Ядерные реакции и их воздействия

1. Природа ионизирующих излучений
2. Энергия ядерных излучений
3. Измерение излучений
4. Действие ядерного взрыва

Хронология наиболее опасных ядерных аварий

- 1957 год, Англия (АЭС, Уиндскейл).
- 1979 год, США (АЭС, Гаррисберг).
- 1986 год, СССР (АЭС в городе Чернобыль в Украине).
- 2011год, Япония, АЭС Фокусима

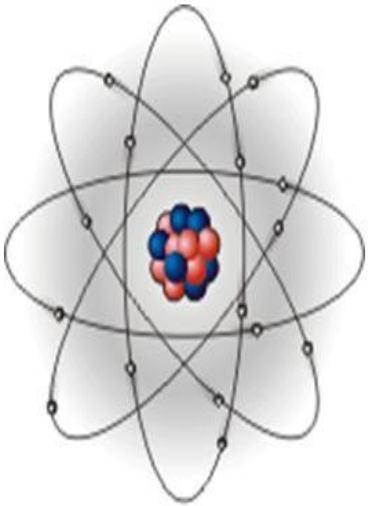
Разрушенный третий блок Японской АЭС Фокусима 1. 17. 03. 2011г, реактор поврежден. Пострадали еще 3 блока атомной станции. Они лишены охлаждения и постепенно нагреваются.... Попытки охлаждать атомные реакторы с вертолётов не приносят успеха из-за высокого уровня радиации. Авария на японской АЭС произошла после серии сильнейших землетрясений. Сброс загрязненной воды в море продолжается.

Объекты, относящиеся к «мирному атому»

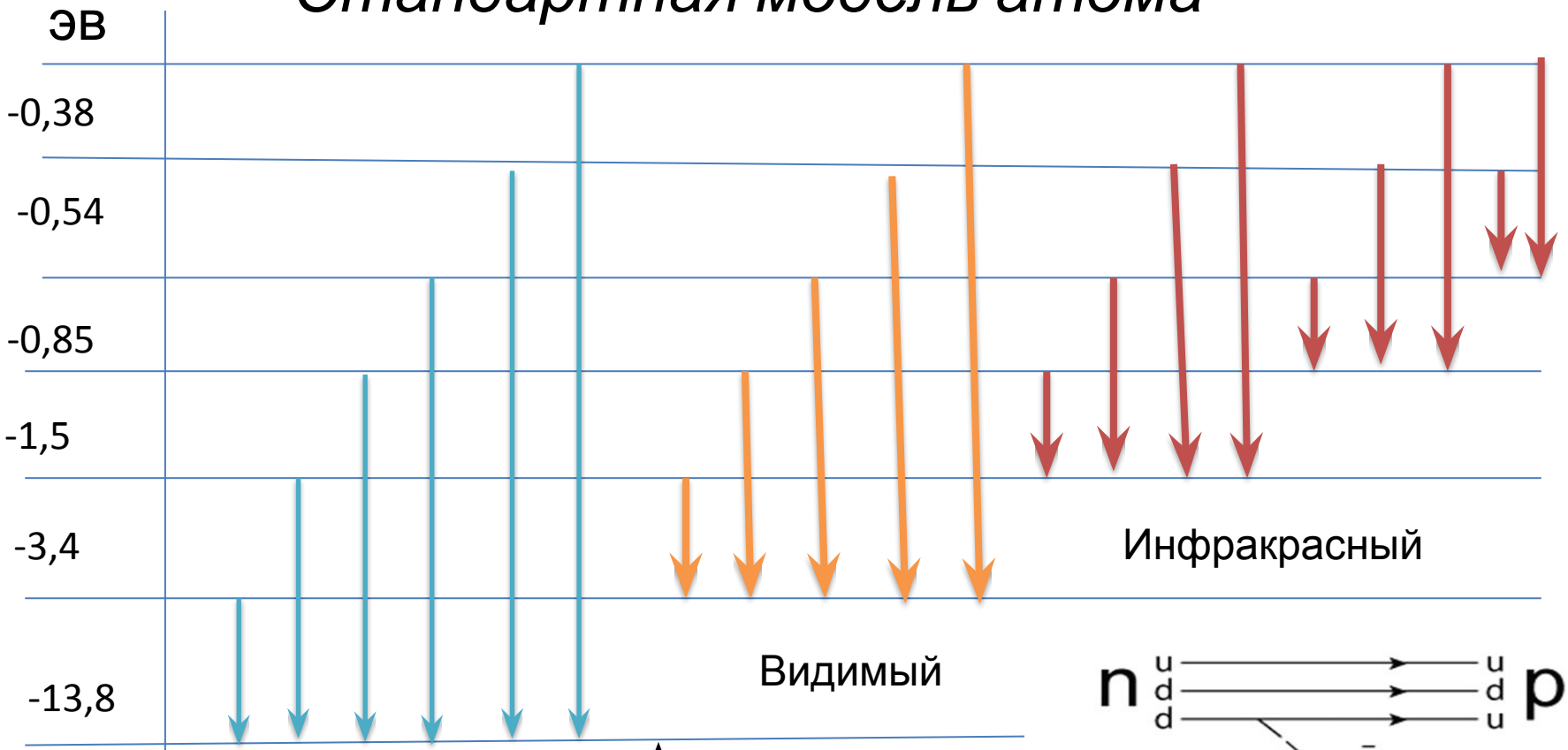
- атомные электростанции ;
- предприятия по переработке ядерного топлива и ядерных отходов;
- научно-исследовательские институты с установками на ядерном топливе;
- корабли надводного и подводного флота с ядерными энергетическими установками;
- космические аппараты с ядерными источниками питания;
- транспортные средства для перевозки радиоактивных материалов.

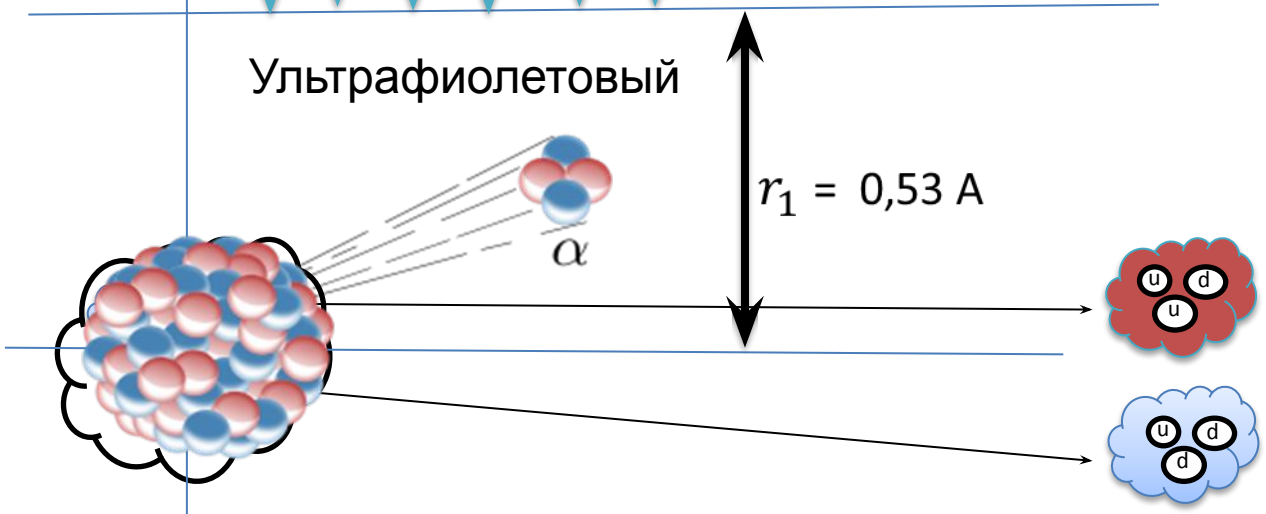
1. Природа ионизирующих излучений

Планетарная модель атома



Стандартная модель атома

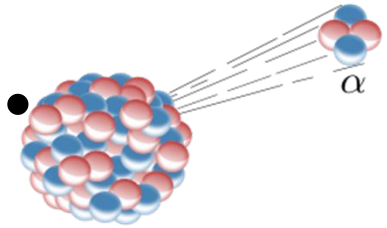




$+1 = \frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3}$ протон

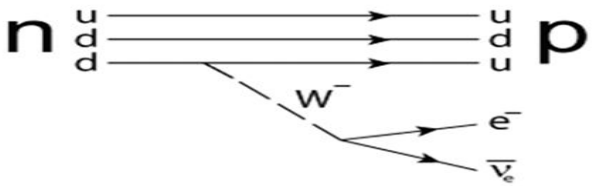
$0 = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}$ нейтрон

Ионизирующие излучения из атома



Плотность ядра достигает 100.000тонн/мм^3

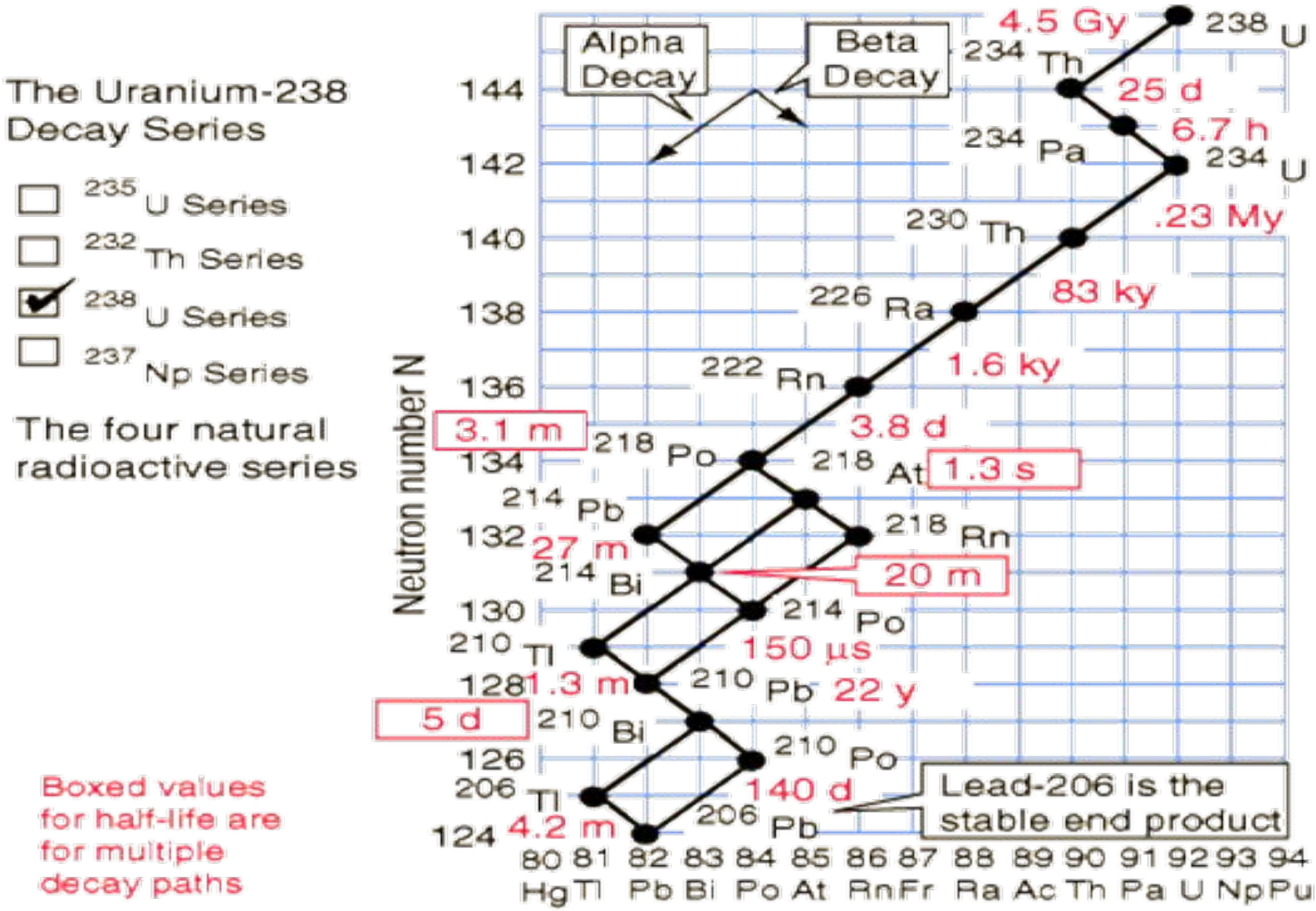
***α**–частица (ядро атома Гелия).Известно более 120 **α-**излучающих ядер атомов. Ядра с числом протонов более 72 большие и потому **силы притяжения** нуклонов **ослабевают**.*



*При **β** –распаде (существует более 900 **β**- радиоактивных изотопов) происходит превращение нейтрона в протон и наоборот, а из ядра вылетает электрон или позитрон (фактически внутри нейтрона **d**-кварк перерождается в **u**-кварк с испусканием еще и антинейтрино).*

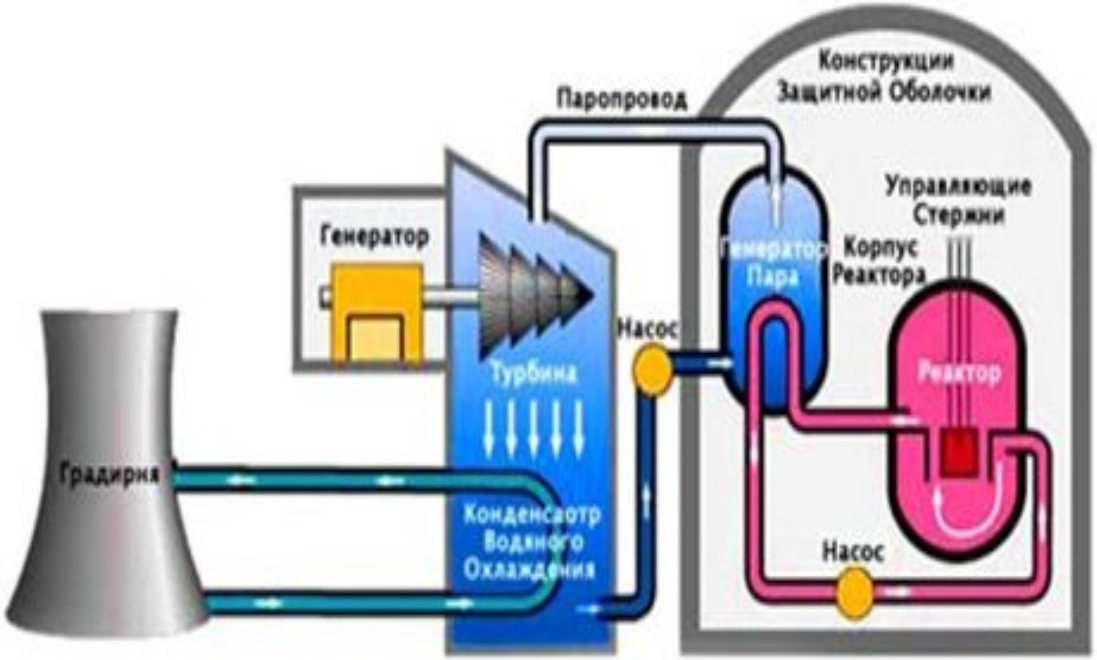
- *Возбужденные ядра колеблются, вращаются, могут менять форму, выбрасывают («рождают») те или иные частицы, а электромагнитные волны выносят при этом из ядра ещё и наиболее заряженные фотоны, которые называют обычно **γ**– квантами и ядро переходит в следующее дискретное состояние. Два **γ** –кванта могут образоваться и при аннигиляции (уничтожении) электрона и позитрона*

Распад ядер


The Uranium-238 Decay Series
235 U Series
232 Th Series
238 U Series
237 Np Series
The four natural radioactive series
Alpha Decay
Beta Decay
Neutron number N
144
142
140
138
136
134
132
130
128
126
124
4.5 Gy
238 U
234 Th
25 d
6.7 h
234 Pa
234 U
.23 My
230 Th
83 ky
226 Ra
1.6 ky
222 Rn
3.1 m
3.8 d
218 Po
218 At
1.3 s
214 Pb
218 Rn
27 m
214 Bi
20 m
214 Po
210 Tl
150 µs
1.3 m
210 Pb
22 y
5 d
210 Bi
210 Po
206 Tl
140 d
206 Pb
4.2 m
Lead-206 is the stable end product
80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94
Hg Tl Pb Bi Po At Rn Fr Ra Ac Th Pa U Np Pu
Boxed values for half-life are for multiple decay paths

Мирный атом

Э. Ферми



GreenSource.ru

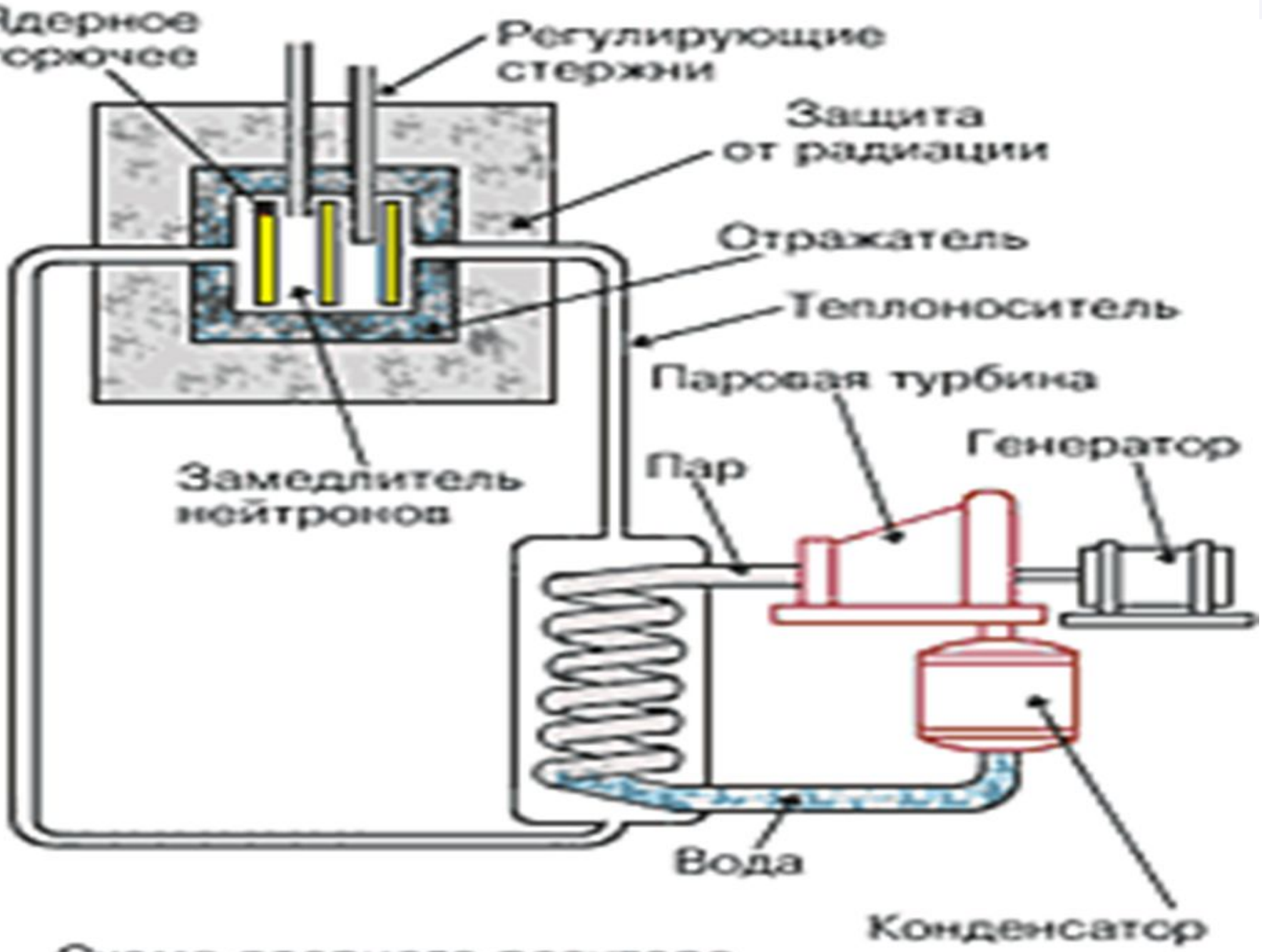
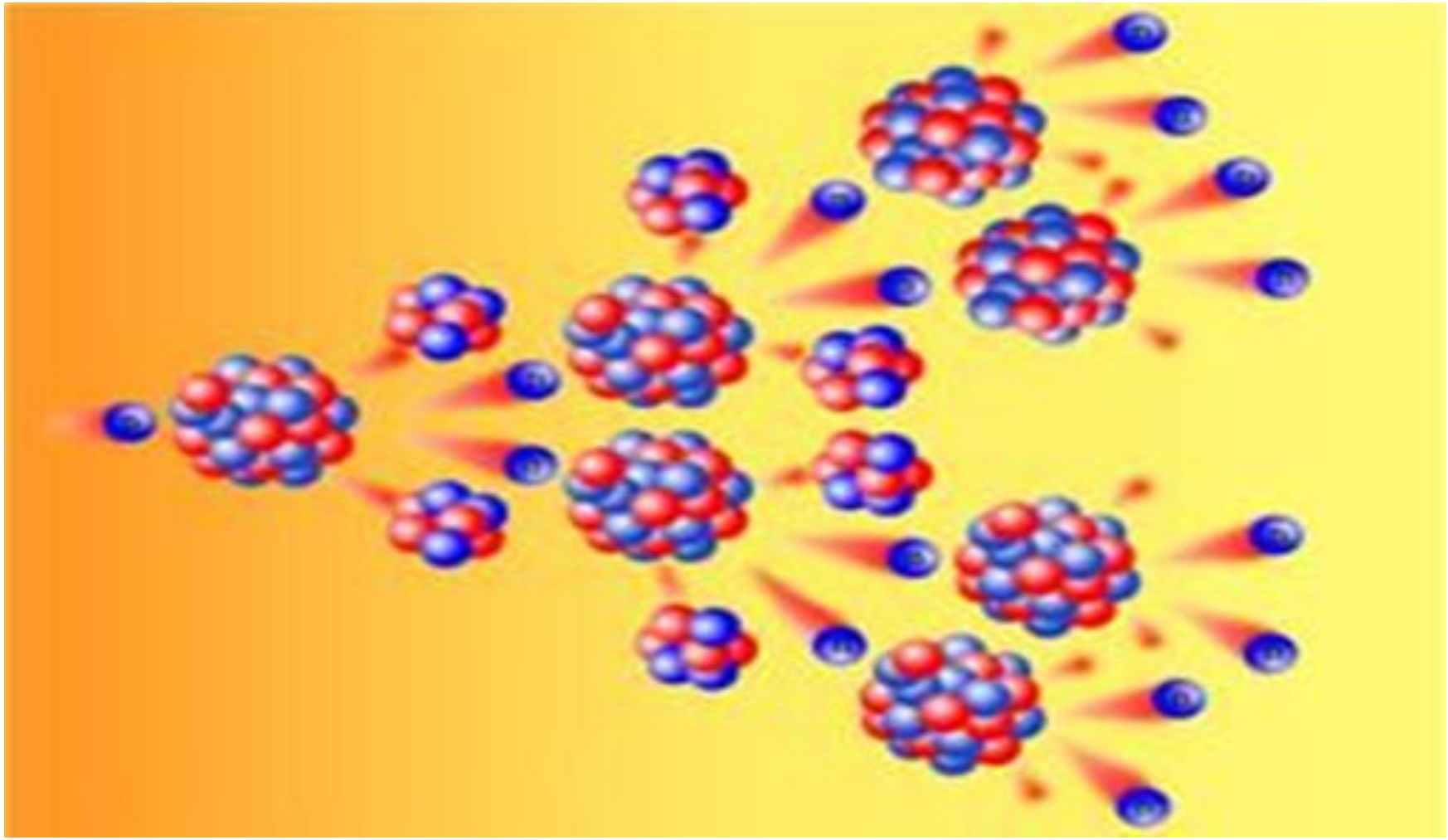
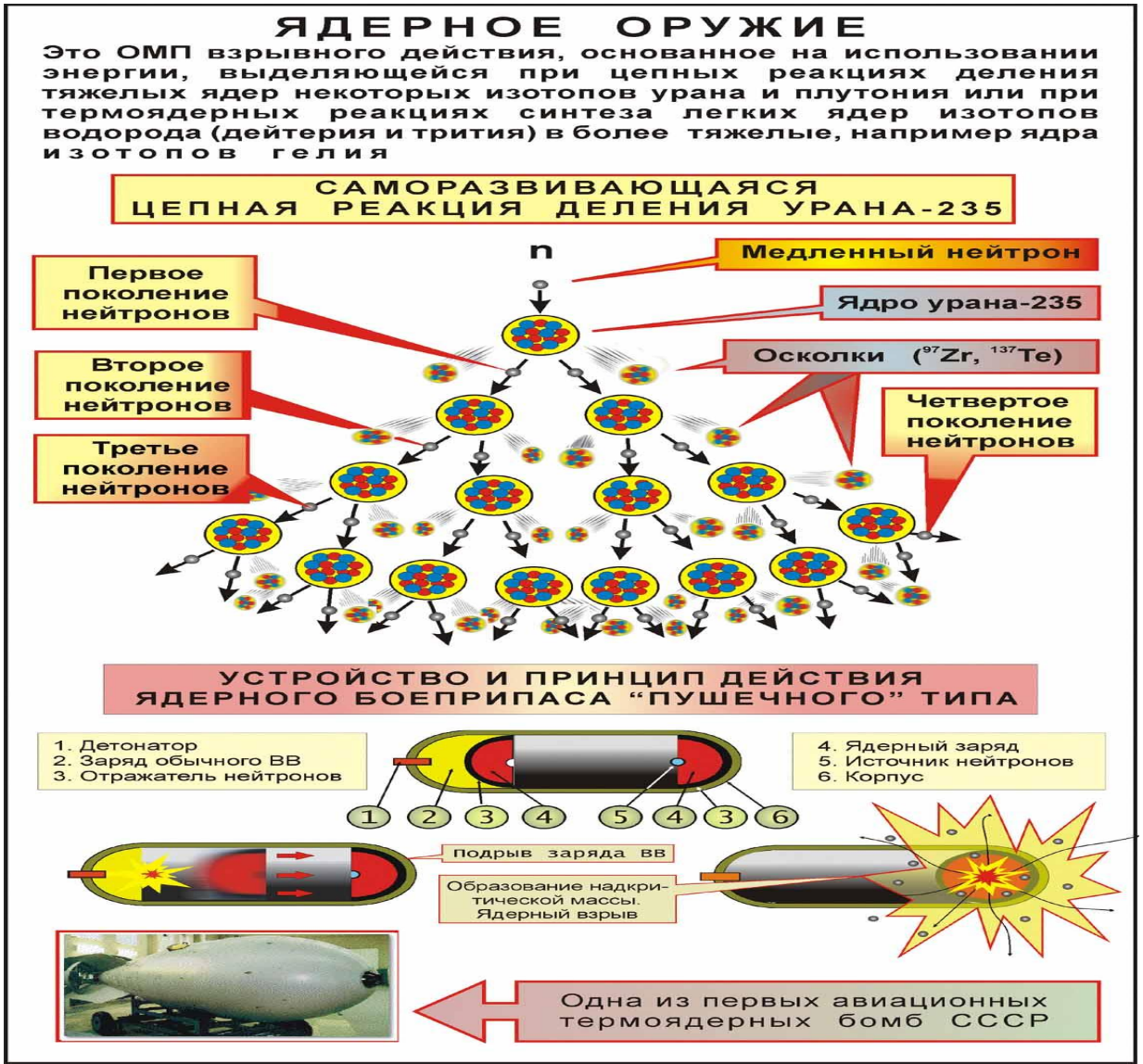


Схема ядерного реактора

Ядерная реакция

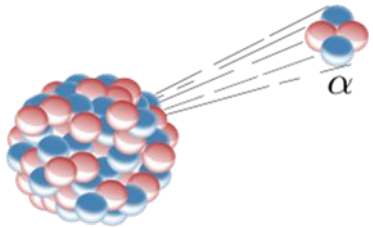


Ядерная реакция



2.Энергия ядерных излучений

- **Радиоактивность-самопроизвольный распад ядер**
- $$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$



знак минус показывает, что число ядер убывает

- N – общее число ядер в начале
- dN –число распавшихся ядер за время dt
- λ –вероятность распада или доля атомов распадающихся за единицу времени (установлена для каждого радионуклида)
- $$N_t = N_0 \times e^{-\lambda t}$$
- т.е. за время $\frac{1}{\lambda}$ число ядер убывает в e раз
- А= λN-активность распада$[\text{Бк}] = \frac{1\text{распад}}{\text{с}}$

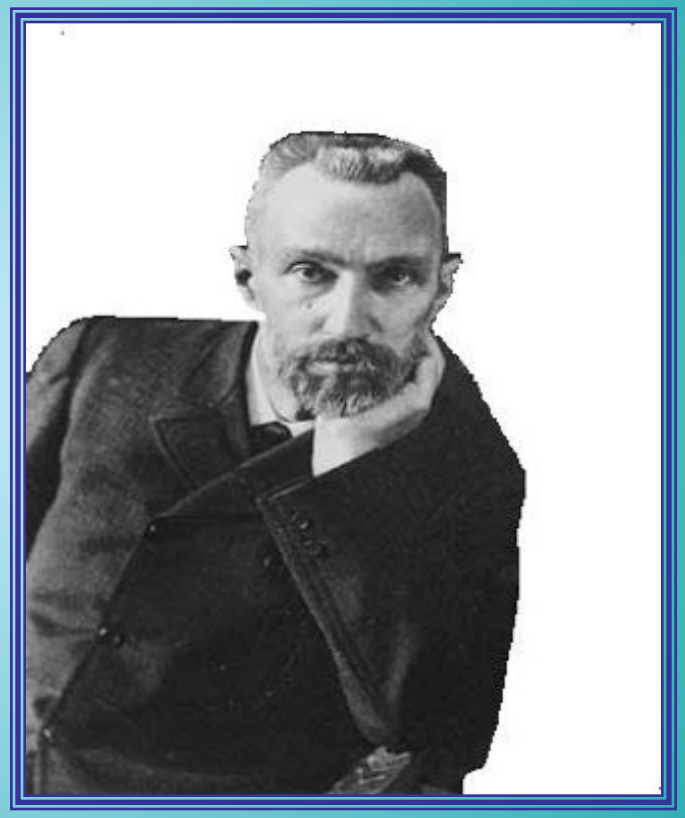
Характеристики излучений из атома

№	Частица (вид распада)	Заряд	Энергия. Мэв	Скорость км/с	Пробег в воздухе,м	Ионизи-рующая способность, пар/см	Масса , Мэв	
1		+2е	2..9	20 000	0,1	30 000	3756	20
2		+1е -1е	1..5	250 000	1,8	90	0,5	1
3		0	1..10	300 000	100	3..4	0	1
4	Нейтрон	0	1кэв-20Мэв	2,2	15.. 120	3 500	940	10…3

3.Измерение излучений

- ***Поглощённая доза-Грей***$[\mathbf{1}\text{Гр}] = 1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. $\boldsymbol{D} = \frac{\boldsymbol{de}}{\boldsymbol{dm}}$ Излученная энергия –(de) в элементарный объём и поглощенная массой тела-(dm),находящейся в этом объеме.
- *Действие одинаковых (в Греях) разных видов излучений на определенный орган человека различно-поэтому используют:*
- ***Эквивалентная доза-Зиверт***$[\text{Зв}] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. $\boldsymbol{H_j} = \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{n}} \boldsymbol{W_j}\,\boldsymbol{D_{ij}}$ -Эквивалентная доза от всех видов излучений j – тым видом органа тела человека.
- D_{ij} –поглощённая доза j – тым видом органа тела человека от i-того вида излучений
- W_i- коэффициент (приведения)эквивалентности (взвешивающий коэффициент) i-того вида излучений (см.Табл.).
- *Действие любого излучения(переведенного в Зиверты)-вызывает разные эффекты у различных органов(разная чувствительность) –поэтому используют*:
- ***Эффективная доза-Зиверт***$[\text{Зв}] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. $\boldsymbol{E} = \sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{m}} \boldsymbol{\omega_j}\boldsymbol{H_j}$ -Эффективная доза всех органов человека от всех видов излучений.
- ω_j- коэффициент (приведения)эквивалентности (взвешивающий коэффициент) для j – того вида органа тела человека(см.Табл.).
- *Действие одного Грэя α –частиц эффективнее (вреднее) одного Грэя γ –излучения в 20 раз*
- *Действие одного Зиверта на половые органы эффективнее (вреднее) чем на кожу и кости в 20 раз*

Создатели учения о радиоактивности



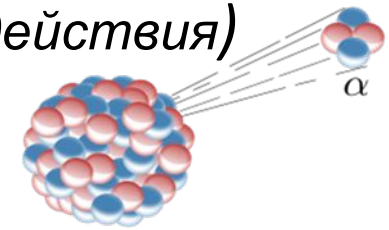
М. Кюри

П. Кюри

Значения взвешивающих коэффициентов для различных органов человека

Органы человека	
Половые железы	0,20
Костный мозг, толстый кишечник, легкие, желудок	0,12
Мочевой пузырь, печень, щитовидная железа, надпочечники, головной мозг, почки, поджелудочная железа	0,05
Кожа, клетки костей	0,01

Измерение излучений(с учетом времени действия)



- • A= λN-***активность распада*** -**1**[Бк] $= \frac{\mathbf{1}\text{распад}}{\text{с}}$
- • **Для α – частиц** установлены: $A_m = \frac{A}{m}$; $A_V = \frac{A}{V}$ - *Соответственно*: ***Удельная активность*** $\left[\frac{\text{Бк}}{\text{кг}}\right]$; ***Объёмная активность*** $\left[\frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}\right]$
- • **Для радиоактивных частиц, для рентгеновского и γ – излучений** определяют ***мощность дозы*** - $\left[\frac{\text{Зв}}{\text{с}}\right]$ т.е. (приращение дозы/концентрации энергии/ за единицу времени)- величина, показывающая с какой скоростью (излучается) поглощается доза.
- • **Для β –излучений** установлен контрольный уровень – интенсивность потока электронов через единичную площадку $\left[\frac{\text{штук}}{\text{с}\cdot\text{м}^2}\right]$
- • *Используется за рубежом, для количественной оценки поглощённой энергии, величина* ***удельной поглощённой мощности*** *(Вт/*м^3*;Вт/кг) Если дозу 0.7мЗв получают за час то мощность будет 0.7 мЗв/час и далее через 23часа мощность будет в 23 раза больше.*

Периоды полураспада некоторых радиоактивных изотопов

Изотоп	Период полураспада, *T*
^{238}**U** (уран)	4,5 млрд. лет
^{235}**U** (уран)	891 млн. лет
^{239}**Pu** (плутоний)	24 000 лет
^{88}**Ra** (радий)	1600 лет
^{137}**Cs** (цезий)	32 года
^{90}**Sr** (стронций)	27,7 года
^{60}**Co** (кобальт)	5,3 года
^{131}**J** (йод)	8 дней
^{35}**Br** (бром)	15 *сек*

Природа воздействия излучений

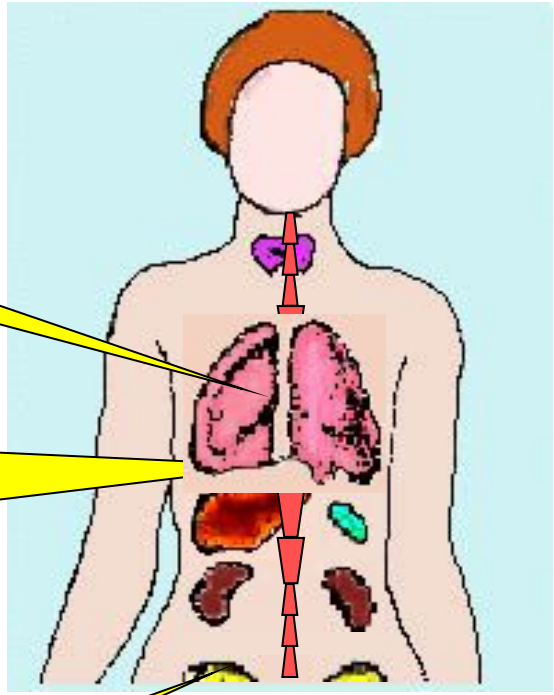
- *Действие любого излучения ионизирует (заряжает) другие атомы, делает их активными(агрессивными) и не зависит от вида химического элемента который распадается. Организм в свою очередь усваивает только определённые химические элементы вне зависимости от их радиоактивности.*

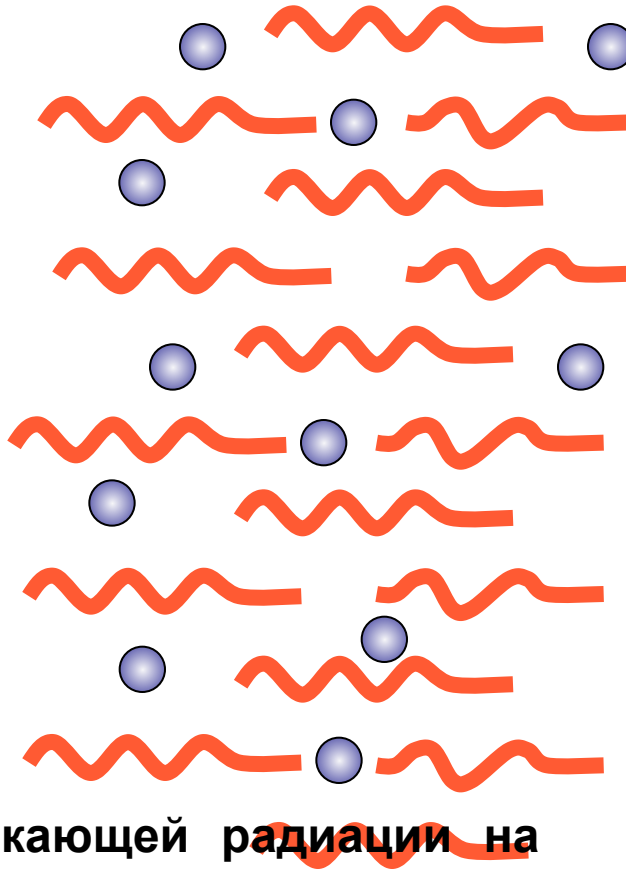
γ – кванты (1кэв…20Мэв) могут разрушить ядро (выбить нуклон), превратится в поле ядра в электрон и позитрон, и даже внедрится в нуклон ядра. Воздействие γ – волн больших частот может вызвать мутации – образование нерепарируемых повреждений, спровоцировать деление клеток организма и вызвать рост опухолей

- ***α–частица (ядро атома Гелия) одно из самых малых ядер может внедряться в другие ядра и вызывать превращение одних атомов в другие, делать их радиоактивными.***

При β–распаде вылетевшие электроны и позитроны взаимодействуют с электронами атомных оболочек, вызывают разложение молекул воды с образованием H, O_2 , H_2O_2 и заряженных ионов OH^-, HO_2^- . В целом ионизация атомов, молекул повышает их химическую активность. Ионизирующее излучение может вызвать разрыв хромосом

Воздействие проникающей радиации (γ- и n- излучений) на организм





- Действие проникающей радиации на организм определяется количеством лучевой энергии, полученной человеком, то есть, **дозой**.

Предельно Допустимые Уровни излучения (ПДУ)

№, п/п	Наименование волн, излучений	Частота, Гц	Длина волны, м	ПДУ для жилья , офисов	ПДУ для производственных условий	
					Энергетическая	Силовая
16	Рентгено-вское	30 ПГц…..60 ЭГЦ	10нм-5пм		500мкР/час (5мЗв/час)	
17	Гамма	>60ЭГц	Менее 5пм	0,2мкЗв/час Естественный фон 0,32 мЗв/год	5мЗв/год мощность 2,5мкЗв/час	
18	Бета	Электрон Позитрон				
19	Альфа	Часть ядра				

Предельная норма облучения???

для граждан РФ, начиная с 1 января 2000 года, закреплена в **«Основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)».**

Эффективная доза за период жизни, полученная *от всех видов ИИ*

E < 70 мЗв (*7 Р*). *Если съесть 365 бананов то эквив. доза будет 36микроЗивертов.*

НЕ следует забывать:

- ***Ионизирущие излучения вредны при любой сколь угодно малой дозе облучения, являясь причиной радиоволновой болезни.***
- ***Низший предел вреда — природный радиационный фон (ПРФ) — постоянный поток высокоэнергетических частиц, в котором существует все живое.***
- ***Он складывается из: космических излучений-16,1 %,***
- ***гамма-излучений земного происхождения — 21,9 %, внутренних излучателей — (живых организмов, поглощающих радионуклиды) — 19,5 %,***
- ***излучений радона и торона — 42,5 %.***
- ***Средняя величина ПРФ для земного шара 0,011 мБэр/ч***.

Составляющие среднегодовой дозы облучения человека

4.Действия ядерного взрыва

Первые ядерные боеприпасы, сделанные в США и СССР

Мощность ядерного взрыва оценивается *тротиловым эквивалентом.*

- Под ***тротиловым эквивалентом*** понимают такую массу обычного взрывчатого вещества (тротила), при взрыве которой выделяется такая же энергия, как и при взрыве оцениваемого ЯБП.
- ***Тротиловый эквивалент*** измеряется в *тоннах, килотоннах* или *мегатоннах* тротила.
- (*1 Мт = 1000 000 т =1000 000 000 кг*).

Хиросима и Нагасаки

1945 год

Погибло

66.000

Погибло

39.000

6 и 9 августа 1945 года США нанесли ядерные удары по японским городам Хиросима и Нагасаки. Мощность зарядов составила примерно *20 кт* и *5 кт*, соответственно.

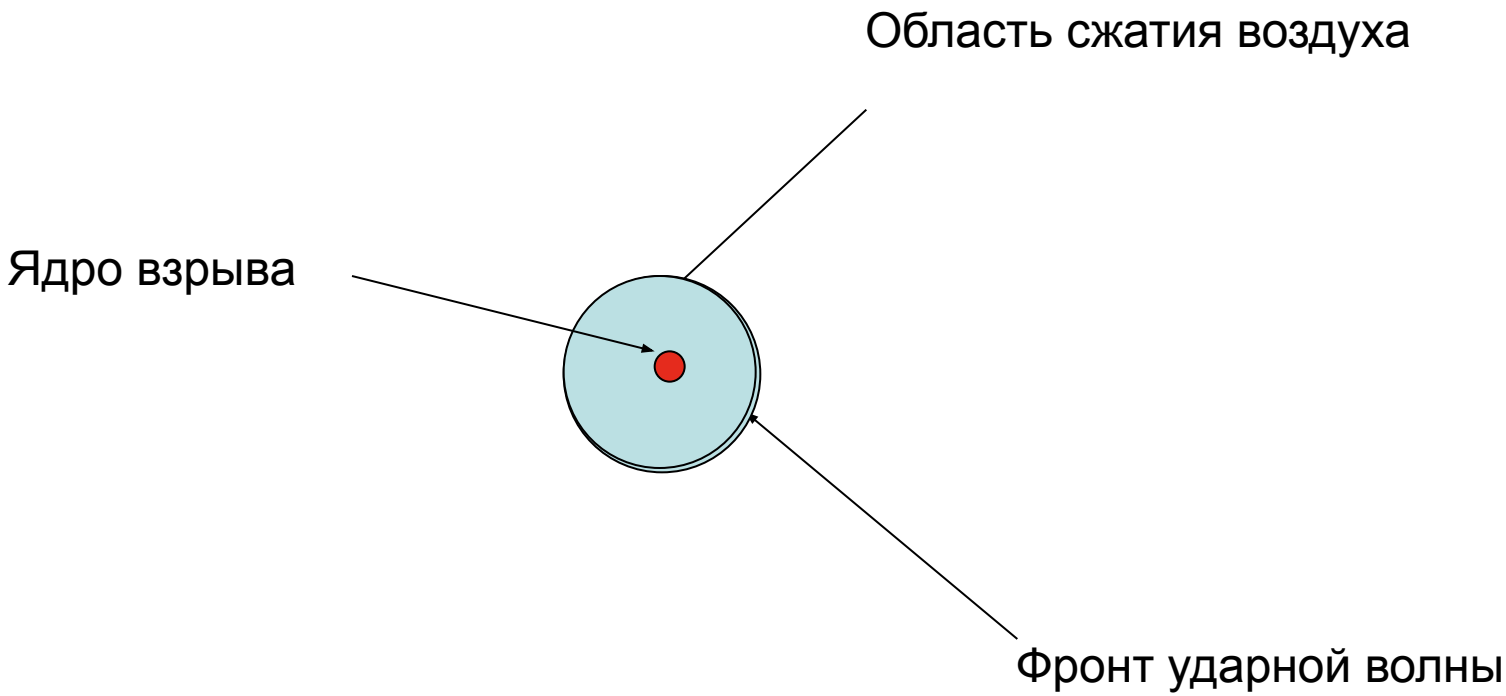
- В Хиросиме 255 000 жителей. В 1-й же день погибли 45 000, получили различные поражения - 91 000 человек.
- Всего в Хиросиме пострадало 136 000 человек, т. е. более 53% населения города.

- В Нагасаки проживало 174 000 жителей. Пострадали 64 000 человек, причем 22 000 из них погибли в 1-й же день.

Поражающие факторы ядерного взрыва

1. ***Ударная волна***(до 50% энергии взрыва)- *область сильного сжатия воздуха, который распространяется во все стороны от центра взрыва с огромной?? скоростью*.
2. ***Световое излучение(30***… 35 % энергии взрыва)– *мощный комбинированный поток видимых и невидимых лучей, распространяющихся во все стороны от центра взрыва со скоростью света.*
3. ***Проникающая радиация(4***… 5% энергии взрыва)
4. ***Радиоактивное заражение местности*** ;
5. ***Электромагнитный импульс***;

Модель возникновения ударной волны ядерного взрыва



Степень поражения людей ударной волной(первый фактор)

Степень поражения	$\Delta P_ф$, кПа	Признаки
легкая	20…40	Ушибы, вывихи, общая контузия, временная потеря слуха.
средняя	40…60	Серьезные контузии всего организма, кровотечения из носа и ушей, сильные вывихи
тяжелая	60…100	Сильные контузии, тяжелые переломы, сильные кровотечения из носа и ушей
крайне тяжелая	100...	То же, но в более тяжелой форме и со смертельным исходом

Действие избыточного давления

При 1 кПа начинают вылетать стекла, а при 7 кПа не остается ни одного стекла.

<u>Полное разрушение:</u>

- **Деревянные дома – при 10… 20 кПа;**
- **Кирпичные дома – при 30… 40 кПа;**
- **Здания сейсмостойкие – 50… 80 кПа.**

50% деревьев леса ложится при 30…50 кПа.

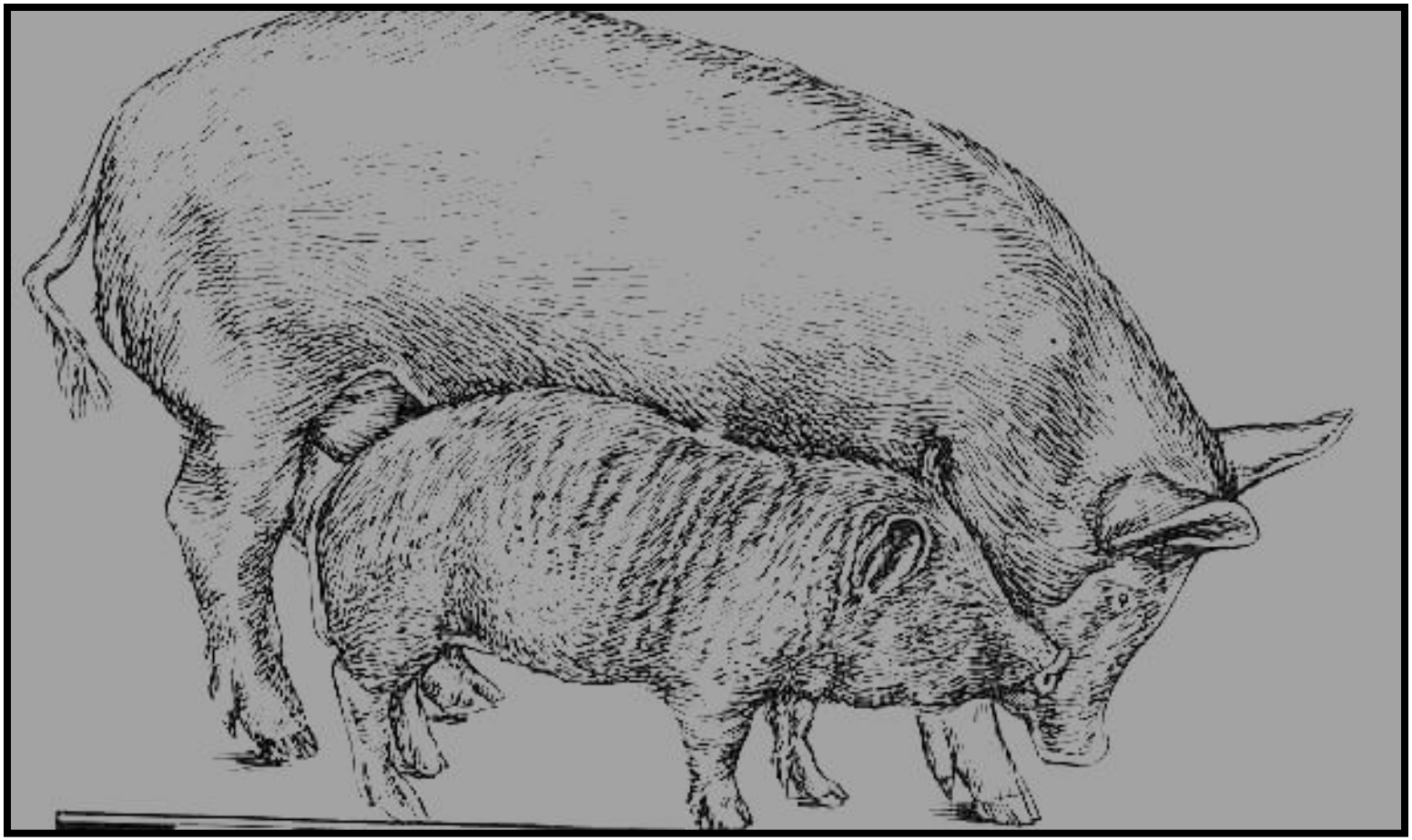
Степени и симптомы ожогов световым импульсом(второй фактор)

Степень ожога	Световой импульс, кДж/м.кв.	Симптомы ожога
1-я	80…160	Болезненное покраснение, припухлость
2-я	160…400	Пузыри, заполненные белковой жидкостью
3-я	400…600	Язвы и омертвение кожи
4-я	Более 600	Обугливание тканей

Степени лучевой болезни и дозы облучения(третий фактор)

Степень	Доза, Р (Гр)	Симптомы и возможный исход
Первая (легкая)	100…200 (1…2 Гр)	Слабость, тошнота, головокружение. Изменение состава крови. Все выздоравливают без лечения.
Вторая (средняя)	200…400 (2…4 Гр)	Те же симптомы, но более ярко выражены. 20% больных погибают от сопутствующих заболеваний.
Третья (тяжелая)	400…700 (4…7 Гр)	Высокая температура, рвота, понос, кровотечения. Сильная жажда при отсутствии аппетита. Выздоровление при своевременном и квалифицированном лечении (50% больных погибает).
Четвертая (крайне тяжелая)	>700...	Погибают все.

Поросята одного помета в возрасте 6 месяцев. Корм поросенка на переднем плане в течение 10 дней содержал радиоактивный йод-131.(четвёртый фактор)



Особенности РЗМ после аварий на ядерных объектах «мирного» атома:

1. Снижение уровня радиации на следе облака происходит значительно медленнее, чем на следе, образовавшемся после наземного ядерного взрыва.
2. Заражение местности происходит пятнами разной формы и размеров.
3. Выпадение продуктов ядерного деления происходит на ограниченной территории.
4. Главную опасность для людей и животных на такой РЗМ представляет внутреннее заражение, а не внешнее, как бывает после ядерного взрыва.

Уровень радиации

– это *мощность дозы*, измеренная на высоте *1м* от поверхности земли.

Уровень радиации характеризует дозу излучения, полученную незащищенным человеком на зараженной территории за некоторое время.

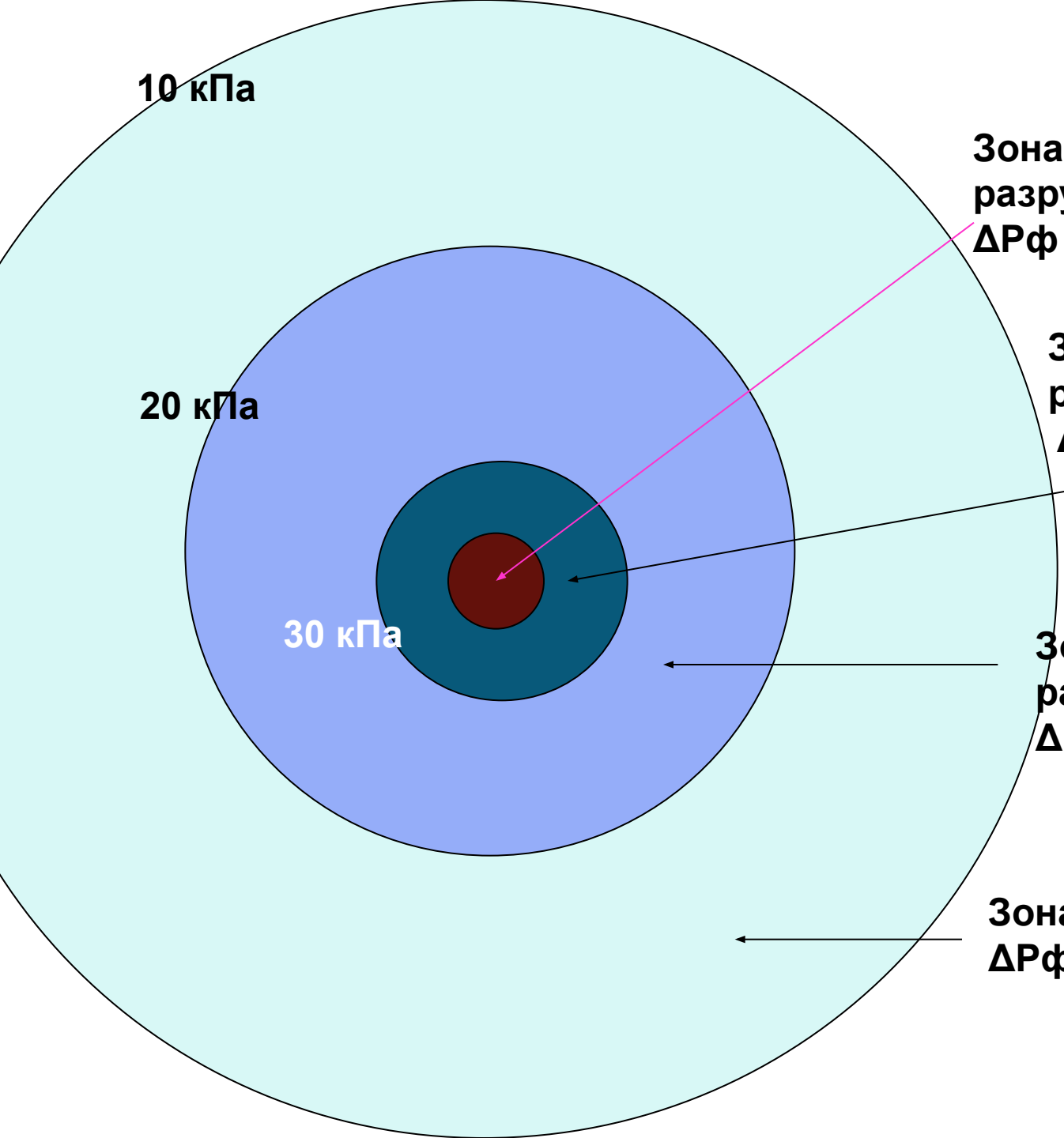
Контролируются Дозиметрическими приборами для оценки степени зараженности кожи, одежды, продовольствия, воды…

Допустимые значения степени зараженности

Наименование объекта	Допустимые значения степени зараженности, мР/ч
Автотракторная техника	200
Обмундирование, обувь, средства защиты	50
Продовольствие, тара, кухонный инвентарь столовых и т.п.	50
Мясо сырое (туша, полутуша)	20
Вода (ведро)	4
Хлеб (буханка)	1,5
Сыпучие продукты	1,5

Очаг ядерного поражения (ОЯП) и

зоны радиоактивного заражения местности (РЗМ)

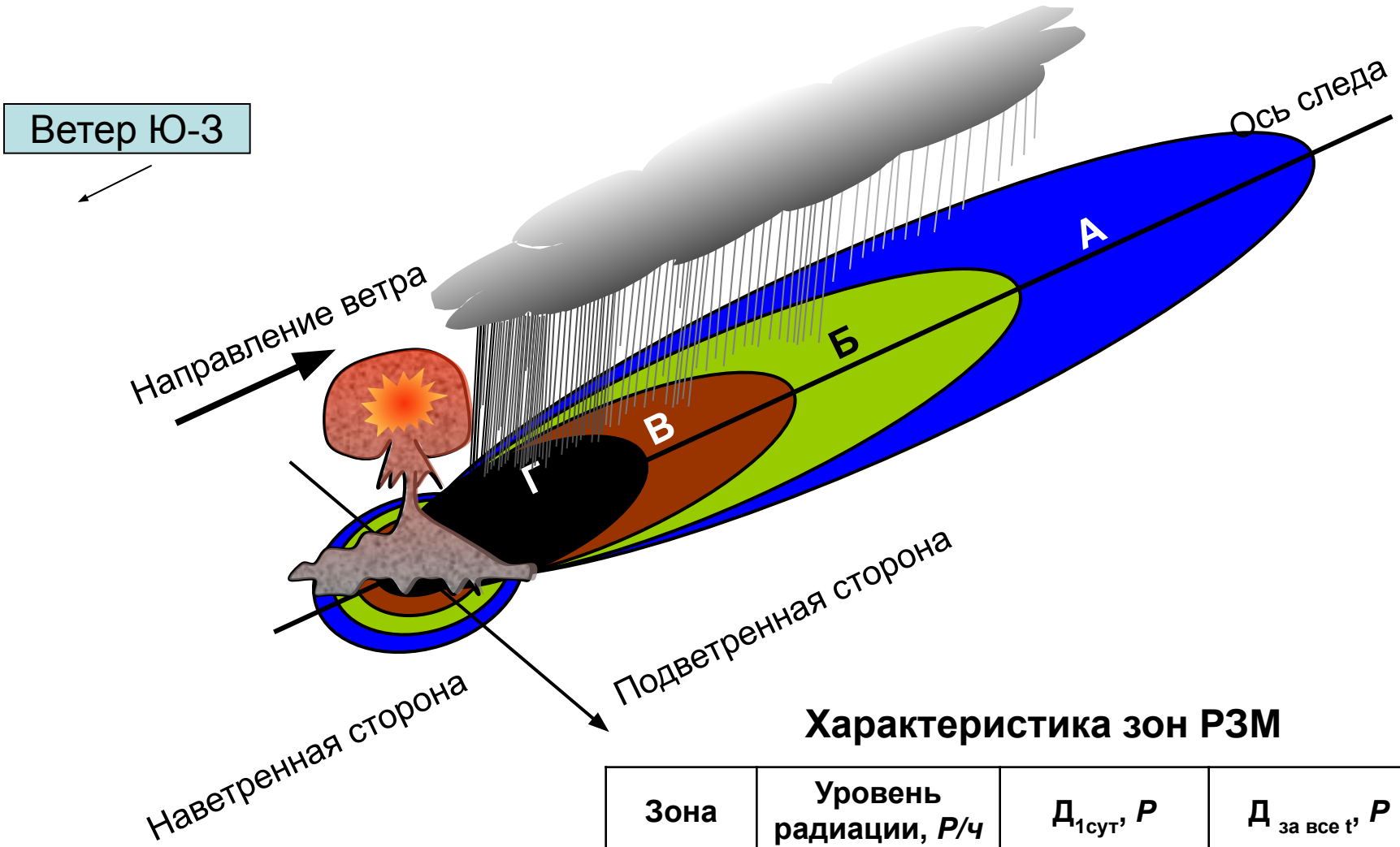


Зона полных разрушений, ΔРф более 50 кПа

Зона сильных разрушений, ΔРф = (50…30) кПа

Зона средних разрушений, ΔРф = (30…20) кПа

Зона слабых разрушений, ΔРф = (20…10) кПа



Характеристика зон РЗМ

Зона	Уровень радиации, *Р/ч*	$Д_{1сут}$, *Р*	$Д_{за\ все\ t}$, *Р*
А	8… 80	20 … 200	40 … 400
Б	80 … 240	200 … 600	400 … 1200
В	240 … 800	600 … 2000	1200 … 4000
Г	> 800	> 2000	> 4000

Профилактические и защитные препараты от поражения щитовидной железы

При получении информации о подходе радиоактивного облака заблаговременно принимают йодистый калий или стабильный йод.

- **При приеме йода за 6 ч до контакта с РВ фактор защиты ФЗ=100.**
- **Если время контакта с РВ и время приема йода совпадают, ФЗ=90.**
- **Если йод вводится через 2 ч после начала контакта, то ФЗ=10.**
- **Если йод вводится через 6 ч, ФЗ=2.**

Дозировка:

1) KJ – 1 таблетка в сутки;

ИЛИ

2) 5%-спиртовый раствор йода – по 3-5 капель на стакан воды (молока) 3 раза в день после еды в течение 7-8 дней.

Для защиты от стронция-90 рекомендуется употреблять продукты, содержащие кальций (фасоль, гречка, капуста, творог, молоко).

Специальные препараты – радиопротекторы **:**

Препарат РС-1 — радиопротектор быстрого действия. Защитный эффект наступает через 40-60 мин и сохраняется в течение 4-6 ч.

Препарат Б-190 — **радиопротектор экстренного действия, радиозащитный эффект наступает через 5-15 мин и сохраняется в течение часа**.

Препарат РДД-77 — **радиопротектор длительного действия, защитный эффект наступает через 2 суток и сохраняется 10-12 суток.**

Конец занятия

17 миллионов людей, включая 2.5 миллиона детей младше 5 лет, подверглись действию радиации

ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА
йод-129, 131
технеций-99

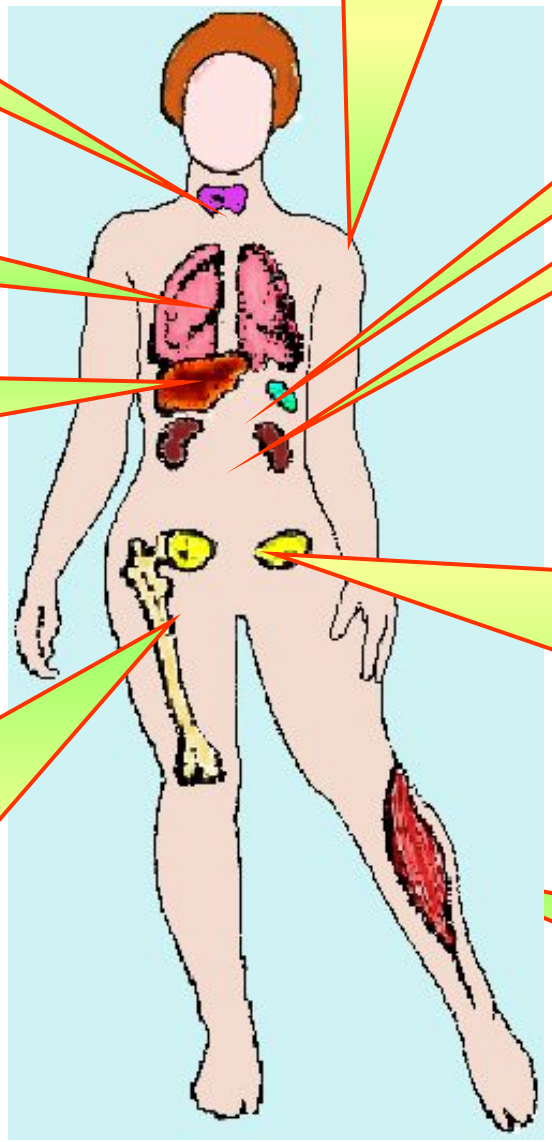
КОЖА
сера-35

СЕЛЕЗЕНКА
полоний-210

ЛЕГКИЕ
криптон- 85,
плутоний-238,
239 радон-222

ПОЧКИ
цезий-134. 137
рутений-106

ПЕЧЕНЬ
цезий-137,
кобальт-58, 60,
нептуний-239,
плутоний-238



ЯИЧНИКИ
барий-140,
цезий-134, 137
кобальт-58, 60
йод-131, крип-
тон-85, плуто-
ний-239, калий-
40, 42, рутений-
106, иттрий-90
цинк-65

КОСТИ
барий-140, углерод-
14, европий-154,
фосфор-32,
плутоний-238, 239,
прометий-147, радий-
226, стронций-89, 90
торий-234, уран-233

МЫШЦЫ
цезий-134, 137
европий-154,
калий-40. 42

Экспозиционная доза

- *используется в случаях, когда поглощающей средой излучения является воздух.*
- Единица измерения в СИ - ***кулон на килограмм*** (***Кл/кг***).
- Внесистемная единица - ***рентген*** (***Р***).

Один рентген – это доза, при которой в $1 см^3$ сухого воздуха образуется $2{,}08 \times 10^9$ миллиардов пар ионов. (*1Р=2.58×10₄ Кл/кг*).

Поглощенная доза

– **это количество энергии ИИ, переданное единице массы объекта**

$$D = de/dm$$

*где **de** - средняя энергия, переданная излучением веществу с элементарной массой **dm**.*

- применима к любому виду ИИ и к любой поглощающей среде.
- В СИ измеряется в ***джоулях на килограмм (Дж/кг).*** Называется - ***грей (Гр).***
- Внесистемная единица называется **рад.**

Справедливо соотношение ***1рад=0.01Гр.***

Эквивалентная доза

- Единица измерения в СИ - ***зиверт*** (*Зв*) *(в честь известного шведского физика).*
- Внесистемная единица измерения - ***бэр*** (***биологический эквивалент рентгена).***

Для гамма-излучения с небольшой погрешностью справедливо соотношение : *1бэр ≈ 1Р ≈ 0.01 Зв*.