

Ядерные реакции

The background features a stylized atomic model with a central nucleus of yellow and orange spheres, surrounded by several elliptical orbits in shades of red and purple. The overall color palette is warm, dominated by reds, oranges, and yellows.

Часть I
Энергия
связи
атомного
ядра



Вспомните, каков состав ядра атома

	Протон электрически положителен		Нейтрон электрически нейтрален
	Ядро атома гелия		Ядро атома углерода
	2 протона 2 нейтрона		6 протонов 6 нейтронов
			<hr/> 12 нуклонов

Массовое число или число нуклонов			Краткое обозначение элемента
Порядковое число или величина заряда ядра			



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

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

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



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

и массы целого ядра

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

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

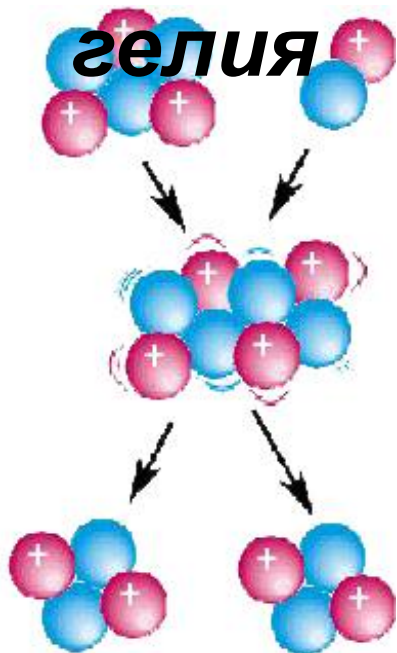
На 1 а.е.м. приходится
энергия связи = 931,5 МэВ



Сравнение ядерной энергии и тепловой

Синтез

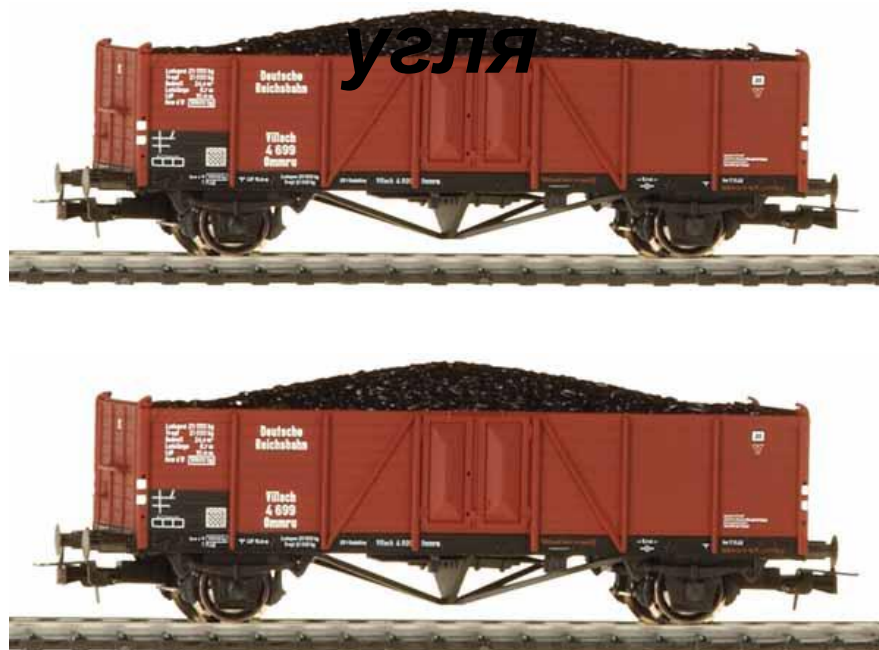
4 г



=

Сгорание

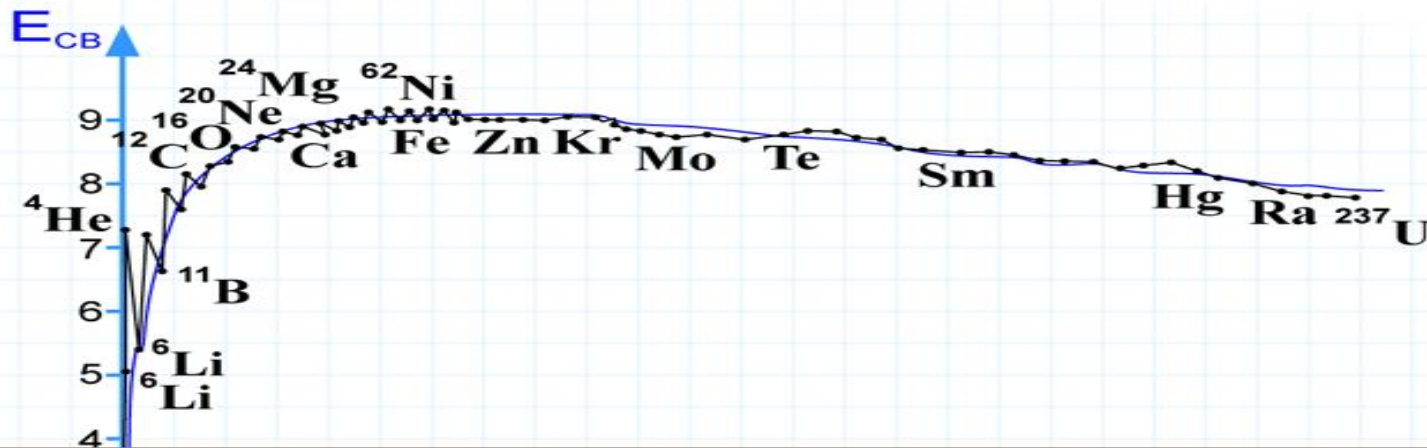
**2 вагонов каменного
угля**



Удельная энергия

связи-
энергия связи,
приходящаяся

$$E_{уд} = \frac{E_{св}}{A}$$



Наиболее оптимальные способы
высвобождения внутренней энергии ядер:

число протонов и нейтронов четное, минимальной – ядра,
у которых число протонов и нейтронов нечетное

- деление тяжелых ядер;
- синтез легких ядер.

ПРИМЕР:

Какова удельная энергия связи ядра радия $^{226}_{88}\text{Ra}$?

Часть 2

Ядерные

реакции



Условия:

- 1) Частицы вплотную приближаются к ядру и попадают в сферу действия ядерных сил;
- 2) Частицы должны обладать большой кинетической энергией (...с помощью ускорителей элементарных частиц и ионов)

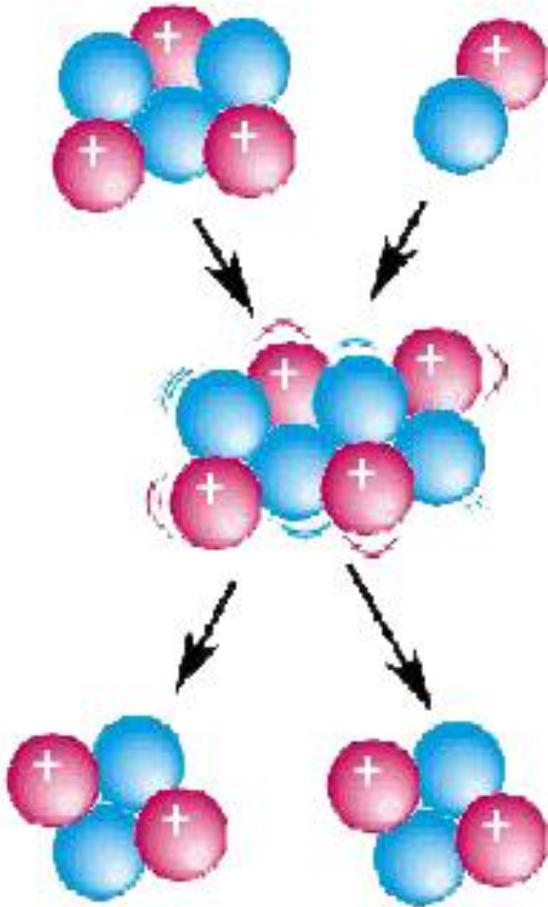
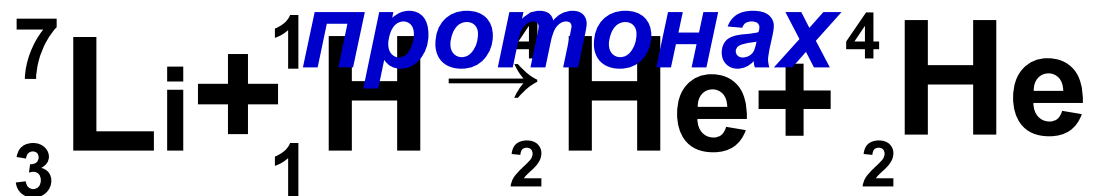


Первые ядерные

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:

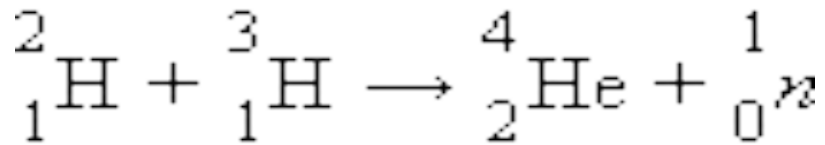
реакции на нейтронах, квантах, заряженных частицах;



**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 $\Delta m > 0$, то $E > 0$ - энергия выделяется
(экзотермическая);**

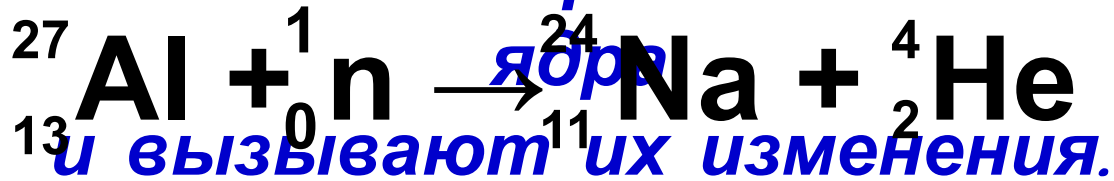
**Если $\Delta m < 0$, то $E < 0$ - энергия поглощается
(эндотермическая).**



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; n 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 и образуется 80 различных ядер. Наиболее вероятное деление на ^{91}Kr и ^{142}Ba

в соотношении 2/3



α-излучение

200 МэВ

γ-излучение



^{94}Rb

осколок



вторичные нейтроны



15



Часть
Цепная
3
ядерная
реакция



Для осуществления цепной реакции необходимо, чтобы среднее количество освобожденных

нейтронов с течением времени не уменьшалось.
Отношение количества нейтронов

в каком-либо «поколении» к количеству нейтронов

в предыдущем «поколении» называют коэффициентом размножения нейтронов k .

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

Коэффициент размножения определяют следующие факторы:

- 1) Захват медленных нейтронов ядрами ^{235}U и
или захват быстрых нейтронов ядрами ^{235}U ^{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 растёт 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 ¹⁹ сотен килограммов

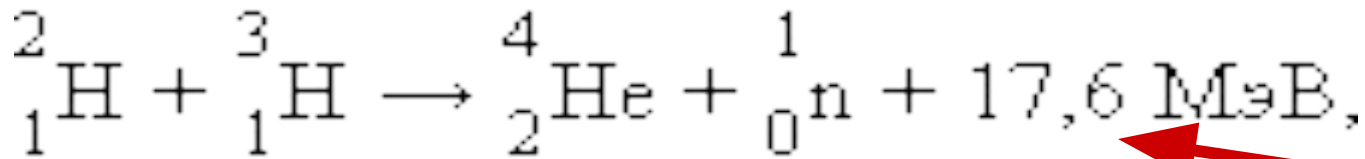


Часть

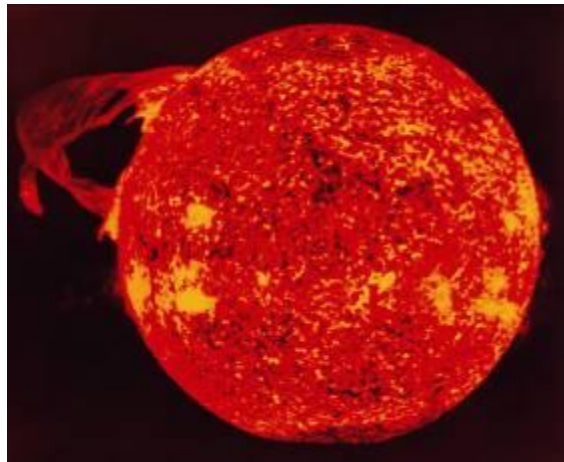
**Термоядерн
ый синтез**



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



Энергетически очень



- водна!!!**
1. Самоподдерживающееся - в недрах Земли, Солнца и других звезд.
 2. Неуправляемая - водородная бомба!!!
 3. Ведутся работы по²¹ осуществлению



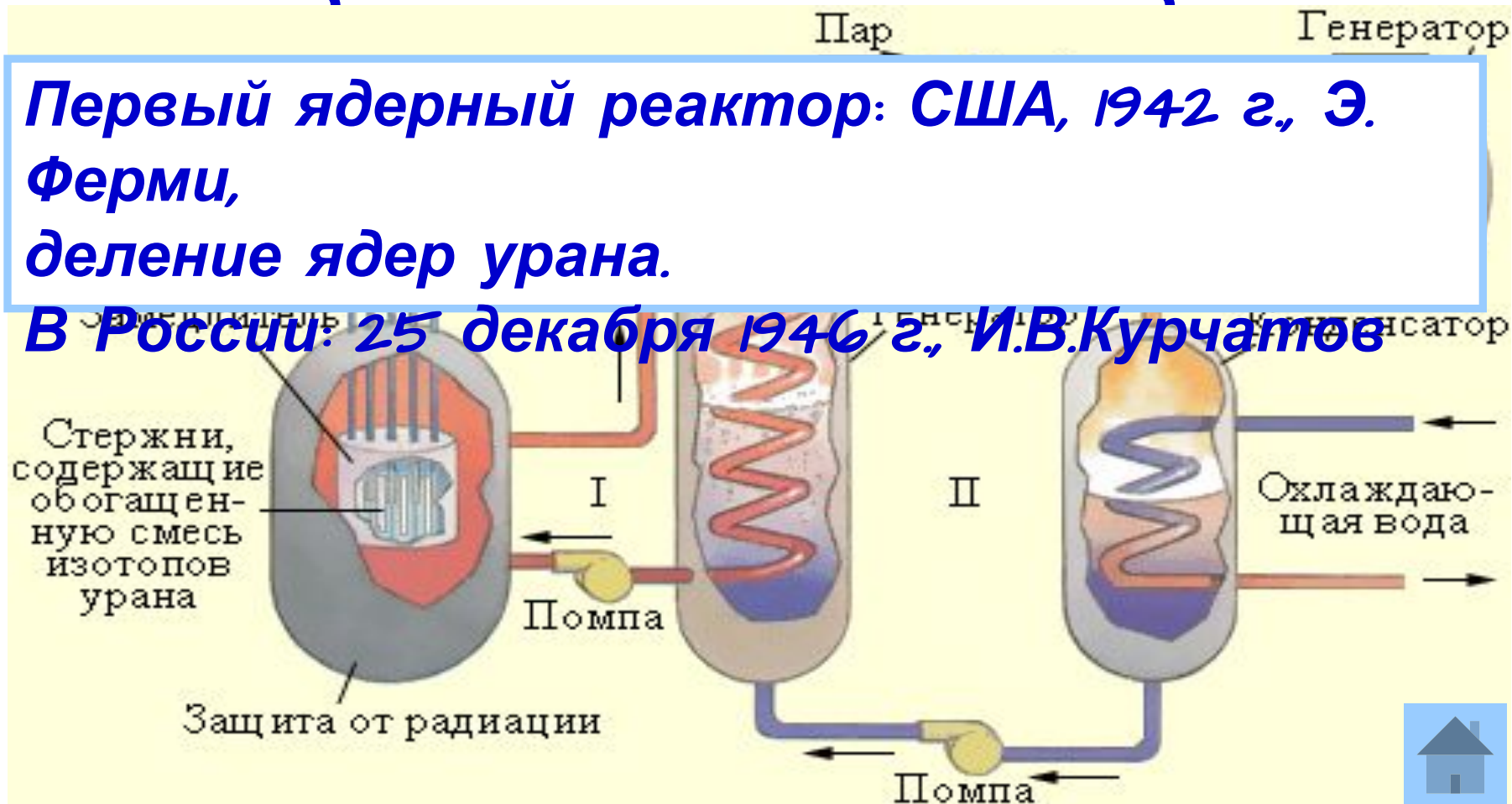
Часть *Я*~~5~~*дерный* *реактор*



Ядерный реактор - установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция

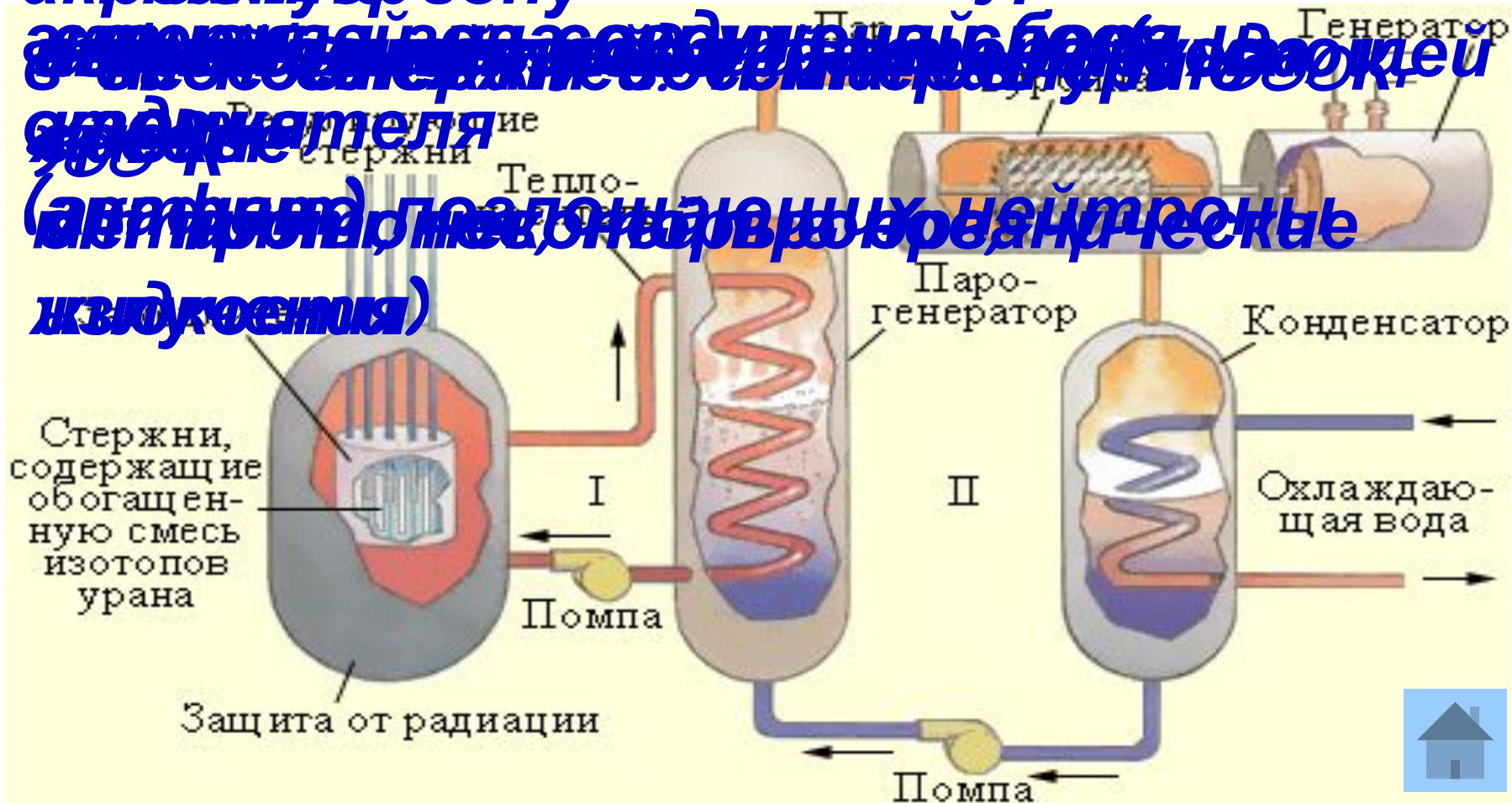
Первый ядерный реактор: США, 1942 г., Э. Ферми, деление ядер урана.

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**



Схема устройства

аварийный запас воды
для охлаждения



ах -

1) Нельзя размещать
в густонаселенных

**потенциальная угроза
радиоактивного
заражения!!!!**

2) Сложности с захоронением
радиоактивных отходов и

демонтажем отслуживших свой
золотой

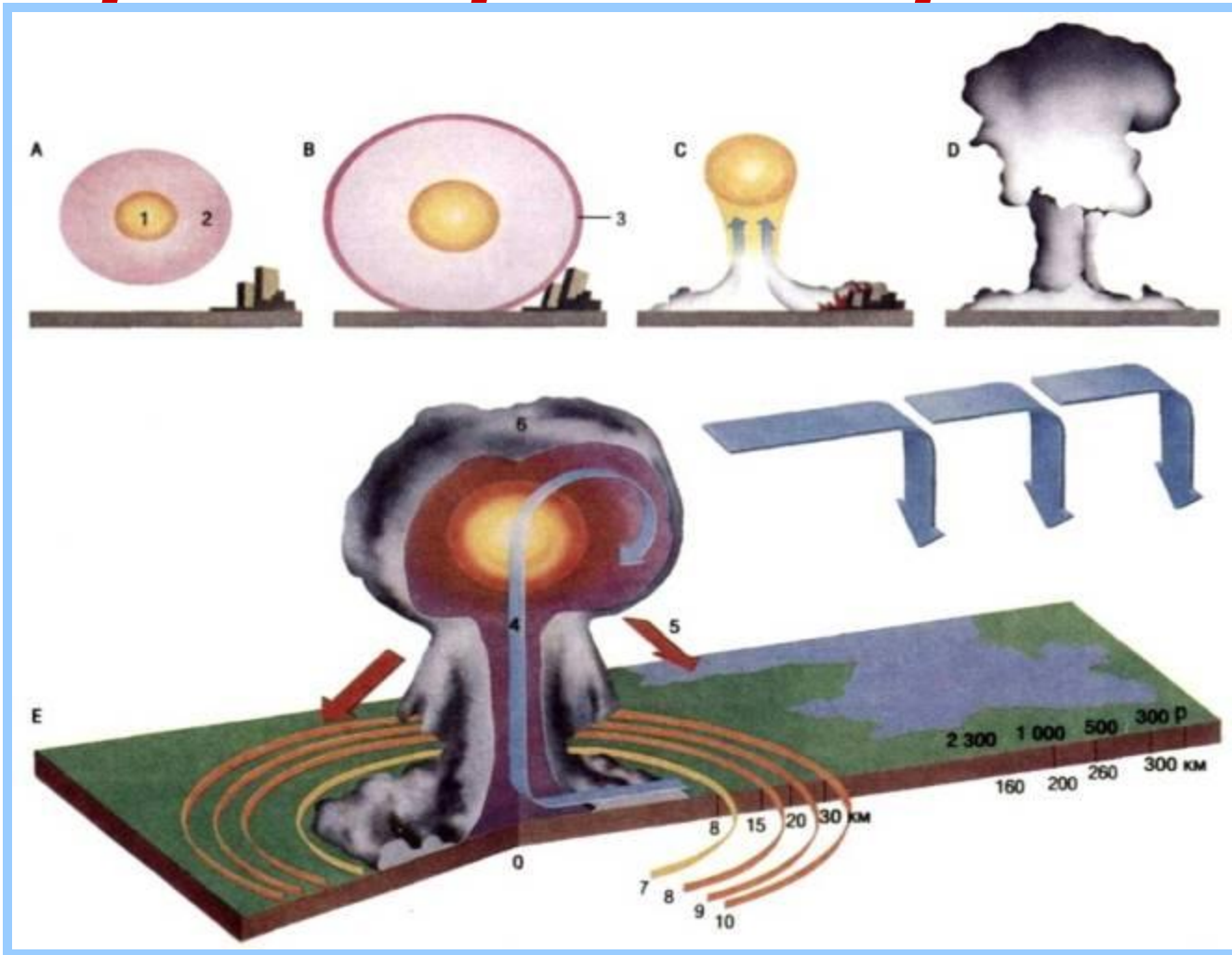


Ядерное оружие

... 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



Радиус поражения при ядерном взрыве



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



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 144 кг.

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

принято на вооружение в 1963 г.





Головная часть межконтинентальной баллистической ракеты

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

Заряд термоядерный мегатонного класса. Корпус имеет

многослойную конструкцию, предусматривающую

силовую оболочку и теплозащиту. Наконечник корпуса

выполнен из радиопрозрачного материала.

