

**Übungen zu 'Kern- und Teilchenphysik I'**

(H.-E.Mahnke, M.P.Heyn, R.Püttner)

**Übung 9:**Aufgabe 30: Bindungsenergien-MassenWie groß ist die Zerfallsenergie beim Betazerfall des Neutrons ( $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$ ) ?Wie groß ist die Zerfallsenergie beim Betazerfall von Tritium ( ${}^3\text{H}$ ) zu  ${}^3\text{He}$ ?

Benutzen Sie die Massen aus der Tabelle.

*Masses of electron, nucleons, and some nuclei.*

particle	Z	N	M (MeV)	M (amu)
$e$	0	0	0.511	$5.4858 \cdot 10^{-4}$
$p$	1	0	938.279	1.00727647
$n$	0	1	939.573	1.0086650
${}^2\text{H}$	1	1	1876.138	2.014102
${}^3\text{H}$	1	2	2809.4527	3.016049
${}^3\text{He}$	2	1	2809.4340	3.016029
${}^4\text{He}$	2	2	3728.4287	4.002603
${}^7\text{Li}$	3	4		7.01600
${}^9\text{Be}$	4	5		9.01218
${}^{12}\text{C}$	6	6		12 (Def.)
${}^{16}\text{O}$	8	8		15.994915
${}^{238}\text{U}$	92	146		238.0508

(2 Punkte)

Aufgabe 31: Mittlere Lebensdauer – Protonstabilität

a) Zeige, dass aus dem Zerfallsgesetz  $N=N_0 \exp(-\lambda t)$  folgt, dass als mittlere Lebensdauer der Kehrwert der Zerfallskonstante zu betrachten ist (Hinweis: Benutze Mittelwertdefinition für Verteilungen, in diesem Fall der Zerfallszeit  $t$ ).

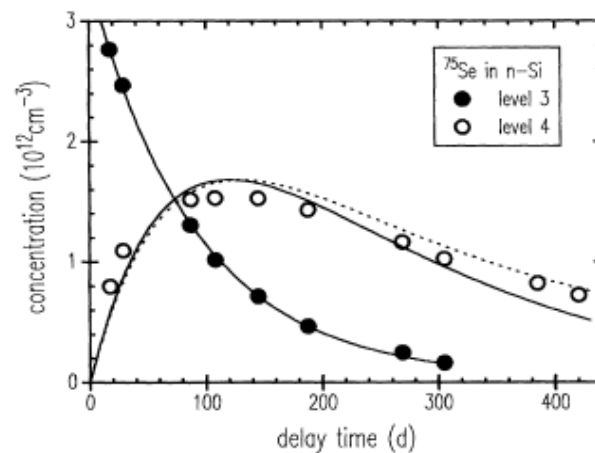
b) In den letzten Jahren wurden mit Hilfe von Detektoren, die jeden einzelnen Zerfall eindeutig registrieren, Experimente zum Protonenzerfall durchgeführt. Bisher ist kein einziger Zerfall eindeutig beobachtet worden. Die Wahrscheinlichkeit des Zerfalls nach der Zeit  $t$  folge dem radioaktiven Zerfallsgesetz.

Schätzen Sie die untere Schranke für die Lebensdauer  $\tau$  des Protons ab, wenn aus einem Ensemble von  $n = 10^{28}$  Protonen während einer Messzeit von  $\Delta t = 0.4$  a (Jahren) nicht mehr als 4 Zerfälle beobachtet werden.

(3 Punkte)

### Aufgabe 32: Elementzuordnung – Radioaktives Zerfallsgesetz

Im n-leitenden Silizium wird mit DLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) ein elektrisch aktives Niveau beobachtet, das einem  $\text{Se}_2$  Paar zugeordnet wird. Wird dieses Paar aus radioaktivem  $^{75}\text{Se}$  gebildet (Elektroneinfang-Zerfall in  $^{75}\text{As}$  mit einer Halbwertszeit von  $T_{1/2} = 120$  d), so entsteht durch Transmutation ein Se-As-Paar, das auch elektrisch aktiv ist und beobachtet wird. Die Abbildung zeigt den Konzentrationsverlauf der beiden Niveaus (level 3:  $^{75}\text{Se} - ^{75}\text{Se}$  Paar, level 4:  $^{75}\text{Se} - ^{75}\text{As}$  Paar) (aus N.Achtziger, W.Witthuhn, Phys. Rev. Lett. 75 (1995) 4484). Geben Sie den funktionalen Verlauf der beiden Konzentrationen an.



(3 Punkte)

### Aufgabe 33: Rückstoßenergie

Bei der Emission eines Photons nimmt das zurückbleibende Atom (Kern) Impuls auf. Berechnen Sie die Rückstoßenergie bei der Emission

- der Natrium-D-Linie ( $\lambda = 590$  nm) und
- der 247-keV  $\gamma$ -Strahlung aus dem Zerfall des angeregten  $^{111\text{m}}\text{Cd}$ .

(2 Punkte)