

Образование аксионов в ядерных переходах осколков деления в активной зоне реактора

Задорожная С.А., студентка 3 курса
ИЯФиТ НИЯУ МИФИ

Научный руководитель:
Литвинович Е.А., доц., к.ф.-м.н

Москва, 2025



Введение



Цель работы: Изучение и обзор гипотезы о рождении аксионов в М1-переходах осколков деления U-235 в активной зоне ядерного реактора путём отбора и анализа соответствующих осколков деления.

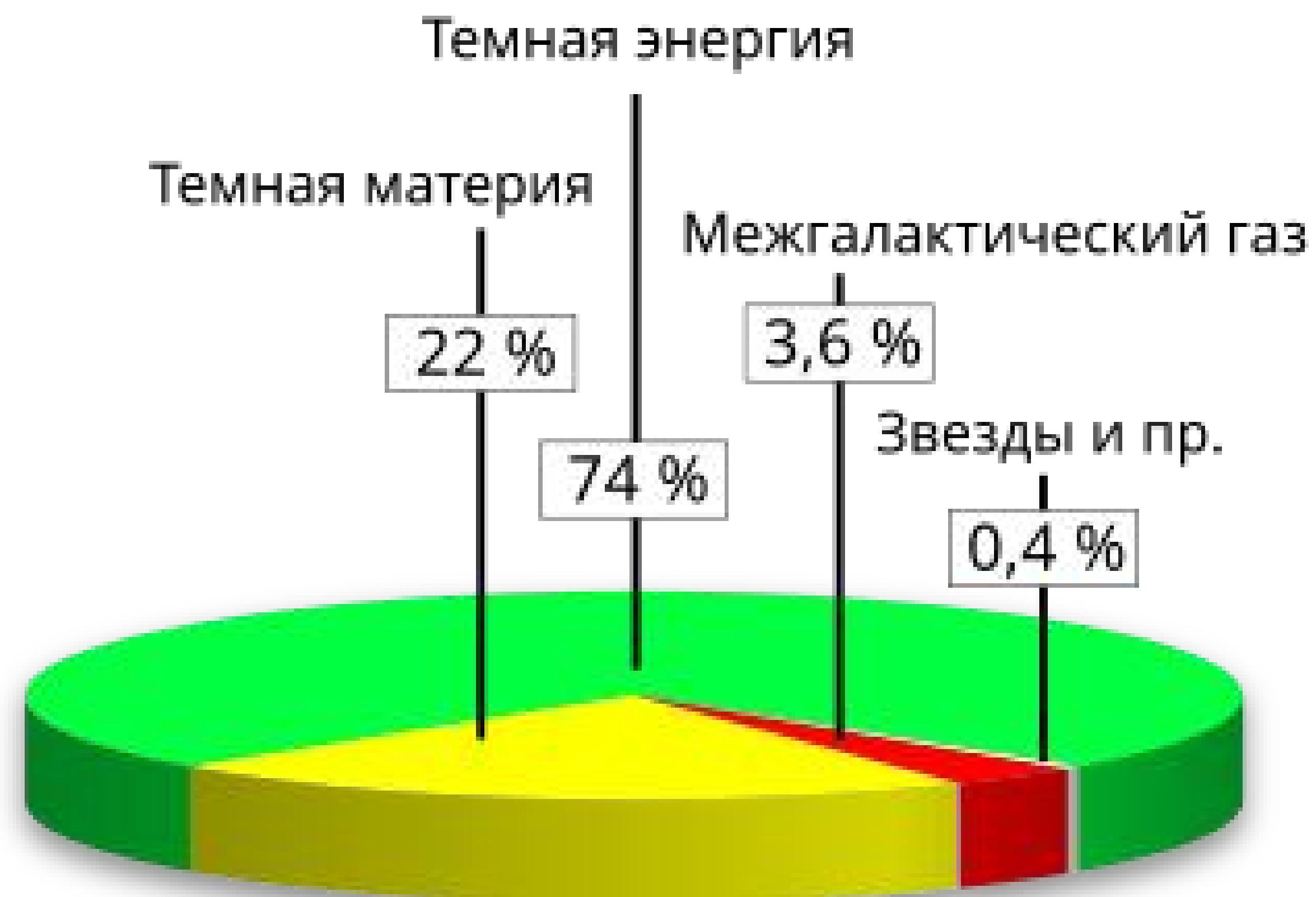
Задачи:

1. Изучение возможности образования аксиона в М1-переходах осколков деления в активной зоне реактора.
2. Изучение ядерной международной базы данных ENDF для работы с осколками: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>
3. Отбор и анализ осколков деления U-235 тепловыми нейtronами, которые испытывают М1-переходы.

Проблемы скрытой массы



Тёмная материя — гипотетическая форма материи, не участвующая в электромагнитном взаимодействии и поэтому недоступная прямому наблюдению.



Проблемы скрытой массы



Барионная ТМ

1. Межзвёздный/
межгалактический газ
2. Коричневые карлики
3. Другие компактные
объекты (нейтронные
звёзды, белые карлики,
чёрные дыры)

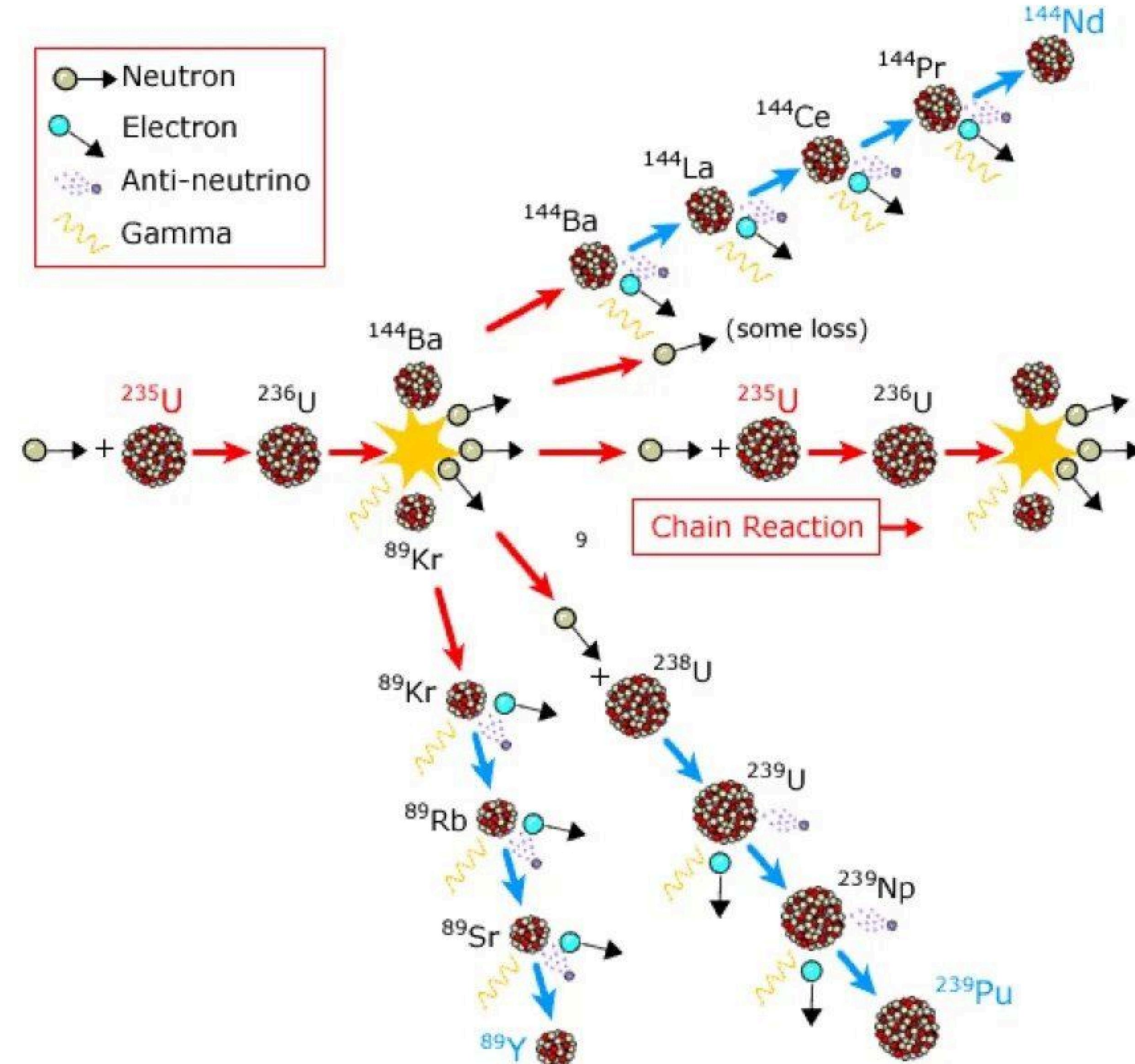
Небарионная ТМ

1. WIMP'ы
2. Тяжёлые нейтрино
3. Суперсимметричные
частицы
4. Аксионы

Процессы в активной зоне ядерного реактора



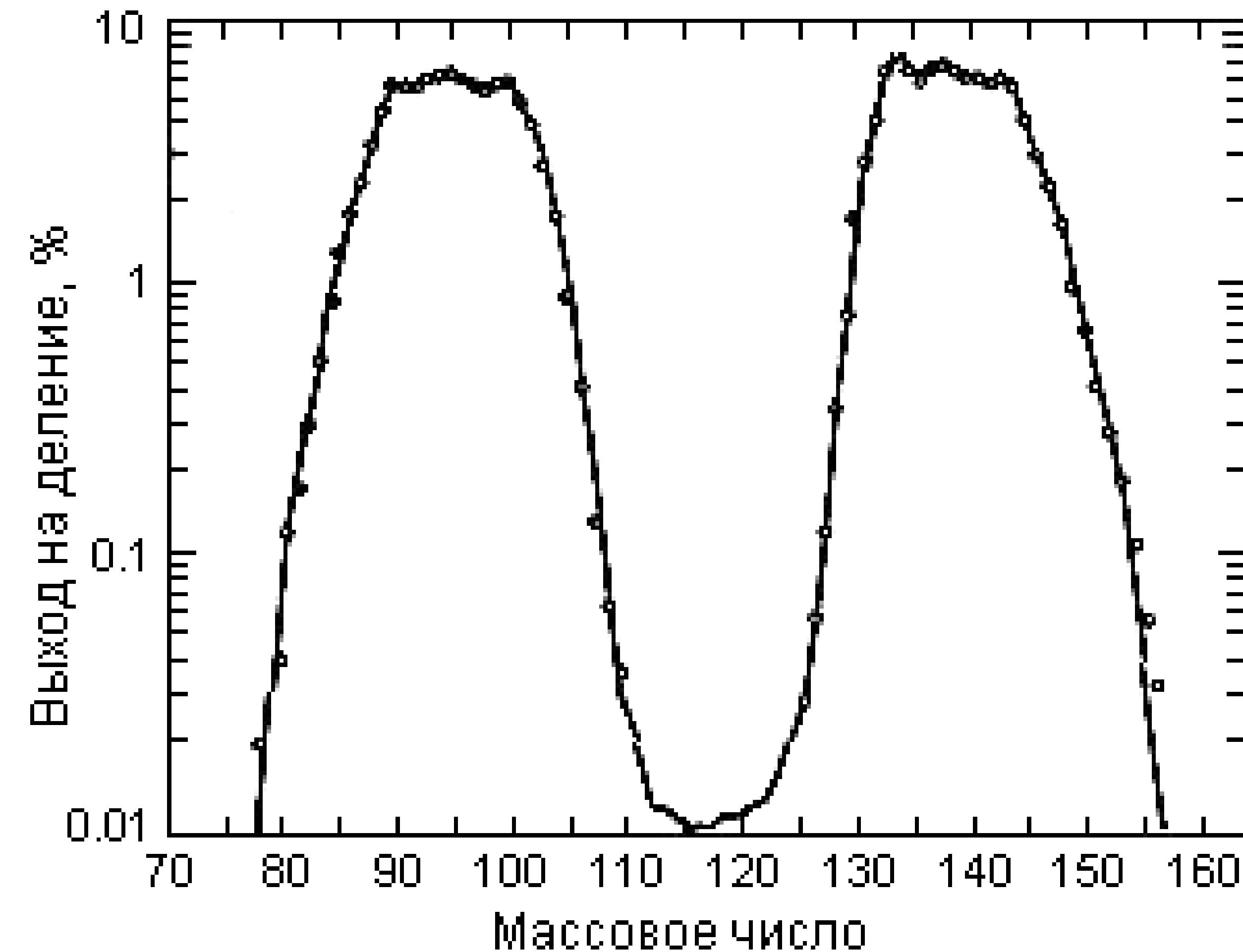
Схема реакции
деления урана-235
нейтронами



Массовое распределение осколков



Массовое распределение осколков деления U-235
тепловыми нейтронами



База данных ENDF: осколки урана-235



Ground State isomers
Levels
Gammas
Decay Radiation
Nuclear Moments
Neutron Capture
Fission Yields
Schema Plot

See the Fission Yields 3D plot
 See the Fission Yields 3D plot

Source: JEFF3.1.1 • Definitions & Sources [CSV](#)
 Data API
Source: JEFF3.1.1 • Definitions & Sources [CSV](#)
 Data API

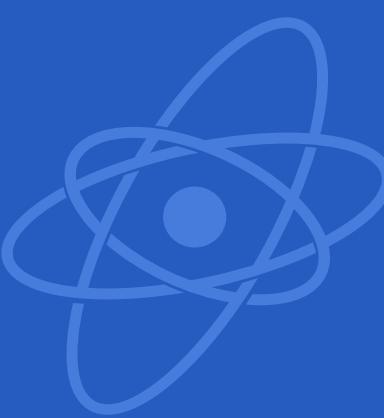
Cumulative Fission Yield
Total number of atoms produced over all time after one fission

Nuclide	Parent	Thermal	Fast	14 MeV
¹ H ₀	235U 92 143	1.711E-05 1.8479E-06	2.6891E-05 4.3831E-06	2.6369E-05 4.4564E-06
² H ₁	235U 92 143	8.4E-06 1.5036E-06	8.2182E-06 1.1998E-06	8.0587E-06 1.233E-06
³ H ₂	235U 92 143	1.08E-04 3.996E-06	1.08E-04 3.996E-06	1.742E-04 3.6059E-05
³ He ₁	235U 92 143	1.08E-04 3.996E-06	1.08E-04 3.996E-06	1.742E-04 3.6059E-05
⁴ He ₂	235U 92 143	1.7021E-03 4.93E-05	1.7E-03 4.93E-05	1.667E-03 8.8351E-05
⁶ He ₄	235U 92 143	2.668E-05 1.8409E-06		
⁶ Li ₃	235U 92 143	2.668E-05 1.8409E-06		
⁸ Li ₅	235U 92 143	7.292E-07 1.1813E-07		
⁹ Li ₆	235U 92 143	4.071E-07 2.8497E-08		
⁸ Be ₄	235U 92 143	1.3418E-06 1.1813E-07		
⁹ Be ₅	235U 92 143	6.1268E-07 2.8497E-08		
¹⁰ Be ₆	235U 92 143	5.201E-06 2.5485E-07		
¹² Be ₈	235U 92 143	1.261E-07 3.0138E-08		
⁹ B ₄	235U 92 143	4.071E-07 2.8497E-08		
¹⁰ B ₅	235U 92 143	5.201E-06 2.5485E-07		
¹² B ₇	235U 92 143	2.522E-07 3.0138E-08		
¹² C ₆	235U 92 143	2.4822E-07 3.0138E-08		
¹⁴ C ₈	235U 92 143	1.578E-06 2.4301E-07		
¹⁵ C ₉	235U 92 143	2.528E-07 3.2358E-08		

Independent Fission Yield
Number of atoms produced directly from one fission after prompt n emission

Nuclide	Parent	Thermal	Fast	14 MeV
¹ H ₀	235U 92 143	1.711E-05 2.9483E-06	2.6891E-05 9.1812E-06	2.6369E-05 9.0796E-06
² H ₁	235U 92 143	8.4E-06 2.4389E-06	8.2182E-06 2.7419E-06	8.0587E-06 2.7139E-06
³ H ₂	235U 92 143	1.08E-04 5.8635E-06	1.08E-04 1.5035E-05	1.742E-04 6.2493E-05
³ He ₁	235U 92 143	0.E+00 0.E+00	0.E+00 0.E+00	0.E+00 0.E+00
⁴ He ₂	235U 92 143	1.7E-03 8.1347E-05	1.7E-03 1.7553E-04	1.667E-03 1.4144E-04
⁶ He ₄	235U 92 143	2.668E-05 4.8784E-06		
⁶ Li ₃	235U 92 143	0.E+00 0.E+00		
⁸ Li ₅	235U 92 143	7.292E-07 2.368E-07		
⁹ Li ₆	235U 92 143	4.071E-07 1.0491E-07		
⁸ Be ₄	235U 92 143	7.292E-07 1.6507E-07		
⁹ Be ₅	235U 92 143	4.071E-07 1.6535E-07		
¹⁰ Be ₆	235U 92 143	5.201E-06 9.0853E-07		
¹² Be ₈	235U 92 143	1.261E-07 4.4982E-08		
⁹ B ₄	235U 92 143	4.071E-07 1.1018E-07		
¹⁰ B ₅	235U 92 143	5.201E-06 8.9948E-07		
¹² B ₇	235U 92 143	1.261E-07 5.5747E-08		
¹² C ₆	235U 92 143	0.E+00 0.E+00		
¹⁴ C ₈	235U 92 143	1.578E-06 4.7597E-07		
¹⁵ C ₉	235U 92 143	2.528E-07 4.9177E-08		

10 осколков деления урана-235



Z доч.	A доч.	Элемент	Z род.	A род.	Элемент род.	Thermal FY
54	134	Xe	92	235	U	0.07785
53	134	I	92	235	U	0.07743
52	134	Te	92	235	U	0.067872
56	138	Ba	92	235	U	0.06724
55	138	Cs	92	235	U	0.06685
55	135	Cs	92	235	U	0.066218
54	135	Xe	92	235	U	0.06614
54	133	Xe	92	235	U	0.065963
55	133	Cs	92	235	U	0.065963
53	133	I	92	235	U	0.065948

База данных ENDF: М1-переходы

[Ground State isomers](#) [Levels](#) **Gammas** [Decay Radiation](#) [Nuclear Moments](#) [Neutron Capture](#) [Fission Yields](#) [Schema Plot](#)

78 rows retrieved

Comments  · Click on a column header to open the guide · Uncertainty for numeric values refers to the last digits of the value: 12.1 23 means 12.1 ± 2.3 · Data from E

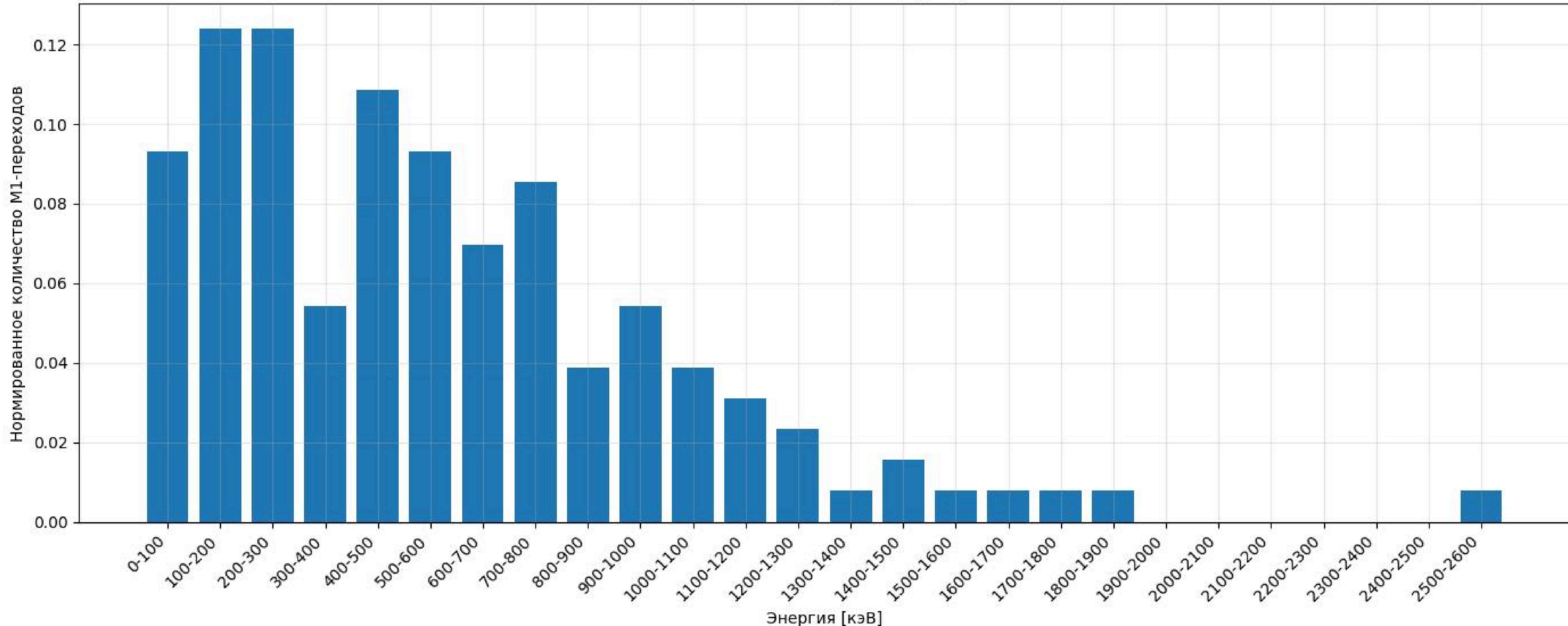
Definitions & Sources

  Data API Evaluation: A.A. Sonzogni Publication cut-off: 31-Jul-2004 ENSDF insertion: 2004-10 Publication: Nuclear Data Sheets 103, 1 (2004) [10.1016/j.nds.200](https://doi.org/10.1016/j.nds.200)

Полученные результаты



Зависимость количества M1-переходов от энергии (нормировано на 1 акт деления U-235)



Заключение



1. Проведен обзор имеющихся решений проблемы скрытой массы Вселенной.
2. Изучена база ядерных данных МАГАТЭ ENDF.
3. На основе анализа БД проведён отбор части М1-переходов осколков деления U-235 в активной зоне реактора, в которых могут образовываться аксионы — частицы-кандидаты на роль скрытой массы.

Вывод: Энергия большинства рассмотренных М1-переходов не превышает 1 МэВ, что соответствует области естественной радиоактивности материалов.

Это создает существенные сложности для регистрации таких переходов из-за высокого фонового сигнала и необходимости применения высокочувствительного оборудования с эффективной системой подавления фона.

Спасибо за внимание!

