

Übungen Flavourphysics
WS 23/24

Übungsblatt Nr. 1

Abgabe bis 6.11.2023, 10:00 Uhr

Aufgabe 1: CKM Matrix

(4 Punkte)

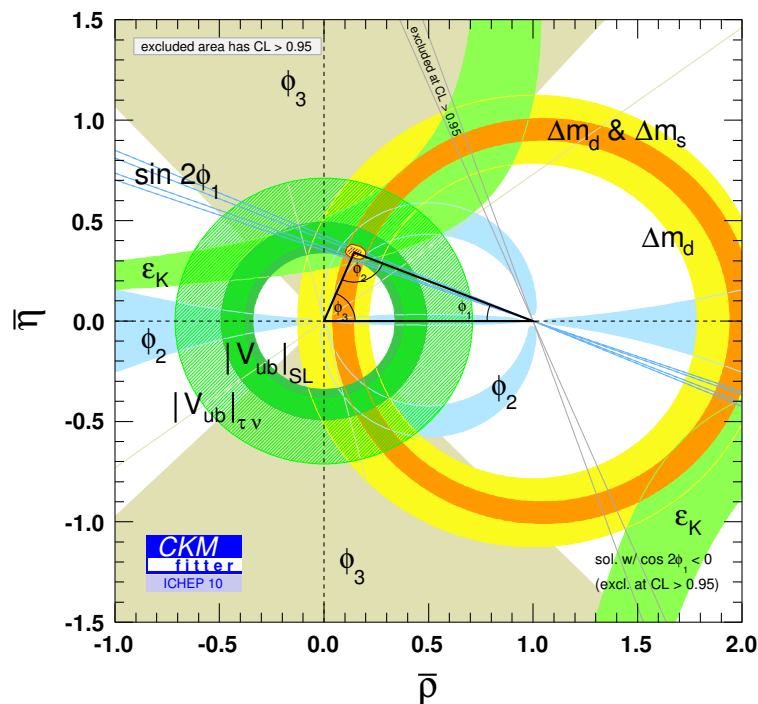
Wofür steht das CKM im Namen der Mischungsmatrix? Wie viele Mischungswinkel und komplexe Phasen hat die CKM Matrix, wie viele wären es im Falle von 2 oder 4 Generationen?

Tipp: Bedenken Sie, dass die Phase der Quarkfelder willkürlich ist, nur Phasendifferenzen eine physikalische Bedeutung haben und dass Quarks nicht einfach verschwinden.

Die Bedingung der Unitarität produziert 6 verschiedene Unitaritätsdreiecke in der komplexen Ebene. Das beliebteste ist das, welches sich aus der Bedingung

$$V_{ub}^* V_{ud} + V_{cb}^* V_{cd} + V_{tb}^* V_{td} = 0$$

ergibt. Warum?



Information über die Grösse der einzelnen Elemente kann auf der CKM Fitter Website eingeholt werden:

<http://ckmfitter.in2p3.fr/>

Bei der Darstellung des Unitaritätsdreiecks wird meist die Seite mit den charm-quark Elementen auf 1 normiert, weil diese besonders einfach zu Messen sind (siehe Zeichnung). Warum?

Geben Sie für jedes der sechs in diesem Dreieck benötigten Elemente einen Prozess an, der zu dessen Messung verwendet werden könnte – es muss nicht unbedingt der beste sein.

Aufgabe 2: Abschätzen von Zerfallsbreitenverhältnissen (4 Punkte)

a) Zeichnen Sie die Feynmandiagramme für die Zerfälle des D^0 -Mesons (Quarkzusammensetzung $c\bar{u}$) in $K^-\pi^+$ bzw. $\pi^-\pi^+$. Schätzen Sie die Größenordnung des Verhältnisses der partiellen Breiten $\Gamma(D^0 \rightarrow K^-\pi^+)/\Gamma(D^0 \rightarrow \pi^-\pi^+)$ ab.

b) Finden Sie auf der Internetseite der Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov/>) heraus, wie das Verhältnis zwischen diesen Zerfällen in Wirklichkeit ist. Nennen Sie Effekte, die dazu führen könnten, dass das Verhältnis nicht exakt der Abschätzung aus der Quarkkopplung entspricht.

Aufgabe 3: Helizitätsunterdrückung (4 Punkte)

a) Das K^+ -Meson hat Spin 0 und zerfällt hauptsächlich über $K^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$. Skizzieren Sie die Richtung des Impulses und des Spins von Myon und Neutrino im Ruhesystem des Kaons. Wenden Sie auf diesen Zerfallsprozess nun jeweils den Paritätsoperator P , den C -Paritätsoperator C sowie die Kombination beider Operatoren CP an und skizzieren Sie die daraus resultierenden Impulse und Spins. Welche dieser drei resultierenden Reaktionen treten nicht auf und warum?

b) Schätzen Sie ab, wie das Verhältnis von $K^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$ zu $K^+ \rightarrow e^+\nu_e$ Zerfällen ist, wenn die Wahrscheinlichkeit, dass eine linkshändige Wechselwirkung zu einem rechtshändigen Endzustand führt proportional zu $(1 - \beta)$ ist. Sehen Sie auch für dieses Verhältnis die experimentellen Werte nach und vergleichen Sie.

Aufgabe 4: Teilchenreaktionen

(3 Punkte)

a) Begründen Sie, weshalb folgende Reaktionen nicht erlaubt, bzw. stark unterdrückt sind:

a) $p + \pi^+ \rightarrow K^+ + \Lambda^0$

b) $p \rightarrow n + \pi^+$

c) $\Lambda^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}_e$

d) $J/\psi \rightarrow \gamma + \gamma$

e) $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$

f) $e^- + \gamma \rightarrow e^-$

b) Geben Sie die Art der (dominierenden) Wechselwirkung folgender Reaktionen an:

g) $p + K^- \rightarrow \Sigma^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$

h) $\bar{\Sigma}^0 \rightarrow \bar{\Lambda}^0 + \gamma$

i) $n + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0 + p$

j) $J/\psi \rightarrow \mu^+ + \mu^-$

k) $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$

l) $\tau^- \rightarrow \pi^- + \nu_\tau$

m) $\nu_e + p \rightarrow e^- + \pi^+ + p$

n) $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$

o) $\bar{\Delta}^0 \rightarrow \bar{n} + \pi^0$

Geben Sie außerdem für alle Reaktionen die Quarkzusammensetzung der beteiligten Hadronen an.