

Besprechung: 21.11.2017 bis 27.11.2017

Studierende im Studiengang Lehramt Gymnasium lösen bitte die Aufgaben 1 und 2. Studierende aller anderen Studiengänge lösen bitte alle Aufgaben.

## 1. Altersbestimmung mit der Radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) Methode (Staatsexamensaufgabe)

Nach einer chemischen Analyse enthält ein Holzsplitter eines archäologischen Fundes 1.2 g Kohlenstoff. Mit einem Zählrohr registriert man 845 Zerfälle/Stunde. Ziel dieser Aufgabe ist es, das Alter des Holzsplitters zu bestimmen.

Nehmen Sie dabei folgendes an:

- i, Zum Zeitpunkt des Absterbens des Baumes, aus dem der Holzsplitter stammt, betrug in der Atmosphäre das Verhältnis

$$\frac{\text{Anzahl } ^{12}\text{C} - \text{Atome}}{\text{Anzahl } ^{14}\text{C} - \text{Atome}} = 7.85 \times 10^{11}.$$

- ii, Die Halbwertszeit von  $^{14}\text{C}$  beträgt  $t_{1/2} = 5730 \text{ a}$ .
- iii, Die molare Masse von  $^{12}\text{C}$  beträgt definitionsgemäß 12 g/mol.
- iv, Das Zählrohr umschließt den Holzsplitter vollständig und hat eine Effizienz von 100% d.h. es registriert alle Zerfälle im Splitter.
- (a) Stellen Sie die Differentialgleichung für den radioaktiven Zerfall auf und leiten Sie das radioaktive Zerfallsgesetz her.
- (b) Gewinnen Sie daraus den Zusammenhang zwischen der Zerfallskonstanten  $\lambda$  und der Halbwertszeit  $t_{1/2}$ .
- (c) Erklären Sie in Worten das Prinzip der  $^{14}\text{C}$ -Methode.
- (d) Berechnen Sie die Anzahl der  $^{12}\text{C}$ -Atome im Splitter. Berechnen Sie dann die beim Absterben des Baumes im Holzsplitter vorhandene Anzahl von  $^{14}\text{C}$ -Atomen und deren Anzahl heute bei der Untersuchung mit dem Zählrohr sowie das Alter des Holzsplitters.

## 2. $\beta$ -Zerfall des Tritiums

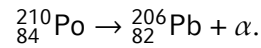
Tritium  $^3_1\text{H}$  ist mit  $B(^3_1\text{H}) = 8.4818 \text{ MeV}$  stärker gebunden als  $^3_2\text{He}$  mit  $B(^3_2\text{He}) = 7.7181 \text{ MeV}$ .

- (a) Wieso kann  $^3_1\text{H}$  trotzdem durch  $\beta$ -Zerfall in  $^3_2\text{He}$  übergehen?
- (b) Bestimmen Sie die  $\beta$ -Grenzenergie  $E_0$  und die maximale Rückstoßenergie von  $^3_2\text{He}$  für den Fall einer verschwindenden Neutrinomasse  $m_\nu = 0$ ! Wieso können Sie hier nicht-relativistisch rechnen?  
(Lösung:  $E_0 = 18.6 \text{ keV}$ ,  $E(^3_2\text{He}) = 3.3 \text{ eV}$ )
- (c) Wie ändert sich  $E_0$ , wenn das Elektronenneutrino  $\nu_e$  eine Masse  $m_\nu > 0$  hat?

Anmerkung: Mit Hilfe der sogenannten *Kurie-Darstellung* versucht man aus dem  $\beta$ -Spektrum des Tritiums die Masse des Elektronenneutrinos zu bestimmen. Die mit dieser Methode erhaltene derzeitige Obergrenze (bei 95% Konfidenz) beträgt  $m_\nu < 2.2 \text{ eV}/c^2$ .

### 3. $\alpha$ -Zerfall von $^{210}_{84}\text{Po}$ (Freiwillig für Lehramtsstudierende)

Betrachten Sie den  $\alpha$ -Zerfall von  $^{210}_{84}\text{Po}$  in  $^{206}_{82}\text{Pb}$ :



- Berechnen Sie die beim Zerfall freiwerdende Energie  $Q_\alpha$ .
- Wie groß ist die kinetische Energie des  $\alpha$ -Teilchens unter Berücksichtigung des Kernrückstoßes?

Hinweis:

$M(^{210}_{84}\text{Po}) = 209.9828741 \text{ u}$ ,  $M(^{206}_{82}\text{Pb}) = 205.9744657 \text{ u}$ ,  $M(^4_2\text{He}) = 4.0026033 \text{ u}$ ,  $1 \text{ u} = 931.494 \text{ MeV}/c^2$ .  
 $M(\dots)$  bezeichnet hierbei die jeweilige **Atommasse**.