

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА В.Ф. ВОЙНО-ЯСЕНЕЦКОГО»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ**

Лекция № 13

Строение атомного ядра. Виды радиоактивных излучений и их действие на организм

Бельтюкова Е.Е.

План:

1. Понятие протона и нейтрона
2. Законы взаимопревращений. Ядерные реакции
3. Дефект масс
4. Строение ядер. Ядерные силы
5. Понятие протона и нейтрона
6. Законы взаимопревращений. Ядерные реакции
7. Дефект масс
8. Строение ядер. Ядерные силы

Строение атомного ядра.

Атомное ядро́ — центральная часть атома, в которой сосредоточена основная его масса (более 99,9 %).

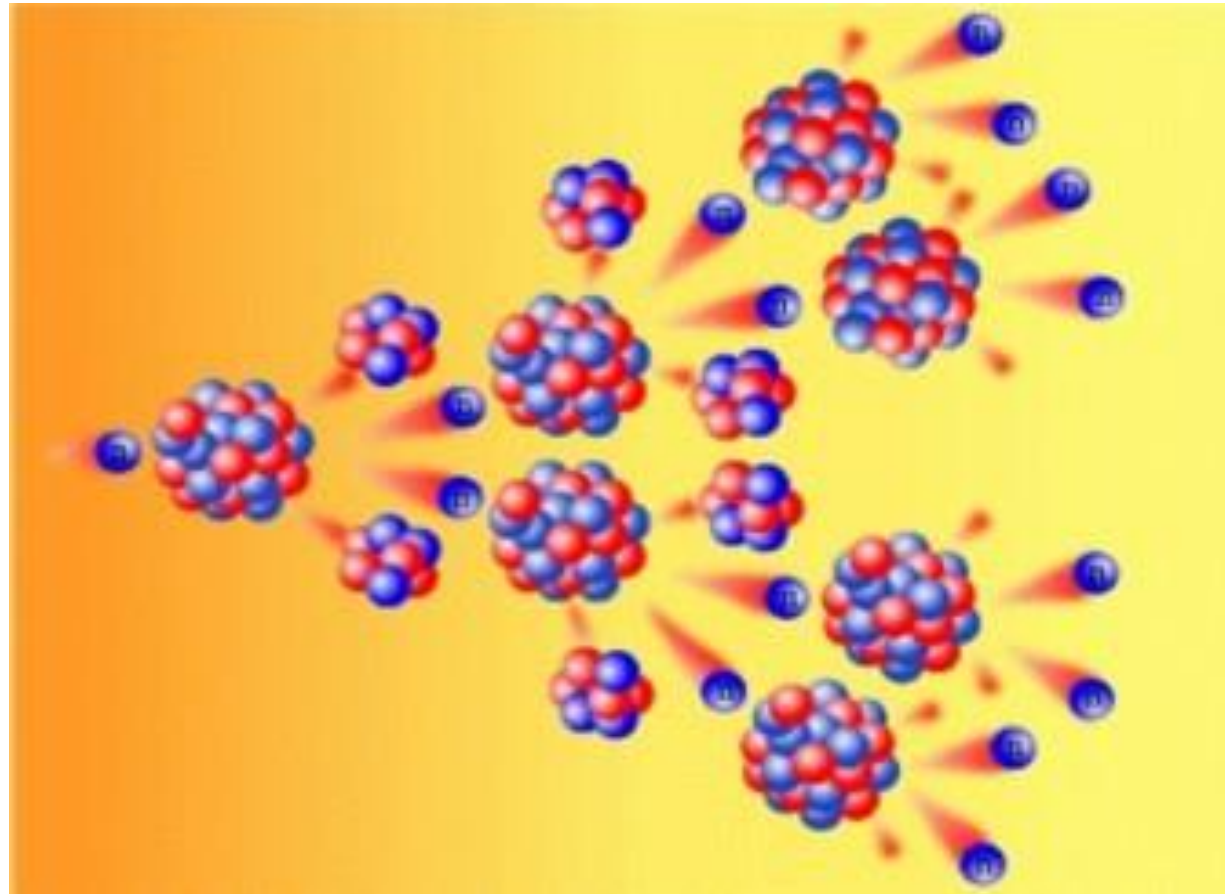
Ядро заряжено положительно, заряд ядра определяет химический элемент, к которому относят атом.

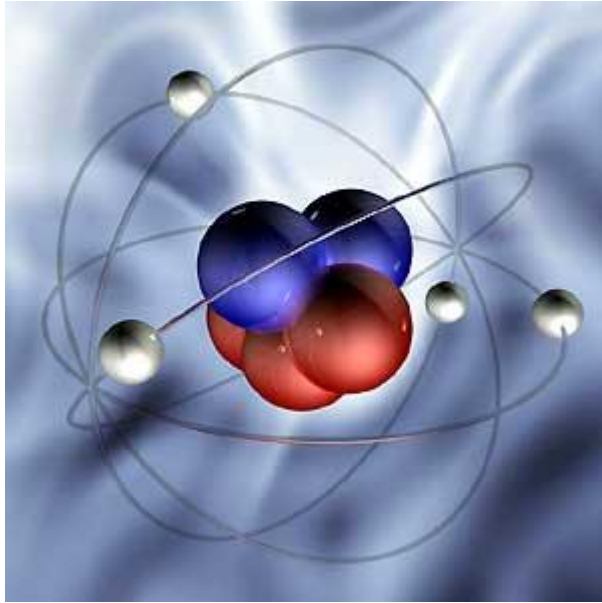


Размеры ядер различных атомов составляют несколько фемтометров, что в более чем в 10 тысяч раз меньше размеров самого атома. Атомные ядра изучает ядерная физика.



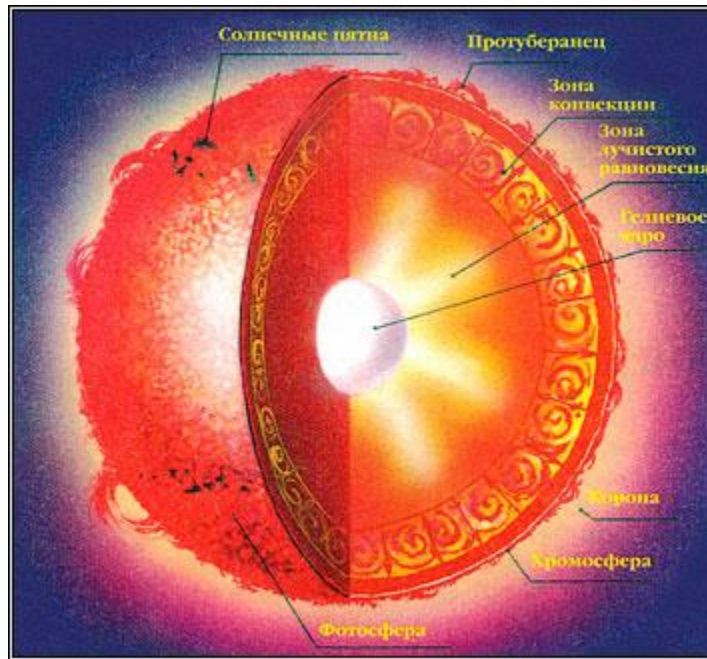
Атомное ядро состоит из нуклонов — положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов, которые связаны между собой при помощи сильного взаимодействия.



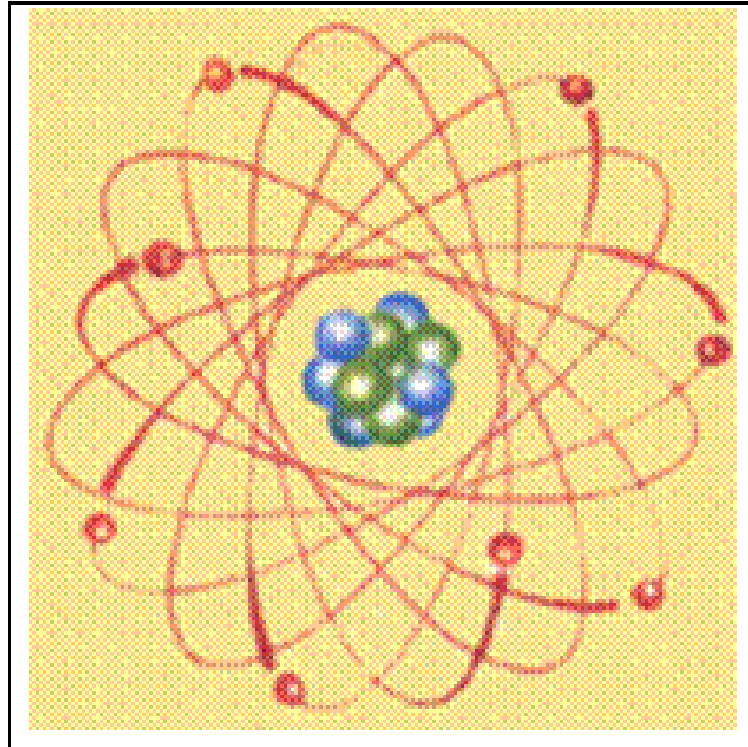


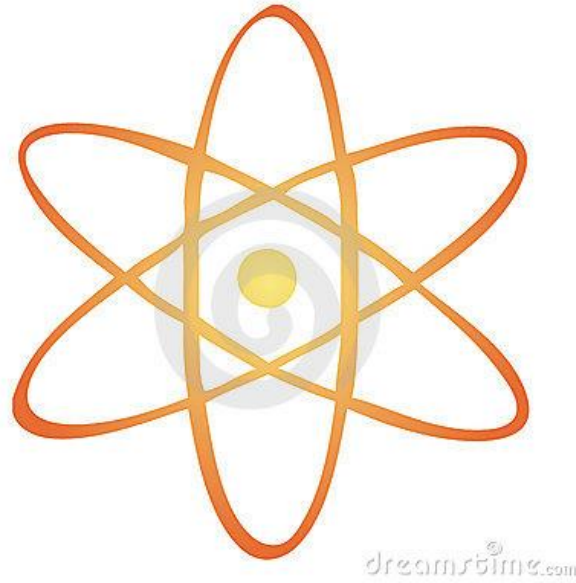
Протон и нейтрон обладают собственным моментом количества движения (спином), равным $\hbar/2 = h/4\pi$ и связанным с ним магнитным моментом.

Атомное ядро, рассматриваемое как класс частиц с определённым числом протонов и нейтронов, принято называть нуклидом.

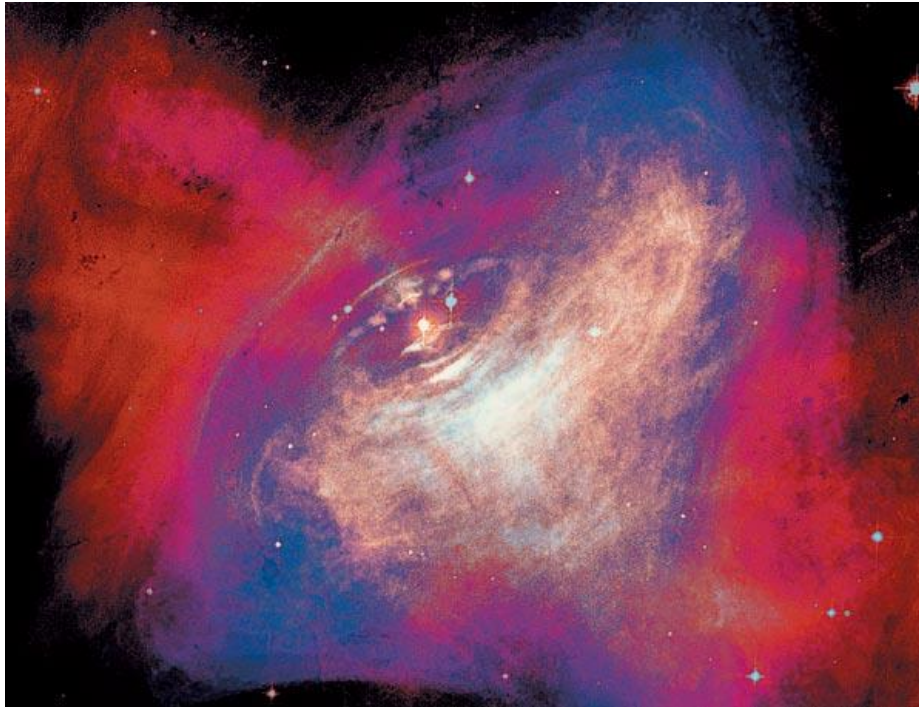


Количество протонов в ядре называется его зарядовым числом — это число равно порядковому номеру элемента, к которому относится атом в таблице Менделеева. Количество протонов в ядре определяет структуру электронной оболочки нейтрального атома и, таким образом, химические свойства соответствующего элемента. Количество нейтронов в ядре называется его изотопическим числом .

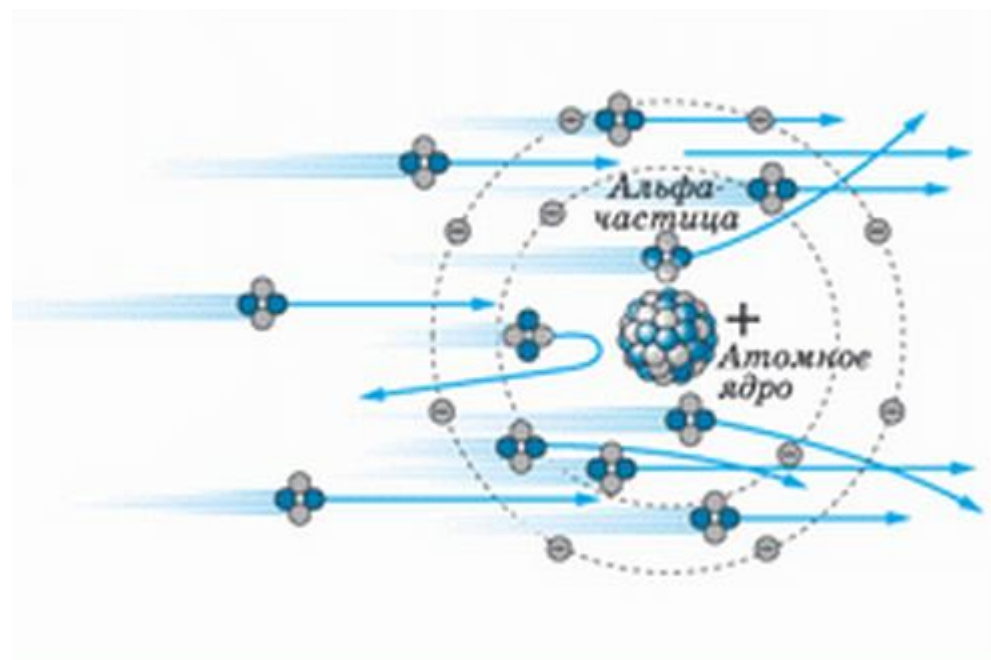




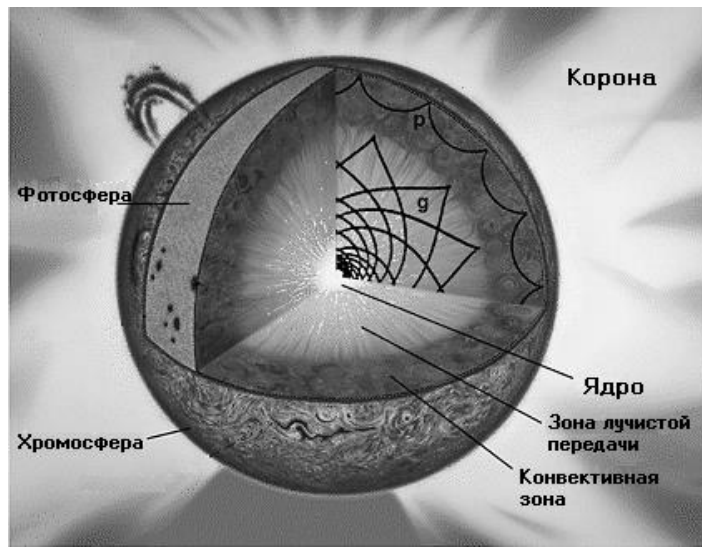
Ядра с одинаковым числом протонов и разным числом нейтронов называются изотопами. Ядра с одинаковым числом нейтронов, но разным числом протонов — называются изотонами.



Термины изотоп и изотон используются также применительно к атомам, содержащим указанные ядра, а также для характеристики нехимических разновидностей одного химического элемента.



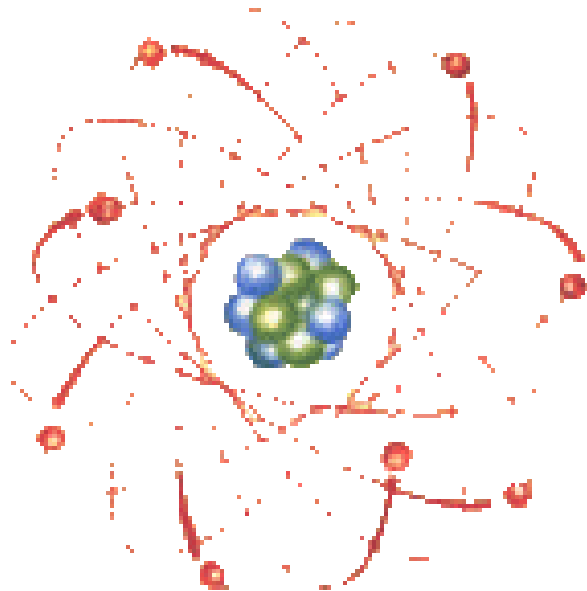
Полное количество нуклонов в ядре называется его массовым числом A ($A = N + Z$) и приблизительно равно средней массе атома, указанной в таблице Менделеева. Нуклиды с одинаковым массовым числом, но разным протон-нейтронным составом принято называть изобарами.



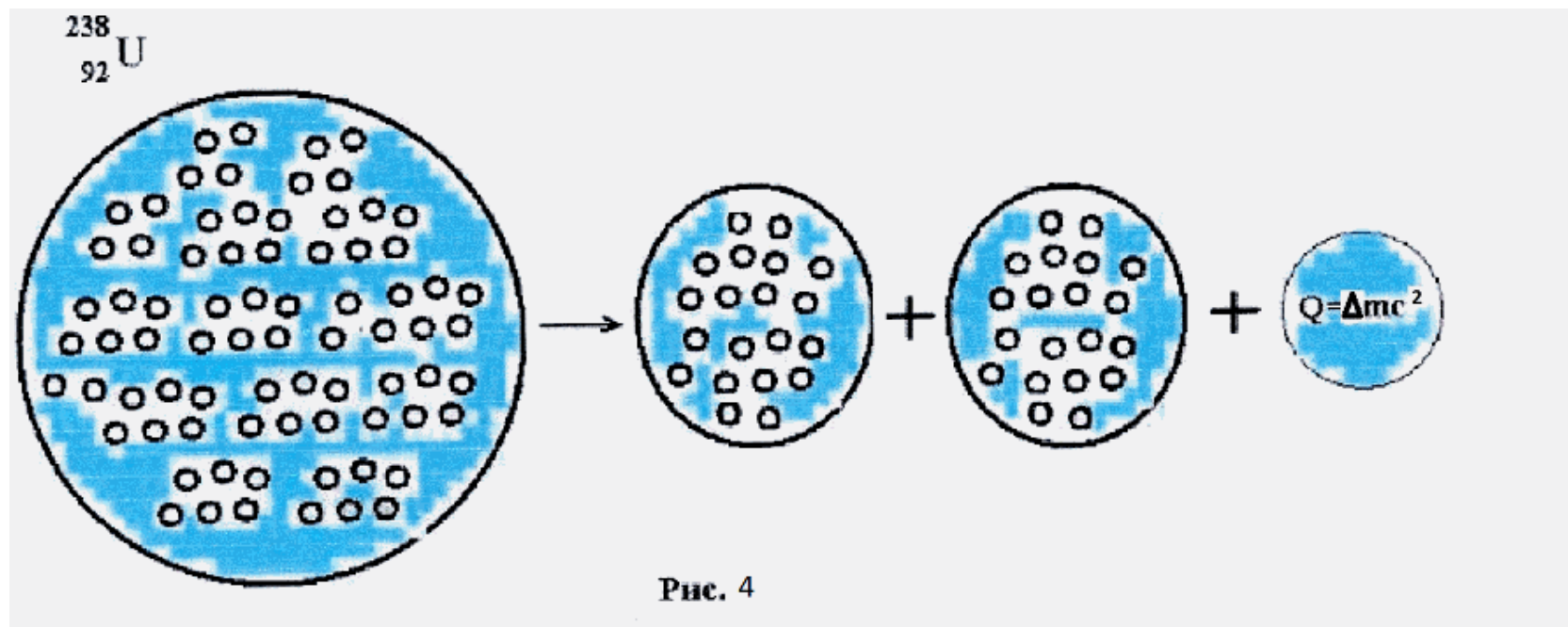
Энергия связи.

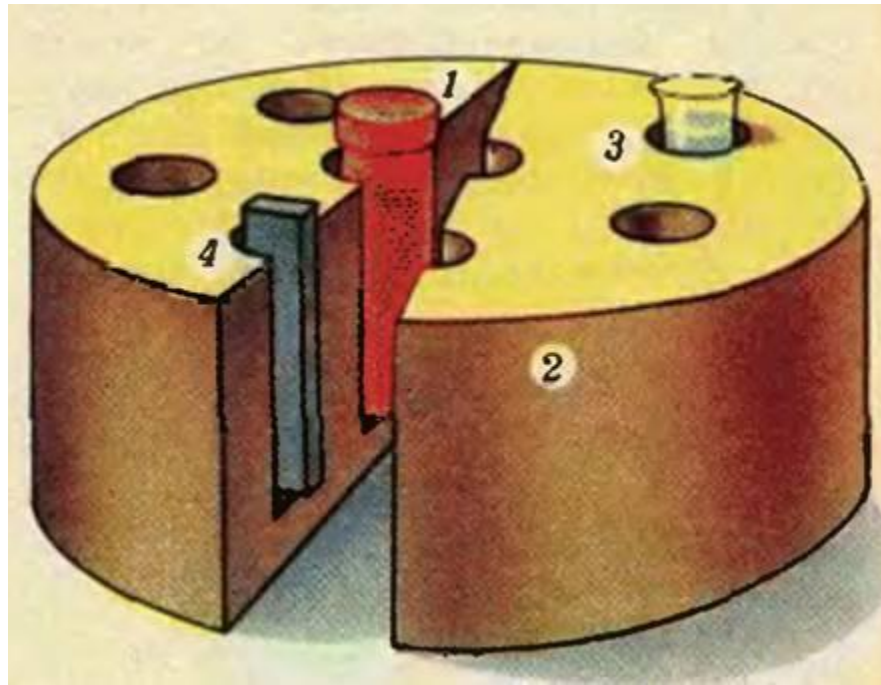
Энергия связи (для данного состояния системы) — разность между полной энергией связанного состояния системы тел или частиц и энергией состояния, в котором эти тела или частицы бесконечно удалены друг от друга и находятся в состоянии покоя: $\Delta E = \sum_i E_i - E$

Где ΔE — энергия связи компонентов в системе из i компонент (частиц), E_i — полная энергия i -го компонента в несвязанном состоянии (бесконечно удалённой покоящейся частицы) и E — полная энергия связанной системы.



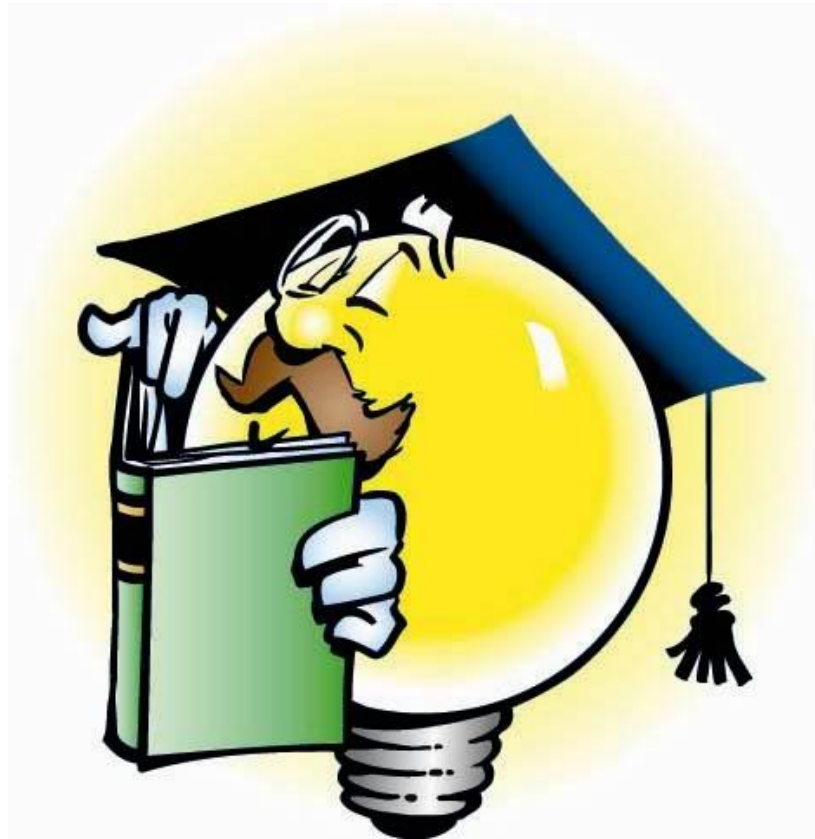
Для системы, состоящей из бесконечно удалённых покоящихся частиц энергию связи принято считать равной нулю, т.е. при образовании связанного состояния энергия выделяется.





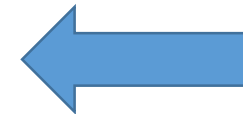
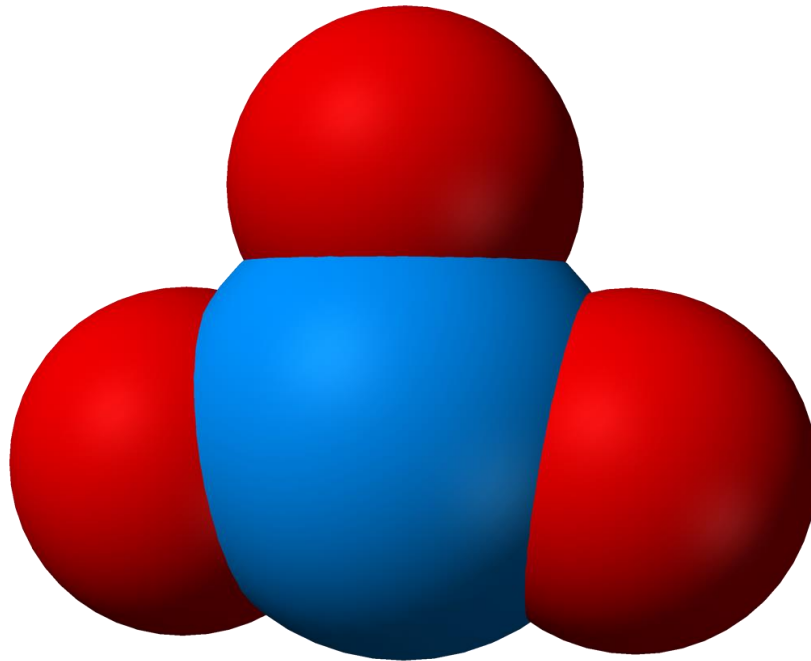
Энергия связи равна минимальной работе, которую необходимо затратить, чтобы разложить систему на составляющие её частицы и характеризует стабильность системы: чем выше энергия связи, тем система стабильнее.

Для валентных электронов (электронов внешних электронных оболочек) нейтральных атомов в основном состоянии энергия связи совпадает с энергией ионизации, для отрицательных ионов – со сродством к электрону.



Энергии химической связи двухатомной молекулы соответствует энергия её термической диссоциации составляет порядка сотен кДж/моль.

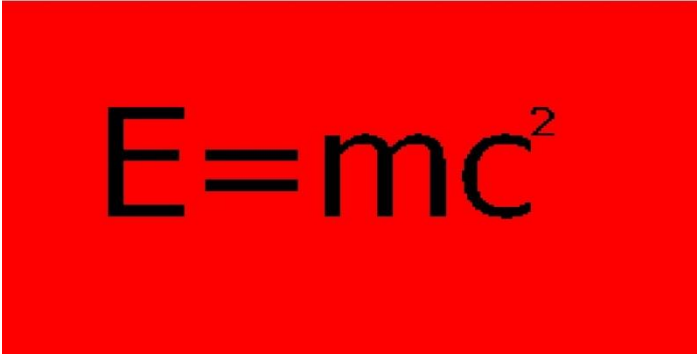
Энергия связи адронов атомного ядра определяется сильным взаимодействием. Для легких ядер она составляет ~ 0.8 МэВ на нуклон.

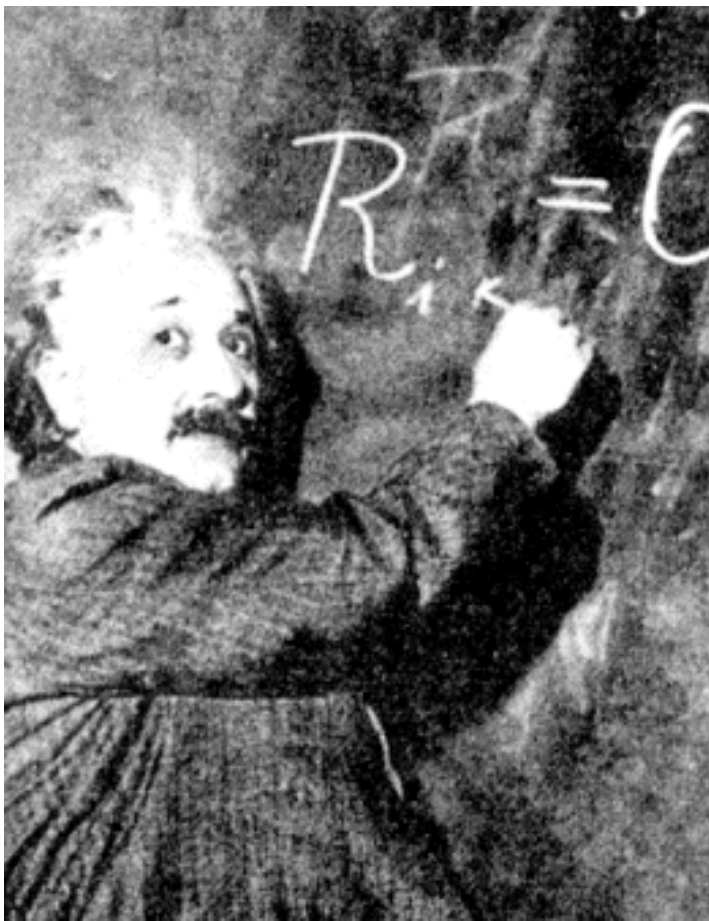


Связь массы и энергии.

Эквивалентность массы и энергии —

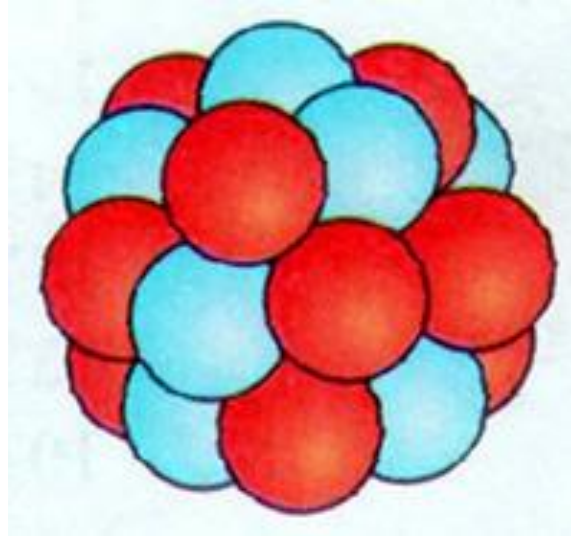
физическая концепция, согласно которой масса тела является мерой энергии, заключённой в нём. Энергия тела равна массе тела, умноженной на размерный множитель квадрата скорости света в вакууме: $E = mc^2$, где E — энергия тела, m — его масса, c — скорость света в вакууме, равная 299 792 458 м/с.


$$E=mc^2$$

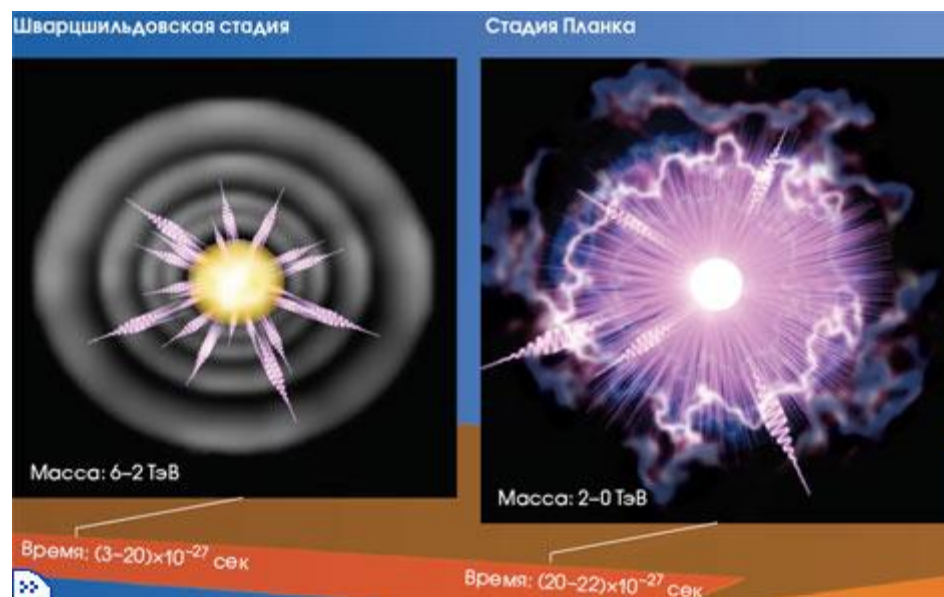


Данная концепция может быть интерпретирована двояко:
с одной стороны, концепция означает, что масса неподвижного тела (так называемая масса покоя) является мерой внутренней энергии этого тела;
с другой стороны, можно утверждать, что любому виду энергии соответствует некая масса. Например, было введено понятие релятивистской массы как характеристики кинетической энергии движущегося тела.

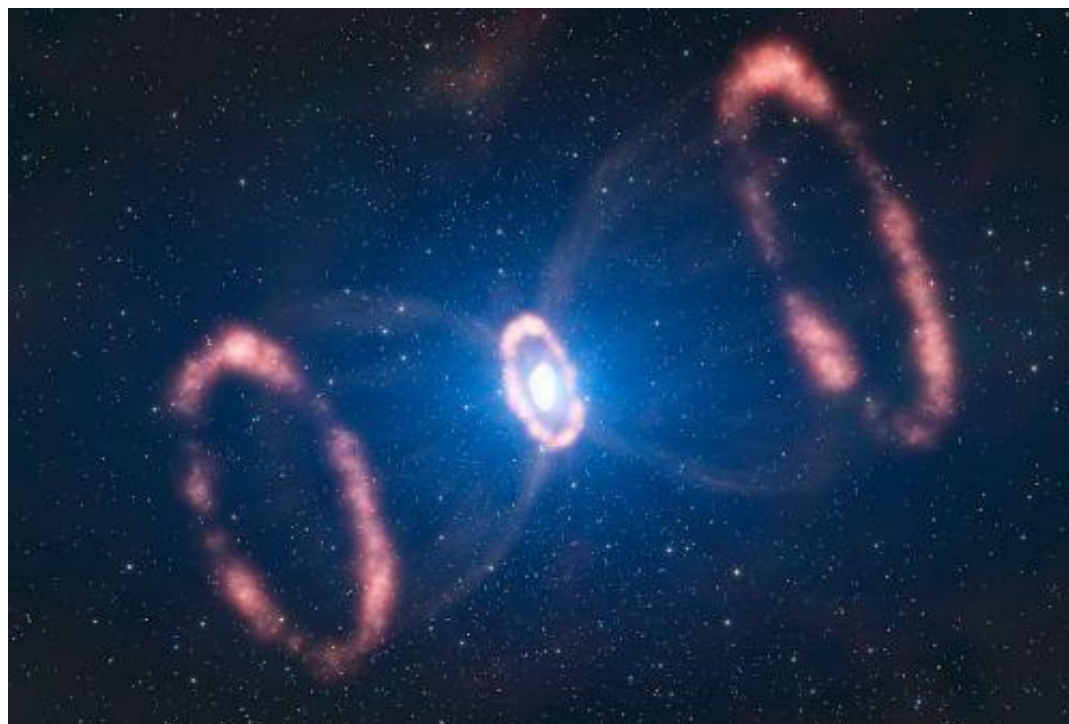
В современной теоретической физике концепцию эквивалентности массы и энергии обычно используют в первом смысле. Главной причиной, почему приписывание массы любому виду энергии считается неудачным, является следующая из этого полная синонимичность понятий массы и энергии.



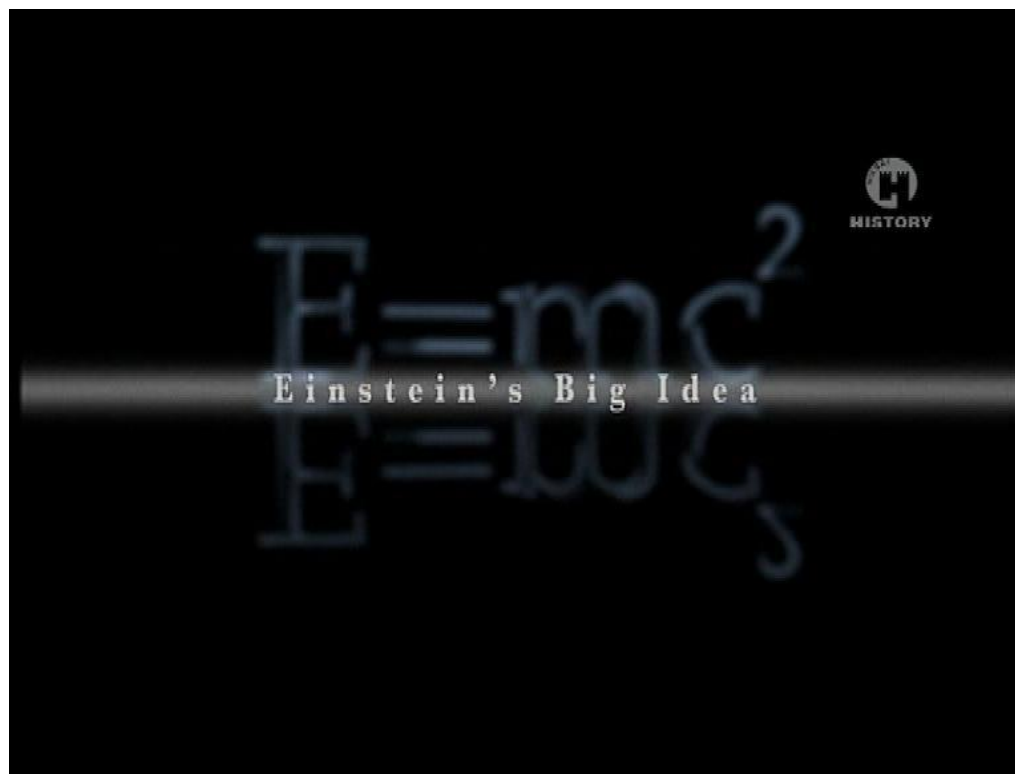
Кроме того, неаккуратное использование такого принципа может запутывать и в конечном итоге не является оправданным. Таким образом, в настоящее время термин «релятивистская масса» в профессиональной литературе практически не встречается, а когда говорят о массе, имеют в виду массу покоящегося тела.



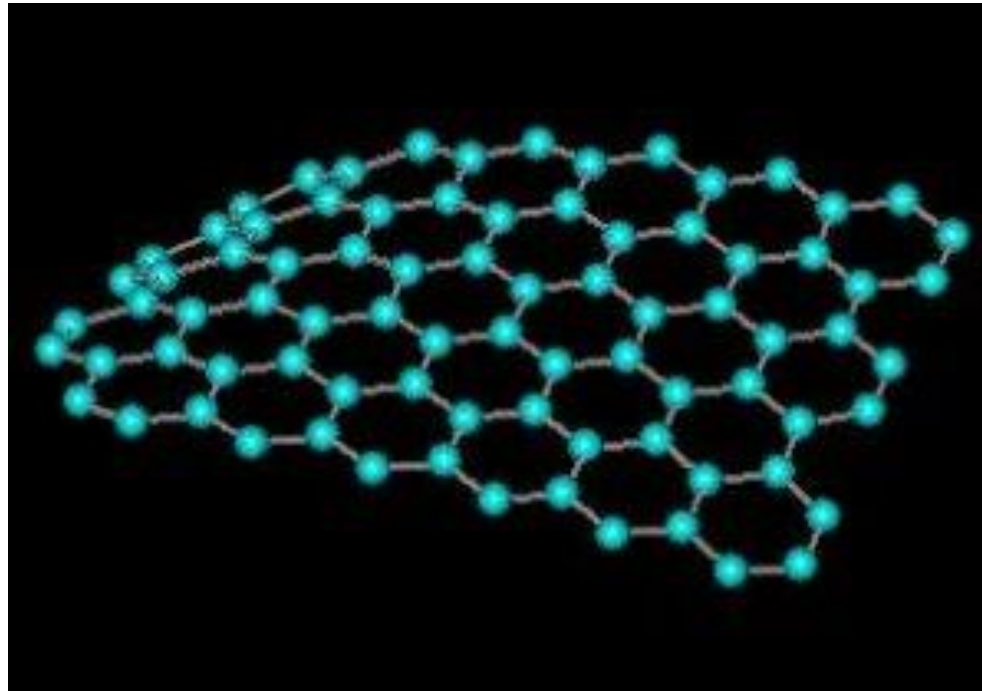
В то же время термин «релятивистская масса» используется для качественных рассуждений в прикладных вопросах, а также в образовательном процессе и в научно-популярной литературе. При этом под этим термином понимается увеличение инертных свойств движущегося тела.



В наиболее универсальной форме принцип был сформулирован впервые Альбертом Эйнштейном в 1905 году, однако представления о связи энергии и инертных свойств тела развивались и в более ранних работах других исследователей.



В современной культуре формула $E = mc^2$, является едва ли не самой известной из всех физических формул, что обуславливается её связью с устрашающей мощностью атомного оружия. Кроме того, именно эта формула является символом теории относительности и широко используется популяризаторами науки.



Ядерная энергетика.



Ядерная энергетика (Атомная энергетика) — это отрасль энергетики, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путём преобразования ядерной энергии.

Обычно для получения ядерной энергии используют цепную ядерную реакцию деления ядер урана-235 или плутония. Ядра делятся при попадании в них нейтрона, при этом получаются новые нейтроны и осколки деления.





Нейтроны деления и осколки деления обладают большой кинетической энергией. В результате столкновений осколков с другими атомами эта кинетическая энергия быстро преобразуется в тепло.

Хотя в любой области энергетики первичным источником является ядерная энергия (например, энергия солнечных ядерных реакций в гидроэлектростанциях и электростанциях, работающих на органическом топливе, энергия радиоактивного распада в геотермальных электростанциях), к ядерной энергетике относится лишь использование управляемых реакций в ядерных реакторах.



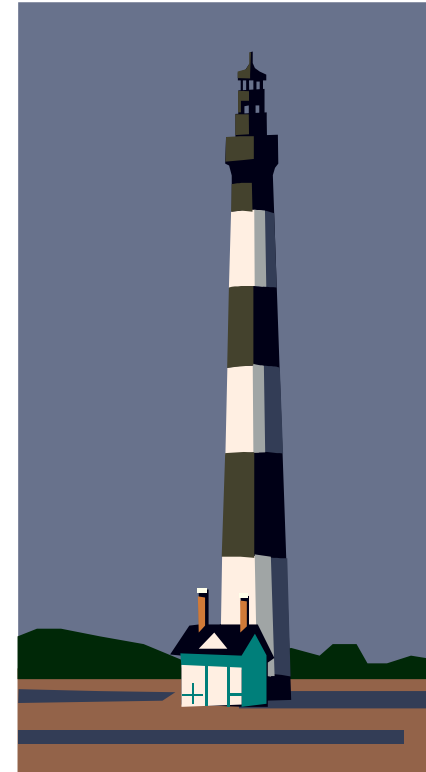


Ядерная энергия производится в атомных электрических станциях, используется на атомных ледоколах, атомных подводных лодках; США осуществляют программу по созданию ядерного двигателя для космических кораблей, кроме того, предпринимались попытки создать ядерный двигатель для самолётов (атомолётов) и «атомных» танков.

- Радиоактивность — это природное явление когда происходит самопроизвольный распад ядер атомов, при котором возникают излучения.
- Они способны ионизировать в той или иной степени любое вещество, например:
 - воздух;
 - воду;
 - металлы;
 - строительные материалы;
 - человеческий организм и т. д.

Основные понятия, термины и определения

Радиация - это явление, происходящее в радиоактивных элементах, ядерных реакторах, при ядерных взрывах, сопровождающееся испусканием частиц и различными излучениями, в результате чего возникают вредные и опасные факторы, воздействующие на людей.



Основные понятия, термины и определения

Термин «проникающая радиация» следует понимать как поражающий фактор ионизирующих излучений, возникающих, например, при взрыве атомного реактора.

Основные понятия, термины и определения

- Ионизирующее излучение - это любое излучение, вызывающее ионизацию среды, т.е. протекание электрических токов в этой среде, в том числе и в организме человека, что часто приводит к разрушению клеток, изменению состава крови, ожогам и другим тяжелым последствиям.

Поглощенной дозой излучения D называется отношение поглощенной энергии E ионизирующего излучения к массе m облучаемого вещества. В СИ поглощенную дозу излучения выражают в грехах (Гр).

Поглощенная доза излучений:

$$D = E / m$$

E – энергия поглощенного тела
 m – масса тела

При одинаковой поглощенной дозе разные виды излучения вызывают разные по величине биологические эффекты.

Эквивалентная доза излучения:

$$H = D * K$$

K - коэффициент качества

D – поглощенная доза излучений

**Каждый орган и ткань имеет
определенный коэффициент
радиационного риска (легкие-0,12,
щитовидная железа-0,03).**

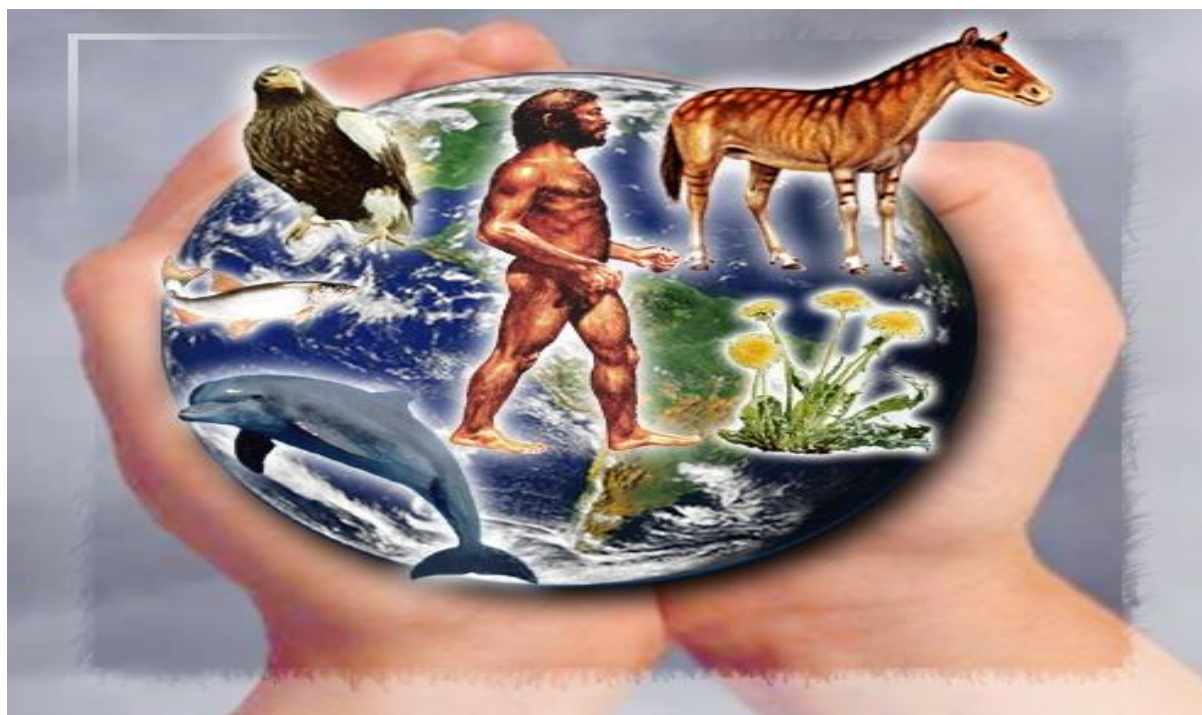
**Естественный фон радиации- $2 \cdot 10^{-3}$ Гр/год
предельно допустимая доза -0,05 Гр/год**

Эквивалентная доза

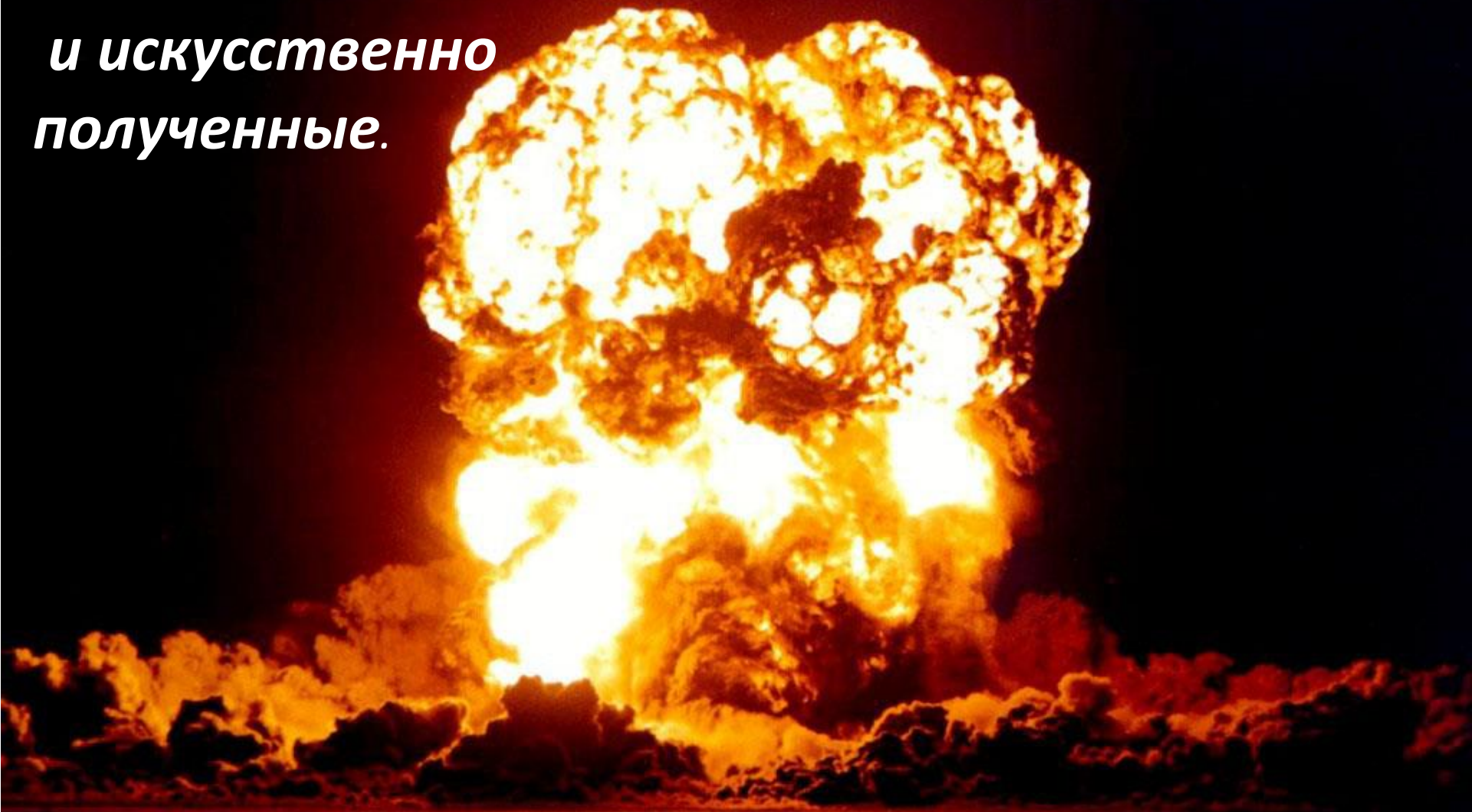
$$1 \text{ Зв.} = 1 \text{ Дж/кг}$$

Зиверт представляет собой единицу поглощенной дозы, умноженную на коэффициент, учитывающий неодинаковую радиоактивную опасность для организма разных видов ионизирующего излучения.

- Коэффициент качества (K) – показывает, во сколько раз радиационная опасность от воздействия на живой организм данного вида излучения больше, чем от воздействия γ -излучения. (при одинаковых поглощенных дозах)



***Все существующие источники радиации
принято делить
на естественные
и искусственно
полученные.***



Источники радиации

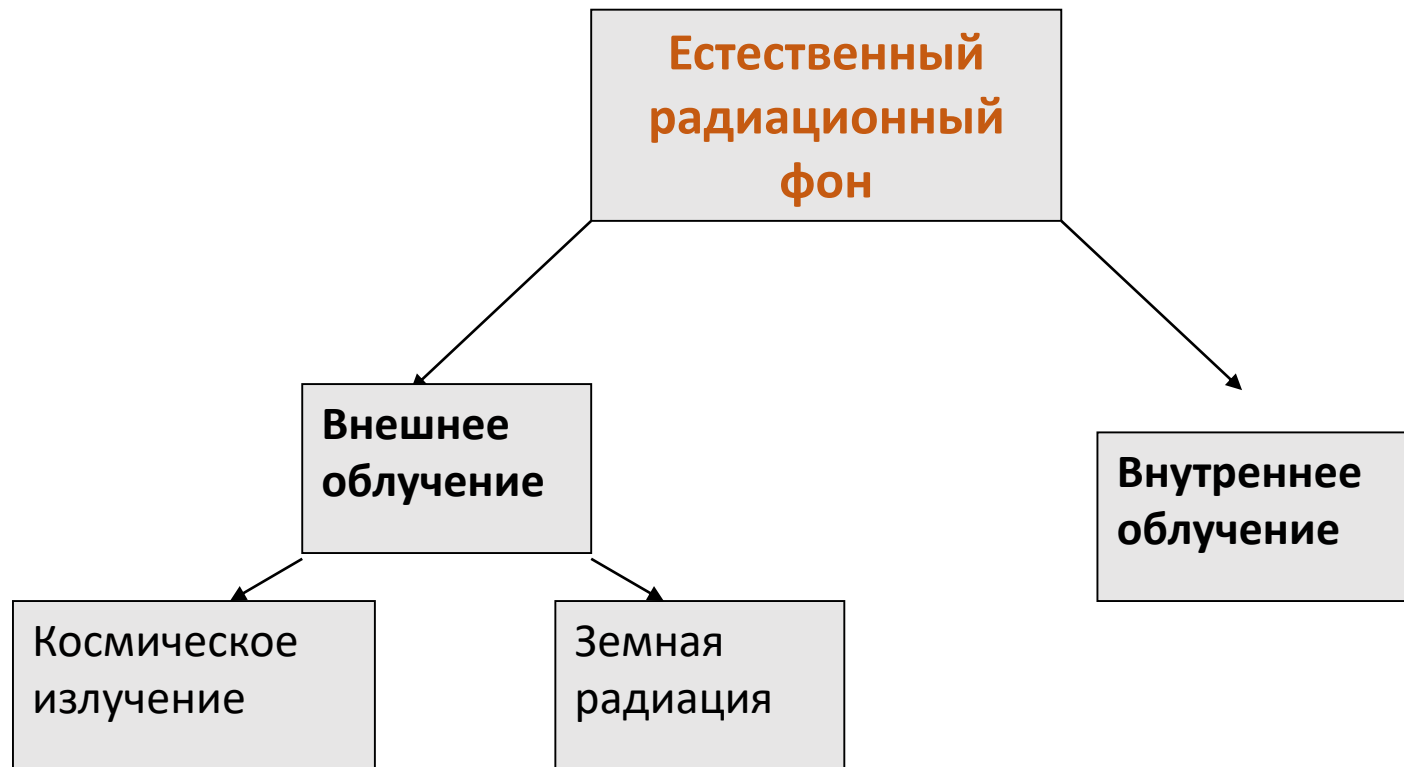
- Естественные:

- Космические , солнечные лучи;
- Газ радон;
- Радиоактивные изотопы в горных породах (уран 238, торий 232, калий 40, рубидий 87);
- Внутреннее облучение человека за счёт радионуклидов (с водой и пищей).

- Созданные человеком:

- Медицинские процедуры и методы лечения;
- Атомная энергетика;
- Ядерные взрывы;
- Мусорные свалки;
- Строительные материалы;
- Сжигаемое топливо;
- Телевизоры, компьютеры и другая бытовая техника;
- Антиквариат.

Естественные источники радиации

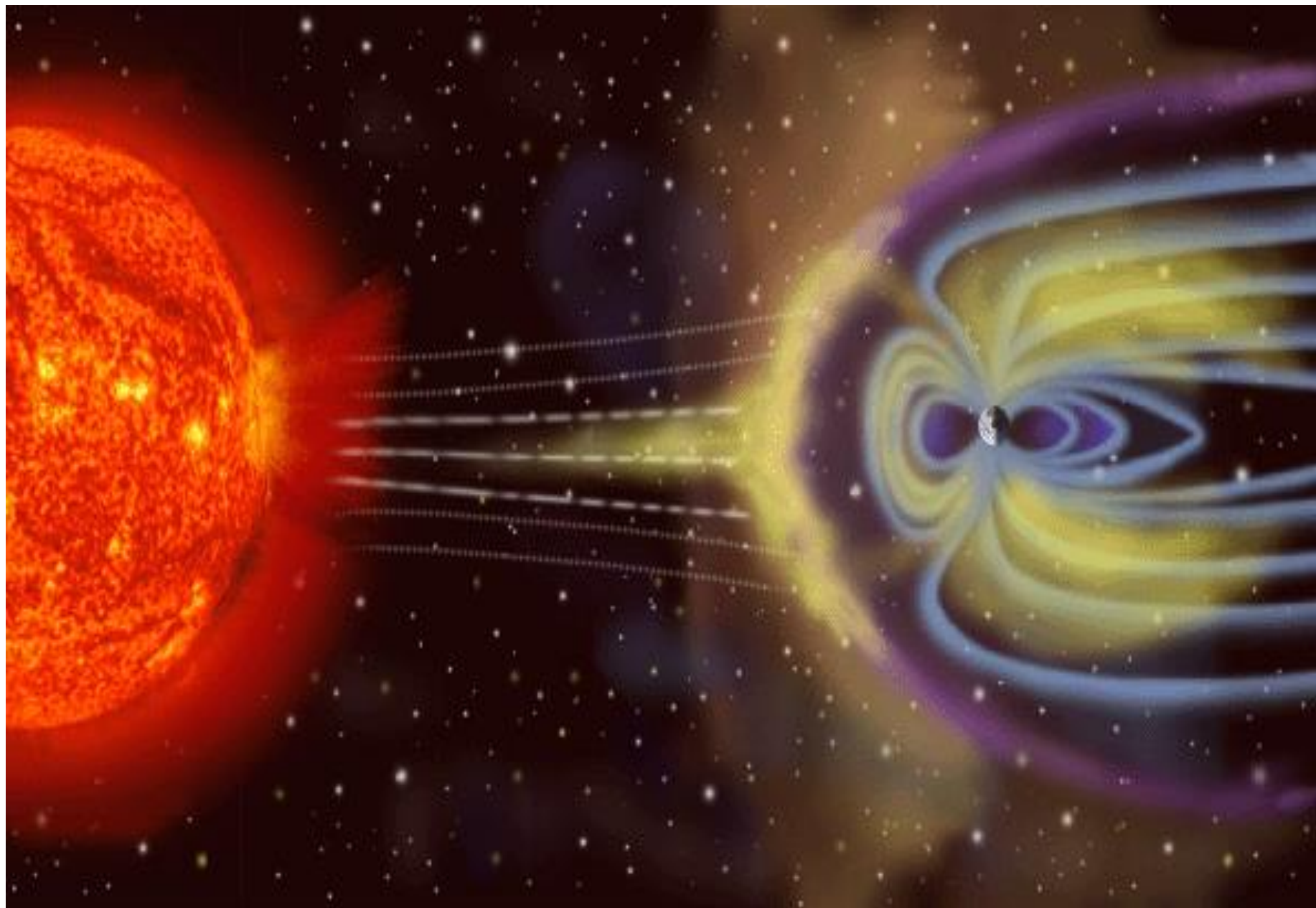




Излучение может двумя способами оказывать воздействие на человека. Первый способ — ***внешнее облучение*** от источника, расположенного вне организма, которое в основном зависит от радиационного фона местности на которой проживает человек или от других внешних факторов. Второй — ***внутреннее облучение***, обусловленное поступлением внутрь организма радиоактивного вещества, главным образом с продуктами питания. Внешнее и внутреннее облучения требуют различные меры предосторожности, которые должны быть приняты против опасного действия радиации.

Источники внешнего облучения

- 1. Космические лучи (0,3 мЗв/год), дают чуть меньше половины всего внешнего облучения получаемого населением.**
- 2. Нахождение человека, чем выше поднимается он над уровнем моря, тем сильнее становится облучение.**
- 3. Земная радиация, исходит в основном от тех пород полезных ископаемых, которые содержат калий – 40, рубидий – 87, уран – 238, торий – 232.**



- ***Космические лучи приходят на Землю от Солнца и из глубин Вселенной. Нет такого места на Земле, куда бы не падало космическое излучение. Атмосфера Земли защищает нас от вредного для здоровья космического излучения. Люди, живущие на уровне моря, получают в среднем 0,3мЗв излучения в год. С ростом высоты над уровнем моря растет и уровень облучения.***

Во время вспышек на Солнце
резко увеличивается поток электромагнитного
излучения и заряженных частиц

магнитное поле Земли отклоняет заряженные
частицы к полюсам, поэтому на них накапливаются
большие дозы радиации, чем в экваториальных
областях.

Земная радиация

- Земная радиация – излучение радиоактивных элементов, входящих в состав земной коры.
- Все эти радиоактивные элементы образовались вместе с образованием земной коры 3 млрд. лет назад. Со временем, вследствие распада, количество радиоактивных элементов уменьшалось, а многие практически полностью исчезли. Подсчитано, что двадцатикилометровом слое земной коры содержится 100 млн. т. Радия, 10¹⁴ т. Урана и еще больше тория. А в водах мирового океана содержится около 4 млрд. т. урана.
- Все эти радиоактивные вещества, входящие в состав земной коры, при своем распаде и создают земную радиацию. Конечно, уровни земной радиации неодинаковы для различных мест земного шара. Они зависят от концентрации радионуклидов в том или ином участке земной коры. Средняя эффективная доза внешнего облучения, которую человек получает от земных источников естественной радиации, составляет примерно 0,35 мЗв в год. Как мы видим это немногим больше средней дозы облучения, создаваемого космическими лучами на уровне моря.

Внутреннее облучение населения

- Попадание в организм с пищей, водой, воздухом.
- Радиоактивный газ радон - он невидимый, не имеющий ни вкуса, ни запаха газ, который в 7,5 раз тяжелее воздуха.
- Глиноземы. Отходы промышленности, используемые в строительстве, например, кирпич из красной глины, доменный шлак, зольная
- При сжигании угля значительная часть его компонентов спекается в шлак, где концентрируются радиоактивные вещества.





Внутреннее облучение

1,25 мЗв в год



дыхание

0,8 мЗв в год



пища и

питьё

0,4 мЗв в год



жилье



Внутреннее облучение

- Внутреннее облучение складывается из облучения воздуха, которым человек дышит, пищи и питья человека и его жилища, в которых присутствуют различные химические элементы, обладающие естественной радиоактивностью. Эквивалентная доза этого облучения составляет примерно 1,25 мЗв в год. Самый большой вклад в эту дозу вносит радиоактивный газ радон, являющийся продуктом распада урана и тория, содержащихся в земной коре. Содержащийся в воздухе радон, попадая при дыхании в организм человека, дает около 60% эквивалентной дозы внутреннего облучения, то есть 0,8 мЗв в год. За счет радиоактивных элементов, содержащихся в пище, воде, организм человека получает эквивалентную дозу около 0,4 мЗв в год. Из них около 23% человек получает за счет радиоактивного калия – ^{40}K , который усваивается организмом вместе с нерадиоактивными изотопами калия, необходимыми для жизнедеятельности организма.
- Радиоактивный йод-131 через траву попадает в мясо и молоко коров, а затем и в организм человека, питающегося этими продуктами.

- Исследования последних лет показали, что грибы и лишайники способны накапливать в себе достаточно большие дозы радиоактивных изотопов свинца-210 и, особенно, - полония-210.
- Жители Крайнего Севера питаются в основном мясом северного оленя. А олени питаются лишайниками. Таким образом, доза внутреннего облучения жителей Крайнего Севера резко возрастает. Нуклиды свина-210 и полония-210 накапливаются в рыбе и моллюсках. Поэтому люди, потребляющие много рыбы, могут получить дополнительные дозы внутреннего облучения.
- Свой вклад в эквивалентную дозу внутреннего облучения вносит и жилище человека, так как различные строительные материалы обладают различной радиоактивностью. Самые распространенные строительные материалы обладают различной радиоактивностью. Самые распространенные строительные материалы – дерево, кирпич и бетон выделяют относительно немного радона. Но гораздо большей радиоактивностью обладают такие строительные материалы, как гранит и глинозем.

**Искусственные
источники
радиации**

**Источники излучения,
используемые в медицине**



Ядерные взрывы



Атомная энергетика

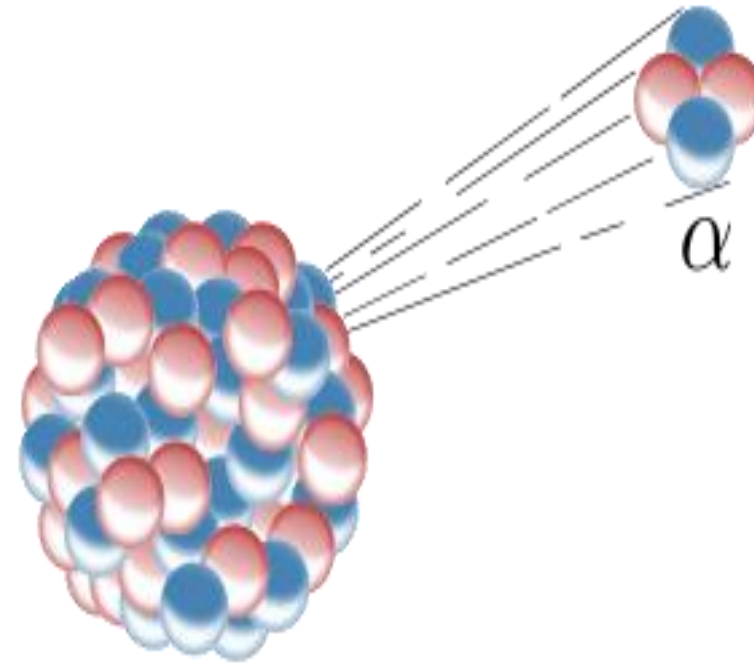


Источники излучения, используемые в медицине

- Радиация в медицине используется как в диагностических, так и в лечебных целях. Одним из самых распространенных медицинских приборов является рентгеновский аппарат, с помощью которого проводится медицинское обследование различных органов человека. Подсчитано, что на каждую 1000 жителей в развитых странах приходится от 300 до 900 рентгеновских обследований различных органов в год – и это не считая рентгенологических обследований зубов и массовой флюорографии. Средняя эквивалентная доза, получаемая человеком от этих обследований, составляет около 20% от естественного радиационного фона, т.е. примерно 0,38 мЗв в год. Многие проблемы физиологии и медицины удалось решить с помощью радиоактивных изотопов. Так, для исследования кровообращения в кровь человека вводят радиоактивный натрий. А для исследования работы щитовидной железы человека используют радиоактивный йод. Местоположение опухолей, особенно злокачественных, определяют по γ -излучению скопления радиоактивных изотопов, специально введенных в человеческий организм. А одним из способов лечения раковых заболеваний является облучение злокачественной опухоли γ -излучением кобальта.

Альфа-излучение

Альфа-частица (α -частица) — положительно заряженная частица, образованная двумя протонами и двумя нейтронами, ядро атома геля. Альфа-частицы могут вызывать ядерные реакции; в первой искусственно вызванной ядерной реакции участвовали именно альфа-частицы. Поток альфа-частиц называют **альфа-лучами** или **альфа-излучением**.



Альфа-излучение

- распространяются с начальной скоростью около 20 тыс. км/с.
- проникающая способность незначительна (длина пробега в воздухе составляет 3—11 см, а в жидких и твердых средах — сотые доли миллиметра).

Защита организма от радиоактивного альфа-излучения

- Полностью задерживается листом плотной бумаги.
- Не менее надежной защитой от альфа-частиц является одежда человека.
- Альфа-излучение имеет наибольшую ионизирующую способность
- Внешнее облучение альфа-частицами практически безвредно.

Бета-излучение

- распространяться со скоростью, близкой к скорости света (300 тыс. км/с).
- Заряд бета-частиц меньше, а скорость больше, чем у альфа-частиц, поэтому они имеют меньшую ионизирующую, но большую проникающую способность.
- Длина пробега бета-частиц с высокой энергией составляет в воздухе до 20 м, воде и живых тканях — до 3 см, металле — до 1 см.

Защита организма от радиоактивного бета-излучения

- Бета-частицы почти полностью поглощают оконные или автомобильные стекла и металлические экраны толщиной в несколько миллиметров.
- При внешнем облучении организма на глубину около 1 мм проникает 20—25 % бета-частиц, поэтому внешнее бета-облучение представляет серьезную опасность лишь при попадании радиоактивных веществ непосредственно на кожу (особенно на глаза) или же внутрь организма.



Гамма-излучение

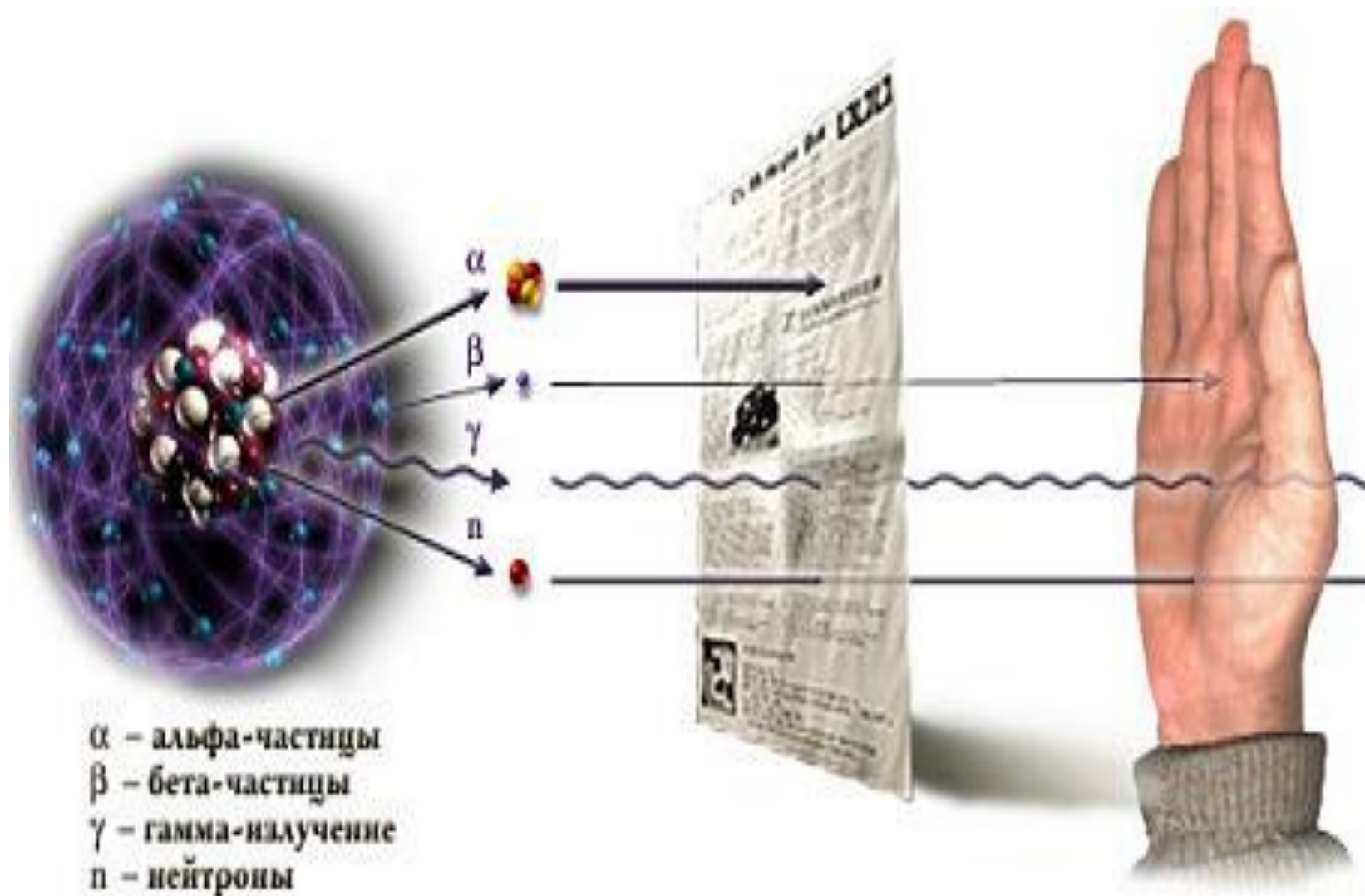


Гамма-излучение — это электромагнитное излучение, испускаемое ядрами атомов при радиоактивных превращениях.

- Сопровождает бета-распад.
- Представляет собой электромагнитное поле с длиной волны менее 2×10^{-8} см.
- Испускается отдельными (квантами)
- Распространяется со скоростью света.
- Имеет наибольшую проникающую способность

- **Защита организма от радиоактивного гамма-излучения**
- Для ослабления его энергии в два раза необходим слой вещества (слой половинного ослабления) толщиной:
 - Воды — 23 см;
 - Стали — около 3 см;
 - бетона — 10 см;
 - дерева — 30 см.

ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ.

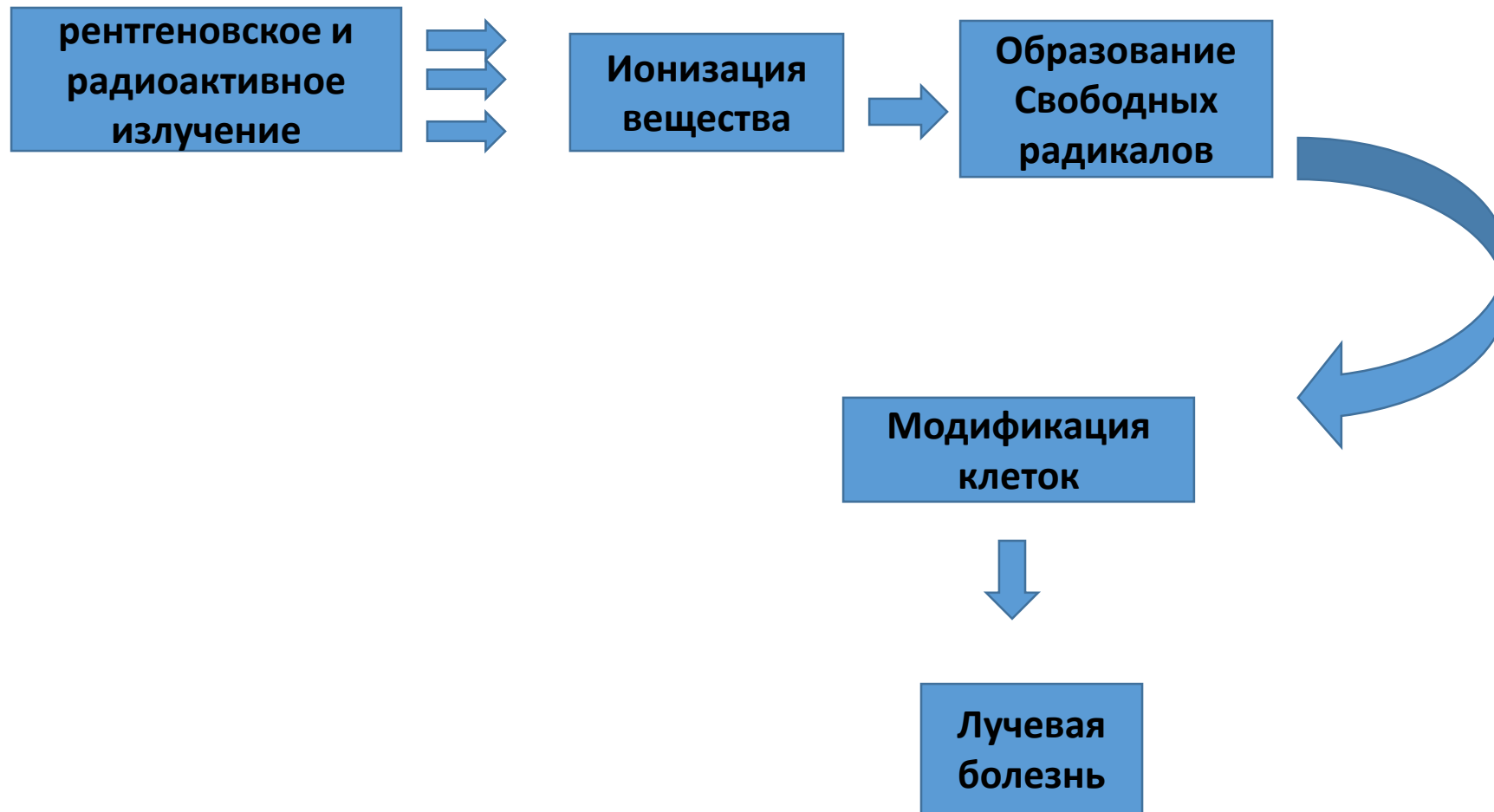


Первым ядерным взрывом явилось испытание атомной бомбы, созданной в США в 1945 году. Затем 6 и 9 августа 1945г. США сбросили атомные бомбы на японские города Хиросима и Нагасаки. В 1949 году была создана первая атомная бомба в СССР и с тех пор до 1963г. США и СССР регулярно проводили испытания нового ядерного оружия. Это привело к тому, что эквивалентная доза облучения от радиоактивного загрязнения Земли достигла 7% от естественного радиационного фона.

При ядерном взрыве часть радиоактивного материала выпадает неподалеку от места взрыва, а часть задерживается в тропосфере(самом нижнем слое атмосферы), подхватывается ветром и перемещается на большие расстояния. Однако большая часть радиоактивного материала выбрасывается в стратосферу (следующий слой атмосферы, лежащий на высоте 10-50 км), где он остается многие месяцы, медленно опускаясь и рассеиваясь по всей поверхности земного шара. Радиоактивные осадки содержат несколько сотен различных радионуклидов. Но основную роль в длительном облучении играют углерод-14, цезий-137, цирконий-95, стронций-90.

Эти радиоактивные изотопы попадают в почву, усваиваются растениями, а затем с пищей попадают в организм человека и надолго задерживаются в его тканях, подвергая их дополнительному внутреннему облучению.

Схема воздействия рентгеновского и радиоактивного излучения на ткани организма



Процессы, происходящие в биотканях

Биологическое действие радиации на живой организм начинается на клеточном уровне. Ионизирующее излучение вызывает поломку хромосом, что приводит к изменению генного аппарата и к мутациям.

Под влиянием ионизирующих излучений в организме происходит:

-  **нарушение функции кроветворных органов;**
-  **увеличение проницаемости и хрупкости сосудов;**
-  **расстройство желудочно-кишечного тракта;**
-  **снижение сопротивляемости организма, его истощение;**
-  **перерождение нормальных клеток в злокачественные и др.**

Проникающая способность излучения

Вид излучения	Длина свободного пробега		Опасное воздействие
	в воздухе	в биология, тканях	
Альфа-лучи	ДО нескольких сантиметров	до 0,1 мм	радиоактивное загрязнение кожи
Бета-лучи	ДО нескольких метров	ДО нескольких сантиметров	воздействие на кожу, слизистую оболочку глаз, легкие и желудочно-кишечный тракт
Гамма-лучи	около 100 м	10—15 см	ионизация вещества

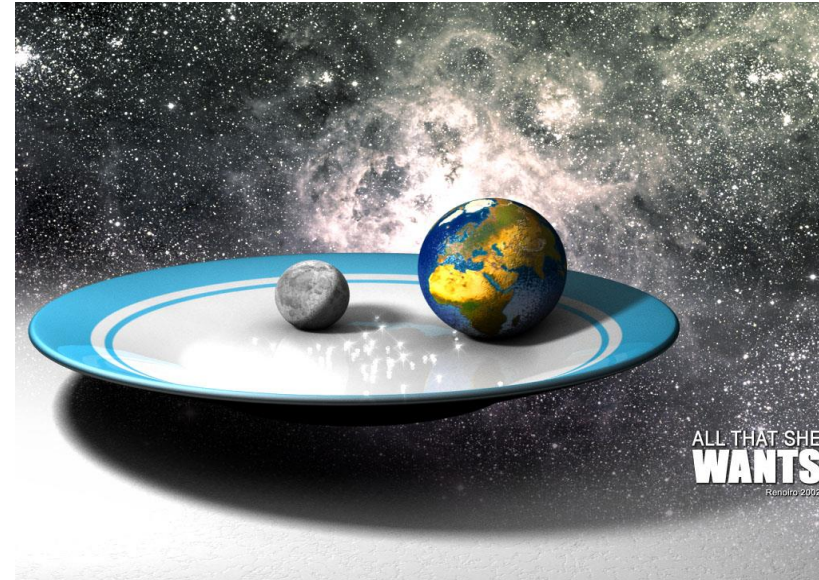
Как защититься от радиации?

- **Защита временем.**: сокращение продолжительности работы в поле излучения; чем меньше время пребывания вблизи источника радиации, тем меньше полученная от него доза облучения.
- **Защита расстоянием** заключается в том, что излучение уменьшается при удалении от компактного источника. То есть если на расстоянии 1 метра от источника радиации дозиметр показывает 1000 микрорентген в час, то на расстоянии 5 метров — около 40 мкР/час, вот почему часто источники радиации так сложно обнаружить. На больших расстояниях они «не ловятся», надо чётко знать место, где искать.
- **Защита веществом.** Необходимо стремиться к тому, чтобы между Вами и источником радиации было как можно больше вещества. Чем оно плотнее и чем его больше, тем значительнее часть радиации, которую оно может поглотить.
- **экранирование источника излучения;**
- **дистанционное управление;**
- **использование манипуляторов и роботов;**



Методы и средства защиты от ионизирующих излучений

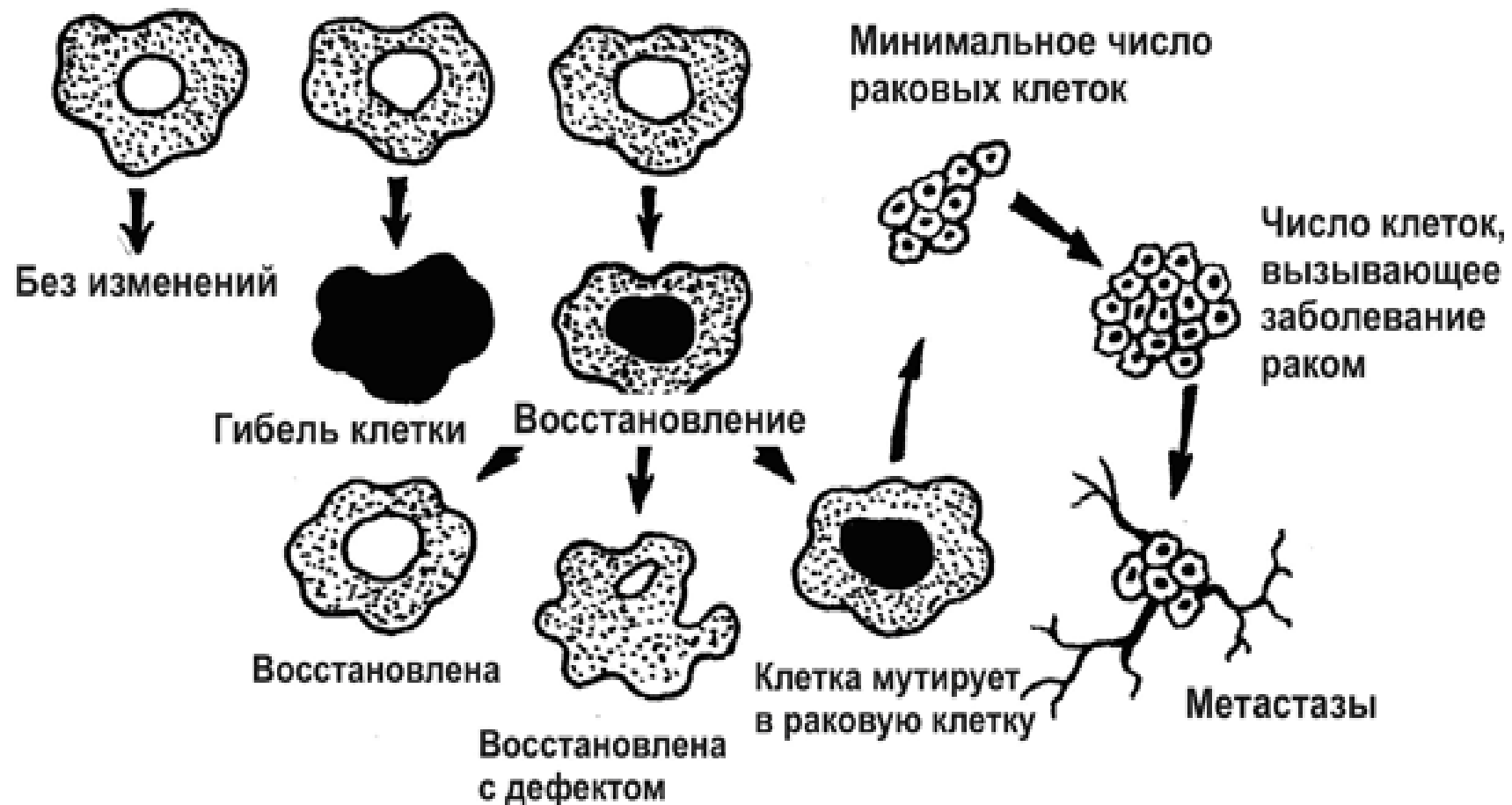
- ✓ полная автоматизация технологического процесса;
- ✓ использование средств индивидуальной защиты и предупреждение знаком радиационной опасности;
- ✓ постоянный контроль за уровнем излучения и за дозами облучения персонала.



Радиация и здоровье человека

- Облучение - воздействие радиации на организм человека. Во время этого процесса энергия радиация передается клеткам, разрушая их. Облучение может вызывать всевозможные заболевания: инфекционные осложнения, нарушения обмена веществ, злокачественные опухоли и лейкоз, бесплодие, катаракту и многое другое.
- Радиоактивные вещества могут проникать в организм через кишечник (с пищей и водой), через лёгкие (при дыхании) и даже через кожу при медицинской диагностике радиоизотопами. В этом случае имеет место внутреннее облучение. Кроме того, значительное влияние радиации на организм человека оказывает внешнее облучение, т.е. источник радиации находится вне тела.

Генетические нарушения в организме.



Контрольные вопросы для закрепления.

1. Что такое радиация?
2. Какие виды радиоактивных излучений вы знаете?
3. Дайте определение альфа - излучения?
4. Дайте определение бета - излучения?
5. Дайте определение гамма - излучения?
6. Дайте определение нейтронного излучения?
7. Дайте определение рентгеновского излучения?
8. Как каждый вид радиоактивных излучений действует на живые организмы?