

Übungen Flavourphysics

WS 23/24

Übungsblatt Nr. 5

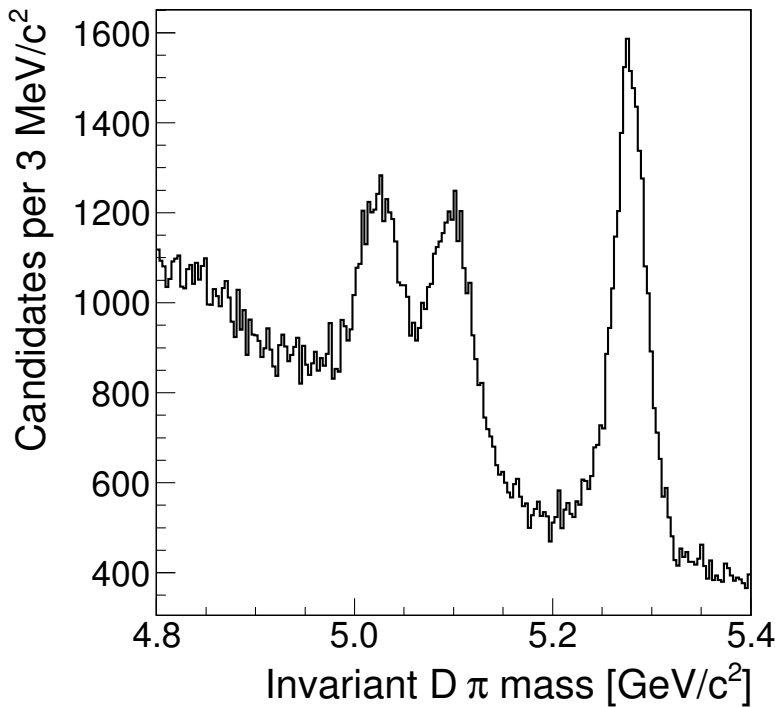
Abgabe bis 15.01.2024, 10:00 Uhr

Aufgabe 1: Parameteranpassung und Spektren

(11 Punkte)

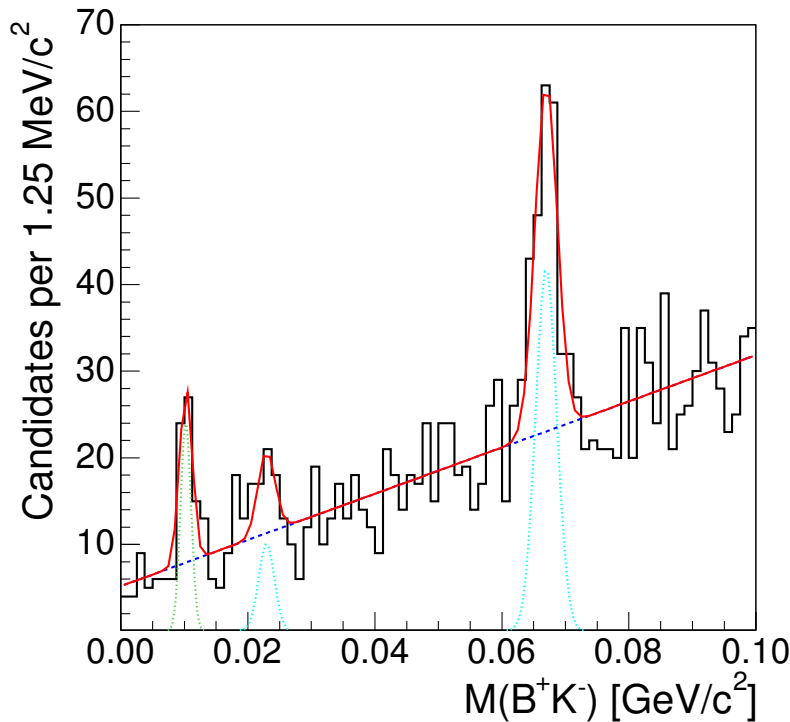
Das folgende Spektrum der invarianten Masse von $D^0\pi^+$ Kombinationen wurde mit Hilfe von Daten des CDF II-Experiments erstellt. Das D wurde im Zerfall in zwei geladene Spuren rekonstruiert.

B Mass Spektrum



- Welche Komponenten können in dem Spektrum erkannt werden?
- Wie würden Sie vorgehen um eine funktionale Parametrisierung der einzelnen Komponenten vorzunehmen?
- Dieses Spektrum wurde für die Analyse von orbital angeregten B_s Zerfällen erstellt, in der B^+ Mesonen mit einem geladenen Kaon kombiniert werden. Wie könnten Komponenten der partiell rekonstruierten Mesonen für die Analyse genutzt werden?

Nach oben erwähnter Kombination (nur der vollständig rekonstruierten B^+ Mesonen mit invers geladenen Kaonen) bekommt man folgendes Spektrum:



Es wurden aus technischen Gründen die Masse des B^+ Mesons und des Kaons abgezogen, die für die endgültige Massenmessung der orbital angeregten Mesonen direkt von der PDG übernommen werden.

d) Da das b Quark recht schwer ist, kann es näherungsweise als statische Quelle eines starken Feldes angesehen werden. B_q Mesonen können daher in Bezug auf die Kopplung des Drehimpulses in Anlehnung an Wasserstoffatome betrachtet werden, wobei das leichte Quark die Rolle des Elektrons wahrnimmt. Welche Zustände mit einfach angeregtem orbitalem Moment gibt es also? Erklären Sie die Analogie zum Wasserstoffatom weiter: Welche Aufspaltung entspricht der Feinstruktur, welche der Hyperfeinstruktur?

e) Wie können die jeweiligen Zustände zerfallen? Welcher zusätzliche Drehimpuls muss zwischen den Zerfallsprodukten dafür existieren? Beachten Sie die Paritätserhaltung, und dass der Spin des b Quarks näherungsweise von der Wechselwirkung entkoppelt. Warum zerfallen die angeregten B_s Mesonen eher in B^+K^- als in $B_s\pi^0$?

f) Das Überlappintegral zwischen Zuständen ist je kleiner, desto größer der zusätzliche Drehimpuls zwischen den Endzustandsteilchen, und zwar etwa einen Faktor 10 pro zusätzlichem Quantum. Zusätzlich besteht eine sehr starke Abhängigkeit der Zerfallsbreite von dem zur Verfügung stehenden Phasenraum. Erklären Sie das Spektrum der B^+K^- Meson-Kombinationen und nehmen Sie an, dass die Rekonstruktionseffizienz nicht stark von der invarianten Masse abhängt. Beachten Sie, dass Photonen bei CDF II nicht rekonstruiert werden und daher ggf. verloren gehen.

Aufgabe 2: Vollständige Rekonstruktion

(7 Punkte)

Viele B - und D -Mesonen zerfallen semileptonisch oder leptonisch, wobei ein oder mehrere Neutrinos entstehen können. Diese können nicht direkt im Detektor nachgewiesen werden, aber eventuell kann aus der gesamten Zerfallskinematik auf die Impulse der Neutrinos geschlossen werden.

Zu diesem Zweck wird die Vollständige Rekonstruktion angewandt. Wenn eine B -Fabrik auf der $Y(4S)$ -Resonanz läuft entstehen genau 2 B -Mesonen. Bei der Methode der Vollständigen Rekonstruktion wird nun eines dieser Mesonen komplett rekonstruiert, so dass der Impuls des zweiten B -Mesons deutlich besser bekannt ist. Das Meson, dass komplett rekonstruiert wird, wird auch Tag-Side-Meson genannt. Tag bedeutet Markierung. Das andere B -Meson, dessen Impuls nun gut bekannt ist, wird Signal-Side-Meson genannt.

a) Was limitiert die Kenntnis des kinematischen Zustands des $Y(4S)$ vor dem Zerfall in B -Mesonen?

Nehmen Sie nun an, diese Unsicherheit liege im Bereich weniger MeV. Wie gross ist die Unsicherheit auf den Impuls des Signal-Side- B -Mesons ohne Rekonstruktion des Tag-Side- B -Mesons?

b) Welcher weitere Vorteil außer der Bestimmung des fehlenden Impulses ergibt sich aus der vollständigen Rekonstruktion?

c) Welche Zerfälle würden Sie für die vollständige Rekonstruktion nutzen? Nennen Sie mindestens 5 B -Zerfälle. Darunter können auch Zerfälle in instabile Teilchen sein. Nennen Sie dann auch Zerfallskanäle für diese instabilen Teilchen. Schätzen Sie grob das abgedeckte Verzweungsverhältnis aller instabilen Teilchen sowie die Rekonstruktionseffizienz für B -Mesonen mit dieser Methode ab, wenn die Wahrscheinlichkeit ein geladenes Teilchen zu entdecken bei 80% liegt und die Wahrscheinlichkeit ein Photon zu entdecken bei $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

Nennen Sie 4 weitere Zerfälle einer anderen Zerfallsklasse die zwar keine komplette Rekonstruktion erlauben, aber trotzdem die weiteren Vorteile der Vollständigen Rekonstruktion bringen.

d) Schlagen Sie 3 Analysen vor, die von der vollständigen Rekonstruktion profitieren können.

e) Können Sie alternative Methoden vorschlagen, mit denen man Reinheit opfert aber Effizienz gewinnt?

Aufgabe 3: Vor- und Nachteile von B -Fabriken

(2 Punkte)

Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile von B -Fabriken relativ zu Experimenten an Hadronbeschleunigern. Als Beispiele können $B \rightarrow \tau\tau$, $B \rightarrow \mu\mu$, Ω_b Spektroskopie und $B \rightarrow \mu\mu\gamma$ dienen, aber Sie können beliebig andere verwenden.