

## 01 Как да уловиш фотон

### Задача 1 | Енергията на фотона

- a) Нуклид **N-14** в покой реагира с нуклид **He-4** с кинетична енергия  $E_{\text{kin}}=2 \text{ MeV}$ . Започва ядрен синтез, произвеждайки само един дъщерен нуклид. Напишете уравнението на реакцията и определете продуктите на реакцията.

- b) По време на реакцията се освобождава гама квант (фотон) с кинетична енергия. Изчислете кинетичната енергия на фотона, като използвате запазването на енергията и енергиите на покой на участващите реагенти (вижте нуклидната карта). За останалата енергия се прилага:

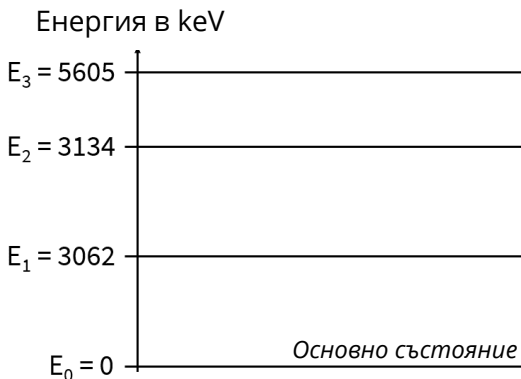
$$E_0 = M \cdot 931,49 \text{ MeV/u} \quad M \dots \text{Atomic Mass in u}$$

**Забелешка:** M е атомната маса в атомни единици маса (u). Единиците за енергия са MeV. За да изчислите енергията на фотона, трябва да използвате запазването на енергията и енергиите на покой на участващите реагенти.

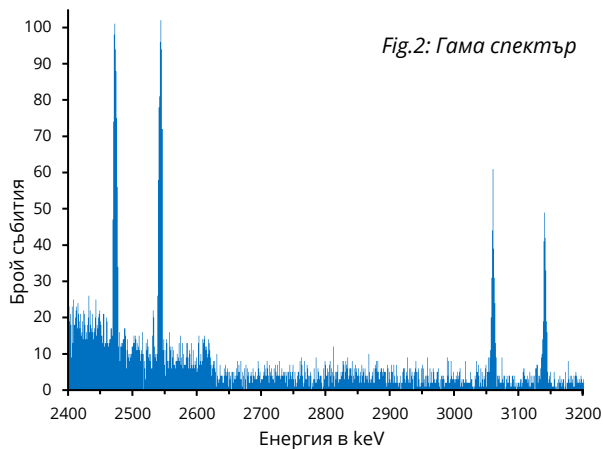
- c) Какви допускания трябва да направите, за да изчислите енергията на фотона в 1b? Изчислената енергия ли е единствената възможна кинетична енергия, която фотонът има?

### Задача 2 | Енергетични нива

Фиг.1 показва 4 възможни енергетични нива на атомно ядро. При прехода от възбудени състояния към основно състояние се освобождават фотони, като енергията може да се измери с детектор. Експериментът се повтаря няколко пъти и енергетичният спектър се записва (виж Фиг. 2).



Фиг.1: Диаграма на енергийни нива



- a) Някои енергии на фотона се измерват много по-често (така наречените **пикове**). Как енергиите на пиковете са свързани с диаграмата на енергийните нива на фигура 1? Обяснете. Формулирайте връзката с помощта на уравнения.

- b) Върнете се към въпрос 1с. Все още ли сте съгласни с вашето предположение? Коригирайте предположението си, ако е необходимо.

## 02 Анализ на данните

### Задача 3 | Анализ на спектъра

- Отворете страницата, на която са достъпни сериите от измервания. Изберете набора от данни, който ви е даден и задайте разумен интервал за анализ на данните, като използвате диаграмата на енергетичните състояния (в Приложение). Трябва да видите гама спектър с няколко пика. Сега изберете един пик и увеличете мащаба, за да го покажете.
- Определете **броя на измерените събития N** за пика. Помислете каква **ширина на линията  $\lambda$**  трябва да използвате.

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

- Определете броя на измерените събития **N** за другите енергийни преходи. Извадете фона според показаната схема. Въведете вашите резултати от измерването в общата таблица за измерване.

### Задача 4 | Напречно сечение

**Напречното сечение  $\sigma$**  на реакцията може да изчисли от **скоростта на броене N** за преходите. Използвайте следната формула (Обяснения на количествата в Приложението), за да изчислите напречното сечение за вашите енергийни преходи. Също изчислете **общото напречно сечение  $\sigma_T$**  за вашата серия (сума от напречните сечения на всички разглеждани пикове).

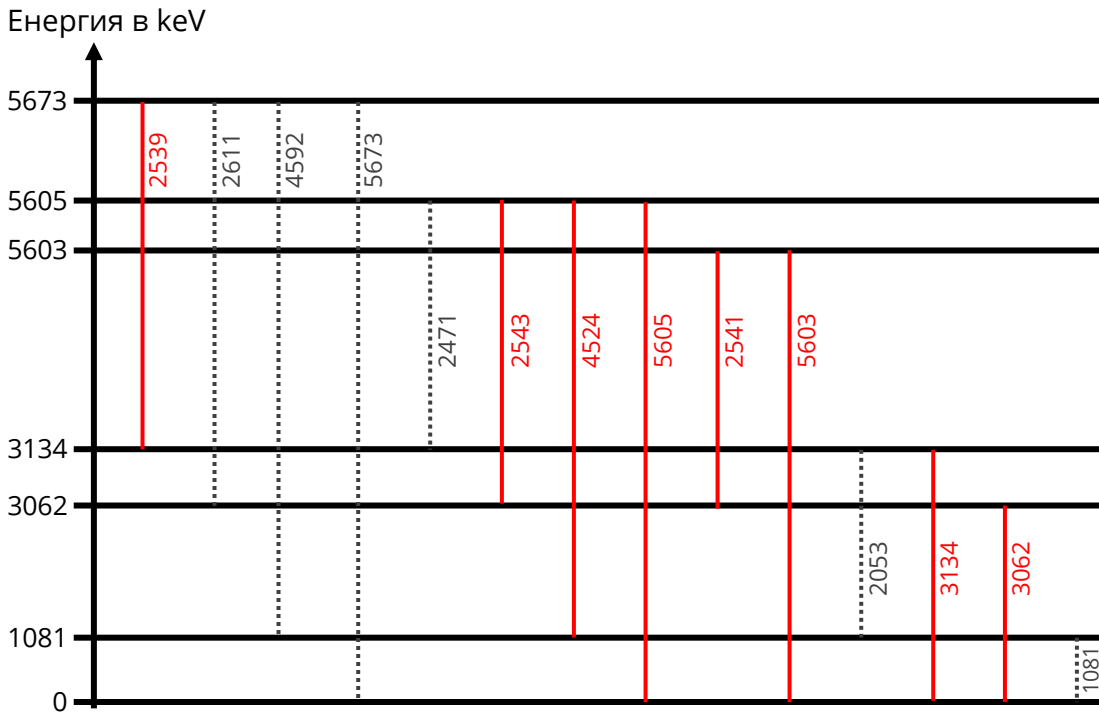
$$\sigma = \frac{N}{N_p \cdot p \cdot d} = \frac{\text{Измерени събития}}{\text{Брой проектили} \cdot \text{Вероятност за детектиране} \cdot \text{Плътност на мишената}}$$

### Задача 5 | Степен на реакция

Скоростта на реакцията на реакцията, наблюдавана тук, вече може да бъде определена от **общото напречно сечение  $\sigma_T$** . То е силно зависимо от температурата. Ако приемем, че реакцията протича вътре в червените гиганти по време на фазата на хелиевото избухване, можем да приемем температура между **0,1** и **1 GK**.

- Използвайте инструмента за анализ на данни, за да изчислите скоростта на реакцията като функция от температурата. Как може да се тълкува резултатът?
- Какви приближения трябва да направим за анализа на данните? Обсъдете качествено неточността на нашите измервания и възможните източници на грешки.

### Съкратена диаграма на енергетичните нива на Флуор-18



### Обяснение на експерименталните физични величини

#### Брой проектили

Броят проектили  $N_p$  показва **общия брой частици от мишената, влизащи в целта**. Всяка проектилна частица предизвиква реакция с определена вероятност. Броят на проектилите е различен за всяка серия от измервания.

$$\begin{aligned} N_p(\text{Run 1}) &= 4487212 \\ N_p(\text{Run 2}) &= 4090363 \\ N_p(\text{Run 3}) &= 4026908 \\ N_p(\text{Run 4}) &= 4153129 \end{aligned}$$

#### Вероятност за детектиране

Вероятността за детектиране  $p$  или детекторната функция показва колко висока е вероятността протичащата реакция **действително да бъде открита**. Той зависи от енергията и следователно е различен за всеки енергиен преход.

$$\begin{aligned} p(5604 \text{ keV}) &= 8,2 \cdot 10^{-4} \\ p(4524 \text{ keV}) &= 8,7 \cdot 10^{-4} \\ p(3134 \text{ keV}) &= 9,8 \cdot 10^{-4} \\ p(3062 \text{ keV}) &= 9,9 \cdot 10^{-4} \\ p(2542 \text{ keV}) &= 1,0 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

#### Плътност на мишената

Плътността на мишената  $d$  показва колко частици (атомни ядра) са разположени в определена зона от целта. Плътността на мишените е една и съща за всички измервателни серии, тъй като тук винаги се използва една и съща мишена.

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