

**Aufgabe 1: Formelsammlung**

**1**

Erstellen Sie eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung, damit Sie vor der Klausur am 4.2.19 schon eine Übersicht über den behandelten Stoff haben. Geben Sie die Formelsammlung auf einem separaten Blatt zusammen mit den Lösungen zu den anderen Aufgaben ab. Vergessen Sie bitte auf allen Zetteln nicht, Ihren Namen, die Matrikelnummer und Ihre Übungsgruppe anzugeben.

**Aufgabe 2: Altersbestimmung mit der C14-Methode**

Das Isotop  $^{14}\text{C}$  wird in der Atmosphäre durch die Wechselwirkung von kosmischer Strahlung und  $^{14}\text{N}$  erzeugt.  $^{14}\text{C}$  zerfällt über  $\beta$ -Zerfall mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren. Durch den Stoffwechsel wird  $^{14}\text{C}$  in einem Verhältnis von  $1.5 \cdot 10^{-12}$  relativ zu  $^{12}\text{C}$  in lebende Organismen eingebaut. Um den  $^{14}\text{C}$  Gehalt einer Probe zu messen, wird ein Geiger-Müller-Zählrohr mit  $\text{CO}_2$ -Gas, das aus der Probe gewonnen wurde, befüllt und die Zahl der  $^{14}\text{C}$ -Zerfälle gemessen.

- a) Wie viele  $^{14}\text{C}$ -Zerfälle werden gemessen, wenn das Zählgas aus einer „frischen“ Probe gewonnen wurde und 6 g Kohlenstoff enthält? **1**
- b) Wie viele  $^{14}\text{C}$ -Zerfälle werden gemessen, wenn das Zählgas aus einer 2500 Jahre alten Holzprobe gewonnen wurde und ebenfalls 6 g Kohlenstoff enthält? **1**
- c) Während Ihres Urlaubs auf der Insel Samos wird Ihnen ein außergewöhnliches, antikes Objekt angeboten: ein rechtwinkliges Holzdreieck mit der Inschrift:  $\Pi\nu\theta\alpha\gamma\omicron\rho\rho\alpha\varsigma$ . Sie befüllen ein Geiger-Müller Zählrohr mit 0,2 g Kohlenstoff des Objekts und messen 161 Zerfälle pro Stunde. Wie alt ist das Holzdreieck ? (Und sollten Sie es kaufen?) **1**

**Aufgabe 3: Fermigas-Modell und Asymmetrieterm der Weizsäcker-Massenformel**

Die Zahl der Zustände von Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchen der Masse  $m$ , die in einem Volumen  $V_k$  eingeschlossen sind und eine Energie  $E \leq E_F$  haben, ist nach dem Fermigas-Modell

$$N = \frac{V_k}{3\pi^2\hbar^3} (2m)^{3/2} E_F^{3/2}.$$

- a) Berechnen Sie  $E_F$  in MeV für  $N = Z = A/2$  und  $r_0 = 1.2$  fm. **2**
- b) Wie groß ist die mittlere kinetische Energie  $\langle E \rangle = \frac{\int_0^{N(E_F)} E dN(E)}{\int_0^{N(E_F)} dN(E)}$  eines Nukleons? **2**

- c) Betrachten Sie nun den Fall  $N \neq Z$ . Allerdings wollen wir die Abweichung von  $N = Z$  als kleine Größe betrachten, sodass eine Taylor-Entwicklung nach  $\frac{N-Z}{A}$  möglich ist. Berechnen Sie  $E_F$  für Neutronen und Protonen, indem Sie die Entwicklung bis zum quadratischen Term durchführen. Benutzen Sie  $Z = \frac{Z+N}{2} + \frac{Z-N}{2} = \frac{A}{2}(1 + \frac{Z-N}{A})$ . **3**
- d) Schätzen Sie mit Hilfe von c) ab, welchen Beitrag die gesamte kinetische Energie der Nukleonen  $E_{\text{Ges}} = N\langle E^n \rangle + Z\langle E^p \rangle$  zum Asymmetrieterm der Weizsäcker-Massenformel liefert. **2**

#### Aufgabe 4: Weizsäcker-Massenformel

- a) Bestimmen Sie analytisch aus der Weizsäcker-Massenformel die Ladungszahl  $Z$  des stabilsten Isobars in Abhängigkeit von  $A$ . Nehmen Sie dabei  $Z$  als kontinuierliche Variable an und vernachlässigen Sie die Paarungsenergie. **2**
- b) Welche kinetische Energie wird frei, wenn ein  $^{238}\text{U}$ -Kern symmetrisch in zwei identische Bruchstücke gespalten wird? **2**
- c) Nehmen Sie an, dass jedes Bruchstück durch  $\beta$ -Zerfall weiter bis zum Massental hin zerfällt. Welches stabile Element wird erreicht und wie viel kinetische Energie wird insgesamt bei den  $\beta$ -Zerfällen frei? **2**
- d) In Fukushima wurden für die Reaktoren 1–3 beim Erdbeben am 11. März 2011 erfolgreich Schnellabschaltungen durchgeführt und die Kernspaltungskettenreaktionen beendet. Durch den vom Erdbeben ausgelösten Tsunami fiel dann knapp eine Stunde später durch Überschwemmungen die Kühlung der Reaktoren aus. Warum betrug die Abwärme zu diesem Zeitpunkt trotz der Schnellabschaltung noch ca. 1,5% der nominellen Leistung der Kernreaktoren und führte zu (Teil-)Kernschmelzen? **1**