

Übungen zu Experimentalphysik V WS 2014/2015

Prof. Dr. Karl Jakobs, Dr. Karsten Köneke

Übungsblatt Nr. 7

Die Lösungen müssen bis 10:10 Uhr am Dienstag den 9.12.2014 in den Briefkasten 1 im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

Bitte geben sie die Übungsgruppennummer auf Ihren Lösungen an.

1. γ -Strahlung (Übernommen vom Übungsblatt 6)

- b) Nachfolgend sind die Energie und die mittlere Lebensdauer des angeregten Zustandes einiger Mößbauer-Isotope gegeben. Berechnen Sie für jedes Isotop die natürliche Linienbreite und die Doppler-Linienbreite bei $T = 300\text{ K}$ und $T = 4\text{ K}$ (Temperatur des flüssigen Heliums) für den γ -Übergang vom angeregten Zustand in den Grundzustand sowie die Rückstoßenergie des Atomkerns nach erfolgter γ -Emmission. ^{57}Fe : 14.4 keV, 141 ns; ^{165}Ho : 95 keV, 32 ps; ^{181}Ta : 6.2 keV, 9.8 μs . [**2 Punkte**]

2. Mößbauer

Welche Doppler-Geschwindigkeit ist im Mößbauer-Experiment zur Messung der magnetischen Dipolaufspaltung von ^{57}Fe notwendig? Die magnetische Flussdichte am Kernort sei $B = 33.3\text{ T}$. Für den Grundzustand mit dem Kernspin $1/2$ ist das magnetische Moment $0,0903\ \mu_K$. Der angeregte Zustand des γ -Übergangs hat den Kernspin $3/2$ und das magnetische Moment $-0,153\ \mu_K$. Das Kernmagneton ist $\mu_K = 31,5\text{ neV/T}$. Die Energie dieses Übergangs beträgt $E_\gamma = 14,4\text{ keV}$. [**3 Punkte**]

3. Produktion schwerer Elemente

In der Vorlesung wurde besprochen, dass die Bindungsenergie pro Nukleon als Funktion der Anzahl der Nukleonen von kleinen Kernen bis zu Eisen hin anwächst, und danach wieder abfällt¹. Dies ist der Grund, warum man leichte Kerne fusionieren kann, und schwere Kerne spalten kann, und in beiden Prozessen Energie gewinnt. Nun stellt sich aber die Frage, woher die Elemente schwerer als Eisen in unserem Sonnensystem kommen? Hierfür kommen zwei Prozesse in Frage. Einer kann Elemente bis ^{209}Bi produzieren, und der Zweite auch noch schwerere Elemente. Finden Sie heraus welches diese beiden Prozesse sind, und beschreiben Sie diese in wenigen Sätzen. [**2 Punkte**]

¹Genau genommen ist ^{62}Ni der am stärksten gebundene Kern. Er kommt aber bei weitem nicht so häufig in Sternen vor wie ^{56}Fe . Daher spricht man bei der stellaren Nukleonen-Synthese meist von Eisen.

4. Natürlicher Kernreaktor in Oklo (Gabun)

Natürliches Uran hat heute in unserem Sonnensystem einen zahlenmäßigen Anteil von 0,7202% des spaltbaren Isotops ^{235}U . Dieser Anteil wurde sowohl in allen Uranerzen auf der Erde gemessen, als auch in Proben vom Mond und von Meteoriten. Bei einer Routinekontrolle in Pierrelatte (Frankreich) wurde im Juni 1972 in einer Probe ein Anteil von nur 0,7171% gemessen. In weiteren Proben wurde daraufhin sogar ein Anteil von nur 0,296% gemessen. Es stellte sich heraus, dass alle diese Proben aus einer Uranmine in Oklo (Gabun) stammten. Detaillierte wissenschaftliche Studien haben anschließend eindeutig gezeigt, dass hier vor langer Zeit ein natürlicher Kernspaltungsreaktor für mehrere 100 000 Jahre immer wieder in Betrieb war.

- a) Nehmen Sie an, dass das Defizit von ^{235}U tatsächlich aufgrund von Kernspaltungsreaktionen existiert. Nehmen Sie weiterhin an, dass diese Reaktionen in Gegenwart von normalem Wasser mindestens einen ^{235}U -Anteil von 3,15% erfordern. Vor wie vielen Jahren war dann der Reaktor in Oklo in Betrieb? **[1 Punkt]**
- b) Die damalige höhere Anreicherung von ^{235}U , sowie eine ausreichende Menge des Uranerzes in geeigneter Geometrie, waren Grundvoraussetzungen zum Erreichen einer Kettenreaktion in diesem natürlichen Reaktor. Diese Eigenschaften reichen aber alleine nicht aus. Zusätzlich muss genug Grundwasser vorhanden gewesen sein. Erläutern Sie die physikalische Bedeutung dieses Grundwassers für die Aufrechterhaltung einer Kettenreaktion. **[1 Punkt]**
- c) Warum ist es weiterhin wichtig, dass keine großen Mengen Bor oder Lithium im Uranerz vorhanden waren? **[1 Punkt]**
- d) Warum wurde dieser natürliche Reaktor nicht überkritisch, d.h. warum explodierte er nicht einfach? **[1 Punkt]**