

Übungen zu Experimentalphysik V WS 2014/2015

Prof. Dr. Karl Jakobs, Dr. Karsten Köneke

Übungsblatt Nr. 4

Die Lösungen müssen bis 10:10 Uhr am Dienstag den 18.11.2014 in den Briefkasten 1 im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

Bitte geben sie die Übungsgruppennummer auf Ihren Lösungen an.

1. Hyperfeinstruktur

Geben Sie die Anzahl und die Art (Energieschema) der Hyperfeinstruktur-Komponenten zu folgenden Grundzuständen an:

- a) ${}^6\text{Li}$ ($J = 1/2, I = 1$) [1 Punkt]
- b) ${}^9\text{Be}$ ($J = 0, I = 3/2$) [1 Punkt]
- c) ${}^{14}\text{N}$ ($J = 3/2, I = 1/2$) [1 Punkt]
- d) ${}^{35}\text{Cl}$ ($J = 3/2, I = 3/2$) [1 Punkt]

Zeichnen Sie für die Fälle c) und d) die Energieaufspaltung (Termschema) in einem schwachen und einem starken Magnetfeld. Begründen Sie das Aufspaltungsmuster. [1 Punkt]

2. Voyager

Der α -Zerfall von ${}^{238}\text{Pu}$ ($\tau = 127$ Jahre) in das langlebige ${}^{234}\text{U}$ ($\tau = 3,5 \times 10^5$ Jahre) setzt 5,49 MeV kinetische Energie frei. Die so generierte Wärme kann durch Radiothermalkgeneratoren (radio-thermal generators, RTGs) in nutzbare elektrische Energie umgewandelt werden. Die Voyager 2 Raumsonde, welche am 20. August 1977 gestartet wurde, flog an vier äußeren Planeten unseres Sonnensystems vorbei (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun). Mittlerweile hat Voyager 2 den Rand unseres Sonnensystems erreicht und ist, zusammen mit Voyager 1, Pioneer 10 und Pioneer 11, eins der am weitesten entfernte menschengemachte Objekt. Siehe auch http://de.wikipedia.org/wiki/Voyager_2 für weitere Informationen über Voyager 2.

- a) Am 25. August 1981 hat Voyager 2 Saturn erreicht. Wie viel Plutonium musste ein RTG, welcher mit 5.5% Effizienz arbeitet, an Bord von Voyager 2 mit sich führen, um mindestens 395 W elektrische Leistung bei diesem Vorbeiflug bereitstellen zu können? [1 Punkt]
- b) Wie viel elektrische Leistung hat dieser RTG unter den oben gemachten Annahmen bereitstellen können, als Voyager 2 am 25. August 1989 an Neptun vorbei flog? [1 Punkt]

3. Natürliches Uran

Natürlich auftretendes Uran ist eine Mischung aus den Isotopen ${}^{238}\text{U}$ (99,28%, Halbwertszeit $4,468 \times 10^9$ Jahre) und ${}^{235}\text{U}$ (0.72%, Halbwertszeit $7,038 \times 10^8$ Jahre).

- a) Wie alt muss das Material des Sonnensystems sein, wenn man annimmt, dass bei der Entstehung des Sonnensystems beide Isotope zu gleichen Teilen vorhanden waren? [1 Punkt]
- b) Wie viel des ${}^{238}\text{U}$ Isotops ist seit der Entstehung der Erdkruste vor ca. $2,5 \times 10^9$ Jahren zerfallen? [1 Punkt]

4. Radon

Nachdem ein Übungsgruppenraum, dessen Wände, Decke und Boden aus Beton bestehen ($10 \times 10 \times 4 \text{ m}^3$), für mehrere Tage nicht durchlüftet wurde, wird eine spezifische Aktivität von ^{222}Rn von 100 Bq/m^3 gemessen.

^{222}Rn ist ein farbloses, geschmackloses und geruchloses Edelgas mit einer Halbwertszeit von 3,8235 Tagen. Es entsteht in einer Zerfallsreihe beginnend mit ^{238}U (Halbwertszeit von $4,468 \times 10^9$ Jahren). Radon ist das erste Element in dieser Zerfallsreihe, welches keinen festen Aggregatzustand hat, und somit aus Gestein oder Beton heraus diffundieren kann. Es wird von der “*Environmental Protection Agency*” der USA als Hauptursache für Lungenkrebs unter Nichtrauchern angesehen.

- a) Berechnen Sie die Aktivität von ^{222}Rn als Funktion der Lebensdauern der Mutter- und Tochterkerne. **[1 Punkt]**
- b) Wie hoch ist die Konzentration von ^{238}U im Beton, wenn eine effektive Dicke, aus der das ^{222}Rn heraus diffundieren kann, von 1,5 cm angenommen wird? Geben Sie diese Konzentration in Atome/ m^3 an. **[1 Punkt]**