

Examen deeltjesfysica 20 januari 2020

Formularium wordt op het examen uitgedeeld

Dirac fermions, charge conjugations and parity transformations [10 points]

- Consider a general Dirac spinor ψ . Explain in detail why the transformation $\psi \rightarrow \psi^P = \gamma^0 \psi$, where γ^0 is the temporal gamma-matrix, is called the parity transformation [3pts].
- What is the action describing electromagnetic fields coupled to charged fermions [1pt]
- Derive from it the Dirac equation for a charged fermion [1pt]
- Now explain, using the Dirac equations for charged particles, why the transformation, $\psi \rightarrow \psi^C = \gamma^2 \psi^*$ (with γ^2 the gamma-matrix with the second spacial index in the Griffiths basis) is called charge conjugation [4pts]

Question 2: Decaying particles [10 points]

The decay rate for an unstable particle with momentum p_a , that decay into two particles with momenta p_1 and p_2 , can be shown to be given by

$$\Gamma_{fi} = \frac{(2\pi)^4}{2E_a} \int |M_{fi}|^2 \delta(E_a - E_1 - E_2) \delta^3(p_a - p_1 - p_2) \frac{d^3\vec{p}_1}{(2\pi\hbar)^3 2E_1} \frac{d^3\vec{p}_2}{(2\pi\hbar)^3 2E_2}$$

Where M_{fi} is the quantum matrix element for this particular transition

- Show in detail how to manipulate this expression such that it can be rewritten as an integral over four-momenta [4pts]
- What about Lorentz transformations? Is this expression Lorentz-invariant? If not, than explain why the right- and lefthand side transform the same way [3pts]
- Carry out the integral to show that

$$\Gamma = \frac{p^*}{8\pi m_a^2} |M^2|$$

Where p^* is the size of the outgoing momenta of either particle 1 or 2 in the CM frame. You are allowed to use that M only depends on the size of p^* [4pts]

Deel 2

vraag 1

Toon aan dat de gecombineerde CP-symmetrie behouden is voor het verval

$K^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$. Doe dit aan de hand van tekeningen die spins en de impulsvectoren van de deeltjes aangeven, en licht deze figuren toe in het kader van de C-, P- en CP-operaties. De spin van het negatieve kaon is nul

2) a. Vergelijk in de vorm van een tabel de belangrijkste eigenschappen van de sterke interactie en de zwakke interactie.

b. Leg uit wat 'isospin' is en illustreer dit voor het pion en het Δ -deeltje ($\Delta^{++}, \Delta^+, \Delta^0, \Delta^-$)

3) a. Teken de Feynman-grafen voor de volgende zwakke interactie processen

b. Geef ook aan of het proces zuiver leptonisch, semi-leptonisch of hadronisch is en of het via een geladen of een neutrale stroom interactie verloopt.

$$\tau^+ \bar{\nu}_e \rightarrow e^+ \bar{\nu}_\tau \gamma$$

$$\Lambda^0(\text{uds}) \rightarrow p(\text{uud}) \mu^- \bar{\nu}_\mu$$

$$K^+(\text{u}\bar{s}) \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ \nu_e$$

$$\pi^+(\text{u}\bar{d}) \rightarrow e^+ \nu_e e^+ e^-$$

$$B^-(\bar{u}b) \rightarrow p\bar{p}\pi^-(\bar{u}d)$$