

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2022/2023	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 (42 P.)

- Suchen Sie in der Nuklidkarte die Isotone zu $N = 125$ und erklären Sie die Farben und Beschriftungen der Felder (7 P.).
- Geben Sie die Bethe-Weizsäcker-Formel an (ohne Zahlenwerte) und erklären Sie die auftretenden Terme (10 P.).
- 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 spontan auftreten können und warum (4 P.).
- 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!, 6 P.).
- 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.).
- Stellen Sie die Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung als Funktion der Radialkoordinate schematisch dar und erläutern Sie kurz ihre beiden wichtigen Anteile (3 P.).
Stellen Sie ebenfalls die Radialabhängigkeit der Relativwellenfunktionen des Deuterons in derselben Graphik dar (eine Kurve genügt) und erläutern Sie kurz ihre beiden wichtigen Anteile (3 P.).
- Wie sieht das Dichteprofil eines größeren Kernes qualitativ aus? Skizzieren Sie das Profil. Was ist ungewöhnlich? Womit begründet man diese Form (3 P.)?
- Was hat die Wismut AG getan und wo (2 P.)?

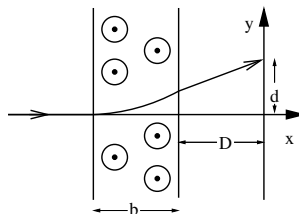
2 Können

2.1 Altersbestimmung (18 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 $A = 14$ 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 $0.000875 \mu\text{Ci}$ pro Kilogramm. Berechnen Sie, wann der Lagerplatz zuletzt benutzt wurde (7 P.).
- Welche Annahme macht man implizit, wenn man Methoden wie die Radiokarbonmethode verwendet (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}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 (20 P.)

Beim α -Zerfall wird ein ${}^4\text{He}$ -Kern im Zustand 0^+ emittiert. Der Ausgangskern sei im Zustand $J_i^{\pi_i}$, der Produktkern im Zustand $J_f^{\pi_f}$. α -Teilchen und Produktkern haben eine relativen Bahndrehimpuls mit der Drehimpulsquantenzahl L . Die zu L gehörende Paritätsänderung beträgt $(-1)^L$.

Bei der Betrachtung dieser Zerfälle geht es u.a. darum, ob eine Kopplung $J_i^{\pi_i} + 0^+ + L^{(-1)^L}$ zu $J_f^{\pi_f}$ möglich ist.

- Koppeln Sie einen Spin $s = 7/2$ mit einem Spin $s = 3/2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimension des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu den Gesamtspins. Das sollte gleich sein (4 P.).
- Koppeln Sie drei Spins $s = 2$. Welche Gesamtspins können resultieren? Überprüfen Sie die Dimension des Produkthilbertraumes und die Summe der Dimensionen der Hilberträume zu den Gesamtspins. Das sollte gleich sein. Doch Vorsicht, hier treten manche Gesamtspins mehrfach auf (4 P.).
- In welche Zustände $J_f^{\pi_f}$ kann ein 0^+ -Kern über den α -Zerfall zerfallen? Geben Sie eine analytische Formel an (4 P.).
- Kann ein 2^+ -Kern in einen 3^+ -Kern zerfallen? Begründen Sie (4 P.).
- Erklären Sie, dass der angeregte 1^+ -Zustand des ${}^{20}\text{Ne}$ über den α -Zerfall in den angeregten 3^- -Zustand des ${}^{16}\text{O}$ zerfallen kann, nicht aber in den 0^+ -Grundzustand (4 P.).

3.2 Zerfallskette (17 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 112 Punkte erreicht werden.

Noten

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