Kern- und Teilchenphysik
Universität zu Köln, Wintersemester 2015/2016
Prof. Dr. Andreas Zilges / Dr. V. Derya / S. Pickstone / M. Weinert / J. Wilhelmy

Übung 7

(Ausgabe: 01.12.2015, Abgabe: 08.12.2015)

Hinweis zur studentischen Vollversammlung:

Am **Donnerstag, den 03.12.2015 findet um 14 Uhr in HS II** die Vollversammlung aller Studierenden der Physik statt. Dort werden Sie Informationen über die Arbeit der Fachschaft, Gremien und die anstehenden Wahlen (07.12.-11.12.) erhalten. Auf der Vollversammlung werden zudem die studentischen Mitglieder der Kommissionen in der Physik gewählt.

Übungsaufgaben (zulassungsrelevant)

Aufgabe 1: β-Zerfall in angeregte Zustände *(8 Punkte)*

Bei einem β^--Zerfall können drei Elektronenspektren mit den Endpunktenergien *(i)* 608 keV, *(ii)* 327 keV und *(iii)* 138 keV beobachtet werden. Außerdem liegen folgende Informationen vor:

- Koinzident, d.h. zeitlich direkt aufeinanderfolgend, mit der *i*-ten Komponente werden γ's mit den Energien 229 keV und 301 keV detektiert. Die beiden γ's werden auch untereinander koinzident nachgewiesen.
- Die *ii*-te Komponente hat koinzidente γ's von 229, 281, 301, 401, 410 und 510 keV.
- Bei der *iii*-ten Komponente werden alle genannten γ's koinzident detektiert und außerdem noch γ's mit 189, 470, 590 und 699 keV.

a) Erstellen Sie das zugehörige Zerfallsschema, welches die Energieniveaus des Tochterkerns zeigt und die Übergänge zwischen diesen Energieniveaus darstellt! Ein Beispiel für ein Zerfallsschema finden Sie z.B. in der Abbildung von Aufgabe 3. *(6 Punkte)*

b) Wie groß ist die Massendifferenz (*Q*-Wert) der Grundzustände von Mutter- und Tochterkern? Können Sie dies aus dem Zerfallsschema ablesen? *(2 Punkte)*

Aufgabe 2: Gemischte Kurzfragen *(10 Punkte)*

a) Wie bestimmt man die Multipolordnung und Parität der γ-Strahlung, die bei einem Übergang von einem $J^\pi=8^+$ Zustand zu einem $J^\pi=6^+$ Zustand emittiert wird? Welche Multipolordnung wird man bevorzugt finden? *(2 Punkte)*

b) Wie lässt sich die Multipolordnung von γ-Strahlung experimentell messen? Können Sie aus dieser Messung auch Rückschlüsse auf den Spin der beiden Zustände ziehen, zwischen denen der γ-Übergang stattfindet? *(2 Punkte)*

c) Was versteht man unter einem Isomer? Geben Sie ein Beispiel! *(2 Punkte)*

d) Was passiert beim Zerfall über Innere Konversion? Wann ist dieser Zerfallsmechanismus gegenüber dem γ-Zerfall bevorzugt? *(2 Punkte)*

e) Bestimmen Sie die Rückstoßenergie des Atomkerns ^{208}Pb beim γ-Zerfall aus dem angeregten Zustand mit der Energie E_1 = 2614.522 keV. *(2 Punkte)*

(bitte wenden)

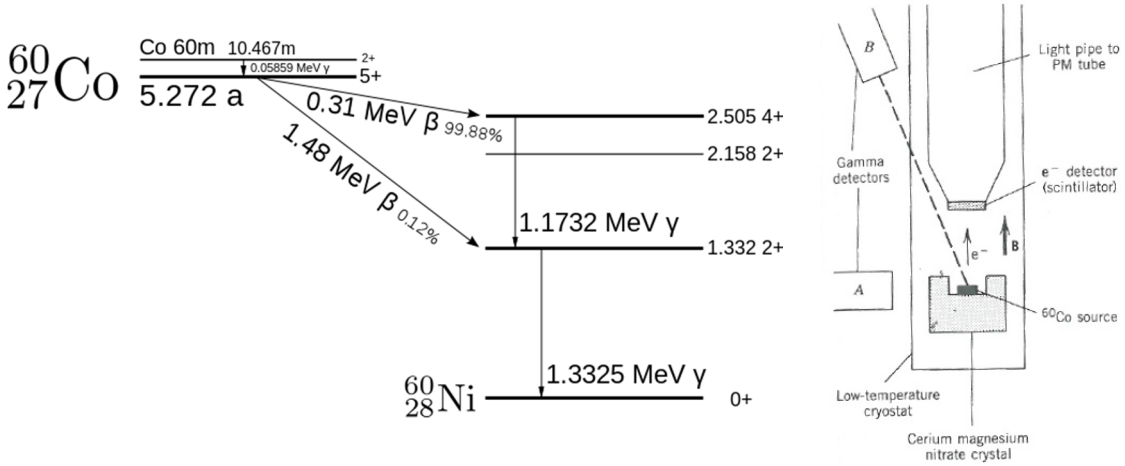
<u>Aufgabe 3:</u> Paritätsverletzung der schwachen Wechselwirkung ***(12 Punkte)***

Anhand des β^--Zerfalls von ^{60}Co ist experimentell gezeigt worden, dass die Paritätserhaltung durch die schwache Wechselwirkung verletzt wird. Dies ist ein fundamentales Ergebnis der Kern- und Teilchenphysik und zeigt auf, dass die Natur bereits auf kleinsten Skalen zwischen dem Originalbild und seinem Spiegelbild unterscheidet. Diese Aufgabe dient dazu, dieses zentrale Ergebnis anhand der Originaldaten nachzuvollziehen.

a) Berechnen Sie den Q-Wert für den β^--Zerfall von ^{60}Co in den Grundzustand von ^{60}Ni! Wieso ist der Grundzustandsübergang stark unterdrückt? Welche Übergänge werden stattdessen am häufigsten beobachtet? *(4 Punkte)*

b) Skizzieren Sie, was für die Richtung der Elektronemission erwartet würde, wenn der Kernspin $\vec{J}$ in einem externen Magnetfeld $\vec{B}$ ausgerichtet, die Richtung dieses Feldes umgedreht würde und Parität erhalten wäre! *(4 Punkte)*

c) Vollziehen sie mit Hilfe der Originalveröffentlichung von C.S. Wu *et al.* nach, was stattdessen beobachtet wurde! Beschreiben Sie hierzu das Experiment, in dem der Zerfall in den angeregten 4^+-Zustand von ^{60}Ni beobachtet wurde. Wieso musste die ^{60}Co-Quelle auf 0.01 K gekühlt werden? Was lässt sich aus der gemessenen γ-Anisotropie und der gemessenen β-Asymmetrie ableiten? *(4 Punkte)*

Die Originalveröffentlichungen finden Sie hier:
C.S. Wu *et al.*: https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.105.1413
Die benötigten Atommassen finden Sie unter:
http://amdc.impcas.ac.cn/evaluation/data2012/data/mass.mas12

Zerfallsschema von ^{60}Co und experimenteller Aufbau: