

Приведем примеры численного решения уравнений (4)–(5):

$$l=1, \Gamma=10^{-5}$$

$$k=1, E_1=0.0146, E_2=-0.0072+376.06i, E_3=-0.0072-376.06i;$$

$$k=2, E_1=0.0049, E_2=-0.0024+651.35i, E_3=-0.0024-651.35i;$$

$$k=3, E_1=0.0029, E_2=-0.0014+840.89i, E_3=-0.0014-840.89i;$$

$$k=4, E_1=0.0021, E_2=-0.0010+994.96i, E_3=-0.0010-994.96i;$$

$$k=5, E_1=0.0016, E_2=-0.0008+1128.18i, E_3=-0.0008-1128.18i;$$

$$l=1, \Gamma=-10^{-5}$$

$$k=1, E_1=0.0146, E_2=376.05, E_3=-376.06;$$

$$k=2, E_1=0.0049, E_2=651.35, E_3=-651.35;$$

$$k=3, E_1=0.0029, E_2=840.89, E_3=-840.89;$$

$$k=4, E_1=0.0021, E_2=994.96, E_3=-994.96;$$

$$k=5, E_1=0.0016, E_2=1128.17, E_3=-1128.18.$$

Отмечаем, что всегда существует один корень, который интерпретируется физически (по знаку и величине).

Литература

1. Cox, W. Higher-rank representations for zero-spin field theories / W. Cox // J. Phys. Math. Gen. – 1982. – Vol. 15, № 2. – P. 627–635.

Д.В. Куцолан (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **О.М. Дерюжкова**, канд. физ.-мат. наук, доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ γ -КВАНТОВ С ВЕЩЕСТВОМ

При взаимодействии γ -квантов с веществом в области энергий E_γ до 10 МэВ протекают в основном следующие процессы, в результате которых γ -кванты теряют свою энергию: фотоэффект, комптоновское рассеяние, рождение электронно-позитронной пары.

Фотоэффектом является процесс, при котором γ -квант передает всю энергию атомному электрону, из-за чего электрон покидает пределы атома. Сечение данного процесса обычно воспроизводит структуру атома и пропорционально числу протонов ядра или заря-

ду атома в пятой степени Z^5 . Происходит фотоэффект при энергиях γ -квантов меньших 100 кэВ.

Комптоновским рассеянием принято называть некогерентное рассеяние γ -квантов как на покоящихся, так и движущихся электронах. При рассеянии, энергия γ -квантов уменьшается, а ее большая часть передается комптоновскому электрону. Сечение рассеяния γ -кванта на электроны слабо зависит от характеристик вещества поглотителя и пропорционально заряду атома Z , так как каждый электрон атома участвует в комптоновском рассеянии. Данный процесс наблюдается если энергия γ -квантов не превышает нескольких МэВ.

Если энергия γ -кванта больше 1 МэВ, то могут появляться электрон-позитронные пары (e^+e^-). Образование пар происходит только в веществе в поле электрона или ядра, так как в вакууме при отсутствии внешних полей невозможно одновременное выполнение законов сохранения энергии и импульса [1]. В основном образование e^+e^- -пар наблюдается в кулоновском поле ядра атома, а сечение данного процесса пропорционально Z^2 .

Полное сечение взаимодействия γ -квантов с веществом представляет собой суммарный вклад сечений основных процессов, каждый из которых доминирует в определенной энергетической области [2]:

$$\sigma = \sigma_{\text{фот}} + \sigma_{\text{компт}} + \sigma_{\text{пар}},$$

где $\sigma_{\text{фот}}$ – сечение фотоэффекта; $\sigma_{\text{компт}}$ – сечение комптоновского рассеяния; $\sigma_{\text{пар}}$ – сечение образования пар.

Смоделируем с помощью среды *Wolfram Mathematica* зависимость полного сечения, описывающего поведение γ -кванта при прохождении вещества, от энергии γ -кванта. В качестве поглотителя выберем нуклиды алюминия ${}_{13}\text{Al}^{27}$ и олова ${}_{50}\text{Sn}^{119}$ (рисунок 1).

Анализ графиков зависимостей рисунка 1 свидетельствует о том, что полное сечение для нуклидов с бóльшим зарядом принимает бóльшие численные значения, т.е. растет с увеличением заряда атома. В области малых энергий γ -кванта, когда преобладает процесс фотоэффекта, полное сечение плавно уменьшается с ростом энергии.

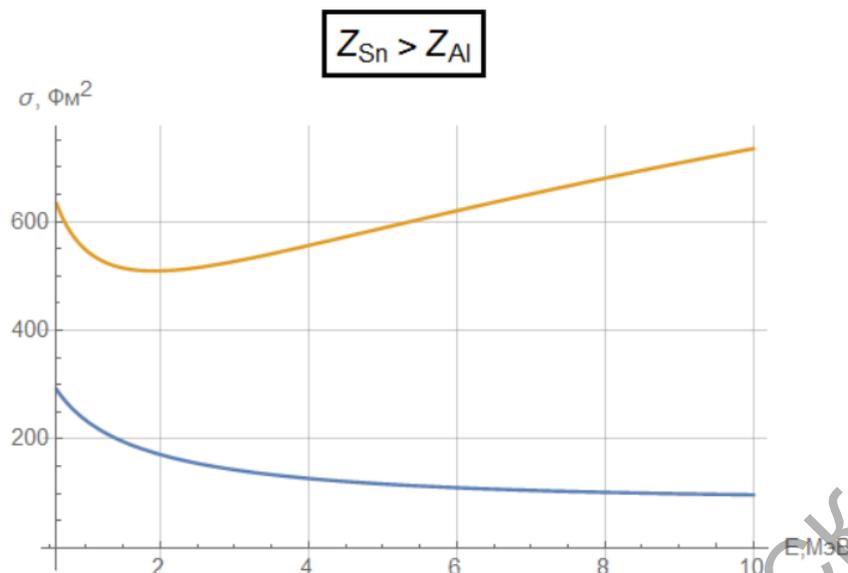


Рисунок 1 – Зависимость полного сечения взаимодействия γ -квантов с ядрами атомов алюминия ${}_{13}\text{Al}^{27}$ и олова ${}_{50}\text{Sn}^{119}$ от энергии γ -квантов в области до 10 МэВ

Для атомов алюминия ${}_{13}\text{Al}^{27}$ оно практически выходит на постоянное значения независимо от энергии γ -кванта. Значит, для легких нуклидов ($Z \leq 13$) вероятность фотоэффект с увеличением энергии γ -квантов уменьшается быстрее, чем проявляется эффект образования пары. При энергиях γ -кванта превышающих 2 МэВ для атомов олова ${}_{50}\text{Sn}^{119}$ полное сечение начинает расти, при этом основной вклад в него в промежуточной незначительной области энергии вносит эффект Комптона, а с ростом энергии – процесс рождения пар.

Численные расчеты и графическое представление полученных результатов в системе *Wolfram Mathematica*, позволяют установить общие закономерности прохождения γ -квантов через вещество, проанализировать вклады различных процессов в полное сечение взаимодействия.

Литература

1. Батурицкий, М.А. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом: учеб. пособие / М.А. Батурицкий, И.Я. Дубовская. – Минск: РИВШ, 2010. – 220 с.
2. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учеб. для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Физика атомного ядра. Ч. I. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений / К.Н. Мухин. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 376 с.