

Klausur Moderne Experimentalphysik III

25. Juli 2011

Bitte deutlich schreiben.

Telefone bitte ausschalten.

Versehen Sie bitte alle Blätter mit Namen und Matrikelnummer.

Dauer: 120min.

Bei Klausurende bitte ALLE Blätter abgeben — auch das Aufgabenblatt.

Ergebnisse: Dienstag, 26.07.2011, am schwarzen Brett im Hochhaus.

Klausureinsicht: Mittwoch, 27.07.2011, 10:00-11:00 Uhr im Raum 9/1 im Hochhaus.

Weitere Details stehen auf der Webseite zur Vorlesung.

Studiengang: (bitte ankreuzen oder angeben)

- ☐ Bachelor of Science Physik
☐ Bachelor of Science Geophysik
☐ Bachelor of Science Meteorologie
☐ Diplom Physik
☐ Diplom Geophysik
☐ Diplom Meteorologie
☐ Anderer: _____

Nachname: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

[illegible]

Klausur Moderne Experimentalphysik III

Zu verwendende Konstanten: $hc = 1.2 \text{ GeV fm}$

Aufgabe 1: β -Zerfall

(3 Punkte)

Benennen Sie die Terme der Weizsäcker-Massenformel, die sich beim β^- bzw. β^+ -Zerfall eines Kerns ändern? Skizzieren Sie qualitativ die Masse von Isobaren als Funktion der Kernladungszahl Z für ungerade und gerade Massenzahlen A . Zeichnen Sie das Feynman-Diagramm auf Quark-Niveau für den β^- -Zerfall eines Neutrons.

Aufgabe 2: Kernmodelle

(3 Punkte)

In welchem Kernmodell lässt sich am besten erklären, dass Blei stabil ist? Welche Kernmodelle sind jeweils geeignet, um den Asymmetrie- und den Oberflächenterm der Weizsäcker-Massenformel zu erklären? Begründen Sie kurz Ihre Wahl.

Aufgabe 3: $B_{(s)}^0$ -Oszillationen

(3 Punkte)

Zeichnen Sie die beiden Feynman-Diagramme führender Ordnung für die Oszillation von B^0 -Mesonen ($\bar{b}d$)? Zeichnen Sie die beteiligten CKM-Matrixelemente an den Vertices ein. Was ändert sich, wenn man die Oszillation von B_s^0 -Mesonen ($\bar{b}s$) betrachtet? Welche der beiden Arten von Mesonen oszilliert schneller? Begründen Sie Ihre Antwort anhand der Feynman-Diagramme. Gehen Sie bei der Begründung davon aus, dass nur die Prozesse mit den schwersten virtuellen Quarks beitragen.

Aufgabe 4: Λ -Teilchen

(3 Punkte)

Λ -Teilchen sind neutrale Baryonen mit Strangeness -1, Bottomness 0 und Isospin 0. Aus welchen Valenzquarks sind sie demnach zusammengesetzt? Begründen Sie Ihre Schlussfolgerung. Können Λ -Teilchen in ein Proton und ein negativ geladenes Pion zerfallen? Bestimmen und begründen Sie, welche Wechselwirkung für diesen Zerfall verantwortlich ist. Welchen Isospin kann der Endzustand haben? Was könnten Sie allein aus der Isospinbetrachtung über die Wechselwirkung schließen?

Aufgabe 5: Pionzerfall

(3 Punkte)

Geladene Pionen sind pseudoskalare Mesonen (Spin 0), die bevorzugt in ein Myon und das entsprechende Myon-Neutrino zerfallen, jedoch nur selten in ein Elektron und das entsprechende Elektron-Neutrino. Begründen Sie anhand dieser Tatsache und mit einer geeigneten Skizze, dass die Parität in der schwachen Wechselwirkung verletzt ist.

Aufgabe 6: Teilchenreaktionen

(5 Punkte)

Überprüfen Sie, ob folgende Reaktionen möglich sind. Falls nicht, geben Sie den Grund an. Falls ja, benennen sie die dominante Wechselwirkung.

- a) $p \rightarrow n \tau^+ \nu_\tau$
- b) $\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma$
- c) $p \bar{p} \rightarrow n n$
- d) $p \gamma \rightarrow p$
- e) $\nu_e e^- \rightarrow \nu_\mu \mu^-$
- f) $\pi^+ \pi^- \rightarrow K^+ K^- \pi^+ n \bar{p}$
- g) $p K^- \rightarrow \pi^- \Lambda^0$
- h) $J/\psi \rightarrow e^+ e^-$
- i) $J/\psi \rightarrow \nu_\tau \bar{\nu}_\tau$
- j) $\tau^- \rightarrow \pi^- \nu_\tau$

Aufgabe 7: Protonstruktur

(2 Punkte)

Protonen haben einen Radius von etwa 1 fm. Berechnen Sie, welchen Impuls Teilchen, die auf das ruhende Proton geschossen werden, mindestens haben müssen, damit man die innere Struktur des Protons untersuchen kann. Erzielt man bei gleicher kinetischer Energie eine bessere Auflösung mit Elektronen oder Myonen? Begründen Sie Ihre Antwort mit der Herleitung einer geeigneten Formel.

Aufgabe 8: Strukturfunktion

(3 Punkte)

Skizzieren Sie für folgende drei Fälle die Strukturfunktion des Protons und erklären sie deren Verlauf. Wie sähe die Strukturfunktion aus, wenn das Proton nur aus zwei nicht-wechselwirkenden Valenzquarks bestehen würde? Was ändert sich in diesem Fall, wenn man die Wechselwirkung zwischen den Valenzquarks berücksichtigt? Welchen zusätzlichen Effekt haben Seequarks?

Aufgabe 9: Neutrinos

(3 Punkte)

Woher weiß man, dass es genau drei Arten von leichten Neutrinos gibt? Erläutern Sie qualitativ die zugrundeliegende Idee der entsprechenden Messung. Wie schwer müsste eine weitere Art von Neutrinos mindestens sein, dass die Messung insensitive auf sie wäre?

Aufgabe 10: Detektoren

(3 Punkte)

Auf welchem Prinzip beruhen Čerenkov-Detektoren? Ermitteln Sie den Schwellenimpuls und anhand einer geeigneten Skizze den Winkel des abgestrahlten Čerenkov-Lichts für ein Teilchen der Masse m in einem Medium mit Brechungsindex n . Wozu werden Čerenkov-Detektoren eingesetzt? Welche weiteren Detektoren gibt es für diese Aufgabe?