Hamilton-Formalismus in der Beschleunigerphysik

Sonja Bartkowski, Dimitrios Skodras

Technische Universität Dortmund

11.06.2015

Gliederung

Standardmodell

Standardmodell

- Teilcheninhalt:

- Fundamentale Wechselwirkungen:

Standardmodell

- Teilcheninhalt:
  - Leptonen: e^{+}, μ^{+}, ν

- Fundamentale Wechselwirkungen:

Standardmodell

- Teilcheninhalt:
  - Leptonen: e^+, μ^+, ν
  - Quarks: $\bar{u}$, $\bar{d}$, s, c

- Fundamentale Wechselwirkungen:

Standardmodell

- Teilcheninhalt:
  - Leptonen: e^+, μ^+, ν
  - Quarks: $\bar{u}$, $\bar{d}$, s, c
  - Vektorbosonen: W^+, g

- Fundamentale Wechselwirkungen:

Standardmodell

- Teilcheninhalt:
  - Leptonen: e^+, μ^+, ν
  - Quarks: $\bar{u}$, $\bar{d}$, s, c
  - Vektorbosonen: W^+, g
  - (Skalarbosonen: H, π)
- Fundamentale Wechselwirkungen:

Standardmodell

- Teilcheninhalt:
  - Leptonen: e^{+}, μ^{+}, ν
  - Quarks: $\bar{u}$, $\bar{d}$, s, c
  - Vektorbosonen: W^{+}, g
  - (Skalarbosonen: H, π)
- Fundamentale Wechselwirkungen:
  - starke Wechselwirkung (QCD)

Standardmodell

- Teilcheninhalt:
  - Leptonen: e^+, μ^+, ν
  - Quarks: $\bar{u}$, $\bar{d}$, s, c
  - Vektorbosonen: W^+, g
  - (Skalarbosonen: H, π)
- Fundamentale Wechselwirkungen:
  - starke Wechselwirkung (QCD)
  - elektroschwache Wechselwirkung (GSW-Theorie)

Feynmangraph

1. ruhendes D-Meson

Feynmangraph

1. ruhendes D-Meson
2. propagiert in t

Feynmangraph

1. ruhendes D-Meson
2. propagiert in t.
3. c wandelt unter Abstrahlung von W^+ in s

Feynmangraph

1. ruhendes D-Meson
2. propagiert in t.
3. c wandelt unter Abstrahlung von W^+ in s
4. W^+ zerstrahlt in Leptonpaar l^+, ν_l

Überblick

Überblick

- Fermis Goldene Regel für Zerfälle:
- Teilchenströme
- Starke WW zwischen c und $\bar{q}_1$

Überblick

- Fermis Goldene Regel für Zerfälle:
$$\underbrace{\mathrm{d}\Gamma}_{\text{Breite}} = \frac{1}{2m_D} \underbrace{\mathrm{d}\Phi}_{\text{Phasenraum}} \cdot \underbrace{|M|}_{\text{Amplitude}}{}^2$$
- Teilchenströme
- Starke WW zwischen c und $\bar{q}_1$

Überblick

- Fermis Goldene Regel für Zerfälle:

$$\underbrace{\mathrm{d}\Gamma}_{\text{Breite}} = \frac{1}{2m_D} \underbrace{\mathrm{d}\Phi}_{\text{Phasenraum}} \cdot \underbrace{|M|}_{\text{Amplitude}}{}^2$$

- Teilchenströme
  - relativistischer Dirac-Strom
- Starke WW zwischen c und $\bar{q}_1$

Überblick

- Fermis Goldene Regel für Zerfälle:
$$\underbrace{\mathrm{d}\Gamma}_{\text{Breite}} = \frac{1}{2m_D} \underbrace{\mathrm{d}\Phi}_{\text{Phasenraum}} \cdot \underbrace{|M|}_{\text{Amplitude}}{}^2$$
- Teilchenströme
  - relativistischer Dirac-Strom
  - kurze Reichweite von W^+ für geringe Energien
    $\rightarrow$ Beschreibung durch 4-Fermionen-Wechselwirkung
- Starke WW zwischen c und $\bar{q}_1$

Überblick

- Fermis Goldene Regel für Zerfälle:
  $$\underbrace{\mathrm{d}\Gamma}_{\text{Breite}} = \frac{1}{2m_D} \underbrace{\mathrm{d}\Phi}_{\text{Phasenraum}} \cdot \underbrace{|M|}_{\text{Amplitude}}{}^2$$
- Teilchenströme
  - relativistischer Dirac-Strom
  - kurze Reichweite von W^+ für geringe Energien
    $\rightarrow$ Beschreibung durch 4-Fermionen-Wechselwirkung
- Starke WW zwischen c und $\bar{q}_1$
  - erhält Parität $\mathcal{P}$

Überblick

- Fermis Goldene Regel für Zerfälle:
$$\underbrace{\mathrm{d}\Gamma}_{\text{Breite}} = \frac{1}{2m_D} \underbrace{\mathrm{d}\Phi}_{\text{Phasenraum}} \cdot \underbrace{|M|}_{\text{Amplitude}}{}^2$$
- Teilchenströme
  - relativistischer Dirac-Strom
  - kurze Reichweite von W^+ für geringe Energien
    $\rightarrow$ Beschreibung durch 4-Fermionen-Wechselwirkung
- Starke WW zwischen c und $\bar{q}_1$
  - erhält Parität $\mathcal{P}$
  - störungsrechnerisch nicht erfassbar
    $\rightarrow$ Darstellung durch **Formfaktoren** f

Zerfallsbreite

Zerfallsbreite

- Inverses der hier sehr kurzen Lebensdauer τ

Zerfallsbreite

- Inverses der hier sehr kurzen Lebensdauer τ
- Energiemessung führt wegen Energieunschärfe zu Verteilungen

Zerfallsbreite

- Inverses der hier sehr kurzen Lebensdauer τ
- Energiemessung führt wegen Energieunschärfe zu Verteilungen

$\rightarrow$ Breite der Verteilung Γ kann gemessen werden

Ergebnis der differentiellen Zerfallsbreite

Fermis Goldene Regel:

Ergebnis der differentiellen Zerfallsbreite

Fermis Goldene Regel:

$$\mathrm{d}\Gamma(D \to Kl\nu) = \frac{|M|^2}{2m_D}\mathrm{d}\Phi(K, l, \nu)$$

Ergebnis der differentiellen Zerfallsbreite

Fermis Goldene Regel:

$$
\begin{aligned}
\mathrm{d}\Gamma(D \to K l \nu) &= \frac{|M|^2}{2m_D} \mathrm{d}\Phi(K,\, l,\, \nu) \\
&= \frac{G_F^2 |V_{cs}|^2}{24\pi^3} |f_+(q^2)|^2 |p_K|^3 \mathrm{d}q^2
\end{aligned}
$$

Fermikonstante G_F,
CKM-Element V_{cs},
Formfaktor f_+,
Kaonimpuls p_K,
Impulsübertrag q^2

Phasenraumvolumen

Phasenraumvolumen

- Enthält kinematische Informationen (Energien, Impulse)

Phasenraumvolumen

- Enthält kinematische Informationen (Energien, Impulse)
- Je mehr Endzustände existieren, umso größer ist Φ

Phasenraumvolumen

- Enthält kinematische Informationen (Energien, Impulse)
- Je mehr Endzustände existieren, umso größer ist Φ
- Nicht vom Matrixelement unabhängig berechenbar, da es Viererimpulse enthält

Phasenraumvolumen

- Enthält kinematische Informationen (Energien, Impulse)
- Je mehr Endzustände existieren, umso größer ist Φ
- Nicht vom Matrixelement unabhängig berechenbar, da es Viererimpulse enthält

Ein erster Ausdruck:

$$\mathrm{d}\Phi = (2\pi)^4 \frac{\mathrm{d}^3 p_K}{2(2\pi)^3 E_K} \frac{\mathrm{d}^3 k_1}{2(2\pi)^3 E_1} \frac{\mathrm{d}^3 k_2}{2(2\pi)^3 E_2} \delta^4(p_D - p_K - k_1 - k_2)$$

senkrechte Magnetfelder

senkrechte Magnetfelder

- Enthält dynamische Informationen (Wechselwirkungen)

senkrechte Magnetfelder

- Enthält dynamische Informationen (Wechselwirkungen)
- Beschreibt Übergang ähnlich Streuung von Startzustand i zu Endzustand f

senkrechte Magnetfelder

- Enthält dynamische Informationen (Wechselwirkungen)
- Beschreibt Übergang ähnlich Streuung von Startzustand i zu Endzustand f
- Betragsquadrat $|M|^2$ kann als Wahrscheinlichkeit für Reaktion betrachtet werden

senkrechte Magnetfelder

- Enthält dynamische Informationen (Wechselwirkungen)
- Beschreibt Übergang ähnlich Streuung von Startzustand i zu Endzustand f
- Betragsquadrat $|M|^2$ kann als Wahrscheinlichkeit für Reaktion betrachtet werden

Ein erster Ausdruck:

$$M = \langle Kl\nu \left| \mathcal{H} \right| D \rangle$$

kleine Winkel zur Sollbahn

kleine Impulsabweichungen zum Sollimpuls

Bedeutende Größen

Beispiel: Gradientenfehler

Beispiel: Sextupol

Beispiel: Sextupol

Verhalten in Resonanznähe

Fixpunkte

Oktupol

Kopplung

Gegenwart vieler Nichtlinearitäten