

Государственная корпорация по атомной энергии

Атомный проект СССР

Документы и материалы

Под общей редакцией Л.Д. Рябева

Том III

Водородная бомба

1945—1956

Книга 1

Составители:

Г.А. Гончаров (отв. составитель), П.П. Максименко



Наука • Физматлит



Москва — Саров
2008

ББК 31.4
А 92
УДК 621.039 (094)

АТОМНЫЙ ПРОЕКТ СССР: Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л.Д.Рябева. Т. III. Водородная бомба. 1945–1956. Книга 1 / Государственная корпорация по атом. энергии; Отв. сост. Г.А.Гончаров. — Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ; М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 736 с. ISBN 978-5-9221-1026-6 (Т. III; Кн. 1).

Третий том включает не публиковавшиеся ранее документы периода 1945–1956 гг., отражающие создание в СССР первых водородных бомб. В книгах тома III представлены документы, освещающие деятельность Правительства СССР, Специального комитета, Первого главного управления (позднее Министерства среднего машиностроения СССР), научных и промышленных организаций, разведывательных органов СССР, видных ученых и специалистов, связанную с исследованиями возможности создания, а затем и собственно создания водородной бомбы и ее модификаций. Первая книга тома III содержит документы периода с марта 1945 г. по июнь 1953 г. Книга подготовлена РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Для всех интересующихся историей советского атомного проекта.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л.Д.Рябев (председатель), *В.В.Дроздов*, *Г.А.Гончаров*, *Р.И.Илькаев*, *Н.И.Комов*,
В.П.Незнамов, *В.Н.Якушев*

СОСТАВИТЕЛИ:

Г.А.Гончаров (отв. составитель), *П.П.Максименко*

USSR ATOMIC PROJECT: Documents and Materials: 3 volumes / Ed. by L.D.Ryabev. V. III. Hydrogen Bomb. 1945–1956. Book 1 / State Corporation for Atomic Energy; Executive Compiler G.A.Goncharov. — Sarov: RFNC-VNIIEF; M.: FIZMATLIT, 2008. — 736 p. — ISBN 978-5-9221-1026-6 (V. III; Book 1).

Volume III includes yet unpublished documents of 1945–1954 reflecting the history of designing the first hydrogen bombs in the USSR. The books of Volume III present the documents illustrating the Soviet Atomic Project activities of the USSR Government, Special Committee, the First Main Directorate (later the USSR Ministry of Medium Machine Building), research and industrial institutions, the USSR Intelligence Bodies, outstanding scientists and experts on the research into feasibility of designing an H-bomb and creation of such bomb and its modified designs. Book 1 of Volume III contains the documents of March 1945–June 1953. The book was prepared by RFNC-VNIIEF.

The book is intended for everybody interested in the history of the Soviet Atomic Project.

EDITORIAL BOARD:

L.D.Ryabev (Chairman), *V.V.Drozдов*, *G.A.Goncharov*, *R.I.Ilkaev*, *N.I.Komov*,
V.P.Neznamov, *V.N.Yakushev*

COMPILERS:

G.A.Goncharov (Executive Compiler), *P.P.Maksimenko*

ISBN 978-5-9221-1026-6 (Т. III; Кн. 1)

© Государственная корпорация
по атомной энергии, 2008
© Г.А.Гончаров, П.П.Максименко, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Первая книга тома III сборника архивных документов «Атомный проект СССР. Документы и материалы» включает документы периода с марта 1945 г. по июнь 1953 г., относящиеся к созданию отечественной водородной бомбы. Документы книги отражают поступившую в СССР информацию о зарубежных исследованиях по проблеме водородной бомбы, первые официальные решения, касающиеся изучения возможности создания, а затем и собственно создания отечественной водородной бомбы. Они отражают состояние и результаты работ по проблеме водородной бомбы рассматриваемого периода, которые велись по двум основным направлениям: исследования возможности создания «трубы» — системы с цилиндрическим зарядом из жидкого дейтерия, ядерную детонацию которого предполагалось возбудить взрывом атомной бомбы (РДС-6Т), и разработка «слойки» — сферической системы с чередующимися слоями урана и термоядерного горючего, инициирование ядерного взрыва которой осуществляется взрывом химического взрывчатого вещества (РДС-6С). Документы книги отражают также первые решения по организации и развертыванию производства новых специальных ядерных материалов — трития и лития-6.

В первой книге тома III сборника принят хронологический порядок расположения документов независимо от характера документов. В связи с этим для более полного представления развития событий отдельные наиболее важные документы книг тома II сборника, относящиеся к тематике первой книги третьего тома, воспроизведены в ней повторно (полностью или в извлечениях).

В соответствии с целью, поставленной в Указе Президента Российской Федерации от 17 февраля 1995 г. № 160, — подготовка и издание официального сборника архивных документов для воссоздания объективной картины становления отечественной атомной промышленности и истории создания ядерного оружия в СССР — составители стремились отразить в книге прежде всего совокупность основных официальных решений по тематике книги, принимавшихся в период с 1945 г. по июнь 1953 гг.

В первую книгу тома III сборника включено 290 документов. Ряд документов публикуется с приложениями.

Документы, включенные составителями в первую книгу тома III сборника, выявлены и отобраны в Архиве Президента Российской Федерации, в архивах Росатома, РФЯЦ-ВНИИЭФ и ГАРФ. Отбор документов для публикации, их подготовка и археографическая обработка проведены в соответствии с действующими правилами применительно к изданиям научно-популярного типа*).

Археографическая подготовка настоящего издания преследовала цель дать читателям достаточно полное представление о публикуемых документах, с максимальной точностью передать их текст, пояснить в необходимых случаях специфические термины и понятия, условные обозначения и сокращения, ознакомить с имеющимися на документах резолюциями и пометами, облегчить прочтение и понимание текстов документов. Этой цели служит и научно-справочный аппарат.

*) Правила издания исторических документов в СССР. М.: ГАУ при СМ СССР, 1990.

В состав научно-справочного аппарата этой книги входят: предисловие; примечания по тексту и содержанию; перечень публикуемых документов с указанием в необходимых случаях приложений к ним; список литературы; содержание. К научно-справочному аппарату книги относятся и сведения о большинстве упоминаемых в книге адресантов и адресатов, включенные в текстуальные примечания. Для более полного представления о виде и форме публикуемых документов отдельные из них проиллюстрированы.

подавляющее большинство представленных в книге документов ранее не издавалось, они публикуются впервые.

Текст каждого документа снабжен редакционным заголовком. В качестве редакционных заголовков постановлений СМ СССР даны их собственные заголовки. Собственные заголовки используются в качестве редакционных и для ряда других документов с указанием об этом в текстуальных примечаниях: «Заголовок документа». В случаях заимствования в редакционных заголовках части собственного заголовка документа заимствованная часть собственного заголовка выделена кавычками. Распоряжения СМ СССР и целый ряд других документов не имеют собственных заголовков. Они публикуются с редакционными заголовками, данными составителями.

Все документы, включенные в книгу, сопровождаются архивной легендой, содержащей справочно-контрольные сведения о них (название архива; номера фонда, описи, дела, листов; указание о подлинности и способе воспроизведения). В связи с тем что большинство документов являются машинописными, этот способ воспроизведения в легенде не оговаривается, указываются только другие способы исполнения.

Различаются машинописные подлинники документов (первый экземпляр с подписью) и рукописные. Если рукописный документ написан и подписан его автором, то он именуется «автограф». Если документ написан от руки одним лицом, а подписан другим, то он определяется как «подлинник» с указанием способа исполнения («рукопись»).

Незаверенные копии обозначены как копии. Если публикуемая копия заверена, то это оговорено.

Постановления и распоряжения СМ СССР воспроизведены по копиям, идентичным по содержанию подлинникам. Это так называемые рассылочные копии, выполненные на стандартных бланках, аналогичных тем, на которых печаталось большинство подлинников. На бланках копий имеются типографские пометы: указания о запрещении выписок, снятия копий, ознакомления с их содержанием лиц, которым они не адресованы, о необходимости возврата документа в группу Управления делами СМ СССР не позже определенного срока и т.п. Пометы подобного содержания, как не имеющие исторического значения, не воспроизводятся. По этой же причине опущена большая часть делопроизводственных помет. Имеющиеся в публикуемых документах резолюции и пометы принципиального характера воспроизведены после текста документов, перед архивной легендой.

Грамматические ошибки и опiski устранены без оговорок. Погрешности текста, имеющие смысловое значение (искажение слов, опечатки, меняющие смысл), в тексте документа сохранены с отметкой в текстуальных примечаниях:

«Так в документе». Далее, где возможно, приведено правильное написание. Информационные материалы публикуются, как правило, без исправления погрешностей перевода.

Большинство документов, включенных в книгу, были до рассекречивания секретными и на них был проставлен гриф секретности. В процессе архивного хранения гриф секретности некоторых документов был понижен. При публикации документов указан их первоначальный гриф секретности. Гриф секретности приложений к документам указан только в случаях его расхождения с грифом основного документа.

Следует обратить внимание на то, что имеют место случаи расхождения между грифом секретности постановлений и распоряжений СМ СССР, указанным в правом верхнем углу первых листов этих документов, и грифом в номере соответствующего документа. При воспроизведении документов эта особенность их оформления сохранена без оговорок. Также без оговорок воспроизводятся встречающиеся в текстах подлинников различные индексы одних и тех же изданий РДС-6С (РДС-6с), РДС-6СД (РДС-6сд) и РДС-6Т (РДС-6т).

Для единиц измерения физических величин, как правило, приняты современные обозначения.

В связи с наличием большого количества рукописных вставок отдельных слов и фраз в ряде машинописных документов составителями сборника принято решение о выделении их светлым курсивом без отметки в примечаниях. Заголовки документов выделены жирным курсивом. Авторские подчеркивания, а также подчеркивания, сделанные лицом, работавшим с документом, выделены подчеркиванием. При этом авторские подчеркивания не оговариваются в примечаниях.

Приложения к документам воспроизведены как продолжение основного текста документов и выполнены другим шрифтом.

Примечания составителей к тексту документа (текстуальные примечания) обозначаются цифрами и размещаются после архивной легенды. Отдельные примечания составителей обозначены как [Примеч. сост.].

Примечания по содержанию, поясняющие отдельные повторяющиеся в документах понятия и условные наименования, помечены цифрами с круглыми скобками и помещены в конце книги. Подстрочные авторские примечания в тексте документов отмечены как [Примеч. док.].

Пропущенные в тексте, а также не полностью написанные слова восстановлены, а вставки заключены в квадратные скобки.

Авторские пропуски в документах обозначены отточием, пропуски, сделанные составителями при публикации документов в извлечениях, — отточием в квадратных скобках. Отточием, заключенным в круглые скобки, обозначены пропуски нерассекреченных частей текста.

Редакционная коллегия и составители выражают благодарность сотрудникам Департамента по обеспечению деятельности Архива Президента Российской Федерации А.С. Степанову, Н.И. Ротовой, Г.А. Разиной, С.А. Мельчину, руководителю Росархива В.П. Козлову, начальнику Управления Росархива Т.Ф. Павловой, руководителю архива Росатома В.В. Пичугину, руководителю архива РФЯЦ-ВНИИЭФ М.А. Федченко, бывшему сотруднику РФЯЦ-ВНИИЭФ, ныне

пенсионеру А.Д. Пелипенко, главному научному сотруднику РФЯЦ-ВНИИЭФ Б.П. Косякову, председателю Межведомственной комиссии по защите государственной тайны С.И. Григорову, ответственному секретарю Межведомственной комиссии В.М. Гладышеву, сотрудникам Межведомственной комиссии В.В. Дергачеву, Н.А. Лебедю, Н.Н. Ушакову, экспертам Межведомственной комиссии, председателю комиссии Росатома О.Н. Шубину, экспертам комиссии Росатома С.А. Воробьеву, Б.В. Горобцу, Г.В. Киселеву, В.С. Кострыкину, Е.И. Микерину, Генеральному директору издательской фирмы «Физико-математическая литература» М.Н. Андреевой, ее сотрудникам и всем, кто оказал содействие в работе над книгой.

Редакционная коллегия и составители благодарят сотрудников РФЯЦ-ВНИИЭФ В.В. Барышникову, М.Г. Лакееву, А.М. Петрову, С.Э. Шнепову, Н.А. Янилкину, выполнивших большую работу по подготовке книги к изданию.

I. ДОКУМЕНТЫ 1945 г.

№ 1

Список научных работников Лос-Аламосской национальной лаборатории США¹

19 марта 1945 г.²

Сов. секретно

*Сообщение о составе научных работников Лагеря-2³
(получено с п. № 2 от 19.3.45 г., прил. 57)*

Старшие теоретики:

Оппенгеймер	— директор всего проекта
Бете	— руководитель теоретической группы
Пейерлс	— руководитель группы по внутреннему взрыву
Вайскопф	— руководитель группы по эффективности
Сербер	— руководитель группы по критической массе
Фейнман	— руководитель группы по критической массе, гибриды
Маршак	— эффективность
Кристи, Фукс	— взрыв вовнутрь (имплозион ⁴)
Теллер	— супербомба (сьюпергаджит ⁴)

Экспериментаторы:

Ферми	
Аллисон	— главный координатор
Кистяковский	— взрывчатые вещества, взрыв вовнутрь
Бечер	— отделение бомбы (гаджит дивизион ⁴)
Росси	— эксперименты по ...
Альварец	— электродетонаторы
Мун	
Чэдвик	— находится в настоящее время в Вашингтоне

Оперативный архив СВР России. Д. 82072, т. 4, л. 345. Перевод с английского.

¹ Опубликовано [1. С. 246–248].

² Датируется по дате получения сообщения.

³ Лагерь-2 (лагерь Y) — условное наименование Лос-Аламосской национальной лаборатории США по разработке ядерного оружия. Лаборатория начала функционировать с весны 1943 г.

⁴ В английской транскрипции.

~~СЕКРЕТНО~~

~~СЕКРЕТНО~~

С О О Б Щ Е Н И Е

о составе научных работников лагеря-2

/получено с п. № 2 от 19.3.45 г., прил.57/

Старшие теоретики:

ОППЕНГЕЙМЕР - директор всего проекта
БЕТЕ - руководитель теоретической группы
ПЕЙЕРМС - руководитель группы по внутреннему взрыву
ВАЙСКОПФ - руководитель группы по эффективности
СЕРБЕР - руководитель группы по критической массе
ФЕЙНМАН - руководитель группы по критической массе,
гибриды
МАРШАК - эффективность
КРИСТИ, ФУКС - взрыв во внутрь /имплозион/
ТЕЙНЕР^л - СУПЕРБОМБА /Сьюпергаджит/

Экспериментаторы:

Ферми
АЛЛИСОН /главный координатор/
КИСТЯКОВСКИЙ - взрывчатые вещества, взрыв во внутрь
БЕЧЕР - отделение бомбы /гаджит дивизион/
РОССИ - эксперименты по
АЛЬВАРЕЦ - электродетонаторы
МУН
ЧЭДВИК - находится в настоящее время в Вашингтоне.

№ 2

Из докладной записки Я.И. Френкеля И.В. Курчатову по результатам беседы с Ф. Жолио-Кюри^{1, 2}

22 сентября 1945 г.

В беседе со мной проф. Жолио сообщил мне следующие данные о методе приготовления атомных бомб, использованном американцами.

Вместо того чтобы выделять легкий изотоп урана, оказалось проще и практичней изготовлять U^{239} путем облучения обычного урана нейтронами. Существенную роль при изготовлении этого изотопа играют тяжелая вода и графит (особого сорта).

Начало взрыва осуществляется благодаря спонтанному распаду урана. В процессе изготовления бомбы утилизируется, в качестве отхода, энергия, выделяемая ураном, используемая для машин мощностью в 15 тысяч л. с.

Я счел неудобным выспрашивать у Жолио подробности, т. к. полагал, что он сам подробно изложит все, что ему известно, в порядке осуществления помощи, которую он предлагал оказать советским физикам, занимающимся проблемой урана, — в виде консультаций или совместной работы.

Так как разрешение вопроса о привлечении Жолио задержалось, то я считаю своевременным изложить вкратце те представления и соображения, которые возникли у меня в связи с краткими сведениями, полученными от Жолио, а также отчасти и сообщениями иностранной прессы и радио.

[...]³

10. Представляется интересным использовать высокие — миллиардные — температуры, развивающиеся при взрыве атомной бомбы, для проведения синтетических реакций (напр. образование гелия из водорода), которые являются источником энергии звезд и которые могли бы еще более повысить энергию, освобождаемую при взрыве основного вещества (уран, висмут, свинец).

Чл.-корр. АН Я. Френкель⁴

22.IX 45 г.

Архив РНЦ «Курчатовский институт», Ф. 1, оп. 1/с, д. 19, л. 8 (с об)—9 (с об). Автограф.

¹ Опубликовано [ВИЕТ. 1994. № 2. С. 121–122], а также [2. С. 330–333].

² Эта докладная записка была направлена И.В. Курчатовым В.А. Махневу 31 октября 1945 г. Письмо И.В. Курчатова, с которым была послана записка Я.И. Френкеля, и сама записка Я.И. Френкеля были 4 ноября 1945 г. направлены В.А. Махневым Б.Л. Ванникову (АП РФ. Ф. 93, д. 5/45, л. 9).

³ Далее опущен текст пунктов 1–9, не касающихся реакций синтеза легких элементов.

⁴ Френкель Яков Ильич (1894–1952) — физик-теоретик, чл.-корр. АН СССР (1929). Окончил Петроградский ун-т (1916). В 1918–1921 преподавал в Крымском ун-те. С 1921 работал в Ленинградском физико-техническом ин-те и одновременно преподавал в Политехническом ин-те, где возглавлял кафедру теоретической физики. Основные труды по физике твердого тела, магнетизму, ядерной физике, физике жидкостей. Выполнил ряд астрофизических, биофизических и геофизических исследований. Автор первых отечественных курсов теоретической физики, издал «Статистическую механику», «Электродинамику», «Волновую механику», «Курс теоретической механики на основе векторного и тензорного анализа», «Кинетическую теорию жидкостей». Лауреат Сталинской премии (1947) [3. С. 283–284].

№ 3

Сообщение зарубежной печати о возможности создания бомб мегатонного класса

19 октября 1945 г.

«Таймс», 19.10.45.

Бомбы в 100 раз сильнее

Профессор Олифант¹, выступая в Бирмингеме 18.10, заявил, что атомные бомбы, применявшиеся против Японии, сейчас уже устарели. Сейчас могут производиться бомбы в 100 раз более сильные, т. е. равные 2 миллионам тонн взрывчатых веществ. Профессор считает, что можно создать бомбу в 1000 раз сильнее, взрыв которой отравит площадь в 2000 квадратных миль.

Профессор также сообщил, что еще в 1942 году ученые могли управлять распадом урана и получать электроэнергию до 1 миллиона киловатт.

АП РФ. Ф. 93, д. 9/45, л. 62–63. Перевод с английского газетной статьи.

¹ Олифант Маркус Лоренс Элвин (1901–2000) — австралийский физик, член Австралийской академии наук, президент в 1954–1957. В 1937–1950 профессор и директор физического отделения Бирмингемского ун-та [3. С. 201].

№ 4

Из информационного материала № 256^{1, 2}

Снятие копий и размножение воспрещается

22 октября 1945 г.³

Сов. секретно
(Особая папка)

Раздел № 4а

№ 256

Дата: 1945 г.

К вопросу об атомной бомбе

[...] ⁴

Разное

I. Сверхбомба

Применяя бомбы с «25»⁵ или «49»⁶ в качестве вспомогательного средства, рассчитывают вызвать ядерную реакцию в легких ядрах. Может быть, этот план и возможен, но он требует еще очень большой разработки и не представляет непосредственного интереса.

[...] ⁴

Верно: Кольченко

«22» октября 1945 года

Архив Росатома. Ф. 1, оп. 23, д. 378, л. 55–85. Заверенный перевод с английского. Подлинник.

¹ Опубликовано [4. С. 774–791].

² Материал был представлен Бюро № 2 на заседании Технического совета Специального комитета при СНК СССР 22 октября 1945 г. (протокол № 5) — см. документ № 6.

³ Датируется по дате, указанной ниже текста документа.

⁴ Далее опущен текст, непосредственно не относящийся к работам по сверхбомбе.

⁵ «25» — условное наименование урана-235.

⁶ «49» — условное наименование плутония-239.

№ 5

Из информационного материала № 257^{1, 2}

Снятие копий и размножение воспрещается

22 октября 1945 г.³

Сов. секретно

(Особая папка)

Раздел 4б

№ 257

Дата 1945 г.

Об атомной бомбе

[...] ⁴

3. Ведутся работы по созданию сверхбомбы, мощность которой может быть доведена до 1 миллиона тонн ТНТ^{5, 6}.

Принцип сверхбомбы заключается в том, чтобы, применяя небольшое количество урана-235 или же плутония-239 в качестве первоисточника, вызывать цепную ядерную реакцию в каком-нибудь веществе, менее дефицитном.

Верно: Земсков

«22» октября 1945 года

Архив Росатома. Ф. 1, оп. 23, д. 378, л. 89–90. Заверенный перевод с английского. Подлинник.

¹ Опубликовано [4. С. 791–792].

² Материал был представлен Бюро № 2 на заседании Технического совета Специального комитета при СНК СССР 22 октября 1945 г. (протокол № 5) — см. документ № 6.

³ Датируется по дате, указанной ниже текста документа.

⁴ Далее опущен текст, непосредственно не относящийся к работам по сверхбомбе.

⁵ ТНТ — тринитротолуол.

⁶ Далее абзац подчеркнут и выделен неустановленным лицом очерком на полях.

№ 6

Из протокола № 5 заседания Технического совета¹⁾ Специального комитета²⁾ при Совнарком СССР^{1, 2}

22 октября 1945 г.

Сов. секретно

(Особая папка)

Члены Технического совета: гг. Ванников Б.Л., Завенягин А.П., Капица П.Л., Кикоин И.К., Курчатov И.В., Махнев В.А., Харитон Ю.Б.

Присутствовали (по соответствующим вопросам): член Специального комитета при СНК СССР т. Первухин М.Г.; председатель Комитета по делам высшей школы при СНК СССР т. Кафтанов С.В.; народный комиссар просвещения РСФСР т. Потемкин В.П.; заместители начальника Первого главного управления при СНК СССР тт. Борисов Н.А., Мешик П.Я.; заместитель народного комиссара просвещения РСФСР т. Новиков С.А.; заместитель начальника ГУУЗа Наркомпроса РСФСР т. Суворов Н.П.; от Лаборатории № 2 Академии наук СССР проф. Арцимович Л.А.; работники Специального комитета тт. Судоплатов П.А., Сазыкин Н.С., Кобулов А.З., Василевский Л.П., Терлецкий Я.П., Рылов А.Н., Васин А.И.; работники Первого управления Госплана СССР тт. Столяров С.П., Мартынов Н.В.
[...]³

У. Доклады Бюро № 2³⁾

Доклад № 4:

- а) дополнительные данные о заводской продукции;⁴
- б) о типах первых испытанных экземпляров заводской продукции.⁵
(Докладчик доктор физико-математических наук Терлецкий Я.П.)

1. Поручить тт. Курчатову И.В. и Харитону Ю.Б. детально ознакомиться с материалами доклада и использовать их в своей работе.

2. Поручить т. Харитону Ю.Б. сообщить Бюро № 2, какие наиболее важные отправные данные материалов доклада № 4 должны войти в систематизированные сведения о конструкциях заводской продукции.

3. Поручить т. Курчатову И.В. ознакомить профессора Арцимовича Л.А. с разделом *Va* доклада «Дополнительные данные о заводской продукции».

4. Поручить тт. Курчатову И.В., Алиханову А.И., Харитону Ю.Б. продумать вопрос об организации работ по конструированию заводской продукции с применением менее дефицитных материалов по принципу, высказанному в п.3 доклада т. Терлецкого «О типах первых испытанных экземпляров заводской продукции», и свои соображения представить Техническому совету.

- 5. Материалы доклада т. Терлецкого Я.П. направить т. Курчатову И.В.
[...]⁶

Председатель Технического совета Б. Ванников

АП РФ. Ф. 93, д. 3/45, л. 33–37. Подлинник.

¹ Опубликовано [5. С. 22–26].

² Данный протокол был направлен В.А. Махневым Б.Л. Ванникову письмом № 3/69сс от 27 октября 1945 г. (АП РФ. Ф. 93, д. 4/45, л. 3). В письме, в частности, говорилось: «Л.П. Берия ознакомился с протоколом 24 октября. Прошу ознакомить с решениями Технического совета следующих тт.: По разделу II: тт. Завенягина А.П., Иоффе А.Ф., Кикоина И.К., Алиханова А.И. и Арцимовича Л.А. По разделу III: тт. Иоффе А.Ф., Алиханова А.И., Курчатова И.В. По разделу V: Доклад № 4: с пп.1, 2, 4 — тт. Курчатова И.В., Харитона Ю.Б., Алиханова А.И. Доклад № 5: с пп.1, 3 — тт. Курчатова И.В., Завенягина А.П.; с п.2 — тт. Курчатова И.В., Хлопина В.Г.».

³ Далее опущены разделы: I «О состоянии подготовки физиков по атомному ядру»; II «Об использовании электромагнита циклотрона, вывезенного из г. Цейтен (Германия), и деталей к нему,

обнаруженных в Чехословакии»; III «Об использовании высоковольтных установок, вывезенных из Германии»; IV «О мероприятиях по производству продукта 180 электролитическим методом».

⁴ Речь идет о материале № 256 Бюро № 2 — см. документ № 4.

⁵ Речь идет о материале № 257 Бюро № 2 — см. документ № 5.

⁶ Далее опущен раздел «Доклад № 5», непосредственно не относящийся к атомным бомбам и сверхбомбе.

№ 7

Докладная записка Л.П. Берия И.В. Сталину о встрече Я.П. Терлецкого¹ с Нильсом Бором² с целью получения информации по проблеме атомной бомбы³

8 ноября 1945 г.⁴

Сов. секретно

(Особая папка)

Экз. №

8 ноября 1945 г.

№ 1372/6

Товарищу Сталину И.В.

Известный физик профессор Нильс Бор, имевший отношение к работам по созданию атомной бомбы, вернулся из США в Данию и приступил к работам в своем Институте теоретической физики в Копенгагене.

Нильс Бор известен как прогрессивно настроенный ученый и убежденный сторонник международного обмена научными достижениями. Исходя из этого нами была послана в Данию, под видом розыска увезенного немцами оборудования советских научных учреждений, группа работников для установления контакта с Нильсом Бором и получения от него информации по проблеме атомной бомбы.

Посланные товарищи: полковник Василевский, кандидат физико-математических наук Терлецкий и переводчик инженер Арутюнов, найдя соответствующие подходы, связались с Бором и организовали с ним две встречи.

Встречи состоялись 14 и 16 ноября с. г. под предлогом посещения советским ученым т. Терлецким Института теоретической физики.

Тов. Терлецкий сказал Бору, что, находясь проездом в Копенгагене, счел своим долгом нанести визит известному ученому и что о лекциях Бора до сих пор тепло вспоминают в Московском университете.

В процессе бесед Бору был задан ряд вопросов, заранее подготовленных в Москве академиком Курчатовым и другими научными работниками, занимающимися атомной проблемой.

Перечень вопросов, ответы на них Бора, а также оценка этих ответов, данная академиком Курчатовым⁵, прилагаются.

Л. Берия

Верно: Черникова

Отпечатано в 3 экз.
Экз. № 1 — адресату
—«— № 2 — Секр[етариат] НКВД СССР
—«— № 3 — Отдел «С»
Исполнитель Судоплатов
Машинистка Крылова

[Приложение]

Из перечня вопросов, заданных Н. Бору, и ответов на них⁶

[...]⁷

21. **Вопрос:** Справедливо ли появившееся сообщение о работах по созданию сверхбомбы?

Ответ: Я думаю, что разрушающая сила уже изобретенной бомбы уже достаточно велика, чтобы смести с лица земли целые нации. Но я был бы рад открытию сверхбомбы, так как тогда человечество, быть может, скорее бы поняло необходимость сотрудничества. По существу же, я думаю, что эти сообщения не имеют под собой достаточной почвы. Что значит сверхбомба? Это или бомба большего веса, чем уже изобретенная, или бомба, изготовленная из какого-то нового вещества. Что же, первое возможно, но бессмысленно, так как, повторяю, разрушающая сила бомбы и так велика, а второе — я думаю, что нереально.

[...]⁸

Помета, от руки: *Ознакомить тов. Меркулова В.Н. Л. Берия 8/XII*; виза неустановленного лица, датированная 10/XII.

ГА РФ, Ф. Р9401сч, оп. 2, д. 102, л. 78–93. Заверенная копия.

¹ Терлецкий Яков Петрович (1912–1993) — физик-теоретик, д-р физ.-мат. наук (1945), профессор. В 1945–1950 сотрудник отдела «С» НКВД СССР — Бюро № 2 Специального комитета, а затем Комитета информации, где занимался обработкой научно-технической информации по атомной проблеме, поступающей по разведывательным каналам. Лауреат Ленинской (1972) и Сталинской (1951) премий. Встречи Я.П. Терлецкого с Н. Бором состоялись 14 и 16 ноября 1945 г. [8. С. 38–39].

² Бор Нильс Хендрик Давид (1885–1962) — выдающийся датский физик-теоретик, один из создателей современной физики, член Датского Королевского общества (1917), президент с 1939. С 1920 директор созданного им Ин-та теоретической физики, который стал международным центром физиков-теоретиков. Он создал международную школу физиков, в которую входил советский физик Л.Д. Ландау. После эмиграции из оккупированной Дании (1943) участвовал в работах по американскому атомному проекту [3. С. 39–40], [8. С. 21–44].

³ Опубликовано [ВИЕТ. 1994. № 4. С. 117–122].

⁴ Датируется по дате исходящего номера документа.

⁵ Записка И.В. Курчатова с оценкой ответов Н. Бора на заданные вопросы не публикуется.

⁶ Перечень вопросов и ответы на них Н. Бора были восстановлены по памяти Терлецким и Арутюновым 15 и 17 ноября [8. С. 38].

⁷ Далее опущены вопросы 1–20 и ответы на них, непосредственно не относящиеся к сверхбомбе.

⁸ Далее опущены вопрос 22 и ответ на него, непосредственно не относящиеся к сверхбомбе.

№ 8

Из протокола № 12 заседания Технического совета Специального комитета при Совнаркомех СССР^{1, 2}

17 декабря 1945 г.

Сов. секретно
(Особая папка)

Члены Технического совета: тт. Ванников Б.Л., Алиханов А.И., Вознесенский И.Н., Иоффе А.Ф., Капица П.Л., Кикоин И.К., Курчатов И.В., Махнев В.А., Харитон Ю.Б., Хлопин В.Г.

Присутствовали (при рассмотрении соответствующих вопросов): член Специального комитета при СНК СССР т. Первухин М.Г.; заместители начальника Первого главного управления при СНК СССР тт. Касаткин А.Г., Мешик П.Я.; руководитель сектора Лаборатории № 2 АН СССР т. Корнфельд М.И.; научные работники Лаборатории № 2 АН СССР тт. Померанчук Ю.Я.³, Гуревич И.И., Зельдович Я.Б.; работники Специального комитета при СНК СССР тт. Василевский Л.П., Васин А.И., Сазыкин Н.С., Сизов В.П.; ученый сотрудник Научно-технического совета проф. Левич В.Г.

[...]⁴

II. О возможности возбуждения реакций в легких ядрах (докладчик проф. Зельдович Я.Б.)⁵

1. Считать необходимым произвести систематические измерения эффективных сечений реакций в ядрах легких элементов, используя для этого высоковольтный электростатический генератор Харьковского физико-технического института.

2. Поручить проф. Зельдовичу Я.Б. в 3-дневный срок подготовить задания по изучению реакций в ядрах легких элементов и представить их на рассмотрение Технического совета.

[...]⁶

Председатель Технического совета Б. Ванников
Ученый секретарь Технического совета А. Алиханов

[Приложение]

Отчет И.И. Гуревича, Я.Б. Зельдовича, И.Я. Померанчука и Ю.Б. Харитона «Использование ядерной энергии легких элементов»

Не позднее 17 декабря 1945 г.⁷

Предлагается использование для взрывных целей ядерной реакции превращения дейтерия в водород и тритий, осуществляемого детонационным способом.

Введение

Весьма желательно расширение круга элементов, ядерная реакция которых может быть использована практически для энергетических или взрывных целей. До настоящего времени

все известные процессы практического использования ядерной реакции основывались на осуществлении цепной реакции деления: реакция происходит под действием нейтронов, при реакции образуются дополнительные нейтроны.

Ядерная реакция деления происходит лишь с ураном, торием и новыми, образующимися из урана и тория элементами.

Известно, что энергии ядерных реакций легких элементов, отнесенные на единицу веса, в ряде случаев больше энергии деления тяжелых ядер. Таким образом, запас энергии легких элементов не меньше, чем у тория или урана.

Ядерные реакции легких элементов рассматривались как источник энергии в звездах.

Процессы, предлагавшиеся для звездных реакций, отличаются тем, что в них входит бета-распад, требующий значительного времени, поэтому осуществление их в земных условиях невозможно.

Однако можно предложить ряд других реакций, без бета-распада, приводящих к выделению части ядерной энергии легких элементов. Во всех случаях для использования ядерной энергии легких элементов необходимо проведение ядерной реакции одноименно заряженных ядер. Реакция одноименно заряженных ядер всегда требует определенной минимальной энергии соударяющихся ядер; при меньшей энергии соударения вероятность реакции резко падает.

С другой стороны, заряженная частица гораздо чаще обменивается энергией с электронами и ядрами, нежели вступает в ядерную реакцию. Поэтому в обычных условиях (при невысоких температурах) в ядерную реакцию вступает весьма малая часть заряженных частиц, которым была сообщена начальная энергия; реакция будет затухающей.

Ядерная реакция будет происходить не затухая лишь при весьма высоких температурах всей массы, т. е. только в этом случае в среднем потеря энергии заряженной частицы компенсируется обратным процессом передачи энергии от высоконагретых электронов и ядер рассматриваемой частице.

Энергия ядерной реакции, распределенная между всеми ядрами и электронами, входящими в систему, достигает для многих реакций 1–2 МэВ.

Таким образом, этой энергии достаточно для возбуждения быстрой ядерной реакции.

В полном термическом равновесии значительная часть энергии превращается в излучение; это обстоятельство ограничивает равновесную среднюю энергию заряженных частиц величиной 5 000–15 000 эВ, совершенно недостаточной для проведения быстрой ядерной реакции.

Медленная ядерная реакция легких элементов, при средней энергии около 10 000 вольт, практически невозможна по той причине, что отвод энергии излучением в ходе медленной реакции приведет к быстрому падению температуры и полному прекращению реакции.

Условия проведения реакции

Исходя из вышеизложенного мы предлагаем осуществление реакции в условиях, отличающихся:

- а) большой энергией реакции, отнесенной на 1 частицу;
- б) малой энергией, необходимой для проведения реакции с большим сечением взаимодействия; для этого желательно использование реакции ядер с малым зарядом;
- в) проведением реакции в системе с наименьшими коэффициентом поглощения и коэффициентом испускания рентгеновых лучей с целью получить неравновесное распределение, при котором по возможности вся энергия была бы заключена в кинетической энергии

заряженных частиц, а количество энергии, перешедшей в излучение, было бы минимально. Для этой цели также необходимо применение ядер с малым зарядом;

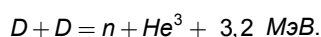
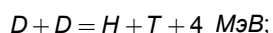
г) осуществлением реакции по типу детонации.

Смысл этого условия заключается в том, что по массе реагирующего вещества распространяется ударная волна; энергия разогрева в ударной волне того же порядка, что и энергия реакции. Разогрев в ударной волне происходит за весьма малое время, порядка времени пробега заряженных частиц. Вслед за этим разогретое в ударной волне вещество реагирует, выделяет энергию и расширяется, толкая дальше перед собой ударную волну. Процесс дает принципиально возможность взрыва неограниченного количества легкого элемента, пригодного для реакции, от заданного достаточно мощного начального импульса.

Подчеркнем, что суждение о возможности взрывной ядерной реакции связано с применением современной теории детонации, развитой в Институте химической физики.

Конкретное предложение

В качестве системы, удовлетворяющей выдвинутым условиям, нами предлагается дейтерий; при детонации дейтерия идут реакции:



Особенно ценным является то обстоятельство, что благодаря малому заряду ядер значительные сечения для реакции достигаются уже при малой энергии ($5 \cdot 10^{-26} \text{ см}^2$ для каждой реакции при энергии соударения относительно центра тяжести в 200 кэВ). По той же причине превращение кинетической энергии в излучение достаточно мало и составляет при средней энергии около 200 кэВ примерно 1/5 энергии, выделяющейся при ядерной реакции.

Минимальный диаметр длинного заряда дейтерия, судя по имеющимся данным о зависимости сечения реакции от энергии частиц, может не превышать 30 см. Обоснование приведенных цифр см. в Приложении.

Желательна наибольшая возможная плотность дейтерия, которая должна быть осуществлена применением его при высоком давлении.

Для облегчения возникновения ядерной детонации полезно применение массивных оболочек, замедляющих разлет.

Наиболее трудным вопросом является вопрос инициирования, т. к. в уране или в плутонии взрыв развивается сравнительно медленно и соответственно весьма значительная часть энергии взрыва успевает перейти в излучение, вследствие чего температура и давление ядер и электронов оказываются сравнительно невысокими.

В настоящее время остается неясным вопрос о влиянии излучения на процесс расширения урана, передающего давление дейтерию. Для улучшения условий инициирования представляется возможным применение урановых зарядов увеличенных размеров и специальной формы (кумуляция) и введение в дейтерий вблизи инициатора тяжелых элементов, которые могли бы воспринимать импульс излучения.

Однако даже при остающихся неясностях в вопросе инициирования нам представляется весьма существенным открытие системы, в которой от одного мощного импульса может быть вызвана ядерная детонация неограниченно большого количества вещества.

Верно: *Васин*

[Приложение к отчету]

Возможность проведения ядерной реакции определяется соотношением между энергией, выделяемой на излучение электромагнитных волн, и энергией ядерного расщепления. Если это отношение меньше единицы, то ядерная реакция может развиваться. Энергия, излучаемая в 1 сек в 1 см^3 , равна:

$$U_r = \frac{16}{3} \frac{e^2}{\hbar c} (1 + \beta) \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 V_e N^2 E. \quad (1)$$

Здесь V_e — скорость электрона; N — число электронов в 1 см^3 ; E — энергия электрона, включая покоящуюся; β учитывает излучение при столкновении между электронами, $\beta \cong 1$, а суммируемая с β отвечает столкновению электрона с дейтоном.

Энергия, выделяемая при ядерных расщеплениях в 1 сек в 1 см^3 , равна:

$$U_d = \sqrt{2} \sigma_c V_d N^2 \varepsilon, \quad (2)$$

где ε — энергия, выделяющаяся при одном акте ядерной реакции; σ_c — сечение расщепления; V_d — скорость дейтона.

$$\frac{U_r}{U_d} = \frac{1 + \beta}{120x}, \quad (3)$$

где x связано с σ_c соотношением:

$$\sigma_c = x \cdot 10^{-24} \text{ см}^2.$$

Формула (3) получена для энергий E , равных $1/2 \text{ МэВ}$.

Такое значение получается из учета разогрева дейтерия во фронте ядерной детонационной волны (по аналогии с разогревом газов в детонационной волне согласно теории Я.Б. Зельдовича) при полной энергии ядерной реакции 4 МэВ и ее равномерном распределении между всеми частицами (2 дейтона и 2 электрона).

Положив x равным $1/20$ (экспериментальные данные Аллена и др. *Phys. Rev.* 56, 383, 1939), получаем:

$$\frac{U_r}{U_c} = \frac{1 + \beta}{6}.$$

Таким образом, это отношение меньше единицы, что благоприятствует развитию ядерной реакции.

Детонационная волна может распространяться по дейтериевому «заряду» лишь в том случае, если его размер достаточно велик. Этот минимальный размер по порядку величины равен произведению скорости звука на время реакции. Последнее определяется выражением:

$$\tau = \frac{\Lambda}{V_d} = \frac{1}{\sqrt{2} N \sigma_c V_d}.$$

Скорость звука $c \cong \frac{2}{3} V_d$.

Критический диаметр

$$d \cong c \cdot \tau \cong \frac{3}{2\sqrt{2} N \sigma_c} \cong \frac{1}{2} \text{ метра}. \quad (4)$$

Эта величина может фактически оказаться меньшей, если «заряд» будет заключен в массивную оболочку, и также благодаря тому, что будет происходить альтернативная реакция $D(D,n)He^3$, которая будет увеличивать энергию выделения и сокращать время реакции.

Верно: *Васин*

АП РФ. Ф. 93, д. 3/45, л. 171–176, 178–180. Протокол — подлинник, приложение — заверенная копия.

Углануу Селуулар 10.
АМЭ
17.12.47

Сав. Селуулар 65

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

И.И.Гуревич
Я.Б.Зельдович
И.Я.Померанчук
В.Б.Харитон

Предлагается использование для взрывных целей ядерной реакции превращения дейтерия в водород и тритий, осуществляемое детонационным способом

Введение

Весьма желательное расширение круга элементов, ядерная реакция которых может быть использована практически для энергетических или взрывных целей. До настоящего времени все известные процессы практического использования ядерной реакции основывались на осуществлении цепной реакции деления: реакция происходит под действием нейтронов, при реакции образуются дополнительные нейтроны.

Ядерная реакция деления происходит лишь с ураном, торием и новыми, образующимися из урана и тория элементами.

Известно, что энергии ядерных реакций легких элементов, отнесенные на единицу веса, в ряде случаев больше энергии деления тяжелых ядер. Таким образом, запас энергии легких элементов не меньше, чем у тория или урана.

Ядерные реакции легких элементов рассматривались как источник энергии в звездах.

Процессы, предлагающиеся для звездных реакций, отличаются тем, что в них входит бета-распад, требующий значительного времени поэтому осуществление их в земных условиях невозможно.

Однако, можно предложить ряд других реакций, без бета-распада приводящих к выделению части ядерной энергии легких элементов. Во всех случаях для использования ядерной энергии легких элементов необходимо проведение ядерной реакции одновременно заряженных

Качуу
1947 г. 12.17.47 №12

№	14
№	1232/13

РАСЕКРЕЧЕНО

Хранишь секрет
с шифром

Сов. секретно.

Копия
ОСОБАЯ ПАСПОРТ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.

И.И.Гуревич
Я.Б.Зельдович
И.Я.Померанчук
Ю.Б.Харитон.

Предлагается использование для взрывных целей ядерной реакции превращения дейтерия в водород и тритий, осуществляемое детонационным способом.

Введение.

Весьма желательно расширение круга элементов, ядерная реакция которых может быть использована практически для энергетических или взрывных целей. До настоящего времени все известные процессы практического использования ядерной реакции основывались на осуществлении цепной реакции деления: реакция происходит под действием нейтронов, при реакции образуются дополнительные нейтроны.

Ядерная реакция деления происходит лишь с ураном, торием и новыми, образующимися из урана и тория элементами.

Известно, что энергии ядерных реакций легких элементов, отнесенные на единицу веса, в ряде случаев больше энергии деления тяжелых ядер. Таким образом, запас энергии легких элементов не меньше, чем у тория или урана.

Ядерные реакции легких элементов рассматривались как источник энергии в звездах.

Процессы, предлагавшиеся для звездных реакций, отличаются тем, что в них входит бета-распад, требующий значительного времени, поэтому осуществление их в земных условиях невозможно.

Однако, можно предложить ряд других реакций, без бета-распада приводящих к выделению части ядерной энергии легких элементов. Во всех случаях для использования ядерной энергии легких элементов необходимо проведение ядерной реакции одновременно заряженных ядер. Реакция одноименнозаряженных ядер всегда требует определенной минимальной энергии соударяющихся ядер; при меньшей энергии соударения вероятность реакции резко падает.

¹ Опубликовано [5. С. 52–59].

² Данный протокол был направлен В.А. Махневым Б.Л. Ванникову письмом № 3/218сс от 17 декабря 1945 г. (АП РФ. Ф. 93, д. 4/45, л. 70). В письме, в частности, говорилось: «Тов. Берия Л.П. ознакомился с протоколом 19 декабря. Прошу Вас ознакомить с решениями Технического совета следующих товарищей: по разделу II — т. Курчатова И.В.; по разделу III — т. Касаткина».

³ Померанчук Ю.Я. (Померанчук И.Я.) — Померанчук Юзик (Исаак) Яковлевич. Здесь и далее сохраняются инициалы, указанные в подлинниках документов.

⁴ Далее опущен раздел I «О получении продукта 180 способом разделения при низких температурах». Продукт 180 — условное наименование тяжелой воды.

⁵ К данному заседанию Технического совета был представлен отчет И.И. Гуревича, Я.Б. Зельдовича, И.Я. Померанчука и Ю.Б. Харитона «Использование ядерной энергии легких элементов». Оригинал отчета с рукописным указанием грифа «Сов. секретно» и резолюцией И.В. Курчатова: «Ученому секретарю ТС (подчеркнуто). И. Курчатова. 17.12.45» хранится в Архиве Президента Российской Федерации (АП РФ. Ф. 93, д. 4/45, л. 59–65) — см. иллюстрацию первого листа отчета. Согласно помете на оригинале отчета с него были сняты две копии, одна из которых (с грифом «Сов. секретно. Особая папка») приложена к публикуемому протоколу — см. приложение, а вторая (с грифом «Сов. секретно. Особая папка. Хранить наравне с шифром» — см. иллюстрацию) приложена ко второму экземпляру протокола, направленному в ПГУ (Архив Росатома. Ф. 2, д. 47709). После смерти И.В. Курчатова среди хранившихся у него документов была найдена копия оригинала отчета И.И. Гуревича, Я.Б. Зельдовича, И.Я. Померанчука и Ю.Б. Харитона, не имевшая грифа секретности. В настоящее время она находится на хранении в архиве РНЦ «Курчатовский институт» (Ф. 2, оп. 1, ед. хр. 197) и ошибочно датирована 1946 г. Указанная копия опубликована в журнале «Успехи физических наук» (1991. т. 161. № 5. С. 171–175). Отметим, что ни одна из имеющихся четырех версий отчета не подписана авторами.

⁶ Далее опущены разделы III «О состоянии производства бериллия и колумбия (ниобия) в СССР» и IV «Краткое содержание доклада № 11 Бюро № 2».

⁷ Датируется по дате проведения заседания Технического совета Специального комитета при СНК СССР.

II. ДОКУМЕНТЫ 1946 г.

№ 9

Из справки Ю.Б. Харитона по атомным бомбам и сверхбомбе с использованием ядерных реакций легких элементов^{1, 2}

1 января 1946 г.³
Сов. секретно
(Особая папка)

I. Состояние вопроса на 1/1 46 г.

[...]⁴

4. Вопросы сверхбомбы

Проанализирован вопрос о возможности использования легких элементов. Анализ экспериментальных данных о сечениях для ядерных реакций и теоретическое рассмотрение вопроса показывают, что в принципе⁵ возможна ядерная детонация легких элементов, причем наиболее подходящим веществом является тяжелый водород.

Ю. Харитон⁶

Архив Росатома. Ф. 24, оп. 18, д. 5, л. 57 (с об). Автограф.

¹ Опубликовано [4. С. 82–83].

² Наряду с автографом документа имеется его машинописная незаверенная копия, снятая 2 января 1946 г. На копии помета, от руки: *Лично т. Ванникову. В. Махнев. 2/II* (Архив Росатома. Ф. 24, оп. 18, д. 5, л. 55–56).

³ Датируется по дате, указанной в собственном заголовке документа.

⁴ Далее опущены разделы 1–3, относящиеся к атомным бомбам.

⁵ В машинописной копии справки далее приписано: *по-видимому*.

⁶ Харитон Юлий Борисович (1904–1996) — физик и физикохимик, акад. АН СССР (1953; чл.-корр. 1946). Родился в Петербурге. В 1925 окончил Ленинградский политехнический ин-т. С 1921 работал в Ленинградском физико-техническом ин-те. В 1926–1928 стажировался в Кавендишской лаборатории у Э. Резерфорда. В 1928 ему была присуждена ученая степень доктора философии. С 1931 сотрудник Ин-та химической физики АН СССР. По совместительству работал в других научно-исследовательских учреждениях. В начале 1942 Ю.Б. Харитон был прикомандирован к Научно-исследовательскому ин-ту № 6 Наркомата боеприпасов в Москве, в 1944 был консультантом, а в 1945 сотрудником Лаборатории № 2 АН СССР. В 1939–1940 совместно с Я.Б. Зельдовичем выполнил одно из первых исследований осуществимости цепной ядерной реакции деления урана. С 1946 по 1996 работал в КБ-11 (РФЯЦ-ВНИИЭФ), где руководил работами по созданию ядерного оружия. В 1946–1952 гл. конструктор, в 1952–1959 гл. конструктор и научный руководитель, в 1959–1992 научный руководитель, а с конца 1992 почетный научный руководитель РФЯЦ-ВНИИЭФ. Трижды Герой Соц. Труда (1949, 1951, 1954). Лауреат Ленинской (1957) и Сталинских (1949, 1951, 1953) премий. Награжден пятью орденами Ленина, медалью им. И.В. Курчатова (1974) и медалью им. М.В. Ломоносова (1982) [3. С. 288], [9. С. 432], [10. С. 9].

№ 10

Из информационного материала № 458^{1, 2}

28 января 1946 г.³

Снятие копий и размножение воспрещается

Сов. секретно
Хранить наравне с шифром
Экз. № 1
Раздел Д-14л
№ 458
Дата 1945

[...]⁴

Общие замечания о разработке проекта вообще

После пробного взрыва в Тринити программа разработки проекта будет изменена, если взрыв удастся. Персонал будет значительно изменен. Работам придадут производственный характер. Научные исследования значительно сократятся. Производство «49»⁵ и отливки взрывчатых веществ для взрыва вовнутрь будут продолжены в промышленных масштабах. Исследовательские работы будут в значительной степени посвящены разработке пустотелой бомбы, которую еще не научились применять с уверенностью вследствие асимметричных взрывов вовнутрь инициаторов и т. д.

Намечаются также экспериментальные работы по «сверхбомбе» — бомбе D_2 . До сих пор в отношении этого орудия имеются лишь теоретические предположения. Перспектива невелика, но чувствуется, что изучением этой бомбы следует заняться, по крайней мере до тех пор, пока не установят, что она неосуществима.

Еще не решили способа применения «25»⁶ — методом выстрела или методом взрыва вовнутрь.

[...]⁴

20. В настоящее время намечается экспериментальное применение сплошной бомбы, действующей по принципу взрыв вовнутрь, с сердечником из активного материала, состоящего на 2/3 из «25» и на 1/3 из «49». Возможно, это несколько уменьшит освобождаемую энергию, но это даст возможность использования доступного «25» и, следовательно, производства большего количества бомб. Недостаток активного материала — это основной фактор, определяющий количество выпускаемых бомб. Сейчас производятся вычисления возможного результата применения такого смешанного сердечника. Еще нет уверенности в том, что он будет использован.

Намечается организация теоретических исследований для изучения «сверхбомбы» — бомбы, основанной на применении дейтерия. Это не означает, что сверхбомба будет изготовлена. Прежде всего следует установить, осуществима ли она.

[...]⁴

Верно: (Горелик)
Материал обработал: Терлецкий

«28» января 1946 г.

Архив Росатома. Ф. 1, оп. 23, д. 401, л. 81–113. Заверенный перевод с английского. Подлинник.

¹ Опубликовано [4. С. 806–817].

² Материал был представлен на заседании Технического совета Специального комитета при СНК СССР 28 января 1946 г. (протокол № 16) [5. С. 69–72].

³ Датируется по дате, указанной ниже текста документа.

⁴ Далее опущены сведения, непосредственно не относящиеся к работам по сверхбомбе.

⁵ «49» — условное наименование плутония-239.

⁶ «25» — условное наименование урана-235.

№ 11

Из информационного материала № 462^{1, 2}

Снятие копий и размножение воспрещается

28 января 1946 г.³

*Сов. секретно
(Особая папка)*

Хранить наравне с шифром

Раздел Д-14к

№ 462

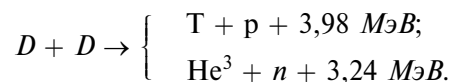
Дата 1945 г.

Обзор по вопросу об атомной бомбе

[...]⁴

Сверхбомба

Для термоядерной реакции лучше всего применять легкое ядро, потому что для него кулоновский барьер меньше и меньше потеря энергии за счет электронов на радиацию. Наибольший успех обещают следующие реакции:



Предполагается, что в последующей реакции дейтерий имеет нормальную плотность в жидком виде, т.е. $4,2 \cdot 10^{22}$ атом/см³. Имеющаяся общая энергия составляет приблизительно 10^{17} эрг/см³, или 2,5 тонны TNT/см³.

Обе реакции почти в одинаковой степени возможны. Поперечное сечение для реакции $D(D,n)$ следующее:

$E, \text{кэВ}$	16	20	40	120	300	
$\sigma, \text{б[арн]}$	0,00025	0,0005	0,0043	0,02	0,05	10^{-24} см^2 ($10^{-24} \text{ см}^2 = 1 \text{ барн}$)

Поперечное сечение точно следует формуле Гамова:

$$\sigma = \frac{\text{const}}{v^2} e^{-\frac{2\pi}{137} \frac{c}{v}}$$

Следующие решения упрощены, что обычно приводит к логарифмическим особенностям, которых можно избежать с помощью точных выводов. Численные величины в конечных формулах выводятся из точных уравнений.

Потеря энергии на излучение

Если бы было установлено тепловое равновесие между частицами и излучением, нагрев дейтерия до необходимой температуры был бы невозможен. В действительности теплового равновесия нет, и следует рассматривать скорость перехода энергии от электронов к излучению. Она происходит из-за излучения, если электрон проходит вблизи ядра, и на единицу времени и единицу объема будет:

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{rad} = \frac{16}{3} \frac{e^6 n^2 Z^3 v}{c^3 \hbar m} = \frac{64}{3\sqrt{2\pi}} \frac{e^6 Z^3}{mc^3 \hbar} n^2 \sqrt{\frac{kT}{m}},$$

где n — число атомов на единицу объема; Z — атомный номер; v — скорость электрона; m — масса электронов.

Для дейтронов:

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{rad} = 1,68 \cdot 10^{-25} n^2 \sqrt{\theta} \text{ эрг/см}^3/\text{сек} = 2,97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} \text{ эрг/см}^3/\text{сек},$$

где θ — температура в эВ (во всей серии лекций).

Образование энергии

Применение формулы Гамова и закона распределения Максвелла к дейтронам (с приведенными массами двух сталкивающихся ядер) дает число столкновений в виде интеграла

$$\int v dv \cdot e^{-\left\{\frac{v^2+V}{a^2}\right\}} a^2 = 2RT/M, \quad V = \frac{2\pi}{137} c,$$

где M — уменьшенная масса, вычисленная методом наиболее резкого понижения. При этом достигается следующий результат.

$$\text{Скорость столкновения } R = 2,2 \cdot 10^{-12} n^2 \theta^{-2/3} e^{-187,8/\theta^{1/3}} \frac{1}{\text{см}^3 \cdot \text{с}}.$$

Скорость образования энергии: $\left(\frac{dw}{dt}\right)_{образ} = R w$, [где] w — образование энергии на столкновение.

Идеальная температура воспламенения T_i может быть определена при условии, если скорость образования энергии и скорость потери энергии на излучение одинаковы.

$$w = 4,71 \cdot 10^{-8} \theta_i^{7/6} e^{187,8/\theta_i^{1/3}} \text{ МэВ}.$$

Для $w = 3,65$ $\theta_i = 26,7$ кэВ.

Переход энергии от электронов в ядра

Потеря энергии на излучение происходит, главным образом, за счет электронов. Поэтому электроны несколько более охлаждены, чем ядра. Мы переоцениваем разницу в температуре, предполагая, что электроны получают энергию лишь от столкновения с ядрами, и не учитываем того, что они могут получать энергию непосредственно от продуктов реакции.

1. Если ядро находится в покое, оно получает от электрона кинетическую энергию, равную e^2/vb , где v — скорость электрона, b — расстояние до ближайшего столкновения.

При этом передается полная энергия, равная

$$\int \frac{1}{2M} (e^2/vb)^2 2\pi b db \cdot v n^2,$$

которая приводит к $\frac{4\pi}{M} \frac{e^4 n^2}{v} \int \frac{1}{b} db$.

Правильное решение дает для интеграла значение 9. Верхний предел для b выводится из экранирования, вызываемого другими электронами.

2. Скорость перехода энергии f вообще является функцией энергии E ядра. Поскольку скорость ядра по сравнению со скоростью электронов мала, то можно разложить формулу по степеням E и оставить лишь первую степень:

$$f(E) = f(0) + Ef'(0).$$

При равновесии, когда электроны на ядрах имеют одинаковую температуру, $f(E) = 0$. Это условие дает $f'(0)$, выраженное через $f(0)$. Устанавливаем, что скорость перехода энергии

$$\left(\frac{dw}{dt}\right)_{\text{переход}} = \frac{0,66 \cdot 10^{26}}{\sqrt{\theta}} \left[\frac{\theta_{\text{ядерн}}}{\theta_{\text{электр}}} - 1 \right].$$

Из уравнения

$$\left(\frac{dw}{dt}\right)_{\text{переход}} + \left(\frac{dw}{dt}\right)_{\text{рад}} = 0$$

следует, что разница температур между ядрами и электронами незначительна.

Вторичные реакции

Тритон из реакции $D + D = T + p$ имеет возможность вызывать реакцию $T + D = He^4 + n + 17,6 \text{ МэВ}$. Другие реакции (например, $He^3 + D$ или $H + D$) менее вероятны. Поперечное сечение для этой реакции имеет следующую формулу:

$$\sigma = \frac{A(v)}{v^2} e^{-1,37 \cdot 10^6/v} = \frac{B(E)}{E} e^{-1,72/\sqrt{E}},$$

E — в МэВ, $B(0) = 50$, σ — в барнах,

где $A(v)$ постоянно до энергии, равной 70–80 кэВ, и понижается почти на 10 до 700 кэВ⁵.

Начальная энергия тритона равна приблизительно 1 МэВ. Потеря энергии на электроны вычисляется в основном тем же способом, что и переход энергии из ядер в электроны. Результат следующий:

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{\text{электр}} = \frac{8}{3M_T} (2\pi m)^{1/2} e^4 n (kT_{\text{электр}})^{-3/2} w = 4 \cdot 10^{14} \theta_{\text{электр}}^{-3/2} w / \text{сек}.$$

Если потерей энергии на ядра пренебречь, то получается решение $v = v_0 e^{-2 \cdot 10^{14} t / \theta^{3/2}}$ и диапазон $\int v dt = \theta^{3/2} v_0 / 2 \cdot 10^{14}$, т.е. 10 см, или $v_0 = 10^4$ см/сек, $\theta = 10$ кэВ. Потеря энергии на ядра: применение формулы Резерфорда для небольших углов дает

$$-\frac{dw}{dt} = \frac{M_T M_D}{(M_T^2 M_D^2)} w \cdot 8\pi \left(\frac{Z_T Z_D e^2}{M v^2} \right)^2 n v \int \frac{d\theta}{\theta} = 2\pi^{3/2} \frac{M_T^2}{M_D} \frac{Z_T^2 Z_D^2 e^4}{\sqrt{w}} \int \frac{d\theta}{\theta},$$

где M — приведенная масса, v — относительная скорость.

Более точное вычисление дает для интеграла значение 10. Оно приводит к

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{\text{ядерн}} = \frac{0,1325}{\sqrt{w}} \text{ эрг/сек.}$$

При 300 кэВ, например, доля энергии, поступающей от ядер, составляет 200 эрг/сек, доля энергии от электронов = 70 эрг/сек.

Таким образом,

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right) = \frac{4 \cdot 10^{14} w}{\theta^{3/2}} + \frac{0,1325}{\sqrt{w}}; \quad -\frac{dv}{dt} = \frac{2 \cdot 10^{14} v}{\theta^{3/2}} + \frac{1,69 \cdot 10^{34}}{v^2}.$$

Вероятность реакции $T + D$:

$$p = \int \frac{vn\sigma}{(-dv/dt)} dv.$$

Численное интегрирование дает:

θ , кэВ	10	15	20
p , %	9	12	16

Поэтому получаемая при столкновении $D + D$ полная энергия равна

$$w = (3,65 + 0,55p \cdot 17,4) \text{ МэВ}$$

(0,55 выражает относительную вероятность $D + D \rightarrow T + H$ по сравнению с $D + D \rightarrow He + n$). Такое действие снижает идеальную температуру воспламенения от 26,7 кэВ до 19,4 кэВ.

Добавление тритона

Реакция тритона может произойти также при тепловых энергиях. Поэтому может быть полезным добавление тритона. В этом случае уравнение для температуры воспламенения следующее:

$$\begin{aligned} n_D^2 \frac{2,21}{\theta^{2/3}} 10^{-12} e^{-187,8/\theta^{1/3}} w_{DD} + n_D n_T \frac{377 \cdot 10^{-12}}{\theta^{2/3}} e^{-199,5/\theta^{1/3}} w_{TD} = \\ = \frac{1,68 \cdot 10^{-25}}{1,6 \cdot 10^{-6}} (n_D + n_T)^2 \theta^{1/2}. \end{aligned}$$

Содержание тритона, %	0	0,1	0,2	0,3	0,5
Температура воспламенения, кэВ	19,4	16,6	14,4	12,9	10,6

Имеется одно неудобство: большая часть энергии от реакции $T + D$ содержится в нейтронах, длина пробега которых очень велика (около 25 см, если предположить, что поперечное сечение D равно одному барну. Поперечное сечение неизвестно).

В Клинтонском котле было получено небольшое количество T в результате реакции $Li^6 + n = He^4 + T + 4,6 \text{ МэВ}$, поперечное сечение которой равно приблизительно 60 барн для медленных нейтронов. В настоящее время возможно получение нескольких молей T в год из непрореагировавших нейтронов в котле большого масштаба.

T можно производить попеременно в котле с «25» или в котле с «49». В таком случае следует применять бомбу с «25» или «49» в качестве инициатора, причем для основной загрузки чистого D смесь T, D служит бустером.

Масштаб времени для возбуждения

Если не учитывать эффекта истощения материала и эффекта образования тритона, то получается

$$\begin{aligned}\frac{dw_m}{dt} &= \text{— потери на излучение} + \text{генерация энергии} = \\ &= -2,97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} + \frac{0,63 \cdot 10^{28} w}{\theta^{2/3}} e^{-187,8/\theta^{1/3}},\end{aligned}$$

где w_m — энергия материальных частиц. Предполагается, что $w = 4 \text{ МэВ}$ (включая некоторую энергию для реакции $T + D$). Также $w_m = 3/2 \cdot 2n \cdot kT = 2,02 \cdot 10^{11} \theta$. Отсюда

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{10^{-11}}{2,02} \frac{dw_m}{dt}, \text{ приблизительно } \frac{d\theta}{dt} = \text{const}(\theta - \theta_i), \text{ const} = \frac{d}{d\theta} \left(\frac{dw_m}{dt} \right)_{\theta=\theta_i} \cong 10^7.$$

Т[аким] о[бразом], $\theta \cong \theta_i + \text{const} \cdot e^{10^7 t}$. Таким образом, масштаб времени для возбуждения — порядка 10^{-7} сек, если только оно не начинается с температуры, значительно более высокой, чем температура воспламенения.

Потери на излучение, вызываемые комптоновскими столкновениями

Если имеется поле излучения, то потеря излучения фактически сначала увеличивается вследствие комптоновских столкновений электронов и фотонов. Для находящегося в покое электрона поперечное сечение определяется с помощью формулы Томпсона

$$\sigma_0 = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 = 0,66 \cdot 10^{-24}.$$

Передаваемая кинетическая энергия составляет энергию порядка $h\nu/c$, отсюда переход энергии порядка $(h\nu/c)^2/m$. Отсюда

$$\frac{dw}{dt} \sim \frac{h^2 v^2}{mc^2} n N c \sigma_0 = \frac{\sigma_0}{mc} n h \nu E_R,$$

где N — число фотонов на единицу объема; E_R — энергия излучения на единицу объема; $h\nu \sim kT_R$, T_R также = температуре излучения

$$\frac{dw}{dt} = 4n \frac{\sigma_0}{mc} E_R k T_R.$$

Раскрывая формулу через значения энергии электрона и оставляя только первый член, мы вообще получаем

$$\frac{dw}{dt} = 4n \frac{\sigma_0}{mc} E_R k (T_R - T_{\text{электр}}), \quad E_R = 137 \cdot \theta_R^4.$$

Находим, что эта потеря излучения равна нормальной потере излучения, если

$$8,9 \cdot 10^5 \theta_R^4 (\theta_{\text{электр}} - \theta_R) = 2,97 \cdot 10^{20} \theta_{\text{электр}}^{1/2}$$

или $\theta_R \cong 4270 / \theta_{\text{электр}}^{1/8}$, если $\theta_{\text{электр}} = 20 \text{ кэВ}$, то тогда $\theta_R = 1,3 \text{ кэВ}$.

Поэтому следует тщательно избегать поля излучения (такого, которое может произойти в бомбе с «25» или «49») в участке, где происходит возбуждение.

Для достижения этой цели имеются два способа:

1. Изготовить полость с зарядом из бомбы с «25» или «49» в качестве взрывчатого вещества, которое производит быструю струю дейтерия. Последнюю можно выстрелить в мишень дейтерия.

2. Использовать комптоновские столкновения фотонов из бомбы с «25» или «49» для образования струи дейтерия. Чтобы это дало успех, следует оставить открытым «окошко» в заполнителе, окружающем бомбу, с тем чтобы излучение проходило через это окошко, в которое помещается дейтерий.

Потеря энергии, вызываемая излучением, образованным в дейтерии

Вычисления показали, что «цвет» излучения, образованного в дейтерии, соответствует приблизительно 2/3 температуры электронов. Если $\theta_R = q\theta_{\text{электр}}$, а $q = 0$, то мы переоцениваем потерю энергии. Если $q = 2/3$, то мы ее недооцениваем. В таком случае потеря энергии, вызываемая комптоновским столкновением, равна

$$\frac{dw}{dt} = -6500 E_R \theta_{\text{электр}} (1 - q).$$

Если предположить, что имеется прекрасно отражающая стенка, включающая объем V , с выпускным отверстием участка S для излучения, то

$$\frac{dE_R}{dt} = 2,97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} + 6500 E_R \theta (1 - q) - \frac{1}{4} S c E_R / V.$$

Если предположить, что $\theta = \text{const}$, E_R стремится к асимптотическому значению, то

$$E_R \rightarrow \frac{2,97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta}}{\frac{c}{4} \frac{S}{V} - 6500 \theta (1 - q)}.$$

Это значение приближается ко времени порядка 10^{-8} сек.⁶ Поэтому общая потеря излучения составляет

$$2,97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} \left[1 + \frac{6500 \theta (1 - q)}{\frac{c}{4} \frac{S}{V} - 6500 \theta (1 - q)} \right].$$

Для $\theta = 20000$ эВ, $V/S = l$ (например, слой толщины l , ограниченный с одной стороны отражающей стенкой)

$$2,97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} \left[1 + \frac{1 - q}{60/l - (1 - q)} \right].$$

Для умеренных значений l (скажем, 20 см) получается существенное увеличение потери на излучение.

Теплопроводность

Поперечное сечение переноса электронов в поле ядер составляет

$$\sigma_r = \int (1 - \cos \theta) \frac{1}{4} \left(\frac{e^2}{mv^2} \right)^2 \frac{2\pi \sin \theta d\theta}{\sin^4 \theta / 2} = 4\pi (e^2/mv^2)^2 L; \quad L = \int \frac{d(\sin \theta / 2)}{\sin \theta / 2}.$$

Значение расходящегося интеграла при более точном вычислении, как обычно, равно приблизительно 10. Для $v = 10^{10}$, $\sigma_r \cong 7 \cdot 10^{-22}$ средний свободный путь $\lambda \cong 1/30$ см.

Теплопроводность $K \cong 3/2kn\lambda \frac{v}{3} \alpha k \frac{m^2 v^5}{e^4} \alpha T^{5/2}$.

Уточнение вычислений дало формулу

$$K = k \cdot 2,0 \cdot 10^{20} \theta^{5/2}.$$

На куб длины a потеря энергии на объем равна

$$\frac{3\pi^2}{a^2} kT \cong 10^{10} \theta^{7/2} / a^2.$$

Таким образом,

$$\frac{\text{кондукционные потери}}{\text{потери нормального излучения}} \cong \frac{10^{-10}}{3a^2} \theta^3,$$

или приблизительно 2/3 для $\theta = 20$ кэВ, $a = 20$ см. Эту потерю можно уменьшить с помощью магнитного поля, если R — это радиус кривизны пути электронов в отрицательном поле. В таком случае для мощных полей λ в формуле для K следует заменить [на] R^2/λ , где $R = \frac{c}{e} \frac{mv}{H}$.

Уточнение вычислений дает

H/H_c	0	0,5	1,0	2	4	6
K_H/K_0	1	0,55	0,27	0,12	0,055	0,031

[здесь] $H_c = 2,12 \cdot 10^6 (T/\text{кэВ})^{-1,5}$ гаусс;

K_0 = теплопроводность без поля;

K_H = теплопроводность с полем.

Асимптотическая формула следующая:

$$\frac{K_H}{K_0} = 1,47 \frac{H_c^2}{H^2}.$$

Применение магнитного поля для уменьшения теплопроводности

Поскольку масштаб времени для воспламенения очень велик, теплопроводность может вызвать серьезные потери. Их можно уменьшить с помощью магнитного поля. Если магнитное поле H выражается в единицах $H_c = 2,12 \cdot 10^6 T^{-1,5}$ гаусс (T в кэВ), то теплопроводность K равна

K/K_0	1	0,55	0,27	0,12	0,055	0,031
H/H_c	0	0,5	1,0	2	4	6

K_0 — теплопроводность без магнитного поля. Если $H \gg H_c$, $K = 1,47 K_0 H_c^2 / H^2$.

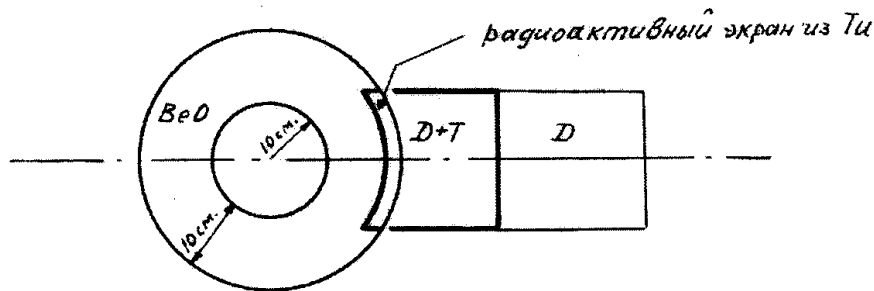
Необходимый для воспламенения объем вычислен на одномерной модели. Если предположить, что распределение первоначальной температуры имеет вид $T_0 e^{-x^2/a^2}$, то реакция произойдет при условии, что T_0 выше, чем критическое значение, приведенное ниже.

a , см	10	13	17
$(T_0)_{\text{критич}}$, кэВ	50	40	30

В это вычисление включены конечная серия продуктов распада, а также действие вторичных реакций. Кроме того, включены теплопроводность и расширение вещества.

Все проекты в отношении возбуждения в сверхбомбе, представленные до сих пор, весьма неопределенны. Один из них, заслуживающий наибольшего предпочтения, состоит в следующем: в центре находится бомба с «25» (около 100 кг «25») пушечного типа. Она окружена заполнителем из BeO, хорошо отражающим нейтроны и пропускающим излучение. Часть поверхности из BeO покрывается металлическим ураном в качестве предохранителя от действия излучения. За этим предохранителем находится смесь D + T, подогреваемая нейтронами, исходящими из бомбы.

Если применяется магнитное поле, то смесь D + T может иметь кольцеобразную форму. При этом имеет значение лишь поперечная теплопроводность. За смесью T + D находится чистый D.



Верно: Горелик
Материал обработал: Терлецкий

«28» января 1946 г.

Архив Росатома. Ф. 1, оп. 23, д. 401, л. 119–156. Заверенный перевод с английского. Подлинник.

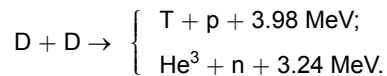
[Приложение]⁷

The Super

Lecture series by Fermi:

Most of the work was done by Teller and his group.

For a thermonuclear reaction it is preferable to use a light nucleus, because the Coulomb barrier is smaller and the energy loss from the electrons to radiation is smaller. The most promising reactions are



In the following Deuterium is always assumed at normal liquid density, i. e. 4.2×10^{22} at/cm³. Total energy available is about 10^{17} erg/cm³ or $2\frac{1}{2}$ tons TNT/cm³.

The two reactions are about equally likely. The cross-section for D(D,n) reaction is

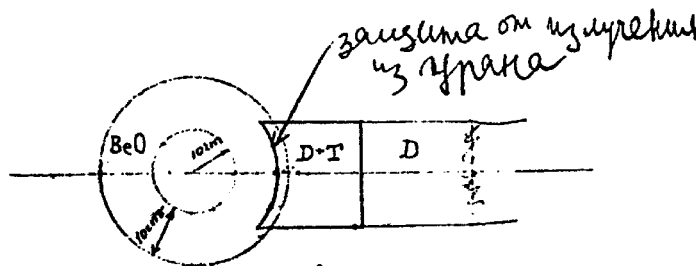
E, keV	16	20	40	120	300
	0.00025	0.0005	0.0043	0.02	0.05
	10^{-24} cm^2				
	($10^{-24} \text{ cm}^2 = \text{one «barn»}$)				

The cross section follows closely the Gamov formula

$$\sigma = \frac{\text{const}}{v^2} e^{-\frac{2\pi c}{137 v}}$$

Все проекты в отношении возбуждения в сверхборе,
 представленные до сих пор, весьма неопределенны. Один из
 них, заслуживший наибольшего предпочтения, состоит в
 следующем: в центре находится бомба с "25" /около 100 кг
 "25"/, пучечного типа. Она окружена заполнителем из BeO ,
 хорошо отражающим нейтроны и пропускающим излучение.
 Часть поверхности из BeO покрывается металлическим ура-
 ном в качестве предохранителя от действия излучения. На
 этом предохранителе находится смесь D+T , подогреваемая
 нейтронами, исходящими из бомбы.

Если применяется магнитное поле, то смесь D+T
 может иметь кольцеобразную Торку. При этом имеет значе-
 ние лишь поперечная теплопроводность. На смеси T+D на-
 ходится чистый D .



Верно: *Юрешин*

/ГОРЕЛКИ/

Материал обработан:

Юрешин /ТЕРЕБИЦКИЙ/

" 28 " января 1946 г.

The following derivations are simplified, leading usually to logarithmic singularities, which can be avoided by using exact derivations. The numerical factors given in the final formula are derived from exact equations.

Loss of energy to radiation

If thermal equilibrium between particles and radiation were established, it would be impossible to heat deuterium to required temperature. In actual fact there will be no thermal equilibrium and we have to consider rate of energy transfer from electrons to radiation. This arises from radiation, if electron passes near nucleus and is per unit time and unit volume.

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{rad} = \frac{16 e^6 n^2 Z^3 v}{3 c^3 \hbar m} = \frac{64 e^6 Z^3}{3\sqrt{2\pi} mc^3 \hbar} n^2 \sqrt{\frac{kT}{m}},$$

n = number of atoms per unit volume; Z = atomic number; v = velocity of electron; m = mass of electrons. For deuterons:

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{rad} = 1.68 \cdot 10^{-25} n^2 \sqrt{\theta} \text{ erg/cm}^3/\text{sec} = 2.97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} \text{ erg/cm}^3/\text{sec},$$

θ = temperature in eV (throughout the whole lecture series).

Energy production

Using the Gamov formula and Maxwell distribution for the deuterons (with reduced mass of the two colliding nuclei), the number of collisions is given by an integral

$$\int v dv \cdot e^{-\left[\frac{v^2}{a^2} + \frac{V}{v}\right]} a^2 = 2RT/M, \quad V = \frac{2\pi}{137} c,$$

M = reduced mass which is evaluated by the method of steepest descent. Result:

Rate of collision $R = 2.2 \cdot 10^{-12} n^2 \theta^{-2/3} e^{-187.8/\theta^{1/3}} / \text{cm}^3/\text{sec}$.

Rate of energy production $\left(\frac{dw}{dt}\right)_{prod} = R w$, w = energy production per collision.

The ideal ignition temperature T_i is defined by the condition that rate of energy production and rate of energy loss to radiation be equal

$$w = 4.71 \cdot 10^{-8} \theta_i^{7/6} e^{187.8/\theta_i^{1/3}} \text{ MeV}.$$

For $w = 3.65$, $\theta_i = 26.7$ keV.

Energy transfer from electrons to nuclei:

The energy loss to radiation arises mostly from electrons which are therefore slightly cooler than nuclei. We overestimate the temperature difference by assuming that the electrons receive energy only from collision with nuclei, and neglect that they may receive energy directly from reaction products.

1) If nucleus is at rest, it receives from an electron a momentum e^2/vb , where v = velocity of electron, b = distance of closest approach. Total energy transferred =

$$\int \frac{1}{2M} (e^2/vb)^2 2\pi b db \cdot v n^2,$$

which leads to $\frac{4\pi e^4 n^2}{M v} \int \frac{1}{b} db$, correct derivation gives the value 9 for the integral. The upper limit for b is derived from screening due to other electrons.

2) The rate of energy transfer f is in general a function of the energy E of the nucleus. Since the velocity of the nucleus is small compared to the velocity of the electrons, one can expand in powers of E and needs to retain only the first term $f(E) = f(0) + E f'(0)$.

In equilibrium, when the electrons on nuclei have same temperature, $f(E) = 0$. This condition gives $f'(0)$ in terms of $f(0)$. For the rate of energy transfer one finds

$$\left(\frac{dw}{dt}\right)_{transfer} = \frac{0,66 \cdot 10^{26}}{\sqrt{\theta}} \left[\frac{\theta_{nuc}}{\theta_{elec}} - 1 \right].$$

The equation

$$\left(\frac{dw}{dt}\right)_{transfer} + \left(\frac{dw}{dt}\right)_{rad} = 0$$

gives the result that the temperature difference between nuclei and electrons is negligible.

Secondary reactions

The triton from the $D + D = T + p$ reaction has a chance of giving rise to the reaction $T + D = He^4 + n + 17.6$ MeV. Other reactions (e.g. $He^3 + D$ or $H + D$) are less likely. The cross-section for this reaction is of the form

$$\sigma = \frac{A(v)}{v^2} e^{-1.37 \cdot 10^9/v} = \frac{B(E)}{E} e^{-1.72/\sqrt{E}}, \quad E \text{ in MeV, } B(0) = 50, \sigma \text{ in barns,}$$

where $A(v)$ is constant up to an energy of 70–80 keV and decreases by about a factor 10 up to 700 keV.

The triton starts with an energy of about 1 MeV; the energy loss to electrons is calculated essentially by the same method as for the energy transfer from nuclei to electrons, with the result

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right)_{elec} = \frac{8}{3M_T} (2\pi m)^{1/2} e^4 n (kT_{elec})^{-3/2} w = 4 \cdot 10^{14} \theta_{elec}^{-3/2} w / \text{sec.}$$

If the loss to nuclei is neglected, one has the solution $v = v_0 e^{-2 \cdot 10^{14} t / \theta^{3/2}}$ and a range $\int v dt = \theta^{3/2} v_0 / 2 \cdot 10^{14}$, i.e. 10 cm for $v_0 = 10^4$ cm/sec, $\theta = 10$ keV. Energy loss to nuclei: using Rutherford formula for small angles one gets

$$-\frac{dw}{dt} = \frac{M_T M_D}{(M_T^2 M_D^2)} w \cdot 8\pi \left(\frac{Z_T Z_D e^2}{Mv^2} \right)^2 n v \int \frac{d\theta}{\theta} = 2\pi^{3/2} \frac{M_T^2 Z_T^2 Z_D^2 e^4}{M_D \sqrt{w}} \int \frac{d\theta}{\theta}.$$

M = reduced mass, v = relative velocity.

More exact calculation gives a value 10 for the integral. Leads to

$$\left(-\frac{dw}{dt}\right)_{nucl} = \frac{0.1325}{\sqrt{w}} \text{ erg/sec.}$$

At 300 keV for example contribution from nuclei is 200 erg/sec, from electrons 70 erg/sec. Thus

$$-\left(\frac{dw}{dt}\right) = \frac{4 \cdot 10^{14} w}{\theta^{3/2}} + \frac{0.1325}{\sqrt{w}}; \quad -\frac{dv}{dt} = \frac{2 \cdot 10^{14} v}{\theta^{3/2}} + \frac{1.69 \cdot 10^{34}}{v^2}.$$

Probability of T + D reaction:

$$p = \int \frac{vn\sigma}{(-dv/dt)} dv.$$

Numerical integration gives:

$\theta, \text{ keV}$	10	15	20
$p, \%$	9	12	16

The total energy gained in a D + D collision is therefore

$$w = (3.65 + 0.55p \cdot 17.4) \text{ MeV}$$

(0.55 is relative probability of $D + D \rightarrow T + H$ compared to $D + D \rightarrow He + n$). This effect reduces the ideal ignition temperature from 26.7 keV to 19.4 keV.

Addition of triton

The triton reaction can also proceed at thermal energies and therefore the addition of triton will help. The equation for the ignition temperature then is

$$n_D^2 \frac{2.21}{\theta^{2/3}} 10^{-12} e^{-187.8/\theta^{1/3}} w_{DD} + n_D n_T \frac{377 \cdot 10^{-12}}{\theta^{2/3}} e^{-199.5/\theta^{1/3}} w_{TD} =$$

$$= \frac{1.68 \cdot 10^{-25}}{1.6 \cdot 10^{-6}} (n_D + n_T)^2 \theta^{1/2}, \quad (w \text{ in MeV}).$$

Triton content, %	0	0.1	0.2	0.3	0.5
Ignition temperature, keV	19.4	16.6	14.4	12.9	10.6

There is one disadvantage: Most of the energy from the T + D reaction is carried by the neutron, which has a large range (about 25 cm, if the neutron cross-section of D is assumed to be one barn; the cross-section is not known).

A small amount of T has been produced in the Clinton pile by the $\text{Li}^6 + n = \text{He}^4 + \text{T} + 4.6 \text{ MeV}$ reaction, which has a cross-section of about 60 barns for slow neutrons. Production of a few moles per year from the waste neutrons in a large scale pile would be possible. Alternatively it could be produced in pile of 25 or 49. The scheme would then be to use a 25 or 49 gadget as initiator, the T,D mixture as a booster for the main charge of pure D.

Time scale for initiation

Neglecting the effect of depletion of the material and the effect of production of triton, one has

$$\frac{dw_m}{dt} = \text{--- radiation loss} + \text{energy production} = -2.97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} + \frac{0.63 \cdot 10^{28} w}{\theta^{2/3}} e^{-187.8/\theta^{1/3}},$$

where w_m = energy of material particles. Assuming $w = 4 \text{ MeV}$ (to include some energy for T + D reaction). Also $w_m = 3/2 \cdot 2n \cdot kT = 2.02 \cdot 10^{11} \theta$. Hence $\frac{d\theta}{dt} = \frac{10^{-11}}{2.02} \frac{dw_m}{dt}$, approximately $\frac{d\theta}{dt} = \text{const}(\theta - \theta_i)$, $\text{const} = \frac{d}{d\theta} \left(\frac{d\theta}{dt} \right)_{\theta=\theta_i} \cong 10^7$.

Thus $\theta \cong \theta_i + \text{const} \cdot e^{10^7 t}$. Thus the time scale for initiation is of the order 10^{-7} sec, unless one starts from a temperature appreciably higher than the ignition temperature.

Radiation loss due to Compton collision

If there is a radiation field, the radiation loss actually increases at first, owing to Compton collisions of electrons and photons. For an electron at rest the cross-section is given by the Thomson formula

$$\sigma_0 = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 = 0.66 \cdot 10^{-24}.$$

Momentum transfer is of order $h\nu/c$, hence energy transfer of order $(h\nu/c)^2/m$. Hence $\frac{dw}{dt} \sim \frac{h^2 v^2}{mc^2} n N c \sigma_0 = \frac{\sigma_0}{mc} n h \nu E_R$, N = number of photons per unit volume, E_R = energy of radiation per unit volume. Also $h\nu \sim kT_R$, T_R = temperature of radiation $\frac{dw}{dt} = 4n \frac{\sigma_0}{mc} E_R k T_R$. Using the trick of expanding in terms of the energy of the electron and retaining only the first term one has in general

$$\frac{dw}{dt} = 4n \frac{\sigma_0}{mc} E_R k (T_R - T_{elec}), \quad E_R = 137 \theta_R^4.$$

One finds that this radiation loss is equal to the normal radiation loss if $8.9 \cdot 10^5 \theta_R^4 (\theta_{elec} - \theta_R) = 2.97 \cdot 10^{20} \theta_{elec}^{3/2}$ or $\theta_R \cong 4270 / \theta_{elec}^{1/8}$. If $\theta_{elec} = 20 \text{ keV}$, then $\theta_R = 1.3 \text{ keV}$. Hence one has to be very careful to avoid a radiation field (such as would occur in the 25 or 49 gadget), in the region in which initiation takes place.

Two schemes have been proposed for this purpose:

1) To make a cavity charge with the 25 or 49 gadget as explosive, which produces a high speed deuterium jet, which may be shot into a deuterium target.

2) To use Compton collisions of photons from a 25 or 49 gadget to produce a deuterium jet. In order to make this effective, a « window » should be left open in the tamper surrounding the gadget, so that the radiation is canalized into this window into which the deuterium is placed.

Loss due to radiation produced in the deuterium

Calculations have shown that the «color» of the radiation produced in the deuterium corresponds to about 2/3 the temperature of the electrons. If $Q_R = q\theta_{elec}$ we overestimate the loss if $q = 0$ and underestimate it if $q = 2/3$. The loss due to Compton collision then is

$$\frac{dw}{dt} = -6500 E_R \theta_{elec} (1-q).$$

Assume perfectly reflecting wall enclosing volume V with escape hole of area S for radiation. Then

$$\frac{dE_R}{dt} = 2.97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} + 6500 E_R \theta (1-q) - \frac{1}{4} S c E_R / v.$$

Assuming $\theta = \text{constant}$, E_R tends to the asymptotic value

$$E_R \rightarrow \frac{2.97 - 10^{20} \sqrt{\theta}}{\frac{c S}{4 v} - 6500 \theta (1-q)}.$$

This value is approached in a time of the order of 10^{-8} sec. The total radiation loss is therefore

$$2.97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} \left[1 + \frac{6500 \theta (1-q)}{\frac{c S}{4 v} - 6500 \theta (1-q)} \right].$$

For $\theta = 20,000 \text{ eV}$, $V/S = l$ (e.g. layer of thickness l bounded on one side by reflecting wall)

$$2.97 \cdot 10^{20} \sqrt{\theta} \left[1 + \frac{1-q}{\frac{60}{l} - (1-q)} \right].$$

For reasonable values of l (say 20 cm), one has therefore a substantial increase in the radiation loss.

Heat conductivity

The transport cross-section of electrons in the field of the nuclei is

$$\sigma_{tr} = \int (1 - \cos \theta) \frac{1}{4} \left(\frac{e^2}{mv^2} \right)^2 \frac{2\pi \sin \theta d\theta}{\sin^4 \theta/2} = 4\pi (e^2/mv^2)^2 L; \quad L = \int \frac{d(\sin \theta/2)}{\sin \theta/2}.$$

As usual, the divergent integral has a value of about 10, if evaluated more correctly. For $v = 10^{10}$, $\sigma_{tr} \cong 7 \cdot 10^{-22}$, mean free path $\lambda \cong 1/30 \text{ cm}$.

$$\text{Heat conductivity } K \cong 3/2 kn \lambda \frac{v}{3} \alpha k \frac{m^2 v^5}{e^4} \alpha T^{5/2}.$$

Refined calculations of Weinberg + Serber produced the formula

$$K = k \cdot 2.0 \cdot 10^{20} \theta^{5/2}.$$

In a cube of length a the loss per volume is

$$\frac{3\pi^2}{a^2} kT \cong 10^{10} \cdot \theta^{7/2} / a^2.$$

Thus $\frac{\text{conduction loss}}{\text{normal radiation loss}} \cong \frac{10^{-10}}{3a^2} \theta^3$ or about 2/3 for $\theta = 20$ keV, $a = 20$ cm.

This loss can be reduced by using a magnetic field, if R is the radius of curvature of the path of the electrons in the negative field, then for strong fields λ in the formula for K is to be replaced by R^2/λ , where $R = \frac{c}{e} \frac{mv}{H}$. Refined calculations by Landshoff gave the result

H/H_c	0	0.5	1.0	2	4	6
K_H/K_0	1	0.55	0.27	0.12	0.055	0.031

$H_c = 2.12 \cdot 10^6 (T/\text{keV})^{-1.5}$ Gauss;

K_0 = heat conductivity without field;

K_H = heat conductivity with field

The asymptotic formula is $\frac{K_H}{K_0} = 1.47 \frac{H_c^2}{H^2}$.

Use of magnetic field to reduce heat conductivity

Since the time scale for ignition is very long, serious losses arise from heat conductivity. These may be reduced by using a magnetic field. If the magnetic field H is expressed in units of $H_c = 2.12 \cdot 10^6 T^{-1.5}$ gauss (T in keV), the heat conductivity K is

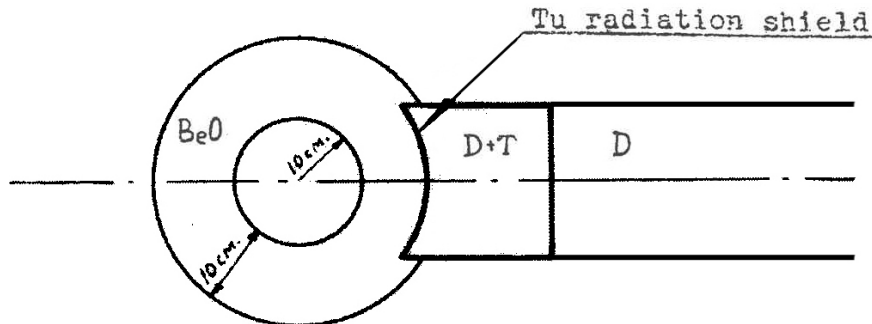
K/K_0	1	0.55	0.27	0.12	0.055	0.031
H/H_c	0	0.5	1.0	2	4	6

K_0 = heat conductivity without magnetic field. If $H \gg H_c$, $K = 1.47 K_0 H_c^2 / H^2$.

The volume required for ignition has been calculated for one dimensional model. Assuming an initial temperature distribution of the form $T_0 e^{-x^2/a^2}$, the reaction will proceed provided T_0 is larger than a critical value given below

a , cm	10	13	17
$(T_0)_{\text{crit}}$, keV	50	40	30

The finite range of the reaction products as well as the effect of secondary reactions are included in this calculation. Also the heat conductivity, and expansion of the material.

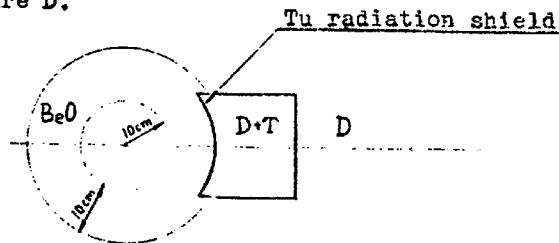


$T_0 e^{-x^2/a^2}$, the reaction will proceed provided T_0 is larger than a critical value given below

a	10	13	17 cm
$(T_0)_{crit}$	50	40	30 keV

The finite range of the reaction products as well as the effect of secondary reactions are included in this calculation. Also the heat conductivity, and expansion of the material.

So far all, schemes for initiation of the super are rather vague. The one in highest favour is as follows: At the centre is a 25 gadget (about 100 kg of 25), shot together by a gun. It is surrounded by a BeO tamper which has good neutron reflection properties and is transparent for radiation. Part of the surface of the BeO is covered with Tuballoy as a shield against radiation and behind this shield is a D+T mixture, which is heated by the neutrons escaping from the gadget. If a magnetic field is used the D+T mixture might be in the form of an annular ring, so that only the transverse heat conductivity matters. Beyond the T+D mixture is pure D.



J. J. ...
21.11.91

So far, all schemes for initiation of the super are rather vague. The one in highest favour is as follows: At the centre is a 25 gadget (about 100 kg of 25), shot together by a gun. It is surrounded by a BeO tamper which has good neutron reflection properties and is transparent for radiation. Part of the surface of the BeO is covered with Tuballoy as a shield against radiation and behind this shield is a D + T mixture, which is heated by the neutrons escaping from the gadget. If a magnetic field is used the D + T mixture might be in the form of an annular ring, so that only the transverse heat conductivity matters. Beyond the T + D mixture is pure D.

¹ Опубликовано в извлечении [4. С. 817–823].

² Материал был представлен на заседании Технического совета Специального комитета при СНК СССР 28 января 1946 г. (протокол № 16) [5. С. 69–72].

³ Датируется по дате, указанной ниже текста документа.

⁴ Далее опущены сведения, непосредственно не относящиеся к работам по сверхбомбе.

⁵ Так в документе; следует: *в 10 раз* — см. приложение.

⁶ Так в документе; следует: *Приближение к этому значению происходит за время 10^{-8} сек.* Кроме того, слово «то» в предыдущей фразе является излишним — см. приложение.

⁷ Текст раздела «Сверхбомба» материала № 462 на английском языке представлен СВР России без указания архивной легенды. СВР представлен также экземпляр перевода на русский язык материала № 462 с автографом Я.Б. Зельдовича — см. иллюстрацию.

№ 12

Из информационного материала № 464^{1, 2}

Снятие копий и размножение воспрещается

28 января 1946 г.³

Сов. секретно

Хранить наравне с шифром

Экз. № 1

Раздел Д-14м

№ 464

Дата 1945 г.

Заметки о конструкции атомной бомбы

[...] ⁴

Разное. При взрыве вовнутрь давление в центре, где взрывается инициатор, эквивалентно 200 000 атмосфер. На проволоку мостика в детонаторе подавалось напряжение в 5 600 вольт.

Взрыв 22 июля ⁵ по эффективности равен взрыву эквивалента 1 300 тонн TNT.

Установили, что эффективность составляла 6–13 %, потому что сила взрыва вовнутрь и разрушительный эффект в результате атомного взрыва не оставляют времени для 100%[-ного] использования материала. Он используется лишь на 6–13 %. В связи с этим в настоящее время эксперименты проводятся лишь по сверхбомбе. В этой бомбе при первом атомном взрыве должен взорваться вовнутрь второй шар из «49» и, таким образом, повысить эффективность

и количество освобождаемой энергии. До сих пор по сверхбомбе проводилось очень мало работ.

[...]⁴

Верно: Горелик
Материал обработал: Терлецкий

«28» января 1946 года

Архив Росатома. Ф. 1, оп. 23, д. 401, л. 157–172. Заверенный перевод с английского. Подлинник.

¹ Опубликовано [4. С. 823–830].

² Материал был представлен на заседании Технического совета Специального комитета при СНК СССР 28 января 1946 г. (протокол № 16) [5. С. 69–72].

³ Датируется по дате, указанной ниже текста документа.

⁴ Далее опущены фрагменты текста, непосредственно не относящиеся к работам по сверхбомбе.

⁵ Так в документе. Взрыв первой атомной бомбы был произведен 16 июля 1945 г.

№ 13

Из информационного материала № 466^{1, 2}

Снятие копий и размножение воспрещается

28 января 1946 г.³

Сов. секретно
(Особая папка)

Хранить наравне с шифром

Экз. № 1

Раздел Д-140

№ 466

Дата 1945

К вопросу о конструкции бомбы

[...]⁴

10. Производятся некоторые теоретические исследования по вопросу сверхбомбы: один проект предусматривает бомбу с обыкновенным метательным снарядом и мишенью, возбуждающими смесь дейтерия с тритием, которая, в свою очередь, возбуждает определенное количество дейтерия.

[...]⁴

Верно: Горелик
Материал обработал: Терлецкий

«28» января 1946 г.

Архив Росатома. Ф. 1, оп. 23, д. 401, л. 175–189. Заверенный перевод с английского. Подлинник.

¹ Опубликовано [4. С. 830–833].

² Материал был представлен на заседании Технического совета Специального комитета при СНК СССР 28 января 1946 г. (протокол № 16). На заседании Технического совета было принято решение о передаче данного и других представленных на заседании информационных материа-