat CP symmetrie bewaard is voor het verval $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$. Illustreer met tekeningen waarop je het effect van de C en P operaties aangeeft en uitlegt. De spin van het positieve pion is nul.
2. Voor de volgende 4 deelvragen mag je maximaal een half blad per vraag schrijven.
 - (a) Waarom was het mogelijk te bewijzen dat (anti)neutrino's bestaan met de reactie $\bar{\nu} + p^+ \rightarrow n + e^+$?
 - (b) Wat krijg je als je de CP operatie toepast op een rechtshandig deeltje? Toon aan met een voorbeeld.
 - (c) Wat is vacuüm polarisatie? Teken een Feynman diagram met vacuüm polarisatie.
 - (d) Wat zijn 'neutral currents'? Voor welke interacties kunnen ze voorkomen? Geef een voorbeeld met een Feynman diagram voor elke interactie waarbij neutral currents kunnen optreden.
3. Wat is het 'solar neutrino problem', en hoe werd het opgelost?
4. Teken een Feynman diagram voor elke van de volgende zwakke interactie processen. Zeg er ook bij of het proces leptonic, semi-leptonic of hadronic is, en of het neutral of charged current is. De quarkstructuur voor alle samengestelde deeltjes is gegeven.
 - (a) $D^+ \rightarrow K^- + \pi^+ + e^+ + \nu_e$
 - (b) $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e + \gamma$
 - (c) $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$
 - (d) $\tau^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\tau$
 - (e) $\Lambda^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$