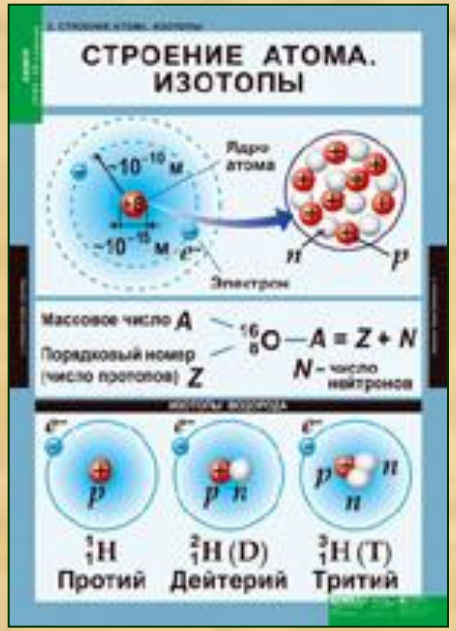
# Деление ядер урана

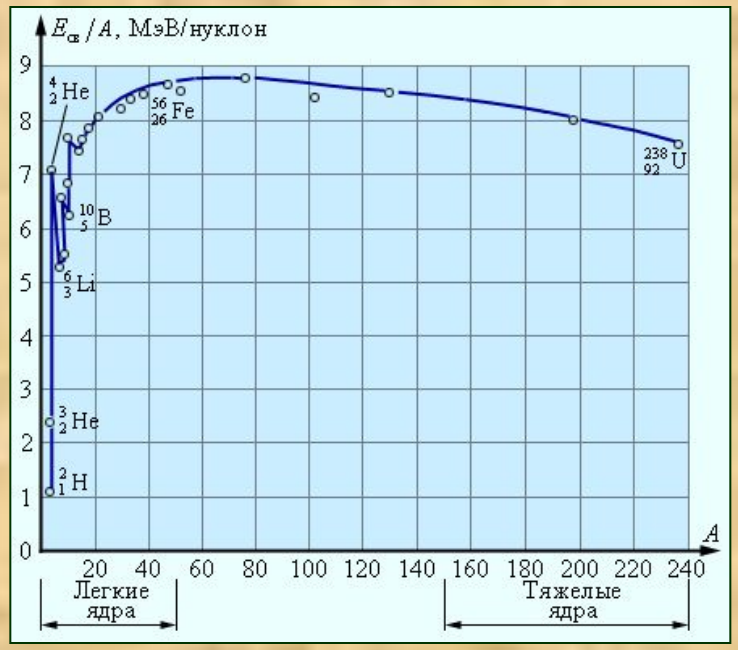
Презентация выполнена учителем МОУ « Лицей № 62»
г. Саратова Лысенко Л.Н.

# Ядерные реакции




***Ядерные реакции происходят, когда частицы вплотную приближаются к ядру и попадают в сферу действия ядерных сил.***

***Первая ядерная реакция осуществлена на быстрых протонах в 1932г (расщепление лития на две α-частицы)***




**Основной закон радиоактивного распада**

***Удельная энергия связи (не считая самых легких ядер) примерно постоянна и равна 8МэВ/нуклон. Максимальную удельную энергию связи имеют элементы с массовыми числами от 50 до 60.***

# Уран.

Ещё в древнейшие времена (I век до нашей эры) природная окись урана использовалась для изготовления жёлтой глазури для керамики. Очень долго уран был интересен химикам исключительно в качестве ингредиента при производстве красок и стекла. В 1789 г. немецкий химик Мартин Клапрот извлек из саксонской смоляной руды неизвестный металл. В честь самой далёкой из известных тогда планет Клапрот, считая новое вещество элементом, назвал его ураном.

В 1841 г. французский химик Эжен Пелиго доказал, что, несмотря на характерный металлический блеск, уран Клапрота не элемент, а окисел $UO_2$. В 1840 г.ему удалось получить настоящий уран — тяжёлый тугоплавкий металл серо-стального цвета с плотностью 19,04 г/см$^3$ и температурой плавления 1132 ºС. Вначале ему приписывали атомную массу 120, а в 1874 г. Д Менделеев исправил её на 240.

Природный уран состоит из смеси 2-х изотопов: на 99, 28% из урана-238, и на 0,72 % -из урана -235. Период полураспада урана-238 4,5 млрд. лет

Больше всего урана в граните - 25г на каждую тонну. Количество урана в слое литосферы толщиной 20 км оценивается в $1{,}3 \cdot 10^{14}$ т. Содержание в органах и тканях человека и животных не превышает $10^{-7}$ г

# Ядерные реакции на нейтронах

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

**Нейтроны, не имея заряда, беспрепятственно проникают в атомные ядра и вызывают их изменения.**

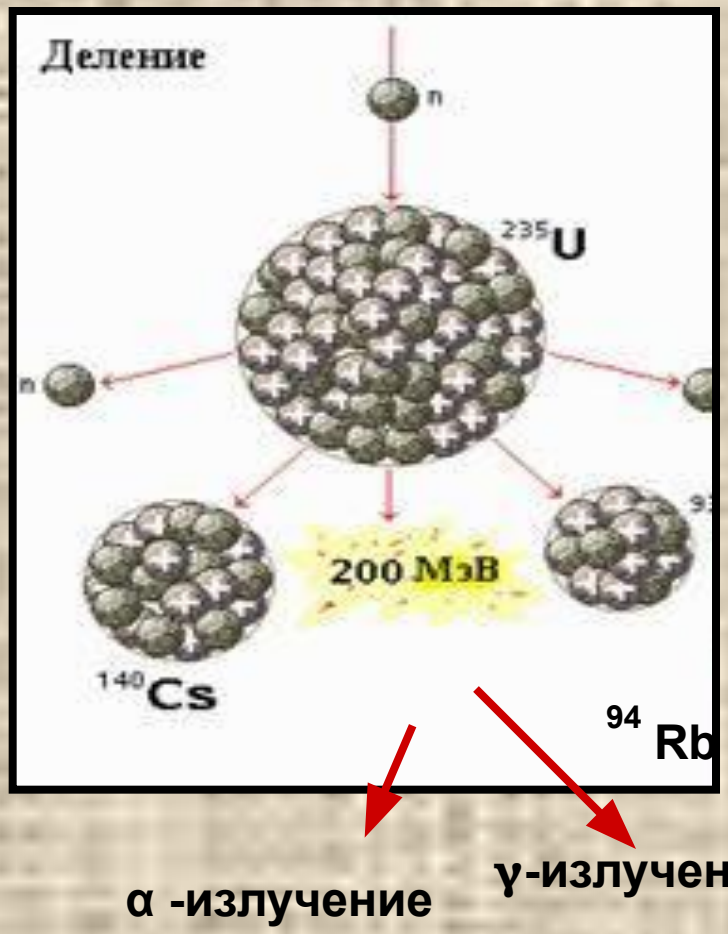
$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He$$

**Реакции на быстрых нейтронах.**

**Реакции на медленных нейтронах ($^{0}$) (более эффективны, чем быстрые; n замедляют в обычной воде)**

# Деление ядер урана

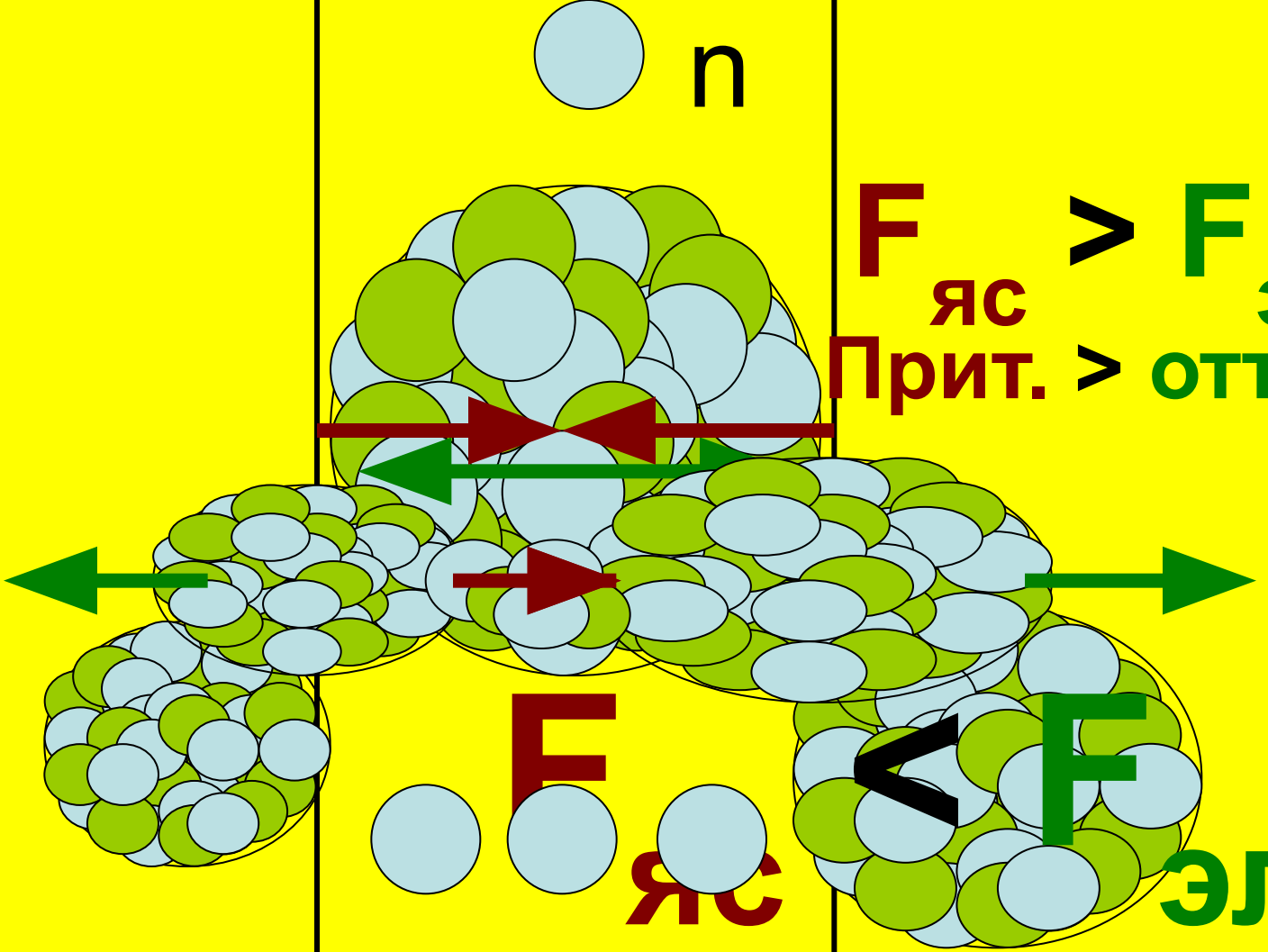
Первым открытым процессом деления ядра урана было вынужденное деление изотопа урана-235 при их бомбардировке нейтронами ***в 1938 г. О. Ган, Ф.Штрассман, объяснение в 1939 г. дали О.Фриш, Л. Мейтнер***




***Деление ядра*** - ядерная реакция разделения тяжелого ядра, возбужденного захватом нейтрона, на две приблизительно равные части, называемые продуктом деления (осколками).

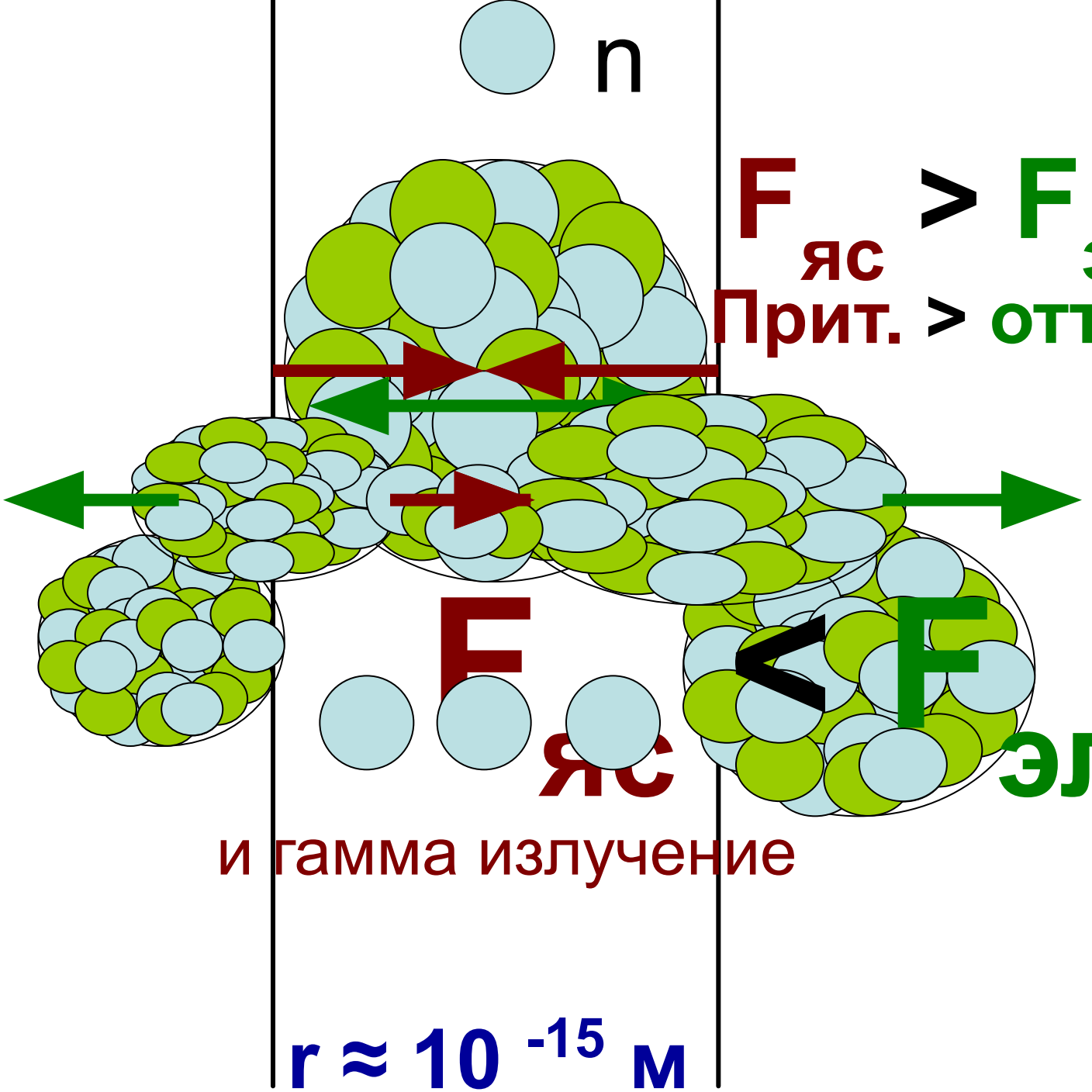
$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{139}_{56}Ba + ^{95}_{36}Kr + 2\,^{1}_{0}n$$

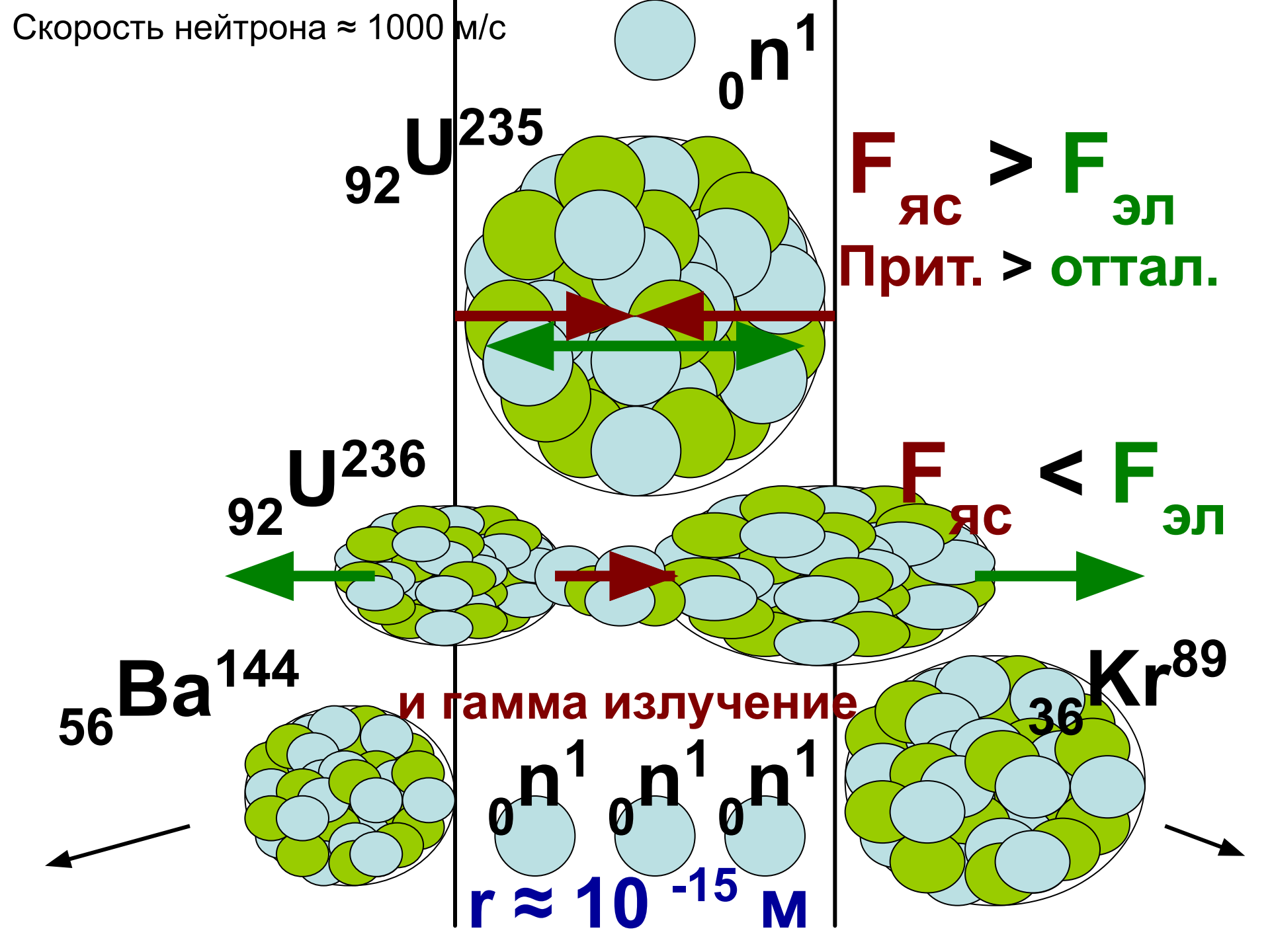
При делении 1 ядра урана - 235 выделяется энергии **Q ≈ 200МэВ = $3{,}2 \cdot 10^{-11}$ Дж –это в десятки миллионов раз превосходит энергию химических превращений. При полном делении всех ядер, содержащихся в 1 г урана, выделяется такая же энергия, как и при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти**




и гамма излучение

$r \approx 10^{-15}$ м


n
F яс > F эл
Прит. > оттал.
F яс < F эл
и гамма излучение
r ≈ 10 -15 м

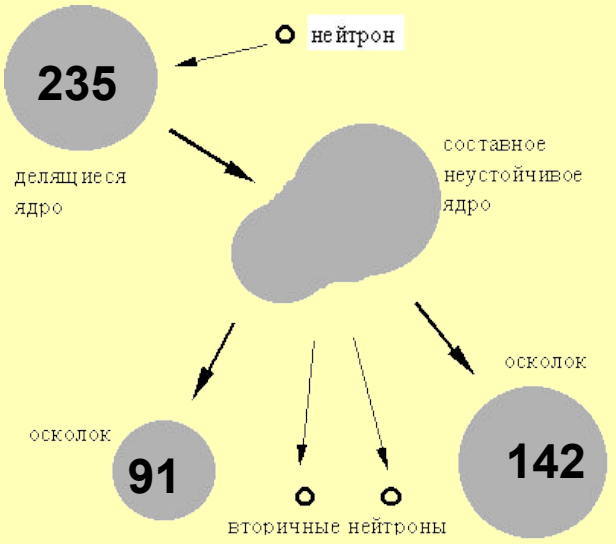

Скорость нейтрона ≈ 1000 м/с
$_0n^1$
$_{92}U^{235}$
$F_{яс} > F_{эл}$
Прит. > оттал.
$_{92}U^{236}$
$F_{яс} < F_{эл}$
$_{56}Ba^{144}$
и гамма излучение
$_{36}Kr^{89}$
$_0n^1$ $_0n^1$ $_0n^1$
$r \approx 10^{-15}$ м

# Процесс деления ядер урана

**Н. Бор предложил капельную модель ядра атома. Она дает представление о ядре как о положительно заряженной капле жидкости.**

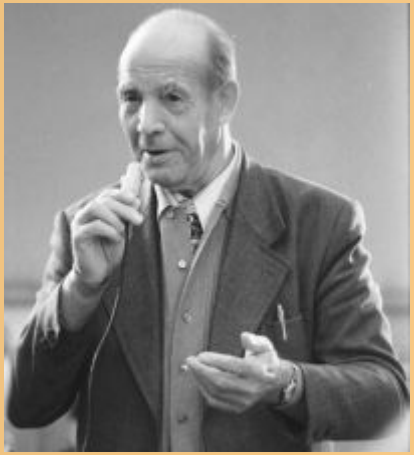
**Ядро, поглотившее нейтрон, находится в возбужденном состоянии и подобно капле ртути при толчке начинает колебаться, изменяя свою форму. Когда энергия возбуждения станет больше энергия связи, то за счет кулоновских сил ядро разорвется на две части, которые разлетятся в противоположные стороны. Таким образом, кинетическая энергия новых ядер обуславливается кулоновскими силами.**

***Деление происходит под действием кулоновских сил***



# Спонтанное(самопроизвольное) деление ядер урана

Константин Антонович Петржак
1907 - 1998



Георгий Николаевич Флеров
1913–1990

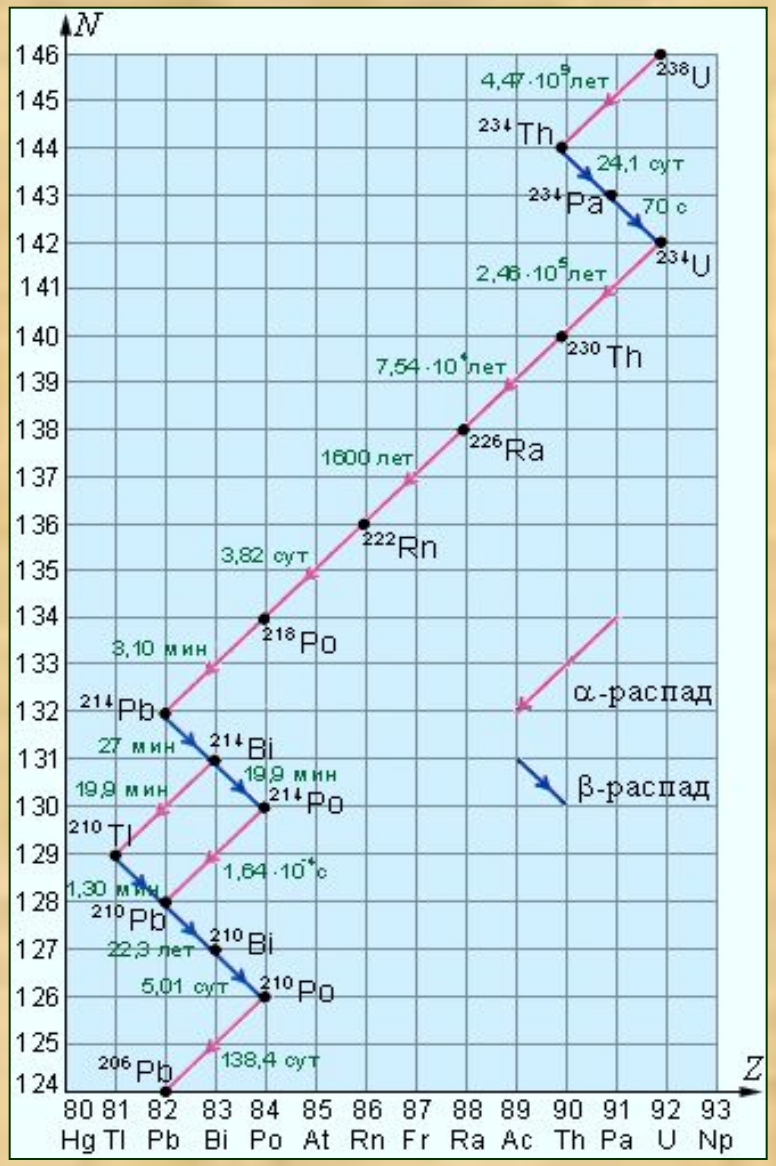
**Спонтанное деление является делением ядра, происходящим без внешнего возбуждения, и выдаёт такие же продукты, как и вынужденное деление: два осколка и несколько нейтронов.**

**Спонтанное деление было установлено на опыте советскими физиками К. А. Петржаком и Г. Н. Флеровым в 1940 г. в результате наблюдений за распадом урана, проводившихся в Московском метро на глубине 60 метров. Это было необходимо , чтобы отделить события спонтанного деления от вынужденного.**

**Т. к. космические лучи создают в атмосфере нейтроны, нужна была защита толстым слоем грунта Спонтанное деление –редкое явление. Так, в 1 г урана происходит всего лишь около 20 спонтанных делений в час.**

**Спонтанно делятся ядра всех элементов тяжелее тория. Этот процесс лимитирует массу ядра, определяет границу периодической системы и, следовательно, облик Вселенной**

# Серия радиоактивных превращений урана




**Естественный радиоактивный распад конкретного изотопа может являться отдельным звеном длинной серии ядерных превращений. Промежуточные дочерние ядра продолжают распадаться до тех пор, пока не образуется стабильное ядро. В результате серии последовательных α и β – распадов из ядра урана -238 в конце концов получаются стабильный изотоп свинца.**

**Вся совокупность радиоактивных изотопов, возникающих в результате этих процессов называется *радиоактивным семейством урана.***

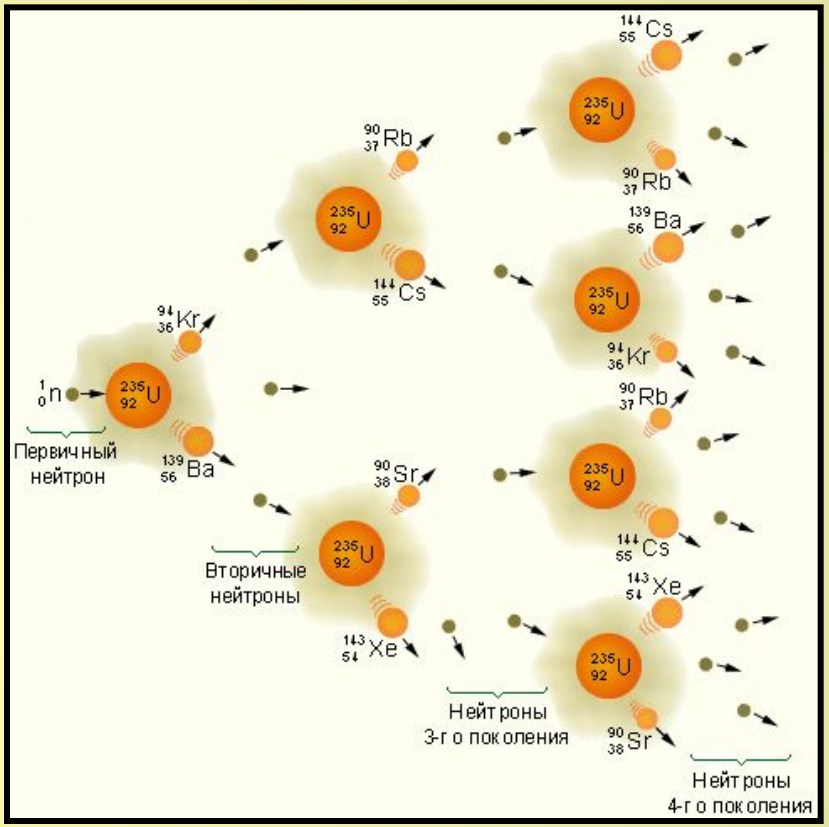
**Высчитано, что для накопления 1 Г свинца в 100 Г урана (т. е. 1%) нужно около 90 млн. лет. Таким образом, определив процент свинца в породе, можно установить, сколько времени прошло с начала процесса распада, или начала образования горной породы.**
**При помощи радиоактивных элементов ученые высчитали возраст Земли, который определяется не менее чем в 4,5 миллиардов лет!**

# Цепная ядерная реакция

***Цепная ядерная реакция*** –это ядерная реакция, в которой частицы, её вызывающие, являются её продуктами.

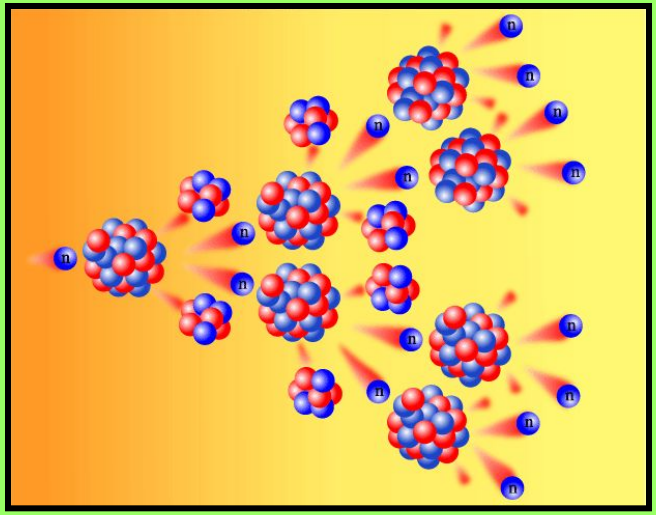
Захватывая свободный нейтрон, ядро изотопа урана U-235 делится , в результате освобождаются 2-3 нейтрона, которые могут вызвать новые акты деления ядер. Так была найдена "спичка" для поджигания атомного огня.

Любой из 3-х нейтронов второго поколения, вылетевших из ядра урана -235, может в свою очередь вызвать дальнейшее деление 2-3 ядер. Четыре образовавшихся нейтрона третьего поколения могут разделить 4 ядра урана. В результате число делящихся ядер начинает лавинообразно возрастать.




Цепная ядерная, протекает самопроизвольно, без дополнительного подвода энергии извне.

# При каких условиях можно осуществить цепную ядерную реакцию в уране?



**Возможность протекания цепной реакции определяется массой урана, количеством примесей в нем, наличием оболочки и замедлителя.**

1. Нейтроны, освобождающиеся при делении ядер урана способны вызвать деление лишь ядер урана -235. Ядра урана -238 просто захватывают нейтроны без деления. В природном уране на долю изотопов с массовым числом 235 всего 0,72%. Поэтому природный уран нужно обогащать изотопом уран-235 хотя бы до 2,5%.

2. Наиболее эффективное деление ядер урана -235 происходит под действием медленных нейтронов, а вторичные нейтроны – быстрые. Поэтому необходимо замедлять эти нейтроны в 10 миллионов раз. Замедлителем может служить обычная и тяжелая вода, графит.

3. *Критическая масса* — минимальное количество делящегося вещества, необходимое для начала самоподдерживающейся цепной реакции деления

Минимальное значение радиуса шара при котором возникает цепная реакция называется *критическим радиусом.*

Если масса (и соответственно размеры) куска урана слишком мала, то многие нейтроны вылетят за его пределы, не успев встретить на своем пути ядро, вызвать его деление и породить таким образом новое поколение нейтронов, необходимых для продолжения реакции. В этом случае цепная реакция прекратится. Так например для шарообразного куска чистого изотопа урана-235 критическая масса составляет около 45 кг, для высокообогащённого (94 % U-235) составит уже 52 кг при этом его радиус составляет всего 9см, поскольку уран имеет очень большую плотность. Уменьшить потерю нейтронов (которые вылетают из урана, не прореагировав с ядрами) можно не только за счет увеличения массы урана, но и с помощью специальной отражающей оболочки. Для этого кусок урана помещают в оболочку, сделанную из вещества, хорошо отражающего нейтроны (например, из бериллия). Применяя замедлитель и отражающую оболочку, и уменьшая количество примесей, удается снизить критическую массу урана до 0,8 кг

# Можно ли управлять цепной ядерной реакцией?

**Скорость цепной ядерной реакции характеризуется коэффициентом размножения нейтронов – отношением числа нейтронов одного поколения к числу нейтронов предыдущего поколения**

$$K = \frac{N_k}{N_{k-1}}$$

$N_k$ - число нейтронов одного поколения

$N_{k-1}$ - число нейтронов предыдущего поколения

***Если k < 1, реакция быстро затухает,***
***Если k = 1, то реакция протекает с постоянной интенсивностью (управляемая в ядерных реакторах),***
***Если k >1, то реакция развивается лавинно (неуправляемая) и приводит к ядерному взрыву***

**К** можно изменять, вводя в активную зону стержни из бора или кадмия, которые активно поглощают нейтроны.

# Игорь Васильевич Курчатов - человек, подаривший стране безопасность

2.01.1903 - 07.02.1960

1932 г. Курчатов одним из первых в России стал изучать физику атомного ядра.

В 1934 г. он исследовал искусственную радиоактивность, открыл ядерную изомерию - распад одинаковых атомов с разными скоростями.

В 1940 г. Курчатов вместе с Г.Н.Флеровым и К.А. Петржаком обнаружили, что атомные ядра урана могут подвергаться делению и без помощи нейтронного облучения - самопроизвольно (спонтанно).

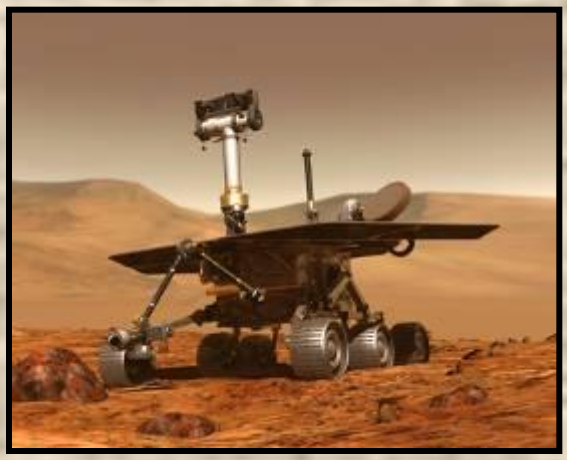
С1943 г. начал работать над проектом создания атомного оружия.

1946г. – первый европейский реактор под руководством И.В.Курчатова в Обнинске

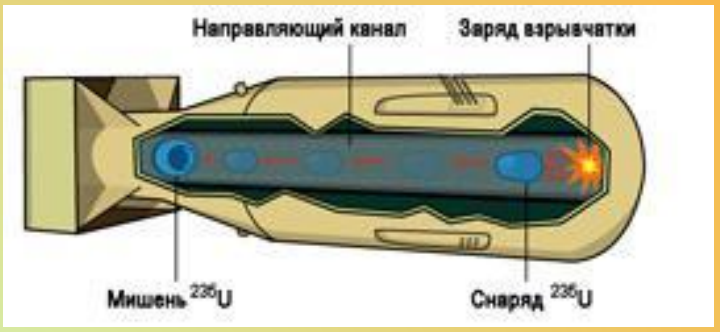
Создание отечественной атомной бомбы было завершено к 1949 г., а в 1953 г. появилась бомба водородная.

С именем Курчатова связано и строительство первой в мире атомной электростанции, которая дала ток в 1954 г. Примечательно, что именно Курчатову принадлежат слова "Атом должен быть рабочим, а не солдатом".

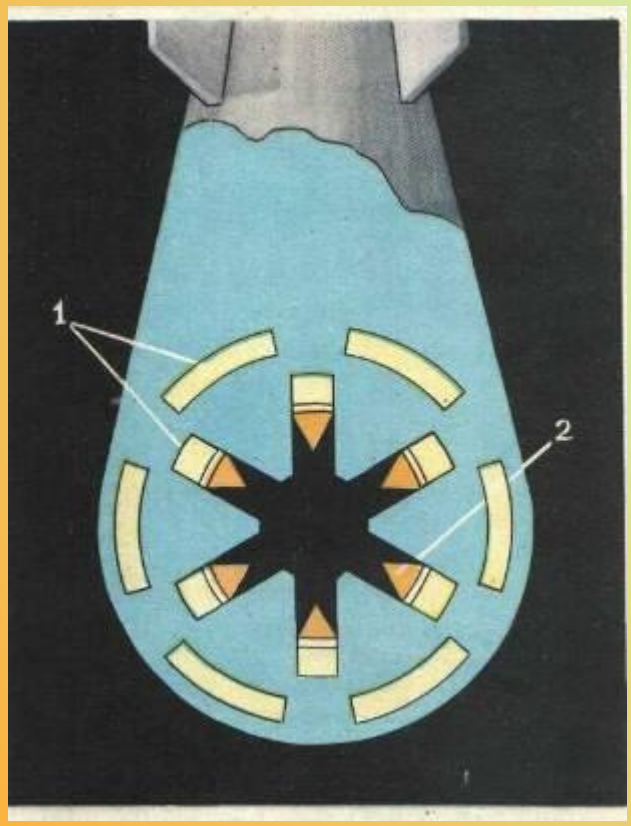
# Применение ядерной энергии



# Схема ядерной бомбы



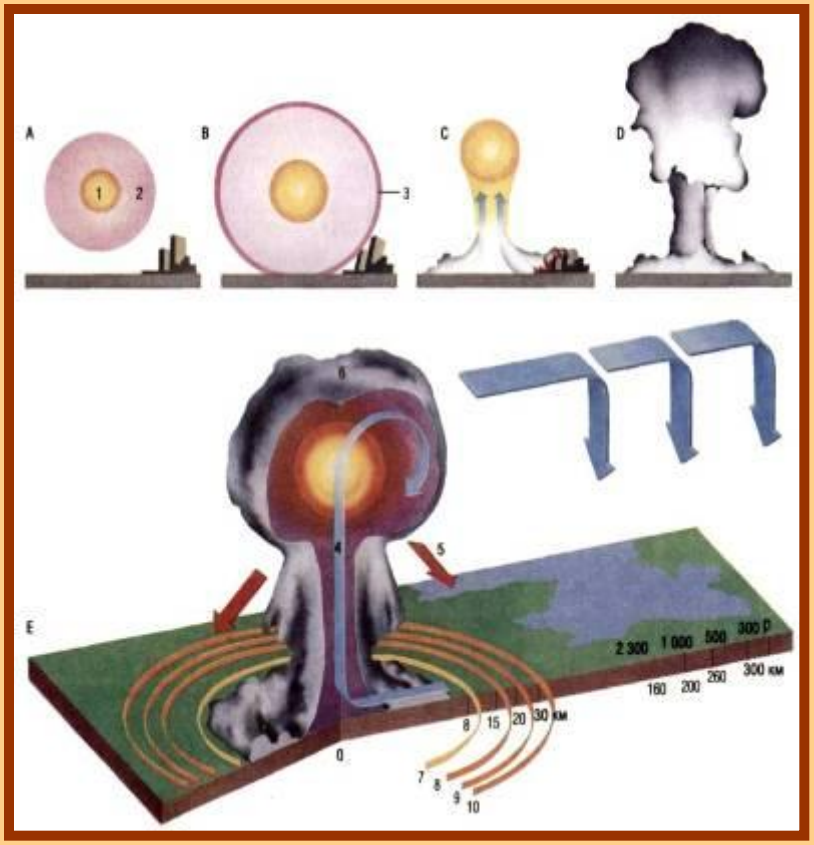

1—обычное взрывчатое вещество;
2—плутоний или уран (заряд разделен на 6 частей, масса каждой из которых меньше критической, но их суммарная масса больше критической).




Если соединить эти части, то начнется цепная реакция, протекающая миллионные доли секунды, - произойдет атомный взрыв. Для этого части заряда соединяют с помощью обычного взрывчатого вещества. Соединение происходит либо «выстреливанием» навстречу друг другу двух блоков делящегося вещества докритической массы. Вторая схема подразумевает получение сверхкритического состояния путём обжатия делящегося материала сфокусированной ударной волной, создаваемой взрывом обычной химической взрывчатки, которой для фокусировки придаётся весьма сложная форма и подрыв производится одновременно в нескольких точках.

# Неуправляемая цепная ядерная реакция. Ядерное оружие.

## Боевые свойства




**1. Ударная волна.**

Образуется вследствие резкого и исключительно сильного повышения давления в зоне ядерной реакции. Она представляет собой быстро распространяющуюся о центра взрыва волну сильно сжатого и разогретого воздуха **(от 40 до 60 % энергии)**

**2.Световое излучение 30-50 %энергии)**

**3.** Радиоактивное заражение — 5-10 % энергии)-заражение местности в районе эпицентра при воздушном взрыве обуславливается в основном радиоактивностью, возникающей в почве в результате воздействия нейтронов.

**4. Проникающая радиация.**

Проникающая радиация – это потоки гамма-лучей и нейтронов, испускаемых в момент атомного взрыва. Основным источником проникающей радиации являются осколки деления вещества заряда( 5 % энергии)

5. Электромагнитный импульс (2-3 %энергии)

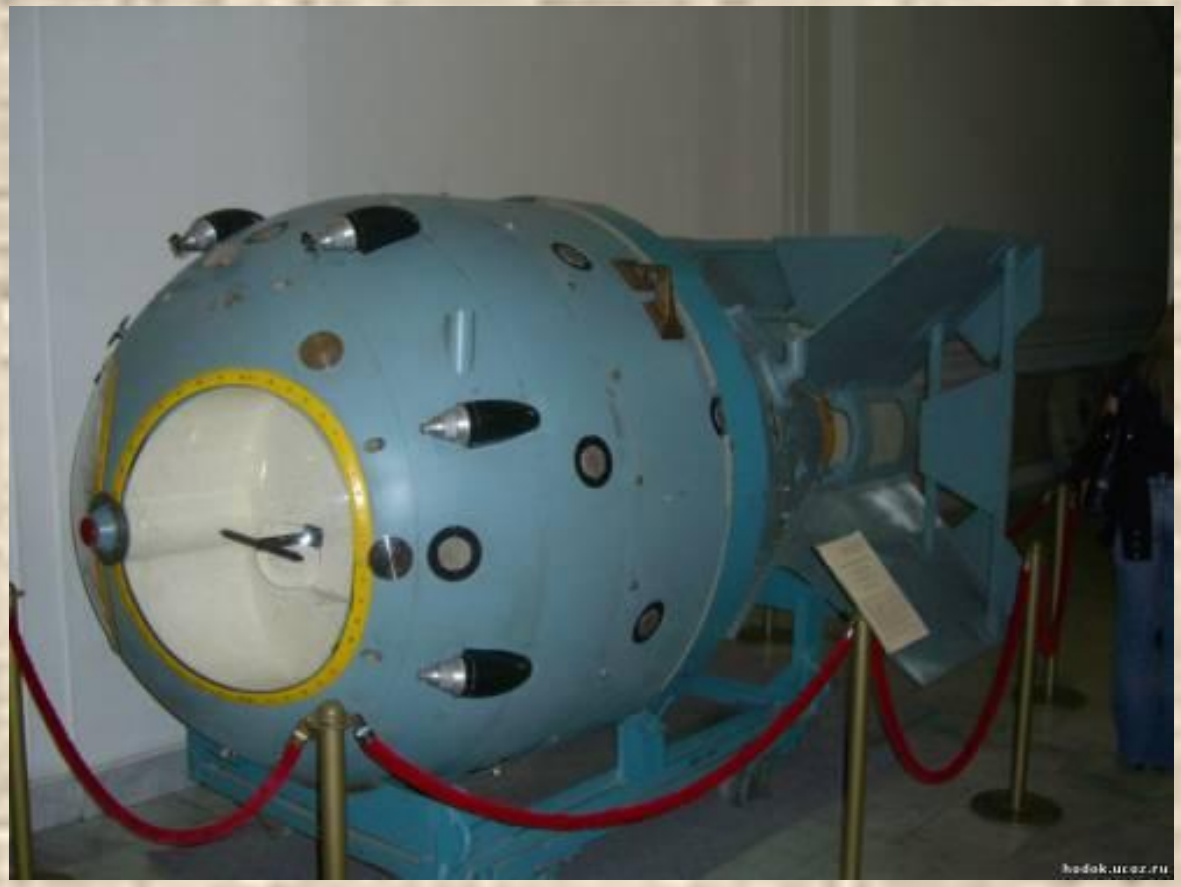
# Испытания ядерного оружия впервые были проведены 16 июля 1945. в США(в пустынной части шт. Нью-Мексико.)

***Плутониевое ядерное устройство, установленное на стальной башне, было успешно взорвано 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.)***

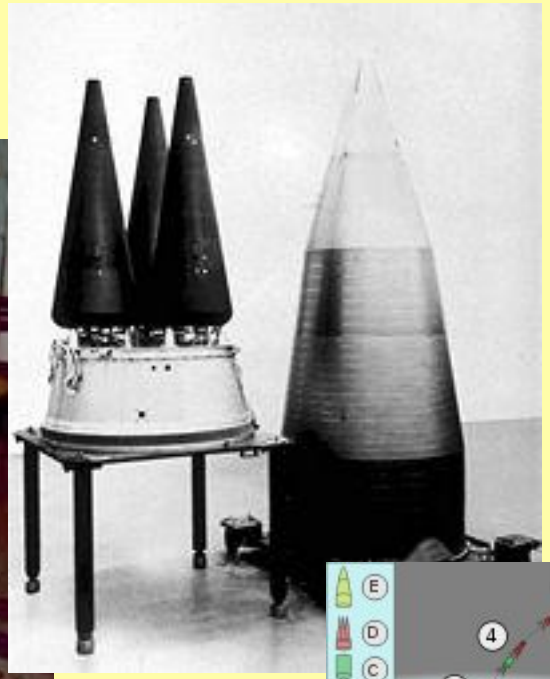
**В 1945 г. были сброшены бомбы на города Хиросима и Нагасаки**

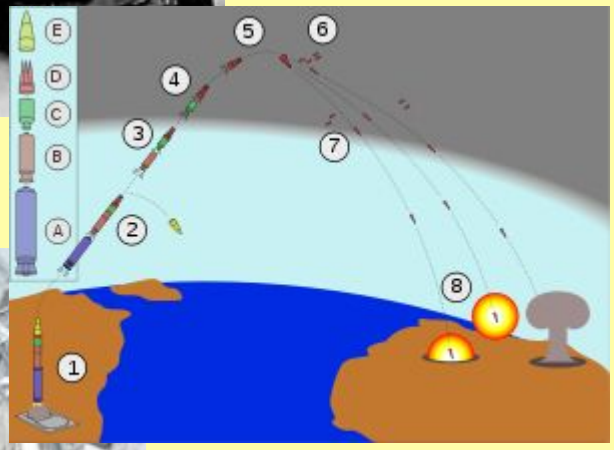
# *Первая атомная бомба СССР — «РДС–1»*

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



*Ядерная бомба*
*для применения со сверхзвуковых*
*самолётов*






*Головная часть межконтинентальной*
*баллистической ракеты*

# Боевой железнодорожный ракетный комплекс БЖРК 15П961 «Молодец» с межконтинентальной ядерной ракетой.

**В состав БЖРК входят:**
**1.Три минимальных пусковых модуля**
**2.Командный модуль**
**в составе 7 вагонов**
**3.Вагон-цистерна с запасами горюче-смазочных материалов**
**4.Три тепловоза ДМ62.**

**Минимальный пусковой модуль включает в себя три вагона:**
**1. Пункт управления пусковой установкой**
**2.Пусковая установка 3. Агрегат обеспечения**

# ***Ядерный реактор - установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция деления тяжелых ядер***

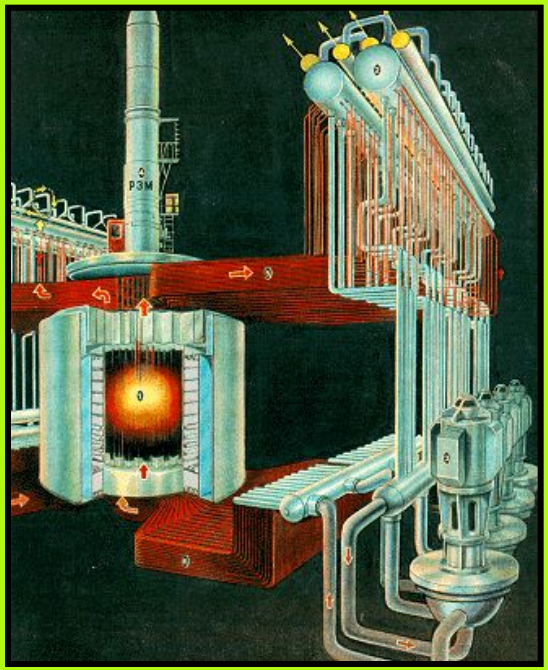
***Первый ядерный реактор: США, 1942 г., Э.Ферми, деление ядер урана.***
***В России: 25 декабря 1946 г., И. В.Курчатов***

Первая в мире АЭС опытно-промышленного назначения мощностью 5 *МВт* была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске. За рубежом первая АЭС промышленного назначения мощностью 46 *МВт* была введена в эксплуатацию в 1956 в Колдер-Холле (Англия).

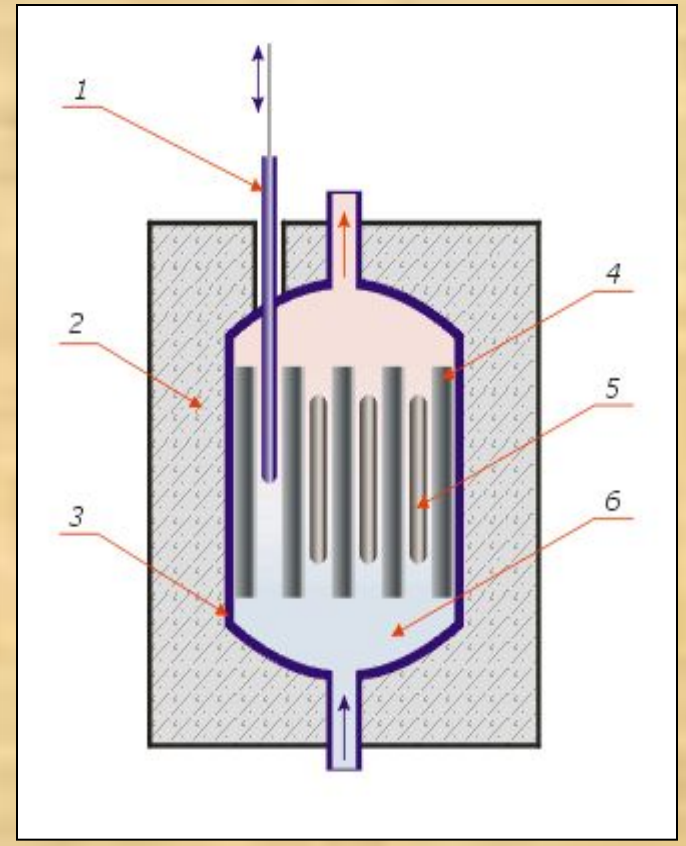
# Типы ядерных реакторов

Наиболее часто на АЭС применяются 4 типа реакторов на тепловых нейтронах:

1) ***водо-водяные*** с обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя;
2) ***графито-водные*** (вода – теплоноситель, графит замедлитель)
3) ***тяжеловодные*** (вода – теплоноситель, тяжёлая вода замедлитель)
4) ***графито-газовые*** (газ – теплоноситель, графит – замедлитель)



# Основные элементы ядерного реактора и их назначение




Реактор на тепловых нейтронах
1 — управляющий стержень;
2 — биологическая защита;
3 — теплоизоляция;
4 — замедлитель;
5 — ядерное топливо;
6 — теплоноситель.

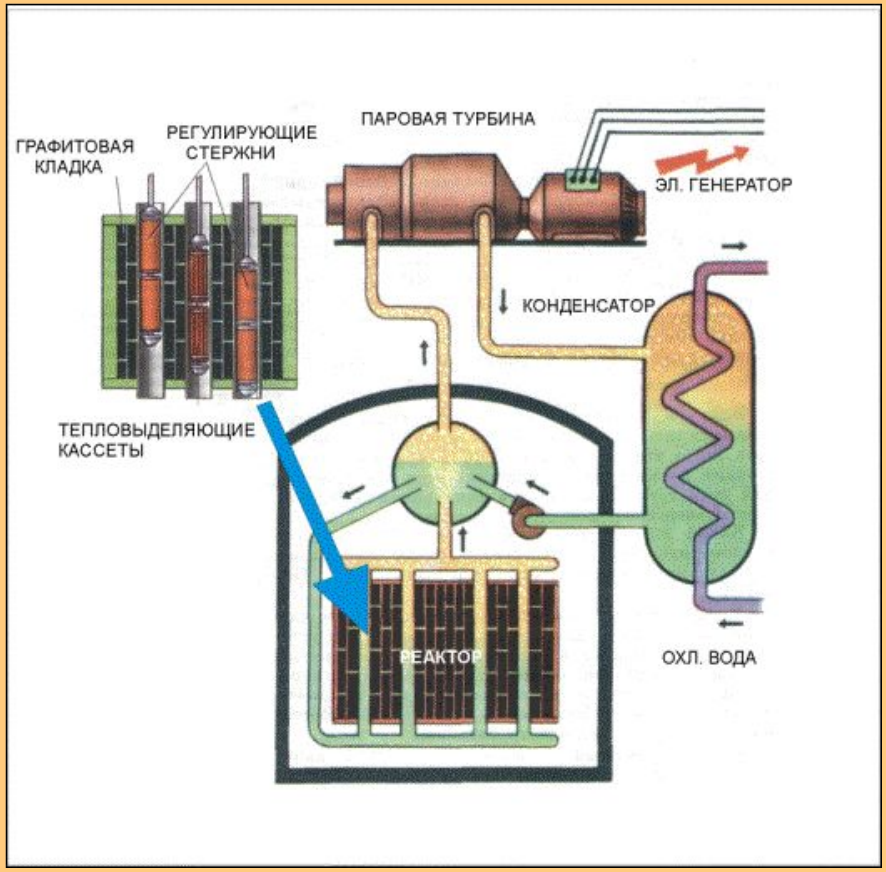
Любой ядерный реактор состоит из следующих частей:

- Активная зона с ядерным топливом и замедлителем;
- Отражатель нейтронов, окружающий активную зону;
- Теплоноситель;
- Система регулирования цепной реакции, в том числе аварийная защита;
- Радиационная защита;
- Система дистанционного управления.

# Уран-графитовый реактор замедлителем, и теплоносителем является обычная вода.

***Топливо – природный уран, обогащенный до 5% ураном-235, торий или плутоний. Замедлитель –графит, теплоноситель-вода.***

**Активная зона реактора — вертикальный цилиндр диаметром 11.8 метров и высотой 7 метров, собрана из графитовых шестигранных колонн (всего их 2488), собранных из блоков сечением 250х250мм. В ней происходит кипение теплоносителя.**



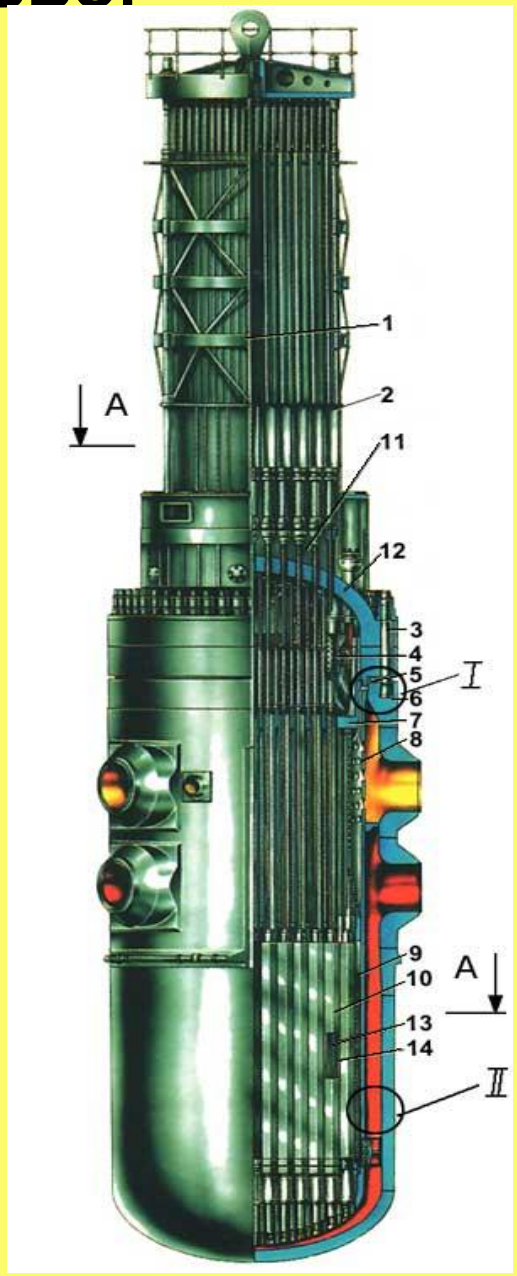

**По центру каждого блока сквозь всю колонну проходят сквозные отверстия диаметром 114 мм для размещения тепловыделяющих кассет, датчиков и стержней СУЗ, циркуляции теплоносителя. Общее число технологических каналов в активной зоне 1693. Внутри большинства технологических каналов находятся. По периферии активной зоны, а также сверху и снизу расположен боковой отражатель - сплошная графитовая кладка толщиной 0.65 метра.**

# Строение активной зоны реактора ВВЭР

***Замедлитель –вода, теплоноситель-вода***

Она имеет прочный наружный стальной корпус, в случае непредвиденных обстоятельств можно локализовать возможную аварию. Корпус полностью заполнен водой под высоким давлением. Вода подается в реактор снизу под давлением.

Сверху реактор закрыт стальной крышкой, герметизирующей его корпус. Характерная черта такого типа реакторов - высокий уровень самозащищенности. Реактор будет устойчив к воздействию землетрясения, падению самолета, взрывной волне.

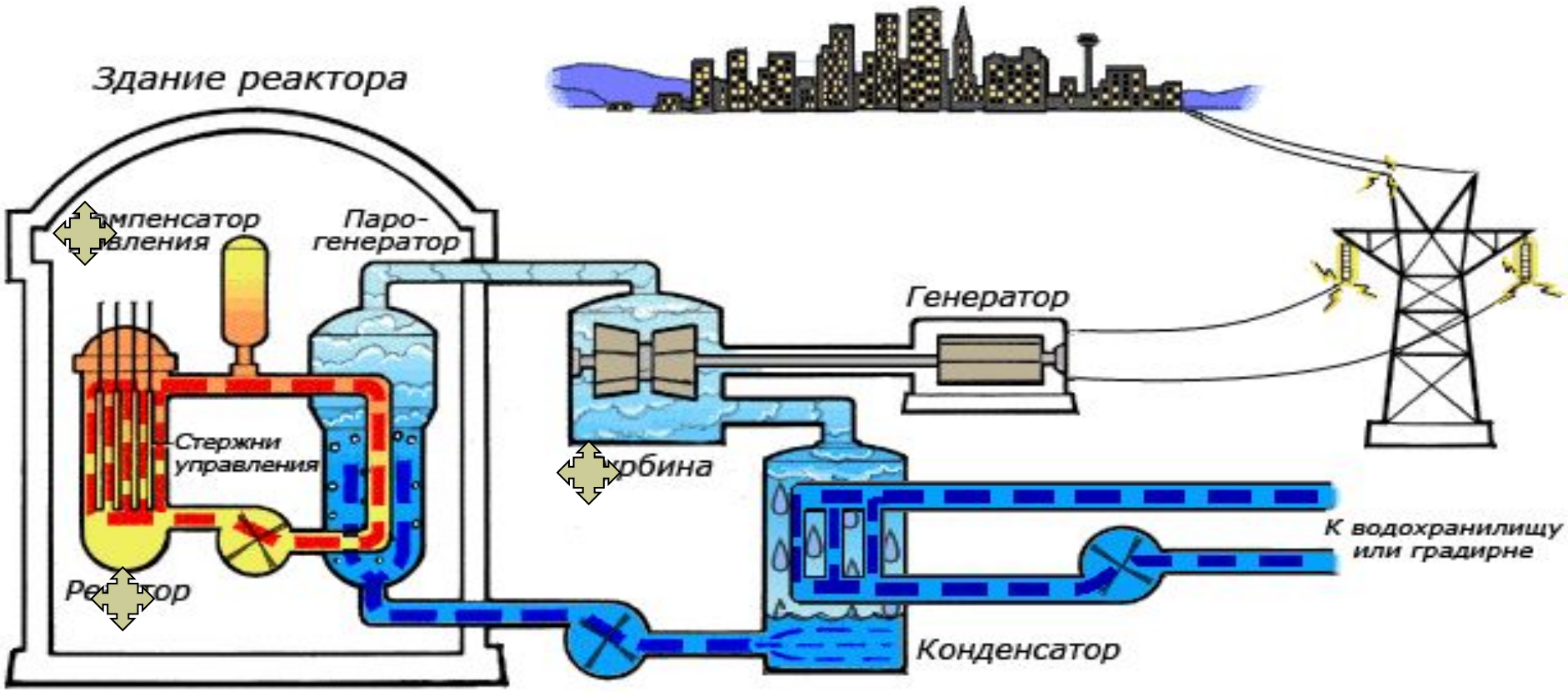


# ТВС

ТВС - тепловыделяющая сборка -топливная кассета, состоящая из каркаса, на котором закреплены 312 трубок из циркониевого сплава. Эти тонкие трубки называются ТВЭЛами- конструкция из таблеток урана и собирающего их вместе корпуса из циркония. Их толщина 10-20 см и длина несколько метров. На ТВС также предусмотрены направляющие для стержней защиты и управления (СУЗ). Всего в реактор ВВЭР-1000 устанавливалось 163 таких сборок.

# Устройство АЭС

**Атомная электростанция** - это электростанция, в которой атомная энергия преобразуется в электрическую.



# Принцип действия АЭС

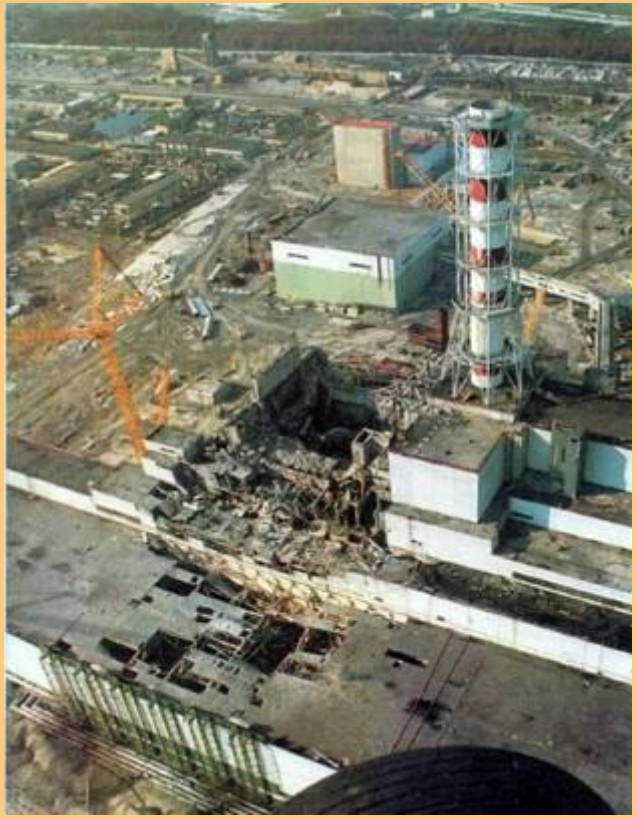
Тепло, выделяющееся в *активной зоне* реактора, отбирается водой 1-го контура, которая прокачивается через реактор насосом.

Нагретая вода из реактора поступает в теплообменник где передаёт тепло, воде 2-го контура.

Вода 2-го контура испаряется в парогенераторе, и образующийся пар поступает в турбину.

# *Чернобыль – мировой синоним экологической катастрофы-26 апреля 1986 г.*

В первый день аварии погиб 31 человек, по прошествии 15 лет с момента катастрофы умерло 55 тысяч ликвидаторов, еще 150 тысяч стали инвалидами, 300 тысяч человек умерли от лучевой болезни, всего повышенные дозы облучения получили 3 миллиона 200 тысяч человек



Разрушенный 4-й энергоблок

Саркофаг

# Балаковская АЭС

Балаковская АЭС создавалась в течение 8 лет, с 1985 по 1993 год. Установленная электрическая мощность станции составляет 4000 МВт и обеспечивается четырьмя энергоблоками ВВЭР-1000 (водо-водяной энергетический реактор).

# Производственный ядерный топливный цикл.

АЭС

Изготовление твелов

Разделение изотопов

Производство $UF_6$

Аффинаж и производство $UF_4$

Пр-во урановых концентратов

Рудник

Хранилище отработанного топлива

Подвоз топлива

Радиохим . завод

Хранилище отходов

Захоронение отходов

# ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

## ПРЕИМУЩЕСТВА

Экономия органического топлива

Малые массы горючего

Получение большой мощности с одного реактора

Низкие транспортные расходы энергии

Отсутствие потребности в атмосферном воздухе

АЭС не загрязняют атмосферу, не требуют создания крупных водохранилищ, занимающих большие площади

## ПРОБЛЕМЫ

Безопасность реактора(возможность аварии с разгоном реактора, радиоактивные выбросы в окружающую среду )

Радиоактивные отходы (утилизация отработанного топлива)
Особенности ремонта

Сложность ликвидации ядерного энергетического объекта(из-за ограниченности срока службы АЭС)

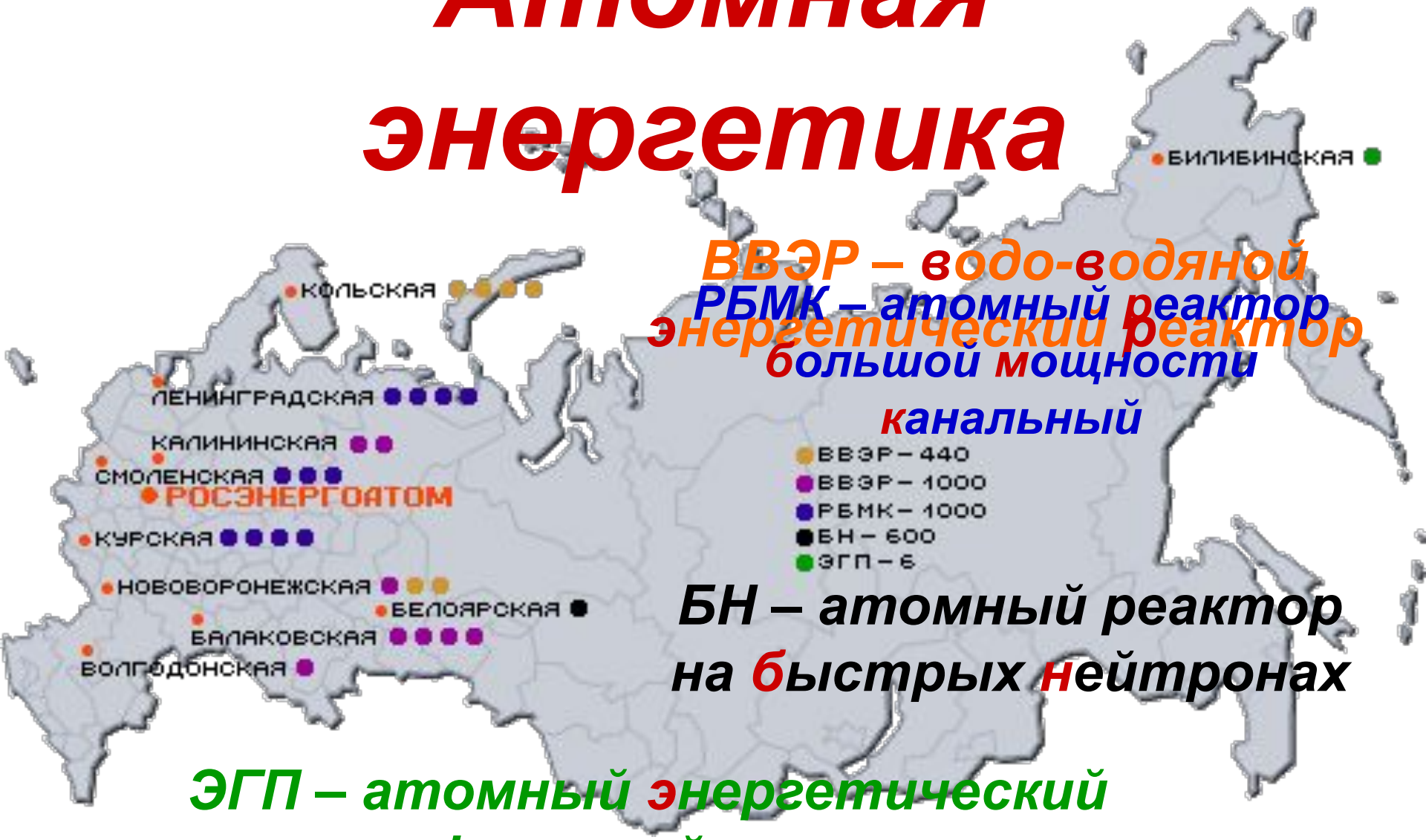
Высокая квалификация и ответственность кадров

Доступность для терроризма и шантажа с катастрофическими последствиями

Дорого стоит добыча топлива

За два последних года атомная энергетика России увеличила производство энергии на 24%. В нашей стране сейчас эксплуатируется 10 атомных станций суммарной мощностью более 22 млн. кВт. АЭС России составляют 11% по мощности энергопроизводящих установок и дают примерно 15% энергии в стране, в европейской части — около 20%. В энергозонах Северо-Запада, Центра и Поволжья доля выработки энергии на АЭС составляет около 30-40%. При этом, как признано экспертами МАГАТЭ, АЭС России занимают сейчас второе место в мире после Японии по уровню устойчивости, надежности и безопасности.

# Атомная энергетика




**ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор**

**РБМК – атомный реактор большой мощности канальный**

**БН – атомный реактор на быстрых нейтронах**

**ЭГП – атомный энергетический графитовый реактор с перегревом пара**

# Атом покорен, НО цивилизация под угрозой.

**Прав ли был Прометей,**
**давший людям огонь?**
**Мир рванулся вперед,**
**мир сорвался с пружин,**
**Из прекрасного лебедя**
**вырос дракон,**
**Из запретной бутылки**
**был выпущен джин.**

*Спасибо за внимание*