

ÜBUNGEN ZUR
EXPERIMENTALPHYSIK III (BACHELOR-STUDIENGANG MEDIZINPHYSIK)
WINTERSEMESTER 2015/2016

– BLATT 12 –

Ausgabe am 22.01.2016

Abgabe am 29.01.2016 bis 14:00 (Kasten 210 im Foyer des Physik-Gebäudes)

*Lösungen bitte handschriftlich und dokumentenecht (Kuli o.ä.) in Papierform. Maximal vier Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einreichen. Bitte heften Sie alle Blätter zusammen, geben Sie auf der ersten Seite alle Namen und die Übungsgruppe (oben rechts) an sowie auf den folgenden Seiten mindestens einen Namen.
Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein.*

Aufgabe 1: Erzeugung von Radionukliden (4 Punkte)

Für medizinische Zwecke (Diagnostik und Strahlentherapie) werden radioaktive Elemente künstlich in Kernreaktoren oder mit Teilchenbeschleunigern hergestellt.

- a) Stellen Sie eine Ratengleichung der Form $dN(t)/dt = \dots$ für ein Radionuklid auf, das mit einer konstanten Wahrscheinlichkeit P pro Zeiteinheit erzeugt wird und mit einer Zerfallskonstante λ wieder zerfällt.
- b) Integrieren Sie die Gleichung und geben Sie unter Berücksichtigung der Anfangsbedingung $N(0) = 0$ die Zahl der erzeugten Kerne als Funktion der Zeit $N(t)$ an. Hinweis: Eine Variante der Integration besteht darin, die Ratengleichung zunächst mit $\exp(\lambda \cdot t)$ zu multiplizieren und die Produktregel der Differentiation „rückwärts“ anzuwenden (siehe Vorlesungsskript).
- c) Angenommen, das Radionuklid wird über drei Halbwertszeiten erzeugt und anschließend zum Einsatzort transportiert. Stellen Sie qualitativ die Zahl der Kerne als Funktion der Zeit grafisch dar.

Aufgabe 2: Antiker Zahnstocher (4 Punkte)

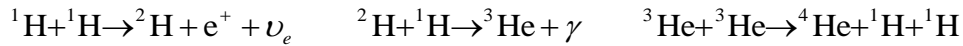
Aus einem hölzernen Zahnstocher, der im Grab eines Pharaos gefunden wurde, werden 0,1 g Kohlenstoff gewonnen. Über einen Zeitraum von 10 Tagen werden mit dieser Probe 14.600 Zerfälle des Isotops ^{14}C registriert. Die Aktivität von Kohlenstoff in lebendem Gewebe durch den ^{14}C -Zerfall beträgt 0,26 Bq pro Gramm. Die Halbwertszeit von ^{14}C ist 5730 Jahre.

- a) Wann wurde der Baum zur Herstellung des Zahnstochers gefällt?
- b) Wie viele Atome der Isotope ^{12}C und ^{14}C befanden sich damals in der Probe (der Anteil des ebenfalls stabilen Isotops ^{13}C sei vernachlässigbar)?
- c) Welche Faktoren beeinträchtigen die Genauigkeit der Altersbestimmung?

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Kernfusion in der Sonne (3 Punkte)

In der Sonne erfolgt die Fusion von Wasserstoff zu Helium überwiegend durch folgende Reaktionen (pp-Zyklus):



Die beteiligten Massen der vollständig ionisierten Atome sind $m({}^1\text{H}) = 938,27 \text{ MeV}/c^2$, $m({}^2\text{H}) = 1875,61 \text{ MeV}/c^2$, $m({}^3\text{He}) = 2808,39 \text{ MeV}/c^2$ und $m({}^4\text{He}) = 3727,38 \text{ MeV}/c^2$.

- Berechnen Sie den Energiegewinn durch Aufstellen der Massenbilanz. Berücksichtigen Sie, dass das Positron mit einem Elektron annihiliert und zusätzlich $2 \times 511 \text{ keV}$ freigesetzt werden.
- Pro Quadratmeter einer Fläche senkrecht zur Strahlrichtung trifft eine Strahlungsleistung von 1367 W auf die Erde (Solarkonstante). Berechnen Sie mit der Entfernung zur Sonne (150 Millionen km) die Gesamtleistung der Sonne und den Anteil der Sonnenmasse von $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, der bereits in Helium umgewandelt wurde. Nehmen Sie eine konstante Leistung über einen Zeitraum von $4,5 \cdot 10^9$ Jahren an.

Aufgabe 4: Kurzfragen (3 Punkte)

- Welche Eigenschaften sollte der Moderator in einem Kernreaktor besitzen? Welchen Vorteil könnte die Verwendung von schwerem Wasser D_2O als Moderator in einem Kernreaktor im Vergleich zu H_2O haben?
- Zu welchen Zuständen mit Gesamtdrehimpuls j und magnetischer Quantenzahl m können zwei Drehimpulse $j_1 = 3/2$ und $j_2 = 3/2$ koppeln? Erstellen Sie eine Tabelle aller möglichen Kombinationen der magnetischen Quantenzahlen m_1 und m_2 , der resultierenden Quantenzahl m sowie der jeweils möglichen Gesamtdrehimpulse j .