

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2011

Übungsblatt Nr. 11

Musterlösungen

Aufgabe 1: Schalenmodell

Die Anordnung der Energieniveaus kann man in Abbildung 17.7 im Povh oder auf Vorlesungsfolie 17.8 finden. Für die gu - und ug -Kerne a) bis e) ergeben sich daraus die in der Tabelle angegebenen Zustände des Leuchtnukleons. Daraus folgen Spin und Parität $P = (-1)^l$ der Kerne. Das magnetische Moment ist $\mu/\mu_N = g \cdot j$. ${}^{48}_{20}\text{Ca}$ ist ein doppelt-magischer gg -Kern und hat kein Leuchtnukleon.

Kern	Leuchtnukleon	Zustand	J^P	μ/μ_N
${}^3_1\text{H}$	p	$1s_{1/2}$	$\frac{1}{2}^+$	2.79
${}^3_2\text{He}$	n	$1s_{1/2}$	$\frac{1}{2}^+$	-1.91
${}^7_3\text{Li}$	p	$1p_{3/2}$	$\frac{3}{2}^-$	3.79
${}^{13}_6\text{C}$	n	$1p_{1/2}$	$\frac{1}{2}^-$	0.64
${}^{19}_9\text{F}$	p	$1d_{5/2}$	$\frac{5}{2}^+$	4.97
${}^{48}_{20}\text{Ca}$	–	–	0^+	0

Aufgabe 2: Trägheitsmoment von ${}^{170}\text{Hf}$

Die Rotationsenergie ist

$$E(J) = \frac{\hbar^2}{2\Theta} J(J+1).$$

Daraus folgt für die Energiedifferenz bei $\Delta J = 2$:

$$\Delta E(J) = E(J+2) - E(J) = \frac{\hbar^2}{2\Theta} [(J+2)(J+3) - J(J+1)] = \frac{\hbar^2}{2\Theta} [4J+6] = \frac{\hbar^2}{\Theta} (2J+3).$$

Das Trägheitsmoment ist also

$$\Theta = \frac{\hbar^2}{\Delta E} (2J+3).$$

Als Zahlenwerte erhält man $\Theta(J=0) = 2.08 \times 10^{-54} \text{ kg m}^2$ und $\Theta(J=16) = 3.95 \times 10^{-54} \text{ kg m}^2$.

Für eine starre Kugel ergibt sich:

$$\Theta = \frac{2}{5} MR^2 = \frac{2}{5} A \cdot u \cdot (r_0 \cdot A^{1/3})^2 = 5.90 \times 10^{-54} \text{ kg m}^2.$$

Aufgabe 3: Strahlenwirkung

Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) gemessen und gibt die Anzahl Zerfälle pro Sekunde an. Die Energiedosis wird in Gray ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$) gemessen und gibt die an Materie abgegebene Energie pro Kilogramm an. Da die Schädigung des Gewebes von der Art der Strahlung abhängt, hat man die Äquivalent- oder Organdosis, gemessen in Sievert ($1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$), eingeführt. Sie ist gleich der Energiedosis multipliziert mit einem strahlungsartspezifischem Faktor, der z.B. 1 ist für Photonen und Elektronen, und 20 für α -Teilchen.

Die mittlere Strahlenbelastung ist etwa zur Hälfte natürlichen Ursprungs, wie durch Einatmen von Radon, Aufnahme radioaktiver Stoffe über die Nahrung, kosmische und terrestrische Strahlung. Bei den zivilisatorischen Ursachen dominiert die medizinische Anwendung. Alle anderen Quellen sind demgegenüber vernachlässigbar.

Man kann zwischen deterministischen und stochastischen Schäden unterscheiden. Ausserdem kann man eine Einteilung in somatische und genetische Schäden vornehmen. Weitere Details gibt es z.B. in der angegebenen Referenz.

Aufgabe 4: Kernenergie

Diskussionspunkte können sein:

- Strahlenbelastung
- Gefahr von Störfällen oder Terroranschlägen
- Lagerung von Atommüll
- Verfügbarkeit von Brennstoffen
- Effizienz der Nutzung von Brennstoffen
- CO₂-Bilanz
- Energiekosten
- Akzeptanz in der Gesellschaft
- Erhalt/Verlust/Transfer von technologischem Know-how
- mögliche militärische Nutzung