



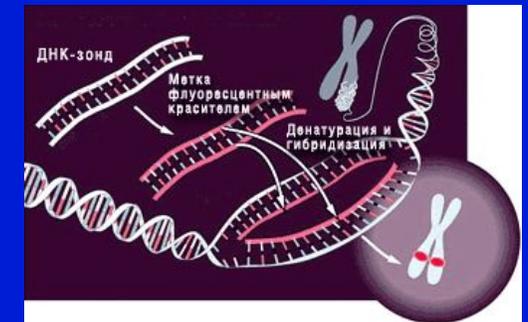
Казахский национальный университет
имени аль-Фараби

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ГЕНЕТИКИ

Лекция 1. Тема: «Предмет и задачи радиационной генетики. История открытий ионизирующих излучений»

Колумбаева Сауле Жанабаевна
д.б.н., профессор

2020 г.



ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ГЕНЕТИКИ

- **РАДИАЦИЯ** (от лат. radiatio «излучение») – различные виды излучения.
- **ИЗЛУЧЕНИЕ** - это процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.
- **ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** - вид энергии, высвобождаемой атомами в форме электромагнитных волн (гамма- или рентгеновское излучение) или частиц (нейтроны, бета или альфа).
ИОНИЗАЦИЯ - эндотермический процесс (с поглощением энергии) образования ионов из нейтральных атомов или молекул.
- **НЕИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** - это электромагнитные излучения различной частоты, не вызывающие ионизацию атомов и молекул вещества.

ВИДЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ :

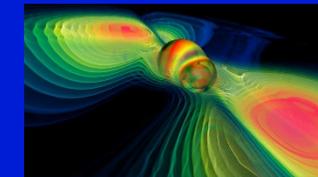
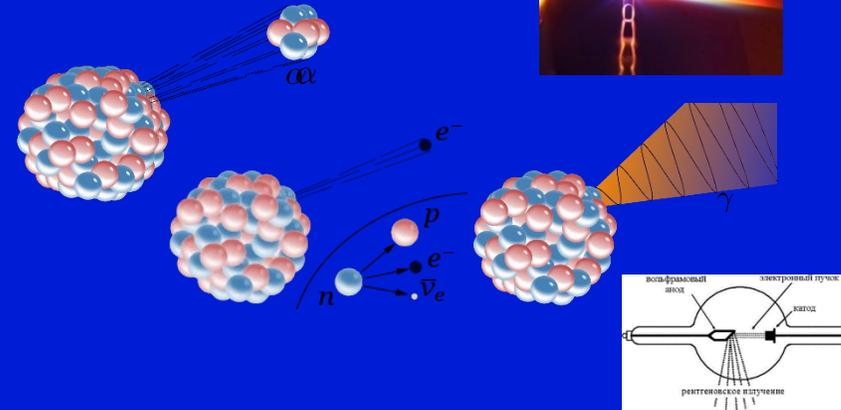
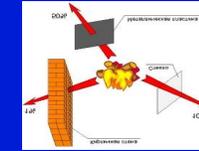
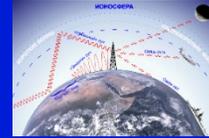
- радиоизлучение (радиоволны)
- видимый свет
- тепловое излучение
- терагерцевое излучение и др.
(в радиотехнике)

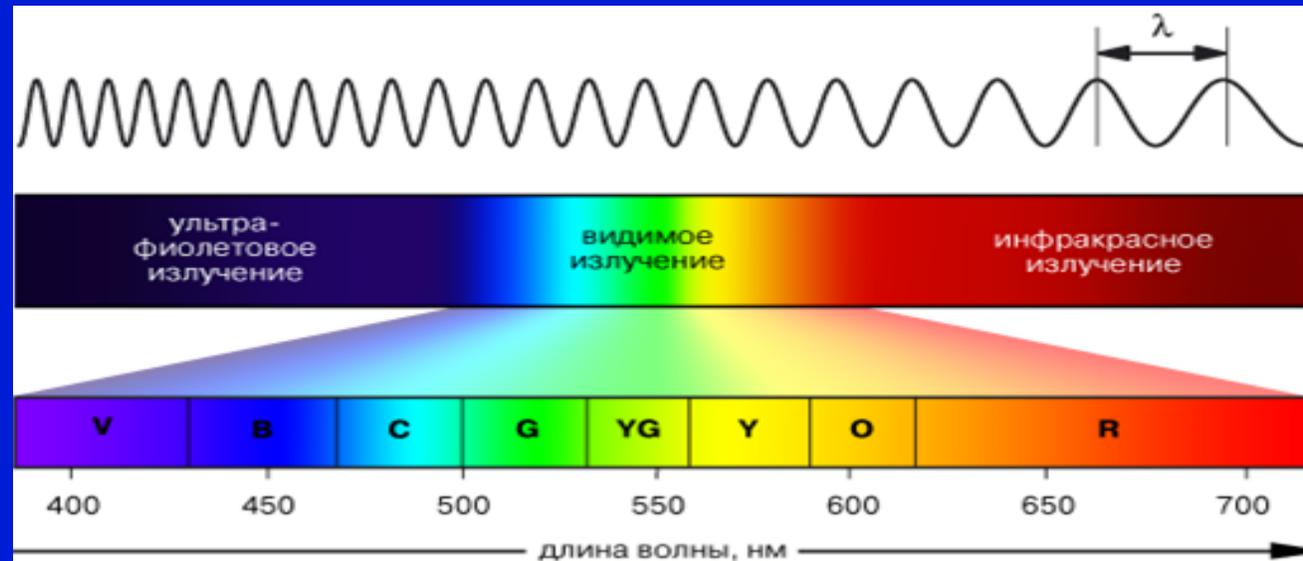
➤ ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ:

- радиоактивное излучение
 - альфа-излучение
 - бета-излучение
 - гамма-излучение, рентгеновское излучение

➤ **ГРАВИТАЦИОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** (излучение гравитационных волн, или волн тяготения, неравномерно движущимися массами (телами))

➤ **ИЗЛУЧЕНИЕ ХОКИНГА** (гипотетический процесс излучения чёрной дырой разнообразных элементарных частиц, преимущественно фотонов)





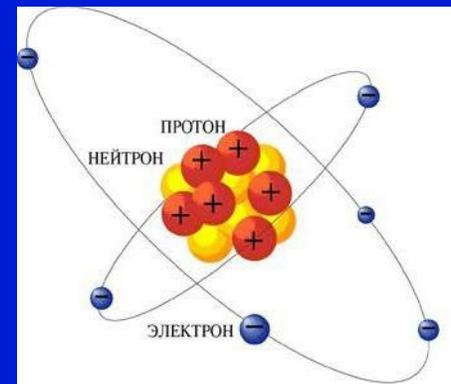
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (ультрафиолетовые лучи, УФ-излучение) - электромагнитное излучение, занимающее спектральный диапазон между видимым и рентгеновским излучениями. Длины волн УФ-излучения лежат в интервале от 10 до 400 нм.

ВИДИМОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ - электромагнитные волны, воспринимаемые человеческим глазом, которые занимают участок спектра с длинами волн приблизительно от 380 (фиолетовый) до 780 нм (красный).

ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ - электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света (с длиной волны $\lambda = 0,74$ мкм) и микроволновым радиоизлучением ($\lambda \sim 1—2$ мм).

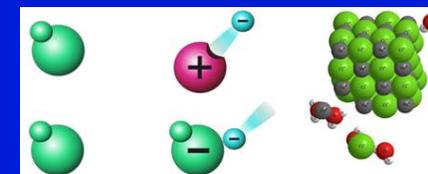
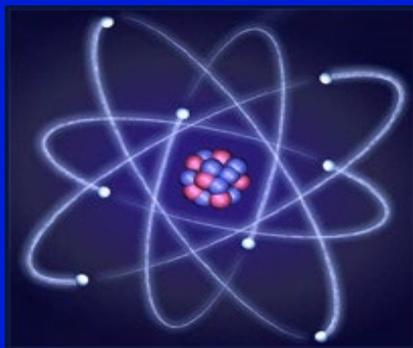
СТРОЕНИЕ АТОМА

- Атом состоит из **ядра** и окружающего его электронного "облака". Находящиеся в электронном облаке **электроны** несут **отрицательный** электрический заряд. **Протоны**, входящие в состав ядра, несут **положительный** заряд.



Строение атома

- В любом атоме число протонов в ядре равно числу электронов в электронном облаке, поэтому **атом** в целом — нейтральная частица.



- Атом может потерять один или несколько электронов или наоборот — захватить чужие электроны. В этом случае атом приобретает положительный или отрицательный заряд и называется **ИОНОМ**.

ИЗОТОПЫ И РАДИОНУКЛИДЫ

- В ядре также присутствуют нейтроны (не заряжены).
- Число протонов в ядре каждого атома конкретного химического элемента одно и то же, но количество **нейтронов** может быть **разным**.

Атомы определенного химического элемента, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, называются **ИЗОТОПАМИ** данного элемента.

- Изотоп определенного химического элемента изображается в виде символа с числом всех частиц в ядре данного изотопа:
уран – 238 (^{238}U) содержит 92 протона и 146 нейтронов,
уран – 235 содержит 92 протона и 143 нейтрона.

Всего существует 26 изотопов урана: от урана-217 до урана-243, но в природе встречаются только 3 – ^{234}U (0,0055 %), ^{235}U (0,7200 %), ^{238}U (99,2745 %).

- В природе встречаются *стабильные* и *нестабильные* изотопы.
- *Нестабильные изотопы* – это радиоактивные изотопы, ядра атомов которых подвержены **самопроизвольному превращению** в другие ядра с **испусканием различных частиц** (или процессам так называемого **радиоактивного распада**).
- Известно около **270 стабильных изотопов**, а число **нестабильных** изотопов **превышает 2000**, подавляющее большинство их получено искусственным путем в результате осуществления различных ядерных реакций.
- Число радиоактивных изотопов у многих элементов может превышать 20. Число стабильных изотопов существенно меньше. Некоторые химические элементы состоят из 1 стабильного изотопа (бериллий, фтор, натрий, алюминий, фосфор, марганец, золото). Наибольшее число стабильных изотопов обнаружено у олова - 10, железа - 4, ртути – 7.

- Ядра всех изотопов химического элемента образуют группу **«НУКЛИДОВ»**.
- Некоторые нуклиды **стабильны** и в отсутствие внешнего воздействия не претерпевают превращений.
- Большинство нуклидов **нестабильны** и превращаются в другие нуклиды.

Пример, уран – 238:

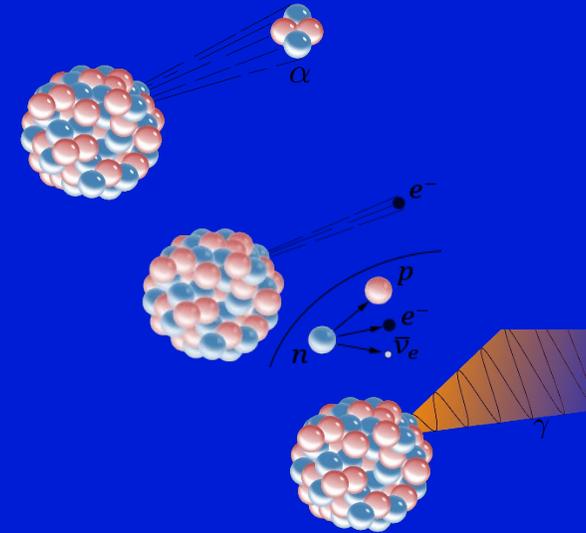
- из ядра вырываются компактная группа из 4 частиц (2 протона и 2 нейтрона), называемая альфа-частицей;
 - уран превращается в торий – 234 (90 протонов + 144 нейтрона);
 - торий нестабилен и 1 из его нейтронов превращается в протон, образуется протактиний – 234 (в ядре 91 протон и 143 нейтрона);
 - один из электронов становится неспаренным и вылетает.
 - протактиний далее распадается, что сопровождается излучением;
 - конечный этап превращений - образование стабильного нуклида свинца-206.
- Существуют различные цепочки самопроизвольных превращений (распадов).

➤ При каждом акте распада высвобождается энергия, которая передается в виде излучения. Выделяют альфа-, бета- и гамма-излучение.

- **Альфа-излучение** – это испускание ядром атома частицы, состоящей из 2-х протонов и 2-х нейтронов.

- **Бета-излучение** – испускание электрона.

- **Гамма-излучение** – испускание чистой энергии, то есть гамма-квантов. Не происходит испускания каких-либо частиц.



➤ Весь процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида называется **РАДИОАКТИВНЫМ РАСПАДОМ**, а нуклид – **РАДИОНУКЛИДОМ**.

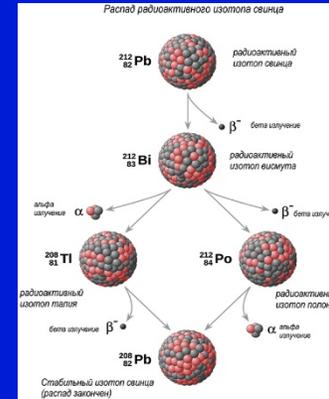
➤ Время распада у разных радионуклидов разный:

- протактиний-234 распадается моментально (**около минуты**),

- уран-238 распадается (1/2 всех атомов) до тория-234 за **4,5 млрд. лет**.

➤ Время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа называется **ПЕРИОДОМ ПОЛУРАСПАДА**.

➤ **РАДИОАКТИВНОСТЬ** - способность атомного ядра самопроизвольно распадаться с испусканием частиц (спонтанный распад атомов). Автор этого термина Мария Склодовская-Кюри.



Возраст Вселенной равен **20 млрд лет**, начало которой положил **Большой взрыв**, сопровождающийся ионизирующим излучением. На протяжении этого времени радиация постоянно наполняет космическое пространство, а радиоактивные материалы входят в состав Земли.

- Естественный **радиационный фон** Земли является одним из важнейших факторов **естественного мутагенеза**, создающего материал для действия естественного отбора, а, следовательно, и для эволюции.
- С середины прошлого века и до настоящего времени на планете наблюдается постоянное повышение фона **ИСКУССТВЕННОЙ РАДИАЦИИ** за счет искусственных источников ионизирующих излучений.
- Одна из приоритетных задач биологии - установить каким образом радиация влияет на **наследственность** биоты на всех уровнях ее организации.
- Решение этой задачи осуществляет сформировавшаяся во второй половине **XX** в. область генетики, получившая название **РАДИАЦИОННОЙ ГЕНЕТИКИ**.

- **Весь органический мир уже вовлечен в новые формы эволюции, связанные с действием повышенного фона радиации.**
- **РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА** должна ответить на следующие вопросы:
 - как будет протекать эта эволюция?
 - каким образом можно направить ее в желательное русло?
 - какие новые формы должна будет принять работа по улучшению культурных растений и сельскохозяйственных животных?
 - как сохранить генетический статус человеческого организма и ограничить радиационный канцерогенез?
 - что дает использование радиации для создания ценных форм микроорганизмов, растений и животных?
- **Изучение генетических последствий влияния ионизирующих излучений на человека – одно из важнейших направлений исследований.**

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ

- Научный комитет ООН по действию атомной радиации (**НКДАР**);
- Международная комиссия радиологической защиты (**МКРЗ**);
- Международная комиссия по радиологическим единицам и измерениям (**МКРЕ**);
- Международная организация труда (**МОТ**);
- Всемирная организация здравоохранения (**ВОЗ**);
- Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (**ФАО**);
- Международное агентство по атомной энергетике (**МАГАТЭ**);
- Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (**АЯЭ/ОЭСР**);
- Международная Ассоциация по радиационной защите.

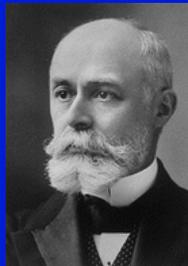
В настоящее время в каждой развитой стране имеются свои Национальные комиссии радиологической защиты (**НКРЗ**), разрабатывающие местные нормы и правила применения достижений атомной промышленности и радиационной медицины.

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ РАДИАЦИИ

- 1895 г. - **Вильгельм Конрад Рентген** описал свойства X-лучей и продемонстрировал фотографию костей руки, сделанную с помощью от крытого им излучения (рентгеновские лучи).
- 1896 г. – Французский физик **Анри Беккерель** открыл явление естественной радиоактивности. Он обнаружил, что кусок урановой руды, упакованной в черную бумагу, засвечивал фотопленку.
- 1898 г. – **Мария Склодовская-Кюри** и ее муж **Пьер Кюри** впервые обнаружили превращение урана после излучения в другие химические элементы. Один из вновь образовавшихся элементов назвали полонием, а другой - радием. Активность полония и радия в сотни раз превышает активность урана.



Вильгельм Рентген,
1845-1923), первый
лауреат Нобелевской
премии по физике



Анри Беккерель,
1852-1908), лауреат
Нобелевской премии
по физике

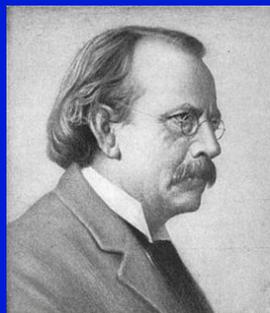


Мария Склодовская-Кюри,
1867-1934), дважды лауреат
Нобелевской премии по
физике и химии



Пьер Кюри,
1859-1906, лауреат
Нобелевской премии

- 1898 г. – **Дж.Дж. Томсон**, директор Кавендишской лаборатории в Кембридже (Англия) установил, что радиоактивное и катодное излучения имеют общую природу. Катодное излучение открыто немецким физиком Вильгельмом Рентгеном в 1895 г. и названо рентгеновским в честь автора. Так была открыта искусственная радиоактивность.
- 1908 г. - Немецкий физик **Ханс Вильгельм Гейгер** изобрел прибор для измерения уровня радиации в воздухе (счетчик Гейгера). При обнаружении радиации счетчик издает особые щелчки. Уровень радиации указывается на шкале.



Джозеф Джон Томсон, 1856-1940, Лауреат Нобелевской премии по физике

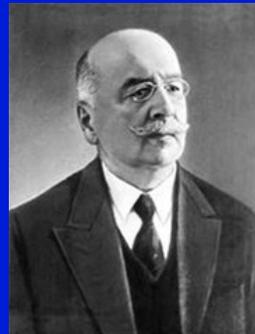


Ханс Вильгельм Гейгер, 1882-1945, немецкий физик

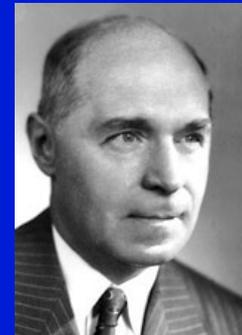


Радиометр, чувствительный элемент — счётчик Гейгера — расположен в выносном блоке на переднем плане.

- 1925 г. – Впервые советские ученые **Р.С. Филиппов** и **Р.А. Надсон**, изучая дрожжи, установили мутагенное действие рентгеновского излучения на микроорганизмы (природу воздействия радиации на живой организм).
- С начала 40-х годов в разных странах микроорганизмы стали объектом интенсивных генетических исследований.
- 1927 г. – Открытие Р.С. Филиппова и Р.А. Надсона подтвердил американский генетик **Г.Д. Меллер** на дрозофиле. Оказалось, что радиоактивное излучение оказывает сильное мутагенное воздействие на живые клетки, многократно ускоряя их спонтанные мутации.



Георгий Адамович Надсон, 1867-1939,
микробиолог, генетик, академик



Герман Джозеф Меллер, 1890-1967,
генетик, лауреат Нобелевской премии

Спасибо за внимание!

