

**Die Lösungen müssen bis 10 Uhr am Dienstag den 11.12.2012 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!**

---

### 1. Schalenmodell

Die Spins und die Paritäten der nachfolgenden Kerne wurden im Grundzustand wie folgt gemessen:  ${}^3\text{He}(\frac{1}{2}^+)$ ,  ${}^{21}\text{Ne}(\frac{3}{2}^+)$ ,  ${}^{27}\text{Al}(\frac{5}{2}^+)$ ,  ${}^{38}\text{K}(3^+)$ ,  ${}^{69}\text{Ga}(\frac{3}{2}^-)$ ,  ${}^{209}\text{Bi}(\frac{9}{2}^-)$ ,  ${}^{210}\text{Bi}(1^-)$ . Erklären und verifizieren Sie die gemessenen Daten mit Hilfe des Schalenmodells.

**[3 Punkte]**

### 2. $\gamma$ -Korrelationen

Gamma-Strahlung, die von einem angeregten Kernzustand emittiert wird, hat häufig eine nicht-isotrope Winkelverteilung bezüglich der Richtung des Spins des angeregten Kerns. Da normalerweise die Kerne bezüglich ihres Spins nicht ausgerichtet sind, kann diese Anisotropie nicht gemessen werden. Für Kerne, die durch eine Kaskade von  $\gamma$ -Strahlen zerfallen, z.B.  ${}^{60}\text{Ni}$ , kann jedoch die Richtung eines  $\gamma$ -Quants als Referenz der Orientierung verwendet werden. Unter der Annahme einer vernachlässigbaren Halbwertszeit für den angeregten Zwischenzustand der Zwei-Gamma-Kaskade, kann eine Messung der Koinzidenzrate zwischen den beiden  $\gamma$ -Quanten Aufschluss über die Winkelkorrelation geben. Diese Korrelation kann dann verwendet werden, um den Charakter der elektromagnetischen Strahlung und damit die Kernspins zu bestimmen. Im Fall von  ${}^{60}\text{Ni}$  tritt der folgende  $\gamma$ -Kaskadenzerfall auf:

$$J^P = 4^+ \rightarrow J^P = 2^+ \rightarrow J^P = 0^+ \quad (1)$$

Die gemessene Winkelverteilung kann wie folgt parametrisiert werden:

$$W(\theta) \sim 1 + 0.1248 \cos^2 \theta + 0.0418 \cos^4 \theta, \quad (2)$$

wobei  $\theta$  den Winkel zwischen den beiden gemessenen Photonen darstellt.

- Welche EM-Übergänge sind beteiligt? **[1 Punkt]**
- Warum sind die ungeraden Potenzen von  $\cos \theta$  unterdrückt? Warum ist  $\cos^4 \theta$  die höchste Potenz? **[2 Punkte]**
- Zeichnen Sie eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. **[2 Punkte]**

### 3. Kosmische Strahlung

Hochenergetische Protonen aus der kosmischen Strahlung treffen in den hohen Schichten der Atmosphäre auf Atomkerne. Der mittlere Fluss sehr hochenergetischer Protonen mit einer Energie von  $E = 10^{18}$  eV beträgt  $f = 1/(\text{km}^2 \cdot \text{Jahr})$ .

- Zeigen Sie, dass die Energie dieser Kollisionen (Proton auf Proton) im Schwerpunktsystem höher ist als die des LHC. In diesem Beschleuniger stoßen Protonen frontal mit entgegengesetzt umlaufenden Protonen mit Energien von jeweils 4 TeV zusammen. **[2 Punkte]**

- (b) Wie viele Kollisionen erwartet man pro Sekunde auf der ganzen Erde, unter der Annahme, dass der Fluss der hochenergetischen kosmischen Protonen isotrop ist. Vergleichen Sie diese Rate mit der inelastischen Proton-Proton-Kollisionsrate des LHC-Beschleunigers bei einer Luminosität von  $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  unter der Annahme dass der inelastische pp-Wirkungsquerschnitt 80 mb beträgt.
- [2 Punkte]**