

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2015/2016	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. Woraus bestehen Atomkerne? Was bedeutet ${}_{12}^{23}\text{Mg}$? Welche Größe kann man daraus noch ableiten (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. Komplettieren Sie die Reaktionsgleichung ${}_{92}^{235}\text{U} + \text{n} \longrightarrow {}_{36}^{90}\text{Kr} + {}_{56}^{144}\text{Ba} + ?$ und geben Sie formelmäßig an, welche Energie (Q -Wert) freigesetzt wird (4 P.).
- e. Erklären Sie, was magische Zahlen sind und welche Eigenschaften daraus folgen. Wie erklärt man das Zustandekommen von magischen Zahlen in Einteilchenmodellen (4 P.)?
- f. Erklären Sie, warum Protonen, die doch frei stabil sind, in β^+ -instabilen Kernen zerfallen (Skizze!, 5 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 hängen Koordinaten und Impulse für zwei kollidierende Teilchen A und B mit den entsprechenden Schwerpunkts- und Relativgrößen zusammen? Geben Sie die nichtrelativistische kinetische Energie in beiden Koordinatensystemen an. Benennen Sie die auftretenden Größen (10 P.).
- i. 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.)?

2 Können

2.1 Altersbestimmung (15 P.)

Für die Altersbestimmung mittels der Radiokarbonmethode benötigen Sie die Halbwertszeit von ^{14}C ; sie lautet 5730 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. 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 1970 verbrannten Palme vom Bikini-Atoll haben die Aktivität von $0.014 \mu\text{Ci}$ pro Kilogramm. Welches Alter suggeriert die Aktivität? Welche Vermutung haben Sie zu dem Fall (8 P.)?

2.2 Zwei identische Teilchen im Kastenpotential(15 P.)

Zwei identische Teilchen befinden sich in einem eindimensionalen Kastenpotential mit unendlich hohen Potentialwänden

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } 0 \leq x \leq L \\ \infty & \text{sonst} \end{cases} . \quad (1)$$

- Wie lauten die Energieeigenwerte und die Eigenfunktionen (Ortsdarstellung) für ein Teilchen im Kastenpotential (5 P.)?
- Formulieren Sie den Hamiltonoperator des Zweiteilchensystems. Warum separieren die Eigenfunktionen in einen Orts- und einen Spinanteil (5 P.)?
- Bei den beiden Teilchen handele es sich um Fermionen mit Spin $s = 1/2$. Welche Symmetrie muss der Ortsanteil der Eigenfunktion haben, wenn der Spinanteil durch $S = 1$ beschrieben wird und welche Symmetrie muss der Ortsanteil der Eigenfunktion haben, wenn der Spinanteil durch $S = 0$ beschrieben wird? Berechnen Sie für beide Fälle die möglichen Energieeigenwerte und (unnormierten) Eigenfunktionen (5 P.).

3 Weiterdenken

3.1 Paritätserlaubte α -Zerfälle (20 P.)

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

- Koppeln Sie einen Spin $s_1 = 5/2$ mit einem Spin $s_2 = 3/2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspins. Das sollte gleich sein (5 P.).
- Koppeln Sie drei Spins $s_1 = 3/2$, $s_2 = 2$ und $s_3 = 5/2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspins (5 P.).
- In welche Zustände kann ein 1^+ -Kern über den α -Zerfall zerfallen? Begründen Sie kurz (5 P.).
- Kann ein 1^+ -Kern in einen 1^- -Kern zerfallen? Begründen Sie kurz (5 P.).

3.2 Klassische Streuung an einer harten Kugel (20 P.)

Berechnen Sie den partiellen und den totalen Wirkungsquerschnitt für die klassische Streuung eines Punktteilchens an einer harten Kugel ausgehend von folgender Formel

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = -\frac{b}{\sin(\theta)} \frac{db}{d\theta} . \quad (2)$$

Leiten Sie dazu den funktionalen Zusammenhang $b(\theta)$ aus dem Reflexionsgesetz ab.

Es können 118 Punkte erreicht werden.

Noten

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