

Ядерные реакции

Сарахман Ирина Дмитриевна

Содержание:

1. Энергия связи атомного ядра

2. Ядерные реакции

3. Цепная ядерная реакция

4. Термоядерный синтез

5. Ядерный реактор

6. Применение ядерной энергии

7. Блок контроля

8. Глоссарий

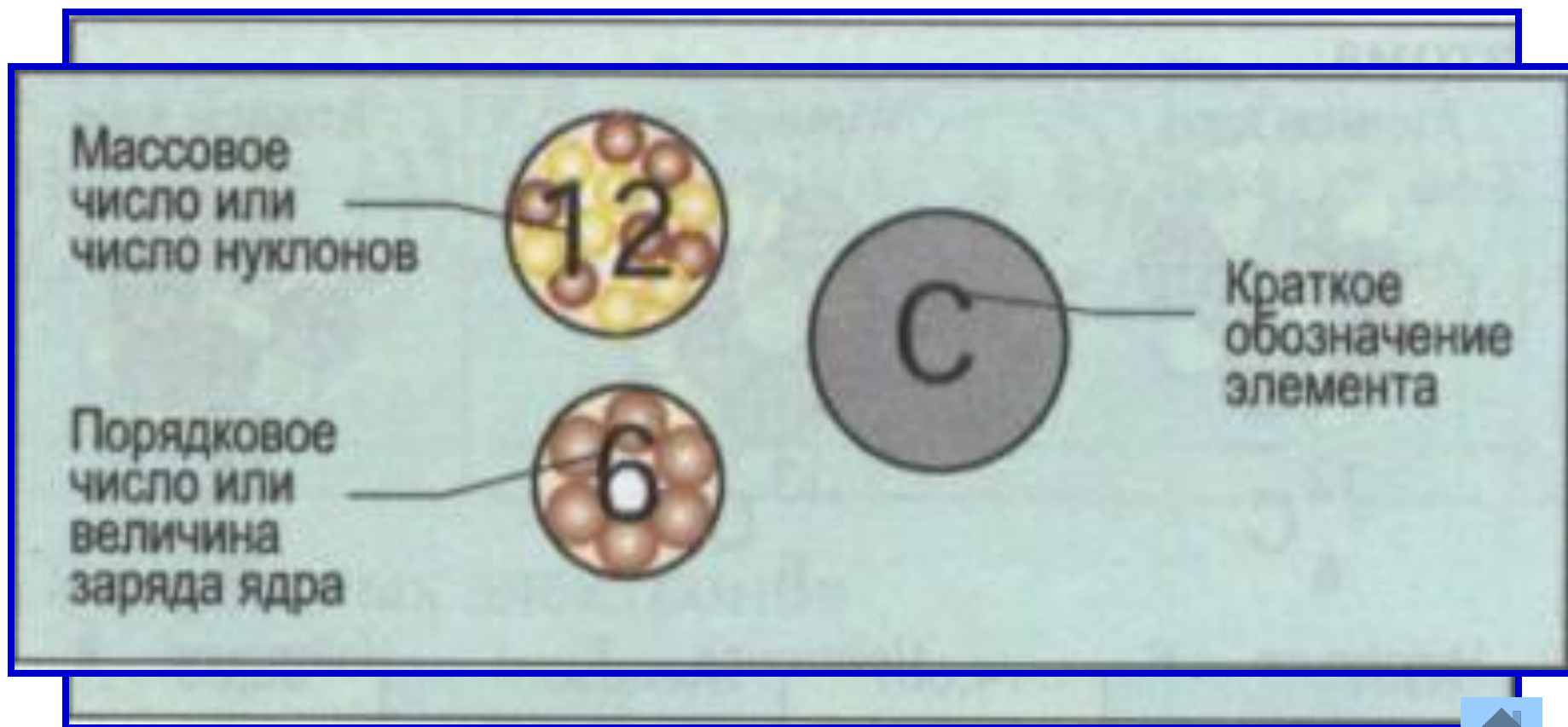
9. Литература



Часть I
Энергия
связи
атомного
ядра



Вспомните, каков состав ядра атома



**Энергия связи атомного
ядра - энергия, которая
необходима
для полного расщепления
ядра
на отдельные нуклоны**

$$E = m \cdot c^2$$

$$E_{\text{св}} = \Delta M \cdot c^2$$



Дефект масс- ΔM -
разность масс покоя
нуклонов,
составляющих ядро
атома,

и массы целого ядра

$$M_{\text{я}} < Z \cdot m_p + N \cdot m_n$$

$$\Delta M = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\text{я}}$$

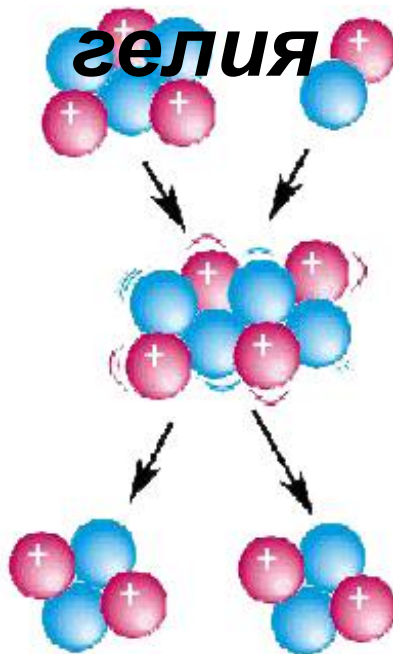
На 1 а.е.м. приходится
энергия связи = 931 МэВ



Сравнение ядерной энергии и тепловой

Синтез

4 г



=

Сгорание

2 вагонов каменного
угля



Удельная энергия связи- энергия связи, приходящаяся

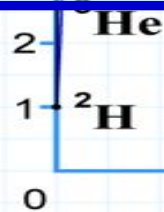
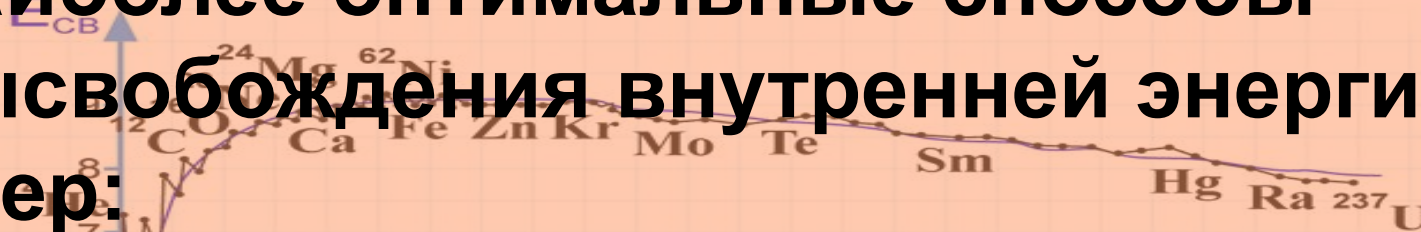
$$E_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

на один нуклон ядра

Наиболее оптимальные способы
высвобождения внутренней энергии
ядер:

- деление тяжелых ядер;

- синтез легких ядер.



МАССОВОЕ ЧИСЛО
ЯДРА АТОМА



Часть 2

Ядерные реакции



Ядерные реакции - искусственные преобразования

Условия:

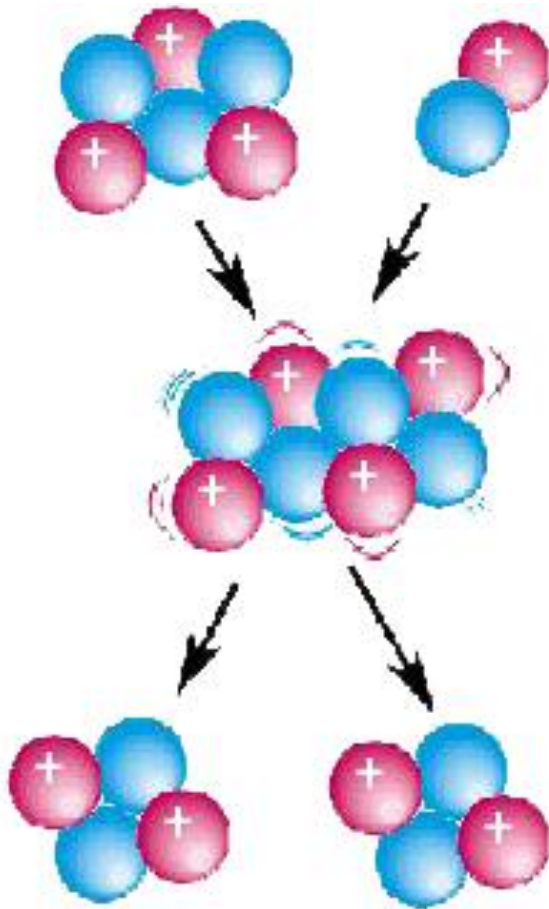
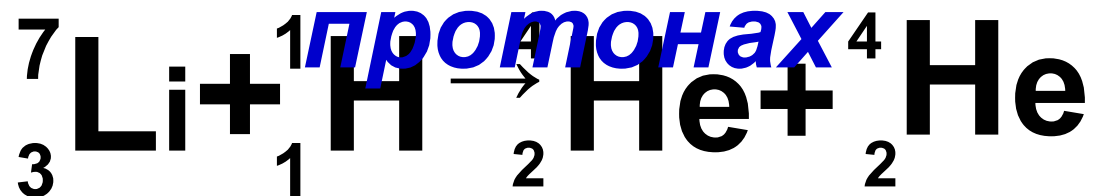
- 1) Частицы вплотную приближаются к ядру
и попадают в сферу действия ядерных сил;**
- 2) Частицы должны обладать большой**



Первые ядерные реакции

Э. Резерфорд, 1932

2.
Ядерная реакция
на быстрых



Классификация ядерных реакций:

1. По энергии частиц, которые их вызывают:

малые энергии ≈ 100 эВ; средние ≈ 1 МэВ;
высокие ≈ 50 МэВ.

2. По виду ядер, которые участвуют в реакции:

реакции на легких ядрах ($A < 50$), средних
($50 < A < 100$)

и тяжелых ядрах ($A > 100$);

3. По природе бомбардирующих частиц:

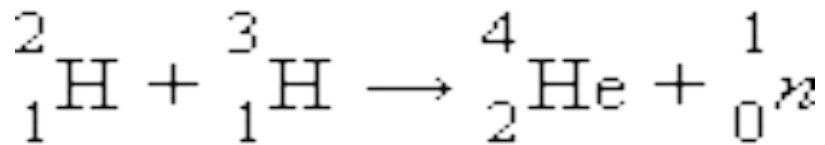
реакции на нейтронах, квантах, заряженных частицах;



Энергетический выход ядерных реакций $E = \Delta m \cdot c^2$ - разность энергий покоя ядер и частиц

до реакции и после реакции

Приме



$$\Delta m = (m_{{}^2_1\text{H}} + m_{{}^3_1\text{H}}) - (m_{{}^4_2\text{He}} + m_{{}^1_0\text{n}})$$

Если $E < 0$, то энергия выделяется
(экзотермическая);

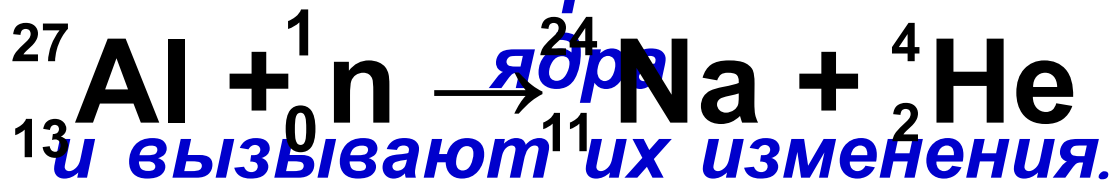
Если $E > 0$, то энергия поглощается
(эндотермическая).



Ядерные реакции на нейтронах

1934 г., Э.Ферми - облучали нейтронами почти все элементы периодической системы.

Нейтроны, не имея заряда, беспрепятственно проникают в атомные



Реакции на быстрых нейтронах.

Реакции на медленных нейтронах

(более эффективны, чем быстрые;

и замедляют в обычной воде)



Деление ядер

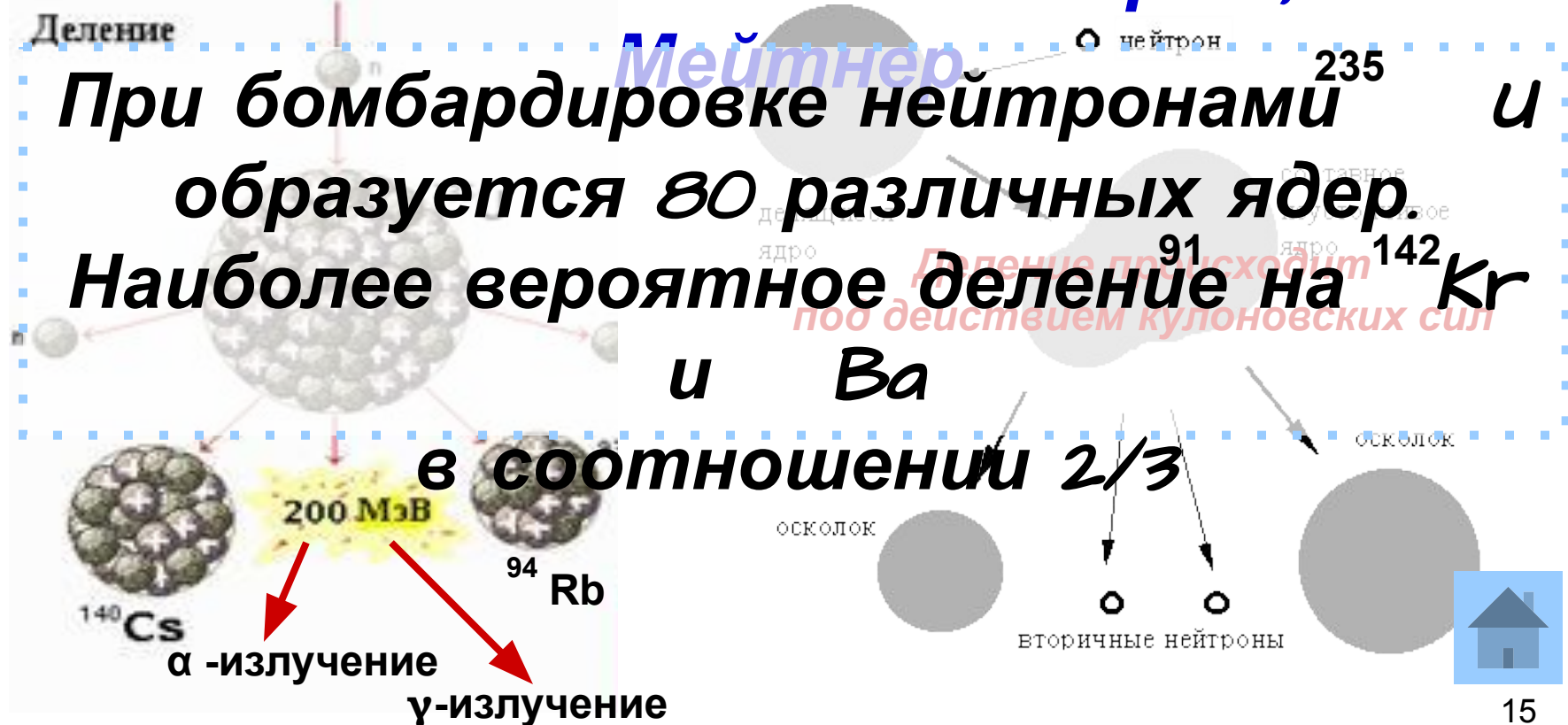
Открытие в 1938 г. О.Ган, Ф. Штрассман

Объяснение в 1939 г. О.Фриш, Л.

Мейтнер

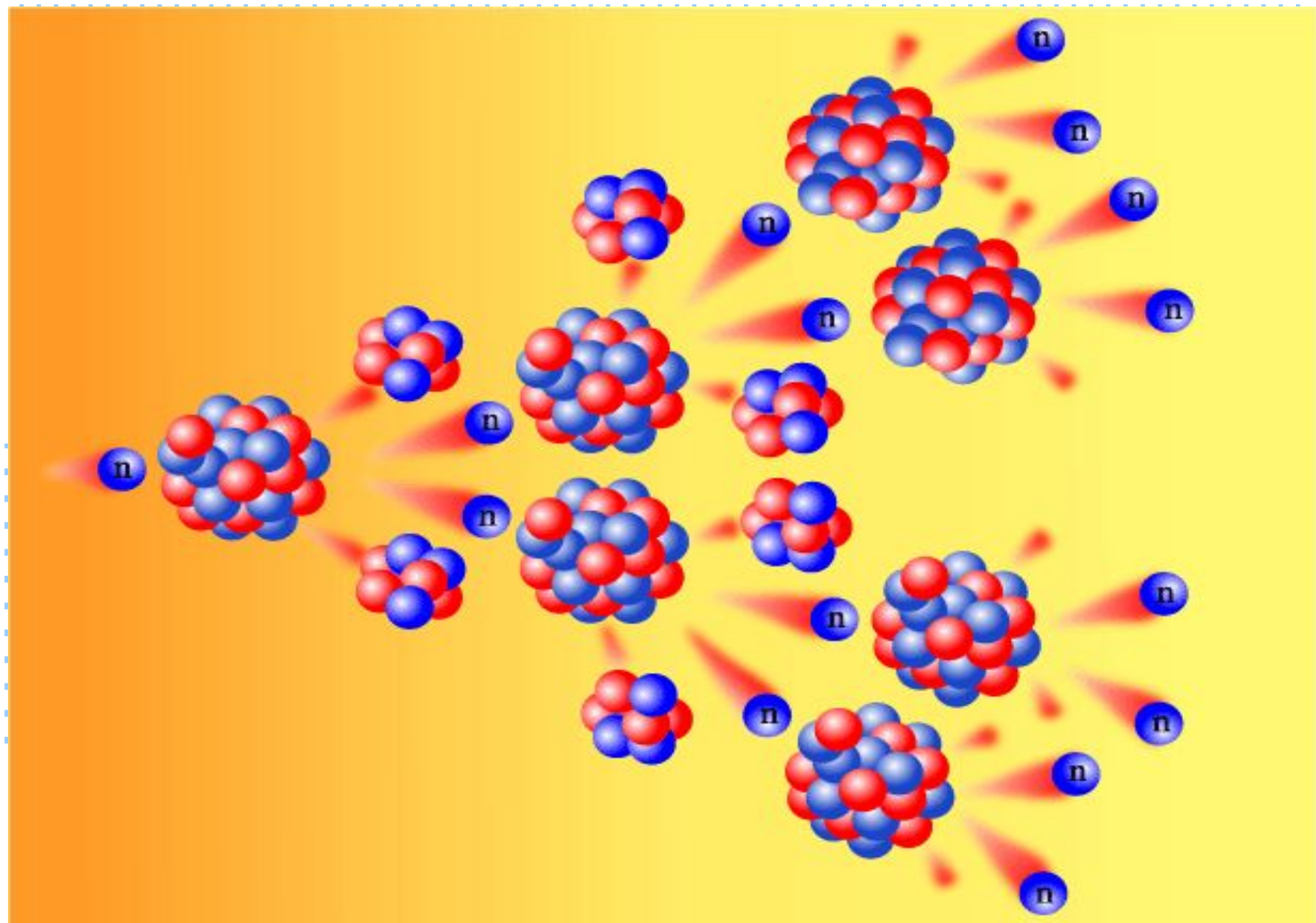
При бомбардировке нейтронами ^{235}U образуется 80 различных ядер. Наиболее вероятное деление на ^{91}Kr и ^{142}Ba

в соотношении 2/3



Часть Цепная 3 ядерная реакция





Для осуществления цепной реакции
необходимо,
чтобы среднее количество освобожденных

нейтронов
Отношение количества
с течением времени не уменьшалось.
нейтронов

в каком-либо «поколении» к количеству
нейтронов

в предыдущем «поколении» называют
Если $k < 1$, реакция быстро затухает,

Если $k = 1$, то реакция протекает с постоянной
интенсивностью (управляемая),

Если $k > 1$, то реакция развивается лавинно
(неуправляемая) и приводит к ядерному взрыву

Нейтрон
4-го поколения



Коэффициент размножения определяют следующие факторы:

- 1) Захват медленных нейтронов ядрами ^{235}U и
или захват быстрых нейтронов ядрами ^{235}U и ^{236}U
и и и
с последующим делением.**
- 2) Захват нейтронов ядрами урана без
деления.**
- 3) Захват нейтронов продуктами деления,
замедлителем и конструктивными
элементами установки.**
- 4) Вылет нейтронов наружу из вещества,
которое делится.**



Чтобы уменьшить вылет нейтронов из куска урана увеличивают массу урана (масса растет быстрее, чем площадь поверхности, если форма - шар).

Минимальное значение массы урана, при которой возможна цепная реакция, называется критической массой.

В зависимости от устройства установок и типа горючего критическая масса изменяется от 250 г до сотен килограммов



Часть

Термоядерн

ый синтез

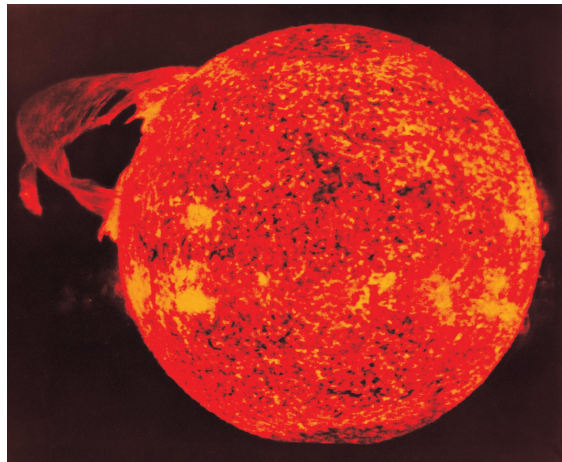


Термоядерная реакция

реакция слияния легких ядер при
очень

высокой температуре,
сопровождающаяся выделением

Энергетически очень



- водна!!!
1. Самоподдерживающееся - в недрах Земли, Солнца и других звезд.
 2. Неуправляемая - водородная бомба!!!
 3. Ведутся работы по осуществлению



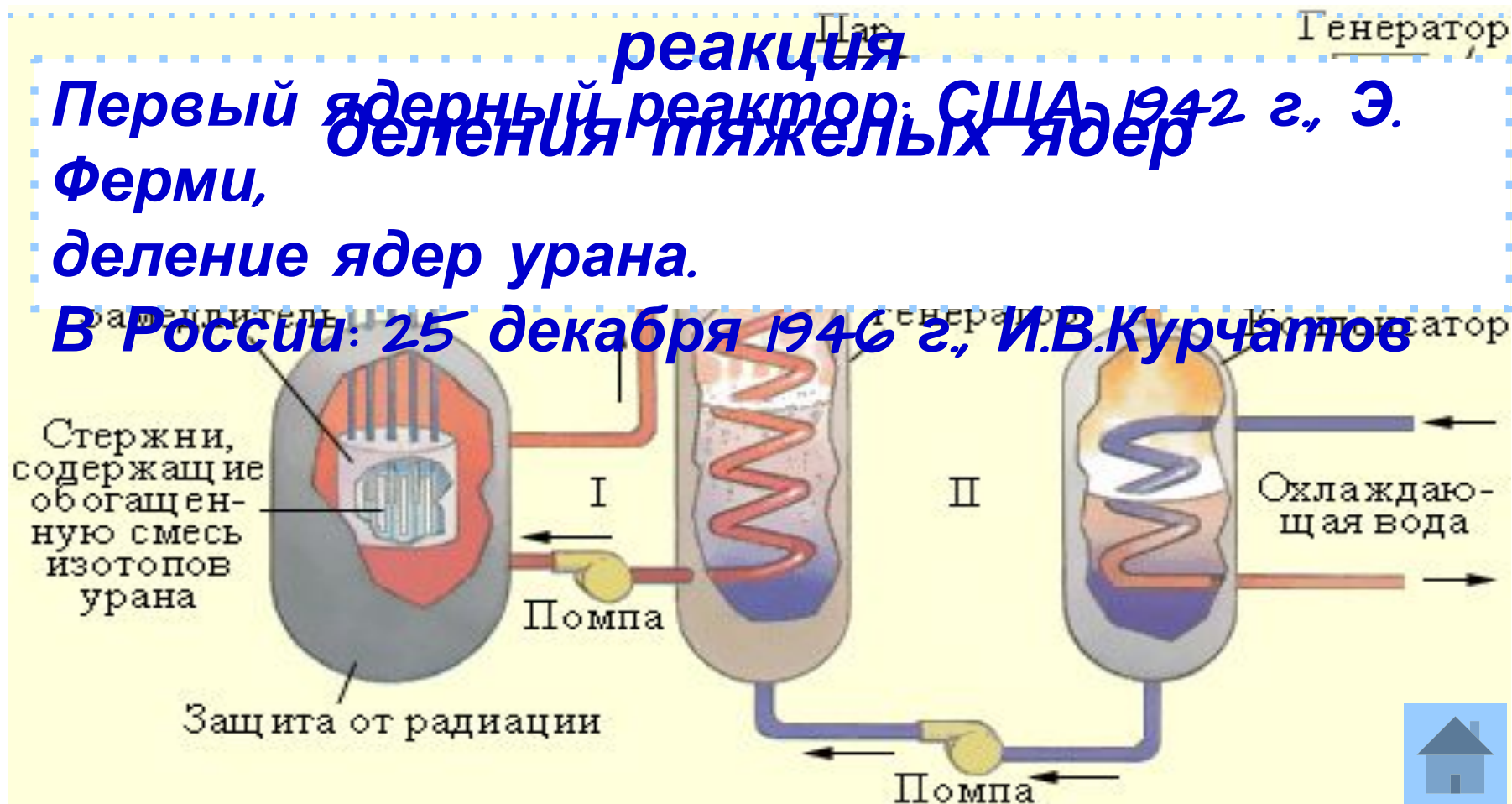
Часть *Я⁵дерный* *реактор*



Ядерный реактор - установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция

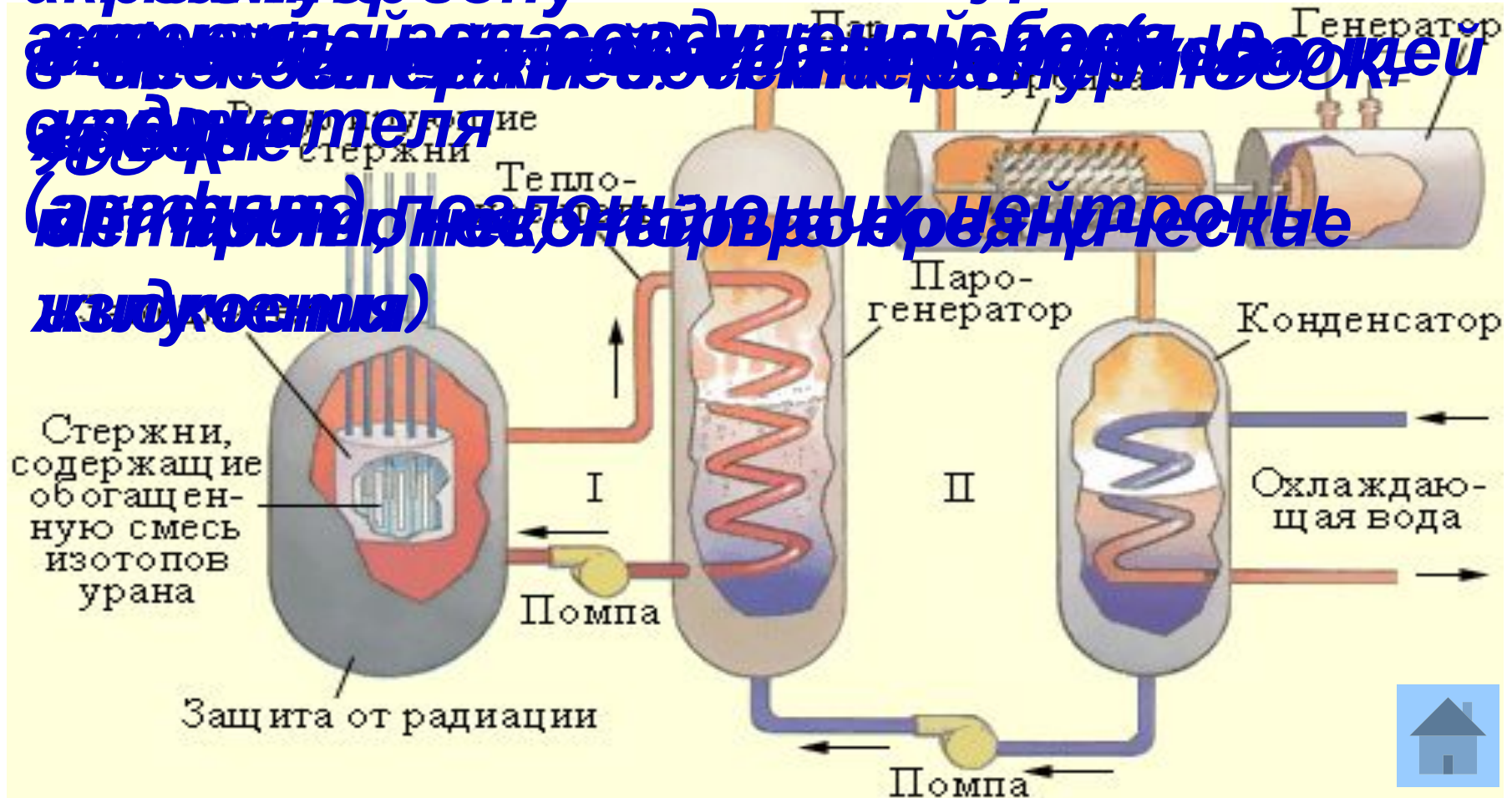
Первый ядерный реактор: США, 1942 г., Э. Ферми,
деление тяжелых ядер
деление ядер урана.

В России: 25 декабря 1946 г., И.В.Курчатов



Условия работы:

до 5% ураном-235, в качестве топлива используются стержни (автоматическое регулирование мощности)

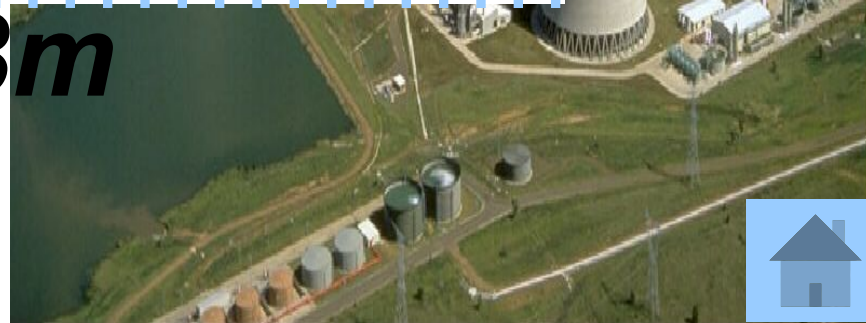
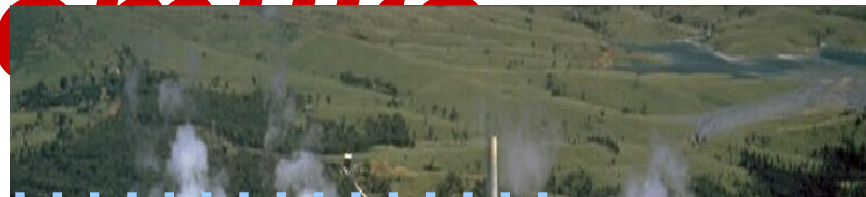
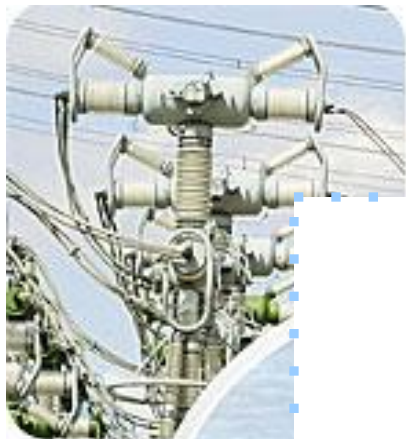


Часть Применение 6 ядерной энергии



Атомная

**Первая АЭС,
1954 г.,
г. Обнинск,
мощность 5000
кВт**



Атомная энергетика



Атомная

Доля АЭС в производстве электроэнергии в РФ

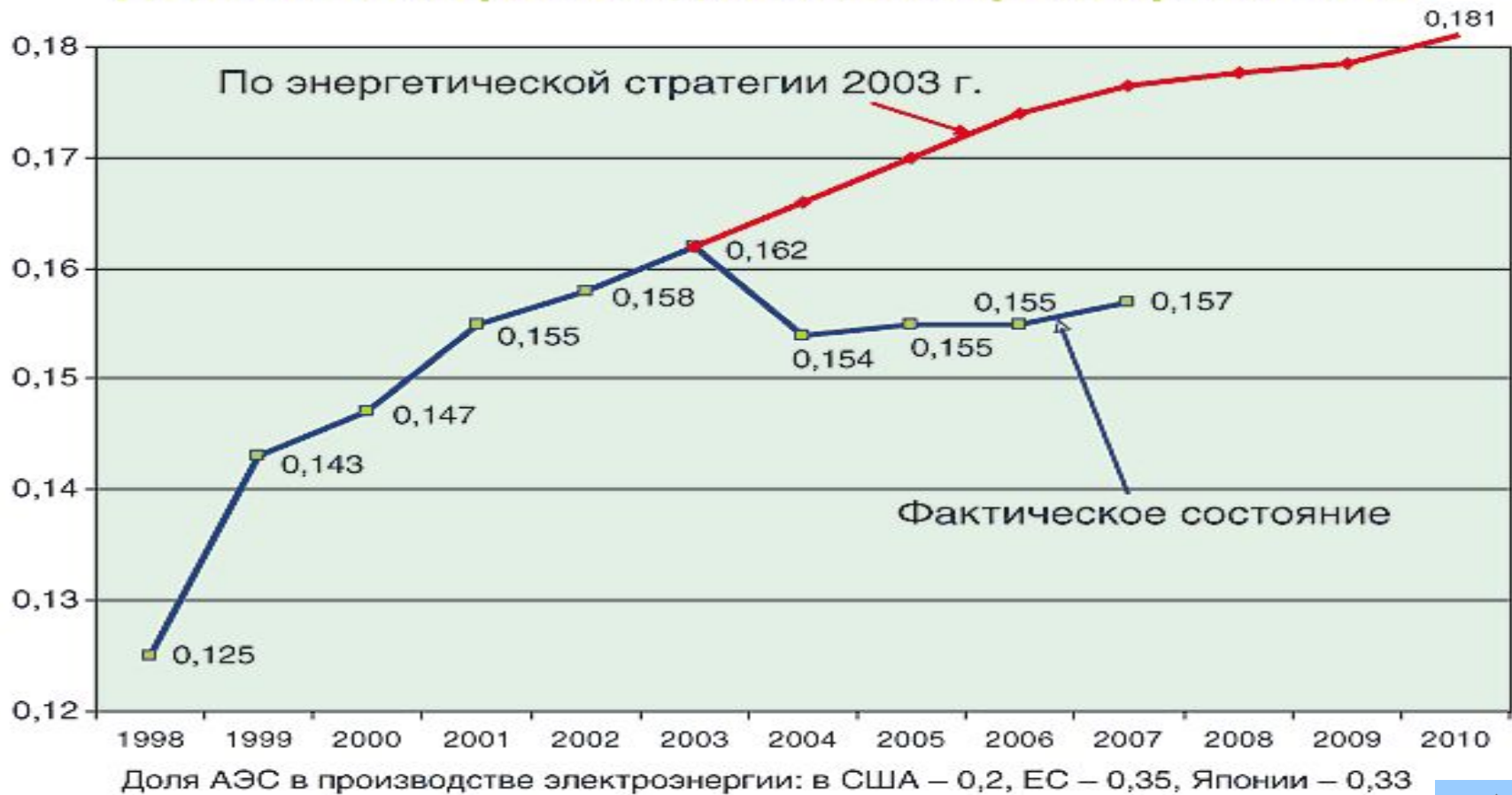


Схема устройства

аварийный запас воды
для охлаждения



1) Нельзя размещать
в густонаселенных



ах -

потенциальная угроза
радиоактивного

заражения!!!!

2) Сложности с захоронением
радиоактивных отходов и

демонтажем отслуживших свой
золотой



Ядерная энергия в мирных целях





В 1955 г. основано

МАГАТЭ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ (МАГАТЭ)

**является межправительственной организацией,
которая на основе соглашения с ООН с 1956 г. входит в общую
систему Объединенных Наций.**

МАГАТЭ уполномочено:

- поощрять и поддерживать изучение, развитие и практическое использование атомной энергии во всем мире в гражданских целях;**
- посредничать в обмене услугами и материалами между своими членами по их желанию;**
- обеспечивать использование материалов, услуг и оборудования для развития атомной энергетики в мирных целях;**
- поощрять обмен научной и технической информацией в сфере мирного использования атомной энергии;**
- предпринимать меры безопасности для предотвращения использования ядерных материалов в военных целях;**
- вместе с отвечающими за эти вопросы органами и институтами системы ООН определять и устанавливать нормы в области безопасности и охраны здоровья.**



Ядерное оружие

... в отличие от обычного оружия, оказывает разрушающее действие за счет ядерной, а не механической или химической энергии. По разрушительной мощи только взрывной волны одна единица ядерного оружия может превосходить тысячи обычных бомб и артиллерийских снарядов. Кроме того, ядерный взрыв оказывает на все живое губительное



The diagram illustrates the stages of a nuclear explosion:

- A:** Initial state showing a small core (1) surrounded by a reflector (2).
- B:** The core (1) is surrounded by a larger reflector (3), increasing the mass.
- C:** The core (1) is surrounded by a very large reflector (3), reaching a critical mass.
- D:** The explosion is underway, showing a large, billowing cloud of smoke and debris.
- E:** A detailed cross-section of the explosion showing the core (1) and the surrounding reflector (3). The diagram includes a scale bar indicating distances in kilometers (0 to 300 km) and a scale for pressure in Pascals (Pa) (300 to 2300 Pa). The diagram also shows the shockwave (4) and the fireball (5) expanding from the core.



Испытания ядерного оружия впервые были проведены на Аламогордской базе ВВС, расположенной в пустынной части шт. Нью-Мексико. Плутониевое ядерное устройство, установленное на стальной башне, было успешно взорвано 16 июля 1945. Энергия взрыва приблизительно соответствовала 20 кт тротила. При взрыве образовалось грибовидное облако, башня обратилась в пар, а характерный для пустыни грунт под ней расплавился, превратившись в сильно радиоактивное стеклообразное вещество. (Через 16 лет после взрыва уровень радиоактивности в этом месте все еще был выше нормы.) Информация об удачном опытном взрыве сохранялась в тайне от общественности, но была передана президенту Г.Трумену, который в то время находился в Потсдаме на переговорах о послевоенном устройстве Германии. Проинформированы были также У.Черчилль и И. Сталин.



Первая атомная бомба

СССР - «РДС-1»

**Ядерный заряд
впервые испытан
29 августа 1949 года
на Семипалатинском
полигоне. Мощность
заряда до 20 килотонн
тротилового
эквивалента.**

Музей РФЯЦ-ВНИИТФ г.Снежинск



Бомба предназначалась для проведения натурных испытаний ядерных

зарядов большой мощности (20-50 мегатонн).

Она представляет собой

баллистическое тело обтекаемой формы с хвостовым оперением.

Диаметр 2 м, длина 8 м, масса 30 т. Для обеспечения возможности

транспортировки авиабомбы такого большого калибра была проведена

специальная доработка самолёта Ту-95, позволившая разместить на нём

авиабомбу, частично заглубив её внутри фюзеляжа.

Бомбометание

производилось на дозвуковой скорости. Для обеспечения безопасности

экипажа самолёта-носителя от поражающих факторов сброшенной им

бомбы была разработана парашютная система: 2 вытяжных парашюта

площадью 0,52 и 5 м², четыре тормозных - по 42 м² и основной

парашют - площадью 1600 м². Перегрузки не превышали 5 единиц



Ядерная бомба для применения со сверхзвуковых самолётов



Отделяемая моноблочная головная часть баллистической ракеты

Пуск осуществляется с подводной лодки на дальность до 1500 км.

В этом ракетном комплексе впервые реализован подводный пуск

ракеты с глубины 40-50 м. Изделие имеет в своём составе термоядерный заряд мегатонного класса.

Габаритные размеры: длина 2300 мм, диаметр 1304 мм.

Масса 1144 кг.

Изделие разрабатывалось и испытывалось в начале 1960-х гг.,

принято на вооружение в 1963 г.

ВНИИТФ г. Снежинск.





Головная часть межконтинентальной баллистической ракеты

Длина 1893 мм, диаметр мишеля 1300 мм, масса 736 кг.

Заряд термоядерный мегатонного класса. Корпус имеет

многослойную конструкцию, предусматривающую

силовую оболочку и теплозащиту. Наконечник корпуса

выполнен из радиопрозрачного материала.



Водородная бомба для стратегической авиации

**Самая первая водородная бомба,
освоенная серийным производством
и принятая на вооружение
стратегической
авиации. Окончание разработки -
1962 г.**

Музей РФЯЦ-ВНИИТФ г.Снежинск.



Ракета оперативно-тактического назначения

**Ракета оперативно-тактического
назначения,
известная в мире как твёрдотопливная
ракета
«Skad» наземного базирования, имеет две
боевые
части: неядерную и ядерную. Длина 11 м,
диаметр
880 мм, дальность стрельбы до 370 км.
По договору
о сокращении ракет средней и малой
дальности все**



Отделяемая моноблочная головная часть баллистической ракеты

**Пуск осуществляется с подводной лодки.
При разработке головной части удалось
по сравнению
с предыдущим изделием значительно уменьшить
габариты,
а величину массы снизить почти вдвое - 650 кг.
Это позволило получить более высокие тактико-
технические характеристики нового ракетного
комплекса.
Изделие принято на вооружение в 1968 г.**



Боевой блок для первой разделяющейся головной части баллистической ракеты морского базирования

**Предназначалась для оснащения
усовершенствованной ракеты нового
поколения.**

**В составе изделия применены
малогабаритный
термоядерный заряд и приборы системы
автоматики, имеющие минимальные
размеры.**

**Плотная компоновка составных частей
боевого**

**блока позволила создать лёгкое
и малогабаритное**

изделие, удовлетворяющее требованиям



Капсулы с ключами

Капсулы с подлинными ключами от башен, на которых испытывались первый атомный и первый термоядерный заряды. Эти ключи переданы в музей участником испытаний Георгием Павловичем Ломинским, который последним покидал башни.

Музей РФЯЦ-ВНИИТФ г. Снежинск.



Головная часть ракеты оперативно-тактического назначения

Изделие является неотделяемой частью ракеты.

Длина 2870 мм, диаметр мидела 880 мм, масса 950 кг. Заряд ядерный, мощностью несколько

десятков килотонн. Силовая оболочка корпуса

выполнена из стали. Корпус имеет теплозащиту

и теплоизоляцию, наконечник выполнен из радиопрозрачного материала.

Модификация с

поддержкой боевой части на расстоянии

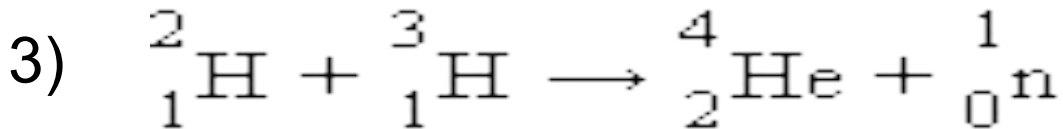
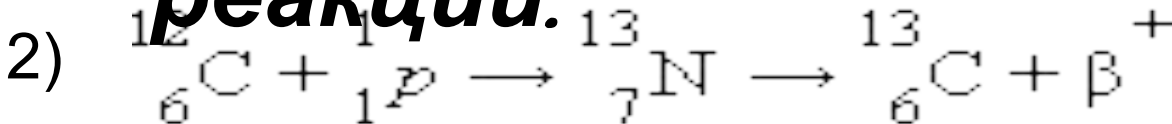


Блок контроля

?

Найдите энергетический выход ядерной реакции.

1) **Определите тип реакции.**



Глоссарий

Дефект масс ΔM - разность масс покоя нуклонов, составляющих ядро атома, и массы целого ядра

Коэффициент размножения нейтронов k - отношение количества нейтронов в каком-либо «поколении» к количеству нейтронов в предыдущем «поколении»

Критическая масса - минимальное значение массы урана, при которой возможна цепная реакция

МАГАТЭ (Международное Агентство По Атомной Энергии), основано в 1955 г.

Термоядерная реакция - реакция слияния легких ядер при очень высокой температуре, сопровождающаяся выделением энергии



Удельная энергия связи - энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра атома

Цепной ядерной реакцией называется реакция, в которой частицы, вызывающие её (нейтроны), образуются как продукты этой реакции

Энергетический выход ядерных реакций $E = \Delta m \cdot c^2$ - разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после реакции

Энергия связи атомного ядра – энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны

Ядерные реакции – искусственные преобразования атомных ядер при взаимодействии их с элементарными частицами или друг с другом

Ядерный реактор – установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция деления тяжелых ядер



Литература

- 1. Превращение элементов, Казаков Б.И., М., Знание, 1977;**
- 2. Ядерный шторм, Боруля В., М., Моск.рабочий, 1980,**
- 3. И.В.Курчатова и ядерная энергетика, Сивинцев Ю., М.,Атомиздат, 1980,**
- 4. Ядерная энергетика (вчера, сегодня, завтра), Сивинцев Ю., М.,Атомиздат, 1980,**
- 5. Мирные профессии нейтронов, Журбин Е.А., М.,Знание, 1980**

