

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2016/2017	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de
--	----------------------------	---

Bitte jede Aufgabe (1, 2.1, 2.2, ...) auf einem neuen Blatt.

Name, Vorname und Matrikelnummer jeweils nicht vergessen.

1 Wissen (48 P.)

- a. Suchen Sie in der Nuklidkarte Bismut und erklären Sie, was die Farben der Felder bedeuten (3 P.).
- b. Welche Arten von Radioaktivität kennen Sie? Erklären Sie diese kurz mit Hilfe der entsprechenden Reaktionsgleichung (4 P.).
- c. Geben Sie die Bethe-Weizsäcker-Formel an (ohne Zahlenwerte) und erklären Sie die auftretenden Terme (10 P.).
- d. Stellen Sie die Bindungsenergie als Funktion der Massenzahl (entlang des Tales/Bergrückens der Stabilität) graphisch dar und erklären Sie, in welchen Bereichen Kernfusion und Kernspaltung auftreten können und warum (4 P.).
- e. Erklären Sie mit Hilfe des Schalenmodells β^+ - und β^- -Zerfälle. Gehen Sie dabei insbesondere darauf ein, warum Neutronen, die frei instabil sind, in stabilen Kernen nicht zerfallen und warum Protonen, die frei stabil sind, in β^+ -instabilen Kernen zerfallen (Skizze!, 5 P.).
- f. Bei der Fusion in der Sonne geschieht netto die folgende Reaktion: $4 \text{ p} \rightarrow {}^4\text{He} + ?$. Was fehlt auf der rechten Seite? Erklären Sie, welche Erhaltungssätze Sie verwendet haben (4 P.).
- g. Unsere Sonne wird insgesamt etwa 10 Milliarden Jahre leuchten. Schätzen Sie grob ab, wie lange unsere Sonne geleuchtet hätte, wenn sie aus Kohle und Sauerstoff bestanden hätte und die gleiche Leuchtleistung (d.h. den gleichen Energiestrom) durch Verbrennung der Kohle erzeugt hätte. Begründen Sie (3 P.).
- h. Wie ist die Aktivität einer radioaktiven Substanz definiert? Wie lautet sie als Funktion der Zeit? Was ist die Halbwertszeit, und wie bekomme ich diese experimentell aus der Zeitabhängigkeit der Aktivität (5 P.)?
- i. Als Zweiteilchenzerfall bezeichnet man eine Reaktion der Form $A \rightarrow C + D$, als Dreiteilchenzerfall folglich $A \rightarrow C + D + E$. A ruht jeweils. Ein Detektor messe in solchen Zerfallsexperimenten die kinetische Energie des Teilchens C . In einem Histogramm werde die Häufigkeit des Auftretens kinetischer Energien von C gegen die kinetische Energie aufgetragen. Erklären Sie, wie ein solches Spektrum für einen Zweiteilchenzerfall sowie für einen Dreiteilchenzerfall aussieht unter Zuhilfenahme weniger (nichtrelativistischer) Formeln (10 P.).

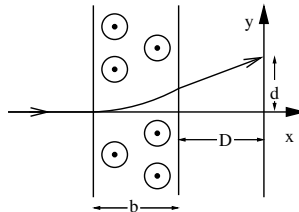
2 Können

2.1 Altersbestimmung (15 P.)

Für die Altersbestimmung mittels der Radiokarbonmethode benötigen Sie die Halbwertszeit von ^{14}C ; suchen Sie diese aus der Nuklidkarte heraus (1 P.).

- In einem biologischen Material misst man die spezifische Aktivität des ^{14}C zu $A = 15$ Zerfälle pro Stunde und Gramm Kohlenstoff. Es ist bekannt, dass ein Gramm Kohlenstoff $0,5 \cdot 10^{23}$ Kohlenstoffatome enthält. Berechnen Sie den Anteil von ^{14}C am gesamten Kohlenstoff; $\ln(2) \approx 0.7$ (7 P.).
- Die normale spezifische Aktivität von ^{14}C in organischen Substanzen beträgt $0.007 \mu\text{Ci}$ pro Kilogramm. Die verkohlten Reste einer Feuerstelle eines alten Lagerplatzes haben die Aktivität von $0.00175 \mu\text{Ci}$ pro Kilogramm. Berechnen Sie, wann der Lagerplatz zuletzt benutzt wurde (7 P.)

2.2 Massenbestimmung im homogenen Magnetfeld (15 P.)



Ionen von Uran-Isotopen werden in einem räumlich begrenzten homogenen Magnetfeld abgelenkt, welches in z -Richtung zeigt. Anschließend treffen sie auf einen Detektor.

- Welche Bahn beschreibt ein geladenes Teilchen im homogenen Magnetfeld, auf das nur die Lorentz-Kraft wirkt? Begründen Sie (7 P.).
- Berechnen Sie formelmäßig, in welchem Abstand d vom Ursprung je zehnfach positiv geladene Ionen von ^{235}U auf den Schirm treffen. Welche Größen müssen gegeben sein (7 P.)?
- Was geschieht bei zu großem B -Feld (1 P.)?

3 Weiterdenken

3.1 Paritätserlaubte α -Zerfälle (16 P.)

Beim α -Zerfall wird ein ${}^4\text{He}$ -Kern im Zustand 0^+ mit der Drehimpulsquantenzahl L emittiert.

- Koppeln Sie einen Spin $s_1 = 7/2$ mit einem Spin $s_2 = 2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspins. Das sollte gleich sein (4 P.).
- Koppeln Sie drei Spins $s_1 = 1/2$, $s_2 = 3$ und $s_3 = 3/2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspins. Das sollte gleich sein. Doch Vorsicht, hier treten manche Gesamtspins mehrfach auf (4 P.).
- In welche Zustände kann ein 0^- -Kern über den α -Zerfall zerfallen? Geben Sie eine analytische Formel an (4 P.).
- Kann ein 2^+ -Kern in einen 4^- -Kern zerfallen? Begründen Sie (4 P.).

3.2 Zerfallskette (16 P.)

Kerne der Sorte A zerfallen radioaktiv in B, diese zerfallen radioaktiv in die stabilen Kerne C. Stellen Sie die zugehörigen Differentialgleichungen für die Teilchenzahlen auf und geben Sie die Lösungen für $N_A(t)$, $N_B(t)$ und $N_C(t)$ für den Fall an, dass am Anfang nur A vorliegt.

Es können 110 Punkte erreicht werden.

Noten

- $0 \leq P \leq 50 \Rightarrow 5.0$
- $51 \leq P \leq 55 \Rightarrow 4.0$
- $56 \leq P \leq 60 \Rightarrow 3.7$
- $61 \leq P \leq 65 \Rightarrow 3.3$
- $66 \leq P \leq 70 \Rightarrow 3.0$
- $71 \leq P \leq 75 \Rightarrow 2.7$
- $76 \leq P \leq 80 \Rightarrow 2.3$
- $81 \leq P \leq 85 \Rightarrow 2.0$
- $86 \leq P \leq 90 \Rightarrow 1.7$
- $91 \leq P \leq 95 \Rightarrow 1.3$
- $96 \leq P \leq \infty \Rightarrow 1.0$