

# Datenanalyse der $^{14}\text{N}(\alpha,\gamma)^{18}\text{F}$ - Reaktion

## 01 Wie man ein Photon einfängt

### Aufgabe 1 | Die Energie eines Photons

- a) Ein ruhendes N-14-Nuklid reagiert mit einem He-4-Nuklid mit einer kinetischen Energie von  $E_{\text{kin}} = 2 \text{ MeV}$ . Es kommt zur Kernfusion, wobei nur ein Tochternuklid entsteht. Notiere die Reaktionsgleichung und bestimme das Reaktionsprodukt.

- b) Bei der Reaktion wird ein Gammaquant (Photon) mit einer kinetischen Energie freigesetzt. Berechne die kinetische Energie des Photons unter Anwendung des Energieerhaltungssatzes und der Ruheenergien der beteiligten Kerne (siehe Nuklidkarte). Für die Ruheenergie gilt:

$$E_0 = M \cdot 931,49 \text{ MeV/u} \quad M \dots \text{Atommasse in u} \quad \text{Hinweis: } M \text{ ist in der Nuklidtabelle angegeben. Achten Sie auf die dort angegebene Einheit und runden Sie } M \text{ (in u) mindestens auf die dritte Dezimalstelle.}$$

- c) Welche Annahmen musstest du machen, um die Energie des Photons in 1b zu berechnen? Ist die berechnete Energie die einzig mögliche kinetische Energie, die das Photon haben kann?

### Aufgabe 2 | Energieniveaus

Abbildung 1 zeigt die 4 möglichen Energieniveaus eines Atomkerns. Beim Übergang von angeregten Zuständen zum Grundzustand werden Photonen freigesetzt, deren Energie von einem Detektor gemessen wird. Das Experiment wird mehrmals wiederholt und ein Energiespektrum aufgenommen (siehe Abb. 2, groß auf der Tafel).

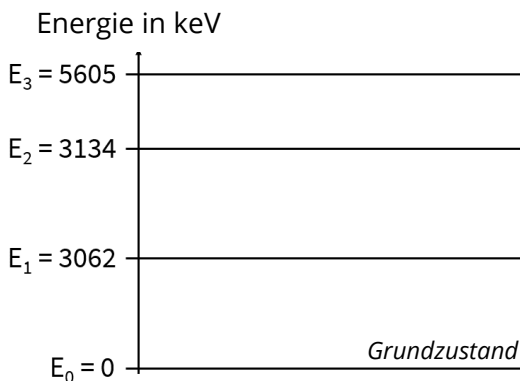
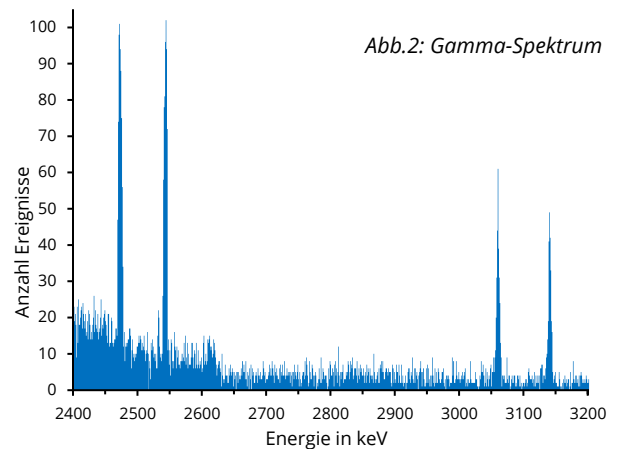


Abb.1: Termschema



- a) Einige Photonenenergien werden auffallend oft gemessen (sogenannte **Peaks**). Wie hängen die Energien der Peaks mit dem Energieniveauschema in Abbildung 1 zusammen? Erkläre. Formuliere den Zusammenhang mit Hilfe von Gleichungen.

- b) Gehe zurück zu Frage 1c. Bist du noch mit deinen Vermutungen einverstanden? Korrigiere falls nötig.

## 02 Datenanalyse

### Aufgabe 3 | Analyse des Spektrums

- Öffne die Seite, auf der die Messreihen des Experiments zur Verfügung gestellt werden. Wähle den dir zugewiesenen Datensatz aus und stelle mit Hilfe des Termschemas (*Anhang*) ein sinnvolles Intervall für die Datenanalyse ein. Du solltest nun ein Gammaskpektrum mit mehreren Peaks sehen. Wähle nun einen Peak aus und benutze die Zoomfunktion, um ihn anzuzeigen.
- Bestimme die Anzahl der **gemessenen Ereignisse N** für den Peak. Überlege dir, welche **Linienbreite** verwendet werden sollte.

$$\lambda =$$
$$N(\text{_____ keV}) =$$

- Bestimme die Anzahl der gemessenen Ereignisse **N** für die anderen Energieübergänge. Ziehe den Background nach dem angegebenen Schema ab. Trage deine Messergebnisse in die gemeinsame Messtabelle ein.

### Aufgabe 4 | Wirkungsquerschnitt

Der **Wirkungsquerschnitt  $\sigma$**  der Reaktion kann nun aus der **Zählrate N** für die Übergänge berechnet werden. Verwende die folgende Formel (*Erläuterungen zu den Größen im Anhang*), um den Wirkungsquerschnitt für deine Energieübergänge zu berechnen. Berechne auch den **totalen Wirkungsquerschnitt** für deinen Run (Summe der Wirkungsquerschnitte aller betrachteten Peaks).

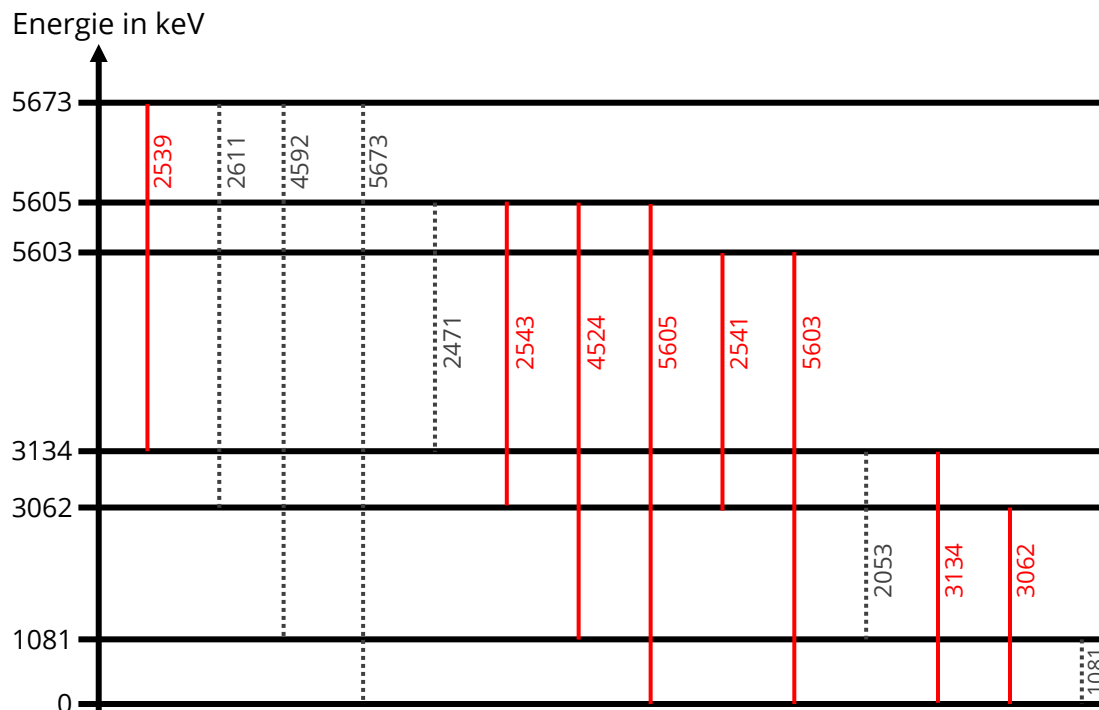
$$\sigma = \frac{N}{N_p \cdot p \cdot d} = \frac{\text{Anzahl Ereignisse}}{\text{Projektilanzahl} \cdot \text{Nachweiswahrscheinlichkeit} \cdot \text{Targetdichte}}$$

### Aufgabe 5 | Die Reaktionsrate

Die Reaktionsrate der hier beobachteten Reaktion kann nun aus dem **Gesamtwirkungsquerschnitt** bestimmt werden. Sie ist stark temperaturabhängig. Wenn wir annehmen, dass die Reaktion im Inneren Roter Riesen während der Helium-Flash-Phase stattfindet, können wir eine Temperatur zwischen **0,1** und **1 GK** annehmen.

- Verwende das Datenanalysewerkzeug, um dir die Reaktionsrate in Abhängigkeit von der Temperatur darstellen zu lassen. Wie kann das Ergebnis interpretiert werden?
- Welche Annäherungen mussten wir bei der Datenanalyse vornehmen? Diskutiere qualitativ die Messunsicherheit unserer Ergebnisse und die möglichen Fehlerquellen.

### Reduziertes Termschema von Fluor-18



### Erläuterung der experimentellen physikalischen Größen

#### Projektilanzahl

Die Anzahl der Projektile gibt die Gesamtzahl der Projektile an, **die in das Ziel eindringen**. Jedes Projektilteilchen löst mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine Reaktion aus. Die Anzahl der Projektile ist für jede Messreihe unterschiedlich.

$$N_p(\text{Run 1}) = 4487212$$

$$N_p(\text{Run 2}) = 4090363$$

$$N_p(\text{Run 3}) = 4026908$$

$$N_p(\text{Run 4}) = 4153129$$

#### Nachweiswahrscheinlichkeit

Die Nachweiswahrscheinlichkeit oder Detektorfunktion gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass eine stattfindende Reaktion **tatsächlich nachgewiesen** wird. Sie ist energieabhängig und daher für jeden Energieübergang unterschiedlich.

$$p(5604 \text{ keV}) = 8,2 \cdot 10^{-4}$$

$$p(4524 \text{ keV}) = 8,7 \cdot 10^{-4}$$

$$p(3134 \text{ keV}) = 9,8 \cdot 10^{-4}$$

$$p(3062 \text{ keV}) = 9,9 \cdot 10^{-4}$$

$$p(2542 \text{ keV}) = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

#### Ziel-Dichte

Die Targetdichte gibt an, wie viele Teilchen (Atomkerne) sich auf einer bestimmten **Fläche des Targets befinden**. Die Targetdichte ist für alle Messreihen gleich, da hier immer das gleiche Target verwendet wurde.

$$d = 3 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{cm}^2}$$