

# **РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ**

**Лащёнова Татьяна Николаевна  
Д-р биол.наук, канд.хим. наук,  
Профессор экологического  
факультета РУДН**

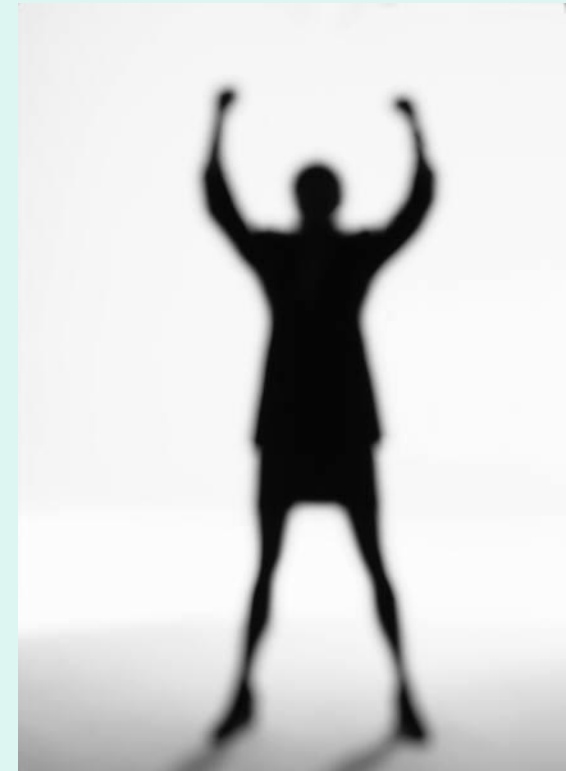
**[tlaschenova@yandex.ru](mailto:tlaschenova@yandex.ru)**

**8 910 4049110**

# **Общие положения и основные требования обеспечения радиационной безопасности населения**

• **Радиационная безопасность населения** - состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

• **Контроль радиационный** - получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).



# Общие требования к контролю за радиационной безопасностью

- Радиационный контроль охватывает все **основные виды воздействия ионизирующего излучения на человека**, перечисленные в п. 1.3 НРБ-99/2009
- Целью радиационного контроля является **получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, пациентов и населения** при всех условиях жизнедеятельности человека, а также сведений о всех регламентируемых величинах, характеризующих радиационную обстановку

# **Объекты радиационного контроля**

- - персонал групп А и Б при воздействии на них ионизирующего излучения в производственных условиях;**
- - пациенты при выполнении медицинских рентгеноорадиологических процедур;**
- - население при воздействии на него природных и техногенных источников излучения;**
- - среда обитания человека**

## Нормативная база

- ▶ **ФЗ** N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002
- ▶ **ФЗ** N 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» от 21 ноября 1995 г. (с изменениями и дополнениями от 10 февраля 1997) .
- ▶ **ФЗ** № 3-ФЗ «О радиационной безопасности» от 09.01.96 г.
- ▶ **ФЗ** N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г.
- ▶ **ФЗ** N 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 11 июля 2011 г.

## Регулирующие документы

- ▶ «Нормы радиационной безопасности» (НРБ—99/2009)
- ▶ «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010)
- ▶ Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)
- ▶ Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03)

# Оценка состояния радиационной безопасности

1. - характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;
2. - анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
3. - вероятность радиационных аварий и их масштаб;
4. - степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;
5. - анализе доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;
6. - число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

# Пути обеспечения радиационной безопасности ИИИ

- Радиационная безопасность на радиационно-опасном объекте и вокруг него обеспечивается за счет:
  - качества проекта радиационного объекта;
  - физической защиты источников излучения;
  - санитарно-эпидемиологической оценки и лицензирования деятельности с источниками излучения;
  - наличие системы радиационного контроля;
  - планирование и проведение мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения;
  - повышение радиационно-гигиенической грамотности персонала и населения.



# Радиационный контроль за радиационной безопасностью

1. В организации контроль за радиационной безопасностью осуществляется специальной службой или лицом, ответственным за радиационную безопасность, прошедшим специальную подготовку.
2. Порядок проведения контроля за радиационной безопасностью согласовывается с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.
3. Радиационный контроль организаций и территорий предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения. Регистрация доз облучения персонала и населения должна проводиться в соответствии с единой государственной системой контроля и учета доз облучения.
4. Средства измерений должны применяться по назначению и периодически проходить поверку, калибровку и сличение в установленном порядке.
5. Анализ результатов контроля за радиационной безопасностью осуществляется в каждой организации и результаты оценки ежегодно заносятся в радиационно-гигиенические паспорта организаций и территорий.
6. Данные контроля за радиационной безопасностью используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения, ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий

## **Радиационный контроль определяет:**

- 1. виды и объем радиометрического и дозиметрического контроля,**
- 2. перечень необходимых радиометрических и дозиметрических приборов, вспомогательного оборудования,**
- 3. размещение стационарных приборов и точек постоянного и периодического контроля,**
- 4. состав необходимых помещений,**
- 5. штат работников, осуществляющих радиационный контроль.**
- 6. На проект необходимо иметь санитарно-эпидемиологическое заключение органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора**

# Основные принципы обеспечения радиационной безопасности

- Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей природной среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные **принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование)** и **требования радиационной защиты**, установленные Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», НРБ-99/2009 и действующими санитарными правилами.

# ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ

- Ориентированные на источник
  - Принцип обоснования
  - Принцип оптимизации
- Ориентированные на индивидуума
  - Принцип нормирования  
(ограничения максимальных доз)

# Принцип обоснования

- **Принцип обоснования** должен применяться на стадии принятия решения уполномоченными органами при проектировании новых источников излучения и радиационных объектов, выдаче лицензий и утверждении нормативно-технической документации на использование источников излучения, а также при изменении условий их эксплуатации (приложение 1).
- В условиях радиационной аварии принцип обоснования относится не к источникам излучения и условиям облучения, а к защитному мероприятию. При этом в качестве величины пользы следует оценивать предотвращенную данным мероприятием дозу. Однако мероприятия, направленные на восстановление контроля над источниками излучения, должны проводиться в обязательном порядке.

# Принцип оптимизации

- **Принцип оптимизации** предусматривает поддержание на возможно низком и достижимом уровне как индивидуальных (ниже пределов, установленных НРБ-99/2009), так и коллективных доз облучения, с учетом социальных и экономических факторов (приложение 1).
- В условиях радиационной аварии, когда вместо пределов доз действуют более высокие уровни вмешательства, принцип оптимизации должен применяться к защитному мероприятию с учетом предотвращаемой дозы облучения и ущерба, связанного с вмешательством.

# Принцип нормирования

- **Требует непревышения установленных Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99/2009 индивидуальных пределов доз и других нормативов радиационной безопасности, должен соблюдаться всеми организациями и лицами, от которых зависит уровень облучения людей.**

# Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза*** коже**** кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв



# Примечания:

- **\* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.**
- **\*\* Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводятся только для группы А.**
- **\*\*\* Относится к дозе на глубине 300 мг/см<sup>2</sup>.**
- **\*\*\*\* Относится к среднему по площади в 1 см<sup>2</sup> значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см<sup>2</sup> под покровным слоем толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см<sup>2</sup>. Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см<sup>2</sup> площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает непревышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.**
- **Регламентируемые значения основных пределов доз облучения не включают в себя дозы, создаваемые естественным радиационным и техногенным измененным радиационным фоном, а также дозы, получаемые гражданами (пациентами) при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур и лечения. Указанные значения пределов доз облучения являются исходными при установлении допустимых уровней облучения организма человека и отдельных его органов.**

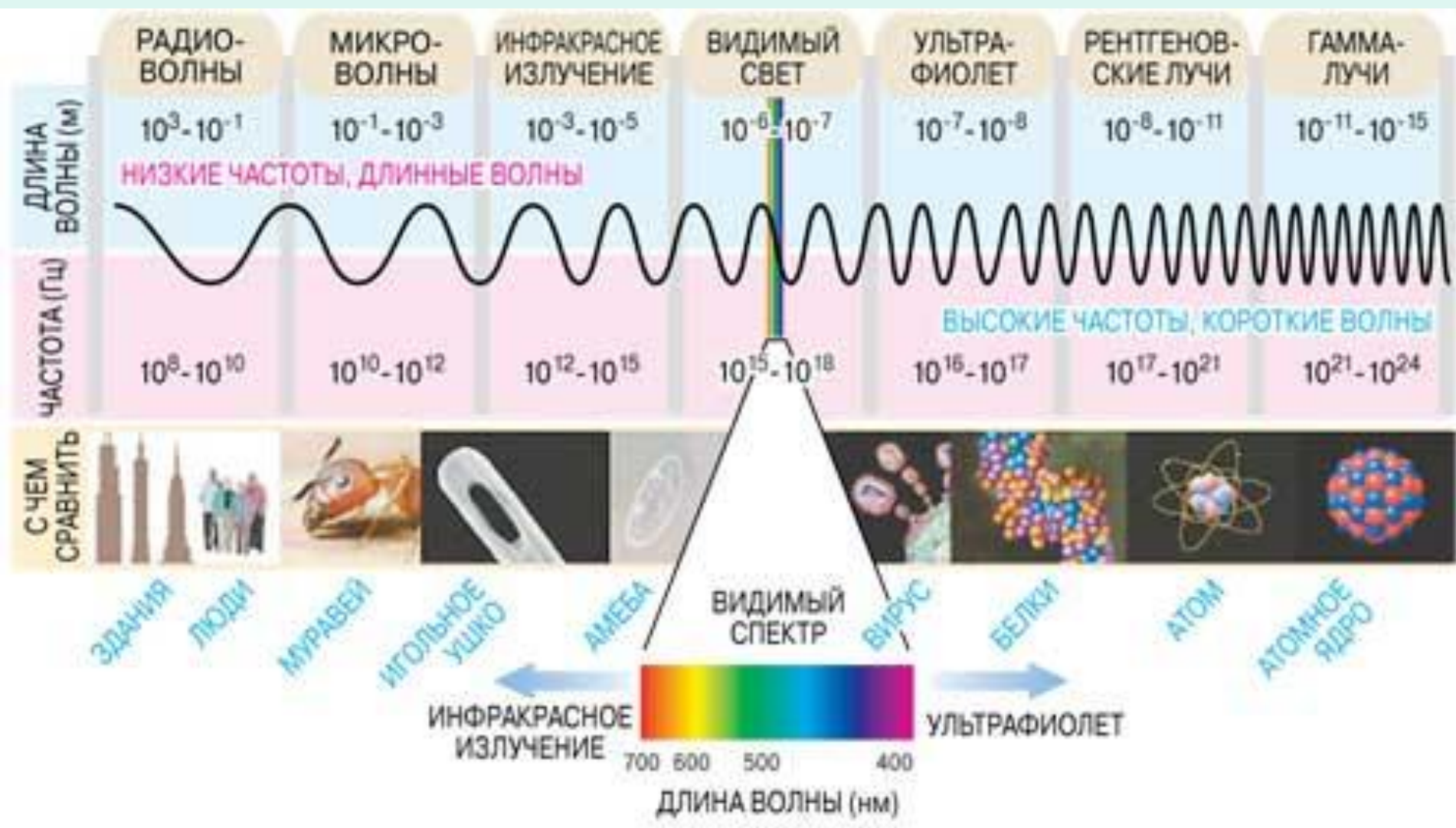
# Тема

## 1. Физические основы радиоактивности

# Основные характеристики ионизирующего излучения



- **Излучение** — процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.
- **Ионизирующее излучение** - потоки фотонов, а также заряженных или нейтральных частиц, взаимодействие которых с веществом среды приводит к его ионизации.
- **Неионизирующее излучение** - излучения с длиной волны более 1000 нм и энергией меньше 10 кэВ, заведомо недостаточной, чтобы ионизировать вещество.



# ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

## Радиоактивности

- **Радиоактивность** - способность атомных ядер к самопроизвольному превращению в другие ядра с испусканием одной или нескольких заряженных частиц и фотонов.
- **Активность** - это количество актов распада в единицу времени.
- **Период полураспада ( $T_{1/2}$ )**- время, в течение которого половина радиоактивных атомов распадается.
- **Удельная активность** - активность радионуклида (или смеси радионуклидов) в единице веса или объёма вещества.
- **Постоянная радиоактивного распада** - доля атомов, распадающихся в 1 секунду,  $\lambda$ .

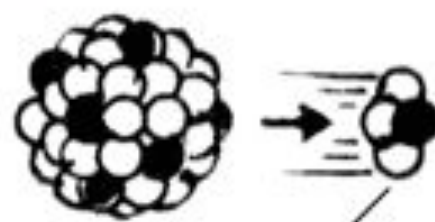
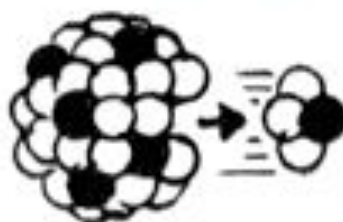
# Виды радиоактивного распада

- $\alpha$ -излучение - ионизирующее излучение, состоящее из  $\alpha$ -частиц (ядер гелия), испускаемых при ядерных превращениях.
- $\beta$ -излучение - электронное (позитронное) ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях.
- $\gamma$  - излучение - фотонное (электромагнитное) ионизирующее излучение, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц.

## Альфа-распад



Ядро атома



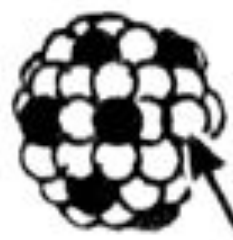
Альфа-частица

## Бета-распад



Ядро атома

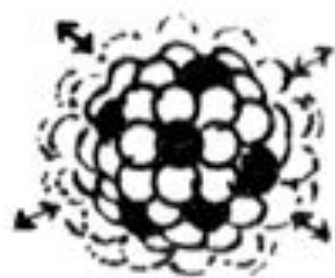
Нейтрон



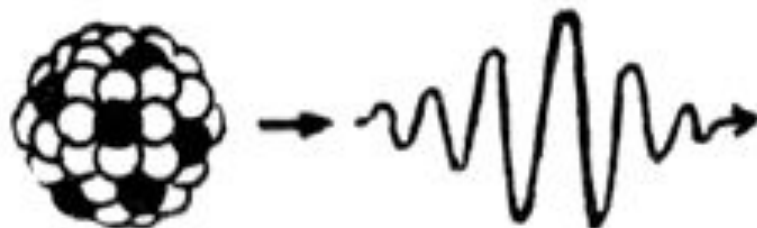
Протон

$e^-$

## Гамма-излучение



Возбуждённое ядро



Гамма-квант

# **$\alpha$ -излучение**

**это поток  $\alpha$  -частиц (ядра гелия)**

Пробег  $\alpha$  -частиц практически прямолинеен.

При прохождении  $\alpha$  -частиц через вещество происходит взаимодействие с электронами атомов.

При этом она либо выбивает электроны из оболочки атомов, либо переводит на более удаленную орбиту.

Если при движении  $\alpha$  - частица выбивает электрон, образуются положительно заряженный ион, происходит ионизация среды.

На ионизацию расходуется часть энергии  $\alpha$  - частиц, она теряет скорость и постепенно останавливается. При этом она присоединяет к себе 2 электрона и становится электронейтральным атомом - атомом гелия.

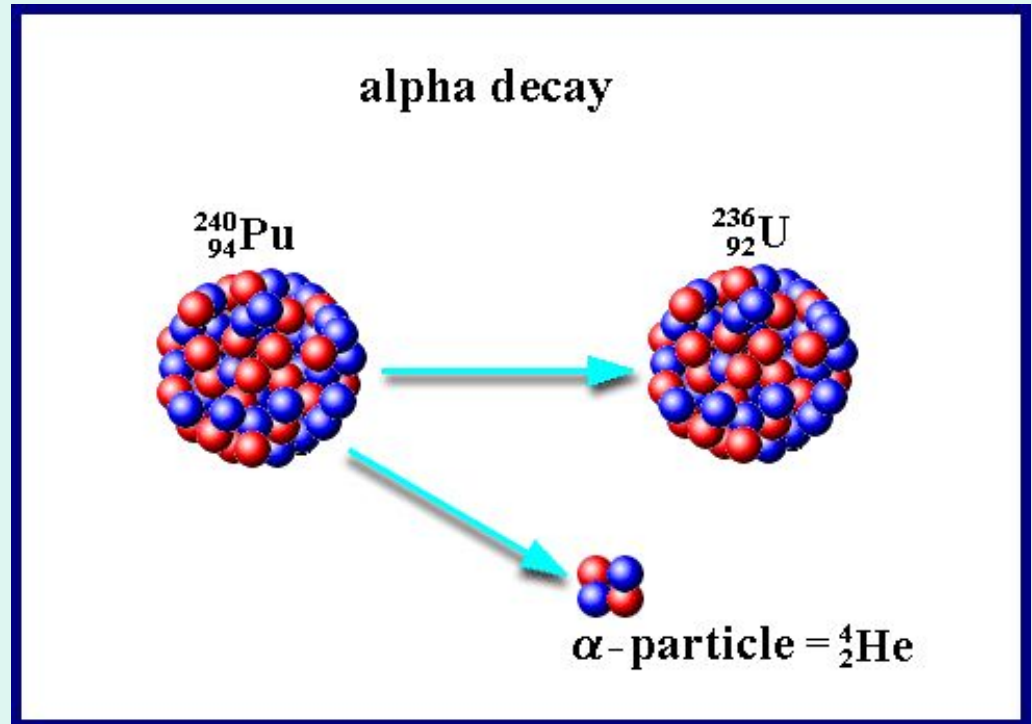
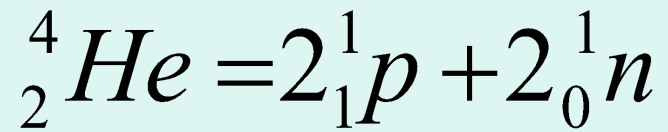


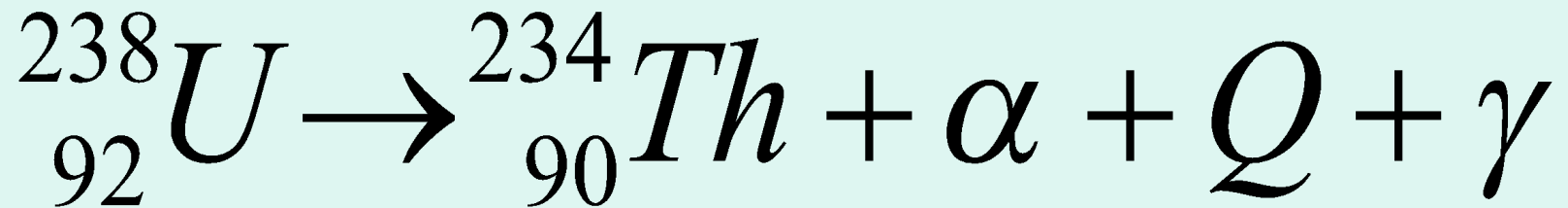
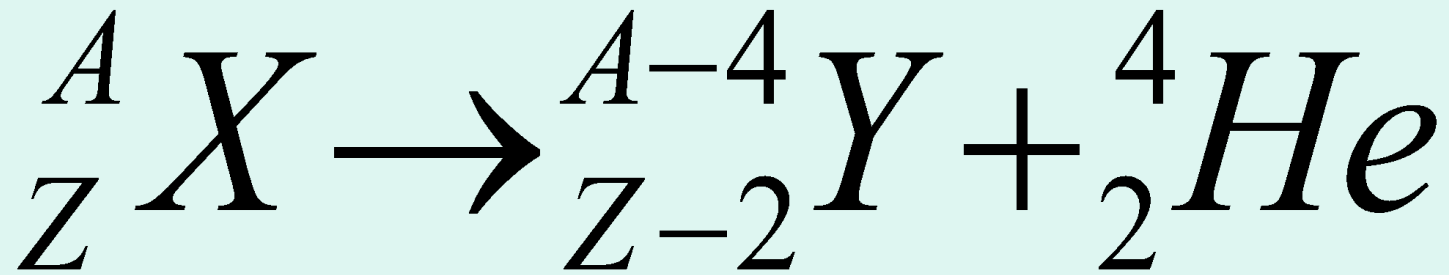
# **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВЕЩЕСТВОМ**

## **Альфа-частицы**

- Неупругие и упругие столкновения.
- Альфа-частицы распространяются от источника прямолинейно, теряют энергию главным образом при взаимодействии с электронами атомов.
- При этом происходят:
  - ионизация атомов или молекул;
  - возбуждение атомов или молекул;
  - выбивание атомов.
- Тяжёлая частица может вызвать ядерную реакцию.

# Альфа-излучение – поток ядер гелия





Источник	Энергия, кэВ
${}^{226}\text{Ra}$	4781,82,4
${}^{210}\text{Po}$	5304,50,5
${}^{212}\text{Bi}$	6049,60,7
${}^{214}\text{Po}$	7688,40,6
${}^{212}\text{Po}$	8785,00,8

# **Взаимодействие $\beta$ -излучения с веществом**

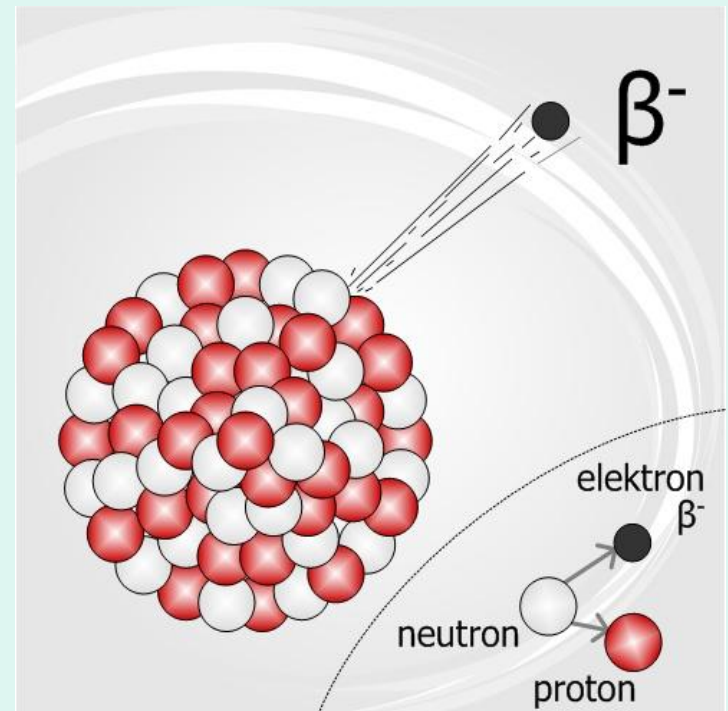
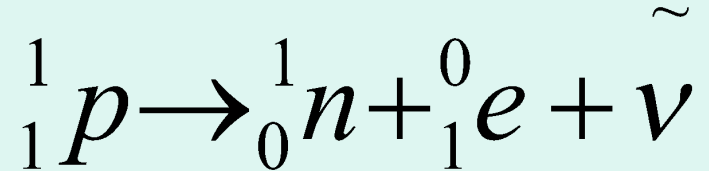
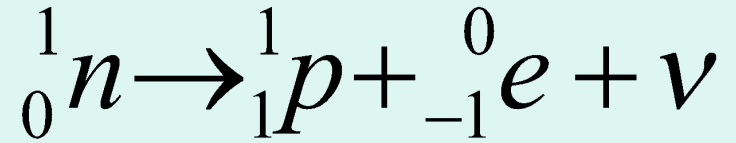
При движении в веществе электронов, они взаимодействуют с электронами оболочек атома, происходит ионизация среды.

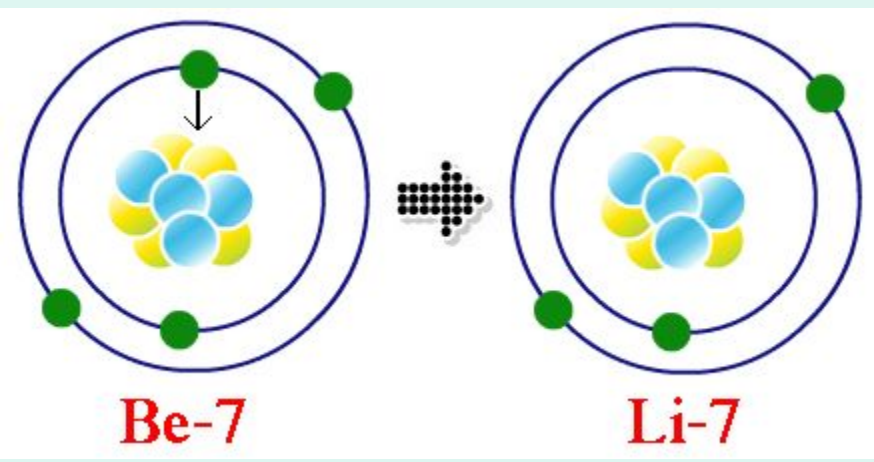
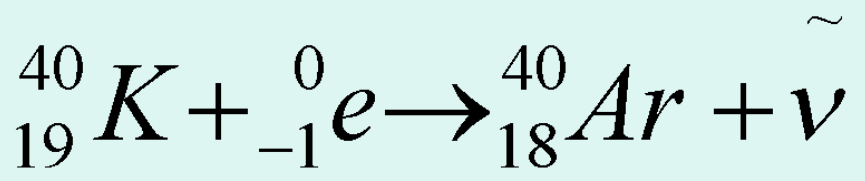
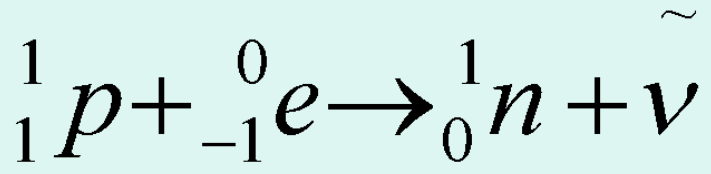
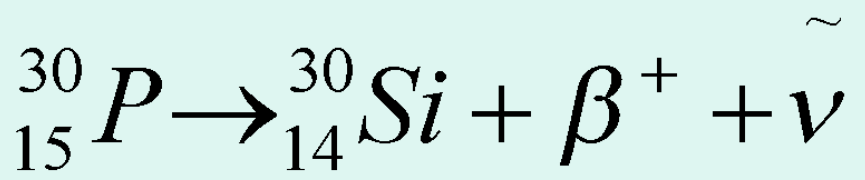
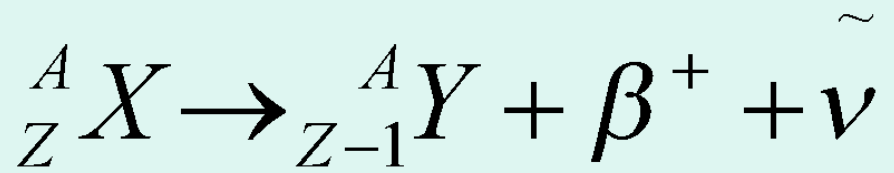
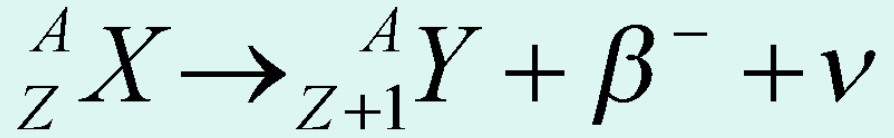
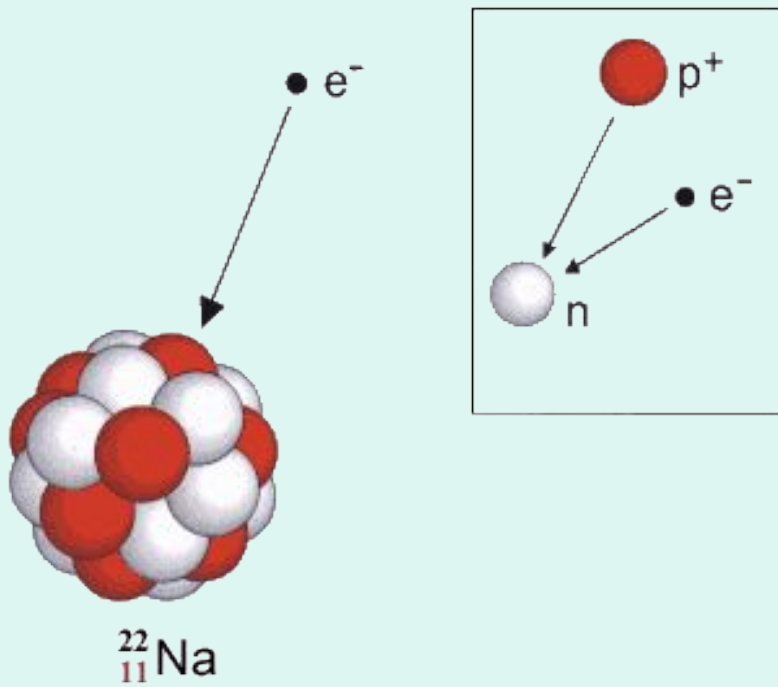
$\beta$ -частица в 7000 раз меньше  $\alpha$ -частицы, она движется непрямолинейно, имеет место эффект рассеяния  $\beta$ -частиц на электронах атома.

Если  $\beta$ -частица проходит вблизи ядра атома, то она тормозится в поле ядра, теряет скорость, энергию в виде тормозного излучения.

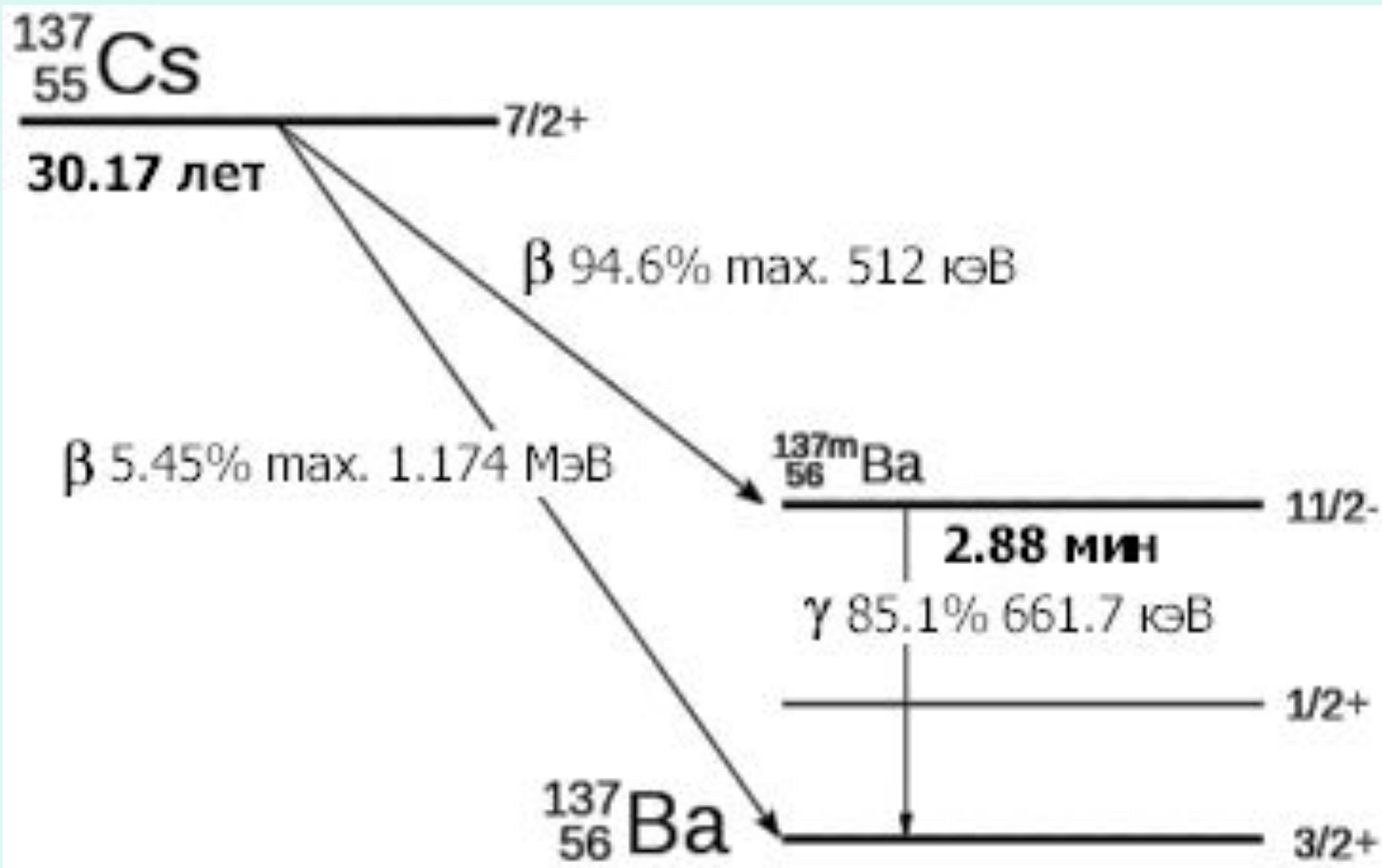
Для бета-частиц существенное значение имеет неупругое взаимодействие с атомными ядрами, приводящее к испусканию жёсткого электромагнитного излучения.

- **Бета-излучение** представляет собой поток электронов или позитронов *ядерного происхождения*.
- **Физические параметры электронов ядерного происхождения** (масса, заряд) такие же, как и у электронов атомной оболочки. Обозначаются бета-частицы символами  $B^-$  или  $e^-$ ,  $B^+$  или  $e^+$ .
- Энергия, освобождаемая при каждом акте распада, распределяется между бета-частицей и нейтрино.

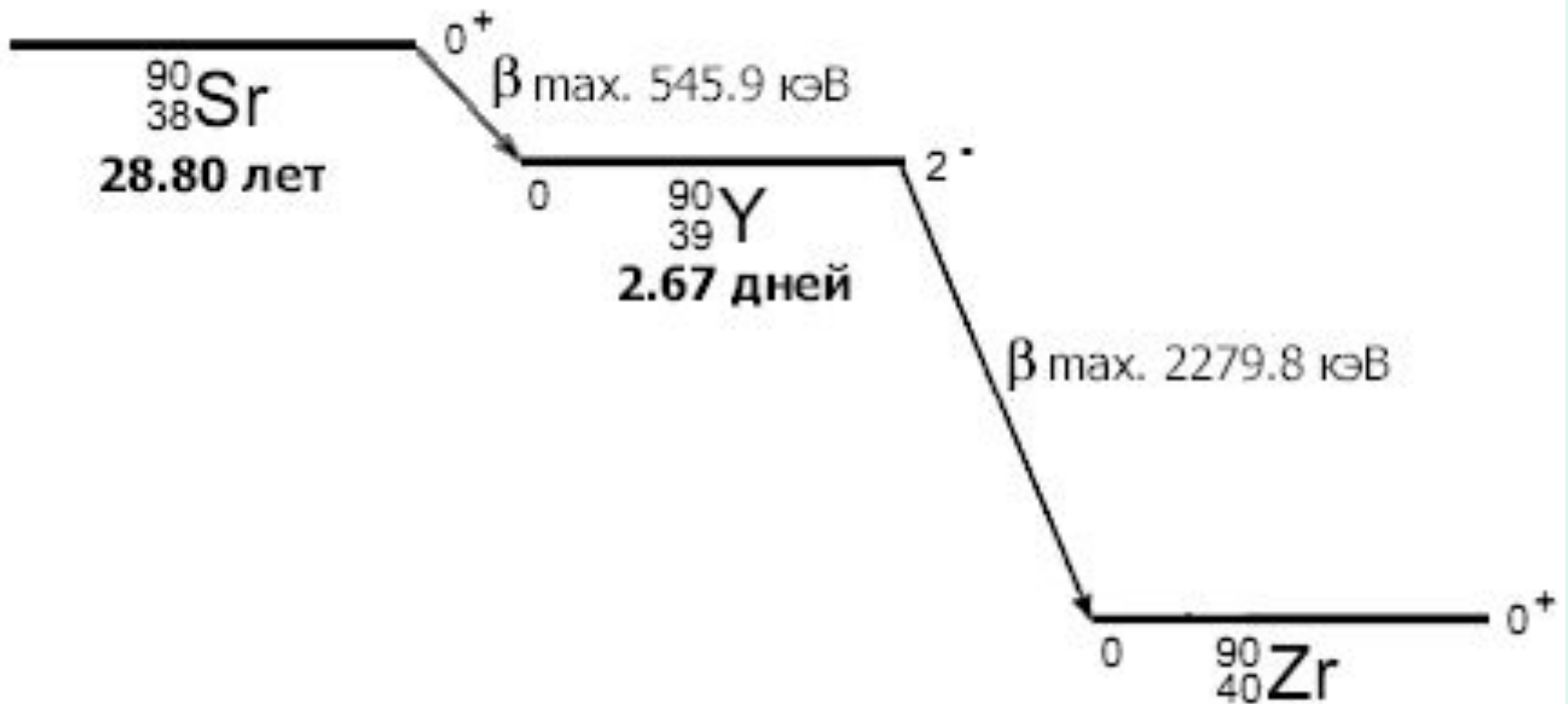




# Распад радионуклида Cs-137

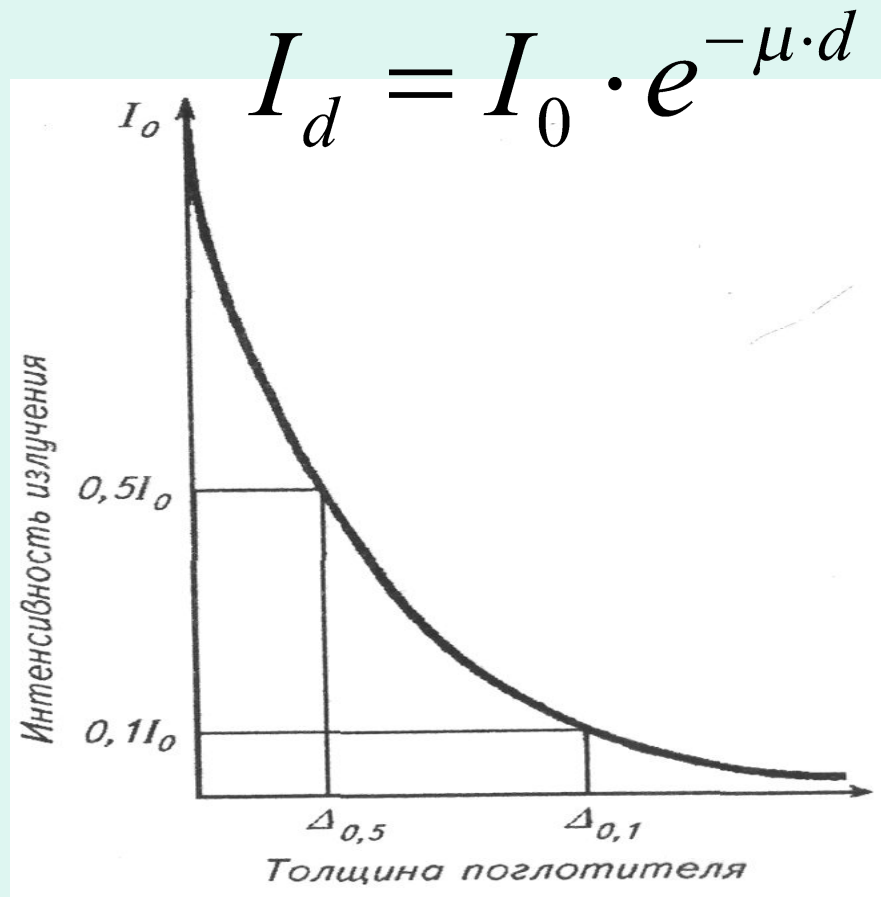
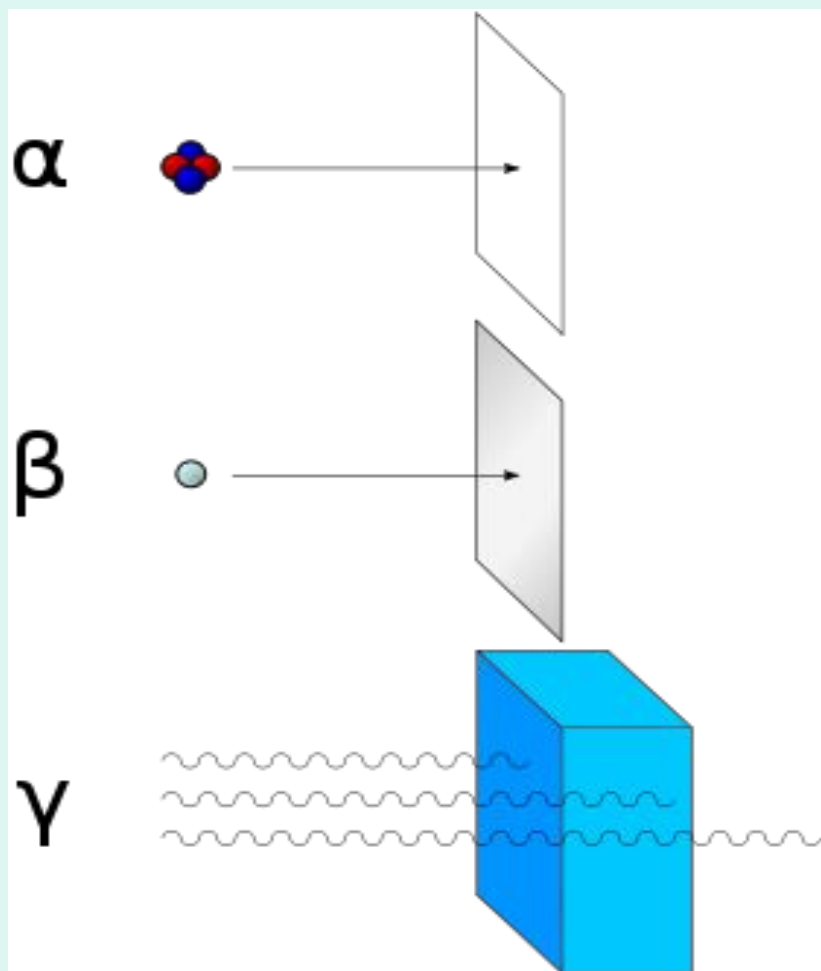


# Распад радионуклида Sr-90





# Взаимодействие ИИ с веществом



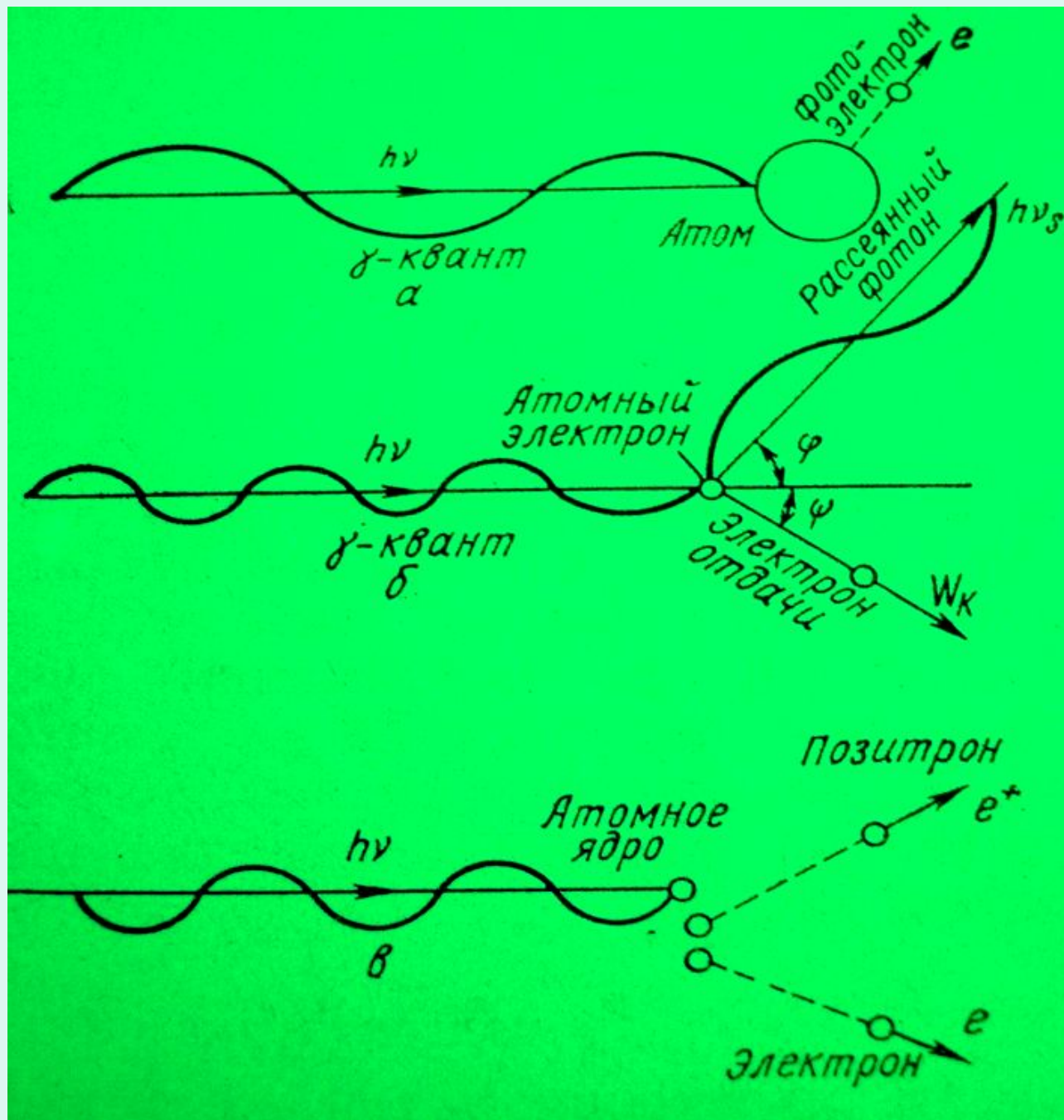
**ОСЛАБЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЕЩЕСТВЕ**

# **Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом**

**Гамма-кванты по пути перемещения передают часть энергии заряженным частицам, которые при своём движении ионизируют вещество.**

**Теряют энергию за счёт процессов фотоэффекта, комптоновского рассеяния и образования электрон-позитронных пар.**

- *Фотоэлектрическое поглощение:* падающий гамма-квант поглощается атомом, при этом испускается один из электронов оболочки.
- *Комптоновское рассеяние:* при упругом столкновении с электроном фотон передаёт ему часть энергии и импульса.
- *Образование пар:* процесс превращения гамма-кванта в две частицы – электрон и позитрон  $\gamma = e^{-} + e^{+}$



# **Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом.**

## **Фотоэффект**

При фотоэффекте гамма-квант (он же - фотон), попадая в вещество, поглощается и передает всю свою энергию одному из атомных электронов и выбивает его из атома.

При этом кинетическая энергия вылетевшего электрона равна энергии гамма-кванта за вычетом энергии связи электрона в ядре.

После выбивания электрона свободный уровень заполняется электроном с другой оболочки ядра и акт фотопоглощения (поглощения “попавшего” в вещество фотона) завершается испусканием вторичного низкоэнергетического гамма-излучения - флуоресценцией.

Как правило, электроны выбиваются с ближайшей к ядру К-оболочки.

Если энергия гамма-кванта меньше энергии связи К-электрона, то выбиваются электроны с других оболочек.

Фотоэффект наиболее вероятен при взаимодействии гамма-квантов небольшой энергии (до 200 кэВ) с веществами с большим  $Z$  (атомным номером).

# **Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом.**

## **Эффект комптоновского рассеяния (Комтон-эффект)**

**При комpton-эффекте, в отличие от фотоэффекта гамма-квант не поглощается полностью в результате одного акта взаимодействия, а теряет свою энергию постепенно, путем упругого рассеяния на атомных электронах.**

**Упругое рассеяние - это когда сумма кинетических энергий частиц до взаимодействия и после него остается постоянной. Итак, при упругом рассеянии на атомном электроне гамма-квант передает ему часть своей энергии и изменяет направление своего движения (по аналогии с движением бильiardных шаров). И так далее, взаимодействуя с другими электронами, пока не потеряет энергию полностью.**

**Комpton-эффект преобладает над другими процессами взаимодействия гамма-квантов:**

**от 0,5 до 5 МэВ в свинце, от 0,1 до 10 МэВ в железе, от 0,05 до 15 МэВ в алюминии и от 0,02 до 23 МэВ в воздухе.**

# Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом.

## Эффект образования пар

В поле ядра или атомного электрона гамма-квант может превратиться в электронно-позитронную пару, которой передается вся его энергия.

Суммарная кинетическая энергия электрона и позитрона равна энергии гамма-кванта за вычетом энергии покоя образованной пары -  $2 m_0 \cdot c^2 = 1,022 \text{ МэВ}$

$m$ -масса электрона,  $c$  - скорость света в вакууме

Поэтому эффект образования пар имеет энергетический порог - 1,022 МэВ. Образованный свободный позитрон нестабилен в присутствии электронов среды и быстро рекомбинирует с одним из них. При этом выделяется энергия 1,022 МэВ в виде двух аннигиляционных гамма-квантов (энергия каждого из них - 0,511 МэВ).

Аннигиляционное излучение имеет наибольшее значение для гамма-квантов с энергией более 6 МэВ и сред с атомным номером более 25.

# Нейтронное излучение

Нейтрон не имеет электрического заряда, в свободном состоянии неустойчивая частица и претерпевает превращение. Масса покоя -  $1,6748 \cdot 10^{-27}$  кг.

n, 0 - заряд нейтрона, 1 - масса

Излучение, обусловленное крупными незаряженными частицами, которые сами по себе не вызывают ионизации, но, “выбивая” электроны из их стабильных состояний, создают наведенную радиоактивность в материалах или тканях, сквозь которые они проходят.



# Нейтронное излучение

Нейтронное излучение представляет собой поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда. Масса нейтрона приблизительно в 4 раза меньше массы альфа-частиц.

В зависимости от энергии различают:

Медленные  
нейтроны  
(с энергией  
менее 1 КэВ)

Промежуточные  
нейтроны  
(с энергией  
от 1 до 500 КэВ)

Быстрые  
нейтроны  
(с энергией от  
500 КэВ до 20 МэВ)

Среди медленных нейтронов различают тепловые нейтроны с энергией менее 0,2 эВ. Тепловые нейтроны находятся по существу в состоянии термодинамического равновесия с тепловым движением атомов среды.

# Нейтронное излучение

- Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у альфа- или бета-частиц.
- Длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, аналогичные показатели для быстрых нейтронов – соответственно 120 м и 10 см.
- Нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения.

# Взаимодействие нейтронов с веществом

Не имея электрического заряда, нейтрон не взаимодействует с электрическим полем заряженных частиц и ядер атомов и может пройти значительное расстояние в поглощающем веществе до столкновения с ядром, т.е. при прохождении через поглощающее вещество нейтроны взаимодействуют только с ядрами атомов.

В поле ядра атома нейтроны в зависимости от их энергии могут испытывать различные типы взаимодействия:

Упругое  
и неупругое  
рассеяние

Радиационный  
захват с  
испусканием  
фотона

Захват с  
испусканием  
заряженной  
частицы

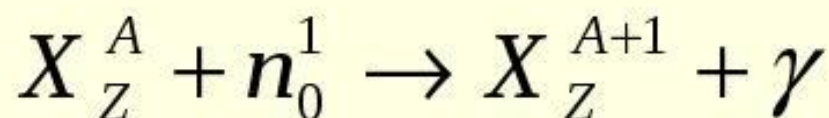
Деление  
ядер

# Взаимодействие нейтронов с веществом

- Упругое рассеяние. В этом виде взаимодействия нейтрон рассеивается ядром, изменяет направление движения, теряя часть своей энергии.
- Упругое рассеяние играет большую роль в ослаблении потока быстрых нейтронов. Наиболее эффективное ослабление на единицу массы наблюдается в водородосодержащих средах. Так как массы протона и нейтрона практически одинаковы, то при столкновении с ядром водорода, нейтрон в среднем теряет половину своей энергии. Поэтому в качестве замедлителей нейтронов используют водородосодержащие или легкие вещества – обычную или тяжелую воду, парафин, бериллий, углерод.
- В процессе упругого рассеяния энергия нейтрона постепенно уменьшается и приближается к энергии теплового движения атомов и молекул среды, равной  $\sim 0,025$  эВ, т. е. такие нейтроны становятся тепловыми.

# Взаимодействие нейтронов с веществом

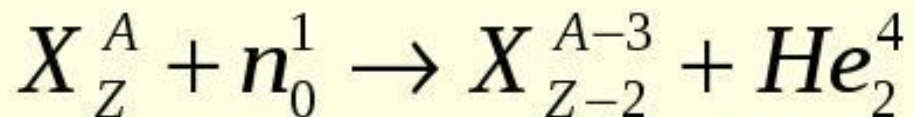
- Тепловой нейтрон будет блуждать в веществе до тех пор, пока не будет захвачен одним из ядер атомов поглощающей среды, в результате чего произойдет реакция:



т. е. образуется изотоп исходного элемента, а избыточная энергия, полученная ядром вследствие такой перестройки, испускается в виде  $\gamma$ -кванта. Этот тип взаимодействия называется радиационным захватом с испусканием фотона.

# Взаимодействие нейтронов с веществом

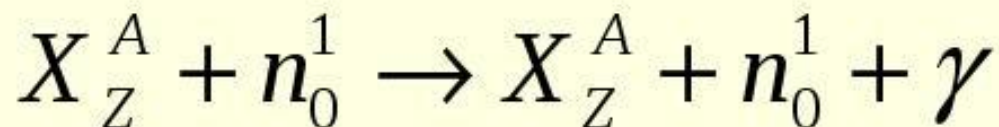
- Не только тепловые, но и быстрые нейтроны могут быть захвачены ядрами атомов. В результате произойдет ядерная реакция с вылетом  $\alpha$ -частицы, протона и т. д. и образуется ядро другого элемента:



Этот тип взаимодействия называется радиационным захватом с испусканием заряженной частицы.

# Взаимодействие нейтронов с веществом

➤ **Неупругое рассеяние.** При захвате нейтрона ядром может произойти ядерная реакция, в процессе которой образуется ядро исходного нуклида, но при этом энергия испущенного нейтрона меньше энергии захваченного:



В этом случае произойдет процесс неупругого рассеяния, поскольку суммарная энергия системы нейтрон + ядро до взаимодействия не равна энергии системы после взаимодействия.

# Взаимодействие нейтронов с веществом

- **Деление ядер.** При захвате нейтрона некоторые тяжелые ядра способны делиться. В основном это ядра урана, тория, плутония. В процессе деления не только высвобождается более одного нейтрона, но и выделяется энергия около 200 МэВ на один акт деления. Большинство продуктов деления радиоактивны с различными периодами полураспада. Благодаря процессу деления ядер под воздействием нейтронов существует возможность использования ядерной энергии.
- При всех процессах взаимодействия нейтронов с веществом образуются либо заряженные частицы – ядра отдачи,  $\alpha$ -частицы, протоны и т. д., непосредственно производящие ионизацию, либо  $\gamma$ -излучение, которое, производит ионизацию в результате вторичных процессов.



**Спасибо за внимание!**

## **Нормативно-правовое обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации источников ионизирующего излучения**

- **Основные требования к обеспечению радиационной безопасности при эксплуатации источников ионизирующего излучения определены в документе «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99)**

# Содержание ОСПОРБ-99

1. Область применения
2. Общие положения
  - 2.1. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности
  - 2.2. Оценка состояния радиационной безопасности
  - 2.3. Пути обеспечения радиационной безопасности
  - 2.4. Общие требования к контролю за радиационной безопасностью
3. Радиационная безопасность персонала и населения при эксплуатации техногенных источников излучения
  - 3.1. Классификация радиационных объектов по потенциальной опасности
  - 3.2. Размещение радиационных объектов
  - 3.3. Организация работ с источниками излучения
  - 3.4. Поставка и хранение источников излучения
  - 3.5. Работа с открытыми и закрытыми источниками излучения
  - 3.6. Санпропускники и саншлюзы
  - 3.7. Обращение с загрязненными материалами и радиоактивными отходами
  - 3.8. Методы и средства индивидуальной защиты и гигиены
4. Радиационная безопасность при медицинском излучении
5. Радиационная безопасность при воздействии природных источников излучения
6. Радиационная безопасность при радиационных авариях
7. Медицинское обеспечение радиационной безопасности
8. Санкции за нарушения требований норм и правил по радиационной безопасности

# Область применения ОСПОРБ-99

- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности устанавливают требования по защите персонала, населения и окружающей среды от вредного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения, на которое распространяется действие НРБ-99/2009
- Правила являются обязательными для исполнения на территории РФ.
- Правила распространяются на все организации, проектирующие, добывающие, производящие, хранящие, использующие радиоактивные вещества и другие источники излучения; а также организации, от деятельности которых зависит уровень облучения людей природными источниками излучения.
- Правила являются обязательными при проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции, выводе из эксплуатации радиационных объектов.

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Электронное строение			
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII					
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а					
1	1	<b>H</b> водород 1,008															<b>He</b> гелий 4,003	к			
2	2	<b>Li</b> литий 6,941	<b>Be</b> бериллий 9,0122	<b>B</b> бор 10,811	<b>C</b> углерод 12,011	<b>N</b> азот 14,007	<b>O</b> кислород 15,999	<b>F</b> фтор 18,998									<b>Ne</b> неон 20,179	л			
3	3	<b>Na</b> натрий 22,99	<b>Mg</b> магний 24,312	<b>Al</b> алюминий 26,982	<b>Si</b> кремний 28,086	<b>P</b> фосфор 30,974	<b>S</b> сера 32,064	<b>Cl</b> хлор 35,453									<b>Ar</b> аргон 39,948	л			
4	4	<b>K</b> калий 39,102	<b>Ca</b> кальций 40,08	<b>Sc</b> скандий 44,956	<b>Ti</b> титан 47,867	<b>V</b> ванадий 50,941	<b>Cr</b> хром 51,996	<b>Mn</b> марганец 54,938	<b>Fe</b> железо 55,845	<b>Co</b> кобальт 58,933	<b>Ni</b> никель 58,7							<b>Kr</b> криптон 83,8	л		
	5	<b>Cu</b> медь 63,546	<b>Zn</b> цинк 65,37	<b>Ga</b> галлий 69,72	<b>Ge</b> германий 72,59	<b>As</b> мышьяк 74,922	<b>Se</b> селен 78,96	<b>Br</b> бром 79,904											<b>Kr</b> криптон 83,8	л	
5	6	<b>Rb</b> рубидий 85,468	<b>Sr</b> стронций 87,62	<b>Y</b> иттрий 88,906	<b>Zr</b> цирконий 91,224	<b>Nb</b> ниобий 92,906	<b>Mo</b> молибден 95,94	<b>Tc</b> технеций [98]	<b>Ru</b> рутений 101,07	<b>Rh</b> родий 102,906	<b>Pd</b> палладий 106,4								<b>Xe</b> ксенон 131,3	л	
	7	<b>Ag</b> серебро 107,868	<b>Cd</b> кадмий 112,41	<b>In</b> индий 114,82	<b>Sn</b> олово 118,69	<b>Sb</b> сурьма 121,75	<b>Te</b> теллур 127,6	<b>I</b> йод 126,905												<b>Xe</b> ксенон 131,3	л
6	8	<b>Cs</b> цезий 132,905	<b>Ba</b> барий 137,34	<b>La</b> лантаноиды [138,905]	<b>Hf</b> гафний 178,49	<b>Ta</b> тантал 180,948	<b>W</b> вольфрам 183,85	<b>Re</b> рений 186,207	<b>Os</b> осмий 190,2	<b>Ir</b> иридий 192,22	<b>Pt</b> платина 195,09									<b>Xe</b> ксенон 131,3	л
	9	<b>Au</b> золото 196,967	<b>Hg</b> ртуть 200,59	<b>Tl</b> таллий 204,37	<b>Pb</b> свинец 207,19	<b>Bi</b> висмут 208,98	<b>Po</b> полоний [210]	<b>At</b> астат [210]													<b>Rn</b> радон [222]
7	10	<b>Fr</b> франций [223]	<b>Ra</b> радий [226]	<b>Ac</b> актиноиды [227]	<b>Rf</b> реферфордий [261]	<b>Db</b> дубний [262]	<b>Sg</b> сигборгий [263]	<b>Bh</b> борий [264]	<b>Hn</b> ханний [265]	<b>Mt</b> мейтнерий [266]	<b>110</b>									<b>Rn</b> радон [222]	л
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>												
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR													



Д.И. Менделеев  
1834-1907



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

## ЛАНТАНОИДЫ

57 <b>La</b> лантан 138,905	58 <b>Ce</b> церий 140,12	59 <b>Pr</b> празодим 140,908	60 <b>Nd</b> неодим 144,24	61 <b>Pm</b> прометий [145]	62 <b>Sm</b> самарий 150,4	63 <b>Eu</b> европий 151,96	64 <b>Gd</b> гадолиний 157,25	65 <b>Tb</b> тербий 158,926	66 <b>Dy</b> диспрозий 162,5	67 <b>Ho</b> гольмий 164,930	68 <b>Er</b> эрбий 167,26	69 <b>Tm</b> тулий 168,934	70 <b>Yb</b> иттербий 173,04	71 <b>Lu</b> лютеций 174,967
-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

## АКТИНОИДЫ

89 <b>Ac</b> актиний [227]	90 <b>Th</b> торий 232,038	91 <b>Pa</b> протактиний [231]	92 <b>U</b> уран 238,029	93 <b>Np</b> нептуний [237]	94 <b>Pu</b> плутоний [244]	95 <b>Am</b> амерций [243]	96 <b>Cm</b> курий [247]	97 <b>Bk</b> беркелий [247]	98 <b>Cf</b> кальфорний [251]	99 <b>Es</b> эйзенштейний [254]	100 <b>Fm</b> фермий [257]	101 <b>Md</b> менделеевий [258]	102 <b>No</b> нобелий [259]	103 <b>Lr</b> лоуренсий [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

# Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Group 1...18 IUPAC 1989 Группы IA...VIIIB IUPAC 1970 Группы 1...18 ИЮПАК 1989 Группы IA...VIIIB ИЮПАК 1970	Atomien mass, относительная Атомный номер, Обозначение Распределение электронов Температура плавления (°C) Температура кипения (°C) Электроотрицательность (по Полингу/по Аллреду и Рохову) Название Латинское название										Atomic mass, relative Atomic No. Symbol Electron configuration Melting point (°C) Boiling point (°C) Electronegativity (Pauling/Allred & Rochow) Name Latin name																
13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA										
1 H Hydrogen Водород	<b>75Re</b> $[Xe] 4f^{14}5d^76s^2$ 3180 5627 1.9/1.46 <b>Rhenium</b> Рений										2 He Helium Гелий	3 Li Lithium Литий	4 Be Beryllium Бериллий	5 B Boron Бор	6 C Carbon Углерод	7 N Nitrogen Азот	8 O Oxygen Кислород	9 F Fluorine Фтор	10 Ne Neon Неон	11 Na Sodium Натрий	12 Mg Magnesium Магний	13 Al Aluminum Алюминий	14 Si Silicon Кремний	15 P Phosphorus Фосфор	16 S Sulfur Сера	17 Cl Chlorine Хлор	18 Ar Argon Аргон
19 K Potassium Калий	20 Ca Calcium Кальций	21 Sc Scandium Скандий	22 Ti Titanium Титан	23 V Vanadium Ванадий	24 Cr Chromium Хром	25 Mn Manganese Марганец	26 Fe Iron Железо	27 Co Cobalt Кобальт	28 Ni Nickel Никель	29 Cu Copper Медь	30 Zn Zinc Цинк	31 Ga Gallium Галлий	32 Ge Germanium Германий	33 As Arsenic Мышьяк	34 Se Selenium Селен	35 Br Bromine Бром	36 Kr Krypton Криптон										
37 Rb Rubidium Рубидий	38 Sr Strontium Стронций	39 Y Yttrium Иттрий	40 Zr Zirconium Цирконий	41 Nb Niobium Никобий	42 Mo Molybdenum Молибден	43 Tc Technetium Технетий	44 Ru Ruthenium Рутений	45 Rh Rhodium Родий	46 Pd Palladium Палладий	47 Ag Silver Серебро	48 Cd Cadmium Кадмий	49 In Indium Индий	50 Sn Tin Олово	51 Sb Antimony Сурьма	52 Te Tellurium Теллур	53 I Iodine Йод	54 Xe Xenon Ксенон										
55 Cs Cesium Цезий	56 Ba Barium Барий	57 La Lanthanum Лантан	58 Ce Cerium Церий	59 Pr Praseodymium Прометий	60 Nd Neodymium Неодим	61 Pm Promethium Прометий	62 Sm Samarium Самарий	63 Eu Europium Европий	64 Gd Gadolinium Гадолий	65 Tb Terbium Тербий	66 Dy Dysprosium Диспрозий	67 Ho Holmium Гольмий	68 Er Erbium Эрбий	69 Tm Thulium Тулий	70 Yb Ytterbium Иттербий	71 Lu Lutetium Лютеций											
87 Fr Francium Франций	88 Ra Radium Радий	89 Ac Actinium Актиний	104 Rf Rutherfordium Рутерфорий	105 Db Dubnium Дубний	106 Sg Seaborgium Сиборгий	107 Bh Bohrium Борий	108 Hs Hassium Хассий	109 Mt Meitnerium Мейтнерий	110 Uun Ununnilium Унуниллий	111 Uuu Unununium Унунуний	112 Uub Unbibium Унубий	113 Uut Ununtrium Унунтрий	114 Uuq Ununquadium Унунквадий	115 Uup Ununpentium Унунпентий	116 Uuq Ununhexium Унунгексий	117 Uuh Ununheptium Унунгепсий	118 Uuo Ununoctium Унуноксий										

\* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1985)  
 \* Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (по числу нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1985)  
 ( ) Alternative english name  
 ( ) American spelling of the element's name  
 ( ) Alternative russian english name  
 ( ) Латинское название элемента

© P.C.Сайфуллин, А.Р.Сайфуллин, 2004  
 © R.S.Saifullin, A.R.Saifullin, 2004

# Свойства атомов

Строение атома определяется расположением атома в периодической таблице Д. И. Менделеева.

Свойства и основные характеристики зависят

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

## Пример.

Элемент стронций Sr-90 расположен в пятом периоде.

В его атоме электроны распределены по пяти энергетическим уровням ( $n = 1, n = 2, n = 3, n = 4, n = 5$ ); внешним будет пятый уровень ( $n = 5$ ). Н внешней орбите 2 электрона

# Элементарные частицы

название	символ	заряд	масса
протон	p	+1	1
нейтрон	n <sup>0</sup>	0	1
электрон	e, β	-1	0
позитрон	e <sup>+</sup> , β <sup>+</sup>	+1	0
нейтрино	n	0	0
антинейтрино	n <sup>~</sup>	0	0
фотон	γ	0	0
альфа-частица	α	+2	4



# Энергетическое строение атома

Из периодической системы для любого элемента по номеру периода можно определить число энергетических уровней атома, и какой энергетический уровень является внешним.

Главное квантовое число  $n$  – определяет энергетический уровень внешнего электрона, удаленность уровня от ядра, размер электронного облака.

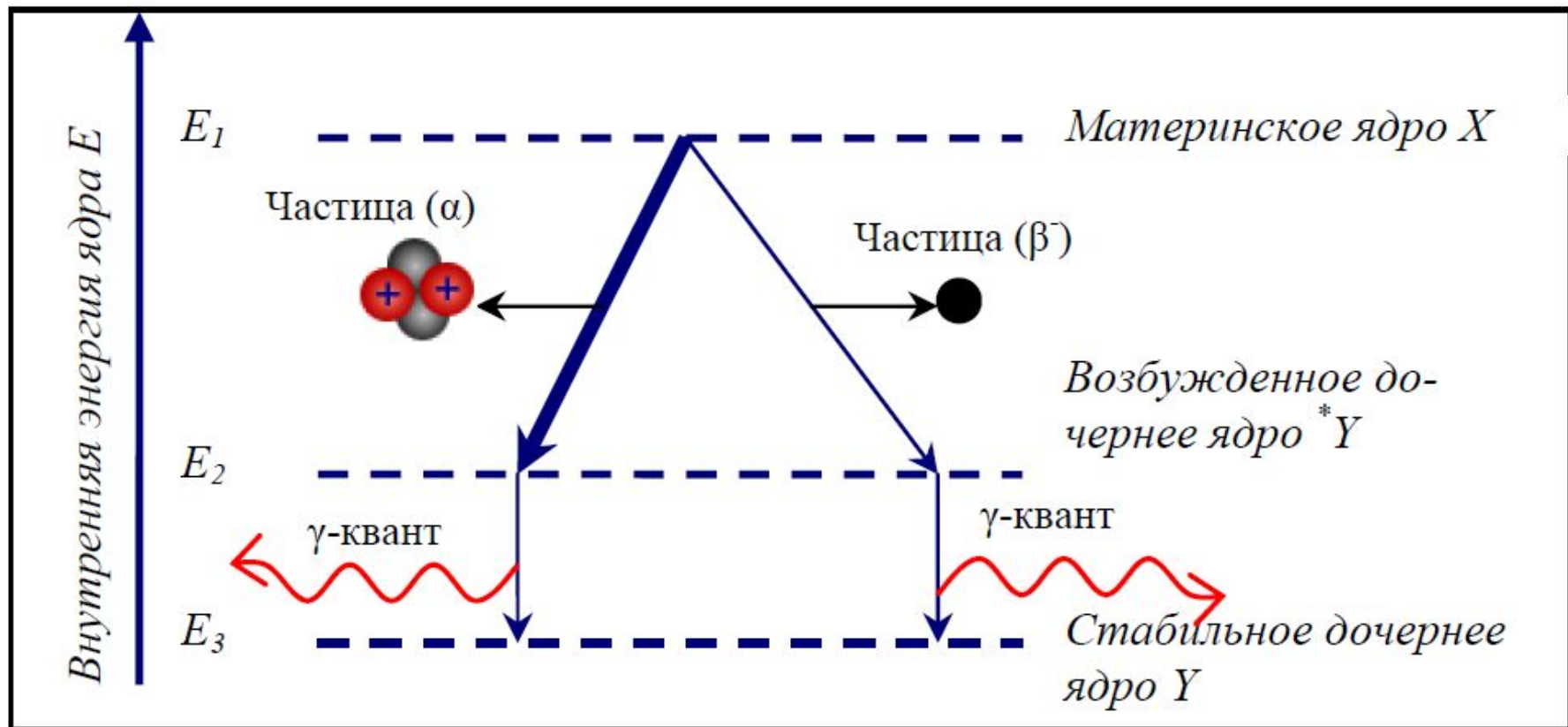
Принимает целые значения ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) и соответствует номеру периода.

Главное квантовое число  $n = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7$

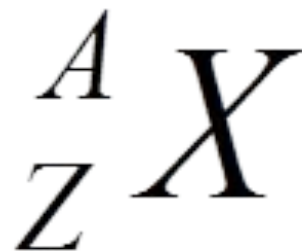
Обозначение энергетического уровня  $K \ L \ M \ N \ O \ P \ Q$

Орбитальное квантовое число – определяет форму электронного облака и энергию электрона на подуровне.

Свойства элементарных частиц определяются местом положения в атоме: в ядре атома и на внешней оболочке



# Строение атома



**Нуклон** - протон и нейтрон, входящие в состав атомного ядра

**Массовое число**,  $A$  – общее число нуклонов

$$A = Z + N$$

$Z$  – число протонов, атомный номер,  $N$  - число нейтронов

**Изотопы** - нуклиды с одинаковыми  $Z$ , но различными  $A$  и  $N$

**Изобары** - нуклиды с одинаковыми  $A$ , но различными  $Z$  и  $N$

**Изотоны** - нуклиды с одинаковыми  $N$ , но различными  $Z$  и  $A$

# Взаимодействие ИИ с веществом

$$I_d = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$$

$$\frac{I_0}{I_d} = K,$$

кратность ослабления

$I_0$  - интенсивность  $\gamma$ -излучения, измеренная при отсутствии защитного экрана, квант/с;

$I_d$  - интенсивность  $\gamma$ -излучения при наличии защитного экрана, толщиной **d** см;

$\mu$  – линейный коэффициент ослабления  $\gamma$ -излучения в веществе,  $\text{см}^{-1}$ .