

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2012/201	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de
--	---------------------------	---

**Bitte jede Aufgabe (1.2, 1.2, ...) auf einem neuen Blatt.
Name, Vorname und Matrikelnummer jeweils nicht vergessen.**

1 Wissen (50 P.)

- a. Woraus bestehen Atomkerne? (2 P.)?
- b. Was bedeutet ${}^1_6\text{C}$? Welche Größe kann man daraus noch ableiten? (4 P.)?
- c. Suchen Sie in der Nuklidkarte Kohlenstoff und erklären Sie alle 10 Felder (4 P.).
- d. Geben Sie die Bethe-Weizsäcker-Formel an (ohne Zahlenwerte) und erklären Sie die auftretenden Terme (12 P.).
- e. Stellen Sie die Bindungsenergie als Funktion der Massenzahl (entlang des Tales der Stabilität) graphisch dar und erklären Sie, in welchen Bereichen Kernfusion und Kernspaltung auftreten können und warum (8 P.).
- f. 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.)?
- g. Was versteht man unter β -Zerfällen (4 P.)?
- h. Warum zerfallen Neutronen in stabilen Kernen wie ${}^{12}_6\text{C}$ nicht (8 P.)?
- i. 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.).

2 Können

2.1 Altersbestimmung (20 P.)

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

- a. 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 und dass $\ln(2)$ etwa Eins ist. Berechnen Sie den Anteil von ^{14}C am gesamten Kohlenstoff (10 P.).
- b. 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 (9 P.).

2.2 Zwei- und Dreiteilchenzerfälle (20 P.)

Als Zweiteilchenzerfall bezeichnet man eine Reaktion der Form $A \rightarrow C + D$, als Dreiteilchenzerfall folglich $A \rightarrow C + D + E$. 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.

- a. Wie sieht ein solches Spektrum für einen Zweiteilchenzerfall aus. Erklären Sie (10 P.).
- b. Wie sieht ein solches Spektrum für einen Dreiteilchenzerfall aus. Erklären Sie (10 P.).

3 Weiterdenken

3.1 Paritätserlaubte α -Zerfälle (30 P.)

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

- Koppeln Sie einen Spin $s = 7/2$ mit einem Spin $s = 3/2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspins. Das sollte gleich sein (8 P.).
- Koppeln Sie drei Spins $s = 2$. 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 (8 P.).
- In welche Zustände kann ein 0^+ -Kern über den α -Zerfall zerfallen? Geben Sie eine analytische Formel an (8 P.).
- Kann ein 2^+ -Kern in einen 3^+ -Kern zerfallen? Begründen Sie (6 P.).

3.2 Magische Zahlen (10 P.)

Erklären Sie mit Hilfe des drei-dimensionalen harmonischen Oszillators exemplarisch, was magische Zahlen sind.

Es können 130 Punkte erreicht werden.

Noten

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