
Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik I
Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik
Wintersemester 2011/12

Blatt Nr. 11

10. Januar 2012

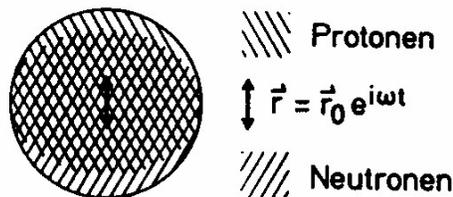
Aufgabe 1 Mößbauer-Effekt

Der angeregte Zustand des Kerns ^{57}Fe bei 14.4 keV hat eine Lebensdauer von $1.4 \cdot 10^{-7}$ s und zerfällt unter γ -Emission.

- Berechnen Sie die Rückstoßenergie des Kerns und die Linienbreite der γ -Linie.
- Begründen Sie, wieso das γ -Quant nicht von einem weiteren ruhenden ^{57}Fe -Kern absorbiert werden kann.
- Mit welcher Geschwindigkeit muss sich der zweite Kern bewegen, damit er das γ -Quant absorbieren kann? Vergleichen Sie das Ergebnis mit der thermischen Geschwindigkeit eines freien Kerns.
- Die Kerne seien in einem Kristallgitter mit einer Anregungsfrequenz für Gitterschwingungen von 10^{-2} eV eingebaut. Wieso ist die rückstoßfreie Resonanzabsorption in diesem Fall möglich?
- Überlegen Sie sich ein Experiment, mit dem man die Gravitationsrotverschiebung von Photonen im Labor nachweisen kann.

Aufgabe 2 : Elektrische Dipolriesenresonanz

Bei der elektrischen Dipolriesenresonanz werden die Protonen und Neutronen im Kern in gegenphasige Schwingungen versetzt.



- Wie groß ist die mittlere Auslenkung zwischen den Schwerpunkten der Protonen und Neutronen in der Dipolriesenresonanz für Kerne mit $Z = N = A/2$? Geben sie den Zahlenwert für ^{40}Ca an.
Hinweis: Die A -Abhängigkeit der Resonanzenergie wird durch $\hbar\omega \approx 80/A^{1/3}$ MeV sehr gut beschrieben.
- Berechnen sie das Quadrat des Matrixelements für den Dipolübergang in diesem Modell.

-
- c. Berechnen sie das Matrixelement für einen Proton- bzw. Neutron-Dipolübergang im Schalenmodell mit dem Potenzial des harmonischen Oszillators, und berücksichtigen sie dabei, dass die Einteilchen-Anregungen etwa halb so groß wie die der Riesenresonanz sind.

Hinweis: Der Operator für den elektrischen Dipolübergang ist gegeben durch:

$$\check{D} = e \frac{N}{A} \sum_{p=1}^Z \check{x}_p - e \frac{Z}{A} \sum_{n=1}^N \check{x}_n.$$

Dieser Ausdruck lässt sich so interpretieren, dass die *effektive* Ladung eines Protons $e_p = eN/A$ bzw. eines Neutrons $e_n = -eZ/A$ ist. Zur Berechnung der gesamten Übergangswahrscheinlichkeit wird über die Beiträge aller Nukleonen in der Oszillatorschale summiert.