

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2013/2014	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 (55 P.)

- a. Woraus bestehen Atomkerne? Was bedeutet  $^{18}_8\text{O}$ ? Welche Größe kann man daraus noch ableiten (3 P.)?
- b. Suchen Sie in der Nuklidkarte Bismut und erklären Sie, was die Felder und ihre Farben bedeuten (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 der Stabilität) graphisch dar und erklären Sie, in welchen Bereichen Kernfusion und Kernspaltung auftreten können und warum (5 P.).
- e. 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.)?
- f. Erklären Sie, warum Protonen, die doch frei stabil sind, in manchen Kernen durch  $\beta^+$ -Zerfall zerfallen (Skizze!, 5 P.).
- g. Komplettieren Sie die Reaktionsgleichung  $^{235}_{92}\text{U} + \text{n} \longrightarrow ^{90}_{36}\text{Kr} + ^{144}_{56}\text{Ba} + ?$  und geben Sie formelmäßig an, welche Energie ( $Q$ -Wert) freigesetzt wird (4 P.).
- h. Wie lautet die Slaterdeterminante aus den Einteilchenzuständen  $|\phi_1\rangle$ ,  $|\phi_2\rangle$  und  $|\phi_3\rangle$ ? Sie brauchen nicht zu normieren (4 P.).
- i. 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.).
- j. In einem Linearbeschleuniger werden Teilchen A auf Teilchen B geschossen, wobei sich B in Ruhe befindet. Erläutern Sie quantitativ, ob es günstiger ist, leichte Teilchen auf schwere oder schwere Teilchen auf leichte zu schießen. Betrachten Sie dazu das Verhältnis von Relativenergie zu Schwerpunktsenergie. Warum ist dieses Verhältnis interessant (5 P.)?

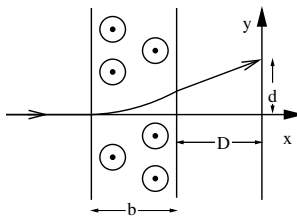
## 2 Können

### 2.1 Altersbestimmung (20 P.)

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

- In einem biologischen Material misst man die spezifische Aktivität des  $^{14}\text{C}$  zu  $A = 12000$  Zerfälle pro Stunde und Kilogramm Kohlenstoff. Es ist bekannt, dass ein Gramm Kohlenstoff  $0,5 \cdot 10^{23}$  Kohlenstoffatome enthält. Berechnen Sie den Anteil von  $^{14}\text{C}$  am gesamten Kohlenstoff unter der Annahme, dass  $\ln(2)$  etwa Eins ist (8 P.).
- Die normale spezifische Aktivität von  $^{14}\text{C}$  in organischen Substanzen beträgt  $0.007 \mu\text{Ci}$  pro Kilogramm. Die verkohlten Reste eines Holzscheites hat ein Urmensch benutzt, um sein Höhlengemälde mit der Jahreszahl „9447 AC“ (ante Christum, vor Christus) zu signieren. Welche spezifische Aktivität sollte die Radiokarbonmethode für so alte Proben ergeben (8 P.)?
- Wenn man aber genauer nachdenkt, kann man abschätzen, welchen Wert man für *diese* Schrift mindestens messen wird. Welchen? Begründen Sie kurz (3 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  $^{235}\text{U}$  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 $\alpha$ -Zerfälle (25 P.)

Beim  $\alpha$ -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  $s_2 = 2$ . Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspin. Das sollte gleich sein (5 P.).
- Koppeln Sie drei Spins  $s = 3$ . Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimensionen des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu dem Gesamtspin. Das sollte gleich sein. Doch Vorsicht, hier treten manche Gesamtspins mehrfach auf (7 P.).
- In welche Zustände kann ein  $0^+$ -Kern über den  $\alpha$ -Zerfall zerfallen? Geben Sie eine analytische Formel an (7 P.).
- Kann ein  $2^+$ -Kern in einen  $3^+$ -Kern zerfallen? Begründen Sie (6 P.).

#### 3.2 Zerfallskette (10 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 125 Punkte erreicht werden.**

## Noten

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