

# 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**

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

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



**$\Delta M$  - дефект масс-**  
**разность масс покоя**  
**нуклонов, составляющих ядро**  
**атома,**

**и массы целого ядра**

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

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

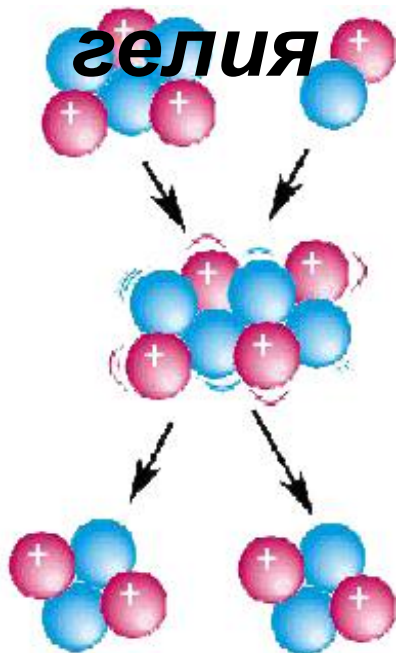
**На 1 а.е.м. приходится**  
**энергия связи = 931,5 МэВ**



# Сравнение ядерной энергии и тепловой

**Синтез**

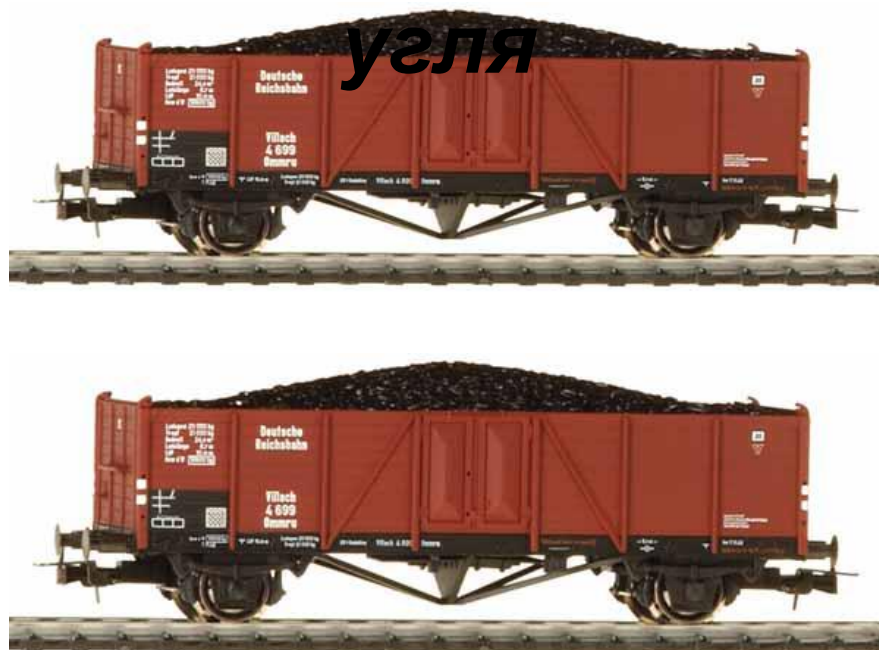
**4 г**



**=**

**Сгорание**

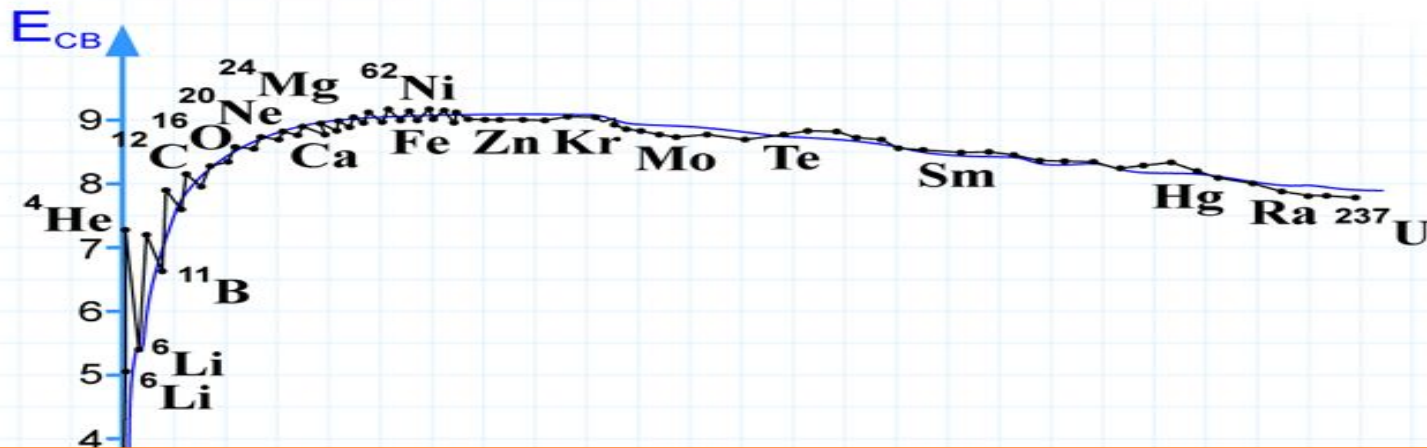
**2 вагонов каменного  
угля**



# 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)

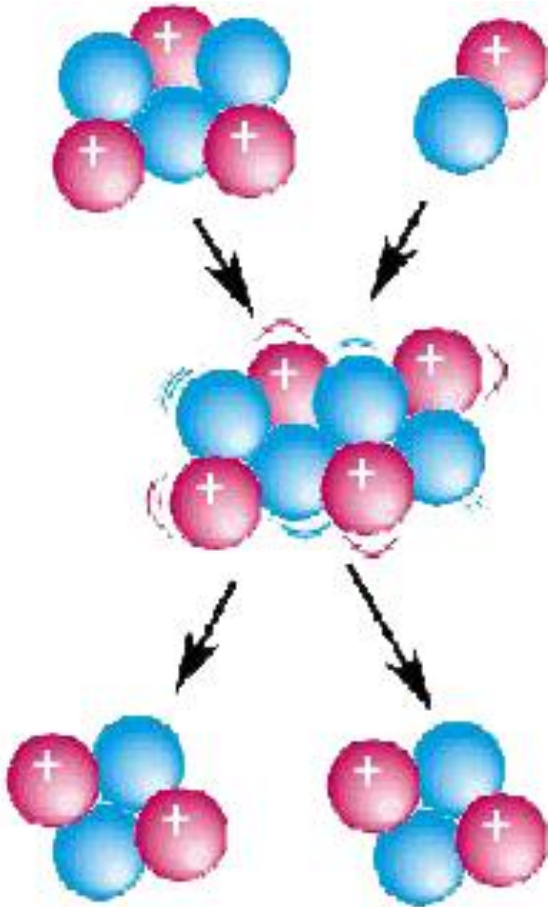
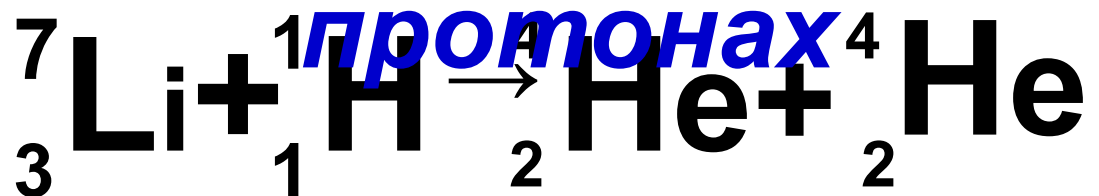


# Первые ядерные

## реакции

Э. Резерфорд, 1932

2.  
Ядерная реакция  
на быстрых



# Классификация ядерных реакций:

**1. По энергии частиц, которые их вызывают:**

малые энергии  $\approx 100$  эВ; средние  $\approx 1$  МэВ;  
высокие  $\approx 50$  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:**

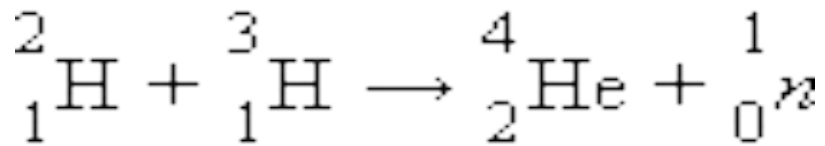
реакции на нейтронах, квантах, заряженных частицах;



**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);**

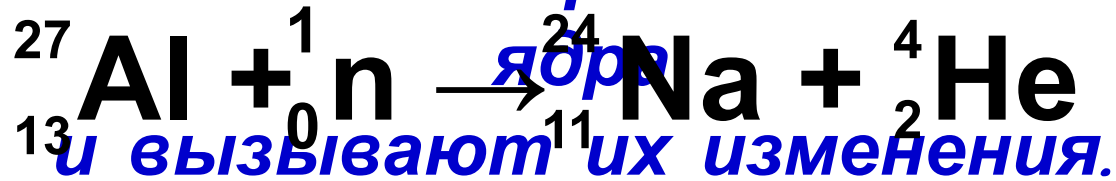
**Если  $\Delta m < 0$ , то  $E < 0$  - энергия поглощается  
(эндотермическая).**



# 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.

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

в соотношении 2/3



200 МэВ



$\alpha$ -излучение

$\gamma$ -излучение

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  $^{235}\text{U}$  и  
или захват быстрых нейтронов ядрами  $^{235}\text{U}$   $^{236}\text{U}$   
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 <sup>19</sup> сотен килограммов**

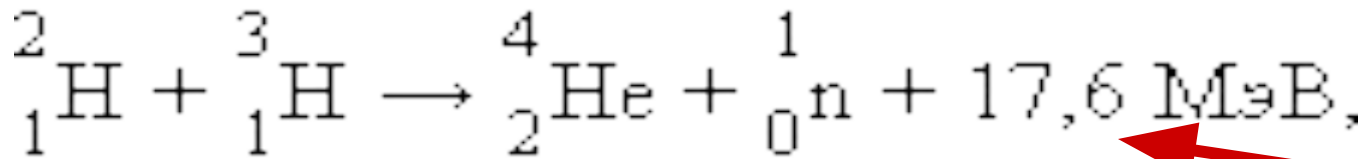


**Часть**

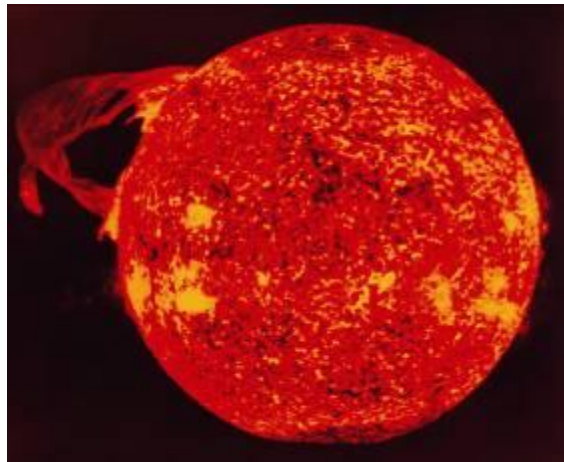
**Термоядерн  
ый синтез**



**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 по<sup>21</sup>  
осуществлению



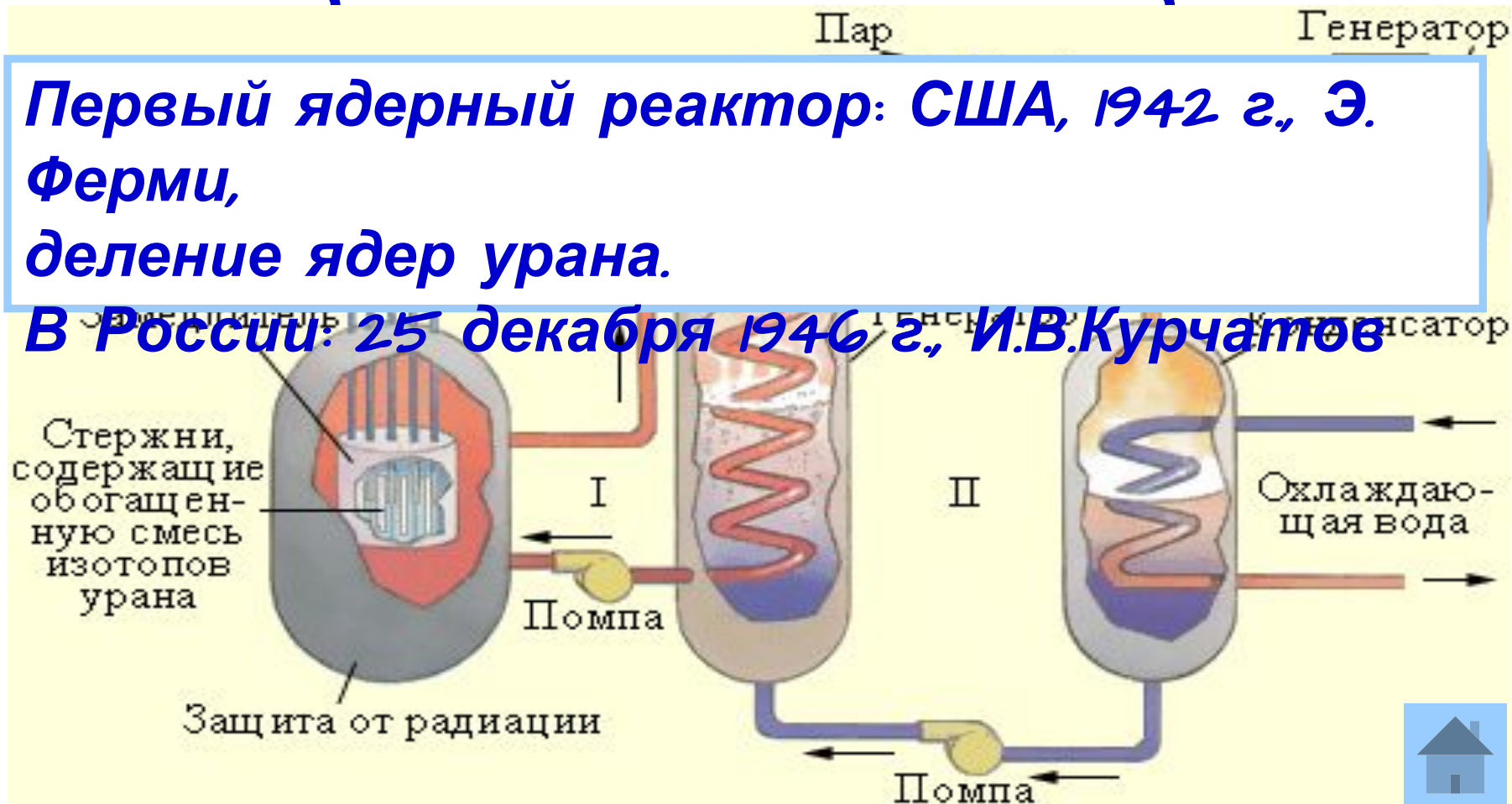
# *Часть* *Я*~~*5*~~*дерный* *реактор*



# Ядерный реактор - установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция

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

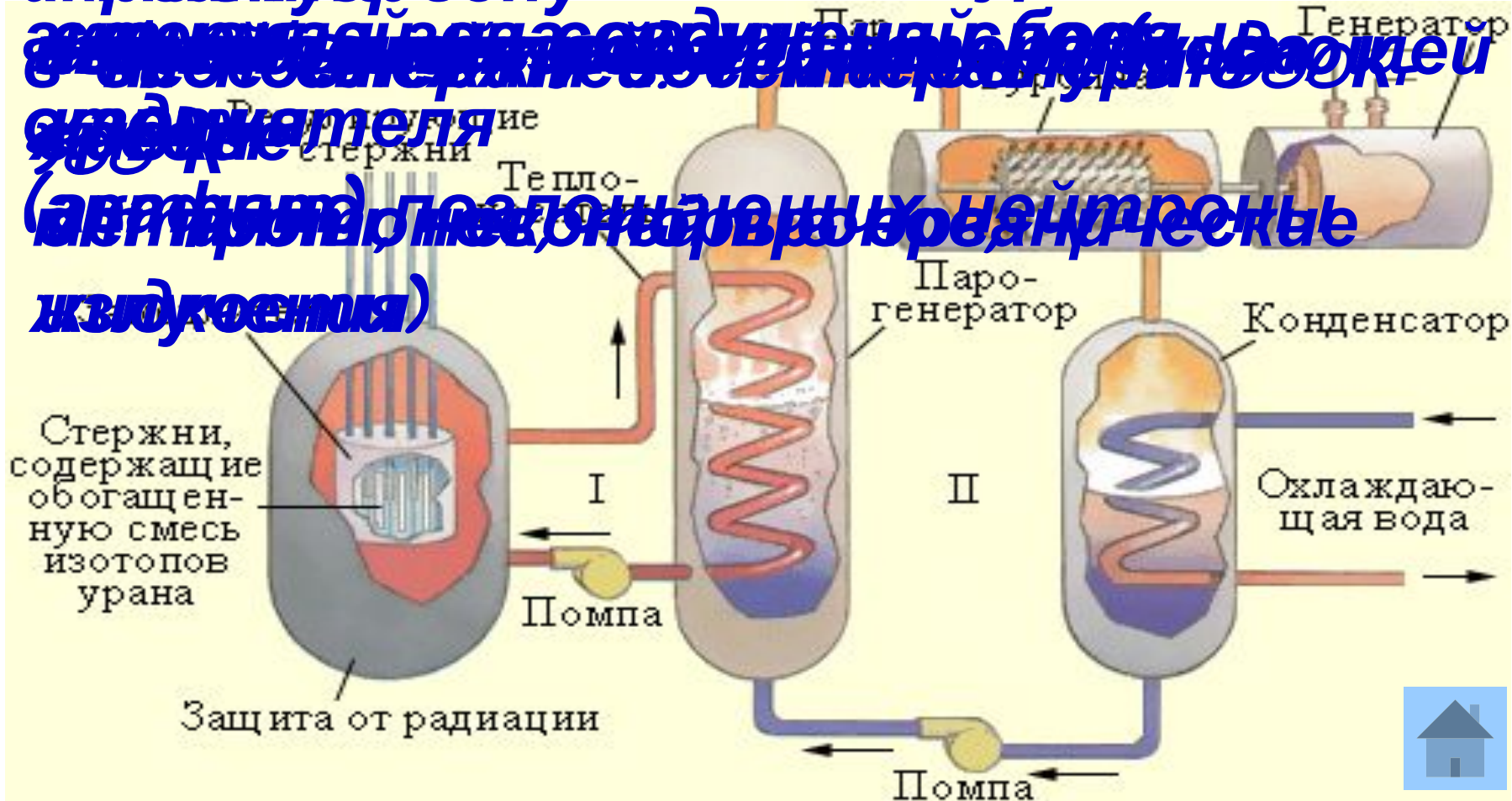
В России: 25 декабря 1946 г., И.В.Курчатов



# Условия работы:

до 5% ураном-235,

автоматическое регулирование в аварийных ситуациях (автоматическое регулирование)





**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

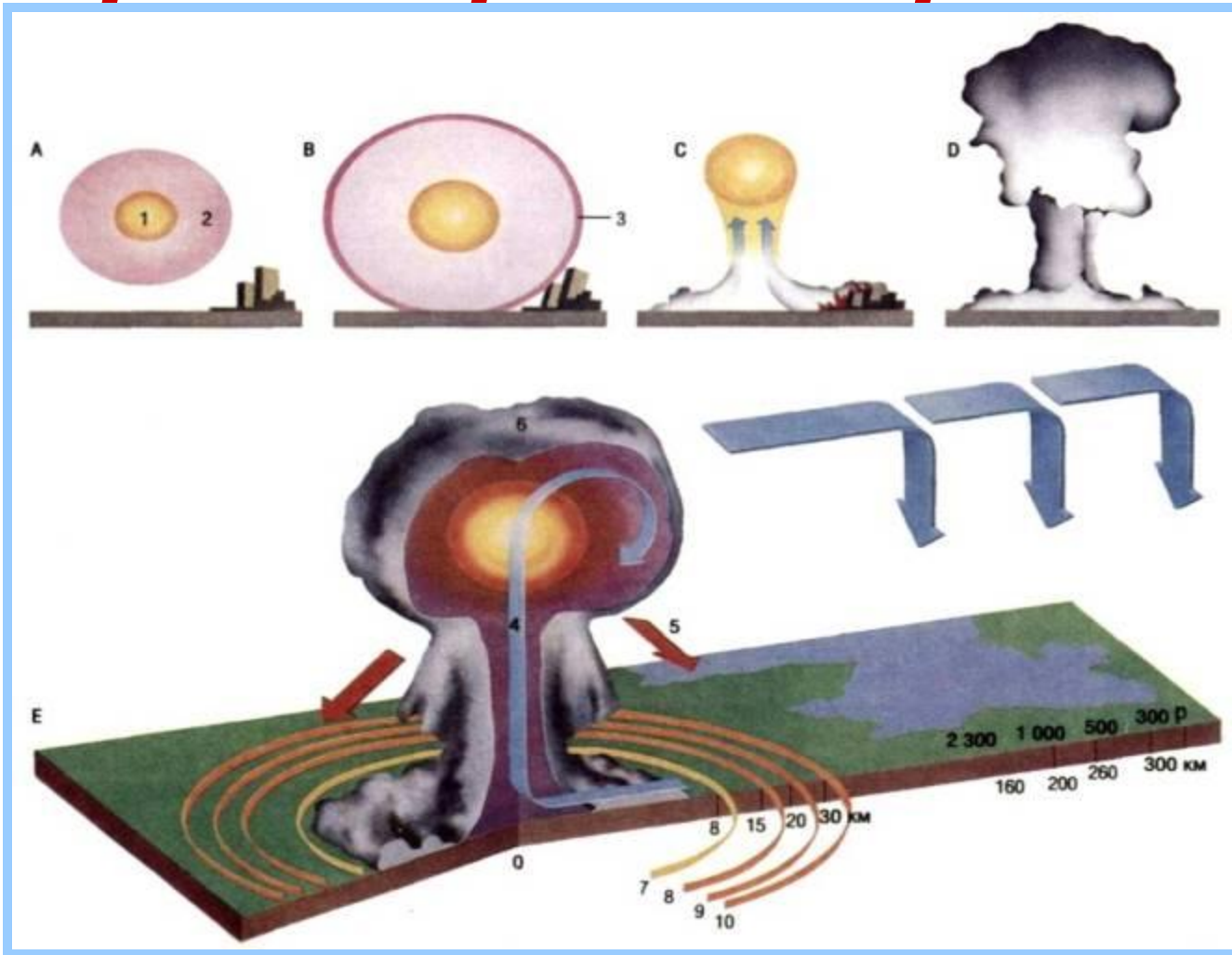


# Ядерное оружие

**... 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.**

