

"Время и пространство - это не условия, в которых мы живём, но способы, какими мы мыслим. Физические концепции являются свободными творениями человеческого рассудка и не обусловлены, как бы это ни казалось, внешним миром."

$$E=MC^2$$

<https://proza.ru/2023/03/06/16>

"Времени не существует - мы его выдумали. Время - это то, что показывают часы. Различие между прошлым, настоящим и будущим - лишь упрямо повторяющаяся иллюзия".

"Что касается материи, мы все время ошибались. То, что мы называли материей, - это энергия, чья вибрация была понижена настолько, что стала воспринимаемой органами чувств. Материя - это "дух", редуцированный до стадии видимости. Материи не существует".

"Все есть энергия, и это все, что есть. Соответствуйте частоте той реальности, которую вы хотите, и вы не сможете не обрести эту реальность. Иначе и быть не может. Это не философия. Это физика".



Виталий Лазаревич
Гинзбург:
«Те, кто не
ходит на семинар,
— просто чудаки...
Им повышают
интеллект, да ещё
бесплатно, а они не
ходят».



It is the Theory Which Decides What We Can Observe (Einstein)

Thomas Filk

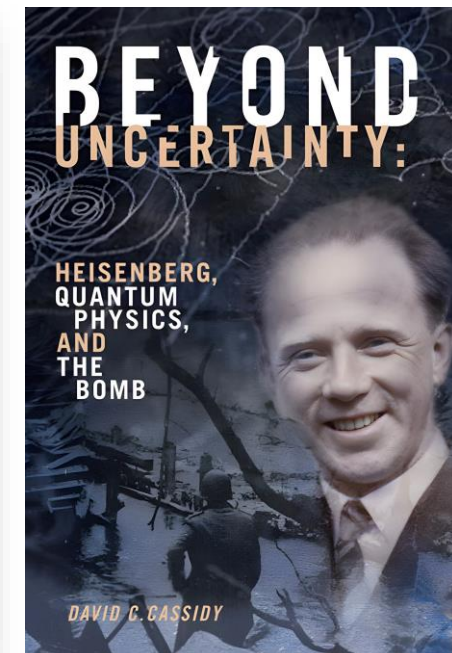
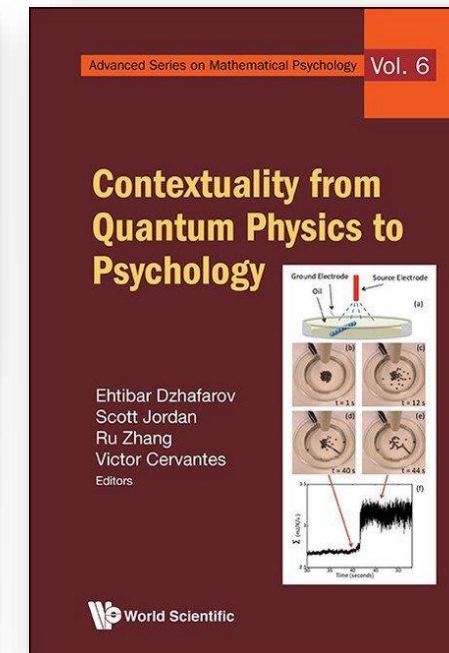
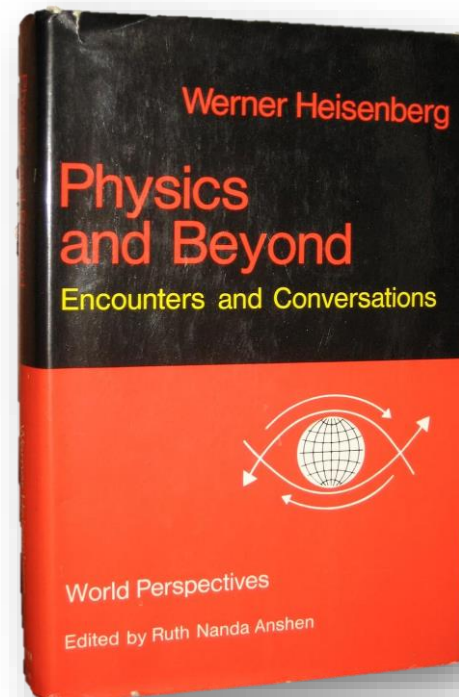
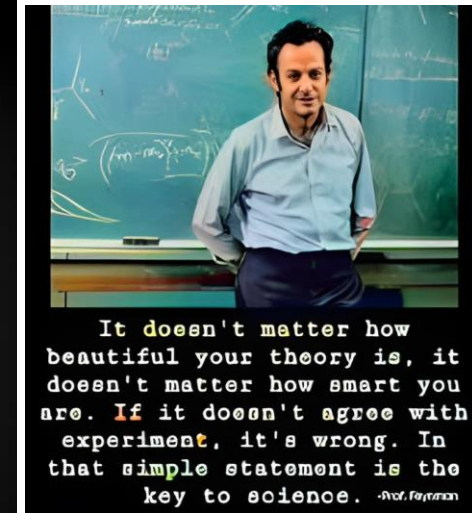
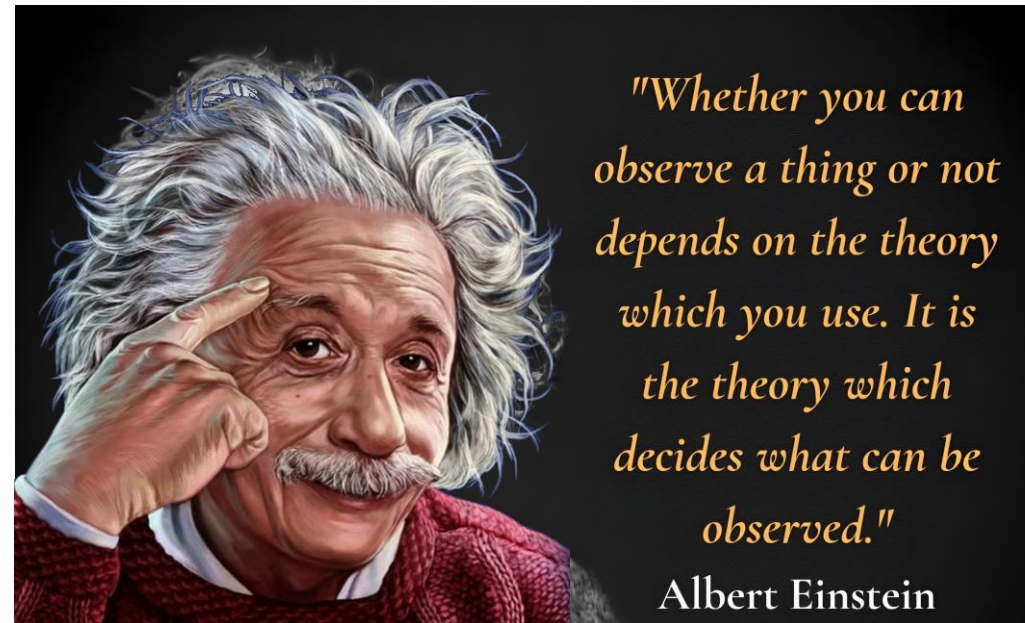
University of Freiburg, Germany

In this chapter I will give examples for three types of contextuality: theory as context, a theory of measurement as context, and environmental and internal conditions as context. In particular, I will argue that depending on which theory of measurements we attribute to Bohmian mechanics, this theory may be called a classical theory or a quantum theory. Furthermore, I will show that for neural networks one can define in a natural way two different theories of measurements which can be compared with scanner-type measurements on the one hand and psychological experiments on the other hand. The later theory of measurements for neural networks leads to non-commutativity and even quantum-like contextuality. It is shown that very simple neural networks can violate Bell-type inequalities.

1. Introduction

The famous quote of Einstein which gave rise to the title of this chapter is reported to us through Werner Heisenberg, who in his book *Physics and Beyond* recalls a discussion with Einstein during the first years of quantum theory: Heisenberg explained to Einstein that with quantum mechanics his intention was to construct a theory which is based purely on observable quantities, but Einstein rejects the idea as not feasible. Upon the astonished remark of Heisenberg, that this is what Einstein did with relativity, Einstein replies: "Perhaps I did use such a philosophy earlier, perhaps I even wrote it, but it is nonsense all the same. ... It is the theory which decides what we can observe (Heisenberg, 1971)."

There are many examples in the history of physics (and presumably in the history of any science) where an experimental result implied different,



It is the Theory Which Decides What We Can Observe (Einstein)

Thomas Filk

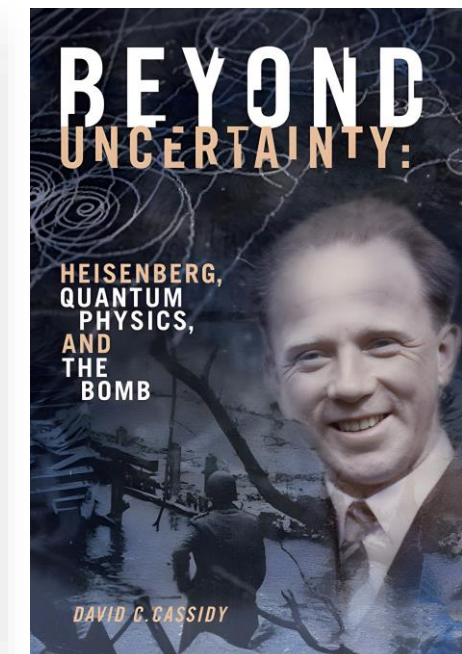
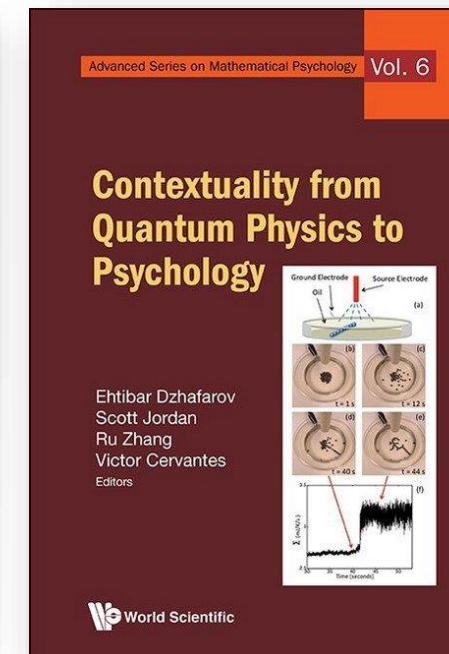
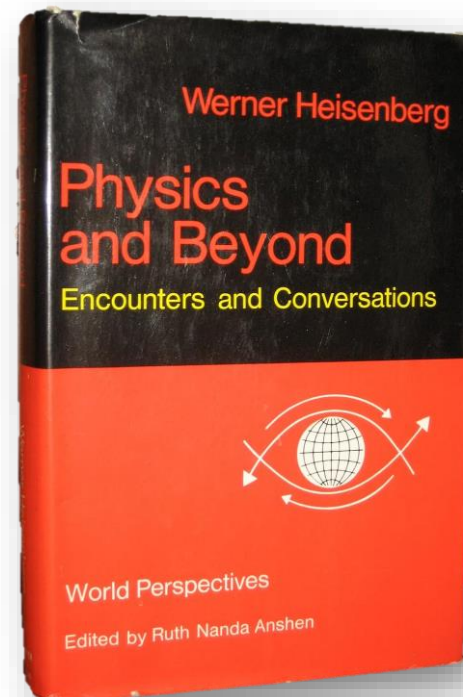
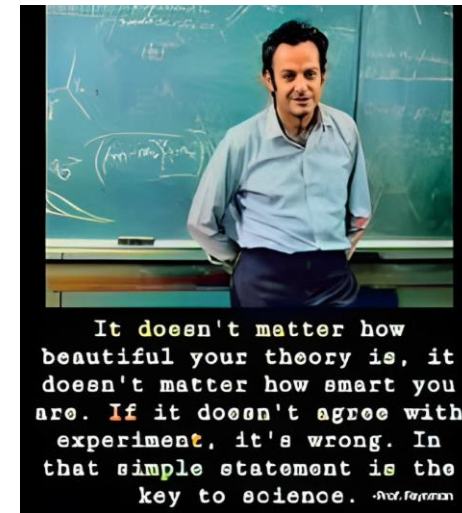
University of Freiburg, Germany

In this chapter I will give examples for three types of contextuality: theory as context, a theory of measurement as context, and environmental and internal conditions as context. In particular, I will argue that depending on which theory of measurements we attribute to Bohmian mechanics, this theory may be called a classical theory or a quantum theory. Furthermore, I will show that for neural networks one can define in a natural way two different theories of measurements which can be compared with scanner-type measurements on the one hand and psychological experiments on the other hand. The later theory of measurements for neural networks leads to non-commutativity and even quantum-like contextuality. It is shown that very simple neural networks can violate Bell-type inequalities.

1. Introduction

The famous quote of Einstein which gave rise to the title of this chapter is reported to us through Werner Heisenberg, who in his book *Physics and Beyond* recalls a discussion with Einstein during the first years of quantum theory: Heisenberg explained to Einstein that with quantum mechanics his intention was to construct a theory which is based purely on observable quantities, but Einstein rejects the idea as not feasible. Upon the astonished remark of Heisenberg, that this is what Einstein did with relativity, Einstein replies: "Perhaps I did use such a philosophy earlier, perhaps I even wrote it, but it is nonsense all the same. ... It is the theory which decides what we can observe (Heisenberg, 1971)."

There are many examples in the history of physics (and presumably in the history of any science) where an experimental result implied different,



Семинар ОМУС в Доме ученых ОИЯИ

Ядерные данные:
история, статус
и перспективы.



14.05.25
16:00

Никита Федоров



начальник сектора, ЛНФ



Для регистрации на мероприятие
используйте QR



Жолио-Кюри, д. 6, левое крыло,
Большой зал

S.M. Qaim (Ed.)

Nuclear Data

for Science and Technology

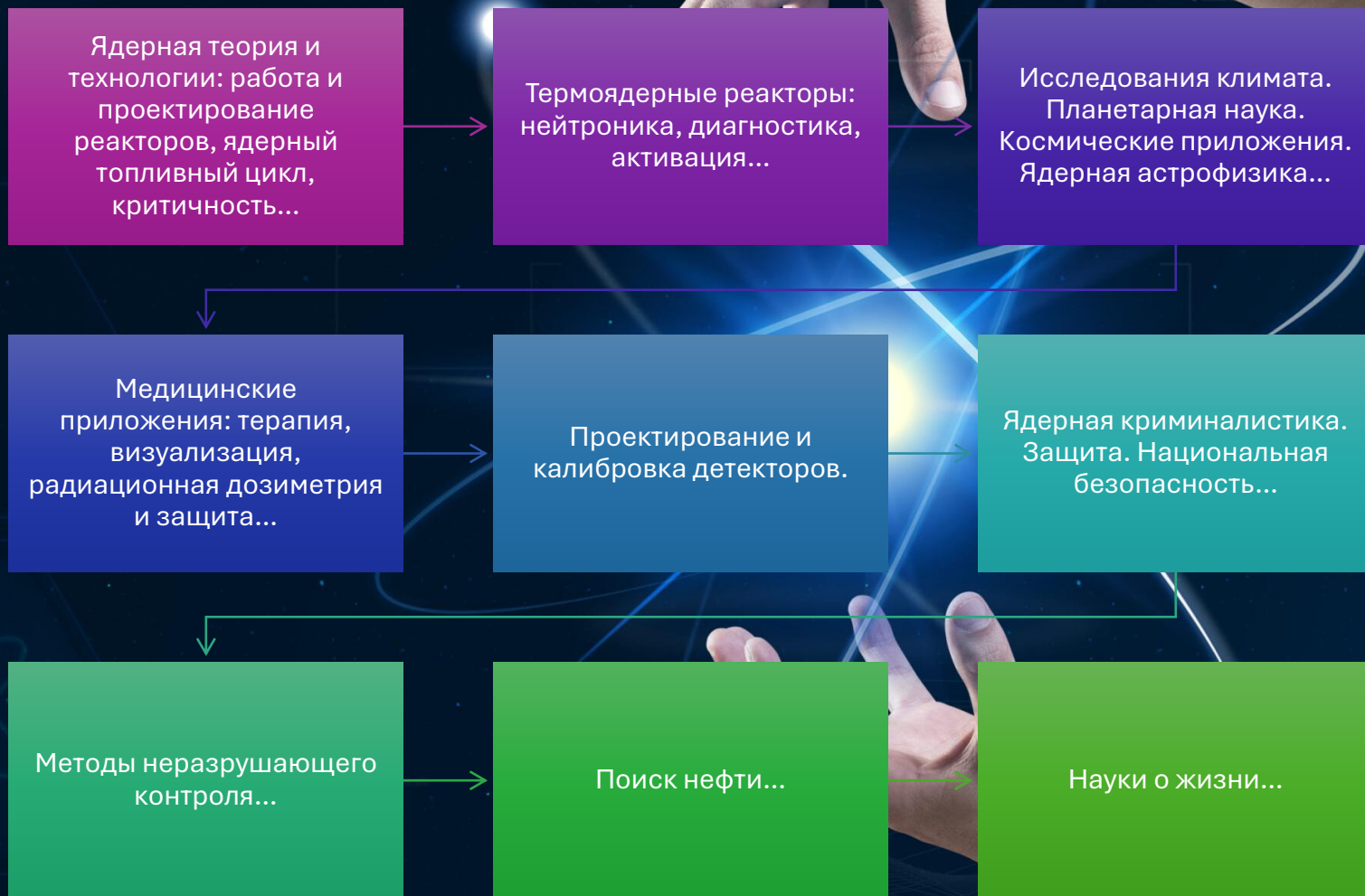
Ядерные данные
для науки и технологий

Proceedings

Research Reports



Springer-Verlag



Nuclear Data Need for....



Jul 8 – 12, 2024
Vienna International Centre
Europe/Vienna timezone

The SANDA and APRENDE European nuclear data projects

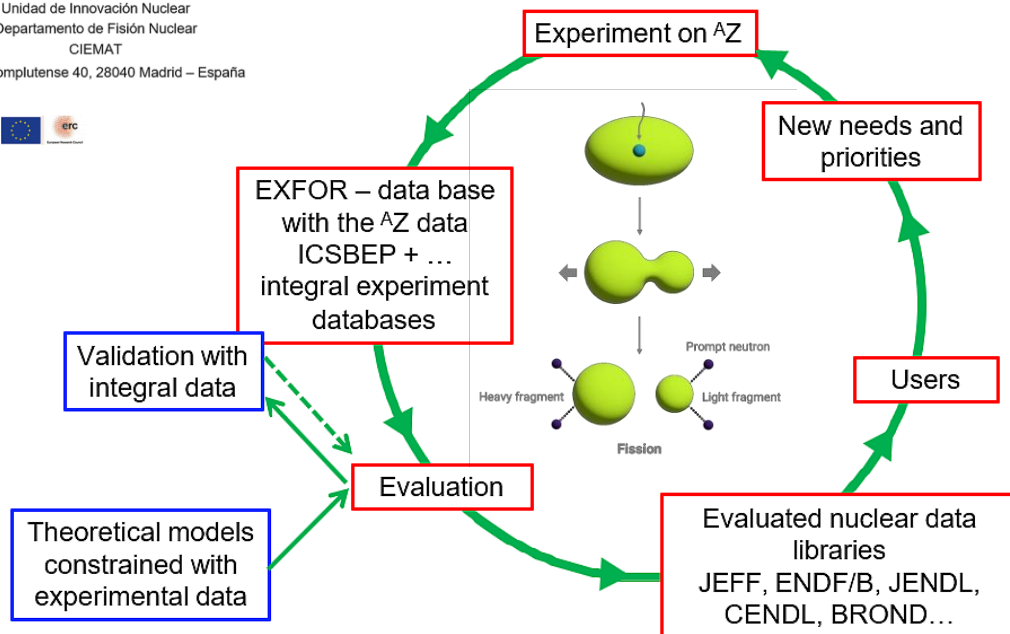
Daniel Cano Ott on behalf of the SANDA and APRENDE partners
daniel.cano@ciemat.es

Unidad de Innovación Nuclear
Departamento de Fisión Nuclear
CIEMAT

Avda. Complutense 40, 28040 Madrid – España



The nuclear data cycle



Look at



- Nuclear reaction mechanisms (direct, compound, pre-equilibrium, other)
- Nuclear fission
- Statistical Hauser-Feshbach theory
- Surrogate methods
- Optical model
- Level densities and photon strength functions
- R-matrix theory
- Nuclear structure for nuclear reactions
- Measurements relevant to compound-nuclear reactions (direct and indirect)
- Nuclear data evaluation and dissemination (including Machine Learning, Statistics, Bayesian Inference)
- Applications in nuclear astrophysics, energy, waste management, nonproliferation, medical physics, etc.
- Experimental facilities

Литий: Белое Золото 21 века

PRODUCED BY THE FOUNDATION FOR EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR NATIONAL SET WEEK 2003

PERIODIC TABLE of the ELEMENTS

Proudly sponsored by the
**SHUTTLEWORTH
FOUNDATION**
[www.shuttleworthfoundation.org]
Tel: +44 (0) 1454 500000 Fax: +44 (0) 1454 500000

At room temperature the element is:
Gas
Liquid
Natural solid
Man-made solid [synthetic]

Symbol	Element name	Atomic number	Atomic mass
H	Hydrogen	1	1.01

DMITRI MENDELEYEV (1834 – 1907)

The Russian chemist, Dmitri Mendeleev, was the first to observe that if elements were listed in order of atomic mass, they showed regular (periodical) repeating properties. He formulated his discovery in a periodic table of elements, now regarded as the backbone of modern chemistry.

The crowning achievement of Mendeleev's periodic table lay in his prophecy of then, undiscovered elements. In 1869, the year he published his periodic classification, the elements gallium, germanium and scandium were unknown. Mendeleev left spaces for them in his table and even predicted their atomic masses and other chemical properties. Six years later, gallium was discovered and his predictions were found to be accurate. Other discoveries followed and their chemical behaviour matched that predicted by Mendeleev.

This remarkable man, the youngest in a family of 17 children, has left the scientific community with a classification system so powerful that it became the cornerstone in chemistry teaching and the prediction of new elements ever since. In 1955, element 101 was named after him: Md, Mendeleevium.

IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VII A 17
B Boron 5 10.81	C Carbon 6 12.01	N Nitrogen 7 14.01	O Oxygen 8 16.00	F Fluorine 9 19.00
Al Aluminium 13 26.98	Si Silicon 14 28.09	P Phosphorus 15 30.97	S Sulphur 16 32.06	Cl Chlorine 17 35.45
Ga Gallium 31 69.72	Ge Germanium 32 72.61	As Arsenic 33 74.92	Se Selenium 34 78.96	Br Bromine 35 79.90
In Indium 49 114.82	Sn Tin 50 118.71	Sb Antimony 51 121.76	Te Tellurium 52 127.60	I Iodine 53 126.90
Tl Thallium 81 204.38	Pb Lead 82 207.20	Bi Bismuth 83 208.98	Po Polonium 84 [209]	At Astatine 85 [210]
La Lanthanum 57 138.91	Ce Cerium 58 140.12	Pr Praseodymium 59 140.91	Nd Neodymium 60 144.24	Pm Promethium 61 [145]
Sm Samarium 62 150.36	Eu Europium 63 151.96	Gd Gadolinium 64 157.25	Tb Terbium 65 158.93	Dy Dysprosium 66 162.50
Ho Holmium 67 164.93	Er Erbium 68 167.26	Tm Thulium 69 168.93	Yb Ytterbium 70 173.04	Lu Lutetium 71 174.96
Ac Actinium 89 227.03	Th Thorium 90 232.04	Pa Protactinium 91 231.04	U Uranium 92 238.03	Np Neptunium 93 [237]
Pu Plutonium 94 [244]	Am Americium 95 [243]	Cm Curium 96 [247]	Bk Berkelium 97 [247]	Cf Californium 98 [251]
Es Einsteinium 99 [252]	Fm Fermium 100 [257]	Md Mendelevium 101 [258]	No Nobelium 102 [259]	Lr Lawrencium 103 [262]

FEST
Foundation for Education, Science and Technology



Литиевая лихорадка

The Lithium rush



Li-ion



Felix M. Dorn

Der Lithium-Rush

Sozial-ökologische Konflikte um einen strategischen Rohstoff in Argentinien

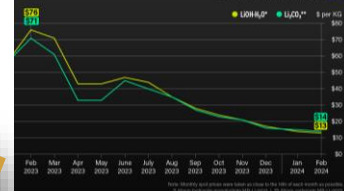
foolooker

FOUR REASONS WHY LITHIUM COULD BE THE NEXT GOLD RUSH

Lithium's importance in powering EVs makes it a linchpin of the clean energy transition and one of the world's most precious minerals.

With lithium prices low and clean energy demands skyrocketing, now is the time to invest in lithium. Here are four reasons why.

1 LOW LITHIUM COMMODITY PRICES



2 LOW LITHIUM-ION BATTERY PRICES

In January 2024, over a million EVs were sold globally, 40% more than in January 2023.

Despite the falling price of batteries, the demand for EVs in the U.S. has never been higher, with the nation selling nearly a million in 2023, 60% more than in 2021.



3 EV ADOPTION IS SUSTAINABLE

Even once high price point contributed to their slow adoption. But now Tesla Motors has reached price parity with other vehicle manufacturers, making the EV market stable and sustainable.

Average U.S. Vehicle Transaction Price



4 TRANSPORTS INCREASING ELECTRICITY DEMAND



Планируемое строительство литиевого рудника в Неваде подчеркивает дилемму, стоящую перед «зелеными» технологиями: они по-прежнему зависят от добывающих отраслей

The Rush For White Gold

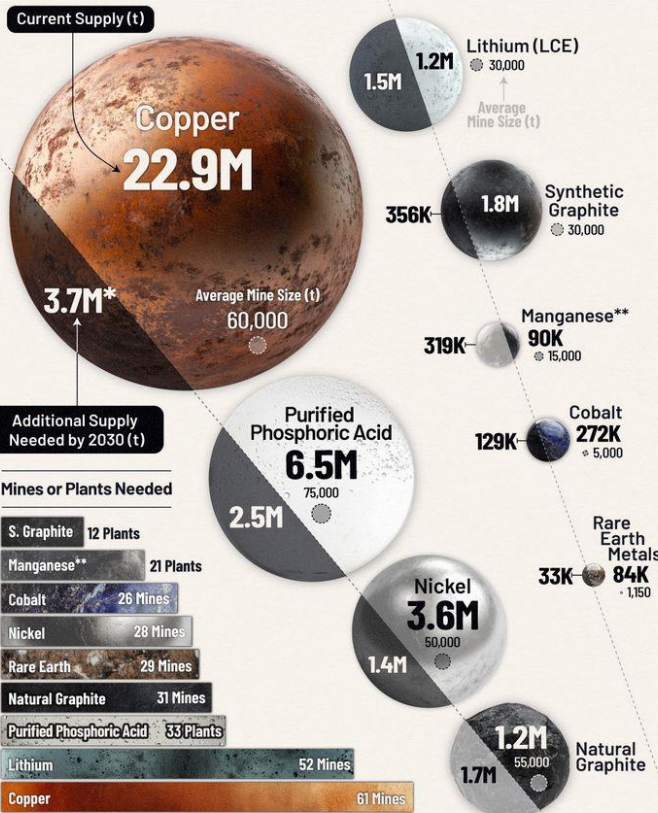
A proposed lithium mine in Nevada highlights a dilemma facing green tech — it is still reliant on extractive industries.

MAGAZINE • SUMMER 2021 • FEATURE



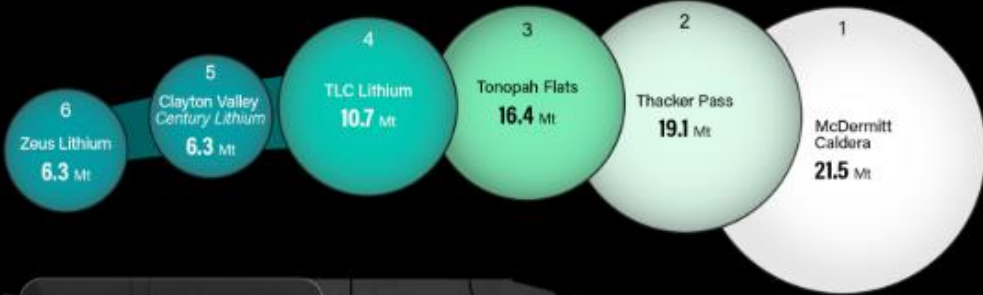
HOW MANY NEW MINES ARE NEEDED FOR THE ENERGY TRANSITION

Meeting global battery demand by 2030 would require 293 new mines.



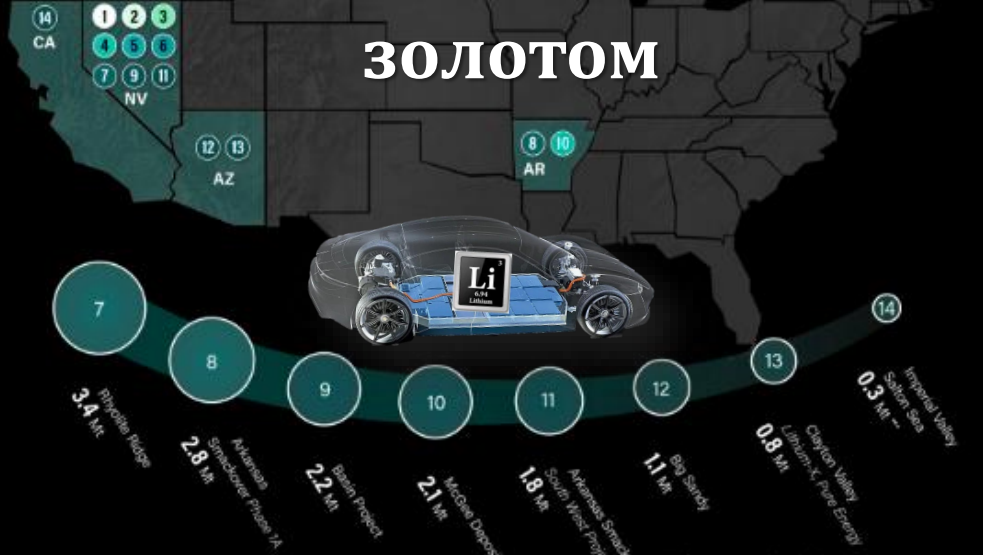
U.S. LITHIUM PROJECTS BY SIZE

0 Mt 20 Mt



600,000 metric tons of LCE could be extracted from Salton Sea, California every year. Source: Controlled Thermal Resources

Гонка за белым золотом



States without a color code were not found to contain lithium, according to the recent USGS evaluations (2021)

TOTAL LCE DEPOSITS BY STATE



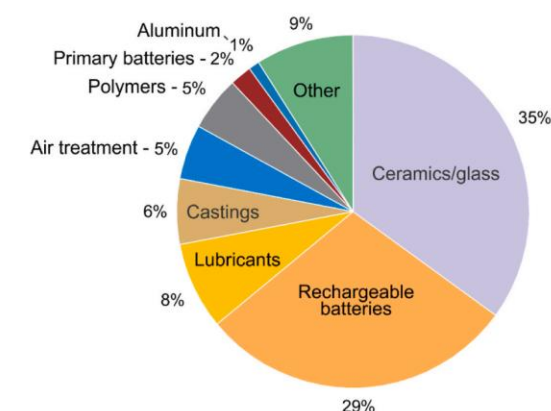
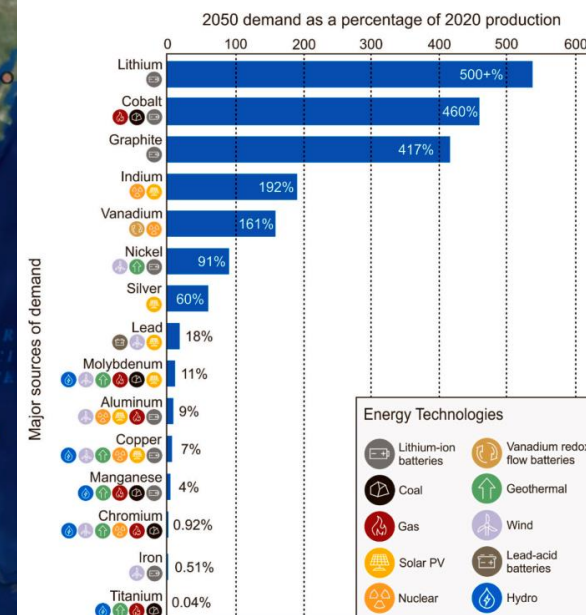
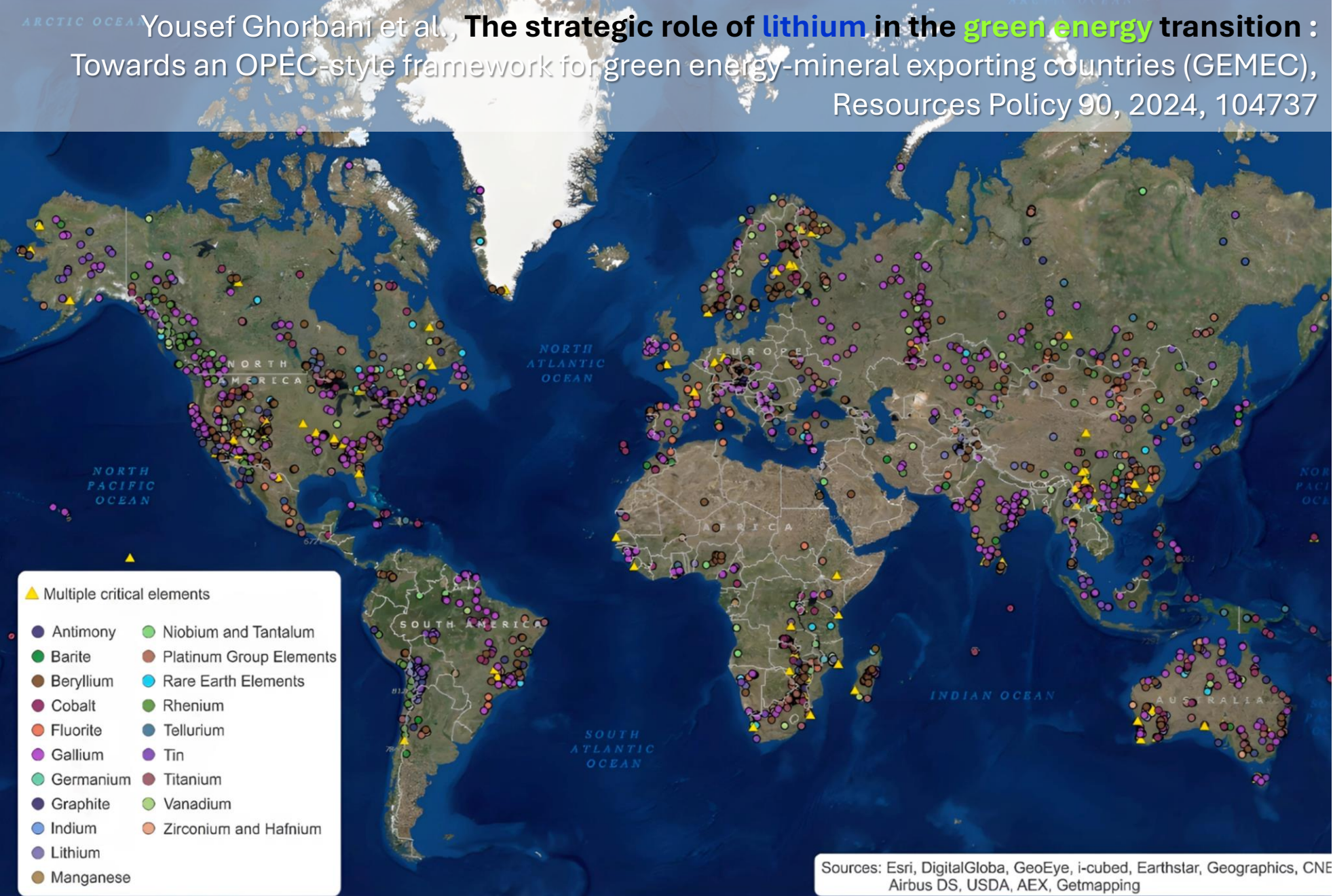
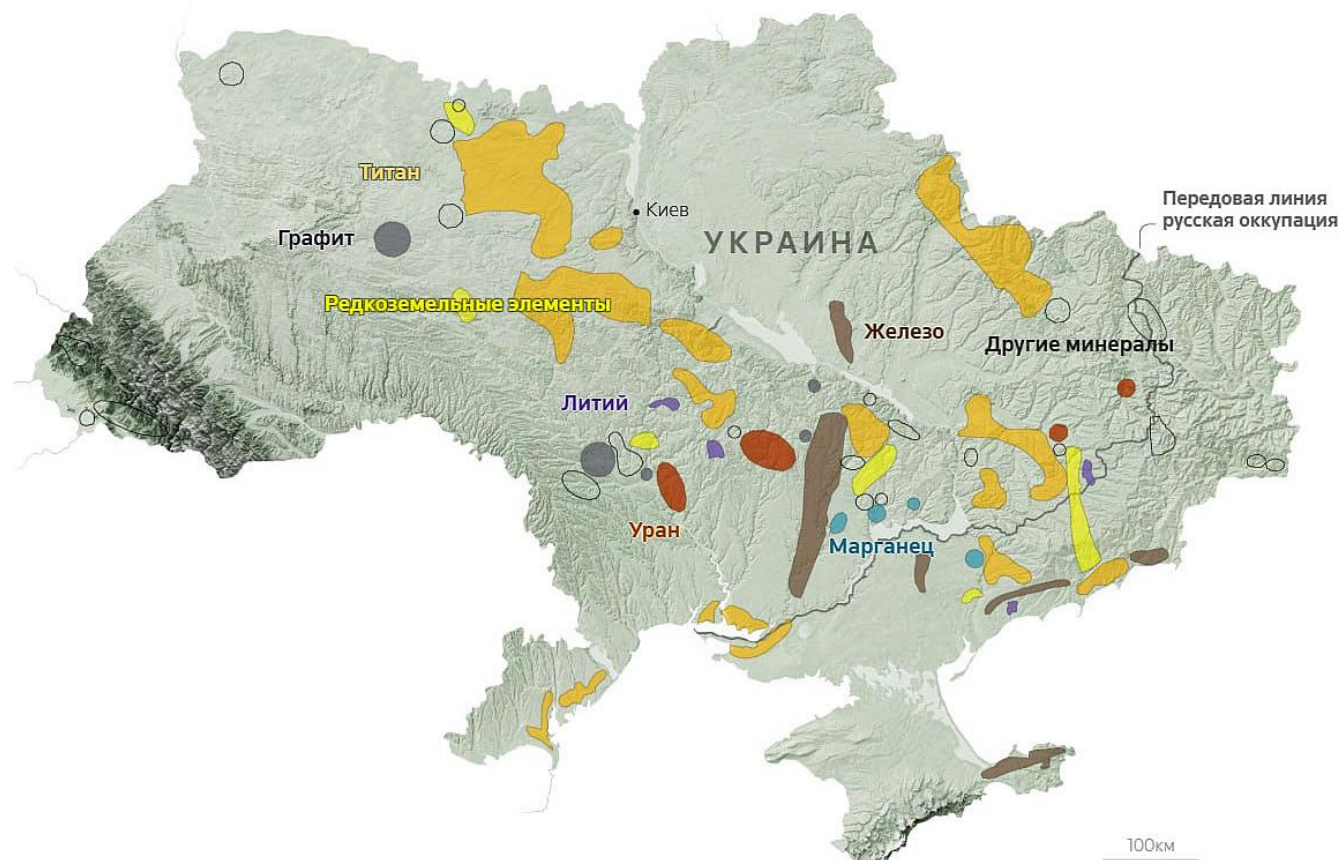


Fig. 6. Global distribution of minerals necessary for green energy technologies. Data from [USGS \(2022\)](#).

Украина подписывает минеральное соглашение с США

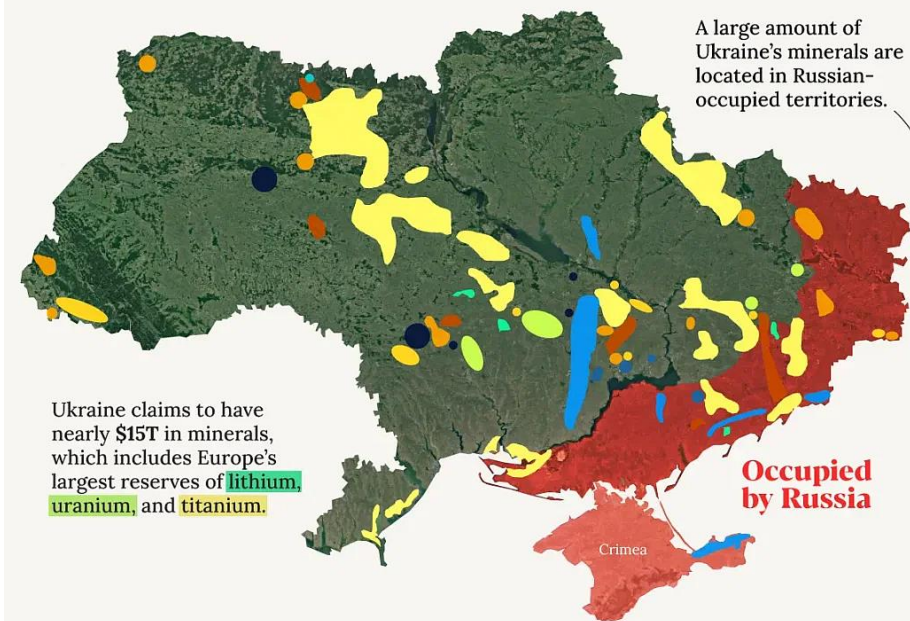
Прасанта Кумар Дутта, Сэм Харт, Джон МакКлор, Анураг Рао и Мариано Сафра

Опубликовано 26 февр. 2025 г. · Последнее обновление 1 мая 2025 г. 01:00 PM GMT+3



UKRAINE'S Mineral Resources

- ◆ Graphite ◆ Manganese ◆ Iron
- ◆ Beryllium ◆ Lithium ◆ Uranium
- ◆ Titanium, Zirconium ◆ Polymetallic
- ◆ Non-ferrous metal ◆ Rare Earths



Ukraine claims to have nearly \$15T in minerals, which includes Europe's largest reserves of **lithium**, **uranium**, and **titanium**.

Element	Reserves	Share of Global Production
Graphite	18.6Mt	4.0%
Manganese	140Mt	1.6%
Iron	6.5Bt	1.5%
Beryllium	13.9Kt	0%
Lithium	Classified	0%
Uranium	Classified	2.0%
Titanium	Classified	7.0%

Литий: Белое Золото 21 века

ГЕОЛОГОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛИТИЯ В РОССИИ

Источник: ФГБУ «ВИМС» и данные «РГ»

Запасы, тысяч тонн



Геологопромышленные типы:

- редкометалльные пегматиты со сподуменом
- редкометалльные граниты
- ◇ редкометалльные пегматиты
- △ слюдитовые и кварц-плагиоклазовые жилы
- ⬡ грейзеновый редкометалльно-флюоритовый

Полмостундровское
Вороньетундровское
Колмозерское

13 500

Мурманская область

Шевченко

13 800

ДНР

Малышевское*

Месторождения:

- разрабатываемые
- не переданные в освоение
- * разрабатываемые на другие компоненты
- ** месторождения законсервированы

Иркутская область

675,7

Бурятия

367,8

Забайкальский край

362,9

Приморский край

64

Тыва

665,5

Алтай

154,5

Вишняковское

Белореченское

Гольцовое

Урикское

Улуг-Танзекское

Тастыгское

Завитинское

Ачиканское

Этыкинское

Орловское

Вознесенское**

Пограничное**

Алахинское

Литий: Белое Золото 21 века

25.02.2023

На вес золота. Россия начинает добычу стратегического сырья

Литий необходим для выпуска алюминиевых полуфабрикатов, электроники, лазерной техники, используется в авиакосмической индустрии, атомной промышленности.

Его независимая добыча — стратегическая задача.

Импорт только карбоната лития обходится России как минимум почти в четыре миллиарда рублей в год.

Объемы добычи составят до 45 тысяч тонн карбоната и гидроксида лития в год. Геологоразведочные работы планируют завершить через несколько лет, а выйти на проектную мощность — к 2030 году, сообщает Минпромторг.

Литий: Белое Золото 21 века

25.02.2023

На вес золота. Россия начинает добычу стратегического сырья

В настоящее время на мировом рынке РФ – импортер карбоната лития (из Чили и Аргентины) и гидроксида лития (из КНР и США); в пересчете на металл – это около 1500 т.

Импортное сырье перерабатывается на Новосибирском заводе химконцентратов (РЗХК) с получением металлического лития и его изотопов, а также на химико-металлургическом заводе в Красноярске и Сибирском химическом комбинате в Северске с получением продукции (полуфабрикатов) на экспорт.

Литий: Белое Золото 21 века

Где используется литий

natLi



2025/02/19

Почему спрос на литий в электронике может сокращаться

Запасы

2024: Россия заняла пятое место по месторождениям лития

2023: Лития на Земле - многие миллиарды тонн

2022: Страны-лидеры по запасам и производству лития

2021: Страны с наибольшим объемом добычи лития

Боливия располагает запасами лития в **23 Mt** и входит в "литиевый треугольник", где располагаются крупнейшие мировые месторождения этого металла, вместе с **Аргентиной** с ее **19 Mt** и **Чили** с **9 Mt**.

Хроника

2024

- Горнодобывающие компании отказываются от планов по увеличению производства после для аккумуляторов

2023

- Мировая добыча лития за 9 лет выросла в 5 раз. Топ-10 направлений его использования
- Резкое снижение цен на литий на 75%
- На Россию приходится 10% мировых запасов лития
- «Росатом» договорился о добыче лития в Боливии за \$600 млн
- Разработана технология добычи лития из старых нефтяных месторождений
- В Иране открыто второе по величине в мире месторождение лития
- Индия заявила об обнаружении крупнейшего в мире месторождения лития

2022: Мексика переводит все запасы лития под госконтроль

2021: Рост потребления редкоземельного лития



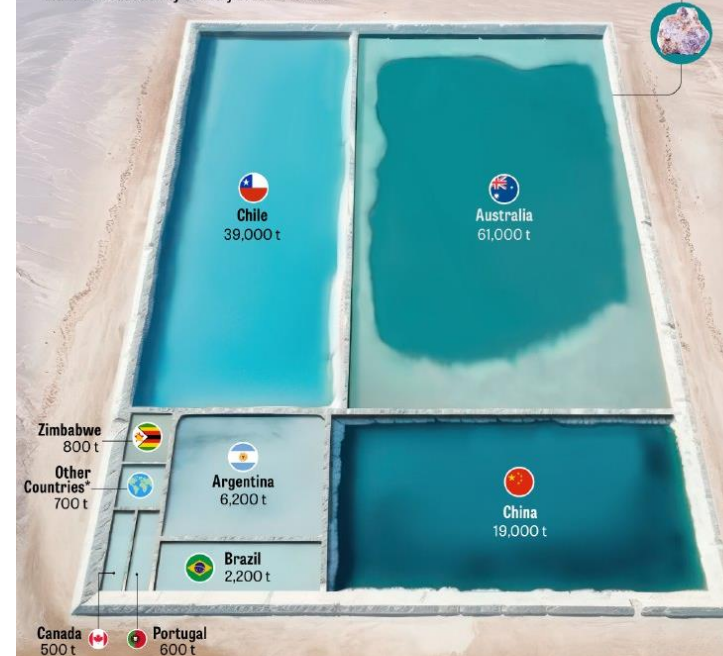
The World's Largest Lithium Producing Countries

Lithium demand for electric vehicle batteries and other energy storage devices has grown significantly over the past few years.

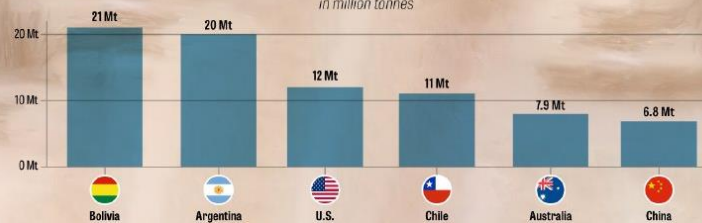
Over 70% of global lithium production comes from only two countries.

Australia produces most of its lithium by mining hard rock spodumene, unlike Argentina, Chile, and China, which produce it mostly from brine.

Lithium Production by Country 2022e in Tonnes



Countries with the Largest Lithium Reserves in million tonnes



«Росатом» построит в Боливии завод по производству карбоната лития 16 сентября 2024



Завод планируется построить на солончаке Уюни в департаменте Потоси.

При освоении солончака планируется использовать российскую технологию прямого сорбционного извлечения лития. В числе ее экологических преимуществ — отсутствие необходимости использования в технологическом процессе агрессивных реагентов, а также максимальный рецикл водных потоков, что обеспечит сохранение окружающих экосистем

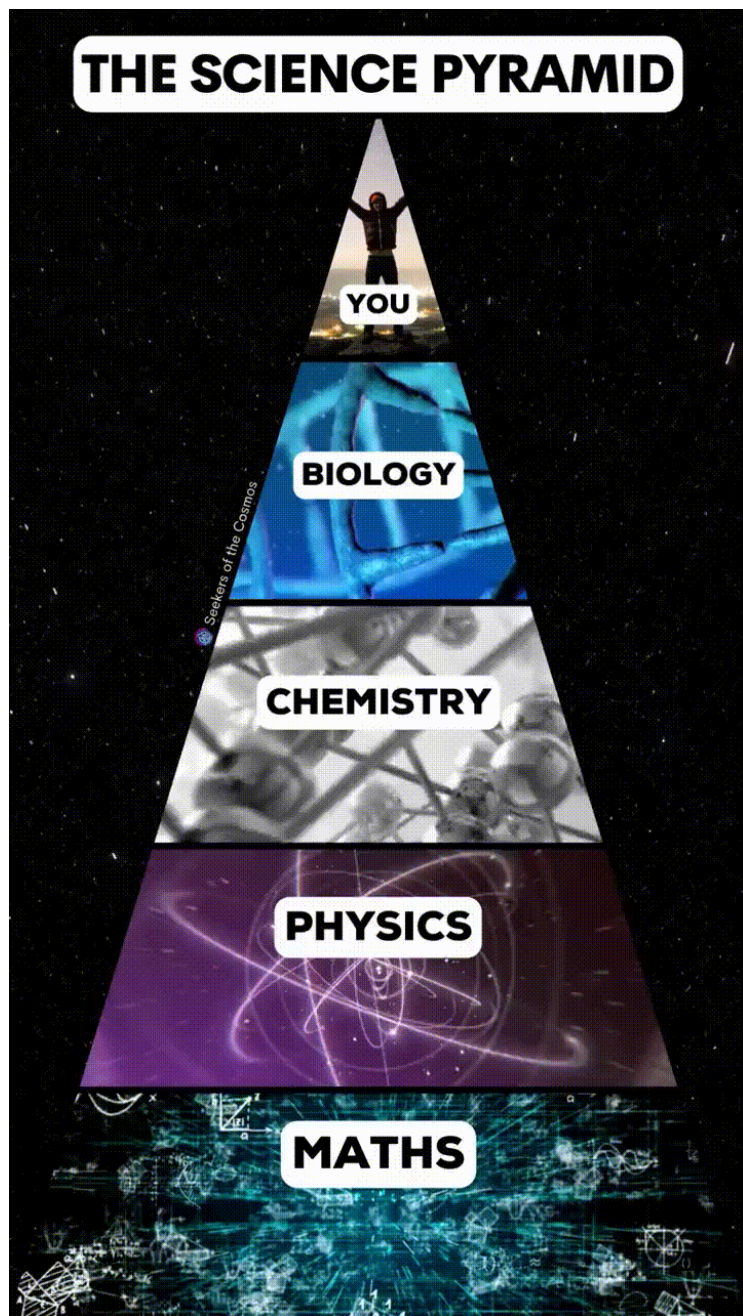
Сторонами договора стали компании «Ураниум Уан Груп» (входит в «Росатом») и «Боливийские месторождения лития» (YLB). *Официальная церемония прошла 11 сентября в присутствии президента Боливии Луиса Альберто Арсе Катакоры.*

Завод будет расположен на территории **крупнейшего в мире литиеносного салара** (бессточное понижение земной поверхности, заполненное отложениями солей) **Уюни**, который находится на высоте 3650 м над уровнем моря и занимает площадь более 10,5 тыс. км².

Две недели спустя было заключено соглашение с китайской **Hong Kong CBC** о строительстве двух заводов по производству **карбоната лития** с аналогичным объемом вложений.

Проект предусматривает **запуск во втором полугодии 2025 года промышленной установки** с последующим поэтапным расширением производственных мощностей и выходом на выпуск до 14 тыс. т. **карбоната лития** в год.

Добыча лития Россией и Китаем в Боливии затронет лишь 1,64% солончака Уюни - компания



Li-Be-B

Любой процесс нуклеосинтеза, детали которого неясны, который отвечает за легкие элементы **литий, бериллий и бор**, которые не могут выживать в недрах звезд, поскольку они разрушаются в реакциях с участием протонов.

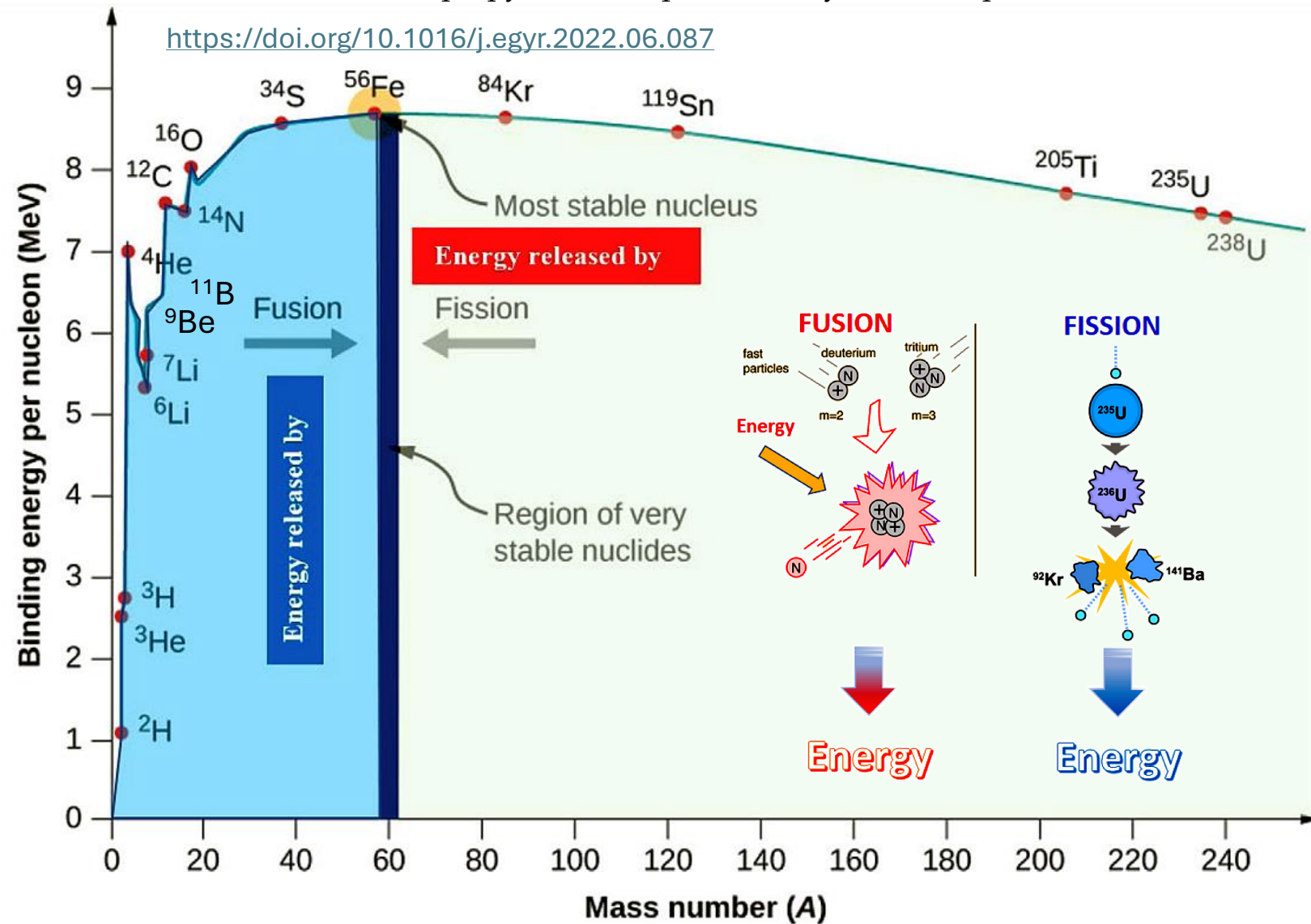


Fig. 4. Binding energy per nucleon versus atomic number A.

Li-Be-B



The Universe has a Lithium Problem



The Big Bang Theory suggests that there should be three times as much lithium as we can observe. Why is there such a discrepancy between predictions and observations?

The missing lithium problem is centred around the earliest stages of the universe: from about 10 seconds to 20 minutes after the Big Bang. The universe was super hot and it was expanding rapidly. This was the beginning of what's called the Photon Epoch.

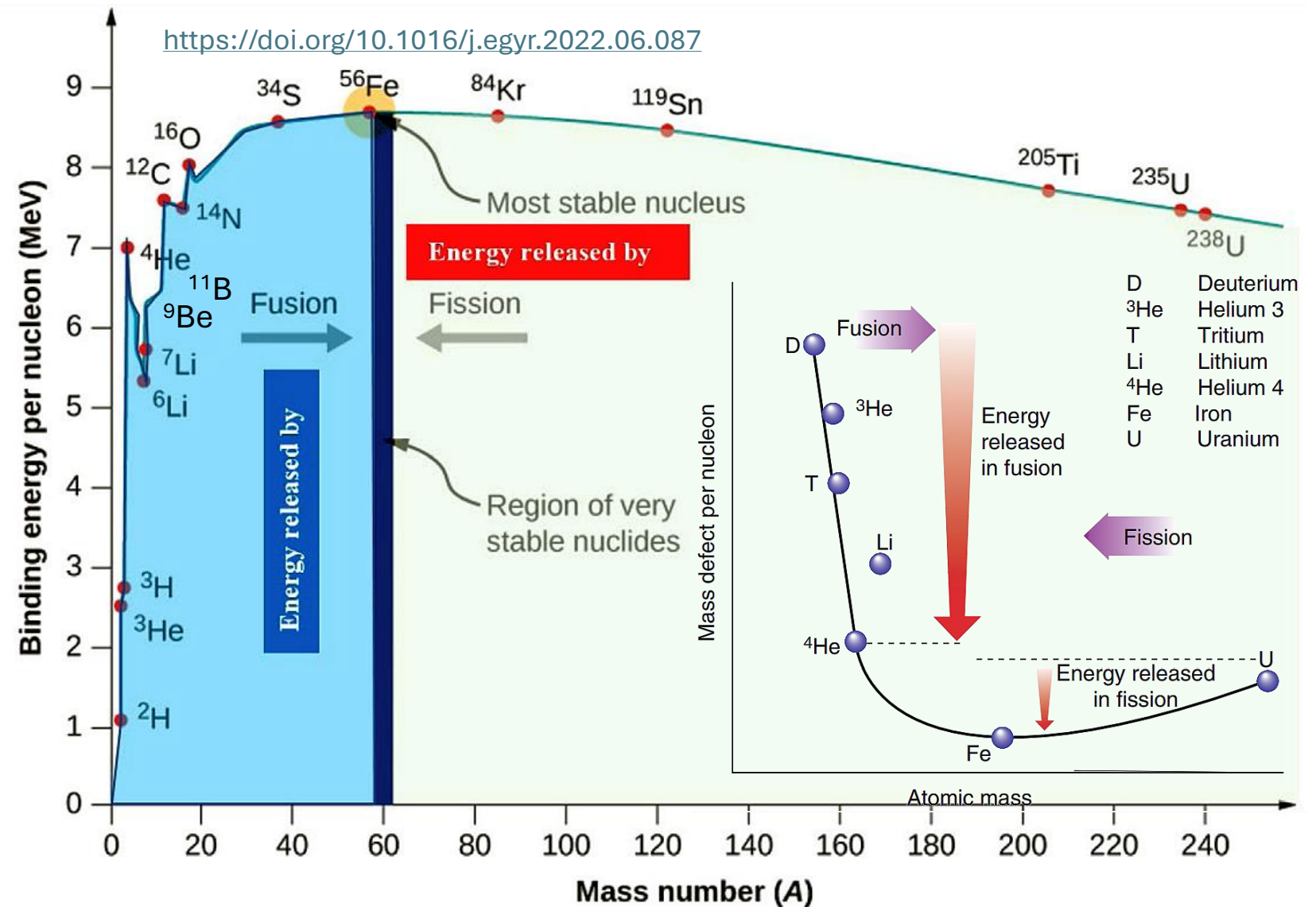


Fig. 4. Binding energy per nucleon versus atomic number A.

Li-Be-B



The Universe has a Lithium Problem



The Big Bang Theory suggests that there should be three times as much lithium as we can observe. Why is there such a discrepancy between predictions and observations?

The missing lithium problem is centred around the earliest stages of the universe: from about 10 seconds to 20 minutes after the Big Bang. The universe was super hot and it was expanding rapidly. This was the beginning of what's called the Photon Epoch.

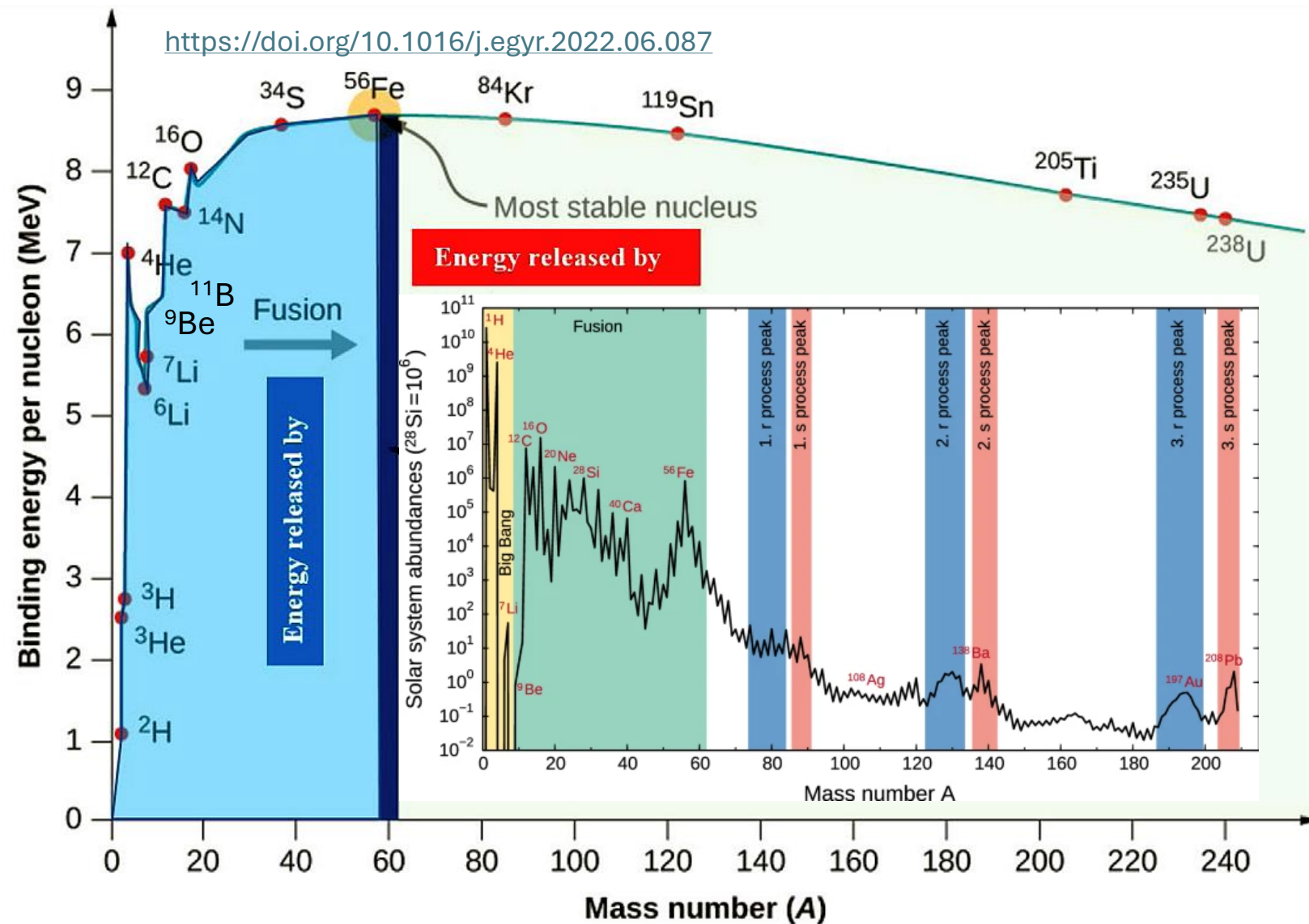


Fig. 4. Binding energy per nucleon versus atomic number A.

Литий: Белое Золото 21 века

${}^6\text{Li}$

${}^7\text{Li}$



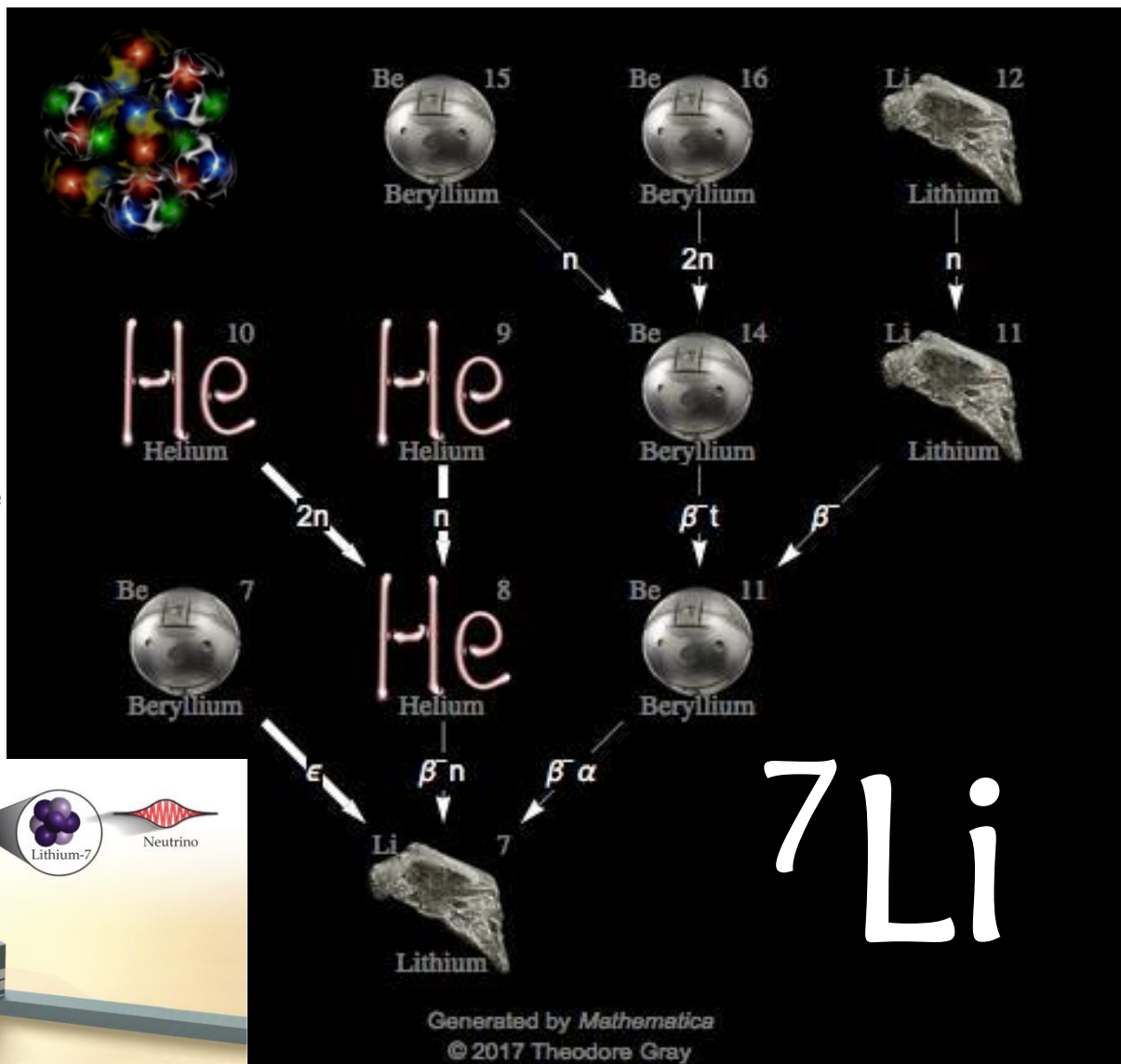
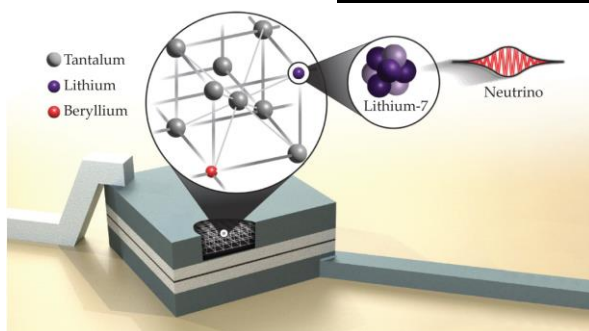
Литий: Белое Золото 21 века

nature

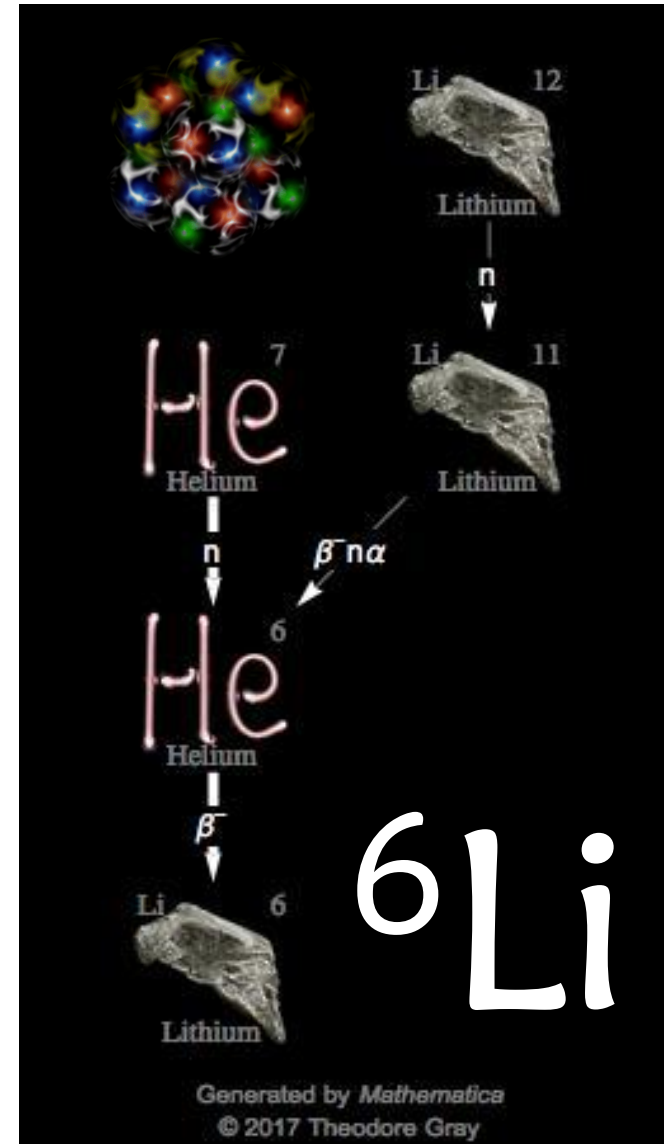
Smolsky, J., Leach, K.G., Abells, R. et al. Direct experimental constraints on the spatial extent of a neutrino wavepacket. Nature 638, 640–644 (2025).

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08479-6>

Прямые экспериментальные ограничения на пространственную протяженность нейтринного волнового пакета



${}^7\text{Li}$



${}^6\text{Li}$

ЖЭТФ, 2019, том 155, вып. 5, стр. 832–838

BIG-BANG NUCLEOSYNTHESIS AND PRIMORDIAL
LITHIUM ABUNDANCE PROBLEM

© 2019

НУКЛЕОСИНТЕЗ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА И ПРОБЛЕМА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЛИТИЯ В РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

V. Singh, J. Lahiri, D. Bhowmick, D. N. Basu

В. Сингх^{a,b}, Дж. Лахири^{a**}, Д. Бхомик^{a***}, Д. Н. Басу^{a,b****}*

^a Циклотронный центр переменных энергий
700064, Калькутта, Индия

^b Национальный институт Хоми Баба
400085, Мумбаи, Индия

До сих пор не удается
объяснить примерно
трехкратное превышение
теоретической оценки
распространенности ⁷Li.

Распространенность ⁷Li может понижаться за счет распада тяжелой частицы
во время или после нуклеосинтеза Большого взрыва (НБВ), фотонное
охлаждение, возможность комбинированного распада частиц и влияние
магнитного поля.

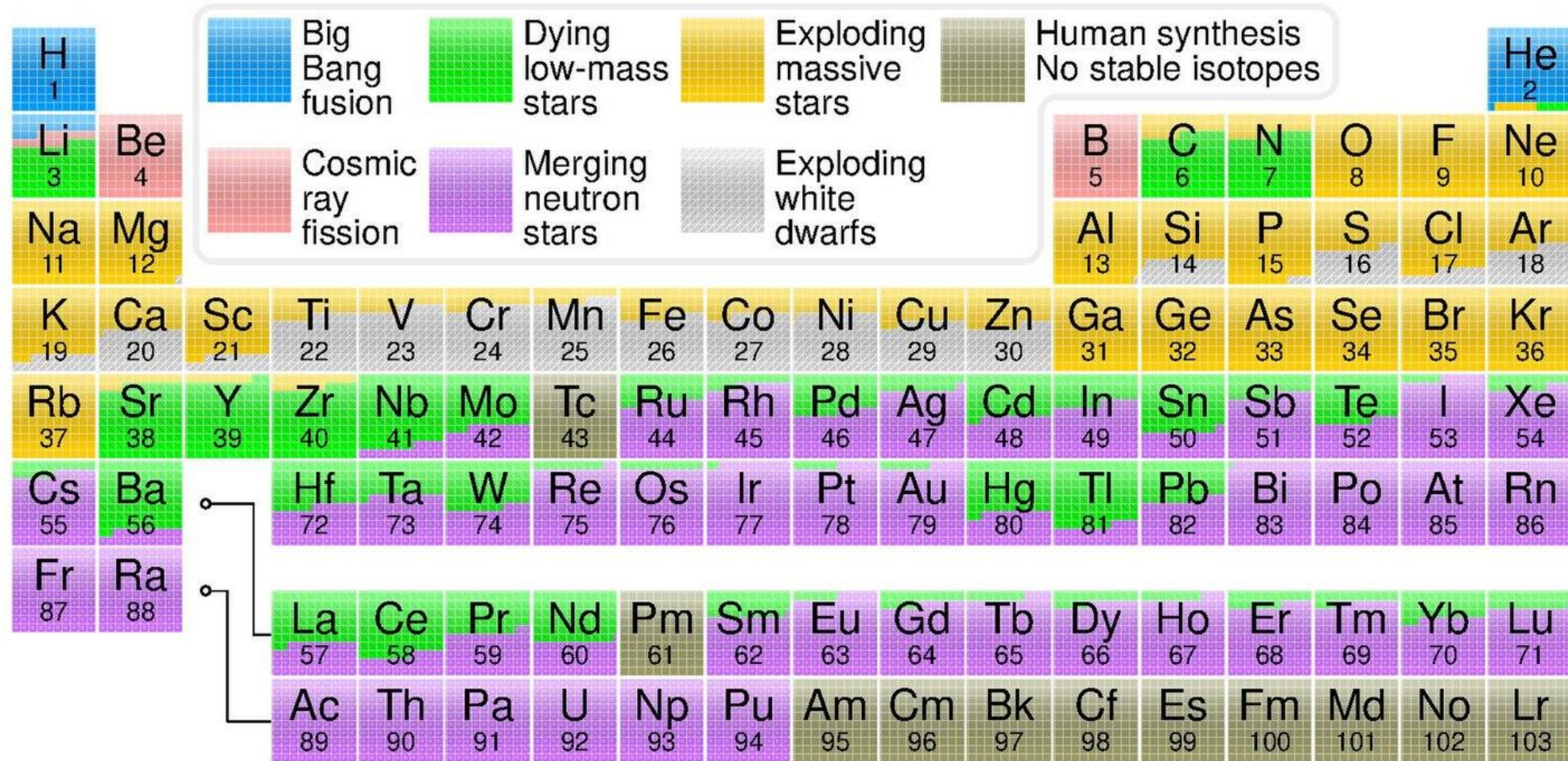
Предсказания стандартной теории НБВ зависят от
скоростей астрофизических ядерных реакций и трех
дополнительных параметров, а именно:

- числа ароматов легкого нейтрино,
- времени жизни нейтрона
- барион-фотонного отношения во Вселенной.

Выход теории НБВ за пределы стандартной модели может потребоваться для изучения ранней
Вселенной и проверки фундаментальной физики, а также для решения проблемы лития.

Nucleosynthesis Periodic Table

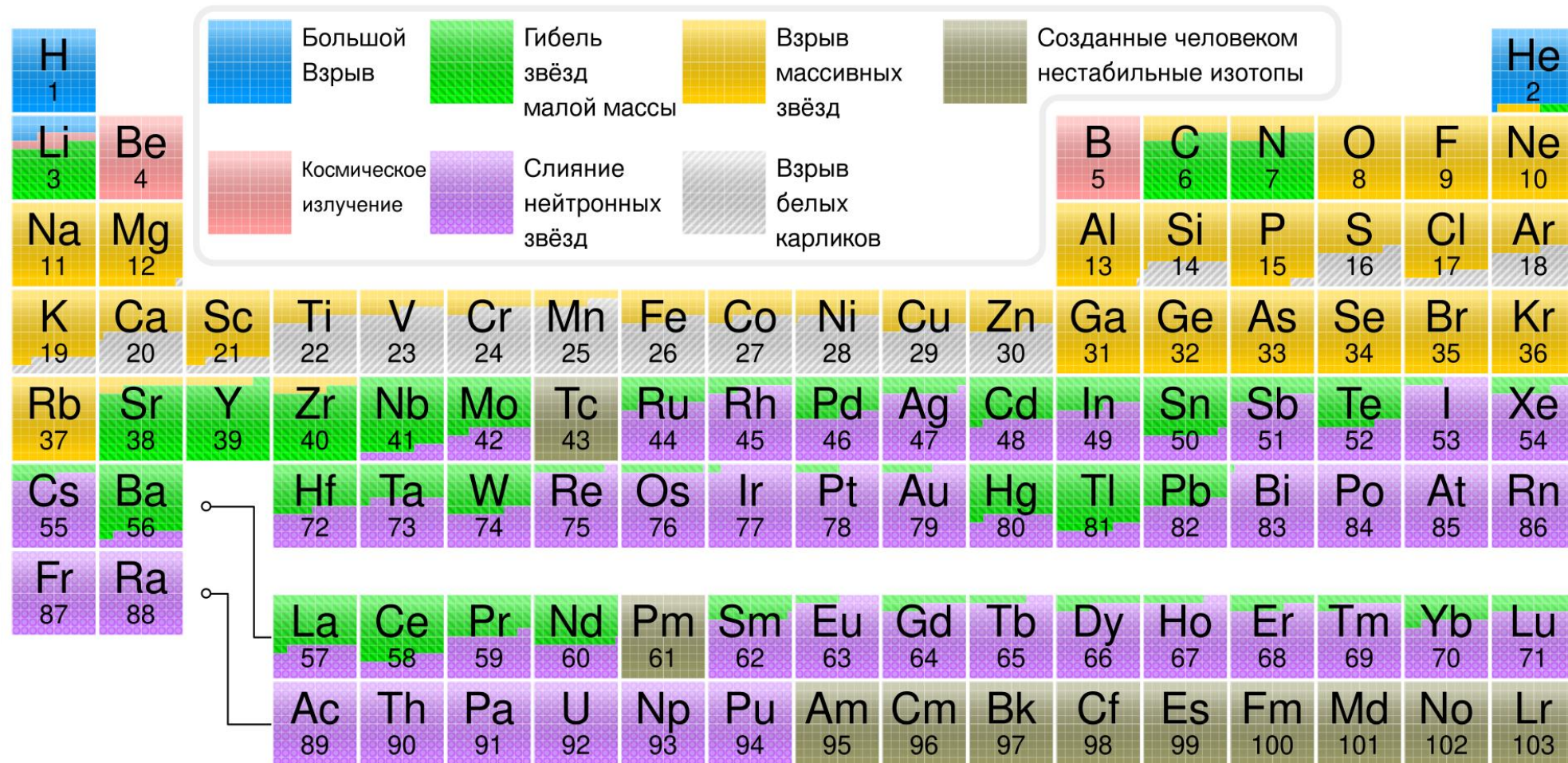
http://commons.wikimedia.org/wiki/file:nucleosynthesis_periodic_table.svg © CMG Lee, CC BY-SA 3.0



A periodic table showing the origins of the elements in the Solar System, based on data by Jennifer Johnson at Ohio State University. The percentages of each element's origins are represented by squares (out of a hundred) to make it easier to estimate proportions. Elements above lawrencium are not included. Johnson's explanation at <http://web.archive.org/web/20220226100944/http://blog.sdss.org/2017/01/09/origin-of-the-elements-in-the-solar-system> cautions, "We still don't know everything..." The image is NASA's Astronomy Picture of the Day 2020-08-09 (<http://apod.nasa.gov/apod/ap200809.html>) and 2017-10-24 (<http://apod.nasa.gov/apod/ap171024.html>).

Nucleosynthesis Periodic Table

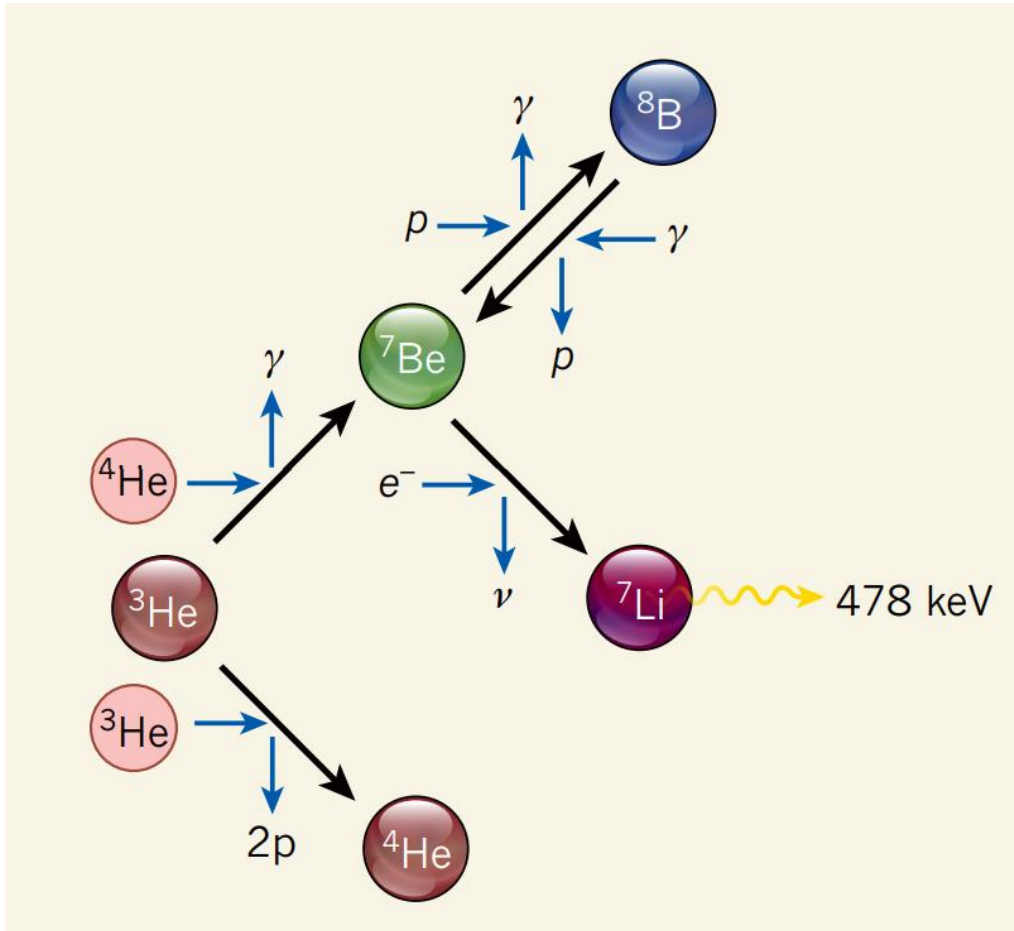
http://commons.wikimedia.org/wiki/file:nucleosynthesis_periodic_table.svg © CMG Lee, CC BY-SA 3.0



A periodic table showing the origins of the elements in the Solar System, based on data by Jennifer Johnson at Ohio State University. The percentages of each element's origins are represented by squares (out of a hundred) to make it easier to estimate proportions. Elements above lawrencium are not included. Johnson's explanation at <http://web.archive.org/web/20220226100944/http://blog.sdss.org/2017/01/09/origin-of-the-elements-in-the-solar-system> cautions, "We still don't know everything..." The image is NASA's Astronomy Picture of the Day 2020-08-09 (<http://apod.nasa.gov/apod/ap200809.html>) and 2017-10-24 (<http://apod.nasa.gov/apod/ap171024.html>).

Теория Большого взрыва предсказывает, что когда Вселенная только образовалась, единственной материей, которая существовала, были **водород**, **гелий** и очень малые количества **лития**. Если это правда, то все остальные элементы должны были быть созданы в звездах.

Взрыв звезды, богатой **литием**



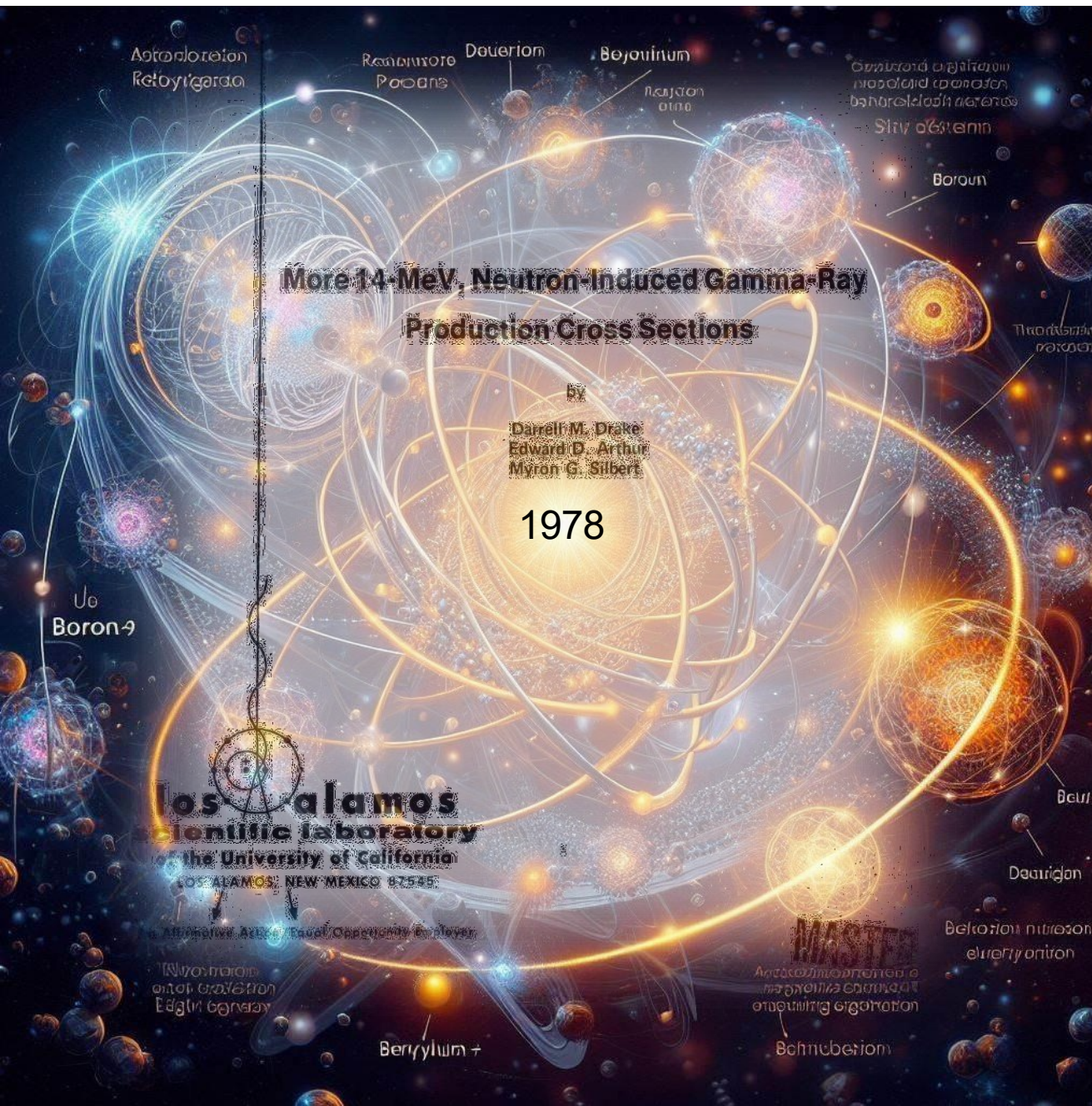
Литий имеет сложное происхождение. Он производится тремя способами:

- 1) **Нуклео-синтезисом во время Большого взрыва**; ядерными реакциями в межзвездной среде, которые вызваны энергичными космическими лучами и также ответственны за происхождение бериллия и бора;
- 2) **ядерными реакциями в звездных источниках**, таких как красные гиганты
- 3) **Звездные источники** необходимы для воспроизведения роста распространенности лития в Млечном Пути после образования Солнечной системы около 4,5 миллиардов лет назад. Внутри звезд **7Be** , образуется путем **слияния гелия-3 и гелия-4**. Затем этот радиоактивный элемент захватывает электрон и превращается в свое дочернее ядро **7Be** в течение короткого промежутка времени (7Be имеет период полураспада 53,22 дня), высвобождая фотон с энергией 478 килоэлектронвольт (рис.).

Вклад взрывов, известных как новые, в содержание лития в Млечном Пути неопределен. Радиоактивный бериллий, который превращается в литий, был впервые обнаружен в одном из таких взрывов.

Основные ядерные реакции, участвующие в синтезе 7Be и 7Li в новых. Таджики и др.1 обнаружили радиоактивный 7Be при взрыве новой. **7Be превращается в 7Li , нейтрино и фотон с энергией 478 кэВ, когда захватывает электрон.** p , e^- , γ -лучи, $3,4\text{He}$, 7Be , 7Li , 8B , ν .

Beryllium and 14-MeV neutrons in Big Bang Nucleosynthesis (BBN)



The BBN theory predicted ${}^7\text{Be}$ destruction via resonance in $\text{d} + {}^7\text{Be} \rightarrow {}^9\text{B}$ process.

V. Valkovic, D. Sudac, and J. Obhodas, **The role of 14 MeV neutrons in light element nucleosynthesis**, ANIMMA 2017 EPJ Web of Conferences 170, 01017 (2018), <https://doi.org/10.1051/epjconf/201817001017>

Experiment: $\text{n} + {}^9\text{Be} \rightarrow \alpha + \alpha + \text{n} + \text{p} + \text{e}^- + \bar{\nu}$

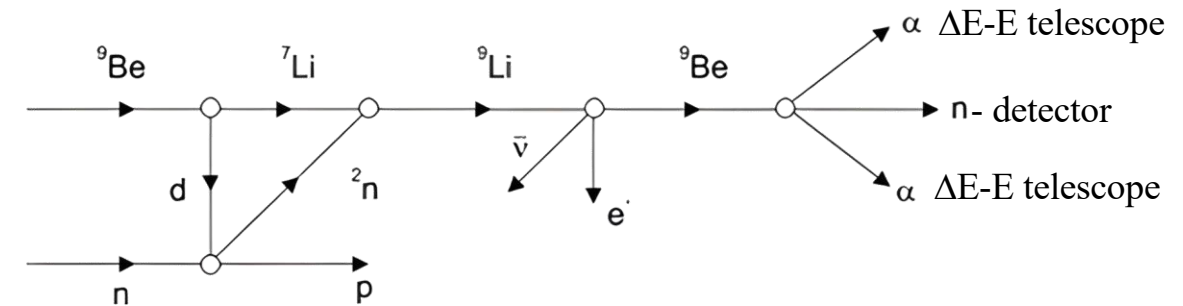


Fig. 4: Incoming neutron interacting with d in ${}^9\text{Be}$ nucleus leading to ${}^7\text{Li} + 2\text{n}$ interaction and sequence of decays as indicated.

A pulsed **14.2-MeV** neutron source and **Nal(Tl)** gamma-ray spectrometer were used to measure gamma-ray production cross sections for **beryllium**, carbon, magnesium, aluminum, silicon, **calcium**, titanium, vanadium, chromium, iron, copper, niobium, molybdenum, thorium, and ${}^{238}\text{U}$.

No gamma rays were observed from beryllium-9 except for the 0.48-MeV gamma-ray from ${}^9\text{Be}(\text{n}, \text{t}){}^7\text{Li}^*$, with a cross section of 0.7 ± 0.2 mb/sr

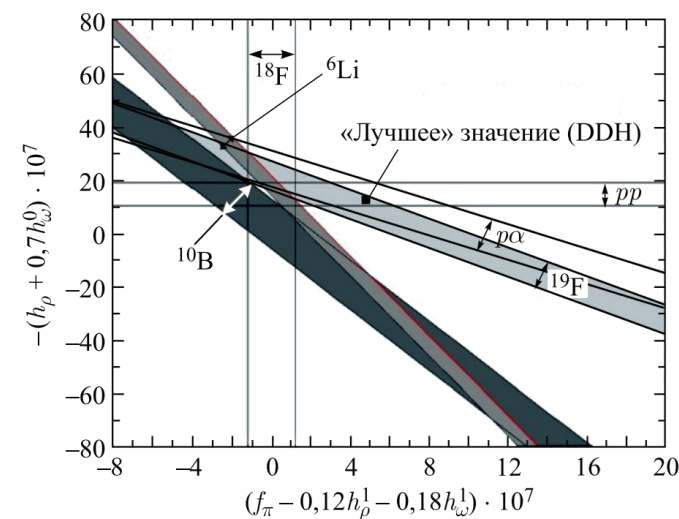
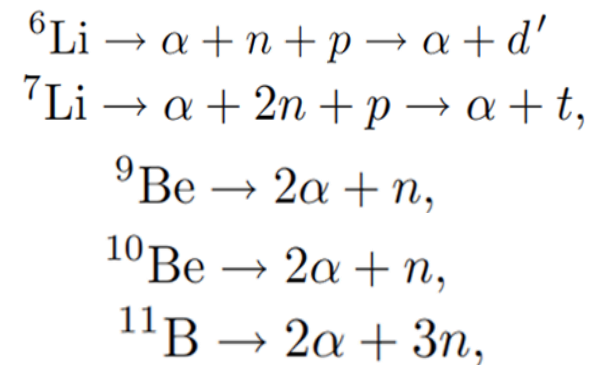
<https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc868503/>

ПОИСК И ИЗМЕРЕНИЕ P -НЕЧЕТНОЙ АСИММЕТРИИ ВЫЛЕТА ПРОДУКТОВ РЕАКЦИЙ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ХОЛОДНЫХ И ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ С ЛЕГКИМИ ЯДРАМИ

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И АТОМНОГО ЯДРА
2021. Т. 52. ВЫП. 1. С. 5–38

В. А. Весна¹, Ю. М. Гледенов², В. В. Несвижевский^{3,*},
П. В. Седышев², Е. В. Шульгина¹

Исследование пространственной четности в реакциях поляризованных нейтронов с легкими ядрами является важным направлением в рамках фундаментальной проблемы понимания механизма проявления слабого взаимодействия в ядерных процессах, а также оценки параметров слабого нуклон-нуклонного взаимодействия. Представлена программа измерения с предельной чувствительностью и точностью коэффициентов P -нечетной асимметрии в реакциях взаимодействия поляризованных холодных и тепловых нейтронов с ядрами лития и бора. В рамках этого цикла работ впервые в мире измерены с чувствительностью, близкой к 10^{-8} , коэффициенты P -нечетной асимметрии в реакциях холодных и тепловых нейтронов с изотопами легких ядер ${}^6\text{Li}$ и ${}^{10}\text{B}$: $\alpha_{P\text{-odd}}^{6\text{Li}, \text{exp}} = -(8,8 \pm 2,1) \cdot 10^{-8}$, $\alpha_{P\text{-odd}}^{10\text{B}, \gamma, \text{exp}} = (0,0 \pm 2,6_{\text{stat}} \pm 1,1_{\text{syst}}) \cdot 10^{-8}$, $\alpha_{P\text{-odd}}^{\alpha_0 + \alpha_1, 10\text{B}, \text{exp}} = -(11,2 \pm 3,4) \cdot 10^{-8}$. Для двух асимметрий впервые в мире зафиксированы ненулевые значения. Данные, полученные нами в реакциях ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ и ${}^{10}\text{B}(n, \alpha){}^7\text{Li}^* \rightarrow \gamma \rightarrow {}^7\text{Li}(\text{gr. st.})$ (в канале γ -квантов) и обработанные согласно кластерной модели, хорошо согласуются с результатами других экспериментов, но исключают «лучшее» значение DDH. Очень важно описать эти реакции из «первых принципов».



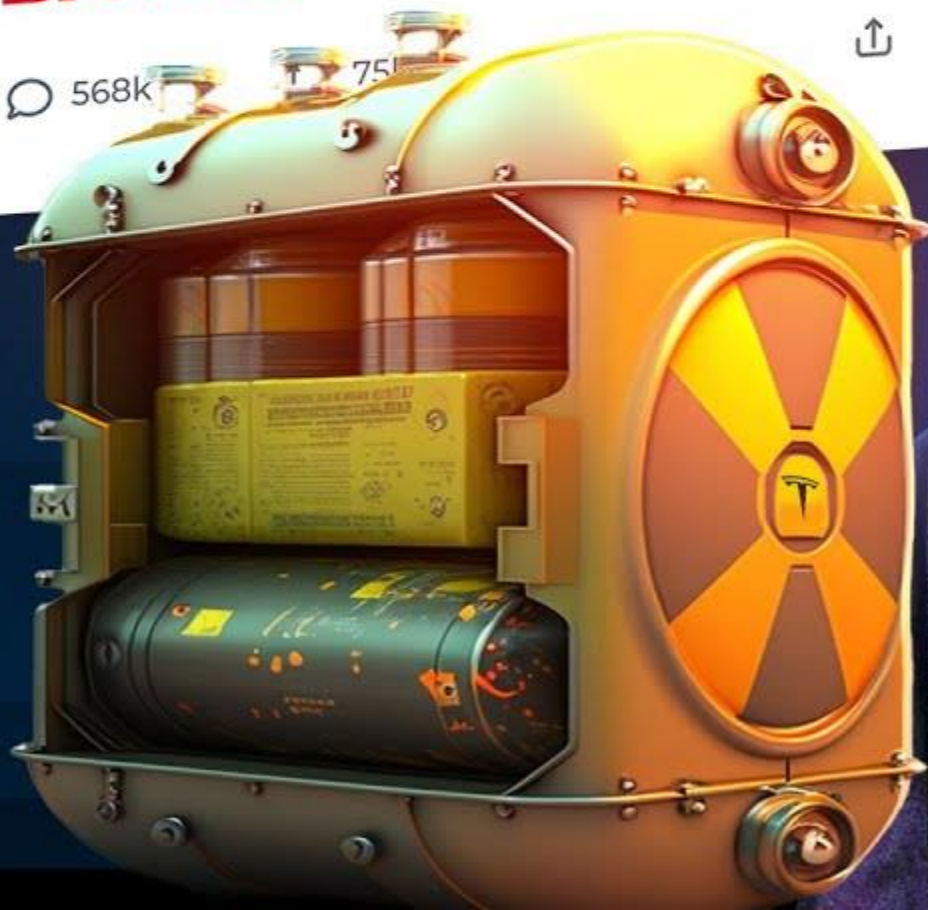


Elon Musk
@elonmusk

FUTURE OF POLYMER BATTERY TECHNOLOGY

568k

75

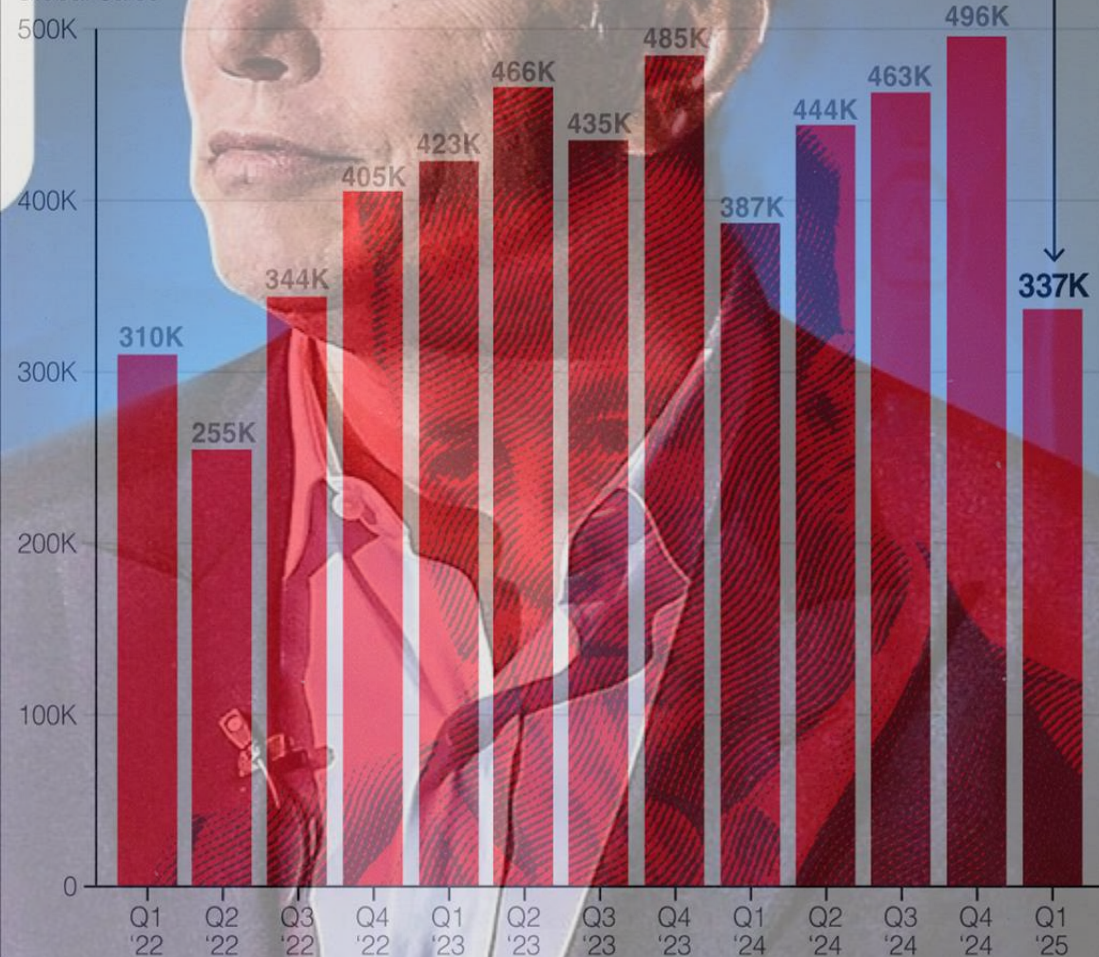


TESLA

SALES TUMBLE IN Q1 2025

Decline from previous quarter: **-32%**
Year-over-year decline (Q1): **-13%**

Global Sales





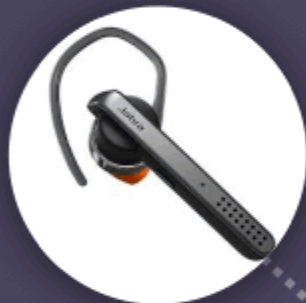
Mini bus



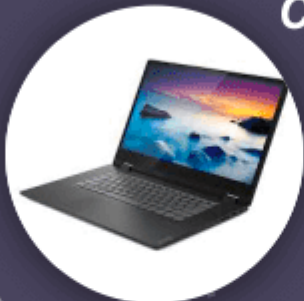
Camera



GPS



Bluetooth



Laptop



Mobile



Torch-light



Tablet PC



Toy Helicopter



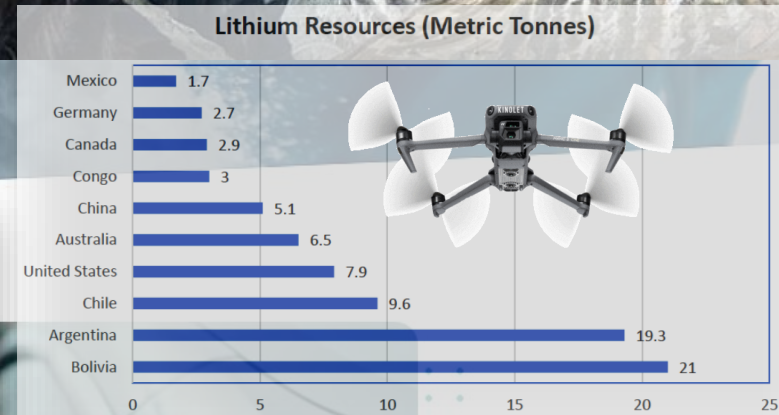
Добыча **лития** в США - жизненно важная потребность зеленой экономики

Цепочка поставок гидроксида лития

Важность лития.

В долине Верхнего Рейна находится крупнейшее в Европе и одно из крупнейших в мире месторождение лития, которое только и ждет, когда его начнут разрабатывать.

Текущая зависимость США от иностранных источников лития и от батарей, необходимых для питания автомобилей и гибридных транспортных средств, сетевого хранения электроэнергии для солнечной и ветровой возобновляемой энергии, компьютеров, сотовых телефонов и многих других высокотехнологичных устройств является проблемой национальной безопасности и экономики.



Критическое сырье для перехода на электромобили

Литий.

Литий является критически важным металлом в аккумуляторах электромобилей (EV), играя важную роль в переходе к устойчивому транспорту. Поскольку Европейский союз обязывает все новые автомобили быть на 100% электрическими к 2035 году, прогнозируется, что спрос на литий в Европе для электромобилей превысит один миллион тонн в год к 2030 году, что превысит размер всего сегодняшнего мирового рынка лития.

Country	2020 Lithium Production (tonnes)*	World Total (%)
Australia	39,700	47.3
Chile	21,500	25.6
China	13,300	15.8
Argentina	5,900	7.0
Brazil	1,420	1.7
Zimbabwe	417	0.5
United States	900	1.0
Portugal	348	0.4
Rest of World	500	0.6
Total	84,000	100

*оценки (Источник: Геологическая служба США) ³

Традиционные методы производства лития оказывают значительное воздействие на окружающую среду. В зависимости от процесса выбросы CO₂ и потребление воды могут быть огромными. Экстенсивное землепользование также влияет на окружающую среду и вызывает социальные проблемы в странах, где ведется добыча лития. **Нам необходимо сделать производство лития более устойчивым.**

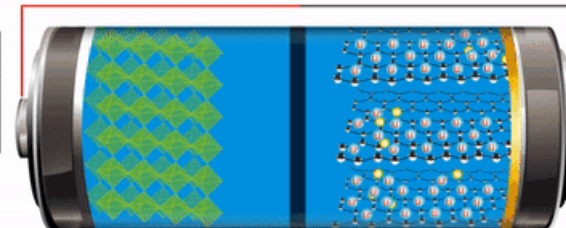


How Lithium-ion Batteries Work

Discharge



Charge Meter





Объединенный институт
ядерных исследований

НАУКА СБЛИЖАЕТ НАРОДЫ

Лучшие постерные доклады молодых ученых на сессиях ПКК

В январе прошли заседания Программно-консультативных комитетов ОИЯИ. По традиции на ПКК молодые ученые Объединенного института представляли свои научные работы.

30 января 2023

Члены комитетов определили победителей постерных сессий:

- На сессии ПКК по физике конденсированных сред было сделано 10 постерных докладов, лучший из которых представил научный сотрудник Научно-экспериментального отдела нейтронных исследований конденсированных сред ЛНФ ОИЯИ Меир Ердаулетов: «Разработка литий-ионных аккумуляторов с повышенными удельными характеристиками».



Официальный интернет-портал органов местного самоуправления
городского округа Дубна Московской области

9 февраля 2023

Наукоград Российской Федерации

В Государственном университете «Дубна» проводятся эксперименты по разработке технологии создания порошкового литированного углерода для литий-ионных аккумуляторов



Нейтроны показывают, что поток лития может повысить производительность твердотельной батареи

Ding, J., Gupta, M.K., Rosenbach, C. et al. Liquid-like dynamics in a solid-state lithium electrolyte. Nat. Phys. 21, 118–125 (2025).

<https://www.ornl.gov/news/neutrons-reveal-lithium-flow-could-boost-performance-solid-state-battery>

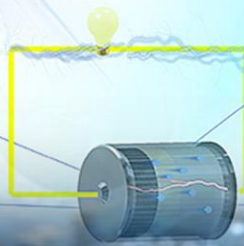
Ученые из Университета Дьюка и ORNL использовали нейтронное рассеяние, чтобы увидеть, как ионы лития (светящиеся шары) движутся через диффузионный затвор (золотой треугольник) в твердом электролите. Кредит: Phoenix Pleasant/ORNL, Министерство энергетики США





Nuclear Island

Space Radiation Environment



Solid-State Li Battery

Ядерная криминалистика включает изучение материалов, используемых для атрибуции ядерного события. Анализ продуктов ядерной реакции, полученных как от оружия, так и от материала в непосредственной близости от события, дает данные, необходимые для идентификации источника ядерного материала и конструкции оружия. Спектральная информация нейтронов, произведенных событием, дает информацию о конфигурации оружия. **Литиевая батарея** представляет собой уникальную платформу для ядерной криминалистики, поскольку содержащееся **Li-6** очень чувствительно к нейтронам, в то время как конструкция батареи состоит из различных слоев материалов. Каждый из этих материалов представляет собой элемент для пороговой схемы детектора, где изотопы производятся в компонентах батареи посредством различных ядерных реакций, которые требуют энергии нейтронов выше фундаментальной пороговой энергии.

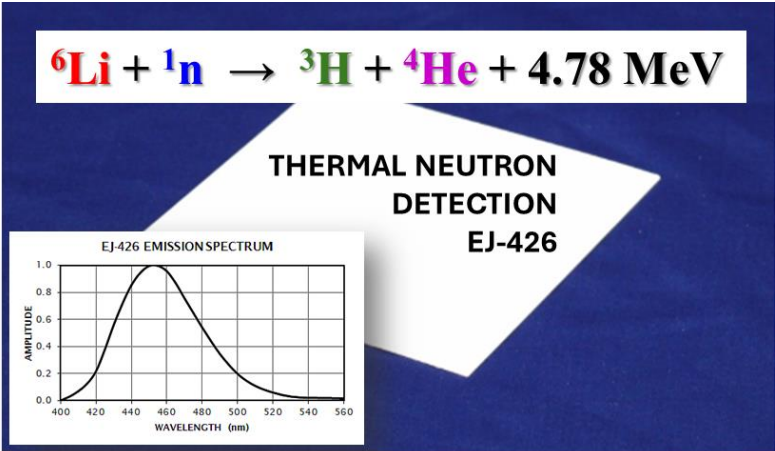
Table 3-1 List of Batteries and Their Specifications.

Model No.	Type	Mass (g)	Shape	Dimensions (mm)
LIR2032	LiCoO ₂	2.35	Coin Cell	D×H: 20.0×3.2
CR2032	LiMnO ₂	3.00	Coin Cell	D×H: 20.0×3.2
ML-2020	LiMnO ₂	2.30	Coin Cell	D×H: 20.1×2.0
MEC201	LiCoO ₂	0.400	Thin Foil	L×W×H: 25.4×25.4×0.17

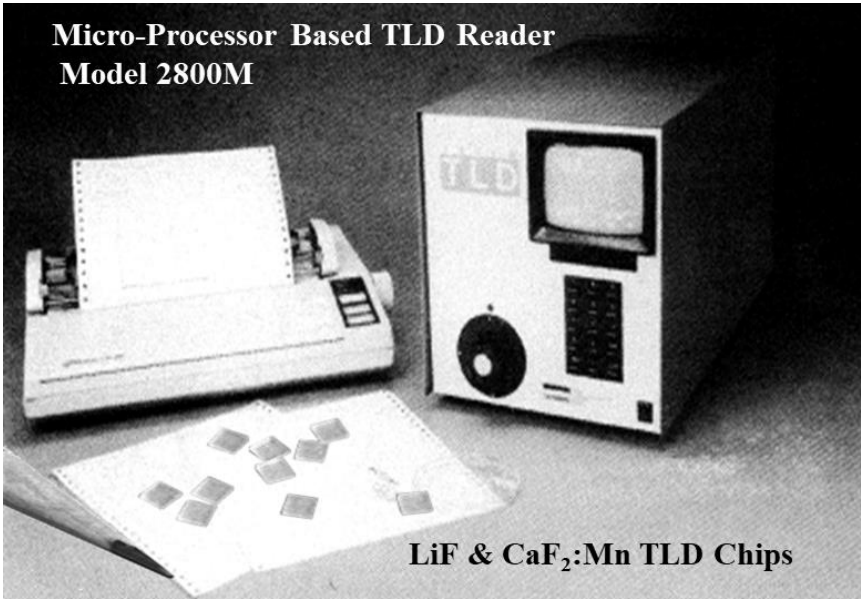
* D is diameter, H is height, L is Length, and W is width.

Обзор различных типов детекторов нейтронов на основе лития-6, их описаний и применений.

Тип детектора	Описание	Применения
Сцинтилляторы из стекла с литием-6	Используют стекло с добавлением лития-6, которое светится при взаимодействии с нейтронами.	Ядерная безопасность и исследования.
Полупроводниковые детекторы с литием-6	Используют литий-6 в полупроводниковой форме для сбора заряда при взаимодействии с нейтронами.	Спектроскопия нейтронов с высоким разрешением.
Нейтронные счетчики с литием-6	Газонаполненные детекторы, которые считают заряженные частицы, образующиеся при взаимодействии нейтронов с литием-6.	Лаборатории и ядерные объекты для мониторинга.
Детекторы LiF (литий-фтор)	Кристаллы фторида лития, которые обнаруживают нейтроны через взаимодействия с литием-6.	Защита от радиации и дозиметрия.
Детекторы с покрытием из лития-6	Детекторы с слоем лития-6 на подложке, которые обнаруживают вторичные частицы от нейтронов.	Научные и промышленные приложения для обнаружения нейтронов.

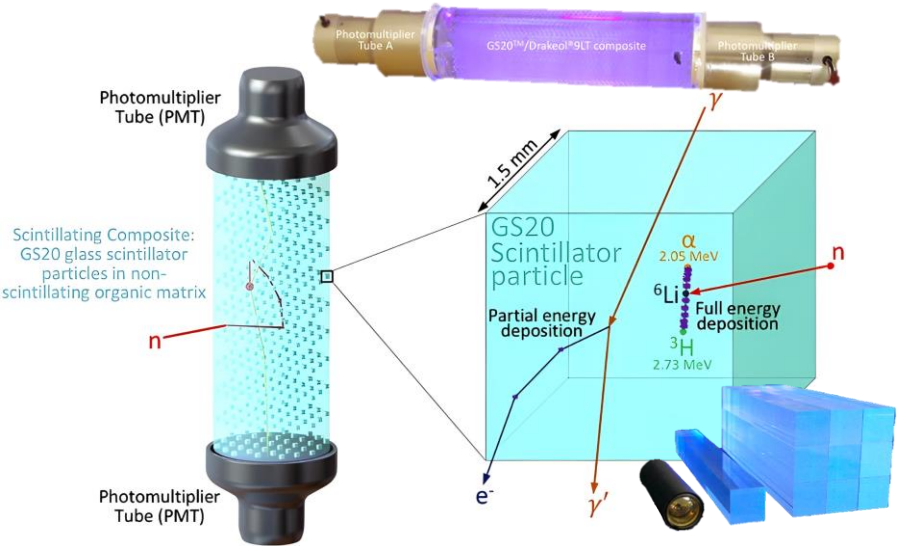
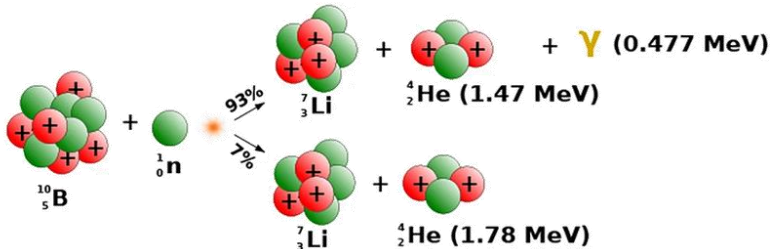
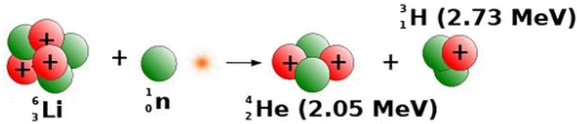


DETECTION PROPERTIES		EJ-426-0	EJ-426HD
${}^6\text{LiF}:\text{ZnS}$ Mass Ratio		1:3	1:2
${}^6\text{Li}$ Density (atoms/cm ³)		8.81×10^{21}	1.07×10^{22}
Theoretical N TH Efficiency	0.32 mm thick	0.21	0.25
	0.5 mm thick	0.31	0.36

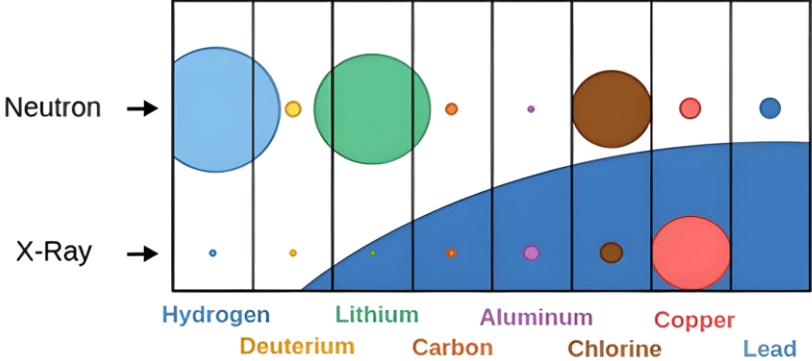


Обзор различных типов детекторов нейтронов на основе лития-6, их описаний и применений.

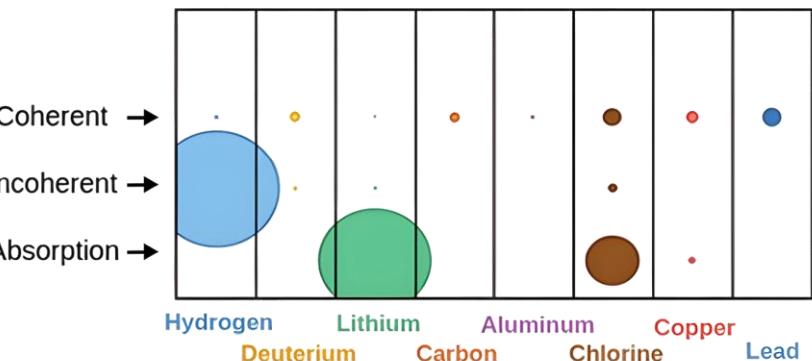
Тип детектора	Описание	Применения
Сцинтилляторы из стекла с литием-6	Используют стекло с добавлением лития-6, которое светится при взаимодействии с нейтронами.	Ядерная безопасность и исследования.
Полупроводниковые детекторы с литием-6	Используют литий-6 в полупроводниковой форме для сбора заряда при взаимодействии с нейтронами.	Спектроскопия нейтронов с высоким разрешением.
Нейтронные счетчики с литием-6	Газонаполненные детекторы, которые считают заряженные частицы, образующиеся при взаимодействии нейтронов с литием-6.	Лаборатории и ядерные объекты для мониторинга.
Детекторы LiF (литий-фтор)	Кристаллы фторида лития, которые обнаруживают нейтроны через взаимодействия с литием-6.	Защита от радиации и дозиметрия.
Детекторы с покрытием из лития-6	Детекторы с слоем лития-6 на подложке, которые обнаруживают вторичные частицы от нейтронов.	Научные и промышленные приложения для обнаружения нейтронов.

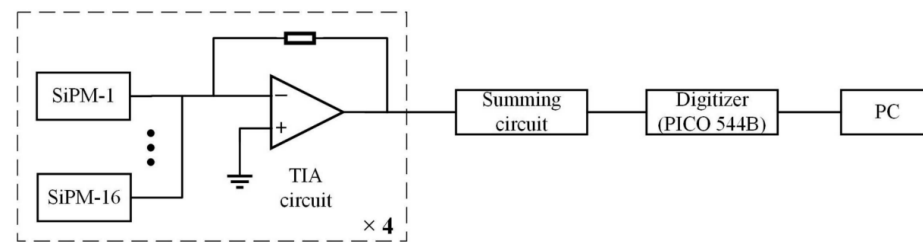


a) Neutron and X-Ray cross-sections of different elements



b) Neutron cross-section contribution of different elements



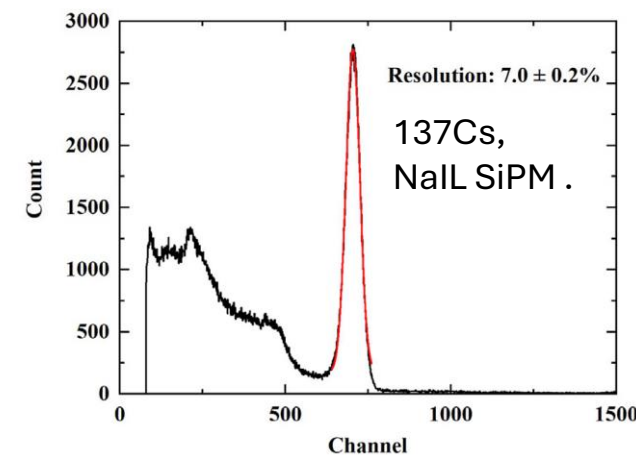
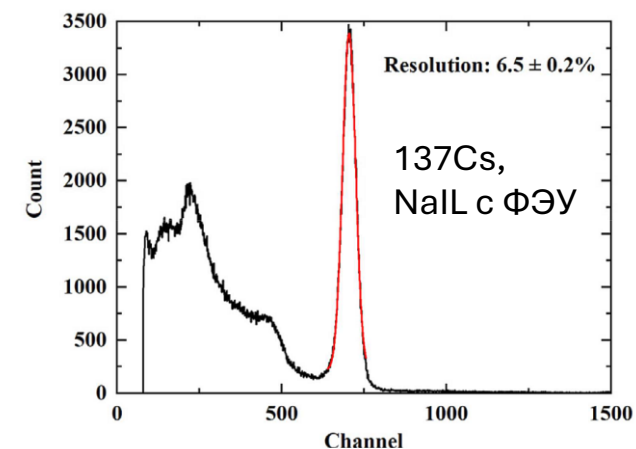


Article Фотографии сборки считывателя сцинтиллятора NaI с ФЭУ (слева) и массива SiPM (справа).

A Compact Dual Gamma Neutron Detector Based on NaI(Tl+Li) Scintillator Readout with SiPM

Fengzhao Shen, Qibin Fu , Tuchen Huang *  and Wei Wang

Кристалл йодида натрия, легированный таллием и литием, является перспективным сцинтиллятором с широкими перспективами применения для двойного обнаружения гамма-нейтронов. В этом исследовании был разработан компактный детектор гамма/нейтронов на основе 2-дюймового сцинтиллятора NaI(Tl+Li) (NaI) с матрицей 8×8 кремниевых фотоумножителей (SiPM). Для матрицы SiPM была разработана специальная схема усилителя трансимпеданса. Энергетическое разрешение и линейность отклика с матрицей SiPM были оценены и сравнены с полученными при считывании с фотоумножительной трубкой (ФЭУ). Энергетическое разрешение для гамма-лучей 661,6 кэВ было измерено как 7,0% и 6,5% с матрицей SiPM и ФЭУ соответственно. Линейный отклик матрицы SiPM почти такой же, как у ФЭУ в диапазоне энергий до ~4 МэВ. Дискриминация формы импульса нейтрона и гамма-излучения была оценена путем получения форм импульсов с помощью дигитайзера (12 бит/250 MSPS) и анализа в автономном режиме. Лучший показатель качества (FOM) был измерен как 3,75 для массива SiPM с оптимизированными параметрами, что близко к производительности, измеренной с помощью PMT (FOM = 4,07). Экспериментальные результаты показывают, что считывание сцинтиллятора NaI с массивом SiPM демонстрирует энергетическое разрешение, эквивалентное гамма-детекторам NaI(Tl), и превосходную дискриминацию нейтронов/гамма, что делает его особенно подходящим для компактных устройств, требующих возможности двойного обнаружения гамма- и нейтронов.



Содержание в земной коре: Приблизительно 50 ppm (0,05 г/кг). Более распространен, чем олово или свинец, и в 10 раз более распространен, чем уран (3–4 ppm).

Изотопы лития: Литий встречается в природе в смеси двух изотопов: Литий-6 (7,5% от природного лития). Литий-7 (92,5% от природного лития).

Процессы обогащения: Хорошо известные и проверенные. Литий-6 используется для производства трития для ядерного оружия.

Извлечение из морской воды: Содержит 0,17 г/м³, потенциальный запас — 230 000 миллионов метрических тонн.

Методы извлечения: ионный обмен, экстракция растворителем, химические процессы типа соосаждения.

Использование в термоядерных реакторах: Природный литий возможен для использования, но предпочтительнее обогащенный **литий-6 (40–90%)**. Обогащение приводит к экзотермическим реакциям и более высоким сечениям.

Потребление в термоядерных реакторах: Выработка 1 ГВт в год требует от 0,5 до 3,5 метрических тонн природного лития в зависимости от обогащения.

Долговечность запасов: Использование теллурического лития обеспечит запасы на несколько тысяч лет. **Использование лития из морской воды продлит этот срок до нескольких миллионов лет.**

© Navy Recognition

<https://www.navyrecognition.com>

L3Harris Delivers First Lithium-Ion Battery-Powered AUVs for US Navy Submarines.



Литий: Белое Золото 21 века

Литий — материал, представляющий большой интерес в мире, он встречается в различных минералах земной коры (сподумене, лепидолите, амблигоните и петалите), а также в соляных ваннах.

Этот элемент относится к щелочной группе и имеет два природных изотопа: **Li-6** и **Li-7**.

В ядерной области изотопы лития используются для различных целей.

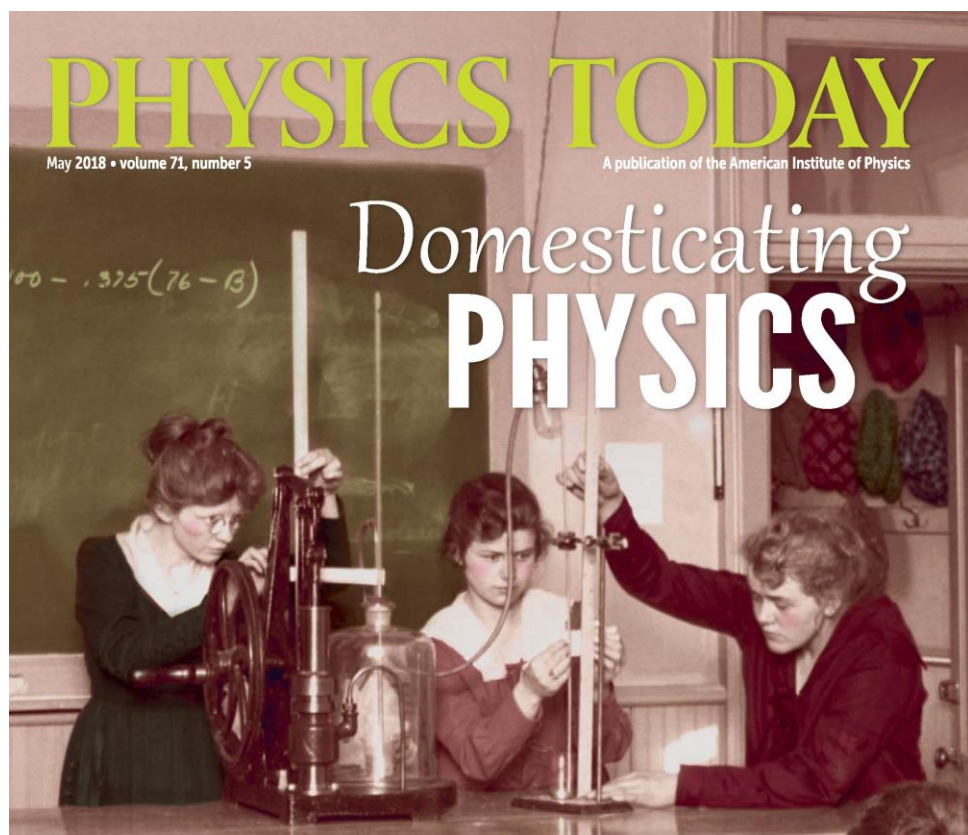
Li-6 применяется в производстве энергии, поскольку его сечение больше, чем у **Li-7**.

Li-7 регулирует pH в хлад-агенте в первичных контурах ядерного реактора с водой под давлением (PWR).

В ядерном реакторе литий используется в качестве теплоносителя благодаря своей температуре кипения (1342 °C), что делает его отличным тепло-проводником.

Однако для достижения всех этих целей литий должен иметь высокую чистоту (> 99%).

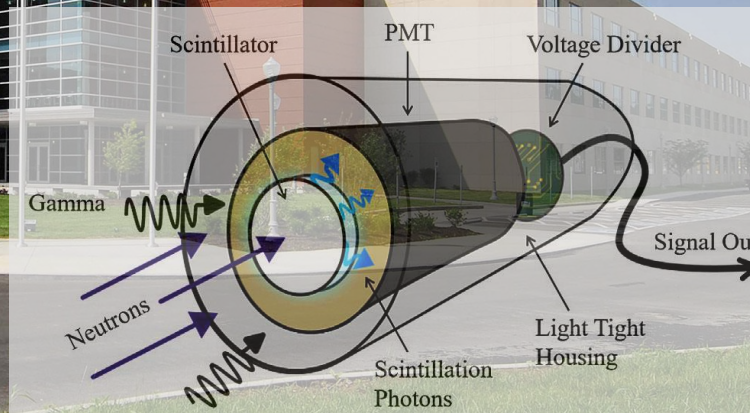
Основные процессы для достижения высокого уровня чистоты лития, являются сочетанием экстракции растворителем и процессом ионного обмена - для получения его солей, или химическим электролизом его хлоридов - для получения чистого металла.



Министерство энергетики США готовит масштабную модернизацию своих операций по производству лития-6

Изотоп ^6Li используется для изготовления и поддержания ядерных боеголовок. Переработка его из старых боеголовок может не удовлетворить спрос.

Исторически типичный заказ ^6Li составлял всего лишь граммовые количества, используемые в исследованиях и разработках. Однако за последние три года спрос неуклонно рос, типичные заказы составляли около 10–20 кг каждый.



Такой рост спроса является прямым результатом использования ^6Li в нейтронных детекторах. ^6Li из Y-12 используется в качестве **сцинтилляционного материала** для нейтронных детекторов, закупаемых Министерством внутренней безопасности, Управлением второй линии обороны NNSA (NA-25), другими внутренними и международными правительственными агентствами и исследовательскими лабораториями. Типичные нейтронные детекторы можно приобрести в виде ручных устройств, рюкзаков и порталных мониторов, детекторов, используемых для обнаружения незаконной контрабанды специальных ядерных материалов на пограничных переходах, в портах, аэропортах и т. д.

Еще одной областью будущего роста для ^6Li от Y-12 является использование в blankets бридеров для производства **трития** в термоядерной энергетике. Недавно Y-12 получила запрос на поставку ^6Li для испытательного blanketа бридера, который будет использоваться в проекте Международного термоядерного экспериментального реактора, который в настоящее время строится во Франции.



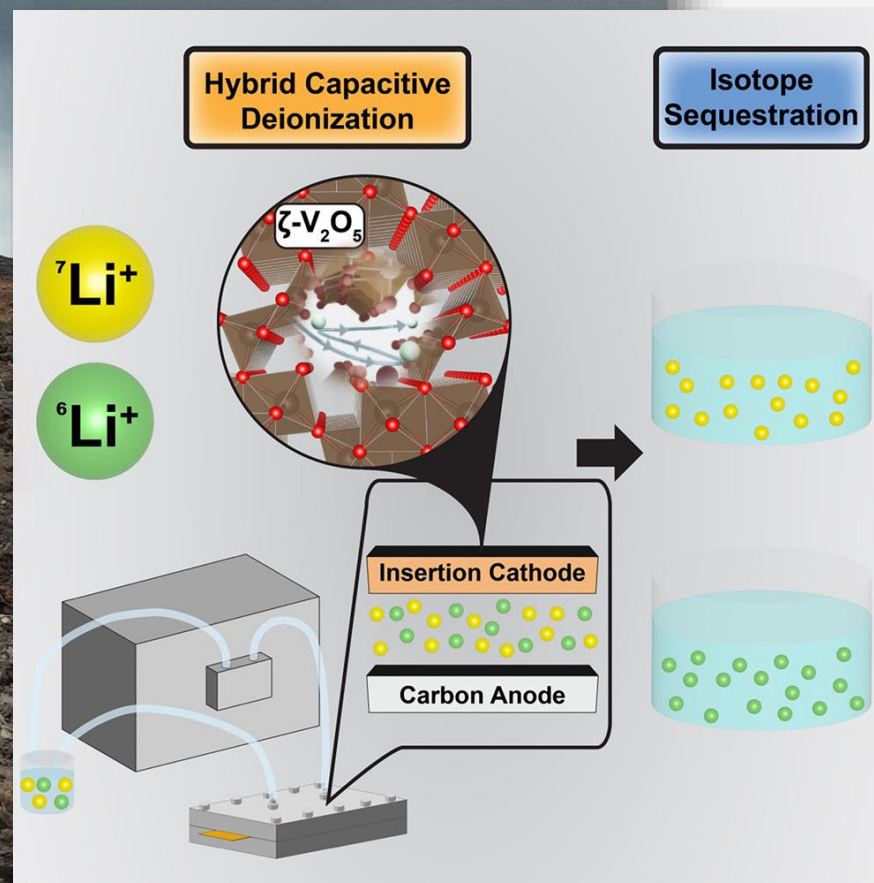
Мембраны из оксида ванадия активно вбирают в себя ионы лития-6 и почти не задерживают литий-7. За 45 циклов работы такой мембраны этот показатель можно нарастить до отметки в 90%, что сопоставимо с уровнем эффективности технологии COLEX.

J. Luis Carrillo, Andrew A. Ezazi, Saul Perez-Beltran, Carlos A. Larriuz, Harris Kohl, Jaime A. Ayala, Arnab Maji, Stanislav Verkhoturov, Mohammed Al-Hashimi, Hassan Bazzi, Conan Weiland, Chernoy Jaye, Daniel A. Fischer, Lucia Zuin, Jian Wang, Sarbajit Banerjee.

Electrochemical ^6Li isotope enrichment based on selective insertion in 1D tunnel-structured V_2O_5 . [Chem, 2025, 102486](#)



По мере поглощения ионов лития материал $\zeta\text{-V}_2\text{O}_5$ меняет цвет с **ярко-желтого на темно-оливково-зеленый**, что позволяет исследователям отслеживать степень изоляции лития в режиме реального времени.



Литий и термояд 22 января 2024

Учебно-исследовательский токамак «МИФИСТ»

"Литий необходим не только при производстве накопителей энергии - аккумуляторов и батарей.

Если говорить о термоядерном управляемом синтезе, то и тут литий критически важен. Литий - важный компонент, при помощи которого в будущих термоядерных реакторах будет организован так называемый замкнутый цикл трития.

Рабочим топливом в этих реакторах будет смесь тяжелых изотопов водорода - дейтерия и трития. В свою очередь тритий - изотоп радиоактивный с периодом полураспада в 12,3 года. В природе его практически нет, он очень дорогой.

Для его наработки и может понадобится литий, шестой и седьмой изотопы которого при захвате нейтрона превращаются в тритий и гелий. Таким образом,

если в токамаках будущего в качестве теплоносителя использовать литий, который в ходе термоядерной реакции будет облучаться нейтронами, мы сможем получать на выходе тритий, который можно будет снова использовать как топливо. Это позволит сделать экономику термоядерной энергетики выгодной, а вот без лития она будет под большим вопросом", - сказал ученый.



Крат Степан Андреевич

Ученая степень: кандидат физико-математических наук

Старший научный сотрудник

Лаборатория "физико-химические процессы в стенках термоядерных установок" института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ

Заведующий научно-исследовательской лабораторией

Лаборатория "литиевые технологии обращенных к плазме элементов" кафедры физики плазмы (№21)

Старший научный сотрудник

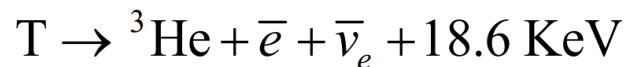
Кафедра физики плазмы (№21) института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ

Первое поколение управляемых термоядерных устройств



Свободная энергия реакции составляет 17,6 МэВ, около 80 и 20 процентов энергии, переносимой нейтронами и альфа-частицами соответственно. **Больше нейтронов производится в blankets лития, где они производят тритий.** Нейтроны могут выходить через blanket или поглощаться структурным материалом.

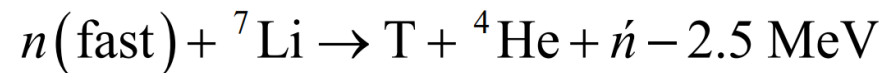
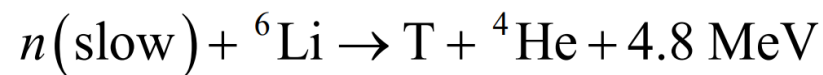
Тритий имеет ограниченные природные ресурсы и также радиоактивен. Радиоактивный тритий спонтанно распадается на ${}^3\text{He}$, электрон и антинейтрино с периодом полураспада 12,3 года в процессе бета-распада:



В отличие от стабильного изотопа дейтерия, который составляет 156 ppm водорода на Земле, тритий имеет относительно короткий срок хранения из-за радиоактивного распада, поэтому **тритий наиболее эффективно используется через несколько лет после его производства.**

Следовательно, его производство требует особого управления.

Для того чтобы реакция синтеза была экономически выгодной, коэффициент воспроизводства трития (TBR) должен быть больше единицы. Коэффициент воспроизводства трития определяется как среднее число атомов трития, воспроизводимых на один атом трития, сжигаемый в реакции 1. Один из методов может быть достигнут в термоядерном реакторе TBR больше единицы, используя литийсодержащие blankets с нейтронным множителем. **Взаимодействие нейтронов с литиевым blanketом с чистым тритием тритий будет производиться следующим образом**



Содержание изотопов лития составляет 7,5 и 92,5 соответственно. При правильном выборе материалов, структуры и геометрии blanketа потеря нейтронов может быть сведена к минимуму путем поглощения или выхода из blanketа.

Почти все нейтроны, которые замедляются до тепловых энергий от своих начальных 14,1 МэВ, могут быть поглощены ${}^6\text{Li}$ и могут генерировать тритий.

Литий: Белое Золото 21 века

DEUTERIUM

HELIUM (3.5 MeV)

NEUTRON (14.1 MeV)

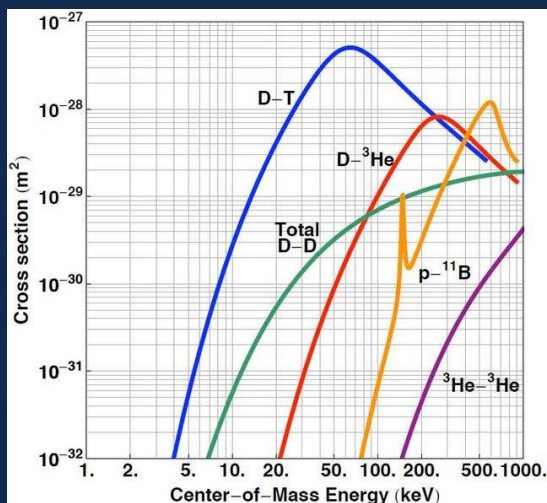
TRITIUM

HELIUM

+4.8 MeV

LITHIUM 6

TRITIUM



FUSION

NEUTRON
MULTIPLIER

TRITIUM
BREEDER

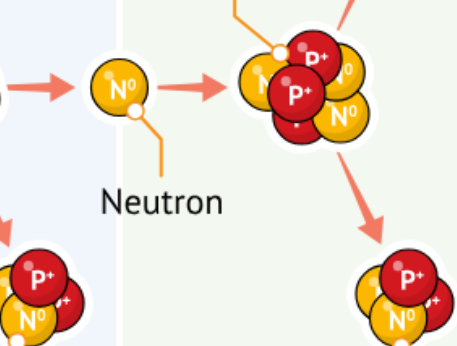
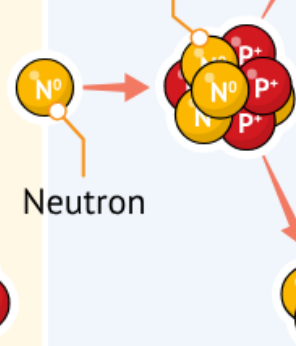
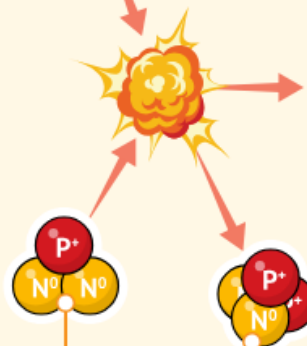
Deuterium

Neutron

Tritium

Beryllium

Lithium



Tritium

Alpha
particle

Alpha
particle

Alpha
particle

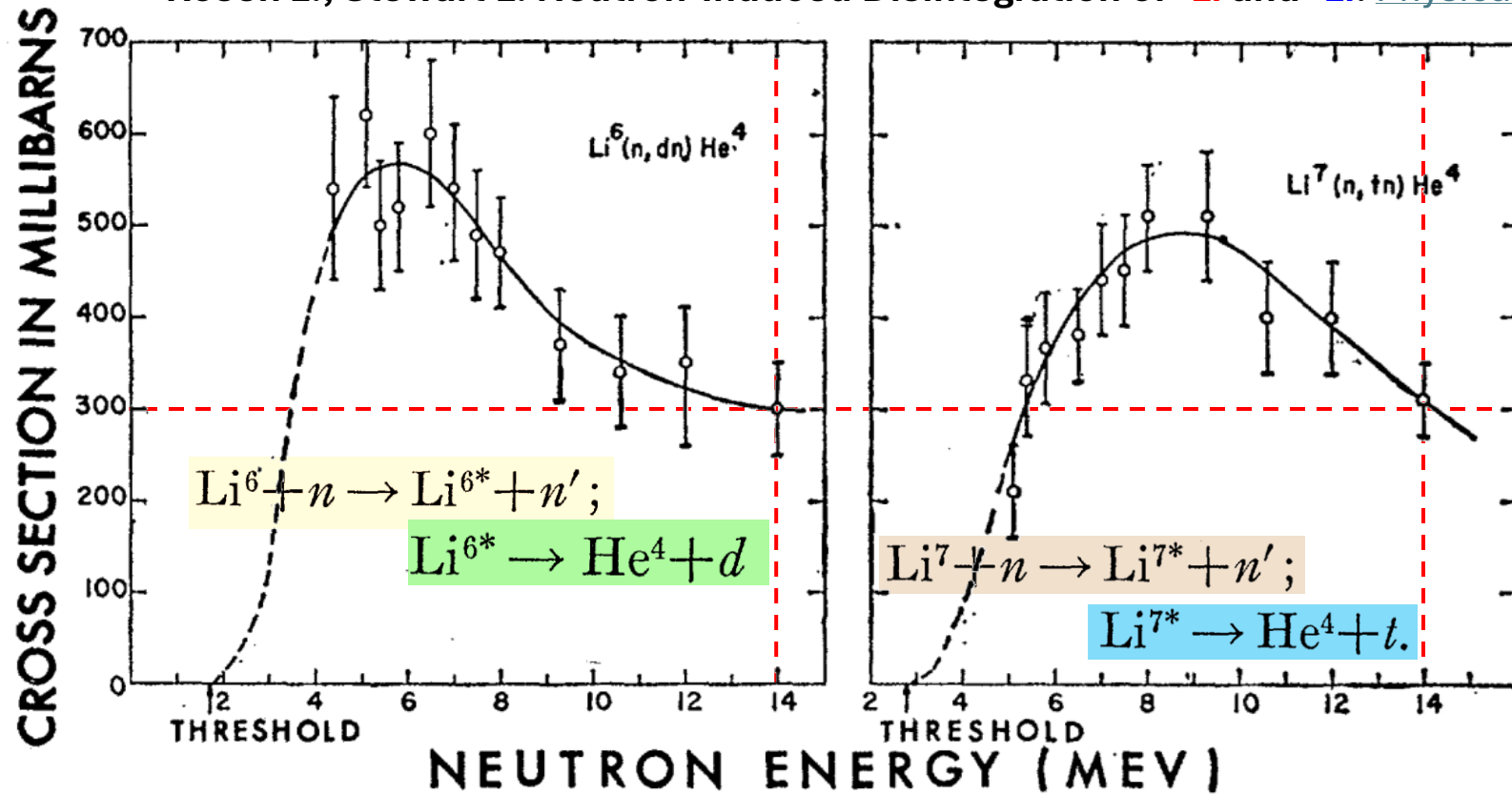


FIG. 2. Energy dependence of the cross section for the $\text{Li}^6(n,dn)\text{He}^4$ and $\text{Li}^7(n,tn)\text{He}^4$ reactions.

Необычайно большие сечения для вышеуказанных реакций имеют другие и более прагматичные последствия.

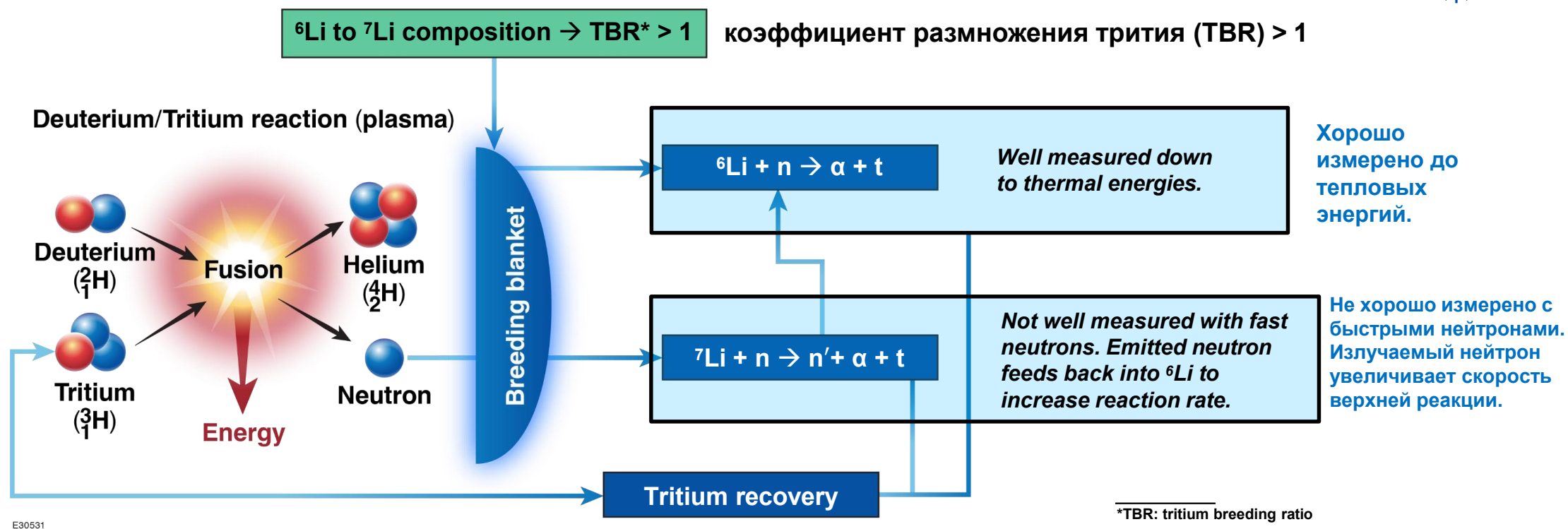
(1) **LiH** должен быть чрезвычайно полезен в качестве легкого реакторного щита. Это следует из того факта, что отношение геометрического поперечного сечения к весу ядра пропорционально $A^{-1/3}$, в то время как атомная плотность **LiH** не является неблагоприятной. Кроме того, малая масса **Li** представляет его упругое поперечное сечение в выгодном свете с точки зрения замедления нейтронов. После того, как нейтроны термализуются в экране **LiH**, они будут захватываться ${}^6\text{Li}$ без образования гамма-лучей.

(2) Обычный **Li** может быть вполне подходящим в качестве «одеяла» для управляемых термоядерных устройств.

Это «одеяло» будет выполнять двойную функцию нейтронного щита и производителя трития — быстрые нейтроны будут производить тритий в ${}^7\text{Li}$, а термализованные нейтроны будут производить тритий в ${}^6\text{Li}$.

Таким образом, можно было бы производить больше трития, чем потребляется в термоядерном реакторе, использующем реакцию d-T.

Рассеяние нейтронов с ${}^6\text{Li}$ и ${}^7\text{Li}$ при энергии падающих нейтронов 14 МэВ с использованием платформы инерционного сжатия термоядерного синтеза.



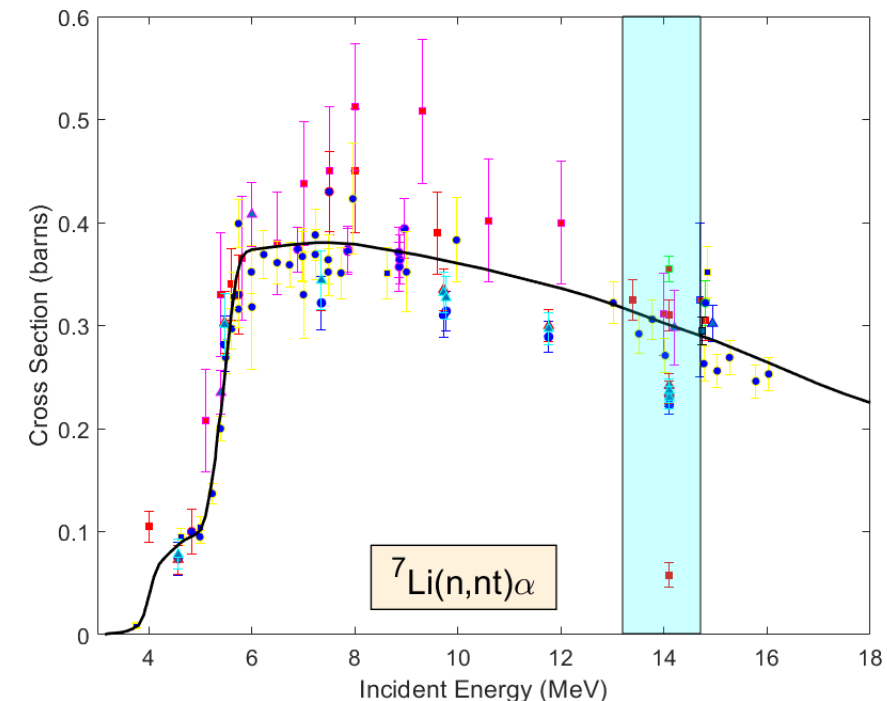
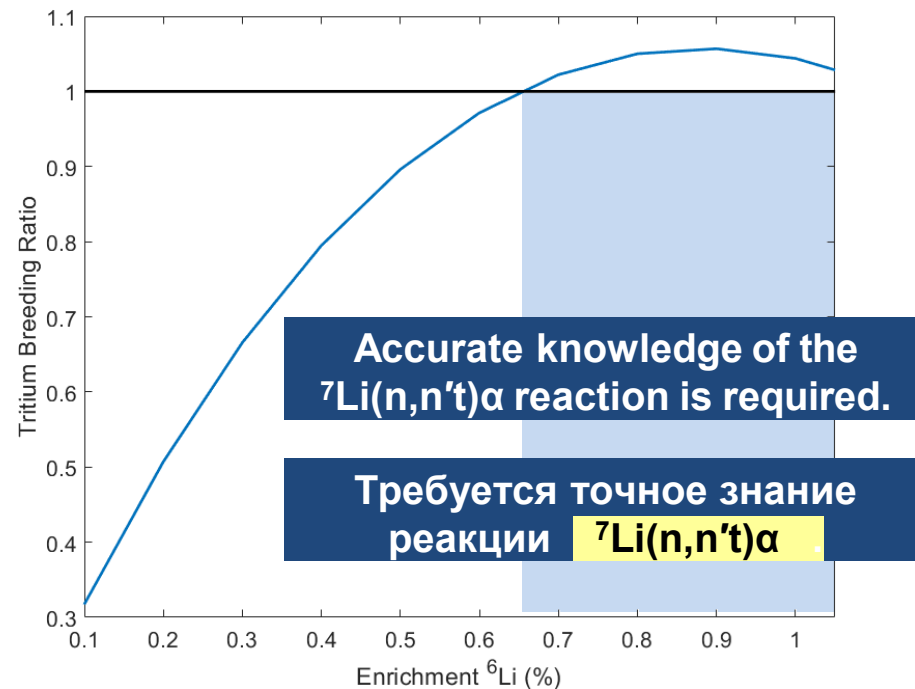
C. J. Forrest
University of Rochester
Laboratory for Laser Energetics

64th Annual Meeting of the American Physical
Society Division of Plasma Physics
Spokane, WA October 17–21 2022

Природный литий в качестве материала-бридера не приведет к скорости производства трития, достаточной для того, чтобы реактор мог поддерживать самодостаточность.



Единственно возможным решением является увеличение содержания ${}^6\text{Li}(\%)$ до уровня, необходимого для достижения коэффициента воспроизводства трития ($\text{TBR} > 1$).

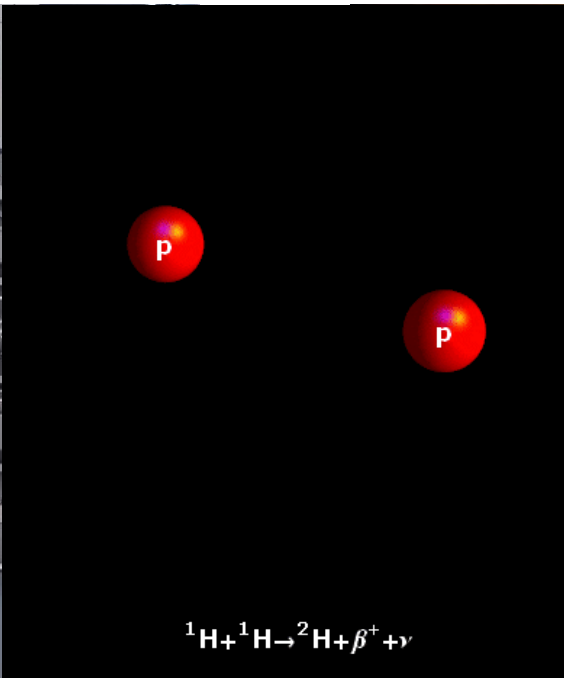
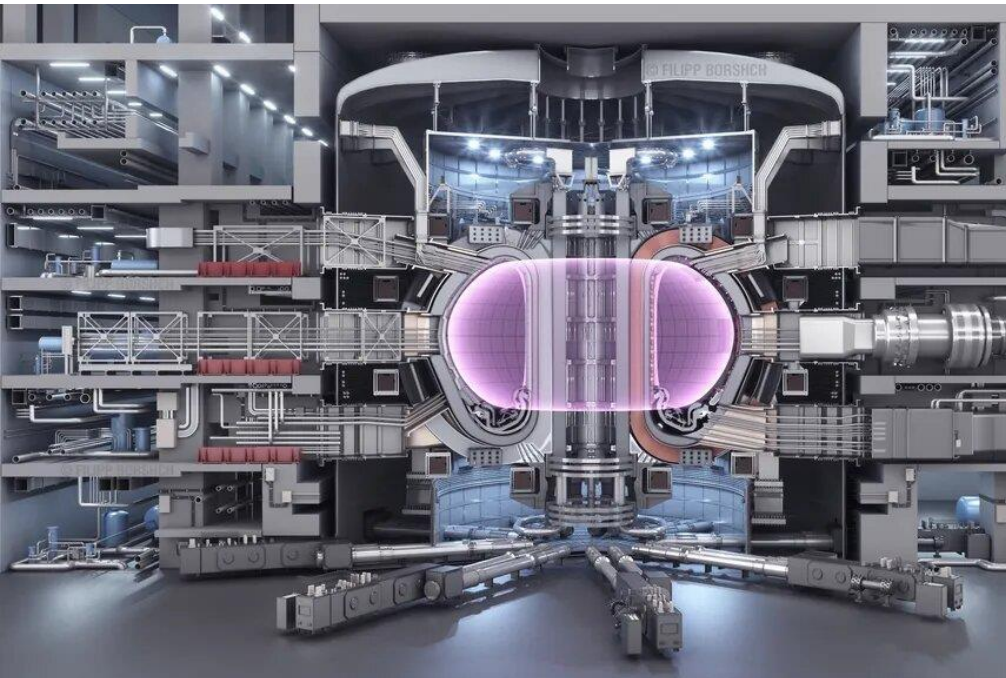


The measured cross sections for the ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ reaction channel available in the literature vary significantly.

Измеренные сечения для канала реакции ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$, имеющиеся в литературе, значительно различаются.

Литий: Белое Золото 21 века

Когда придет термоядерный синтез? Термоядерная энергетика не возможна... В чем был прав Острецов? Миллиарды долларов потрачены впустую?



доктор
технических
наук,
профессор,
специалист
по ядерной
физике и
атомной
энергетике.

Острецов
Игорь
Николаевич



Некоторые ученые-термоядерщики утверждают, что реакторы DT-термоядерного синтеза смогут производить достаточное количество трития, размножая его из лития. Другие ученые-термоядерщики говорят, что не существует известной физики или технологии, которая позволила бы это сделать. Теперь мы знаем, что промышленного источника лития-6 нет.

Таким образом, утверждение о том, что термоядерный синтез позволит производить «коммерчески значимую энергию» из «ресурса, столь же обычного, как стакан морской воды», является современным эквивалентом панацеи от всех болезней.

Версия II Международного файла дозиметрии реакторов и термоядерного синтеза (IRDFF-II), который содержит согласованный набор ядерных данных для приложений нейтронной метрологии деления и термоядерного синтеза с энергией нейтронов до 60 МэВ.

Библиотека предназначена для поддержки: а) приложений в исследовательских реакторах; б) приложений безопасности и регулирования в производстве ядерной энергии в коммерческих реакторах деления; и с) исследований материального ущерба в поддержку исследований и разработок передовых концепций термоядерного синтеза.

IRDFF-II: A New Neutron Dosimetry... NUCLEAR DATA SHEETS

A. Trkov *et al.*

TABLE 13. Gas production reactions in IRDFF-II library from neutrons interacting with ${}^7\text{Li}$ target. The MT numbers (reactions) used in IRDFF-II assembly following the ENDF-6 format, and the relevant reaction products are highlighted in bold. LR is the ENDF-6 break-up flag.

MT	LR	Gas	Reaction	Products	Source evaluations of IRDFF-II	
22		${}^3\text{H}$	${}^7\text{Li}(n,n\alpha) \rightarrow n + {}^4\text{He} + {}^3\text{H}$		EAF-2010(r) ($E > 20$)	
52,53,...	33		${}^7\text{Li}(n,n') \rightarrow n + ({}^7\text{Li}^* \rightarrow {}^3\text{H} + {}^4\text{He})$			ENDF/B-VIII.0 ($E < 20$)
33			${}^7\text{Li}(n,nt) \rightarrow n + {}^3\text{H} + {}^4\text{He}$		EAF-2010(r) MT22	ENDF/B-VIII.0 MT 52,53,...
24			${}^7\text{Li}(n,2n\alpha) \rightarrow 2n + {}^4\text{He} + {}^2\text{H}$		EAF-2010(r) ($E > 20$)	ENDF/B-VIII.0 ($E < 20$)
25			${}^7\text{Li}(n,3n\alpha) \rightarrow 3n + {}^4\text{He} + {}^1\text{H}$		EAF-2010(r) MT28	ENDF/B-VIII.0 ($E < 20$)
28			${}^7\text{Li}(n,np) \rightarrow 3n + {}^4\text{He} + {}^1\text{H}$		EAF-2010(r) ($E > 20$)	
22		${}^4\text{He}$	${}^7\text{Li}(n,n\alpha) \rightarrow n + {}^4\text{He} + {}^3\text{H}$		EAF-2010(r) ($E > 20$)	
52,53,...	33		${}^7\text{Li}(n,n') \rightarrow n + ({}^7\text{Li}^* \rightarrow {}^3\text{H} + {}^4\text{He})$			ENDF/B-VIII.0 ($E < 20$)
33			${}^7\text{Li}(n,nt) \rightarrow n + {}^3\text{H} + {}^4\text{He}$		EAF-2010(r) MT22	ENDF/B-VIII.0 MT 52,53,...
102			${}^7\text{Li}(n,\gamma) \rightarrow {}^8\text{Li} \rightarrow (0.8\text{ s}) ({}^8\text{Be} \rightarrow 2\text{ }^4\text{He})$		EAF-2010(r) ($E > 20$)	ENDF/B-VIII.0 ($E < 20$)



Том 71,
выпуск 5
Май 2018 г.

Domesticating PHYSICS



Испытание Castle Bravo на атолле Бикини в 1954 году стало первым, в котором в качестве термоядерного топлива использовался дейтерид лития. Ученые недооценили выход устройства в два с половиной раза из-за ошибочного убеждения, что литий-7 не будет производить тритий в потоке нейтронов.

1 March 1954

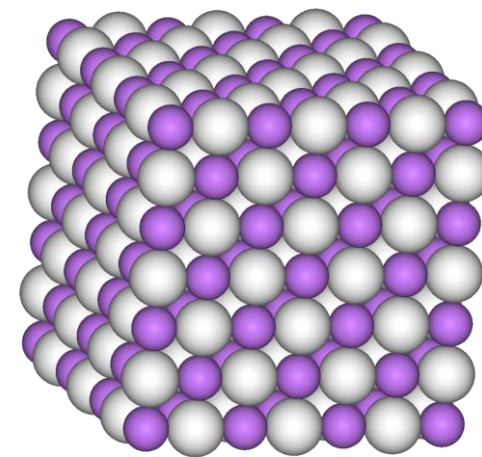
Министерство энергетики США готовит масштабную модернизацию своих операций по производству лития-6

Изотоп ${}^6\text{Li}$ используется для изготовления и поддержания ядерных боеголовок. Переработка его из старых боеголовок может не удовлетворить спрос.



В рамках недавно опубликованного обзора ядерной политики администрация Трампа обнародовала многомиллиардные планы Министерства энергетики по строительству завода по обогащению урана, модернизации мощностей по производству плутониевых пеллет и расширению производства трития. Менее заметным, пожалуй, является предложение агентства построить завод стоимостью 700 миллионов долларов для обеспечения бесперебойных поставок лития-6, столь же важного ингредиента во взрывчатых веществах ядерного оружия.

Термоядерные боеголовки многоступенчатые, с твердым дейтеридом лития-6 в качестве термоядерного топлива для второй ступени. Нейтроны, выделяющиеся при делении плутония на первичной ступени оружия, соединяются с литием, образуя тритий. Затем тритий соединяется с дейтерием, образуя высокоэнергетические нейтроны, которые запускают деление урана или плутония на вторичной ступени.



Литий: Белое Золото 21 века

Литий и ядерное оружие

The Thacker Pass Lithium Mine Would Supply Nuclear Weapons and Reactors
And The Global Nuclear Threat Level is Rising.

By Max Wilbert

Published January 8, 2022 at the [Sierra Nevada Ally](#)

Литиевая шахта Такер-Пасс будет “питать”
ядерное оружие и реакторы, а уровень
глобальной ядерной угрозы растет.



Часы Судного дня в настоящее время установлены на 100 секунд до полуночи.
Это самое страшное предупреждение, которое когда-либо выпускал Bulletin.

Литий: Белое Золото 21 века

Айви Майк (Ivy Mike)

Гонка за
водородную
бомбу

10.4 Mt

Айви Майк (Ivy Mike) — кодовое название первого полномасштабного испытания термоядерного устройства.

Цель: Оно было задумано как «технически консервативный» эксперимент для проверки концепций, используемых для много-мегатонных детонаций.

Дата и место: Испытание было проведено 1 ноября 1952 года Соединенными Штатами на острове Элугелаб в атолле Энвенток, который теперь является частью независимого государства Маршалловы Острова.

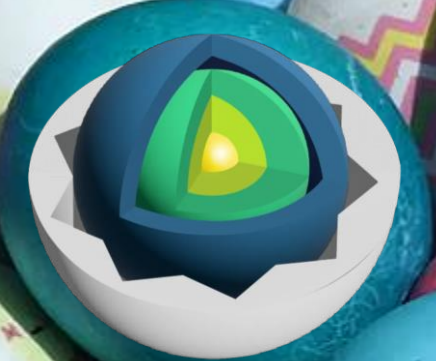
Конструкция: Это было первое полное испытание конструкции Теллера-Улама, устройства поэтапного термоядерного синтеза.

Тип топлива: Устройство использовало **криогенный жидкий дейтерий** в качестве термоядерного топлива.

Не подходит для доставки как оружие: Из-за своих размеров и типа топлива устройство «Майк» не было подходящим для использования в качестве доставляемого оружия.

87 La Lanthanum 138.9	88 Ce Cerium 140.1	89 Pr Praseodymium 140.9	90 Nd Neodymium 144.2	91 Pm Promethium (145)	92 Sm Samarium 150.4	93 Eu Europium 151.9	94 Gd Gadolinium 157.2	95 Tb Terbium 158.9	96 Dy Dysprosium 162.5	97 Ho Holmium 164.9	98 Er Erbium 167.2	99 Tm Thulium 168.9	100 Yb Ytterbium 173.0	101 Lu Lutetium 174.9
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0	91 Pa Protactinium 231.0	92 U Uranium 238.0	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

Образцы, полученные в результате взрыва, имели следы изотопов плутония-246, плутония-244 и предсказанных элементов эйнштейния и фермия



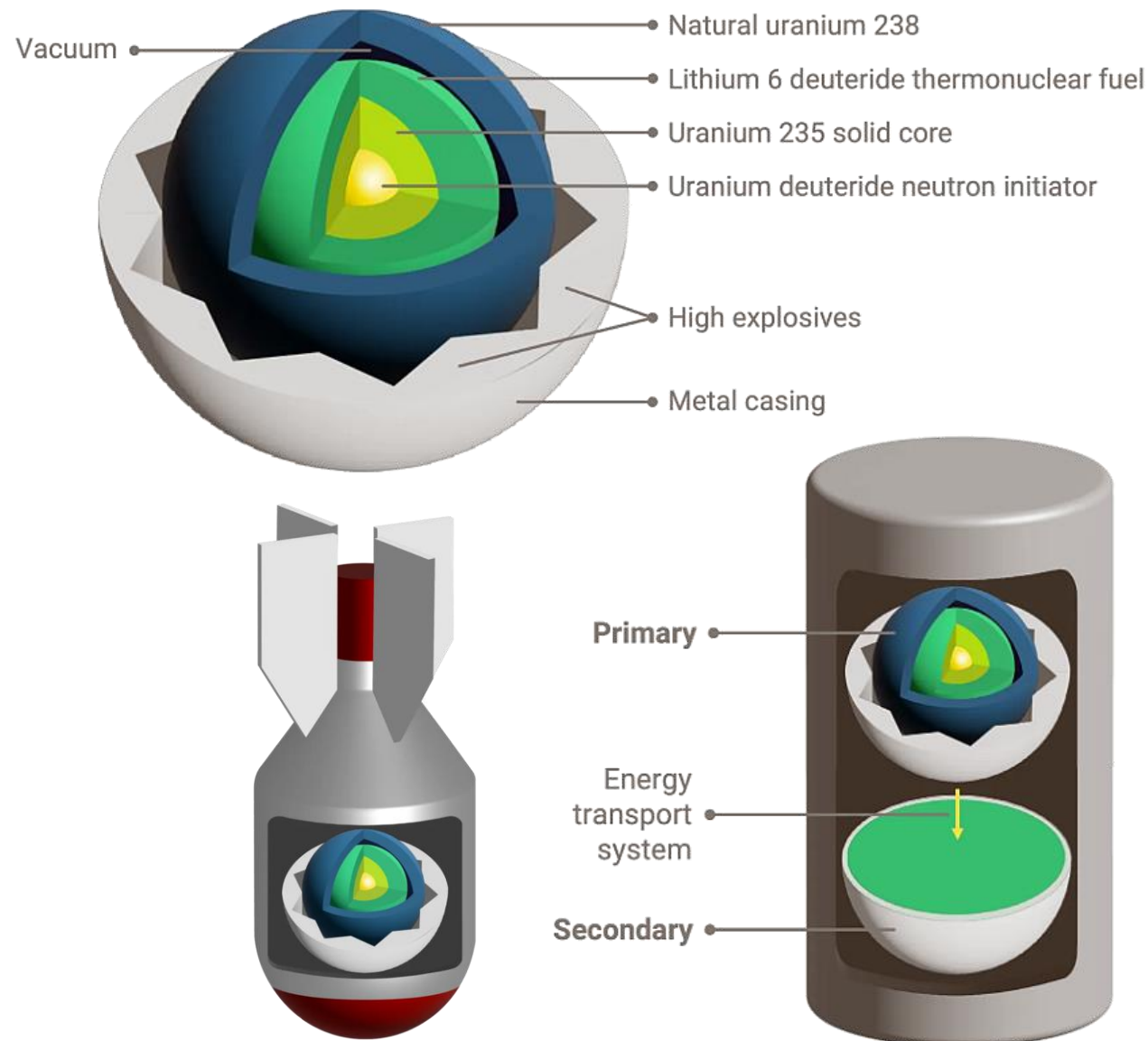
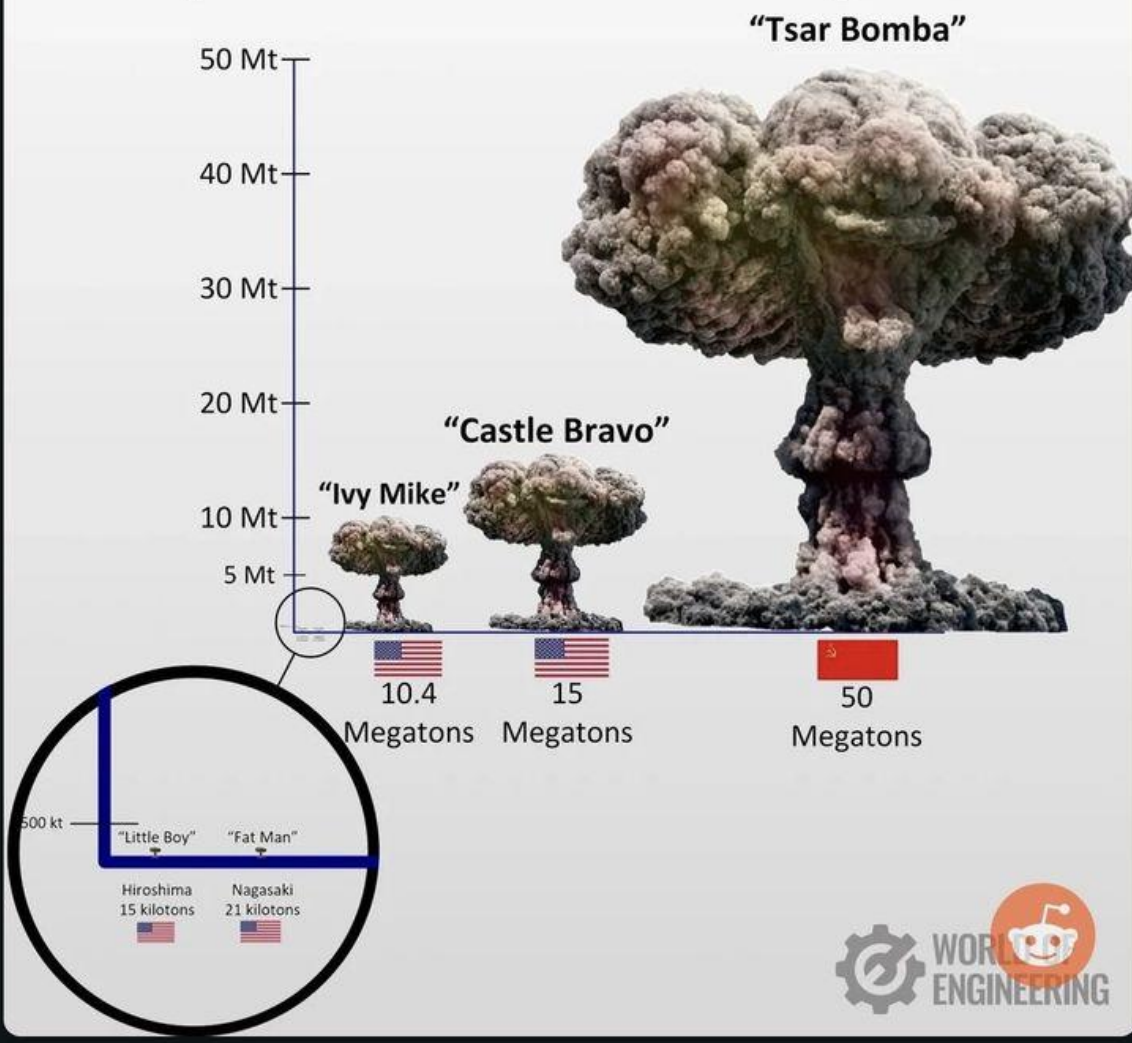
U.S. Swan Device - 1956

- High explosive
- Beryllium
- Plutonium-239
- Tritium / Deuterium
- Air lens



Литий: Белое Золото 21 века

Comparison of nuclear explosions



Thermonuclear Fusion Reaction	Probability	Q MeV
${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^3\text{He} + n$	50%	3.269
${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^3_1T + p$	50%	4.033
${}^2_1D + {}^3_1T \rightarrow {}^4\text{He} + n$	100%	17.589
${}^2_1D + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + p$	100%	18.353
${}^3_1T + {}^3_1T \rightarrow {}^4\text{He} + 2n$	100%	11.332
${}^3_1T + {}^3\text{He} \rightarrow {}^2_1D + {}^4\text{He}$	43%	14.320
${}^3_1T + {}^3\text{He} \rightarrow p + {}^5\text{He}$	6%	14.320



OPPENHEIMER
FATHER OF THE
ATOMIC BOMB



COHEN
FATHER OF THE
NEUTRON BOMB



TELLER
FATHER OF THE
HYDROGEN BOMB



Дэн Цзясянь (слева), «отец китайской атомной бомбы», и Юй Минь (справа), «отец китайской водородной бомбы», вместе. (Автор: Xie Jianyan / Сайт The story of Liangzi)



This Day in Jewish History | 1921: The Father of the Bomb That Destroys Only Life, Not Property, Is Born

Это тактическое оружие предназначено для боя, с разрушительным воздействием на небольшом радиусе, минимальной взрывной энергией и максимальной смертельной радиацией. Оно убивает всю жизнь в пределах досягаемости, сводя разрушение собственности к минимуму. **Нейтроны, высвобождаемые бомбой, быстро рассеиваются, не оставляя отравленной земли для будущих поколений (которых НЕ будет).**

Сэмюэл Теодор Коэн родился 25 января 1921 года. Он был американским физиком и известен как отец нейтронной бомбы. **Нейтронная бомба — это ВПВ, термоядерное оружие малой мощности.** Они предназначены для создания высокой интенсивности смертельного нейтронного излучения вблизи взрыва. **С 1992 года это оружие снято с вооружения (президент Джордж Буш-старший приказал уничтожить запасы.)**

Родители Коэна были австрийскими евреями, эмигрировавшими из Лондона. Он родился и вырос в Бруклине. Он изучал математику и физику в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, который окончил в 1943 году.

Позже в том же году он вступил в армию США. Его направили в Массачусетский технологический институт для прохождения углубленной подготовки по математике и физике, а затем он присоединился к Манхэттенскому проекту. **В 1944 году он прибыл в Лос-Аламос. Здесь он работал в группе по эффективности и рассчитывал, как ведут себя нейтроны в бомбе «Толстяк» .**

После войны он недолго учился в Беркли, прежде чем присоединиться к корпорации RAND. **В RAND он спроектировал нейтронную бомбу в качестве консультанта Национальной лаборатории Лоуренса в Ливерморе, используя карандаш, бумагу и, как он утверждал, логарифмическую линейку, подаренную ему отцом на 15-летие.** **Во время войны во Вьетнаме Коэн выступал за использование небольших нейтронных бомб, полагая, что это может привести к быстрому окончанию войны. Многие политики и ученые не соглашались.** Бывший советский премьер Никита Хрущев назвал бомбу «абсолютным капиталистическим оружием», созданным «чтобы убить человека таким образом, чтобы его костюм не был запятнан кровью, с целью присвоения костюма».

В начале 1970-х годов он был членом Лос-Аламосской комиссии по тактическому ядерному оружию. **В 1978 г. президент Картер отложил разработку нейтронной бомбы. НО в том же году Папа Павел VI наградил Коэна медалью мира “за его попытки реформировать современную войну.”** Позже президент Рейган разрешил создание 700 нейтронных бомб.

Книги Коэна включают: «Тактическое ядерное оружие: исследование проблем» (1978); «Нейтронная бомба: политические, технологические и военные проблемы» (1978); «Шах и мат на войне» (1980); «Правда о нейтронной бомбе» (1983); «Мы можем предотвратить Третью мировую войну » (1985); и «Ядерное оружие, политика и проблема запрета испытаний» (1987).

Его мемуары « **Стыд: признания отца нейтронной бомбы** » были опубликованы в Интернете в 2000 году.

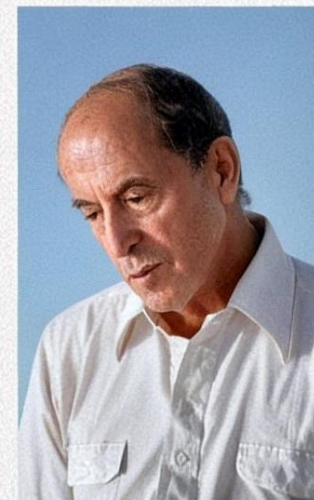
Коэн скончался в воскресенье 28.11.2010 г. во возрасте 89 лет у себя дома в Лос-Анджелесе от осложнений рака желудка, сообщил его сын газетам New York Times и Los Angeles Times.

F*** You! Mr. President: Confessions of the Father of the Neutron Bomb

3rd Edition

Featuring a New Overview and Postscript Chapter, "The Profits of Fear" by Charles Platt

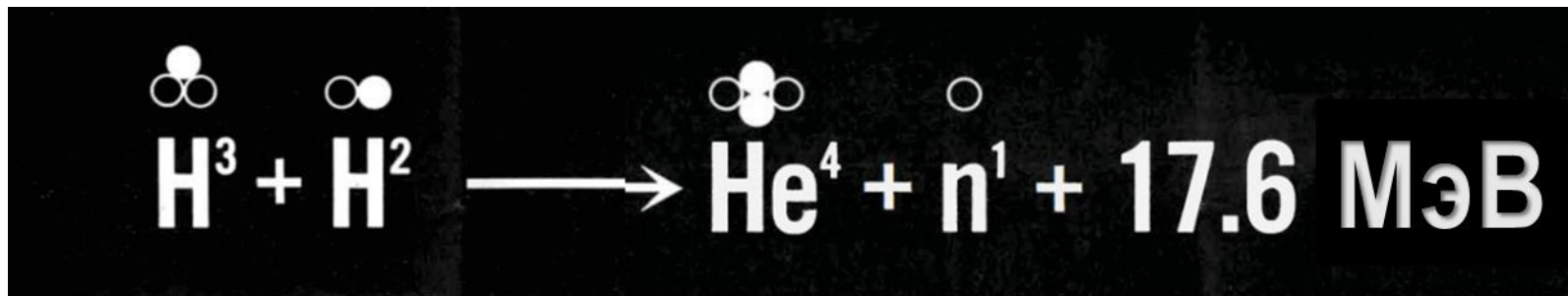
Sam Cohen



Литий: Белое Золото 21 века



Нейтронная бомба стала результатом попытки создать ядерное оружие, которое было бы «добрым» к окружающей среде. «Нейтронная бомба» — популярное название устройства, которое его создатели предпочитают называть **усиленным радиационным оружием (ERW)**. Оно было разработано для снижения разрушительного воздействия взрыва и тепла, при этом выделяя больше энергии на излучение, чем обычное ядерное оружие.



Нейтронная бомба может быть создана путем добавления **трития** к небольшой **плутониевой бомбе деления**, так что половина или более энергии бомбы будет поступать от **синтеза трития**, и **путем избегания использования в бомбе материалов, поглощающих нейтроны**. Такая нейтронная бомба является оружием **деления-синтеза**.

Мишени, обогащенные ${}^6\text{Li}$, облучаются в ядерном реакторе, где нейтроны реагируют с **литием**, образуя **гелий** и **третий**. Затем эти мишени переносятся в печь и плавятся в вакууме, где отводимые газы собираются и очищаются. **Плутоний** для триггера деления производится путем облучения **урана** нейтронами в ядерном реакторе.



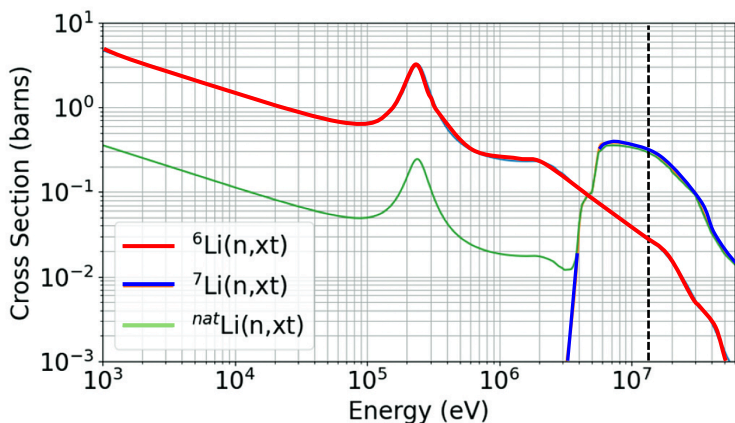
Джон: "Мы сбросим на вас нейтронную бомбу.
У вас все живое исчезнет, а все ценное останется."

Вова: "А мы сбросим на вас Чубайса.
У вас все живое останется, а все ценное исчезнет!"



Сидят два алкаша, телепартуют о насущном.
— Скажи, что такое атомная бомба?
— Представь: сидим мы, ты и я, и рядом стоит бутылка водки. Атомная бомба взорвалась — тебя нет, меня нет, водки тоже нет.
— А если нейтронная бомба взорвалась?
— После взрыва тебя нет, меня нет, а бутылка водки стоит!
— Фига се. .. А какая бомба сейчас взорвалась?
Ты есть, я есть, а водки нет!

Lithium Neutron Cross Sections During the Manhattan Project and the Quest for the H-Bomb



Оцененные сечения базы данных IRDFF-II для производства трития из природных изотопов лития и полученное в результате сечение естественной распространенности.

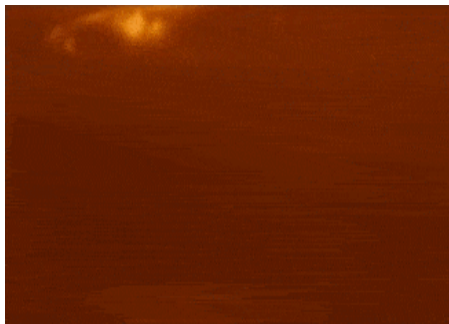
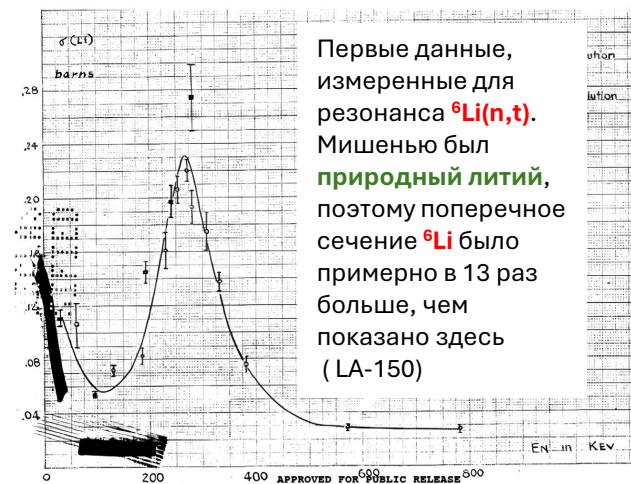
Нейтронные сечения стабильных изотопов лития ${}^6\text{Li}$ и ${}^7\text{Li}$ представляли интерес в 1940-х и 1950-х годах отчасти из-за их реакций, в которых тритий образуется с использованием замедленных нейтронов на ${}^6\text{Li}$ и нейтронов более высокой энергии на любом изотопе.

Литий и сегодня представляет интерес для использования в качестве blankets и защитного материала в термоядерных реакторах, где его можно использовать для воспроизводства трития для самоподдерживающегося топливного цикла.

Во время Манхэттенского проекта был обнаружен резонанс в реакции ${}^6\text{Li}(n,t)$, который впоследствии стал важным для улучшения производства трития для ядерных технологий. Доминирующий природный изотоп ${}^7\text{Li}$ представлял и представляет интерес из-за расходов на обогащение ${}^6\text{Li}$.

Castle Bravo был первым в серии испытаний конструкции термоядерного оружия большой мощности на атолле Бикини, Маршалловы острова. Взорванное **1 марта 1954 года**, устройство остается самым мощным ядерным устройством, когда-либо взорванным США, и **первым термоядерным оружием на дейтериде лития**, испытанным с использованием конструкции **Теллера-Улама**. Мощность составила **15 [Мт] (63 ПДж)**, что в 2,5 раза больше прогнозируемых **6 Мт (25 ПДж)** из-за непредвиденных дополнительных реакций с участием **лития-7**, что привело к радиоактивному загрязнению окружающей местности. **Авторы этой статьи утверждают, что это объяснение ложно.**

Нейтронные сечения лития во время Манхэттенского проекта и поисков водородной бомбы



Литий: Белое Золото 21 века

${}^6\text{Li}$



Table 3. Compilation of measured and corrected discrete photon production cross sections (Comments: (s) - these data were skipped during the calculation of the averaged cross-section; * - these data are preliminary and could be still corrected by the authors).

E _γ keV	Reaction	Transition U _i (I _i ^π)→U _f (I _f ^π), Speed	E, MeV	Angle, Degree	Sample Mat:Size (mm), At/MS	Detect.	σ, mb	Author	Publ Year	Correction			Corrected σ mb
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Abs	Ang	Δσ, mb	14
3-Lithium-6													
3562	⁶ Li(n,n') ⁶ Li	3562(3 ⁺)→0(1 ⁺), p	14	0-180	⁶ Li:Ø70×Ø??, +/-	Nal(Tl)	1.4±0.5	Bezotosny	1976	1.0	1.0	-0.11	1.29±0.46
3-Lithium-7													
			14	0-180	⁷ Li:Ø70×Ø??, +/-	Nal(Tl)	20±3	Bezotosny	1976	1.0	1.0	-2.8	(s) 17.2±2.6
			14.8	90	⁷ Li:Ø?×?, +/+	Nal(Tl)	97±7	Western	1965	1.0	1.12	1.7	110.3±7.8
			13.6	150	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	108±12	Benveniste	1962	1.0		-5.0	
			13.7	140	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	86±10	Benveniste	1962	1.0		-4.4	
			13.7	130	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	86±10	Benveniste	1962	1.0		-4.4	
			13.8	120	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	87±10	Benveniste	1962	1.0		-3.9	
			14.0	110	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	82±10	Benveniste	1962	1.0		-2.8	
			14.1	100	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	77±9	Benveniste	1962	1.0		-2.2	85.5±10
			14.2	90	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	75±9	Benveniste	1962	1.0		-1.7	
			14.3	80	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	78±9	Benveniste	1962	1.0		-1.1	
			14.4	70	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	91±10	Benveniste	1962	1.0		-0.6	
			14.6	50	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	99±11	Benveniste	1962	1.0		+0.6	
			14.7	40	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	80±9	Benveniste	1962	1.0		+1.1	
			14.8	30	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	115±13	Benveniste	1962	1.0		+1.7	
4-Beryllium-9 (100%)													
478	⁹ Be(n,t) ⁷ Li	478(1/2 ⁻)→0(3/2 ⁻), p	14	0-180	Ø60×Ø20, +/-	Nal(Tl)	2±.5	Bezotosny	1976	1.0	1.0	+1.0	3±0.5
			14.2	90	Ø44×6, Ø31×Ø25×32, +/+	Nal(Tl)	8.8±2.5	Drake	1978	1.0	?	+0.6	9.4±2.5

Реакция неупругого рассеяния ⁶Li(n,n' γ)⁶Li происходит **только** через второй возбужденный уровень (J^π = 0+, E_γ = 3,562 МэВ, изотропное угловое распределение).

Литий: Белое Золото 21 века

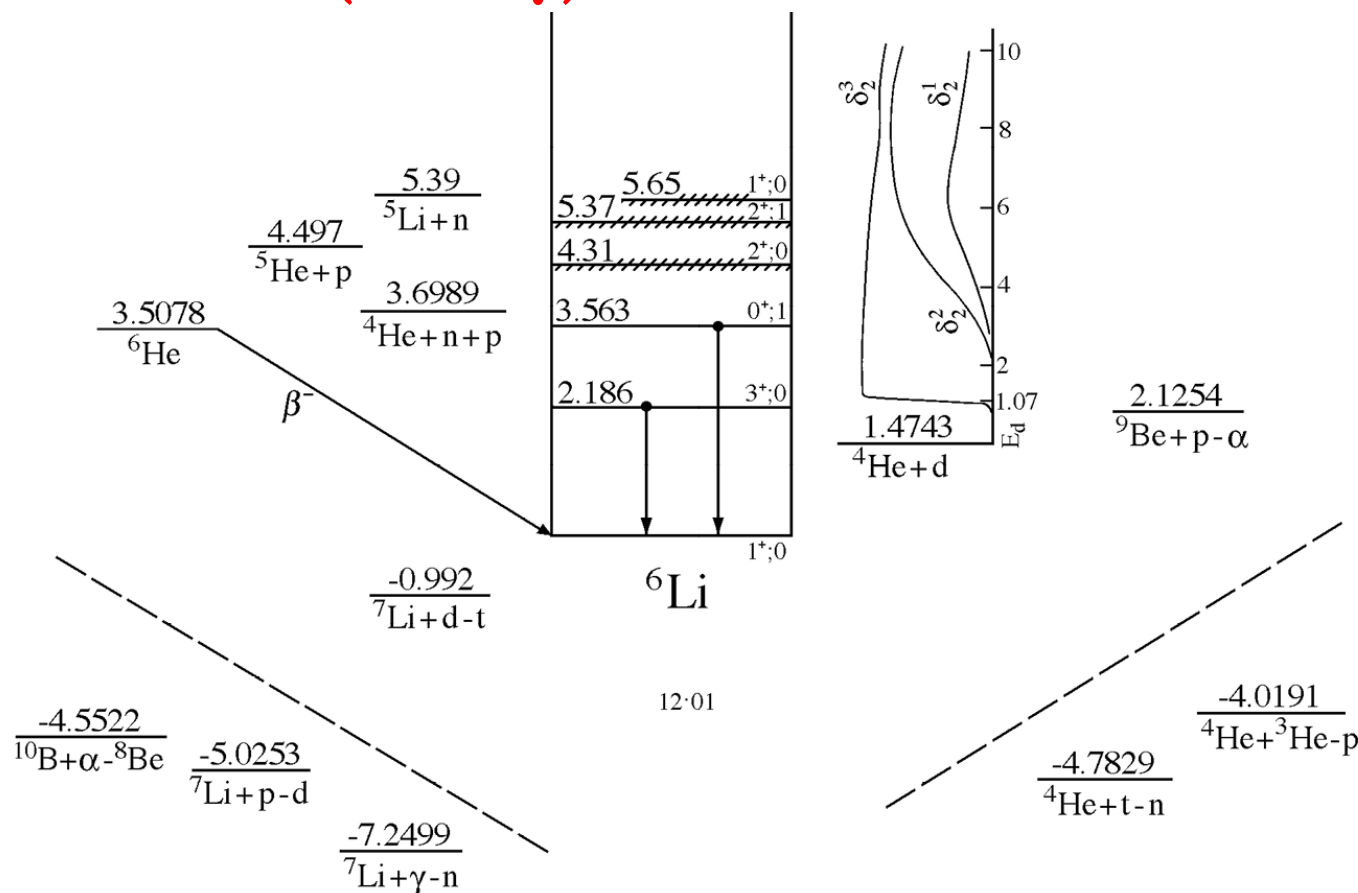
Данные по сечению

Нейтронные ядерные данные для ${}^6\text{Li}$ важны не только для расчета нейтронной физики синтеза.

Поэтому сечения для реакции $n+{}^6\text{Li}$ оцениваются в диапазоне энергий от 10^{-5} эВ до 20 МэВ.

${}^6\text{Li}(n,n'\gamma)$

Cross section data

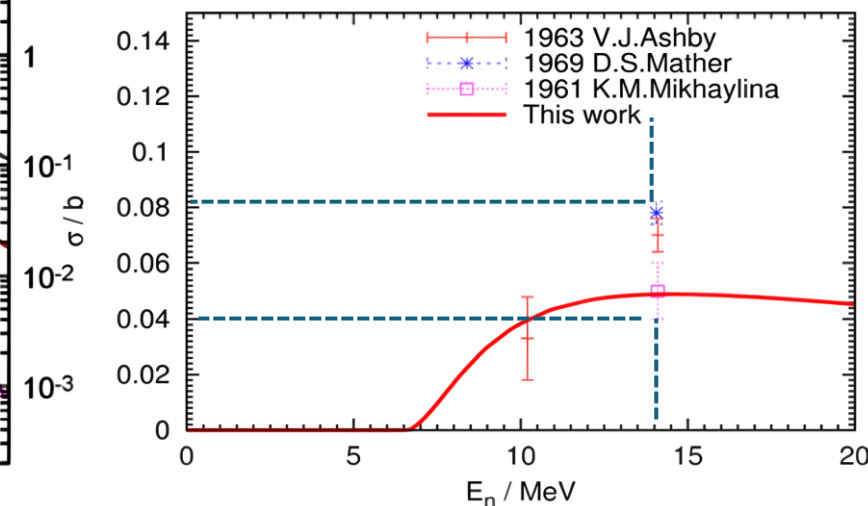
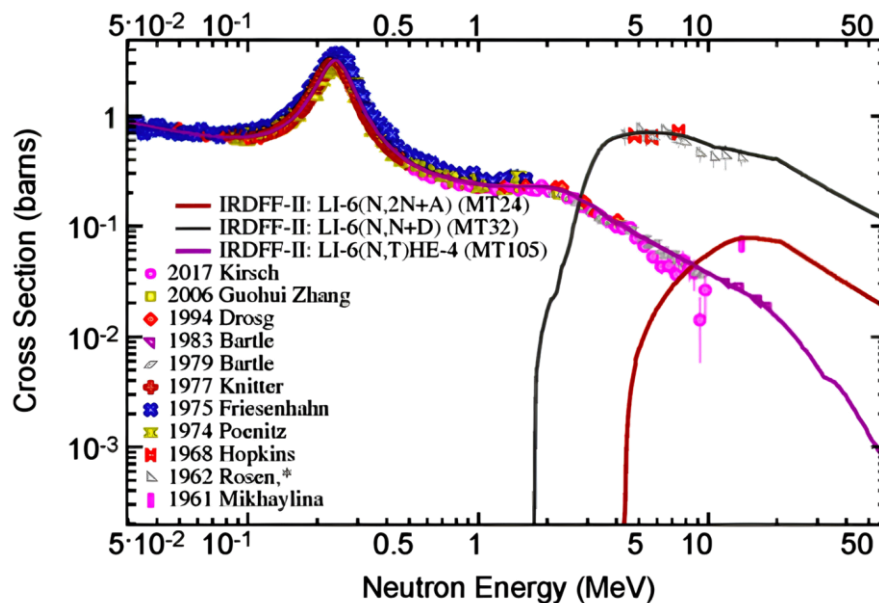
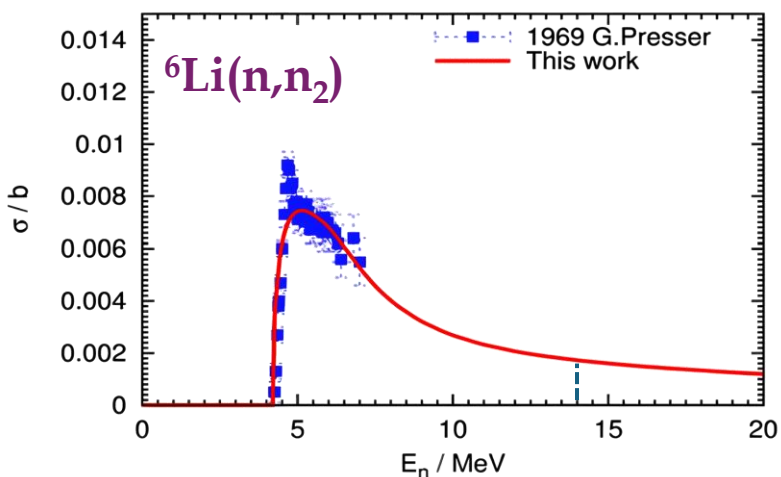
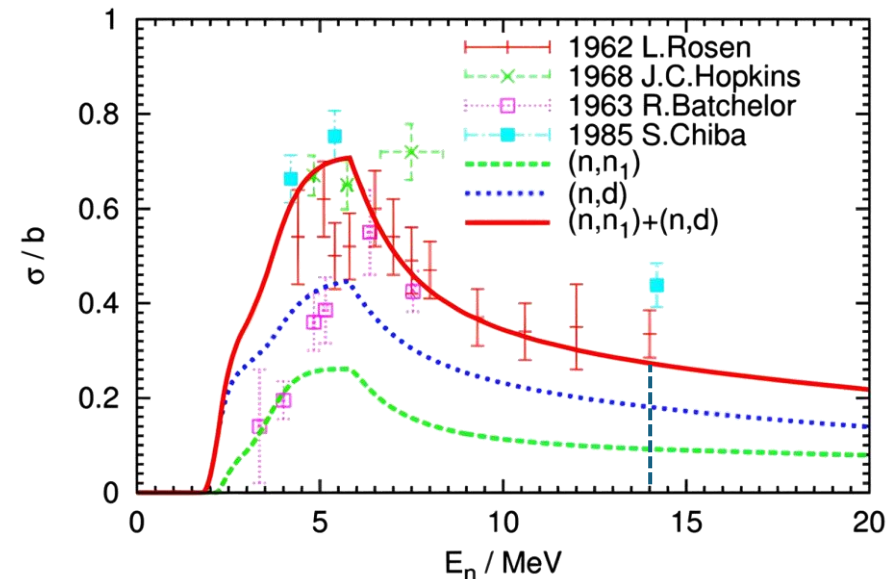
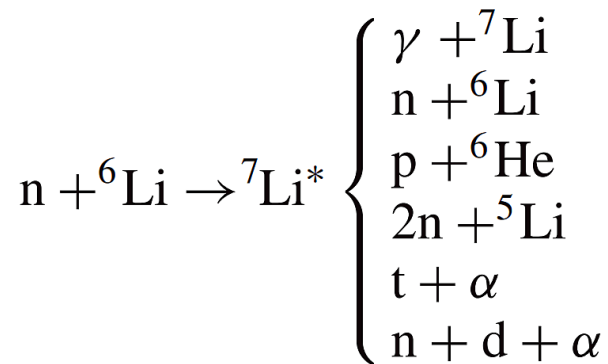
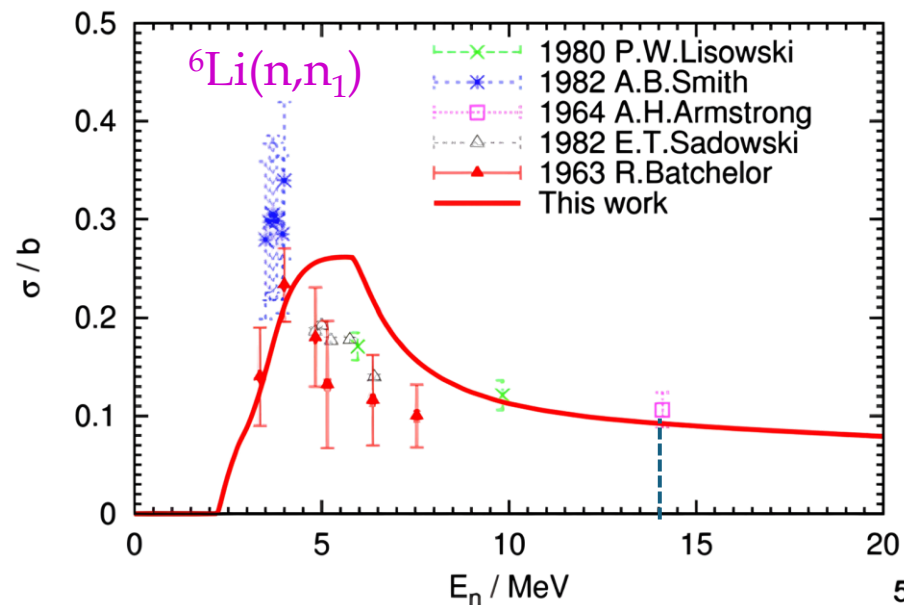


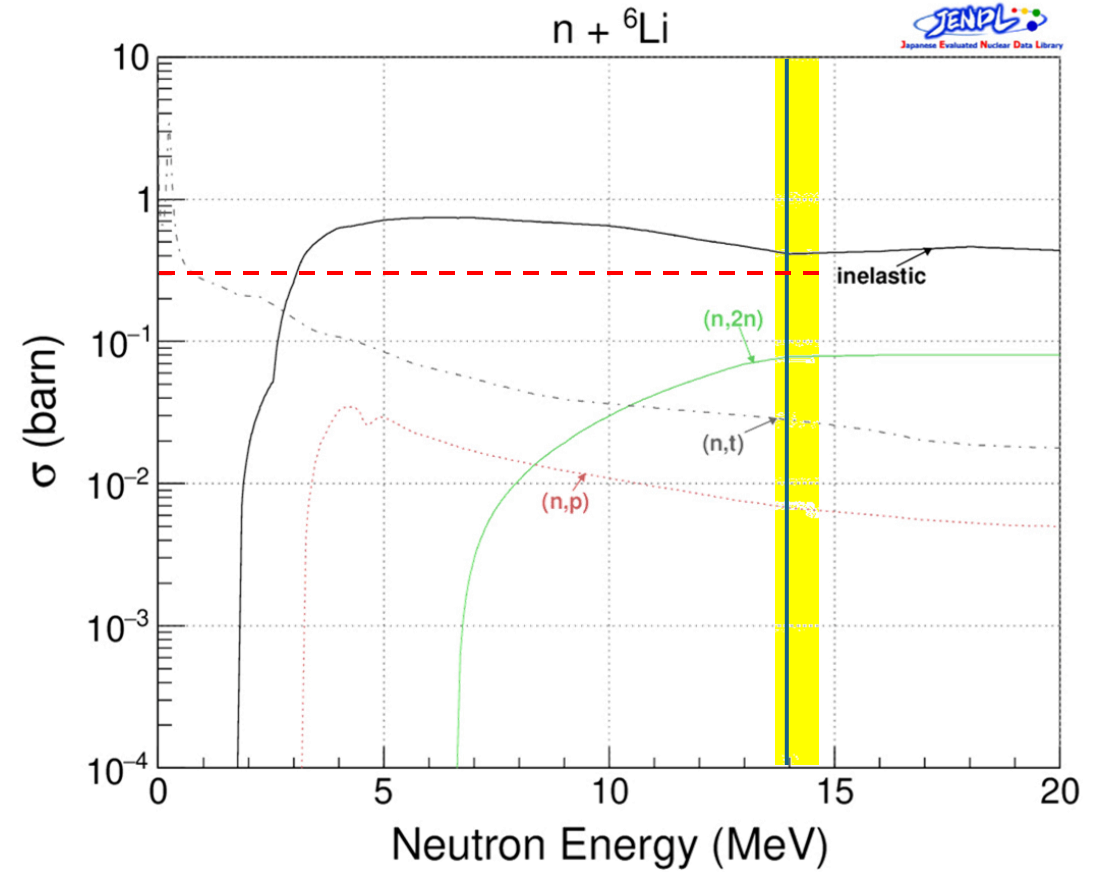
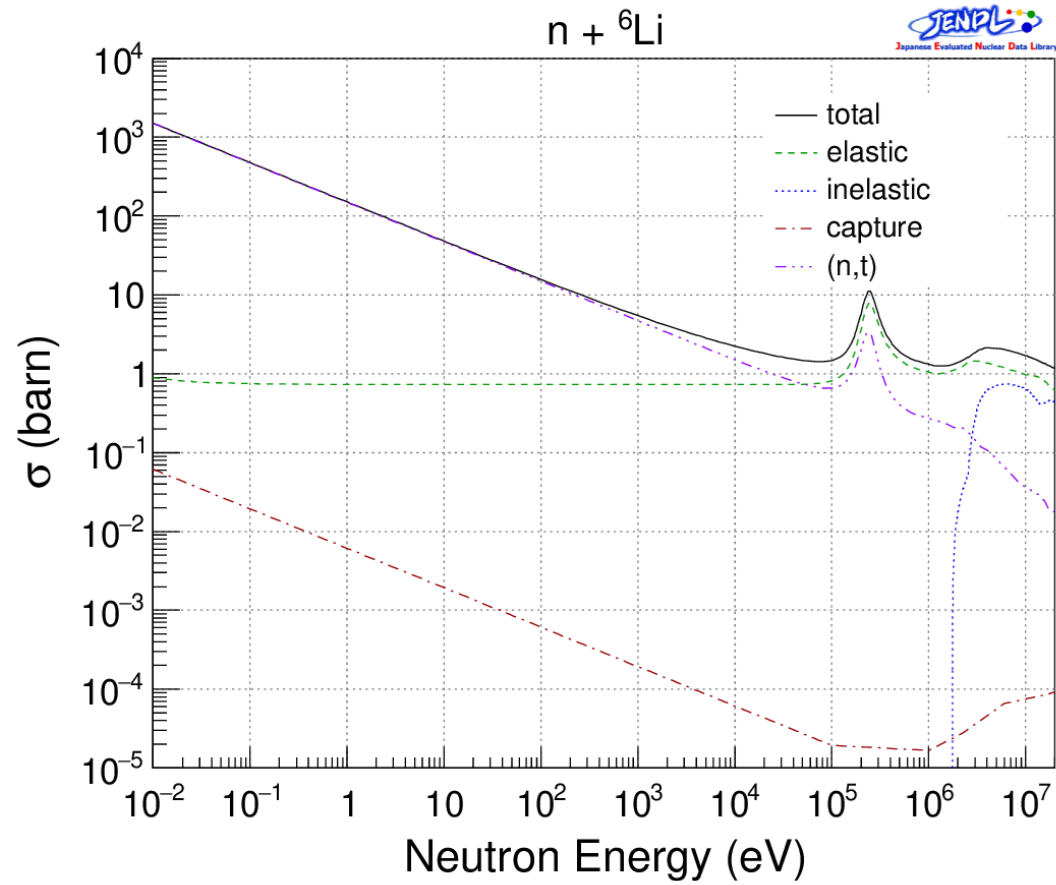
Реакция неупругого рассеяния ${}^6\text{Li}(n,n'\gamma){}^6\text{Li}$ происходит только через второй возбужденный уровень ($J^\pi = 0^+$, $E_\gamma = 3,562$ МэВ, изотропное угловое распределение).

Литий: Белое Золото 21 века

TABLE I. *n-⁶Li reactions producing one or two neutrons.*

Reaction	<i>Q</i> -value (MeV)	<i>E</i> _{th} (MeV)
One neutron in the exit channel		
(1) Elastic scattering ${}^6\text{Li}(n, n){}^6\text{Li}$		
(2) ${}^6\text{Li}(n, n'){}^6\text{Li}^* \rightarrow {}^6\text{Li} + \gamma$	— 3.56	
(3) ${}^6\text{Li}(n, n'){}^6\text{Li}^* \rightarrow \alpha + d$	— 2.184	
(4) ${}^6\text{Li}(n, d){}^5\text{He} \rightarrow \alpha + n'$	— 2.430	— 2.838
(5) ${}^6\text{Li}(n, n'd){}^4\text{He}$	— 1.472	— 1.719
Two neutrons in the exit channel		
(6) Elastic scattering ${}^6\text{Li}(n, 2n){}^5\text{Li} \rightarrow \alpha + p$	— 5.662	— 6.613
(7) ${}^6\text{Li}(n, n'){}^6\text{Li}^* \rightarrow \alpha + p + n$	— 3.697	— 4.317
(8) ${}^6\text{Li}(n, 2n'p){}^4\text{He}$	— 3.697	— 4.137



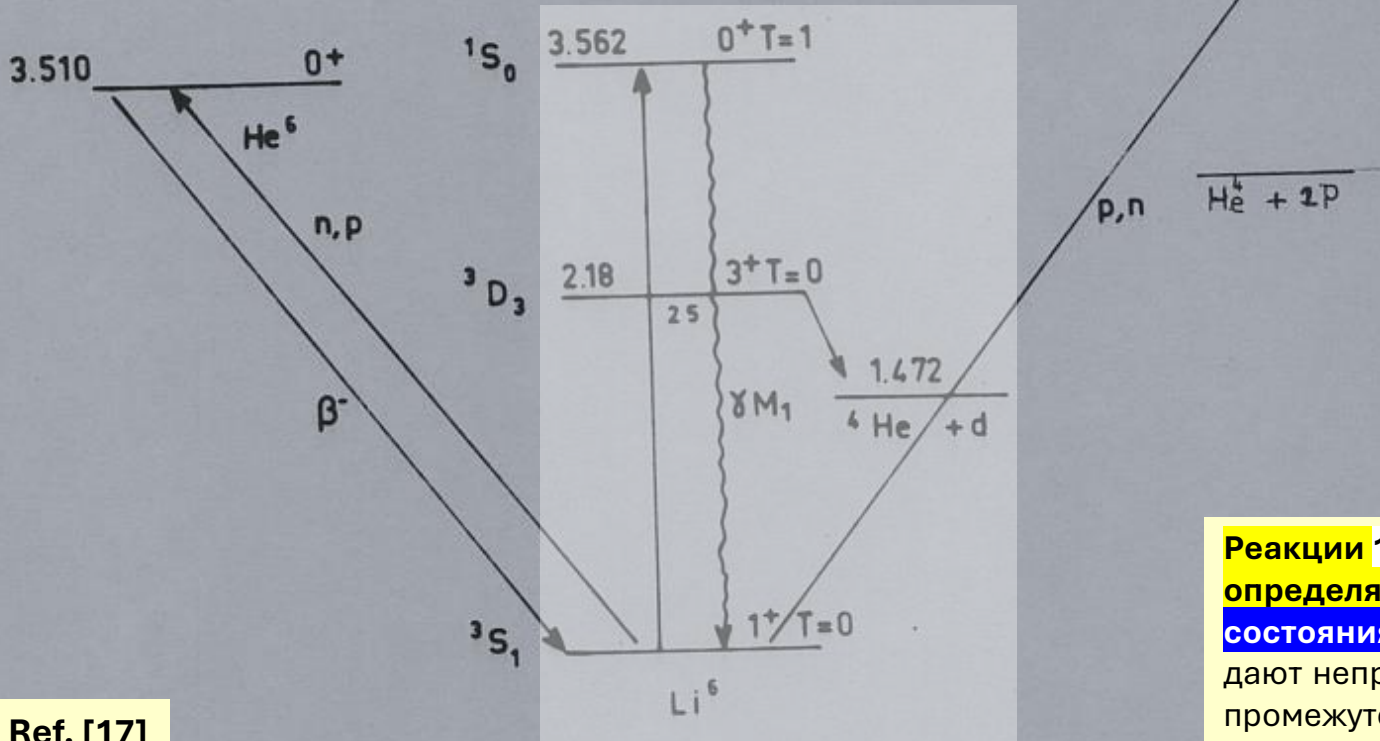


MT	Reaction	0.0253-eV	Maxwellian Average	g-factor	Resonance Integral	14-MeV	Fis. Spec. Average
1	(n,total)	944.8 (b)	945.3 (b)	1.001	—	1.432 (b)	1.900 (b)
2	(n,elastic)	798.0 (mb)	898.4 (mb)	1.126	—	905.8 (mb)	1.422 (b)
4	(n,inelastic)	(E-threshold = 1.752 MeV)				412.0 (mb)	142.8 (mb)
16	(n,2n)	(E-threshold = 6.614 MeV)				78.05 (mb)	190.5 (μb)
102	(n, γ)	38.49 (mb)	38.51 (mb)	1.000	17.43 (mb)	82.04 (μb)	28.05 (μb)
103	(n,p)	(E-threshold = 3.185 MeV)				6.766 (mb)	4.263 (mb)
105	(n,t)	940.3 (b)	940.9 (b)	1.001	425.2 (b)	28.04 (mb)	330.8 (mb)

${}^6\text{Li}$

(D) (1.79) 2^+
 ≈ 113

1967



Ref. [17]

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 139, NUMBER 2B

1965

26 JULY 1965

Reactions ${}^{48}\text{Ti}(n,d){}^{47}\text{Sc}$, ${}^{16}\text{O}(n,d){}^{15}\text{N}$, ${}^{19}\text{B}(n,d){}^9\text{Be}$, and ${}^6\text{Li}(n,d){}^5\text{He}$ at 14.4 MeV*

V. VALKOVIĆ, G. PAIĆ, I. ŠLAUS,† P. TOMAŠ, AND M. CERINEO

N°	Réactions	Q(MeV)	J ^π T	σ_0 (mb) ($E_n \approx 14$ MeV)	Références
1	${}^6\text{Li}(n,n){}^6\text{Li}$	0	$1^+ 0$	850 ± 90	MERCHEZ /1/
2	${}^6\text{Li}(n,n'){}^6\text{Li}^* \rightarrow \alpha+d$	-2,18 -4,57 $\approx -5,7$	$3^+ 0$ $2^+ 0$ $1^+ 0$	100 ± 25	MERCHEZ /1/
3	${}^6\text{Li}(n,n'){}^6\text{Li}^* \rightarrow \gamma + {}^6\text{Li}$	-3,56 -5,32	$0^+ 1$ $2^+ 1$		
4	${}^6\text{Li}(n,d){}^5\text{He} \rightarrow \alpha+n$	-2,43		89 ± 10	FRYE /2/
5	${}^6\text{Li}(n,d){}^5\text{He}^* \rightarrow \alpha+n$	≈ -5		77 ± 9	FRYE /2/
6	${}^6\text{Li}(n,nad)$	-1,47			
7	${}^6\text{Li}(n,p){}^6\text{He}(0)$	-3,7		6 ± 2	FRYE /2/
8	${}^6\text{Li}(n,d)t$	+4,79		25 ± 4	FRYE /2/
9	${}^6\text{Li}(n,2n){}^5\text{Li}$	-5,49			

Реакции 1, 2, 3 дают моноэнергетические нейтроны, ширина каждой группы определяется шириной возбужденных уровней. Все возбужденные состояния $T=0$ ${}^6\text{Li}$ де-возбуждаются за счет испускания $\alpha+d$. Реакции 4,5,6,9 дают непрерывные спектры нейтронов. Реакции 4 и 5 протекают в две стадии с промежуточным ядром ${}^5\text{He}(3/2-)$ или ${}^5\text{He}(1/2-)$, которое испускается преимущественно назад (Ref. [17]). Поэтому мы будем иметь в основном нейтроны с низкой энергией. Кинематический расчет максимальной энергии непрерывного спектра нейтронов, испускаемых в процессе 5, показывает, что эти нейтроны нельзя спутать с нейтронным пиком, наблюдаемым при неупругом рассеянии ${}^6\text{Li}(n,n')$ на уровне $0^+ 3.56$ МэВ

1967

Вклад в изучение неупругого рассеяния ${}^6\text{Li}(n,n')$ на уровне 0^+ , расположенном при 3.56 МэВ, нейтронами с энергией 14 МэВ.

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR EN PHYSIQUE NUCLÉAIRE - 3^e CYCLE

PAR

Guy PERRIN

Contribution à l'étude de la diffusion inelastique
 ${}^6\text{Li}(n,n')$ A 14 MeV pour le niveau 0^+ de 3,56 MeV

Soutenue le 8 Décembre 1967, devant la Commission d'Examen

MM. A. MOUSSA

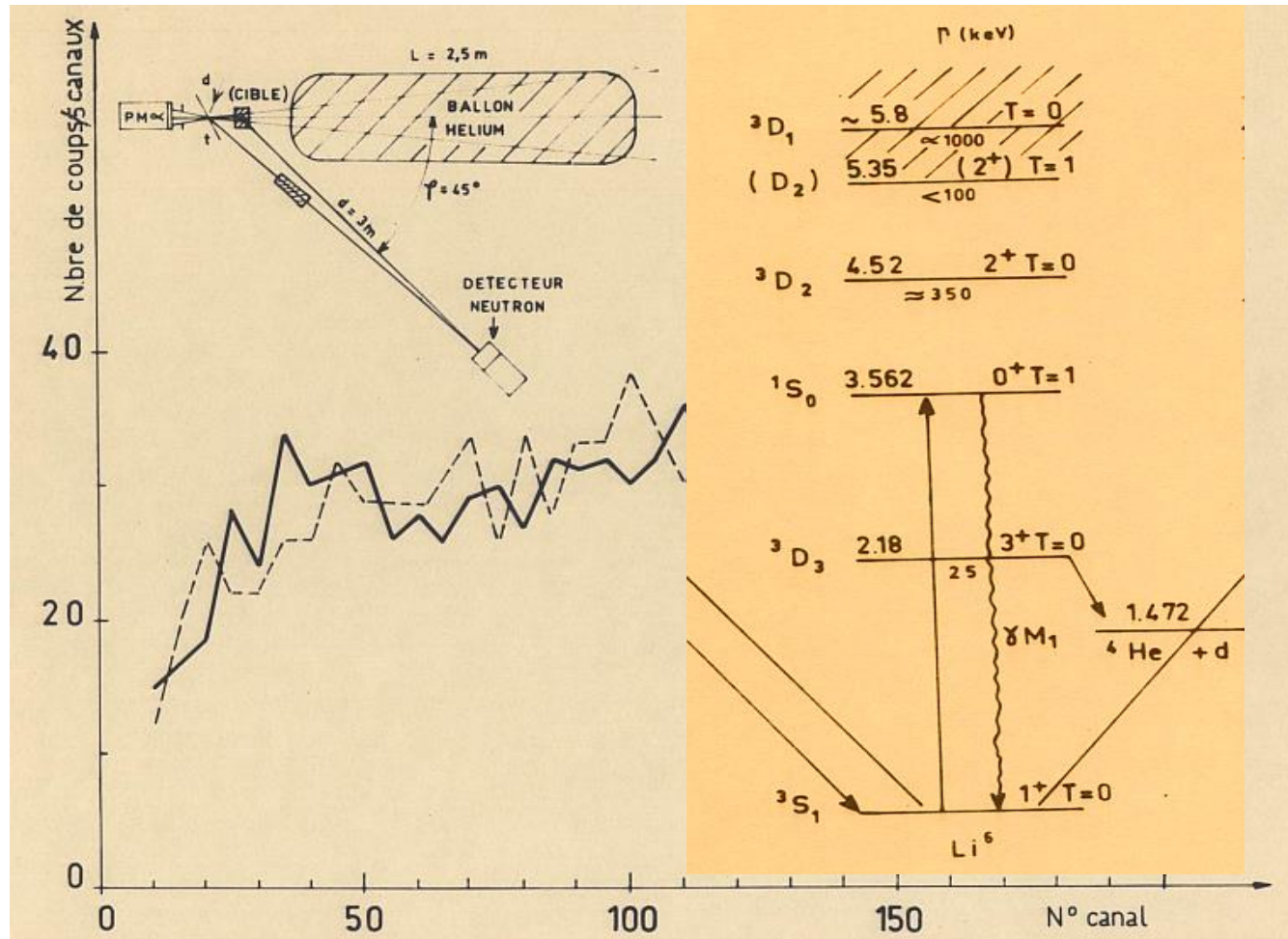
Président

R. BOUCHEZ

J. P. LONGEQUEUE

H. BEAUMEVIEILLE

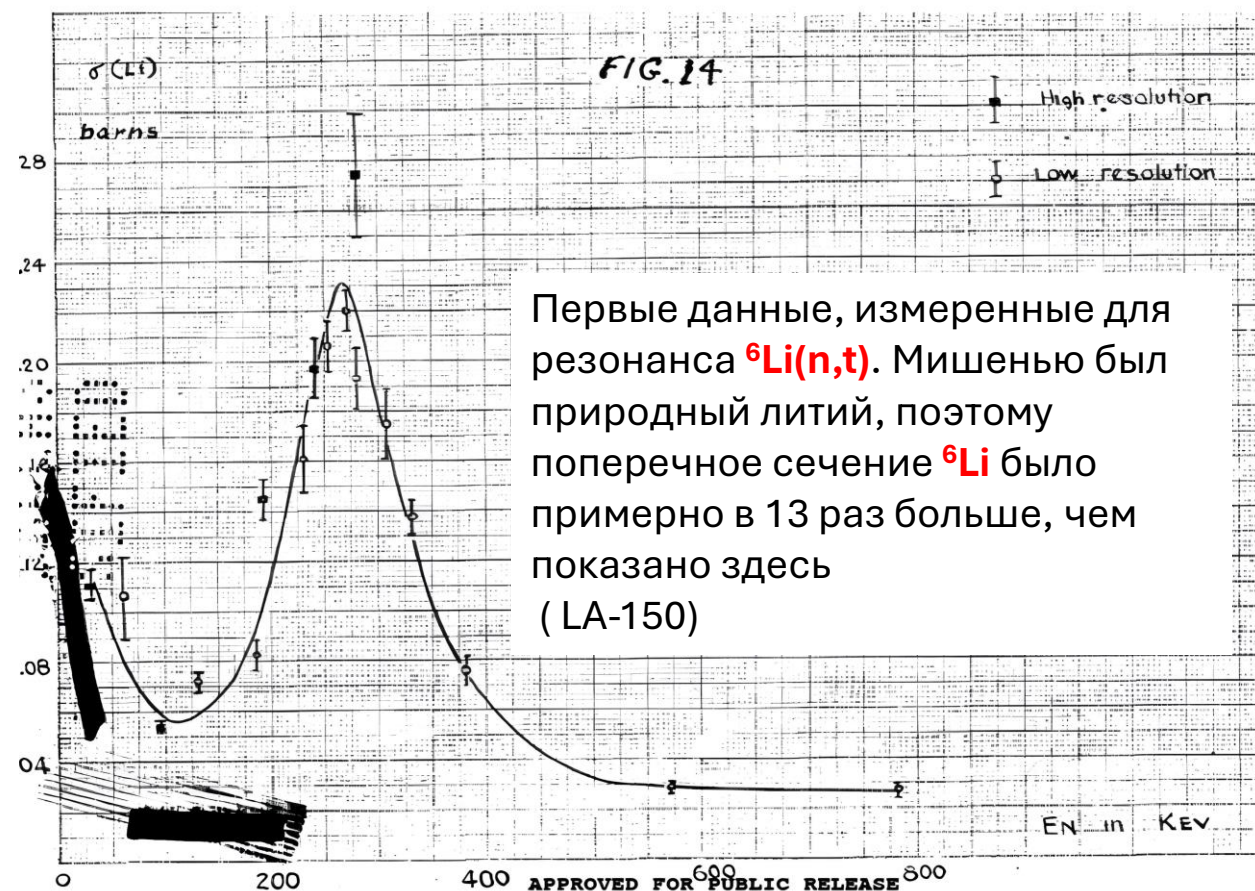
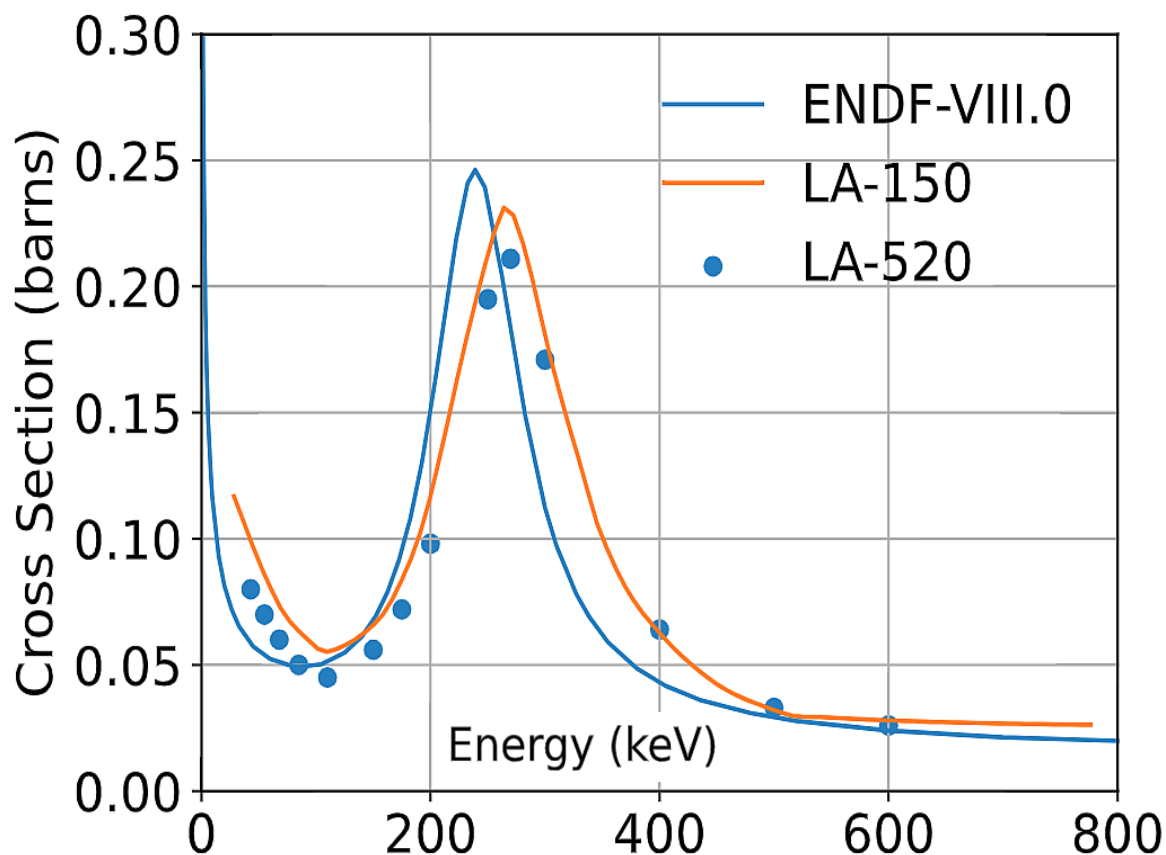
Examineurs



Работа посвящена экспериментальному исследованию рассеяния нейтронов с энергией 14 МэВ на уровне 3,56 МэВ ${}^6\text{Li}$. Нейтроны с энергией 14 МэВ производятся в ходе реакции $T(d,n)\alpha$, в которой дейтроны с энергией 175 кэВ поступают из ускорителя ARIANE. Измерение энергии нейтронов проводилось с помощью времяпролетного спектрометра. Для снижения фоновых гамма-шума было разработано электронное устройство для построения системы идентификации n - γ при низком пороге (около 0,5 МэВ). Мишень изготовлена из лития, обогащенного по ${}^6\text{Li}$ в соотношении 96%.

Lithium Neutron Cross Sections During the Manhattan Project and the Quest for the H-Bomb

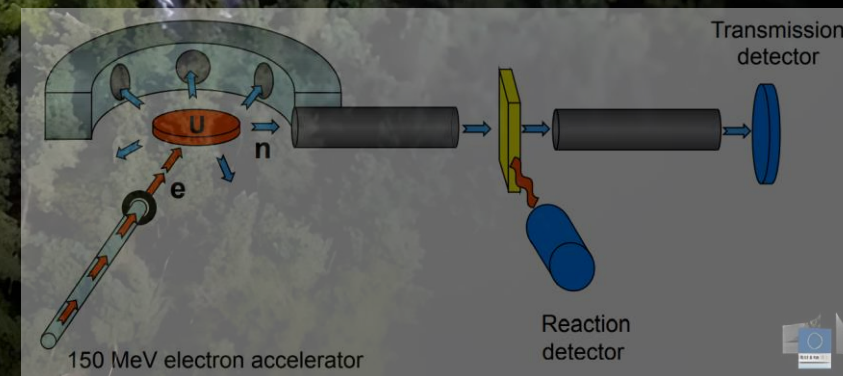
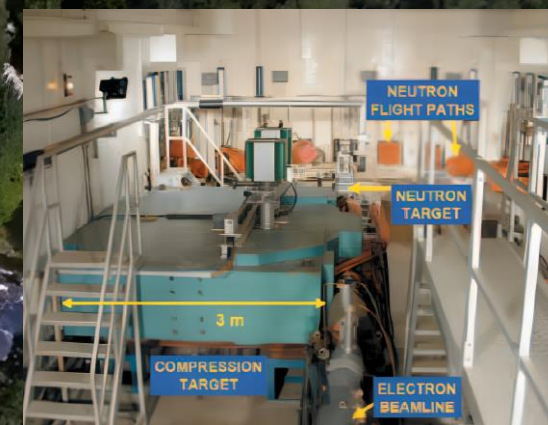
Нейтронные сечения лития во время Манхэттенского проекта и поисков водородной бомбы



GELINA, the JRC Neutron Time-of-Flight Facility



MONNET,
Tandem
accelerator
based fast
neutron
source

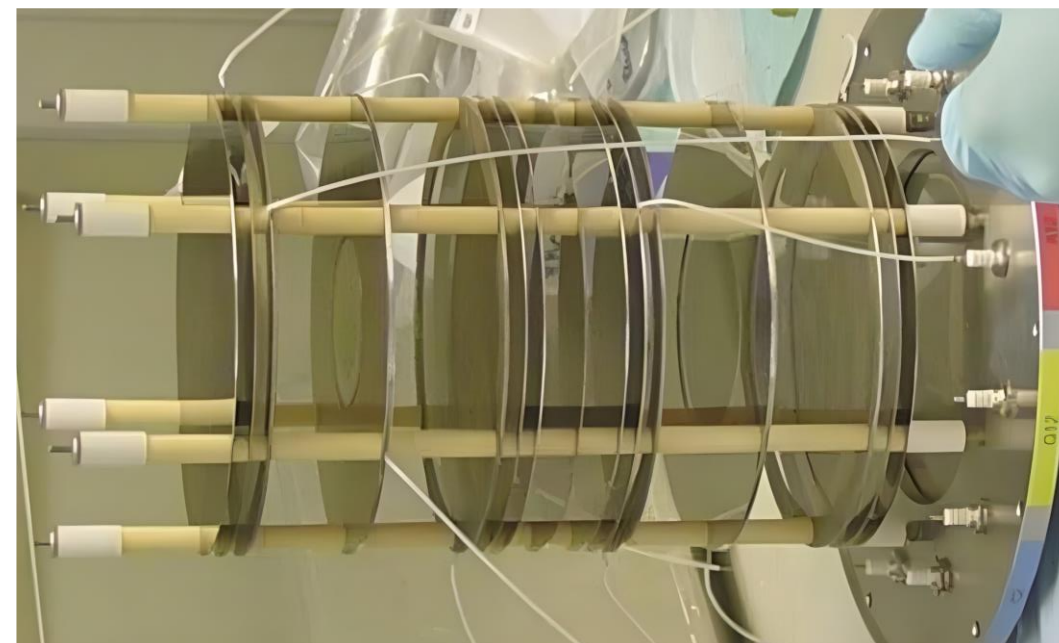
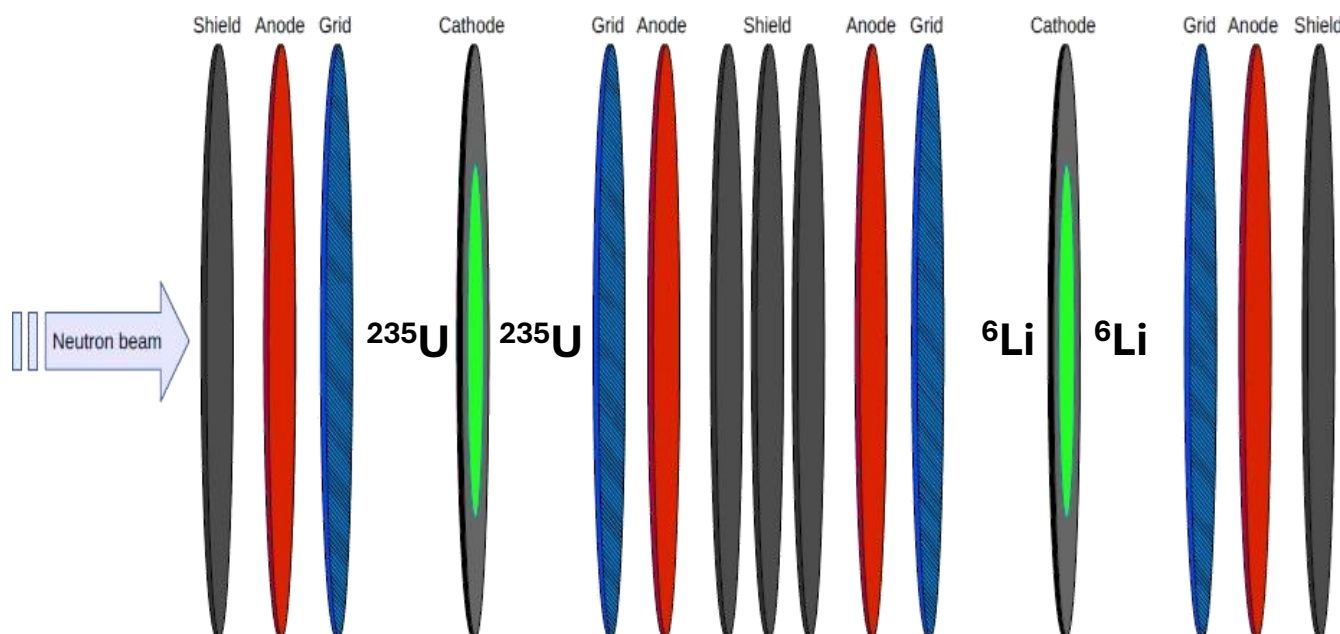




2016

Aim: Measure $^6\text{Li}(n,\alpha)$ cross section up to several MeV for extension of neutron standard
Method: Twin Frisch-Grid Ionization Chamber (with P-10) at GELINA facility using ^6LiF targets
and U-235 (as reference); digital DAQ

TFGIC – Twin Frisch-Grid Ionization Chamber



Measurement of the ${}^6\text{Li}(n, \alpha)t$ neutron standard cross-section at the GELINA facility



Kaj Jansson

Ali Al-Adili

Riccardo Bevilacqua

C. Gustavsson

Franz-Josef Hamsch

Stephan Pomp

Marzio Vidali

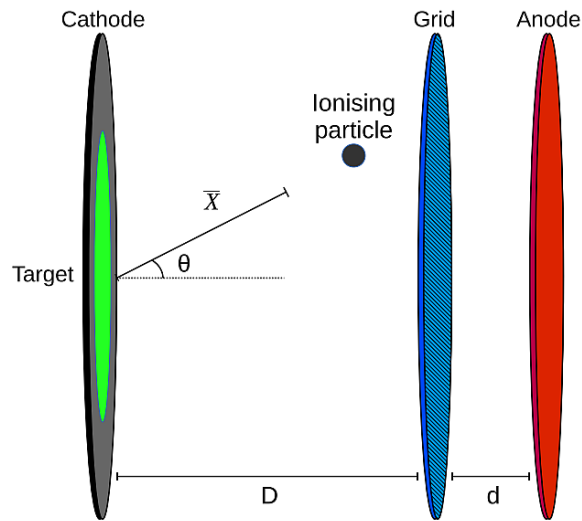


Figure 1. Schematic of the chamber electrodes. The emitted particle will leave a track of liberated electrons. The mean distance from the particle origin of these electrons is denoted $\bar{X}$. The grid-cathode distance, D , is 40 mm and the grid-anode distance, d , is 7 mm.

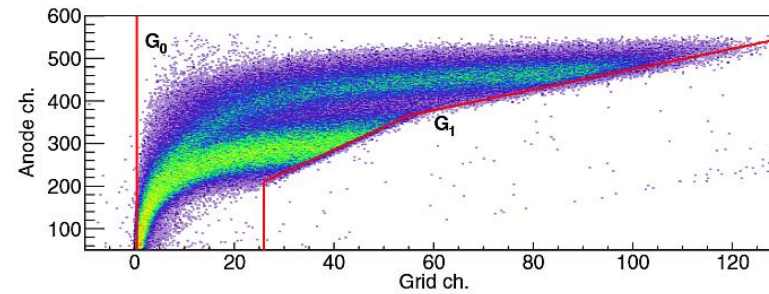


Figure 3. Grid PH plotted against the anode PH for fission events induced by neutrons of any energy. The lines represent the limits G_0 and G_1 , which defines $\cos \theta = 0$ and $\cos \theta = \pm 1$, respectively.

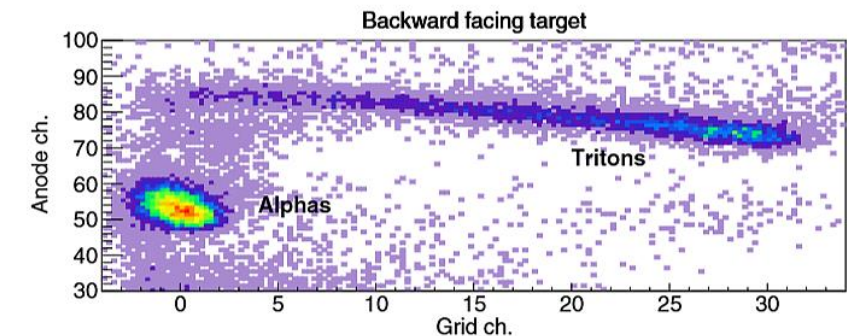
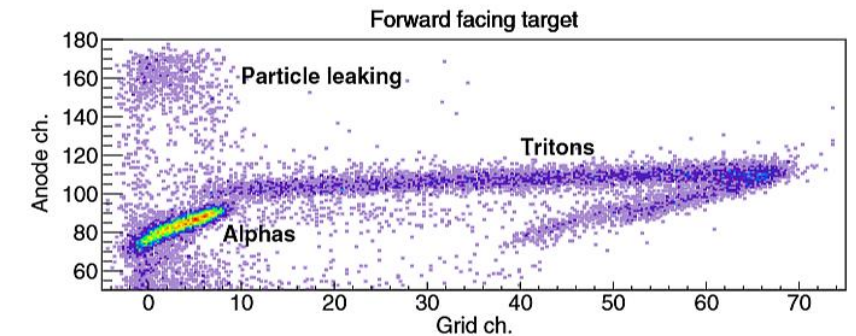


Figure 5. Lithium events induced by neutrons in the energy range 300–350 keV. The particle leaking effect manifests itself as a new cluster of events seen in the top left of the plot. The punch-through effect appears as a bent shape for tritons at small forward angles (large grid PH).

ND2016

11-16 / 09

BRUGES BELGIUM

PROGRAMME &
ABSTRACT BOOK

www.nd2016.eu



www.nd2016.eu

ABSTRACT BOOK
PROGRAMME &

BRUGES BELGIUM

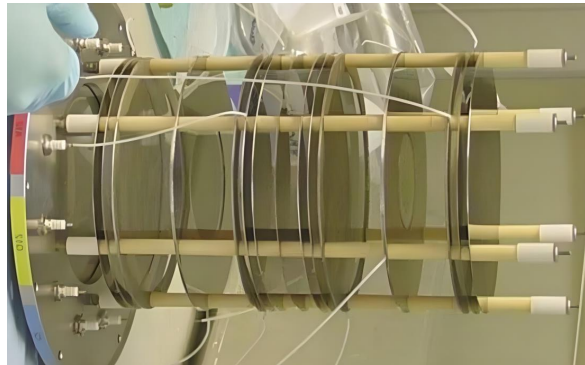
11-16 / 09

ND2016



ND2016

ND2016

[Kaj Jansson](#)[Ali Al-Adili](#)[Riccardo Bevilacqua](#)[C. Gustavsson](#)[Franz-Josef Hamsch](#)[Stephan Pomp](#)[Marzio Vidali](#)

Эту камеру разобрали и собрали две отдельные камеры, чтобы приспособиться к разным давлениям газа.

Камера с более высоким давлением газа позволяет обнаруживать не только α -частицы, но и тритоны из реакции лития.

Для обнаружения продуктов деления используют камеру с более низким давлением из-за гораздо более высокой тормозной способности тяжелых ионов.

Здесь сообщают о новых результатах из данных, полученных в 2016 году с измененной установкой.

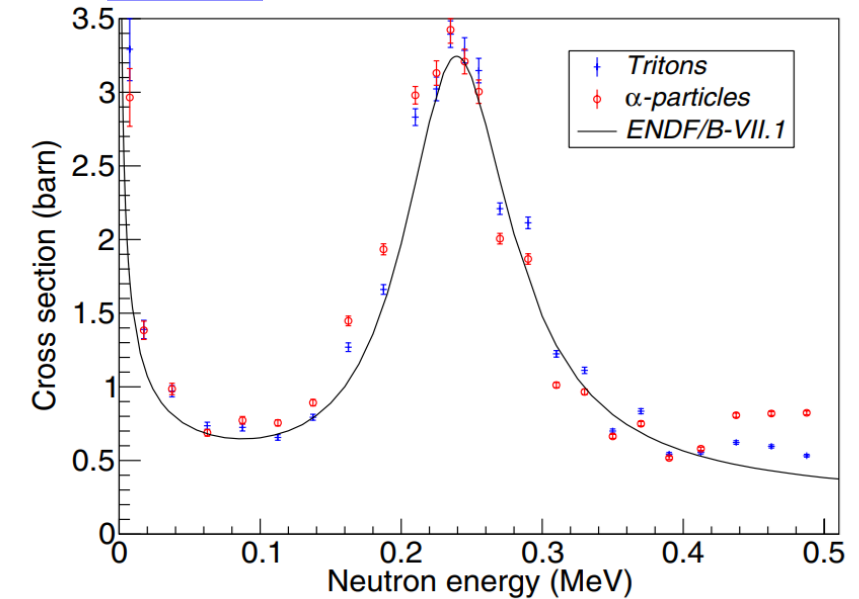
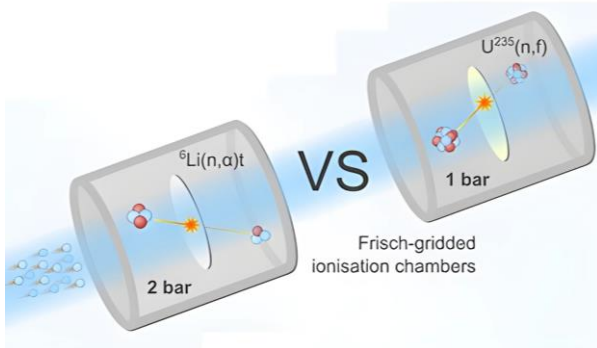


Figure 6. Preliminary cross section of the ${}^6\text{Li}(n, \alpha)t$ reaction, the error bars represent statistical uncertainties only. The different data points are based on α -particle counting and triton counting, respectively.



ELSEVIER



CrossMark

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Nuclear Data Sheets 148 (2018) 143–188

**Nuclear Data
Sheets**

www.elsevier.com/locate/nds

2018

Evaluation of the Neutron Data Standards

A.D. Carlson,^{1,*} V.G. Pronyaev,² R. Capote,³ G.M. Hale,⁴ Z.-P. Chen,⁵ I. Duran,⁶ F.-J. Hambsch,⁷
S. Kunieda,⁸ W. Mannhart,⁹ B. Marcinkievicius,^{3,10} R.O. Nelson,⁴ D. Neudecker,⁴ G. Noguere,¹¹ M. Paris,⁴
S.P. Simakov,¹² P. Schillebeeckx,⁷ D.L. Smith,¹³ X. Tao,¹⁴ A. Trkov,³ A. Wallner,^{15,16} and W. Wang¹⁴

[18] G. Zhang *et al.*, “Measurement of differential and angle-integrated cross sections of the ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$ reaction in the MeV neutron energy range,” *NUCL. INSTR. METH. PHYS. RES.* **A566**. 615–621 (2006).

[19] M. Devlin *et al.*, “Differential Cross Section Measurements for the ${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$ Reaction in the Few MeV Region,” *PROC. 13TH INT. CONF. ON CAPTURE GAMMA-RAY SPECTROSCOPY AND RELATED TOPICS* (Cologne, Germany, 25–29 August

2008), AIP, Melville, NY, p.215 (2009).

[20] A. Yue, Private communication (2017).

[21] G. Giorginis, Private communication (2014).

${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$

Neutron Standards

13th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei:
Fundamental Interactions and Neutrons, Nuclear Structure, Ultracold
Neutrons, Related Topics (**ISINN 13**), 25-28 May **2005**.
Dubna, Russian Federation (C05-05-25)

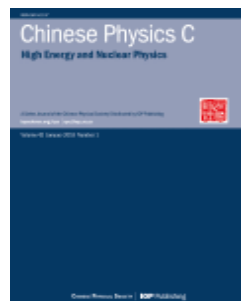


Nuclear Instruments and Methods in Physics
Research Section A: Accelerators, Spectrometers,
Detectors and Associated Equipment

Volume 566, Issue 2, 15 October 2006, Pages 615-621



Guohui Zhang ^a , Jinxiang Chen ^a, Guoyou Tang ^a, Yu.M. Gledenov ^b, M. Sedysheva ^b,
G. Khuukhenkhuu ^c



Huaiyong Bai et al, Chinese Phys. C 44, 014003, 2020

Measurement of the **differential** cross sections and **angle-integrated** cross sections of
the ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$ reaction from **1.0 eV to 3.0 MeV** at the CSNS Back-n white neutron source

MEASUREMENT OF DIFFERENTIAL CROSS-SECTIONS OF THE ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$ REACTION*

Yu. M. Gledenov, M. V. Sedysheva

Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR, Dubna, 141980, Russia

Guohui Zhang, Jinxiang Chen, Guoyou Tang

*Key Laboratory of Heavy Ion Physics, Ministry of Education and School of Physics, Peking
University, Beijing 100871, China*

G. Khuukhenkhuu

Nuclear Research Center, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

Abstract

Differential cross-sections and angle integrated cross-sections of the ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$ reaction were measured at 1.05, 1.54 and 2.25 MeV by using a gridded ionization chamber. Neutrons were produced through the $T(p,n){}^3\text{He}$ reaction on the 4.5 MV Van de Graaff at Peking University. The absolute neutron flux for 2.25 MeV was determined by the ${}^{238}\text{U}(n,f)$ reaction, and for 1.54 and 1.05 MeV by a calibrated BF_3 long counter. Present results are compared with existing data.

Measurement of differential and angle-
integrated cross sections of the ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$
reaction in the MeV neutron energy range

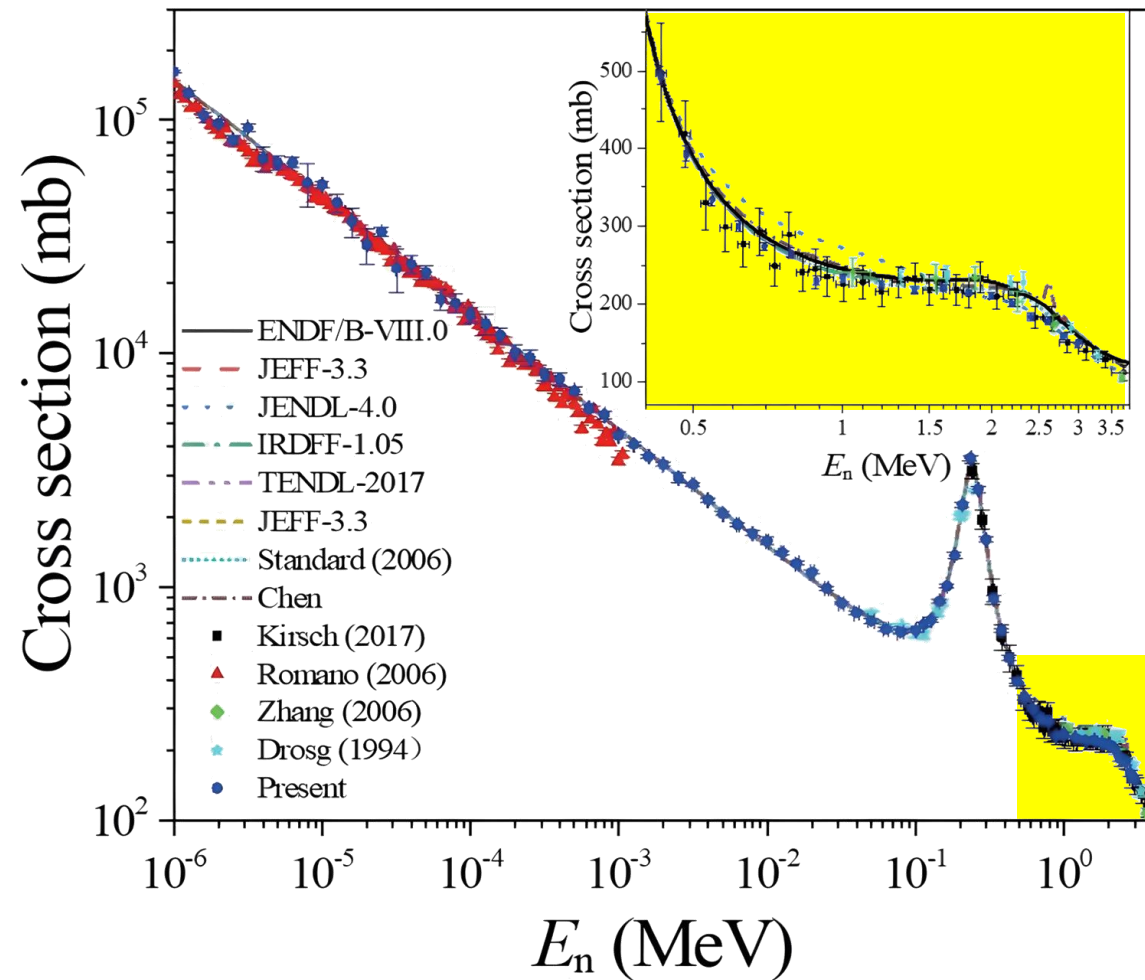
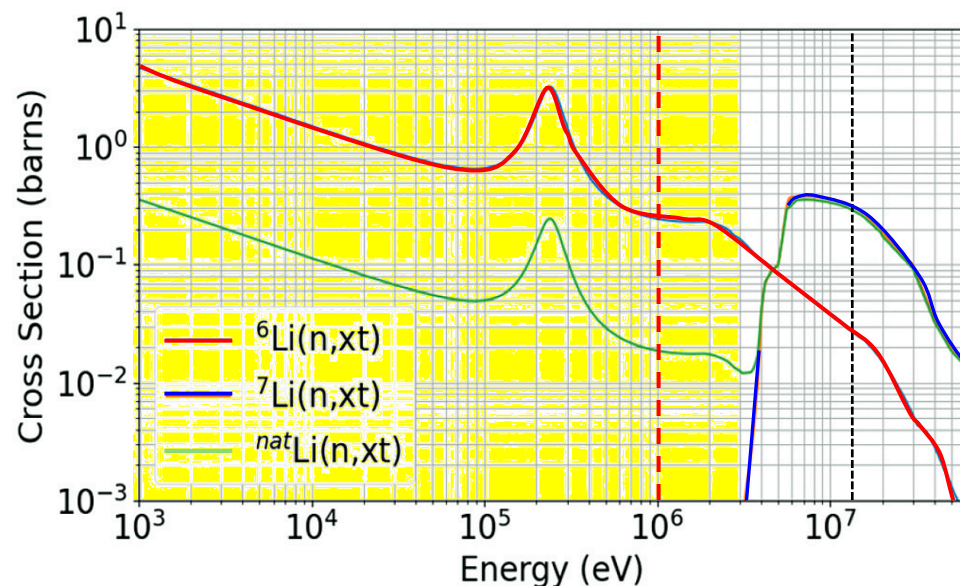
1.05, 1.54, 1.85, 2.25, 2.67, 3.67, 4.42 MeV

Реакция ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ является одной из важнейших ядерных реакций по следующим причинам:

Во-первых, это ядерная реакция производства трития, а тритий является ключевым материалом ($T_{1/2} = 12,4$ г.) для производства энергии термоядерного синтеза.

Во-вторых, реакция ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ широко используется в нейтронной спектromетрии и калибровке детекторов, поскольку ее Q-значение высокое, 4,785 МэВ, а сечения были приняты в качестве стандартов от 0,0253 эВ до 1,0 МэВ.

В-третьих, единственными реакциями, вызванными нейтронами, на ${}^6\text{Li}$ ниже 1 МэВ являются реакции (n, el) , (n, γ) и (n, t) . Поэтому ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ является одним из лучших вариантов для экспериментального и теоретического изучения ядерных реакций с легкими ядрами



Измерение дифференциальных сечений и угловых интегральных сечений реакции ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ от 1,0 эВ до 3,0 МэВ на “белом” источнике нейтронов CSNS Back-n

Allan D. Carlson

Presented at

The IAEA Consultancy (Virtual) Meeting on Neutron Data Standards

Oct 12-16, 2020

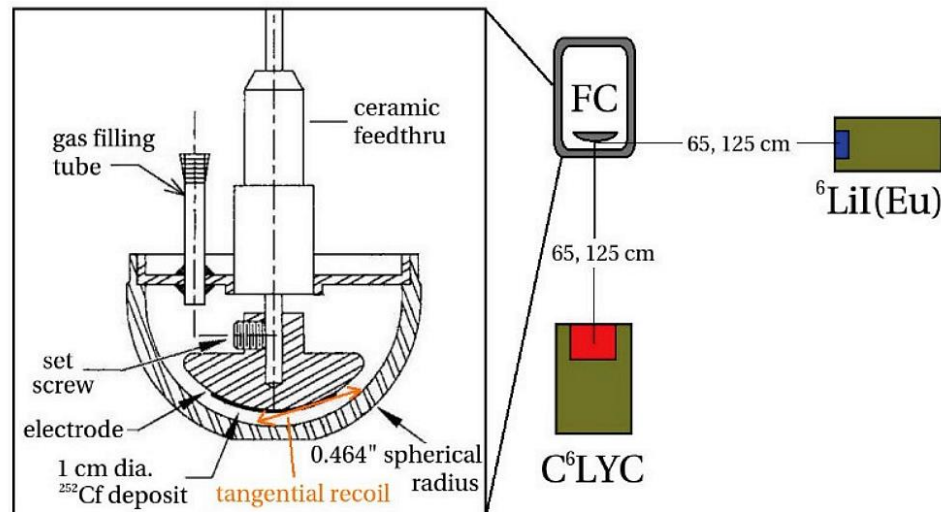
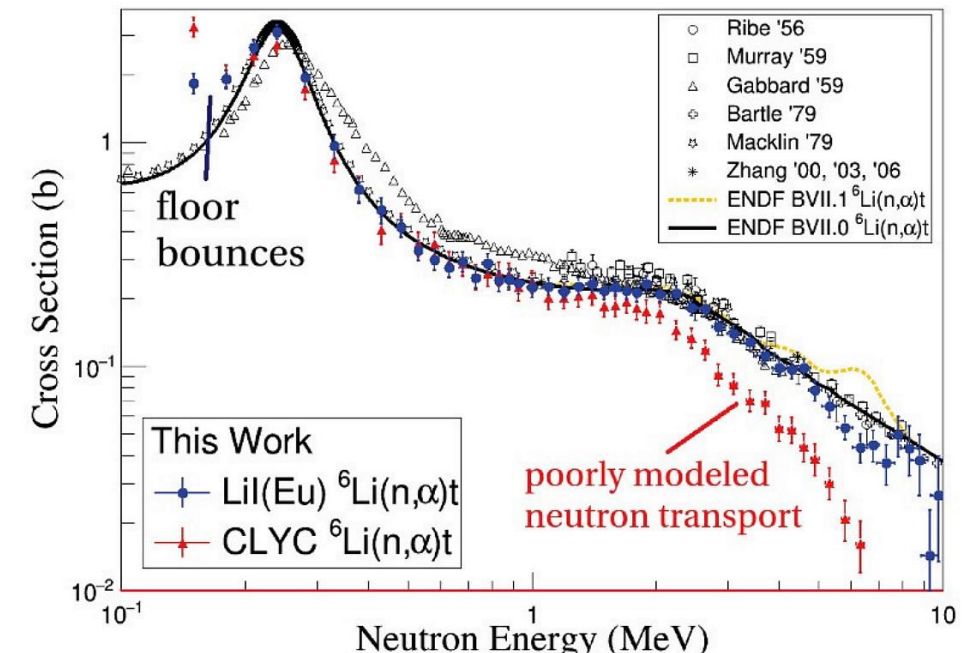


Figure 1: Experimental setup and schematic of the fission chamber. Back-to-back fission fragments cannot both recoil into the electrode due to its hemispherical shape.

- A novel new experiment for obtaining absolute measurements of the ${}^6\text{Li}(n,t)$ cross section was performed at LANL by Kirsch et al. for energies from 245 keV to 10 MeV.
- The neutron source is a ${}^{252}\text{Cf}$ deposit in a fission chamber producing nubar neutrons per fission
- Neutrons were detected in 2 detectors containing ${}^6\text{Li}$. The detectors were also the targets.
 - Corrections were made for scattering in the detectors
- The results agree well with the standards evaluation but their uncertainties are large, about 10%



Recent Standards Work Allan D. Carlson, NIST Associate

Измерения ${}^6\text{Li}(n,t)$ Баем и др. были выполнены измерения, которые простираются от 1 эВ до 3 МэВ с 80 энергетическими группами и измерениями углового распределения в каждой энергетической группе для 15 углов между 19,2 и 160,8 градуса. Эти данные были нормализованы к текущему стандарту в интервале от 0,1 до 0,4 МэВ.

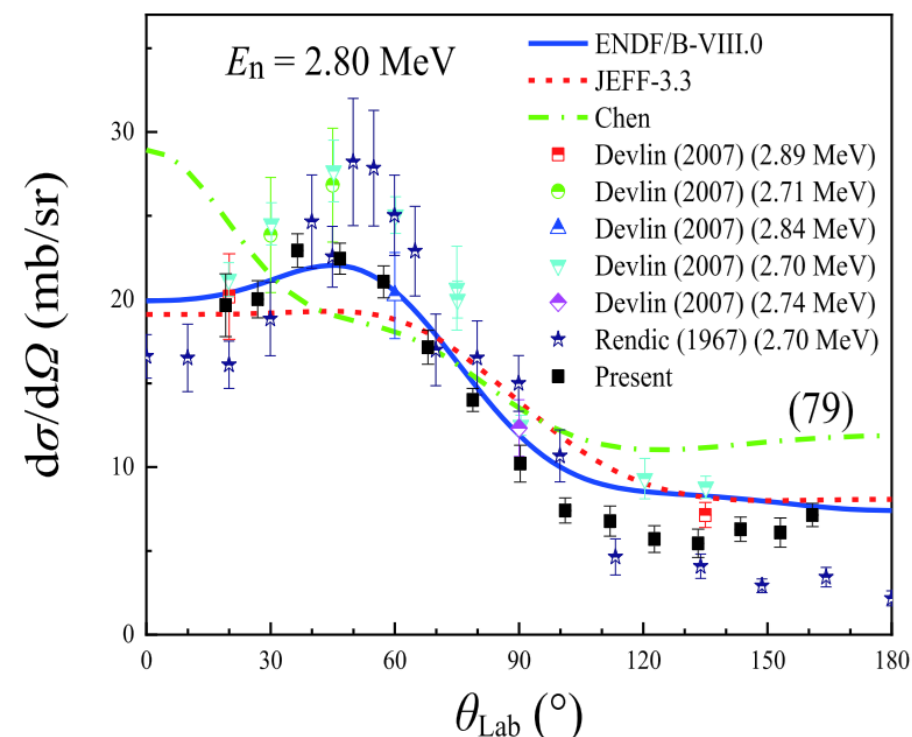
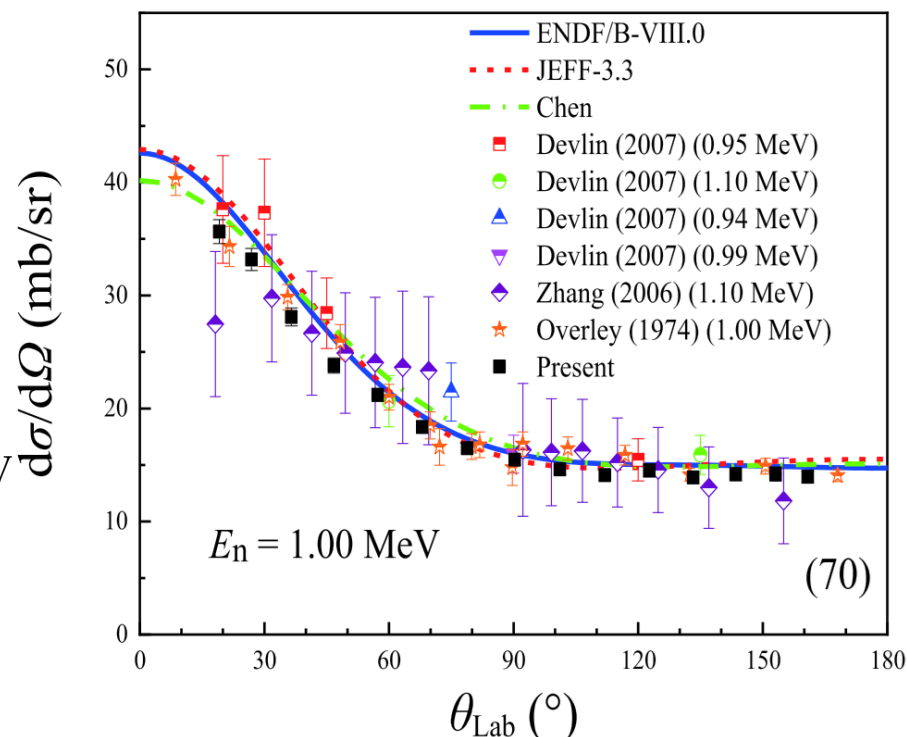
В целом, эти данные могут быть наиболее полным и качественным набором относительных дифференциальных сечений для реакции ${}^6\text{Li}(n,t)$, которая в настоящее время существует при энергиях ниже 3 МэВ.

Важно расширить энергетический диапазон этого стандарта до значений выше 1 МэВ, текущего предела этого стандарта. Это позволило бы удобно перекрыться со стандартом $\text{H}(n,n)$.

Huaiyong Bai et al, Chinese Phys. C 44, 014003, 2020

Реакция E_n - диапазон

${}^1\text{H}(n,n)$	1 keV – 20 MeV
${}^3\text{He}(n,p)$	0.0253 eV – 50 keV
${}^6\text{Li}(n,t)$	0.0253 eV – 1 MeV
${}^{10}\text{B}(n,\alpha)$	0.0253 eV – 1 MeV
${}^{10}\text{B}(n,\alpha_1\gamma)$	0.0253 eV – 1 MeV
${}^{12}\text{C}(n,n)$	10 eV – 1.8 MeV
${}^{97}\text{Au}(n,\gamma)$	0.0253 eV, 0.2 – 2.5 MeV
${}^{235}\text{U}(n,f)$	0.0253 eV, 7.8 – 11 eV, 0.15 – 200 MeV
${}^{238}\text{U}(n,f)$	2 – 200 MeV



Литий: Белое Золото 21 века



Состояние и планы по оценке стандартов легких элементов в LANL

Status of and Plans for Light-Element Standards Evaluations at LANL

G. Hale, M. Paris, and H. Sasaki

TM on Neutron Data Standards 2025
IAEA, Vienna, Austria

2025 January 28

LA-UR-25-20810

- **n-p (N-N system) scattering up to 100 MeV**
- **n+³He (⁴He system) cross sections up to 20 MeV**
- **n+⁶Li (⁷Li system) cross sections up to 8 MeV**
- **n+¹⁰B (¹¹B system) cross sections up to 1 MeV**
– work just started with Ian Thompson (LLNL)
- **n+¹²C (¹³C system) scattering up to 16 MeV**

Status of and Plans for Light-Element Standards Evaluations at LANL

G. Hale, M. Paris, and H. Sasaki

TM on Neutron Data Standards 2025
IAEA, Vienna, Austria

2025 January 28

2025

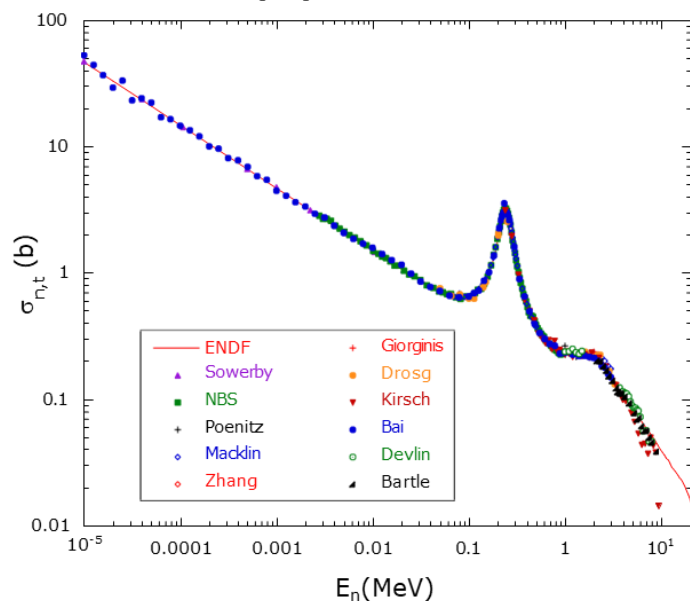
^6Li
Stable
6.01512
NA: 7.8%

^7Li
Stable
7.01600
NA: 92.2%

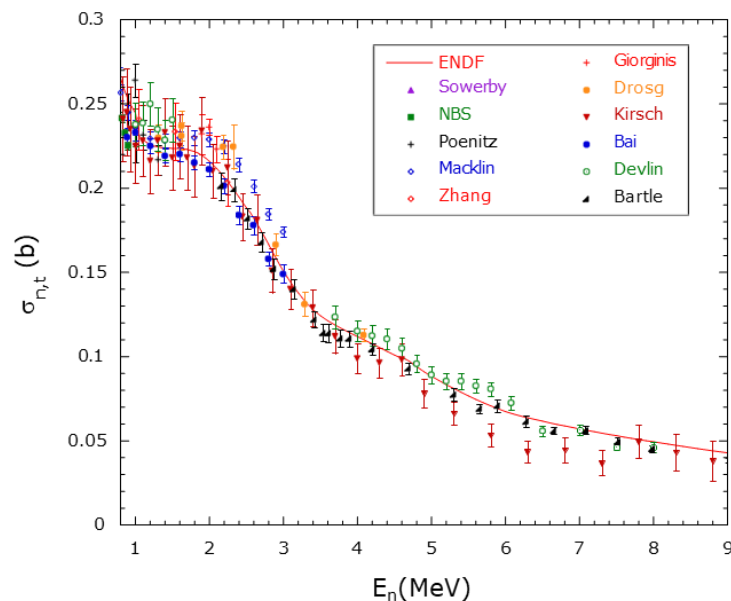
- n-p (N-N system) scattering up to 100 MeV
- n+ ^3He (^4He system) cross sections up to 20 MeV
- n+ ^6Li (^7Li system) cross sections up to 8 MeV
- n+ ^{10}B (^{11}B system) cross sections up to 1 MeV
– work just started with Ian Thompson (LLNL)
- n+ ^{12}C (^{13}C system) scattering up to 16 MeV



$^6\text{Li}(n,t)^4\text{He}$ Cross Section



$^6\text{Li}(n,t)^4\text{He}$ Cross Section



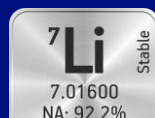
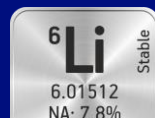
Status of and Plans for Light-Element Standards Evaluations at LANL

G. Hale, M. Paris, and H. Sasaki

TM on Neutron Data Standards 2025
IAEA, Vienna, Austria

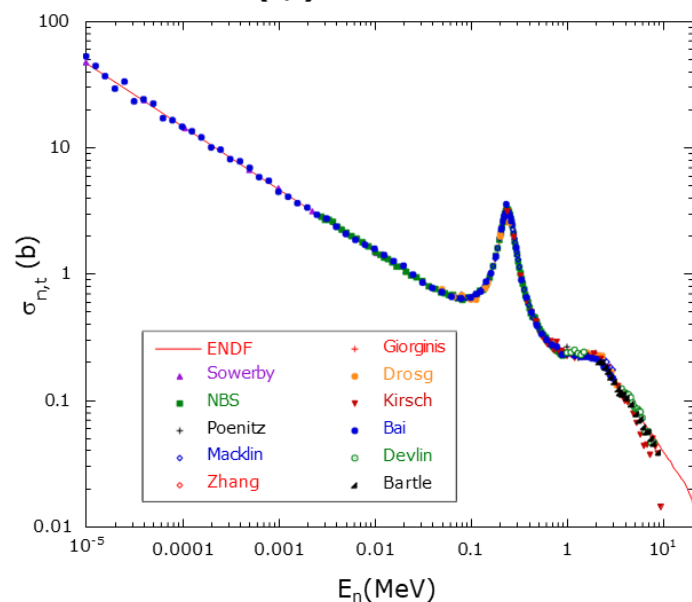
2025 January 28

2025

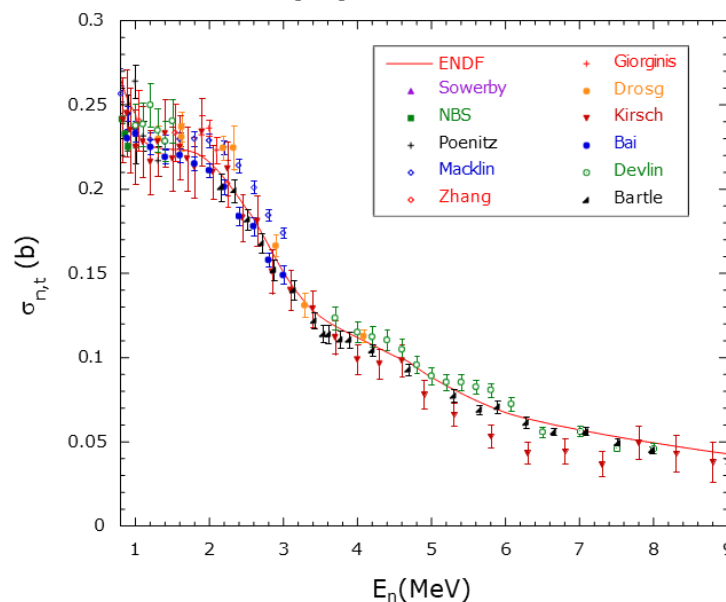


- n-p (N-N system) scattering up to 100 MeV
- n+³He (⁴He system) cross sections up to 20 MeV
- n+⁶Li (⁷Li system) cross sections up to 8 MeV
- n+¹⁰B (¹¹B system) cross sections up to 1 MeV – work just started with Ian Thompson (LLNL)
- n+¹²C (¹³C system) scattering up to 16 MeV

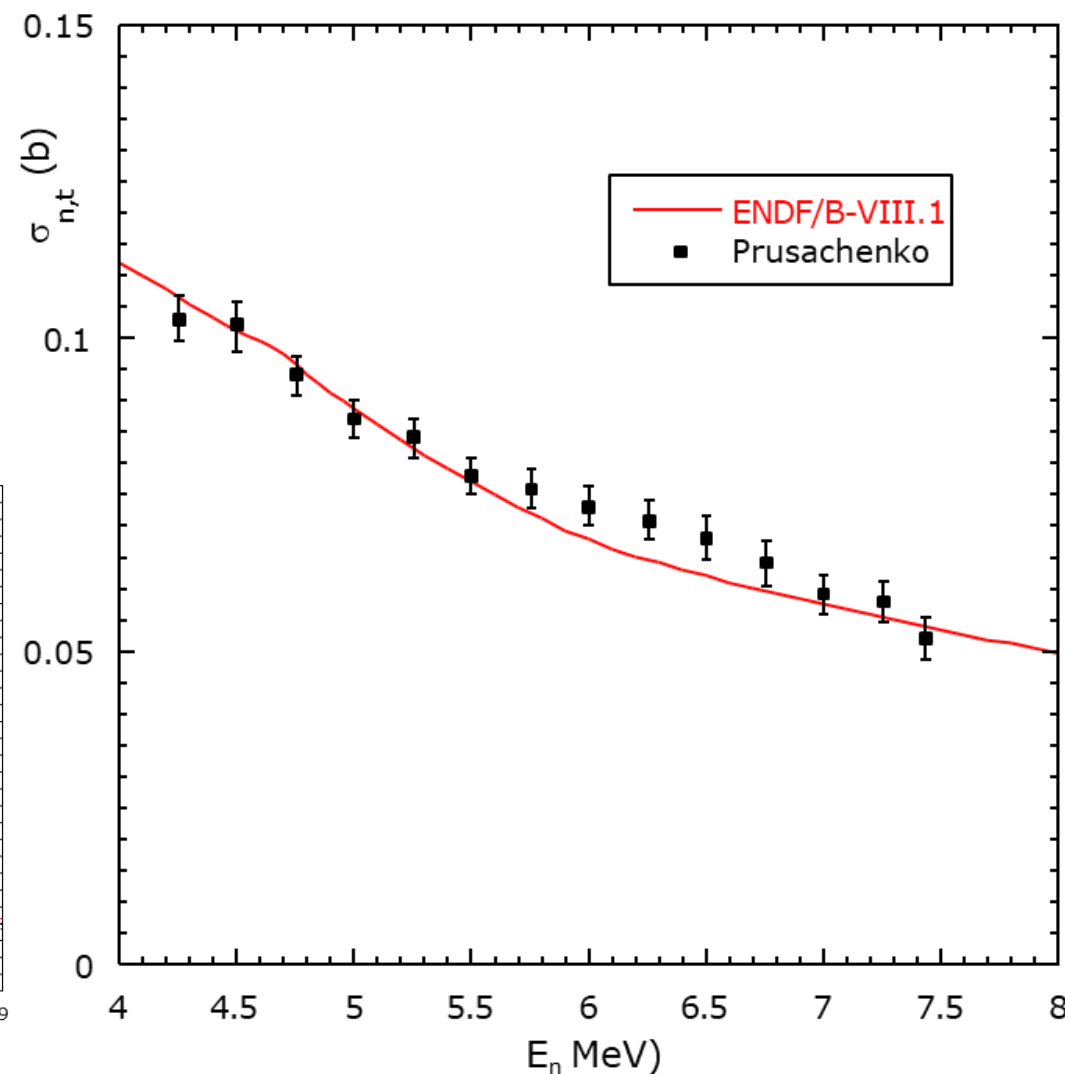
⁶Li(n,t)⁴He Cross Section



⁶Li(n,t)⁴He Cross Section



⁶Li(n,t)⁴He Cross Section

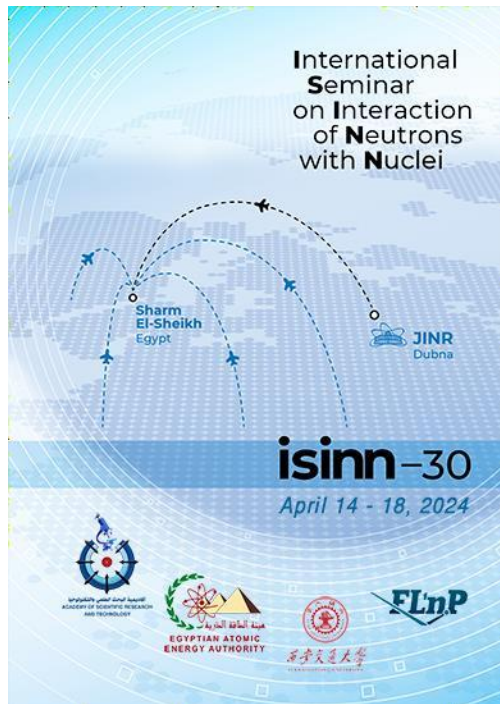


The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV

P.S. Prusachenko^{1}, T.L. Bobrovskiy²*

1 — Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research
2 — Leypunsky named Institute for Physics and Power Engineering

*email: prusachenko@jinr.ru

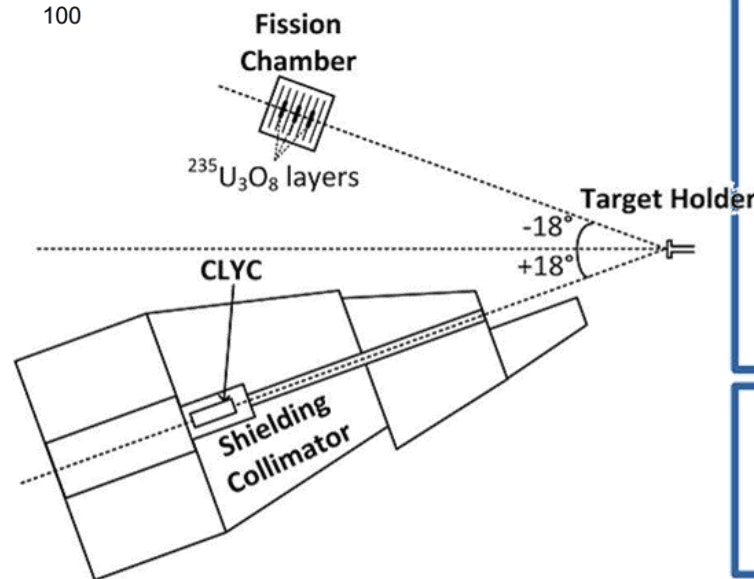
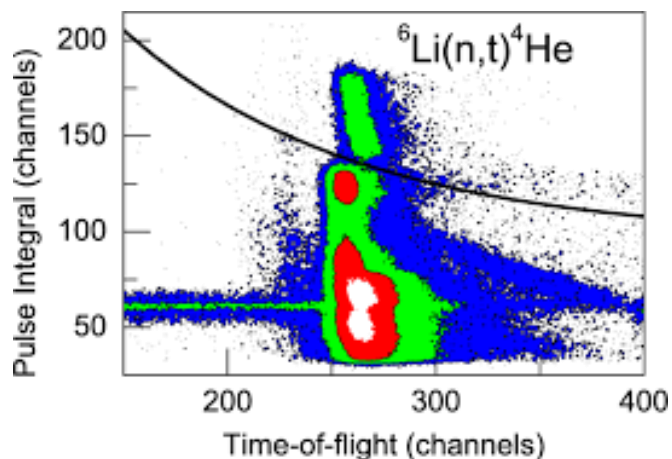
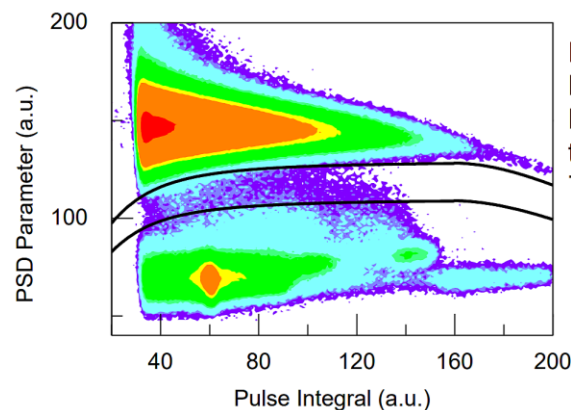
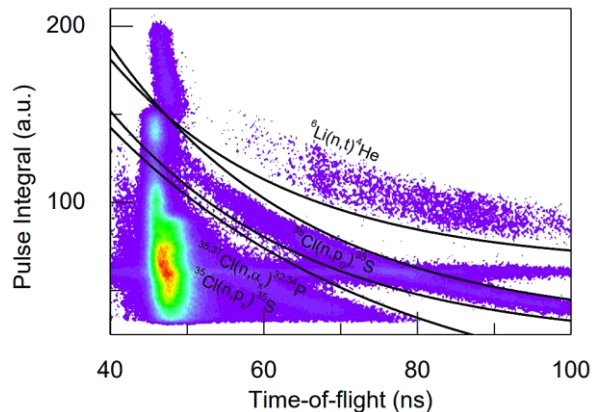


The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV

P.S. Prusachenko^{1*}, T.L. Bobrovskiy²

1 — Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research
2 — Leypunsky named Institute for Physics and Power Engineering

*email: prusachenko@jinr.ru



- Использовался кристалл CLYC
- γ -фон был отброшен дискриминацией формы импульса - Квази-моно-энергетический источник нейтронов в сочетании с методом времени пролета для избежания эффекта сдвига временной метки и фоновых нейтронов
- Сечение деления ${}^{235}\text{U}$ для нормализации данных

Experimental setup

Geometry and accelerator:

- An axially symmetrical geometry of detectors
- 3MV Tandem accelerator
- Target — TiD_2 ($\sim 1 \text{ mg/cm}^2$) on copper backing
- Neutron energy range from 4.25 to 7.40
- Pulsed deuteron beam

CLYC:

- Crystal size of 38x20 mm
- ${}^6\text{Li}$ enrichment of 95%
- Flight path $186.3 \pm 0.5 \text{ cm}$
- Cadmium case ($\sim 0.5 \text{ mm}$)
- Inside the shielding collimator

Fission chamber:

- 4 double side layers of ${}^{235}\text{U}_3\text{O}_8$
- Total number of ${}^{235}\text{U}$ atoms is $56 \pm 1 \cdot 10^{18}$
- Efficiency is 0.91 ± 0.01
- Flight path $46.5 \pm 0.5 \text{ cm}$
- Cadmium case ($\sim 0.5 \text{ mm}$)

Acquisition system:

- Waveform digitizer
- Sampling rate of 500 MS/s, ADC resolution of 14 bit

The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV

Regular Article – Experimental Physics | Published: 23 January 2024

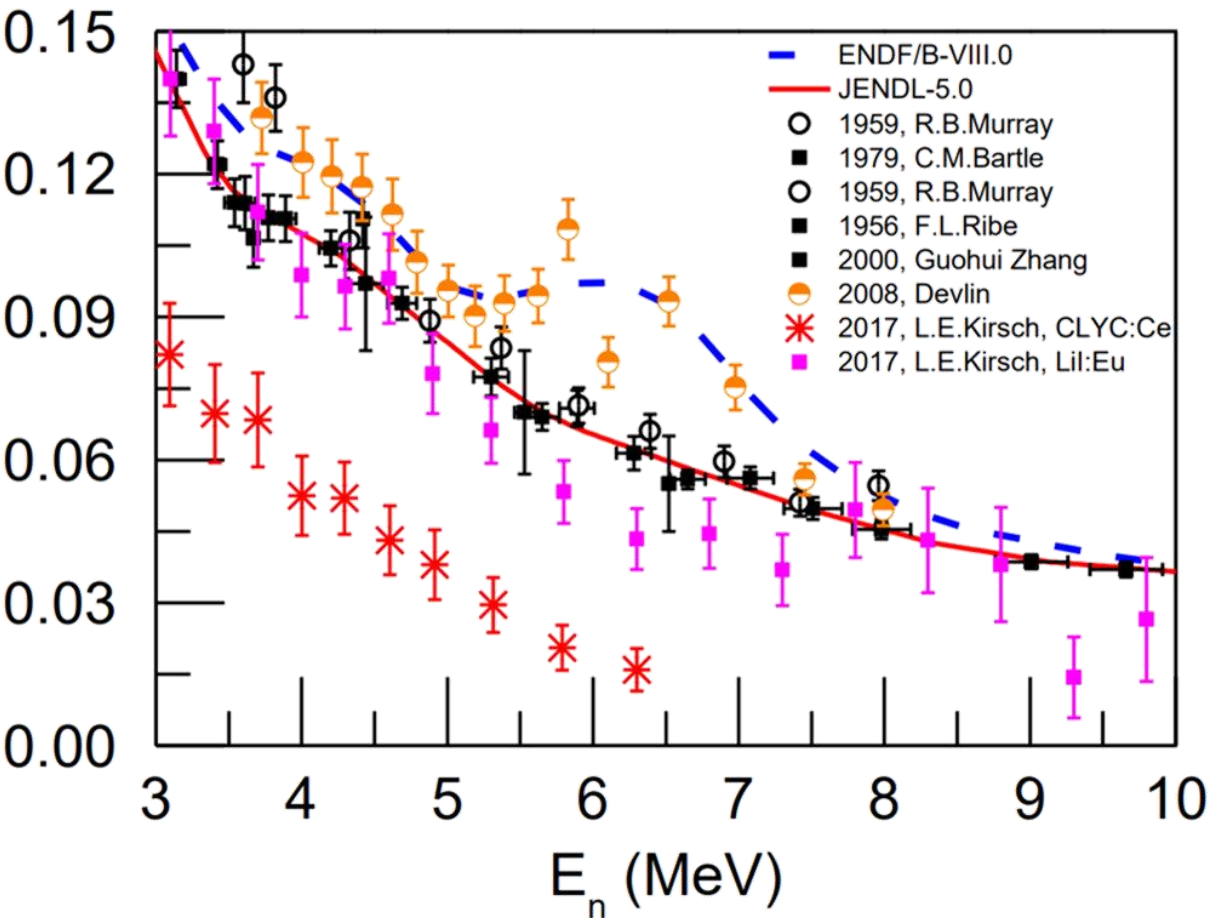
2024



Prusachenko, P.S., Bobrovskiy, T.L. The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV. Eur. Phys. J. A 60, 12 (2024).

The European Physical Journal A

$\sigma(\text{barns})$



Измерение **полного сечения** реакции ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ проводилось в диапазоне энергий **4.25–7.50 МэВ** **методом времени пролета** **относительно сечения деления ${}^{235}\text{U}$** .

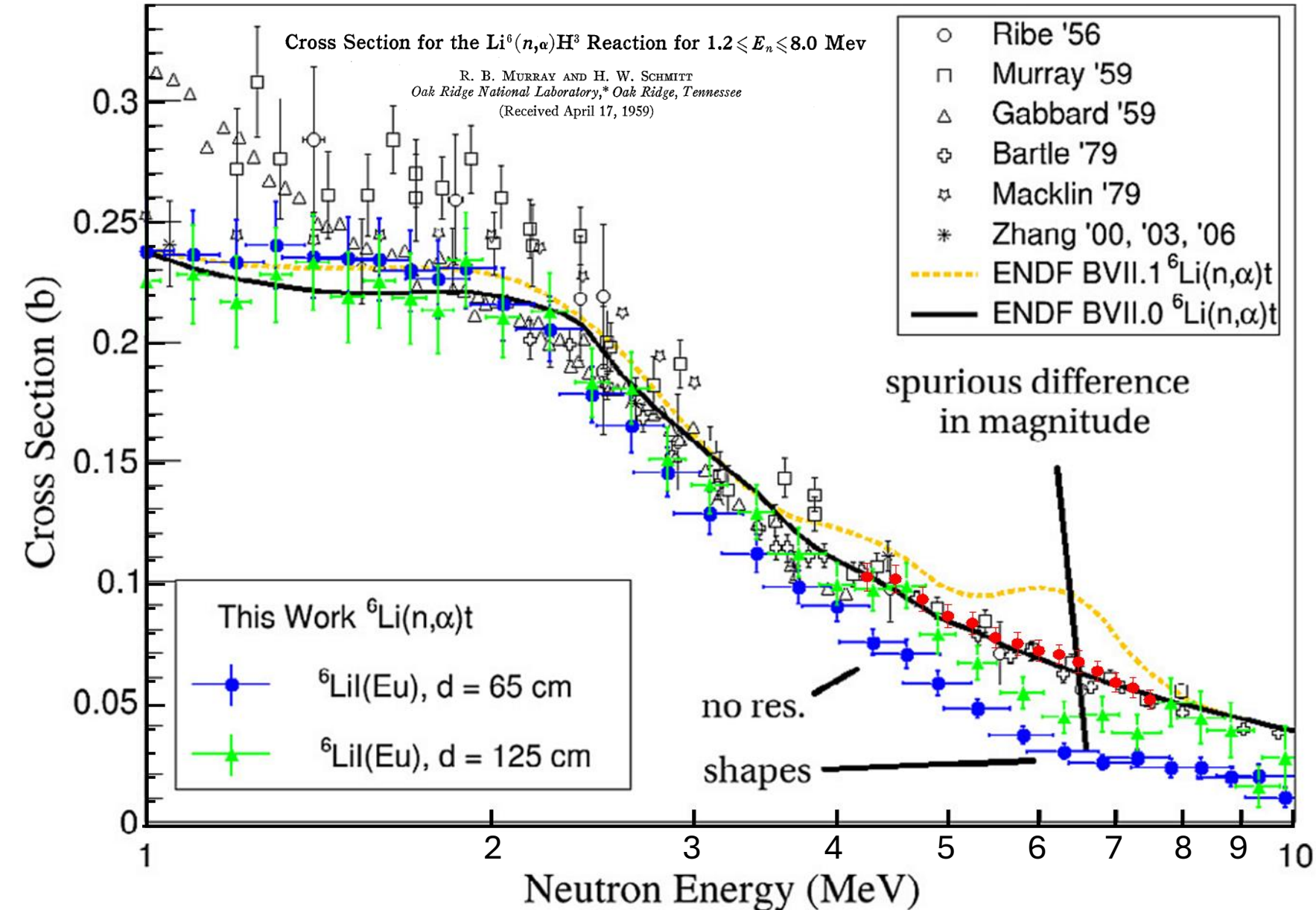
В качестве литийсодержащей **мишени** использовался сцинтилляционный детектор на основе CLYC.

Сцинтилляционный детектор размещался в аксиально-симметричной геометрии относительно **мониторной камеры деления, содержащей слой ${}^{235}\text{U}$** .

В качестве источника нейтронов **использовался импульсный квази-моно-энергетический пучок нейтронов** из реакции ${}^2\text{H}(d, n){}^3\text{He}$. Общая систематическая неопределенность эксперимента составила **4,6–6,7%** при статистической неопределенности **2,0–3,7%**. **Полученные данные не подтверждают оцененное сечение реакции ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ из библиотеки ENDF-B/VIII.0.** В то же время **средняя разница между оцененным сечением из библиотеки JENDL-5.0 и экспериментальными данными, полученными в данной работе, также превышает суммарную систематическую неопределенность измерений.**



Prusachenko, P.S., Bobrovskiy, T.L. The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV. Eur. Phys. J. A 60, 12 (2024).



Prusachenko, P.S., Bobrovskiy, T.L. The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV. Eur. Phys. J. A 60, 12 (2024).

Leo E. Kirsch, M. Devlin, S.M. Mosby, J.A. Gomez, A new measurement of the ${}^6\text{Li}(n, \alpha)t$ cross section at MeV energies using a ${}^{252}\text{Cf}$ fission chamber and ${}^6\text{Li}$ scintillators, NIM A 874, 57-65 (2017)



Состояние и планы по оценке стандартов легких элементов в LANL

Status of and Plans for Light-Element Standards Evaluations at LANL

G. Hale, M. Paris, and H. Sasaki

TM on Neutron Data Standards 2025
IAEA, Vienna, Austria

2025 January 28

LA-UR-25-20810

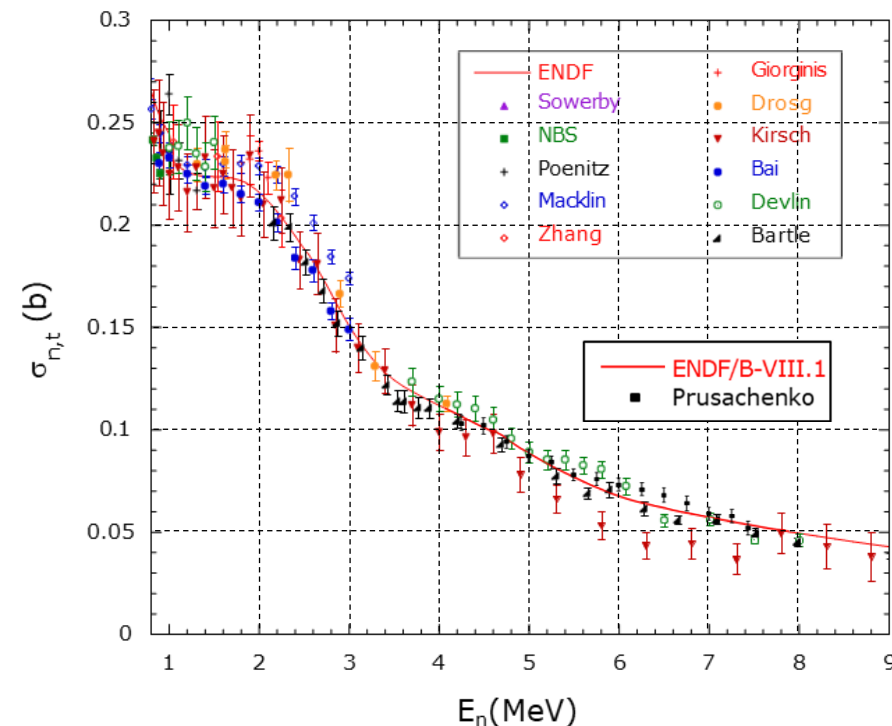
2025

 Managed by Triad National Security, LLC, for the U.S. Department of Energy's NNSA

1/29/25 1

- n-p (N-N system) scattering up to 100 MeV
- n+³He (⁴He system) cross sections up to 20 MeV
- n+⁶Li (⁷Li system) cross sections up to 8 MeV
- n+¹⁰B (¹¹B system) cross sections up to 1 MeV – work just started with Ian Thompson (LLNL)
- n+¹²C (¹³C system) scattering up to 16 MeV

⁶Li(n,t)⁴He Cross Section



- Add new data to the ⁷Li analysis, and possibly extend its energy to 10 MeV.

- Decide on the best approach to extend the N-N analysis to 250 MeV.
- A lot of work needs to be done on the ¹¹B analysis, with help from Ian Thompson.
- Add new GALINA data to the ¹³C analysis, and assess its suitability for a new evaluation of the n+C standard below 2 MeV. No new work is planned for n+¹³C (¹⁴C system).
- Implement a new approximate method for taking into account the width of an excited-state channel in R-matrix analyses.

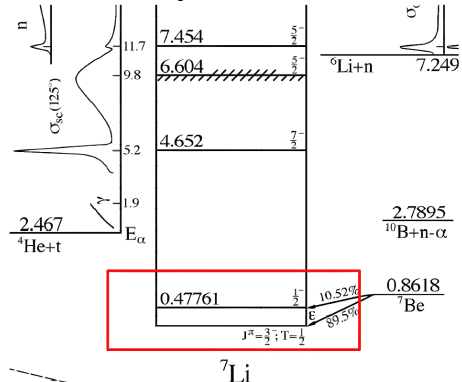
Литий: Белое Золото 21 века

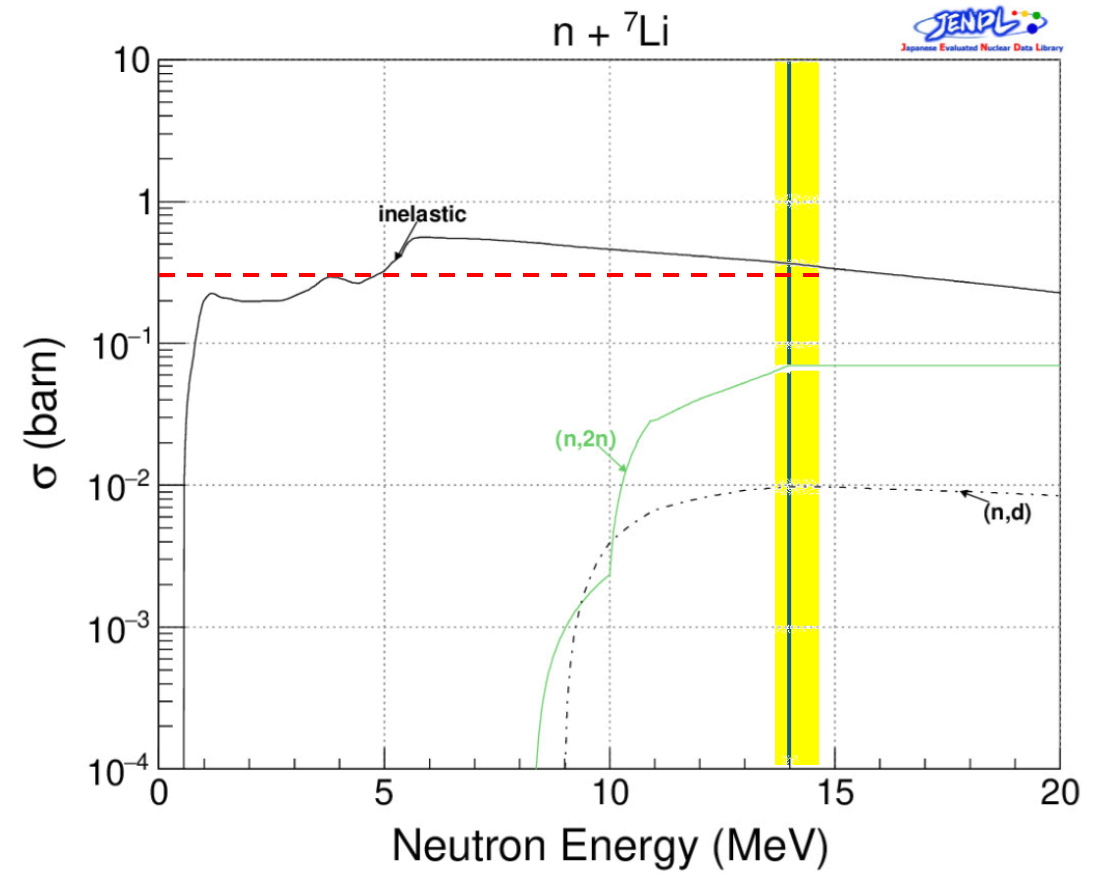
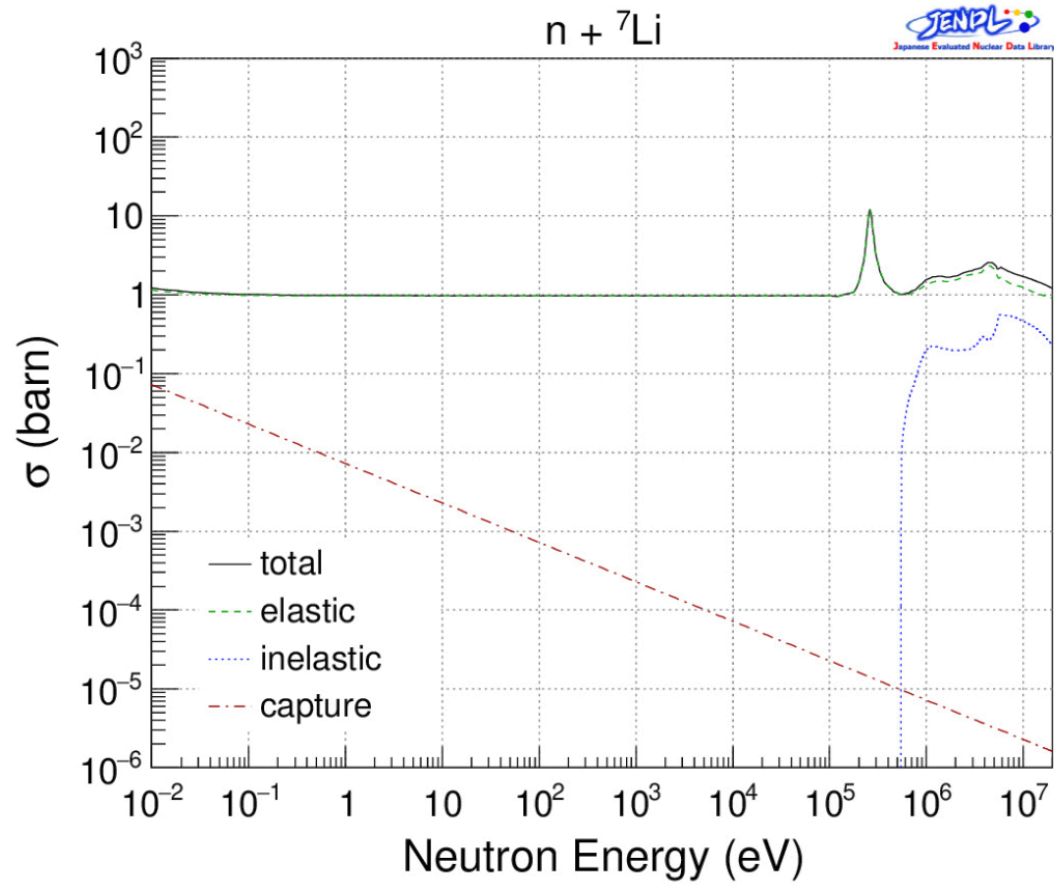
${}^7\text{Li}$



Table 3. Compilation of measured and corrected discrete photon production cross sections (Comments: (s) - these data were skipped during the calculation of the averaged cross-section; * - these data are preliminary and could be still corrected by the authors).

E _γ , keV	Reaction	Transition U _i (I _i ^π)→U _f (I _f ^π), Speed	E, MeV	Angle, Degree	Sample Mat:Size (mm), At/MS	Detect.	σ, mb	Author	Publ Year	Correction			Corrected σ mb
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Abs	Ang	Δσ, mb	14
3-Lithium-6													
3562	⁶ Li(n,n') ⁶ Li	3562(3 ⁺)→0(1 ⁻), p	14	0-180	⁶ Li:Ø70×Ø??, +/-	Nal(Tl)	1.4±0.5	Bezotosny	1976	1.0	1.0	-0.11	1.29±0.46
3-Lithium-7													
478	⁷ Li(n,n') ⁷ Li	478(1/2 ⁻)→0(3/2 ⁻), p	14	0-180	⁷ Li:Ø70×Ø??, +/-	Nal(Tl)	20±3	Bezotosny	1976	1.0	1.0	-2.8	(s) 17.2±2.6
			14.8	90	⁷ Li:Ø?×?, +/+	Nal(Tl)	97±7	Western	1965	1.0	1.12	1.7	110.3±7.8
			13.6	150	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	108±12	Benveniste	1962	1.0		-5.0	
			13.7	140	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	86±10	Benveniste	1962	1.0		-4.4	
			13.7	130	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	86±10	Benveniste	1962	1.0		-4.4	
			13.8	120	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	87±10	Benveniste	1962	1.0		-3.9	
			14.0	110	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	82±10	Benveniste	1962	1.0		-2.8	
			14.1	100	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	77±9	Benveniste	1962	1.0		-2.2	85.5±10
			14.2	90	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	75±9	Benveniste	1962	1.0		-1.7	
			14.3	80	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	78±9	Benveniste	1962	1.0		-1.1	
			14.4	70	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	91±10	Benveniste	1962	1.0		-0.6	
			14.6	50	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	99±11	Benveniste	1962	1.0		+0.6	
			14.7	40	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	80±9	Benveniste	1962	1.0		+1.1	
			14.8	30	LiH:Ø360×Ø300×40, +/+	Nal(Tl)	115±13	Benveniste	1962	1.0		+1.7	
4-Beryllium-9 (100%)													
478	⁹ Be(n,t) ⁷ Li	478(1/2 ⁻)→0(3/2 ⁻), p	14	0-180	Ø60×Ø20, +/-	Nal(Tl)	2±.5	Bezotosny	1976	1.0	1.0	+1.0	3±0.5
			14.2	90	Ø44×6, Ø31×Ø25×32, +/+	Nal(Tl)	8.8±2.5	Drake	1978	1.0	?	+0.6	9.4±2.5





MT	Reaction	0.0253-eV	Maxwellian Average	g-factor	Resonance Integral	14-MeV	Fis. Spec. Average
1	(n,total)	1.089 (b)	1.221 (b)	1.121	—	1.471 (b)	1.845 (b)
2	(n,elastic)	1.042 (b)	1.174 (b)	1.127	—	1.025 (b)	1.660 (b)
4	(n,inelastic)	(E-threshold = 546.3 keV)				365.1 (mb)	184.7 (mb)
16	(n,2n)	(E-threshold = 8.300 MeV)				70.09 (mb)	38.53 (μb)
102	(n, γ)	45.40 (mb)	45.43 (mb)	1.001	20.44 (mb)	1.932 (μb)	6.909 (μb)
104	(n,d)	(E-threshold = 8.868 MeV)				9.763 (mb)	10.98 (μb)

⁷Li(n,n'γ)



Gamma rays from the interaction of 14-MeV neutrons with lithium

I Benveniste, A.C Mitchell, C.D Schrader, J.H Zenger

$\sigma_{n,n'}(477\text{keV})$
 $= \sigma_{nx} - \sigma_{n,nt} - \sigma_{n,2n}$

Table 7.2: Energy levels of ⁷Li

Энергетические уровни ⁷Li

E_x (MeV ± keV)	$J^\pi; T$	τ_m or Γ_{cm} (keV)	Decay	Reactions
g.s.	$\frac{3}{2}^-; \frac{1}{2}$		stable	1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 57
0.477612 ± 0.003	$\frac{1}{2}^-; \frac{1}{2}$	$\tau_m = 105 \pm 3 \text{ fsec}^a$	γ	1, 5, 6, 7, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 30, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 57
4.652 ^b	$\frac{7}{2}^-; \frac{1}{2}$	Γ = 69 keV ^b	t, α	4, 5, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 39, 40, 42, 47, 51
6.604 ^b	$\frac{5}{2}^-; \frac{1}{2}$	918 ^b	t, α	4, 12, 17, 18, 19, 23, 40, 47, 55
7.454 ^b	$\frac{5}{2}^-; \frac{1}{2}$	80 ^b	n, t, α	3, 4, 8, 9, 10, 12, 17, 18, 19, 20, 23, 37, 39, 40, 47
8.75 ^b	$\frac{3}{2}^-; \frac{1}{2}$	4712 ^b	n, α	8, 37
9.09 ^b	$\frac{1}{2}^-; \frac{1}{2}^b$	2752 ^b	n, t, α	4, 8, 10
9.57 ^b	$\frac{7}{2}^-; \frac{1}{2}$	437 ^b	n, t, α	3, 4, 12, 18, 20, 23, 40
11.24 ± 30	$\frac{3}{2}^-; \frac{3}{2}$	260 ± 35	n, p	8, 9, 39
13.7		≈ 500	n	15
14.7 ^c		≈ 700	n	15

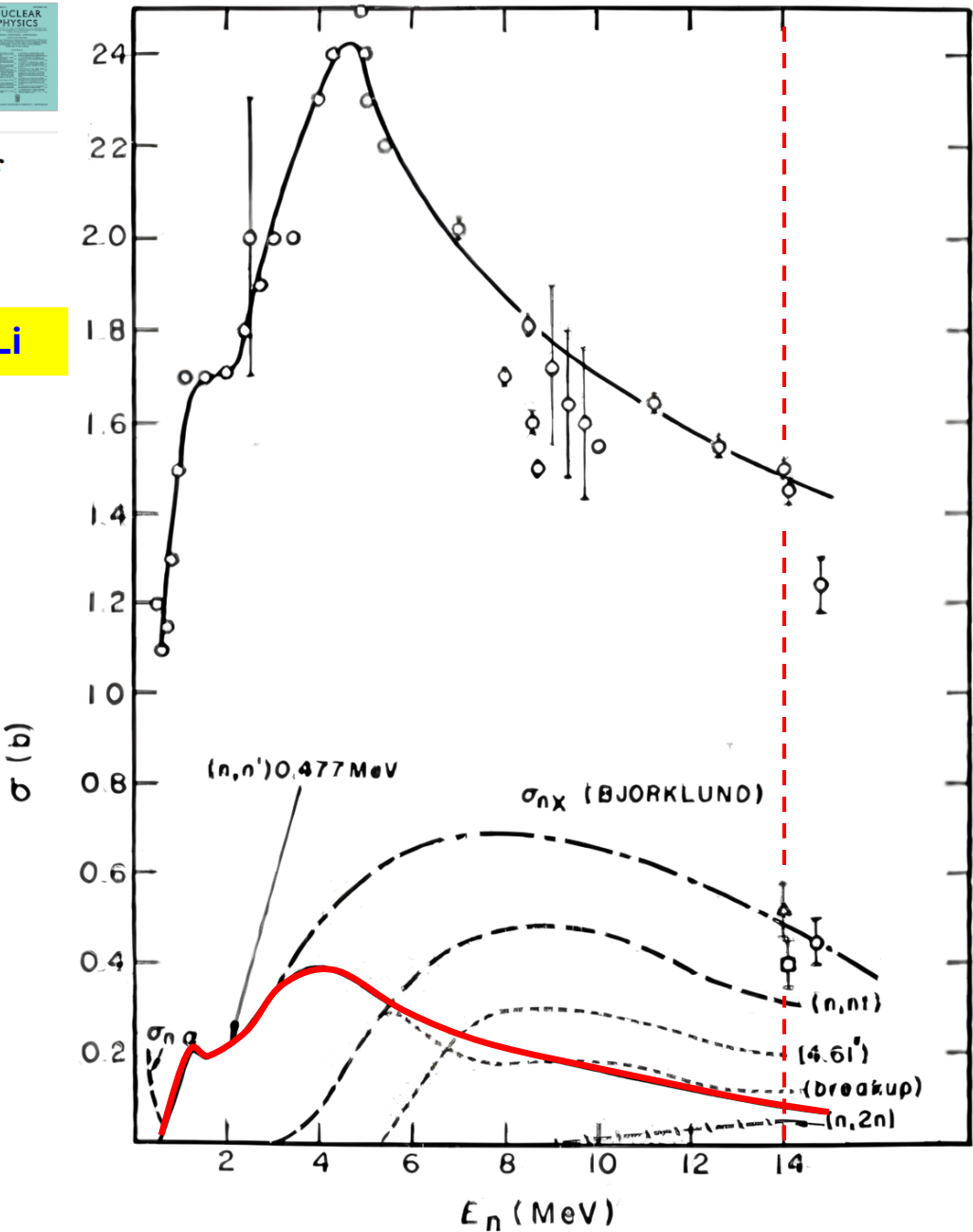


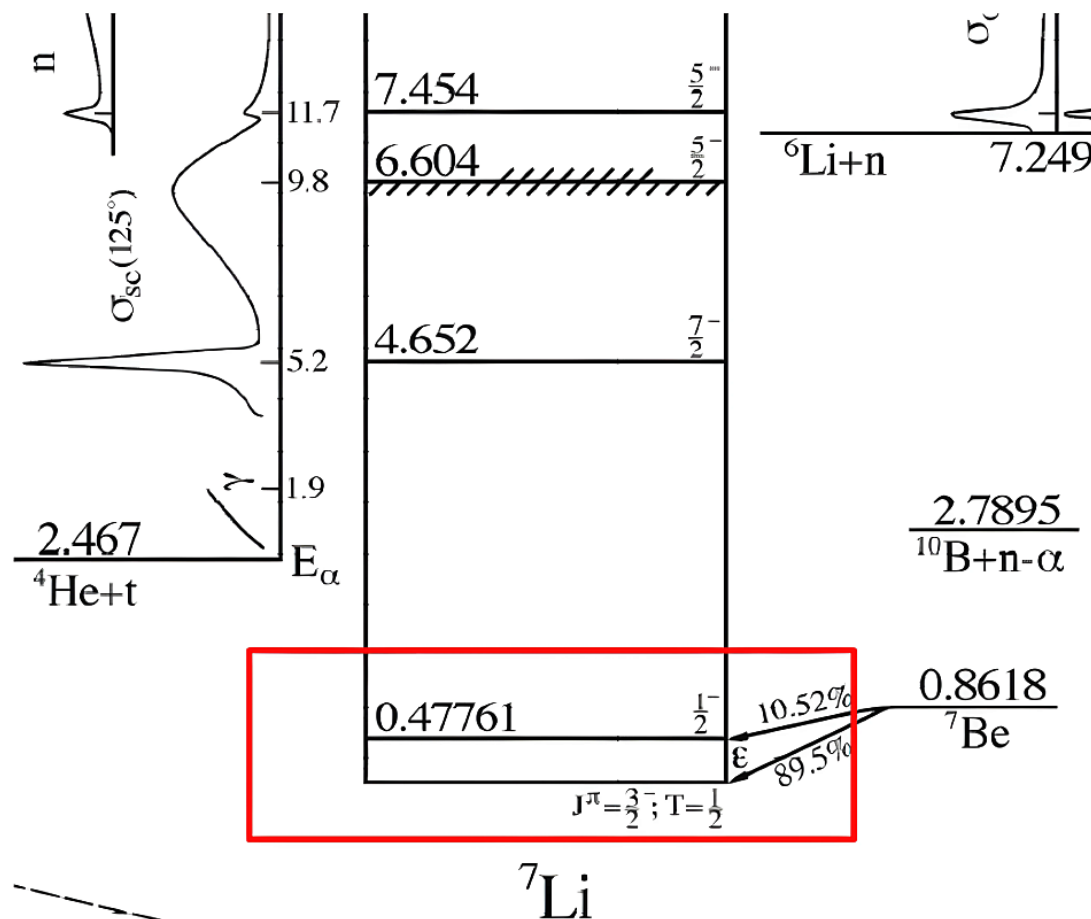
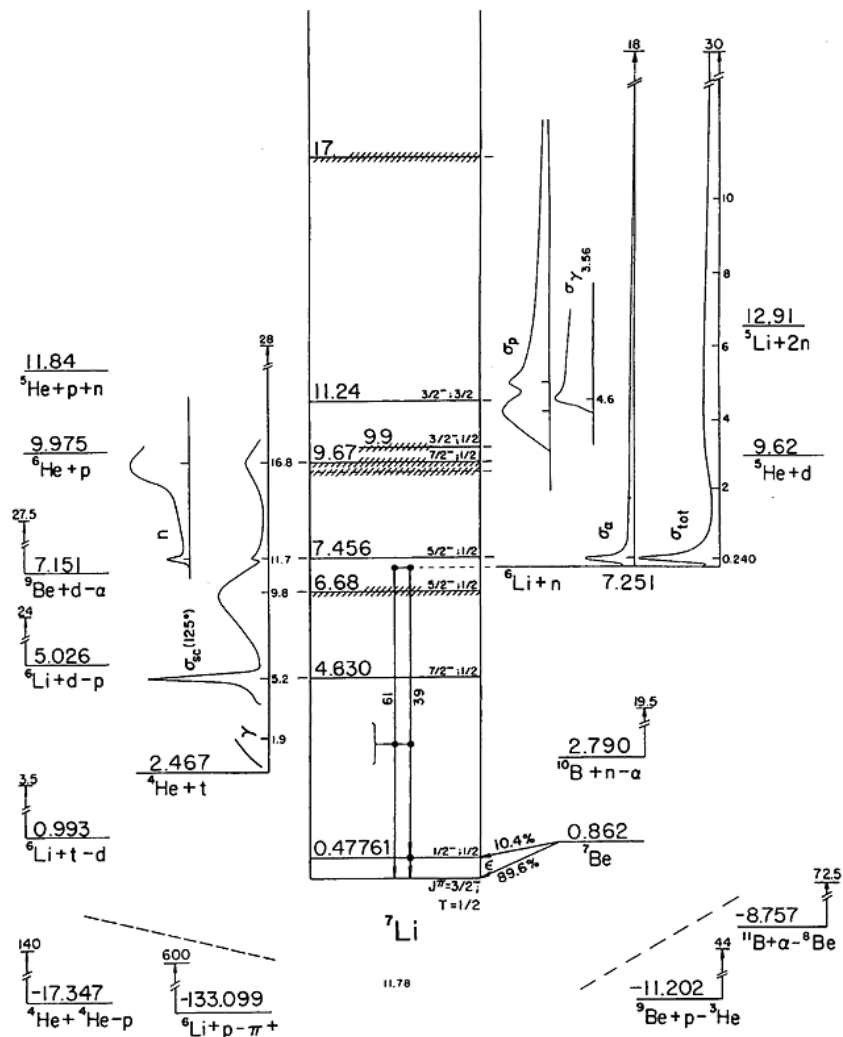
Fig. 2. Li⁷ cross sections.

Литий: Белое Золото 21 века

Данные по сечению

${}^7\text{Li}(n, n'\gamma)$

Cross section data



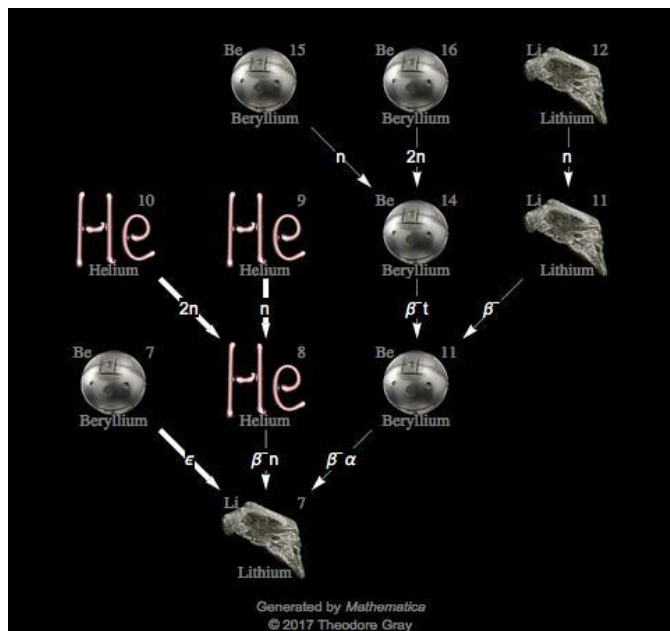
Уровни энергии ${}^7\text{Li}$ и 2 диссоциированных состояния

Литий: Белое Золото 21 века

Данные по сечению

${}^7\text{Li}(n,n'\gamma)$

Cross section data



Литий также легко доступен в виде оптических окон из фторида лития (**LiF**).

Фториды лития и бериллия представляют интерес в качестве охладителей для систем реакторов на расплавленных солях.

В реакторах синтеза дейтерия и трития топливный цикл требует воспроизводства трития из ${}^6\text{Li}$ и ${}^7\text{Li}$.

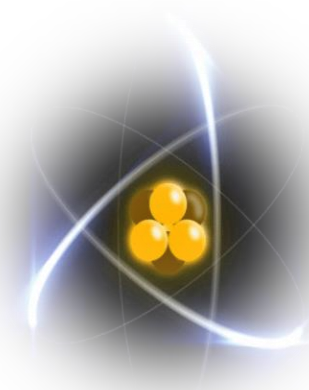
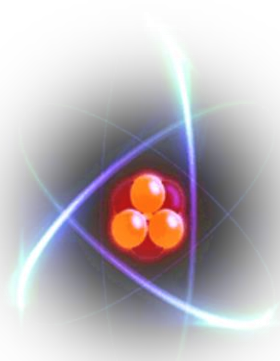
Взаимодействия между нейтронами и литием влияют на коэффициент воспроизводства трития, ядерный нагрев и радиационные повреждения.

Таким образом, необходимы качественные ядерные данные о реакциях ${}^6\text{Li}$ и ${}^7\text{Li}$, вызванных нейтронами и протонами.

Переход 477.6-кэВ (1/2- 3/2-g.s.) в ${}^7\text{Li}$ является одним из лучших кандидатов на эталонное поперечное сечение.

В пользу этого говорят несколько факторов:

- изотропное γ -излучение,
- незначительный внутренний коэффициент преобразования,
- низкая “неупругая” пороговая энергия (546 кэВ)
- довольно плавная энергетическая зависимость поперечного сечения.



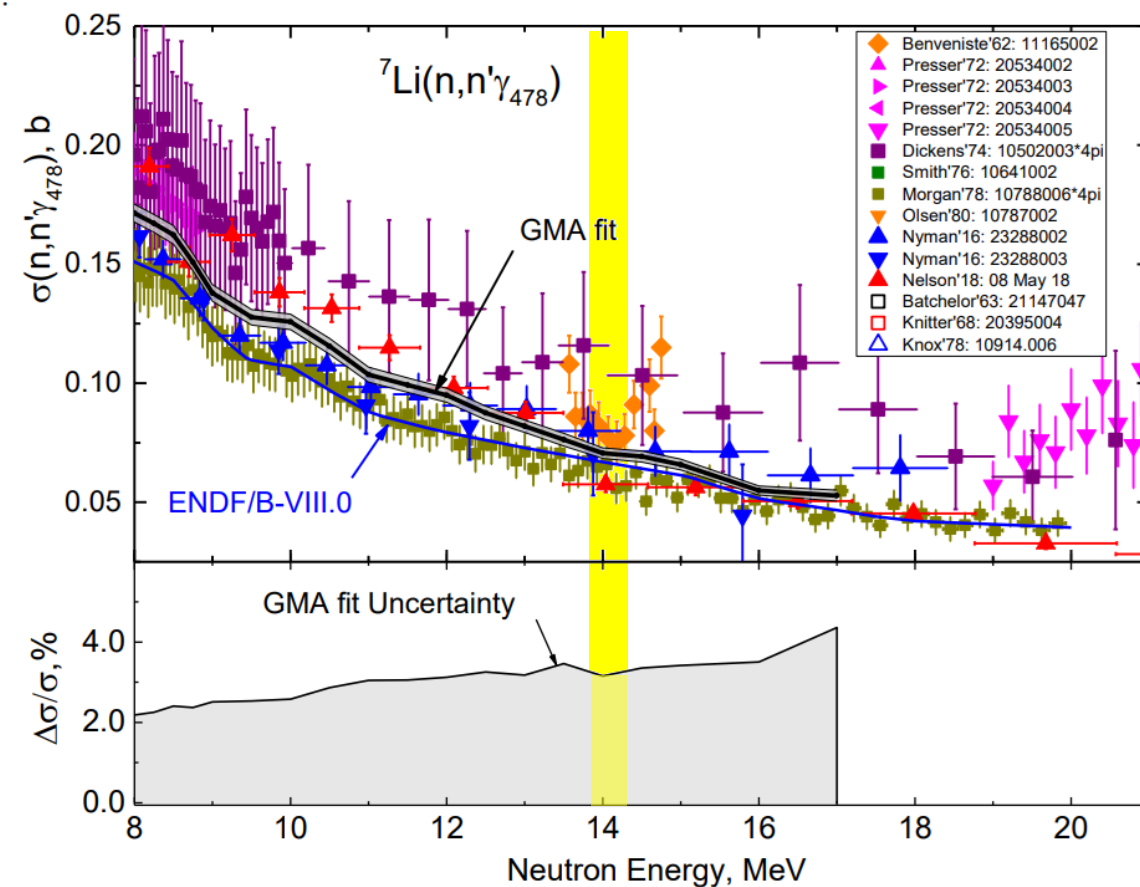
Данные по сечению

${}^7\text{Li}(n,n'\gamma)$

Cross section data

TABLE 2. EXPERIMENTS SELECTED FOR EVALUATION OF THE ${}^7\text{Li}(n,n'\gamma_{478 \text{ keV}})$ CROSS SECTION.

No.	Author, Year.	Type of Cross Section	Neutron Energies	Number of Points	Relative Weight
1	Benveniste, 1962	absolute	13.5 - 15.0 MeV	4	0.006
2	Western, 1965	absolute	14.5 MeV	1	0.006
3	Presser, 1972	absolute	0.95 – 5.0 MeV	42	0.004
			4.8 – 8.75 MeV	17	0.004
			5.0, 5.25 MeV	2	0.004
			19.0 – 20.0 MeV	4	0.002
4	Dickens, 1974	absolute	0.65 - 20 MeV	75	0.002
5	Smith, 1976	abs ratio	0.65 - 4.0 Me	20	0.016
6	Morgan, 1978	absolute	0.65 - 20 Me	78	0.008
7	Olsen, 1980	absolute	0.65 – 5.5 MeV	32	0.015
8	Nyman, 2016	absolute	0.65 – 17 MeV (100 m)	69	0.050
			0.65 – 16 MeV (199 m)	54	0.054
9	Nelson, 2018	absolute	0.85 – 17 MeV	43	0.020
10	Batchelor, 1963	absolute	1.5, 3.4, 4.0 MeV	2	0.008
11	Knitter, 1968	absolute	1.1 – 2.3 MeV	8	0.018
12	Knox, 1978	absolute	2.3 – 4.1 MeV	5	0.009
Total			0.70 – 17.0 MeV	452	



Double-Differential Neutron-Emission
Cross Sections for ⁷Li and Incident
Neutrons between 1.6 and 13.8 MeV

NUCLEAR SCIENCE
AND ENGINEERING

An international research journal of the American Nuclear Society

97(4), 1987, 353-361

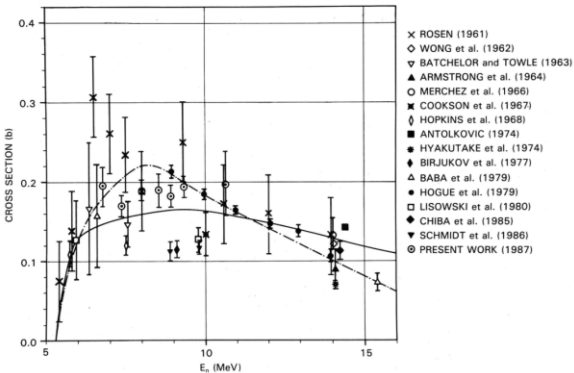
<http://dx.doi.org/10.13182/NSE87-A23518>



American Nuclear Society
Scientific Publications

Neutron Interactions with ⁷Li

Reaction Number	Reaction	Q Value (MeV)
1	⁷ Li(n,n ₀) ⁷ Li	0
2	⁷ Li(n,n ₁) ⁷ Li* → ⁷ Li + γ	-0.48
3	⁷ Li(n,n'α)T	-2.46
4	⁷ Li(n,t) ⁵ He → α + n'	-3.42
5	⁷ Li(n,n ₂) ⁷ Li* → α + T	-4.63 -6.54, ...
6	⁷ Li(n,2n) ⁶ Li	-7.25
7	⁷ Li(n,2nd)α	-7.82
8	⁷ Li(n,d) ⁶ He	-7.78
9	⁷ Li(n,γ) ⁸ Li	+2.03



Интегрированные по углу ⁷Li(n,n₂) сечения неупругого рассеяния. Сплошная линия обозначает ENDF/B-V, а пунктирная линия - данные JENDL-3.

E. Dekempeneer, H. Liskien, L. Mewissen & F. Poortmans

Double-Differential Neutron-Emission Cross Sections for ^7Li and Incident Neutrons between 1.6 and 13.8 MeV

NUCLEAR SCIENCE AND ENGINEERING

An international research journal of the American Nuclear Society

97(4), 1987, 353-361

<http://dx.doi.org/10.13182/NSE87-A23518>



American Nuclear Society
Scientific Publications

Двойные дифференциальные сечения: $^7\text{Li}(n, xn)$

Средние углы эмиссии: 24, 40, 60, 90, 120 и 150 градусов.

Метод измерения: Сечения были измерены с использованием электронного линейного ускорителя в качестве импульсного источника белых нейтронов.

Энергия инцидентных нейтронов: от 1.6 до 13.8 МэВ.

Группировка нейтронов: Упруго рассеянные нейтроны и нейтроны, рассеянные через состояние 0.478 МэВ, рассматриваются как одна группа.

Неупругие рассеяния: Получены сечения рассеяния для состояний 4.63 и 6.54 МэВ.

Модельные расчеты: Оценка нейтронного континуума, возникающего из конкурирующих реакций по производству трития (разделение на три частицы и последовательная реакция в два этапа через основное состояние ^5He).

Сравнение данных: Данные сравниваются с последними оценками.

Inelastic neutron scattering by ^7Li and ^{19}F at GELINA

FLiBe (Li_2BeF_4) is a molten salt made from a mixture of lithium fluoride (LiF) and beryllium fluoride (BeF_2). It is both a nuclear reactor coolant and solvent for fertile or fissile material. It served both purposes in the Molten-Salt Reactor Experiment (MSRE) at the Oak Ridge National Laboratory.

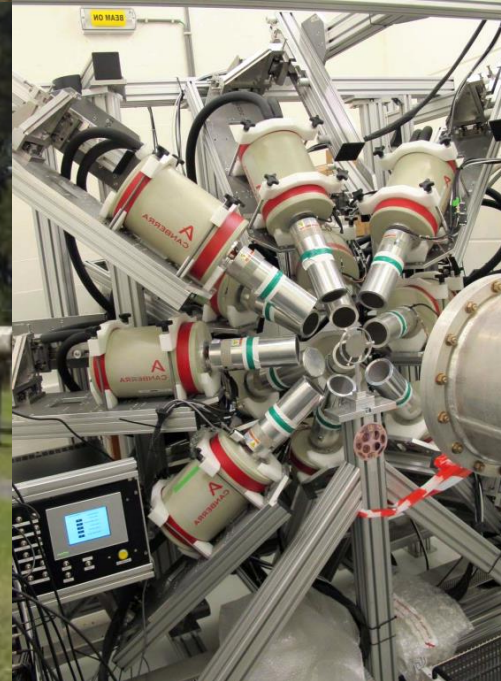
- Two experiments done at EC-JRC-Geel in 2015:
 - FP3/200m, 398 hours
 - FP3/100m, 380 hours
 - For using confidently as a standard, more measurements are needed

- The γ -ray production cross section of the 477.6-keV $1/2^- \rightarrow 3/2^-_{\text{g.s.}}$ transition is a good candidate to be used as a standard:
 - Isotropic γ -ray emission
 - Negligible IC coefficient
 - Low inelastic threshold (546 keV)
 - Fairly smooth energy dependence of the cross section
 - Material readily available as LiF optical windows
 - Issues: $^{11}\text{B}(n, \alpha \gamma)^7\text{Li}$ (boron shielding), isotopic composition determination

$^7\text{Li}(n, n' \gamma)$

2015

- 12 coaxial HPGe detectors (8 cm x 8 cm) at 110° , 125° , and 150° , four at each angle
- 3 Acquiris DC440 digitizers for the HPGe detectors, 12 bit amplitude resolution, 420 MS/s
- ^{235}U Fission chamber 2.1 m upstream from the sample position to monitor the neutron flux
 - 8 UF_4 deposits ($\varnothing$ 70 mm) on 5 Al foils (20 mm)
- Located at flight path 3, 100 m



Measurement of the 477.6-keV γ -ray production cross section following inelastic neutron scattering by ^7Li

M. Nyman,^{1,*} F. Belloni,¹ D. Ichinkhorloo,² E. Pirovano,¹ A. J. M. Plompen,¹ and C. Rouki¹

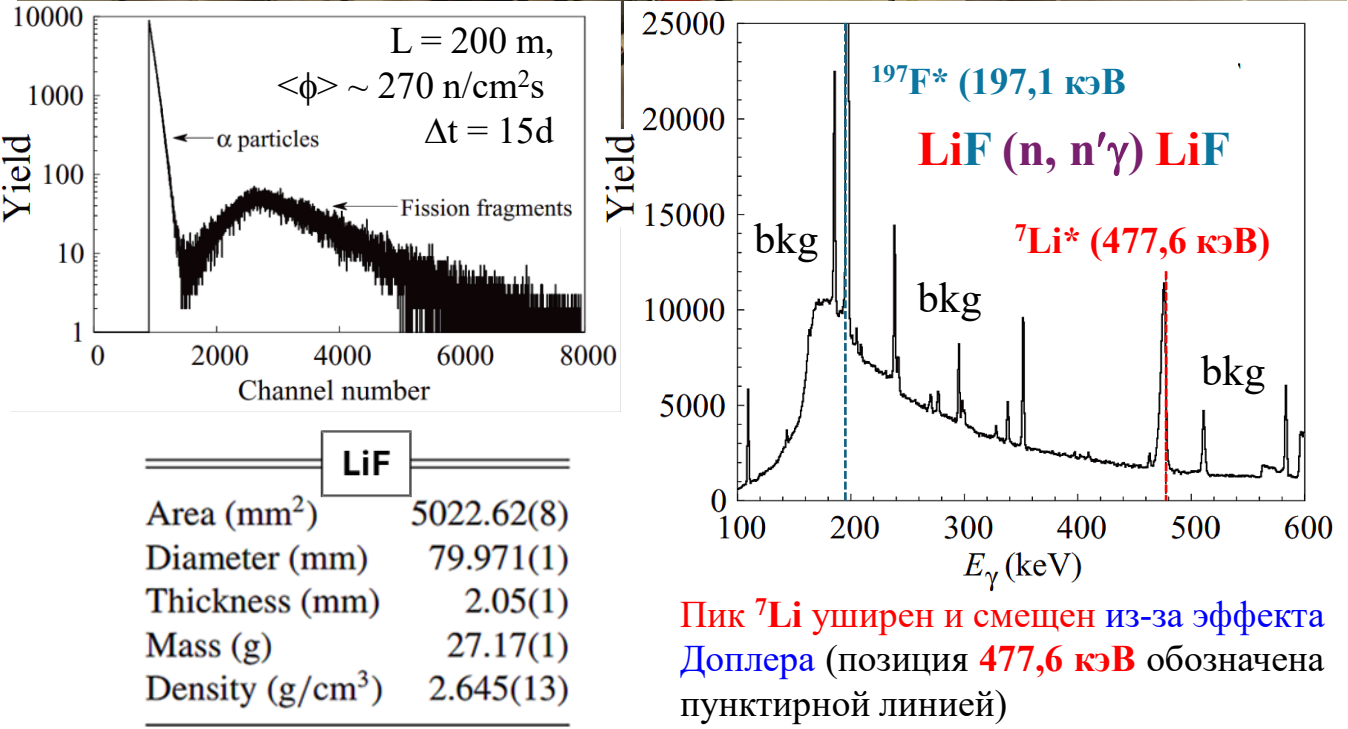
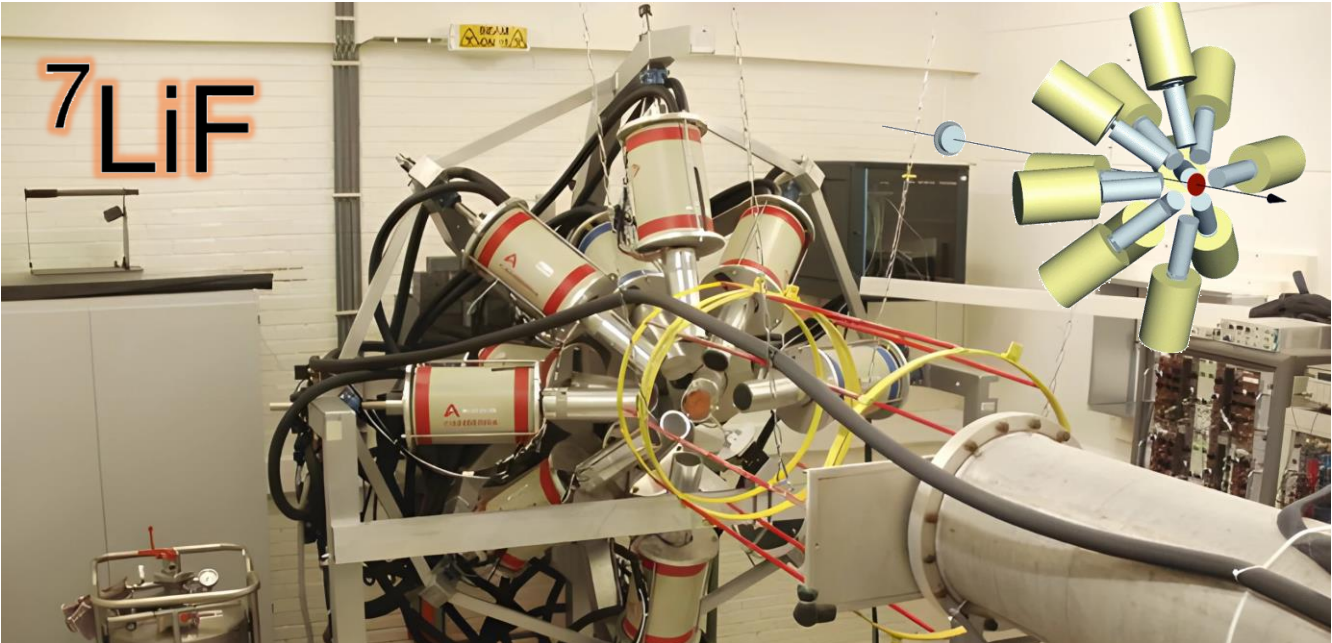
¹European Commission, Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements, Retieseweg 111, B-2440 Geel, Belgium

²Meme Media Laboratory, Hokkaido University, Sapporo 060-8628, Japan

(Received 8 December 2015; published 19 February 2016)

Предыдущие измерения сечения образования γ -квантов для перехода 477,6 кэВ $1/2^- \rightarrow 3/2^-$ g.s. в ^7Li

Authors and Institute	Year	E_n range (MeV)	Neutron production	Data points	Detected particle	Detectors	Neutron flux measurement	Comments	Ref.
Freeman <i>et al.</i> AERE	1955	0.415–1.645	$T(p,n)^3\text{He}$	44	γ	NaI, stilbene	BF_3 monitor + calibrated BF_3 detector	Ring geom.	[4]
Bostrom <i>et al.</i> Texas Nuclear Corp.	1959	1.01	N/A	1	γ	NaI(Tl)	N/A	Ring geom.	[5]
Benveniste <i>et al.</i> LLNL	1962	13.57–14.75	$T(d,n)^4\text{He}$	12	γ	NaI	α PM	Ring geom.	[6]
Glazkov Obninsk Power-Physics Institute	1963	0.8–1.2	$T(p,n)^3\text{He}$	2	n	^3He	Absolute measurement	Inverse spherical geom.	[9]
Batchelor and Towle AWE	1963	1.5–4.0	$T(p,n)^3\text{He}$	3	n	LS	$H(n,n)H$	TOF	[10]
Hopkins <i>et al.</i> LANL	1968	3.35–4.83	$T(p,n)^3\text{He}$	2	n, γ	NaI(Tl), NE102A PS	$H(n,n)H$	TOF	[11]
Knitter and Coppola CBNM	1968	1.12–2.30	$T(p,n)^3\text{He}$	8	n	NE102A PS	$H(n,n)H$	TOF	[12]
Presser and Bass KIT	1972	0.95–8.8, 19–21	$T(p,n)^3\text{He}$ $D(d,n)^3\text{He}$ $T(d,n)^4\text{He}$	187	γ	Ge(Li)	PS (absolute n -flux measurement)	$\pm 15\%$ uncertainty in absolute scale	[17]
Besotosnyj <i>et al.</i> IAE	1975	14	$T(d,n)^4\text{He}$	1	γ	NaI	Absolute measurement	TOF	[27]
Smith ANL	1976	0.57–4	$^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$	70	γ	Ge(Li)	$^{235}\text{U}(n,f)$	TOF	[18]
Dickens <i>et al.</i> ORNL	1977	0.538–20.57	$e^- + \text{Ta}$	285	γ	NaI	NE-110 PS NE-213 LS PS monitor	TOF, PHD	[24]
Morgan ORNL	1978	0.5004–19.83	$e^- + \text{Be}$	405	γ	NE-213 LS	PS monitor NE-213 LS	Ring geom. TOF, PSD	[25]
Knox <i>et al.</i> Ohio University	1979	2.6–4.6	$T(d,n)^4\text{He}$	5	n	NE-224 LS	NE-224 LS	TOF	[30]
Olsen <i>et al.</i> ORNL	1980	0.5–5.0	$e^- + \text{Ta}$	43	γ	Ge(Li)	$H(n,n)H$ (p -recoil telescope)	TOF	[19]



Пик ^7Li уширен и смещен из-за эффекта Доплера (позиция 477,6 кэВ обозначена пунктирной линией)

Measurement of the 477.6-keV γ -ray production cross section following inelastic neutron scattering by ^7Li

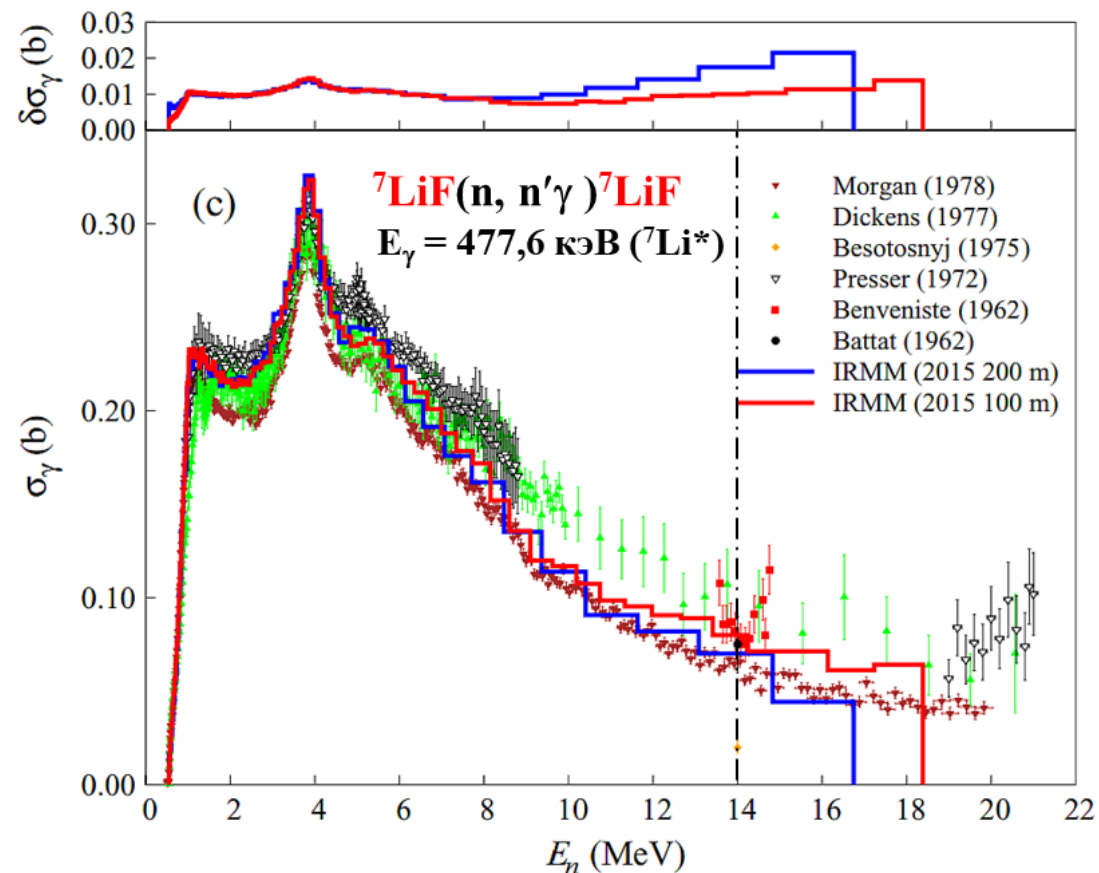
M. Nyman,^{1,*} F. Belloni,¹ D. Ichinkhorloo,² E. Pirovano,¹ A. J. M. Plompen,¹ and C. Rouki¹

¹European Commission, Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements, Retieseweg 111, B-2440 Geel, Belgium

²Meme Media Laboratory, Hokkaido University, Sapporo 060-8628, Japan

(Received 8 December 2015; published 19 February 2016)

Сечение образования γ -лучей для перехода 477,6 кэВ $1/2^- \rightarrow 3/2^-$ -г.с. в ^7Li после неупругого рассеяния нейтронов было измерено от порога реакции до 18 МэВ. Это сечение интересно как возможный стандарт для других измерений сечения образования γ -лучей. Эксперимент проводился на импульсном белом источнике нейтронов GELINA со спектрометром GAINS, состоящим из 12 детекторов из высокочистого германия. Для определения энергии нейтронов использовался метод времени пролета. Образцом служил диск из фторида лития оптического качества, а поток нейтронов контролировался с помощью камеры деления ^{235}U . Предыдущие измерения этого сечения рассматриваются и сравниваются с полученными результатами. Недавно исследованное сечение было рассчитано с использованием метода связанных каналов, дискретизированных по континууму. Результаты оказались в разумном согласии с экспериментальными данными.



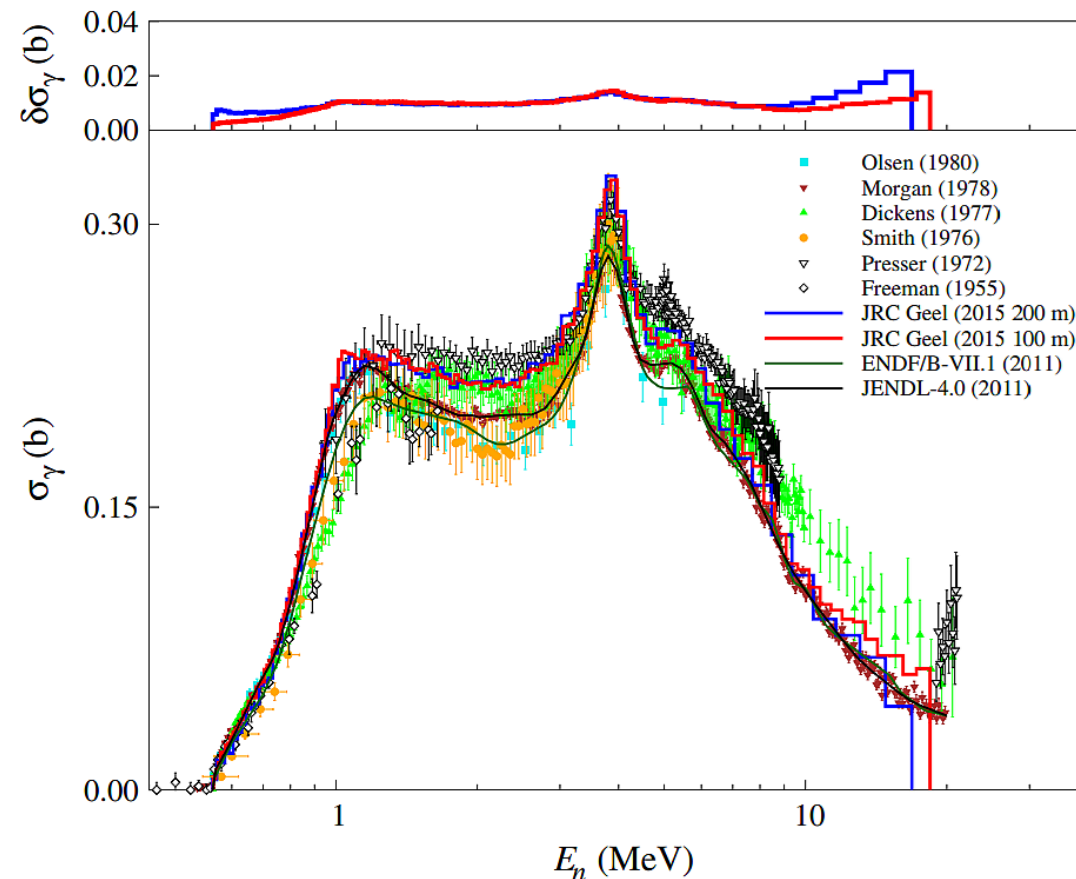
^7LiF

Inelastic neutron scattering cross-section measurements on ^7Li and $^{63,65}\text{Cu}$

Markus Nyman^{1,a}, Francesca Belloni¹, Dagvadorj Ichinkhorloo², Elisa Pirovano¹, Arjan Plompen¹, and Chariklia Rouki¹

¹JRC Geel, Retieseweg 111, 2440 Geel, Belgium

²Meme Media Laboratory, Hokkaido University, Sapporo 060-8628, Japan



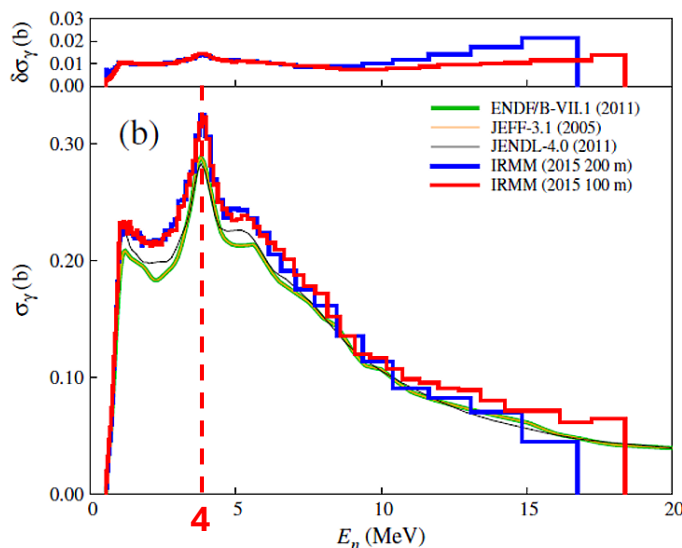
Cross section data



${}^7\text{Li}(n,n'\gamma)$

JRC TECHNICAL REPORTS

Recommendations for the neutron cross section standards project



Description of GELINA data recommended for a new neutron standards evaluation

Franz-Josef Hambsch
Stefan Kopecky
Markus Nyman
Adina Olacel
Carlos Paradela

2016

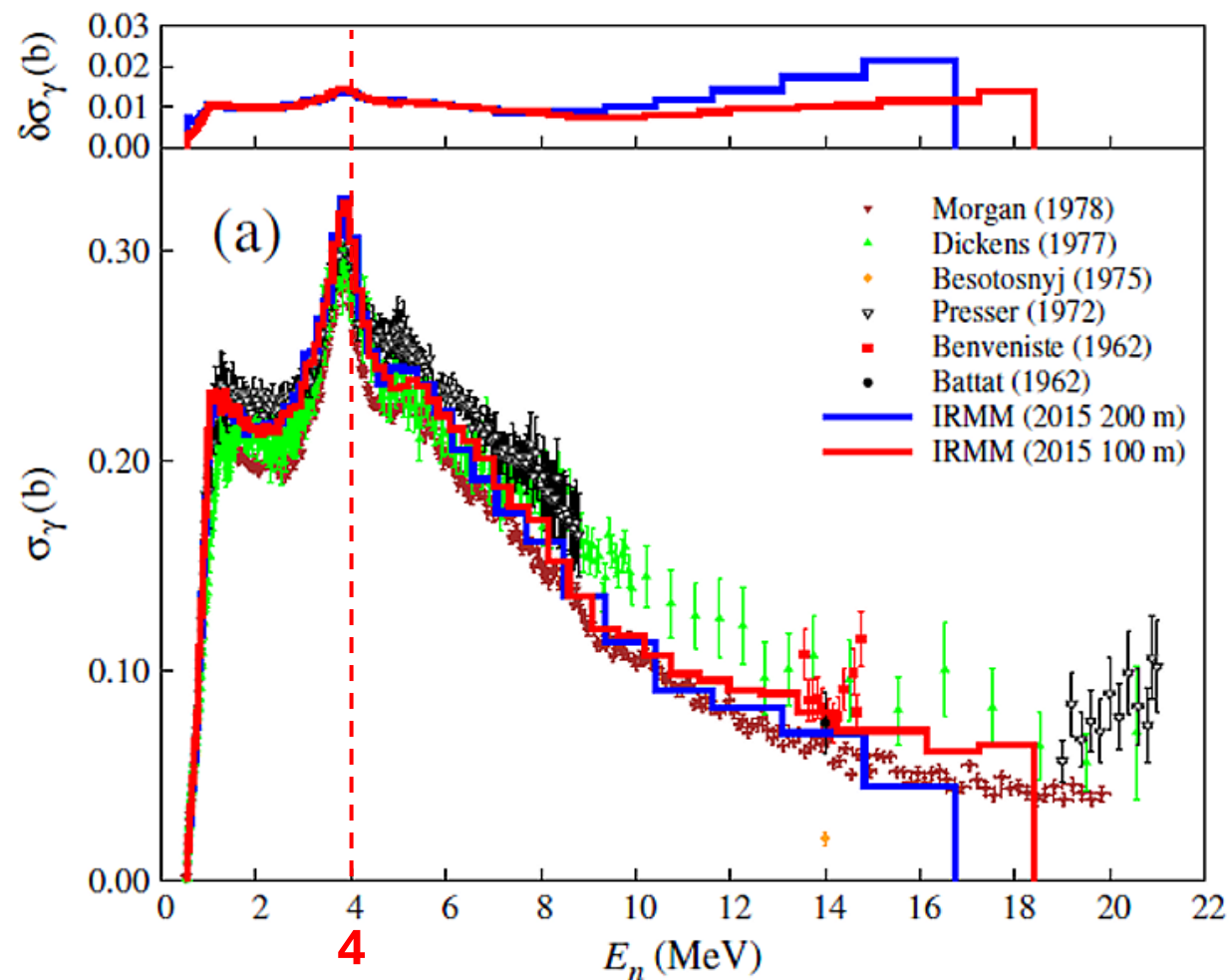
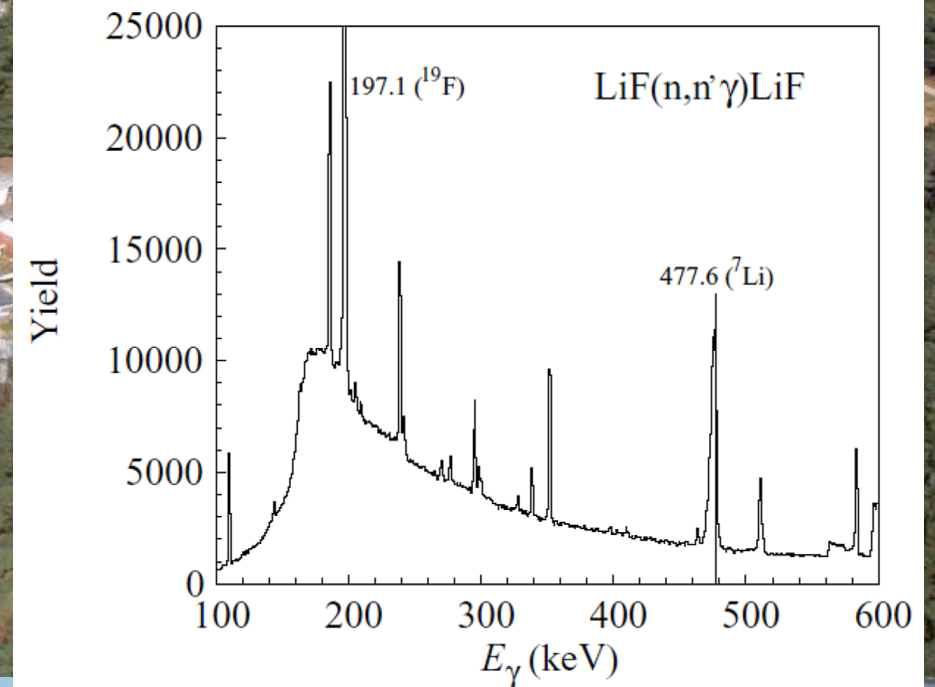
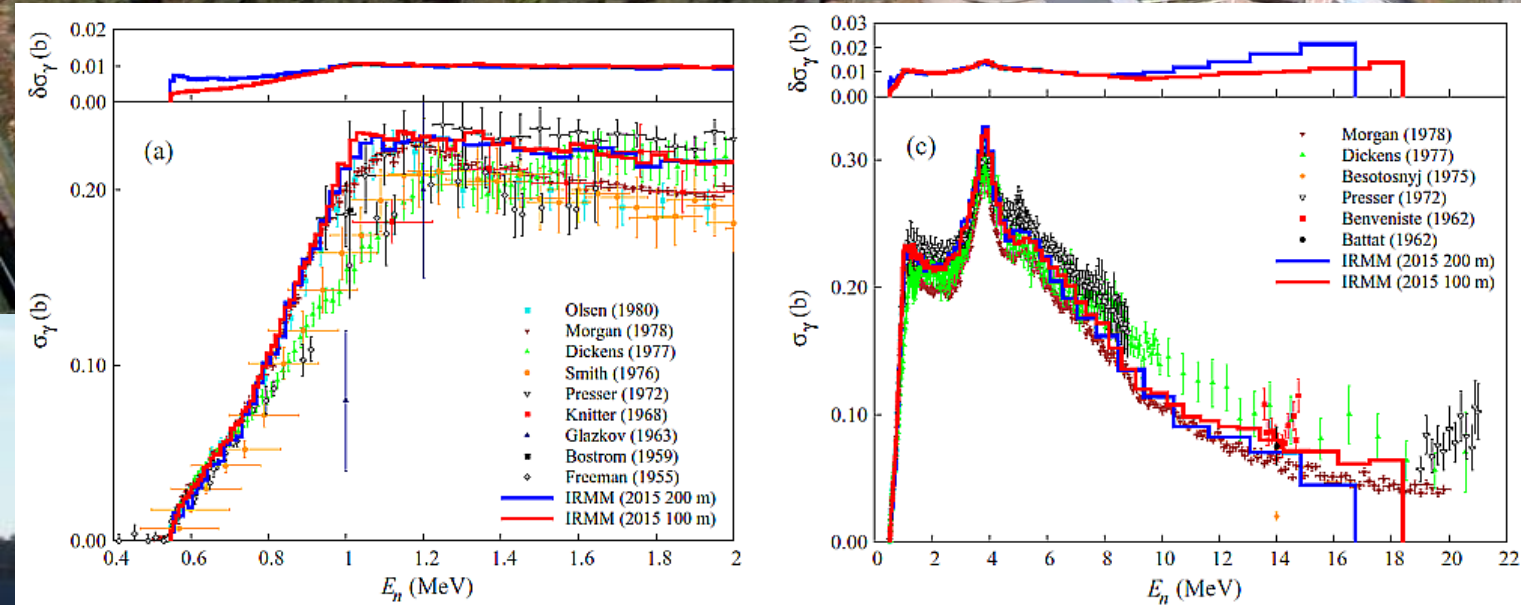


Рисунок 1 (а) Сечение образования γ -лучей (σ_γ) для перехода 477,6 кэВ в ${}^7\text{Li}$ в сравнении с предыдущими экспериментальными данными. (б) измерения IRMM в сравнении с оцененными сечениями из библиотек ENDF/B-VII.1, JEFF-3.1 и JENDL-4.0. Общие экспериментальные неопределенности ($\delta\sigma_\gamma$) показаны на верхних панелях.

Inelastic neutron scattering by ^7Li

and ^{19}F at GELINA



Markus Nyman, European Commission, Joint Research Centre, Geel, Belgium

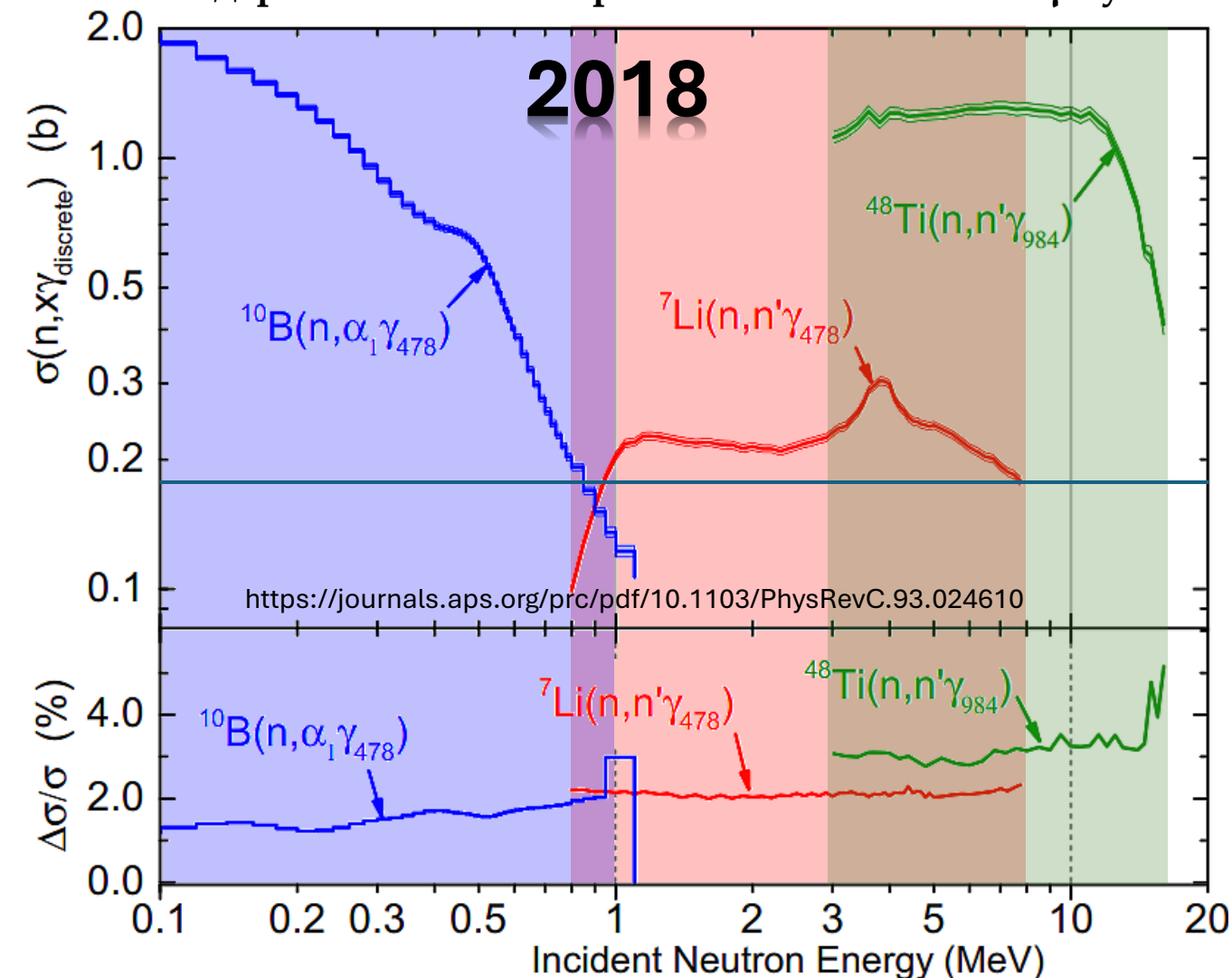
Neutrons for the next decade and beyond, 4-6 February 2019, iThemba LABS, Cape Town, South Africa

2019

M. Nyman, F. Belloni, D. Ichinkhorloo, E. Pirovano, A.J.M. Plompen, C. Rouki,
Measurement of the 477.6-keV γ -ray production cross section following inelastic neutron scattering by Li^7 ,
Phys. Rev.C 93 (2016) 2, 024610.



Стандартные сечения образования мгновенных γ -лучей



<https://doi.org/10.1016/j.nds.2018.02.002>



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Nuclear Data Sheets 148 (2018) 143–188

Nuclear Data
Sheets

Evaluation of the Neutron Data Standards

A.D. Carlson,^{1,*} V.G. Pronyaev,² R. Capote,³ G.M. Hale,⁴ Z.-P. Chen,⁵ I. Duran,⁶ F.-J. Hambsch,⁷
S. Kunieda,⁸ W. Mannhart,⁹ B. Marcinkiewicz,^{3,10} R.O. Nelson,⁴ D. Neudecker,⁴ G. Noguere,¹¹ M. Paris,⁴
S.P. Simakov,¹² P. Schillebeeckx,⁷ D.L. Smith,¹³ X. Tao,¹⁴ A. Trkov,³ A. Wallner,^{15,16} and W. Wang¹⁴

Вместо одной мы рекомендуем использовать комбинацию нескольких реакций: $^{10}\text{B}(n, \alpha_1 \gamma)$ от тепловых до 1,0 МэВ, $^{7}\text{Li}(n, n' \gamma)$ от 0,8 до 8 МэВ и $^{48}\text{Ti}(n, n' \gamma)$ от 3 до 16 МэВ.

Сечение образования γ -квантов $^{7}\text{Li}(n, n' \gamma)$ 478 кэВ

Порог неупругого рассеяния нейтронов на ^{7}Li составляет 546 кэВ, когда заселение первого возбужденного состояния при 478 кэВ в ядре-мишени становится кинематически разрешенным. Поскольку этот первый уровень представляет собой единственное связанное состояние ^{7}Li (несвязанные распадаются только с испусканием тритонов и α -частиц), сечения образования γ -квантов с энергией 478 кэВ и неупругого рассеяния, заполняющего первый уровень, равны. Кроме того, поскольку спин первого возбужденного состояния ^{7}Li равен 1/2, угловое распределение фотонов $(n, n' \gamma)$ является изотропным в CMS. Всего с 1955 года было проведено 14 независимых измерений выхода γ -квантов с энергией 478 кэВ и 5 измерений неупруго рассеянных нейтронов. Самые последние эксперименты были проведены в JRC, Геел и LANL, Лос-Аламос.

2025 January 28

EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

April 8, 2025

Proposal to the ISOLDE and Neutron Time-of-Flight Committee

Measurement of the ${}^7\text{Li}(n,n'\text{t})$ and ${}^9\text{Be}(n,2n)$ cross sections for modelling tritium-breeding blankets

G. Perfetto^{1,2}, N. Colonna¹, S. Amaducci³, L. Cosentino³, P. Finocchiaro³, V. Foteinou⁴,
S. Goula^{4,10}, G. Lorusso^{5,6}, M. Mastromarco^{1,2}, A. Mazzone^{1,9}, R. Mucciola¹
N. Patronis⁴, V. Raffuzzi⁷, G. Tagliente¹, P. Žugec⁸ and the n_TOF collaboration

Тритий является ключевым топливом для дейтерий-тритиевого (D-T) синтеза, он радиоактивен и очень редок. Он должен быть произведен как побочный продукт синтеза и возвращен обратно в процесс синтеза, замыкая топливный цикл. Достижение коэффициента воспроизводства трития (производимого трития к потребляемому тритию) больше единицы имеет решающее значение, и это одна из самых больших проблем ядерного синтеза. Размножающие blankets, содержащие **литий** и **бериллий**, предназначены для этой цели; реакции ${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$, ${}^7\text{Li}(n,n'\text{t})\alpha$ и ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$ в основном отвечают за производство ${}^3\text{H}$. Однако текущие неопределенности в поперечном сечении последних двух реакций значительно распространяются на коэффициент воспроизводства трития (TBR), который должен быть смоделирован с высокой точностью.

Предполагаемые измерения в n-TOF будут первыми, использующими технику времени пролета, и предоставят улучшенный набор сечений, необходимых для расчетов воспроизводства трития в некоторых из наиболее перспективных конструкций реакторов. Это критически важно на текущем этапе, когда $\text{TBR} > 1$ еще не продемонстрировано. Измерения предлагаются с использованием установки Si-детекторов, разработанной коллаборацией n TOF для обнаружения продуктов реакции ${}^3\text{H}$ и ${}^4\text{He}$.

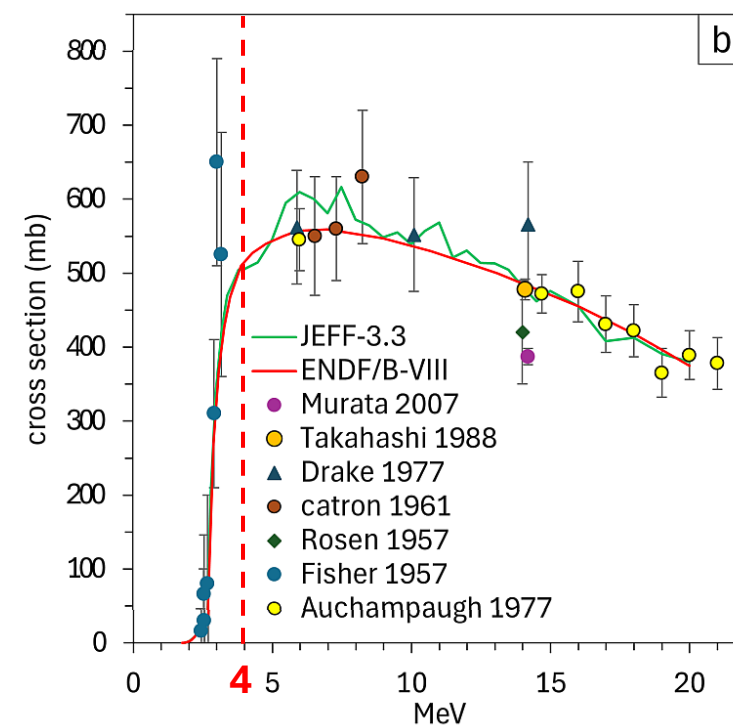
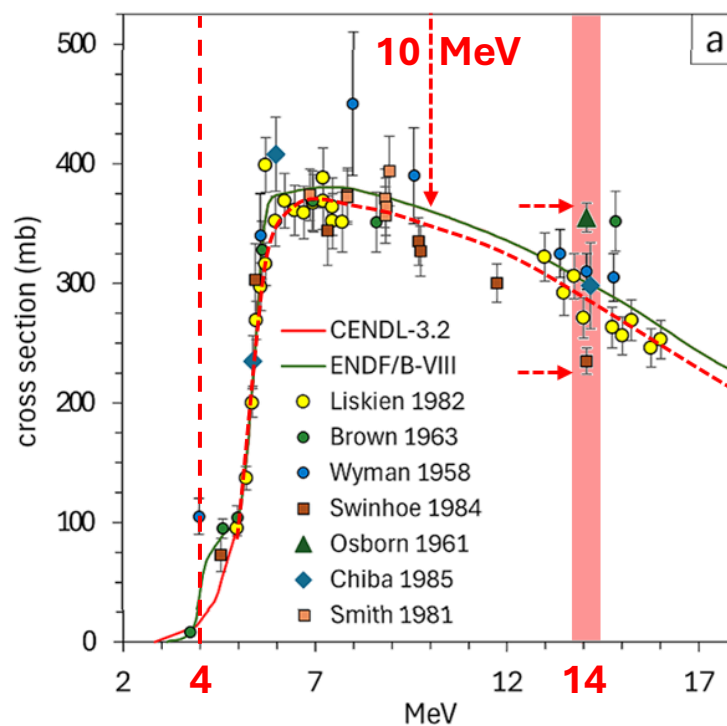
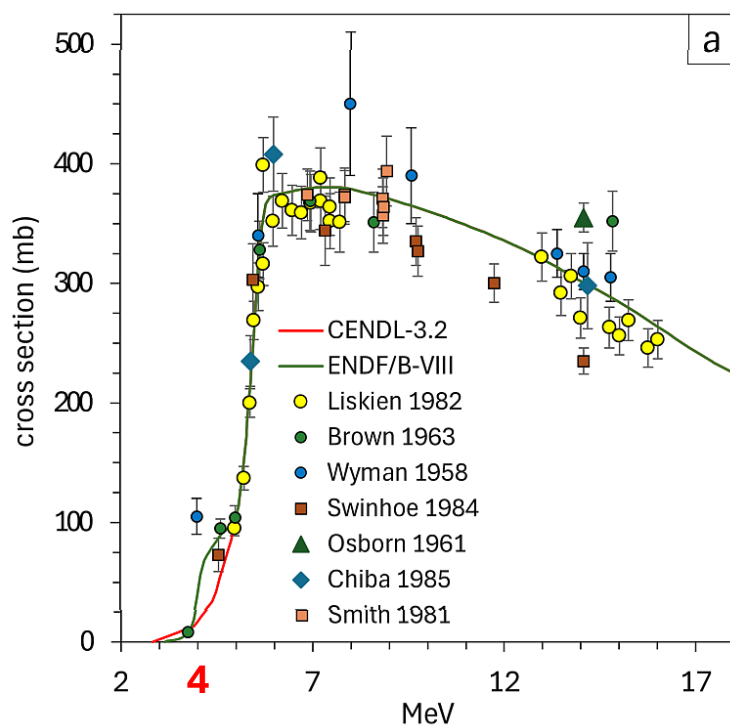
2025 January 28

EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
Proposal to the ISOLDE and Neutron Time-of-Flight Committee

April 8, 2025

Measurement of the ${}^7\text{Li}(n,n't)$ and ${}^9\text{Be}(n,2n)$ cross sections for modelling tritium-breeding blankets

G. Perfetto^{1,2}, N. Colonna¹, S. Amaducci³, L. Cosentino³, P. Finocchiaro³, V. Foteinou⁴,
S. Goula^{4,10}, G. Lorusso^{5,6}, M. Mastromarco^{1,2}, A. Mazzone^{1,9}, R. Mucciola¹
N. Patronis⁴, V. Raffuzzi⁷, G. Tagliente¹, P. Žugec⁸ and the n_TOF collaboration



Measurement of the ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ and ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$ cross sections for modelling tritium-breeding blankets

April 8, 2025

Тритий (${}^3\text{H}$) является ключевым топливом для (D-T) синтеза.

G. Perfetto^{1,2}, N. Colonna¹, S. Amaducci³, L. Cosentino³, P. Finocchiaro³, V. Foteinou⁴, S. Goula^{4,10}, G. Lorusso^{5,6}, M. Mastromarco^{1,2}, A. Mazzone^{1,9}, R. Mucciola¹, N. Patronis⁴, V. Raffuzzi⁷, G. Tagliente¹, P. Žugec⁸ and the n_TOF collaboration

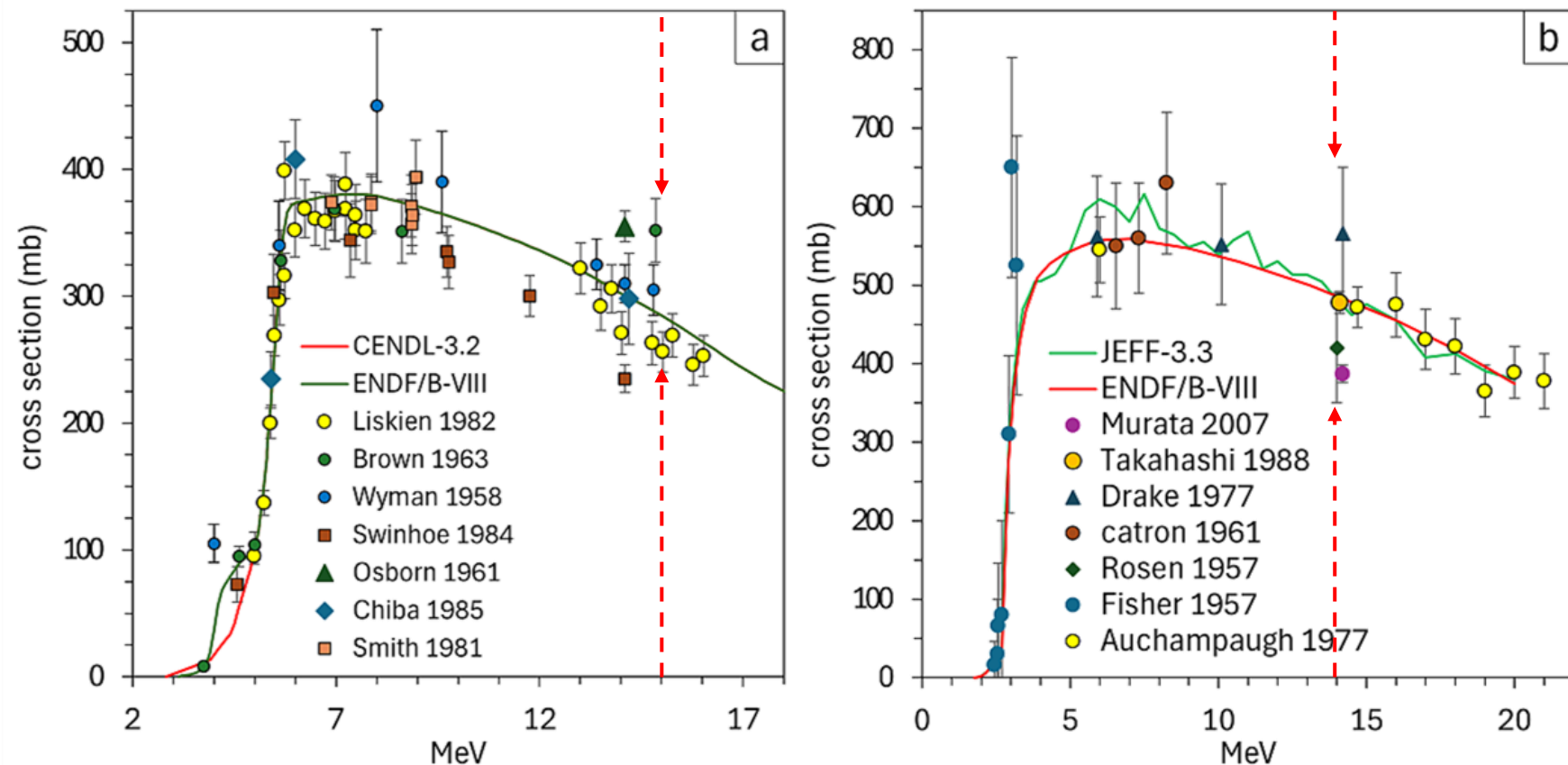


Figure 1: Existing measurement and evaluations for the cross section of (a) ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ and (b) ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$.

${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$, ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ и ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$

в основном отвечают за производство трития (t, ${}^3\text{H}$).

Текущие неопределенности в поперечном сечении реакций ${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$, ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ и ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$ существенно

распространяются на коэффициент воспроизводства трития (TBR), который должен быть смоделирован с высокой точностью.

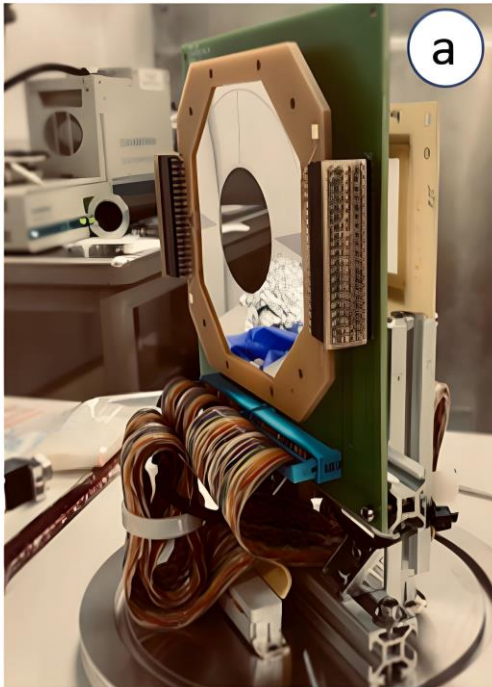
Предлагаемые измерения на n-TOF будут первыми, использующими технику времени пролета, и предоставят улучшенный набор сечений, необходимых для расчетов воспроизводства трития в некоторых из наиболее перспективных конструкций реакторов.

Это критически важно на текущем этапе, когда TBR>1 еще не продемонстрировано.

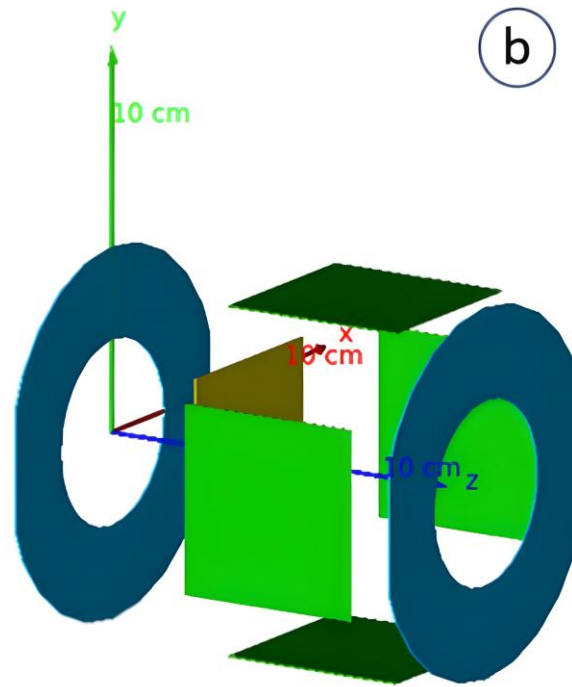
Measurement of the ${}^7\text{Li}(n,n't)$ and ${}^9\text{Be}(n,2n)$ cross sections for modelling tritium-breeding blankets

April 8, 2025

G. Perfetto^{1,2}, N. Colonna¹, S. Amaducci³, L. Cosentino³, P. Finocchiaro³, V. Foteinou⁴,
S. Goula^{4,10}, G. Lorusso^{5,6}, M. Mastromarco^{1,2}, A. Mazzone^{1,9}, R. Mucciola¹
N. Patronis⁴, V. Raffuzzi⁷, G. Tagliente¹, P. Žugec⁸ and the n_TOF collaboration



(a)
пробные кольцевые nTD Si
детектора при n-TOF



(b)
схематический чертеж установки на
основе кольцевых и квадратных nTD
кремниевых детекторов.

${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$, ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ и ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$ в Измерения предлагаются с использованием установки Si-детекторов, разработанной коллаборацией n-TOF для обнаружения продуктов реакции ${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$, ${}^7\text{Li}(n,n't)\alpha$ и ${}^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$ ${}^3\text{H}$ и ${}^4\text{He}$.

Два кольцевых детектора установлены на прямом и обратном направлении, образец (коричневый) находится на расстоянии 7 см от переднего кольцевого детектора

WANDA 2025

February 10th-13th

A low-angle photograph of the United States Capitol building in Washington, D.C. The image captures the grand neoclassical architecture, featuring a large portico with tall columns and a prominent dome topped with a statue. The American flag flies on a tall pole to the left of the dome. The sky is a vibrant blue with scattered white clouds. The foreground shows a paved plaza and a small portion of a green lawn.

Workshop for Applied Nuclear Data Activities
Sponsored by the Nuclear Data Interagency Working Group



Семинар по прикладным ядерным данным (WANDA) 2025

10 февр. 2025 г., 12:00 → 13 февр. 2025 г., 17:00 США/Восток

An Assessment of Nuclear Data for Fusion and the Need for New Experiments

Lee Bernstein

University of California - Berkeley
Lawrence Berkeley National Laboratory

WANDA 2025
Washington DC

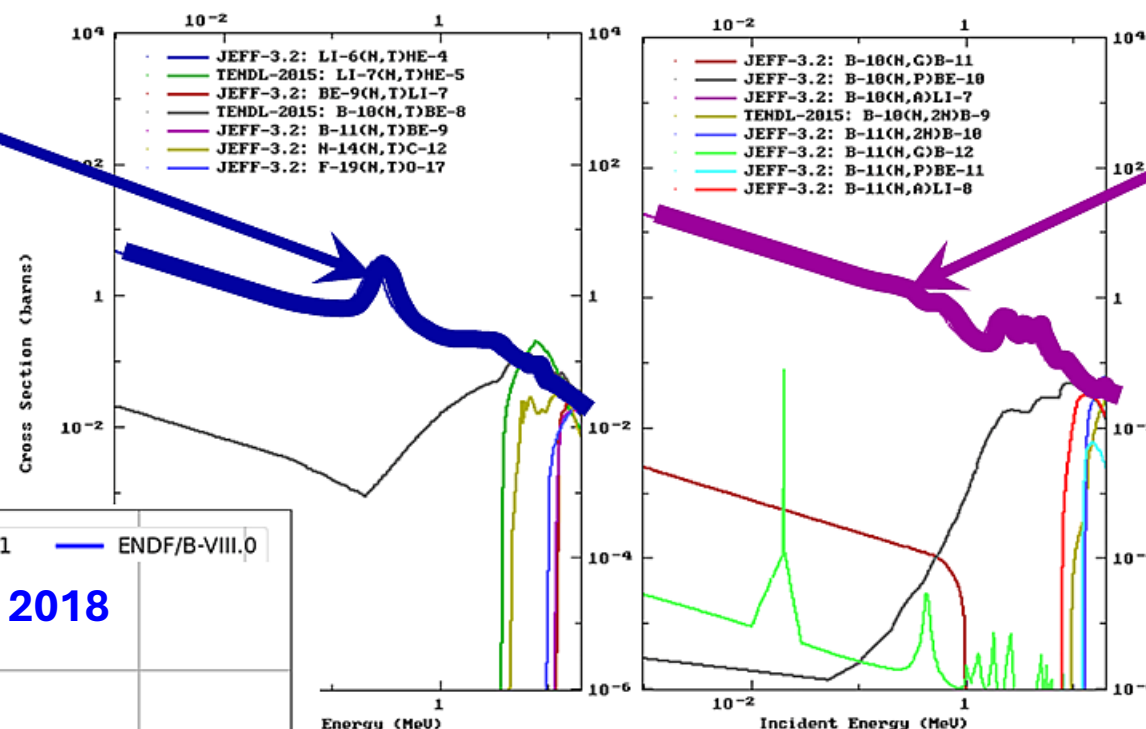


Tritium Breeding has focused on ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{t}$ but ${}^{10}\text{B}$ might be of interest too

First principles review of options for tritium breeder and neutron multiplier materials for breeding blankets in fusion reactors

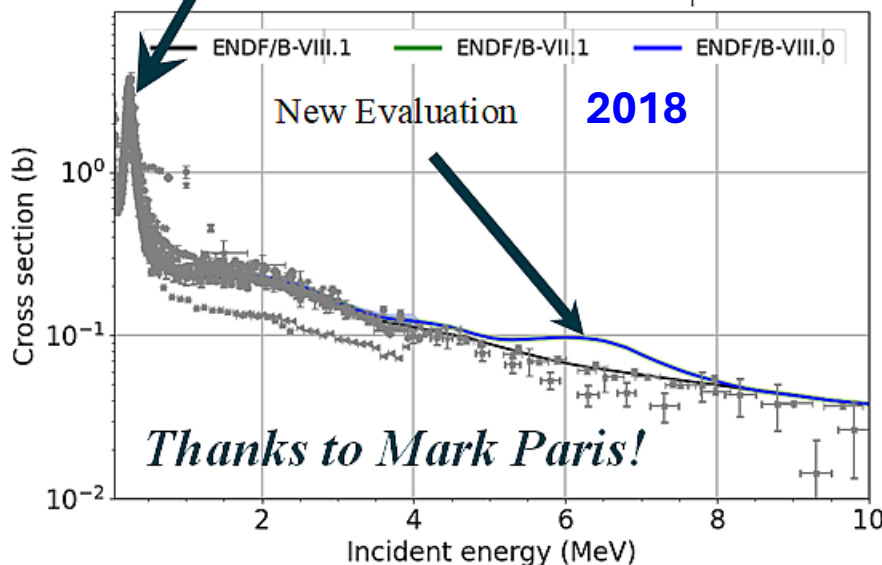
F.A. Hernandez*, P. Pereslavytsev

This peak in ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{t}$ makes “fusion-eers” happy 😊

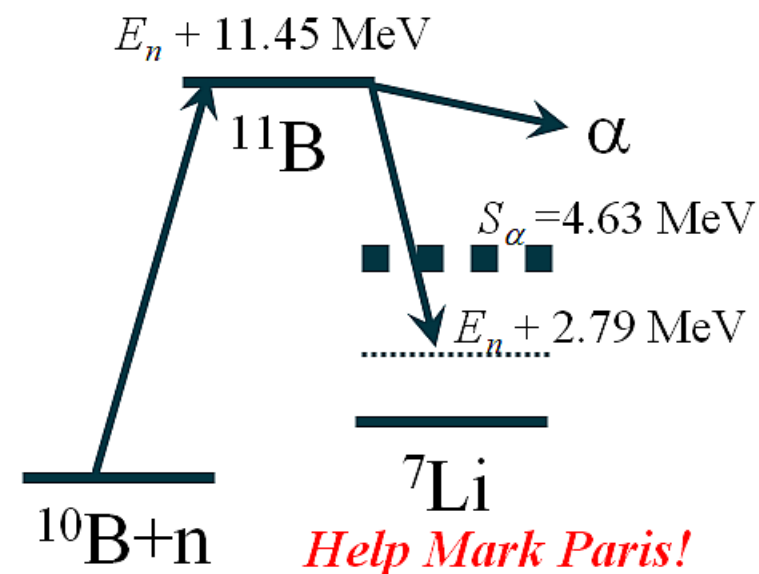


Is ${}^{11}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$ REALLY that big?

Or does this curve have contributions from ${}^{11}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}^* \rightarrow \text{t} + \alpha$?

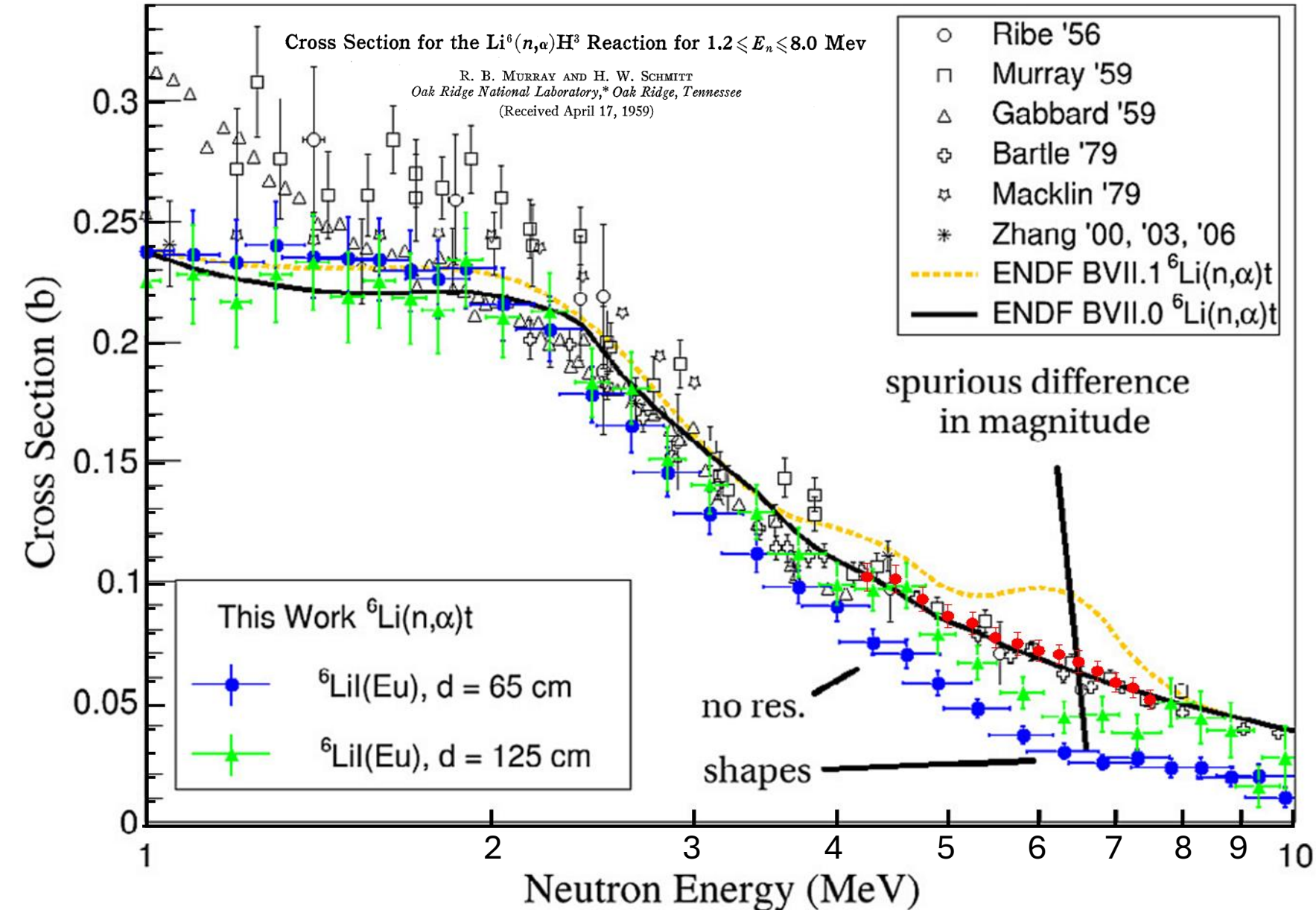


An activation experiment at 14 MeV and a coincident LENZ-style experiment might help tritium production





Prusachenko, P.S., Bobrovskiy, T.L. The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV. Eur. Phys. J. A 60, 12 (2024).



Prusachenko, P.S., Bobrovskiy, T.L. The measurement of the ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ reaction cross-section in the energy range of 4.25–7.50 MeV. Eur. Phys. J. A 60, 12 (2024).

Leo E. Kirsch, M. Devlin, S.M. Mosby, J.A. Gomez, A new measurement of the ${}^6\text{Li}(n, \alpha)t$ cross section at MeV energies using a ${}^{252}\text{Cf}$ fission chamber and ${}^6\text{Li}$ scintillators, NIM A 874, 57-65 (2017)

Fortunately, parts of DOE have been investing in improving fast neutron scattering data, offering fusion a chance to address fusion needs incrementally

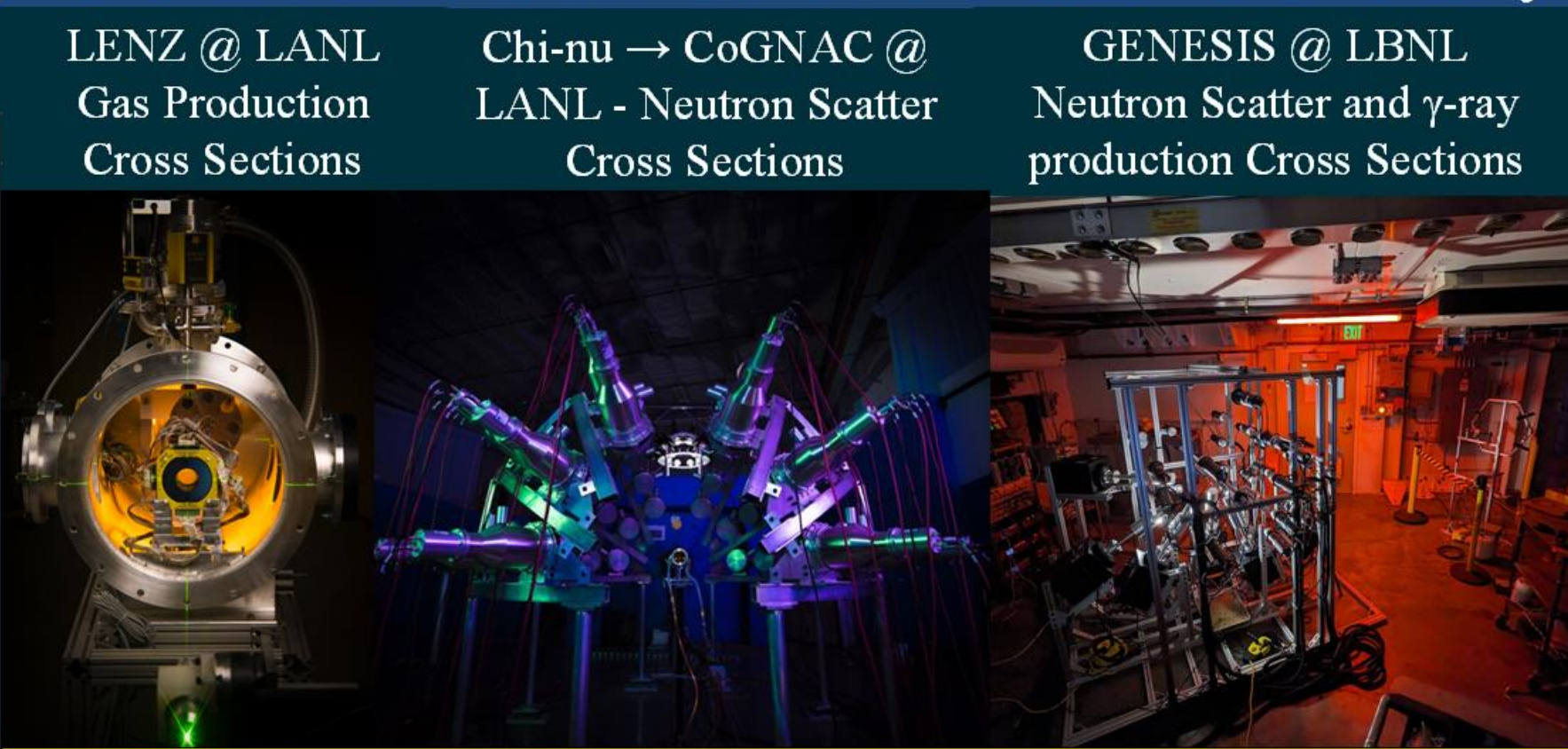
First Priority	Follow-up	Remaining
H	He	F
C	Li	Gd
N	Be	Mg
O	B	P
Na	Cl	S
Al	Ca	Ar
Si	Mn	K
Fe	Ni	Ca
Cu	Ge	Ti
Pb	Br	As
W	Cd	Kr
U	I	Mo
Pu	Cs	Sn
	La	Sb
		Xe

NA-22 has funded C & Na

NA-113 has funded Bi & Nb

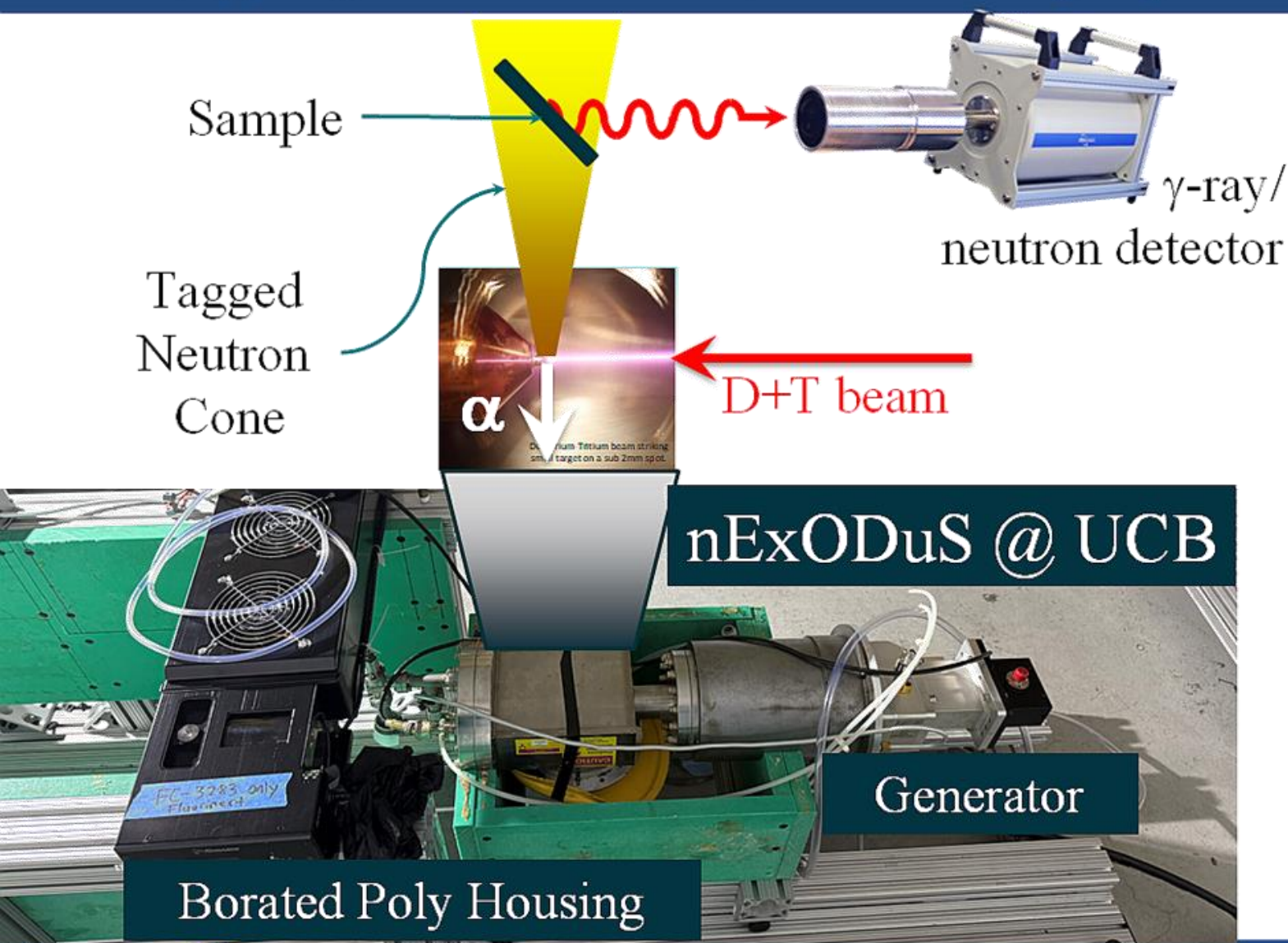
DOE-NE has funded Fe, Cl & U

Table 2 from the FY21 NA-22 portion of the Nuclear Data Interagency Working Group FOA



BUT: the measurement → evaluation time scale takes years, so advance planning using the WANDA/NDIAWG process is *essential*

A joint JHUAPL/NNDC/Berkeley team* are using a **DT-API** system to measure $(n_{14}, xn\gamma)$ cross sections (*Thanks Keegan for the advance advertisement!*)



Simple Count Rate Estimate

$$R_{\alpha-\gamma/n} = \sigma(N)_{sample} \Phi_n$$

For a 10 g sample 1 m away from
a 1 cm scintillator @ 5 cm:

$$N_{sample} \approx 10^{23} \text{ atoms}$$

$$\Phi_n \approx 10^8 \frac{n}{s} \times \frac{1}{100} \rightarrow \approx 10^9 \frac{n}{day}$$

$$\rightarrow R_{\alpha-\gamma/n} = \frac{10^8}{\sigma (\text{barn}) \cdot day}$$

**10^5 peak counts/day for a
0.1% detection efficiency**

Forschungszentrum Jülich GmbH

S.M. Qaim (Ed.)

Nuclear Data

for Science and Technology

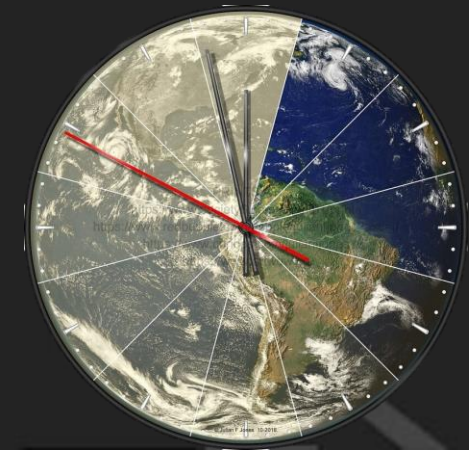
Research Reports

- Nuclear reaction measurements.
- Nuclear structure.
- Decay data.
- Facilities & instruments.
- Sample preparation.
- Fission and spallation.
- Nuclear data for reactors (thermal & fast, ADS, SMR, MSR, ATF).
- Nuclear fusion.
- Nuclear astrophysics and space applications.
- Medical applications.
- Criticality safety.
- Isotope production.
- Nuclear theory.
- Monte Carlo simulation.
- Machine learning.
- Nuclear data evaluation.
- Standards.
- Integral experiments and validation.
- Dissemination.
- Education, training and



Часы Судного дня в настоящее время установлены на 100 секунд до полуночи. Это самое страшное предупреждение, которое когда-либо выпускал Bulletin!

Bulletin of the
Atomic Scientists



Освобожденная сила атома изменила все, кроме нашего мышления. Таким образом, мы дрейфуем к катастрофе за пределами понимания. Нам потребуются существенно новый способ мышления, если человечество хочет выжить.

— Альберт Эйнштейн

WASHINGTON, D.C. – January 23, 2020



24 мая

День славянской письменности и культуры

Ден на светите братя Кирил и Методий, на българската азбука, просвета и култура, и на славянската книжовност.



закодированное
послание из
глубины веков

Я знаю буквы:
Письмо — это
достояние.
Трудитесь усердно,
земляне,
Как подобает
разумным людям —
Постигайте
мироздание!
Несите слово
убежденно —
Знание — дар Божий!
Дерзайте, вникайте,
чтобы
Сущего свет постичь!