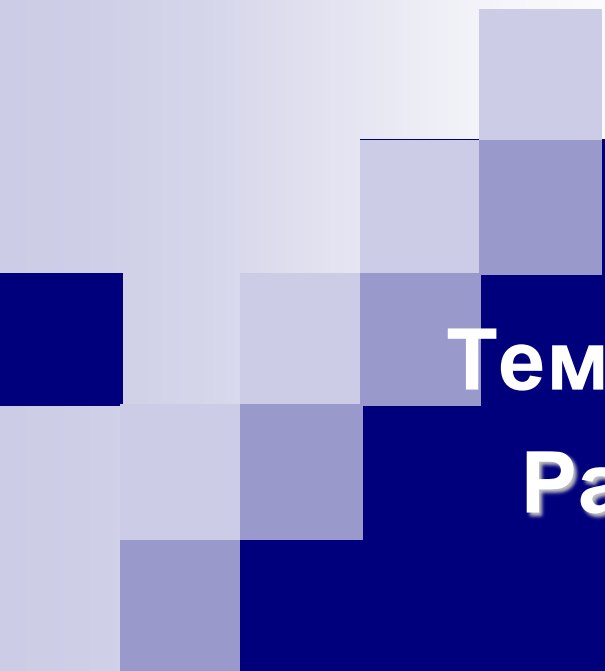




Тема: Рентгеновское излучение. Радиоактивность. Элементы дозиметрии.

лекция № 10

для студентов 1 курса, обучающихся по специальности
31.05.02 - Педиатрия

К.п.н., доцент Шилина Н.Г.
Красноярск, 2019



Цель лекции:

Ознакомить обучающихся с:

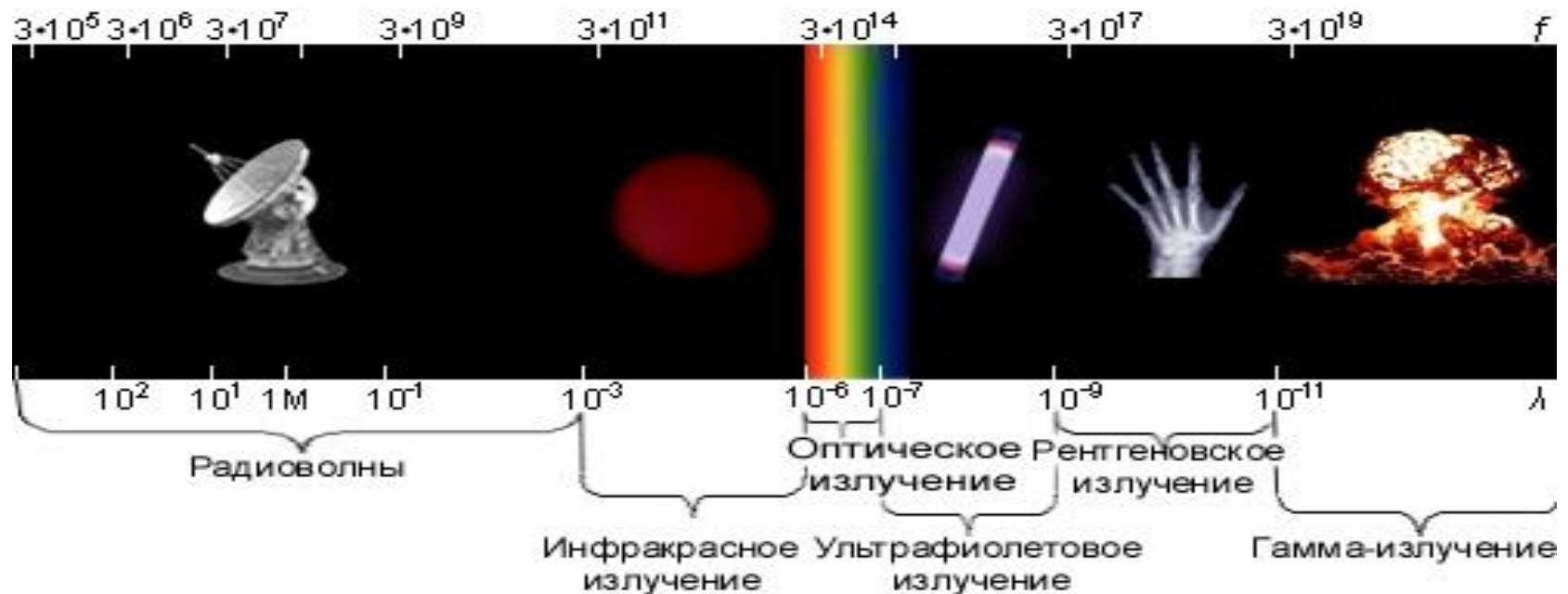
- понятием рентгеновского излучения и способами его получения
- понятием радиоактивности, видами радиоактивности;
- основами дозиметрии ионизирующего излучения
- способами защиты от проникающей радиации



План лекции:

1. Виды рентгеновского излучения и способы его получения.
2. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.
3. Применение рентгеновского излучения в медицине.
4. Радиоактивность. Виды радиоактивности.
5. Элементы дозиметрии.

Рентгеновское излучение - электромагнитные волны с длиной от 80 до 10^{-5} нм.

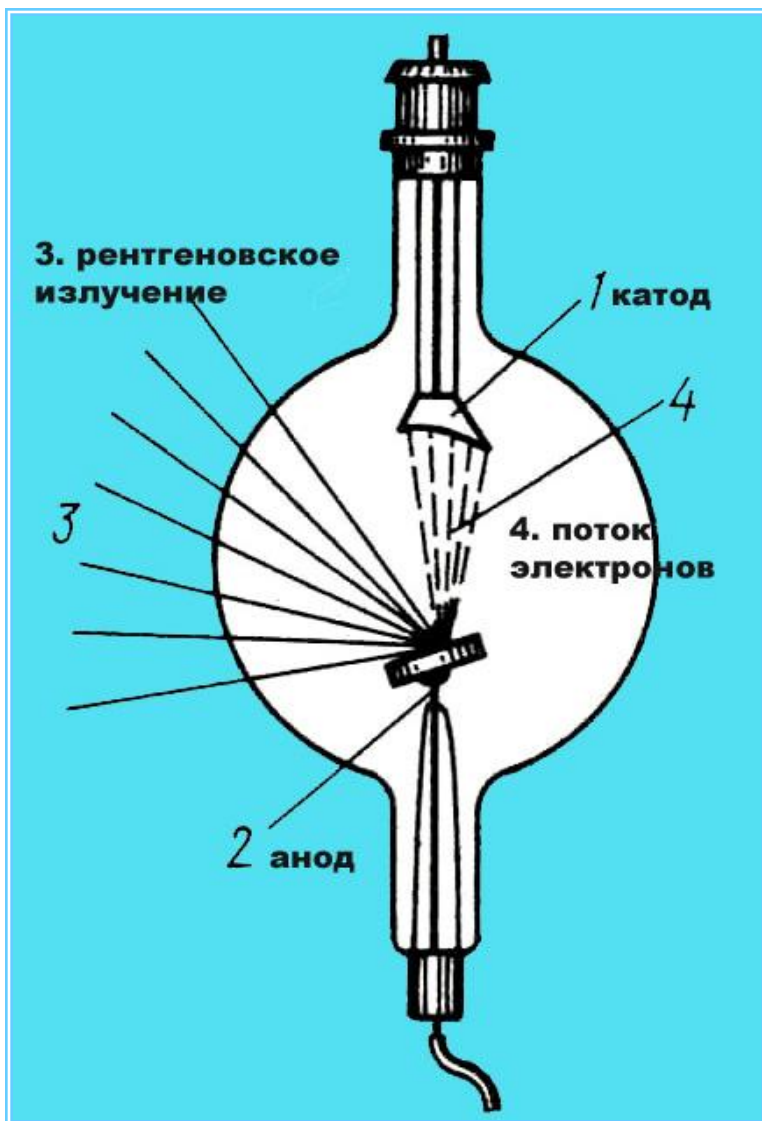


Первый в истории рентгеновский снимок



Был сделан в 1895 г.
К. Рентгеном.

Рентгеновская трубка

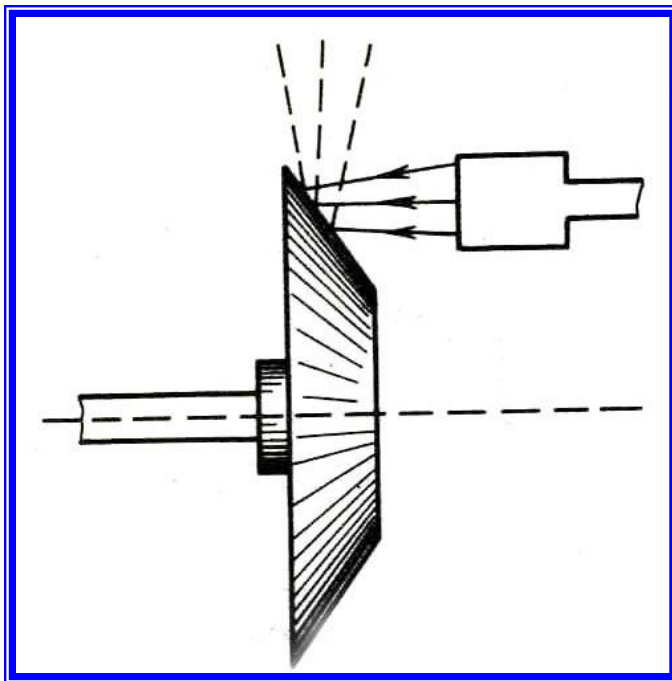


РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ТОРМОЗНОЕ

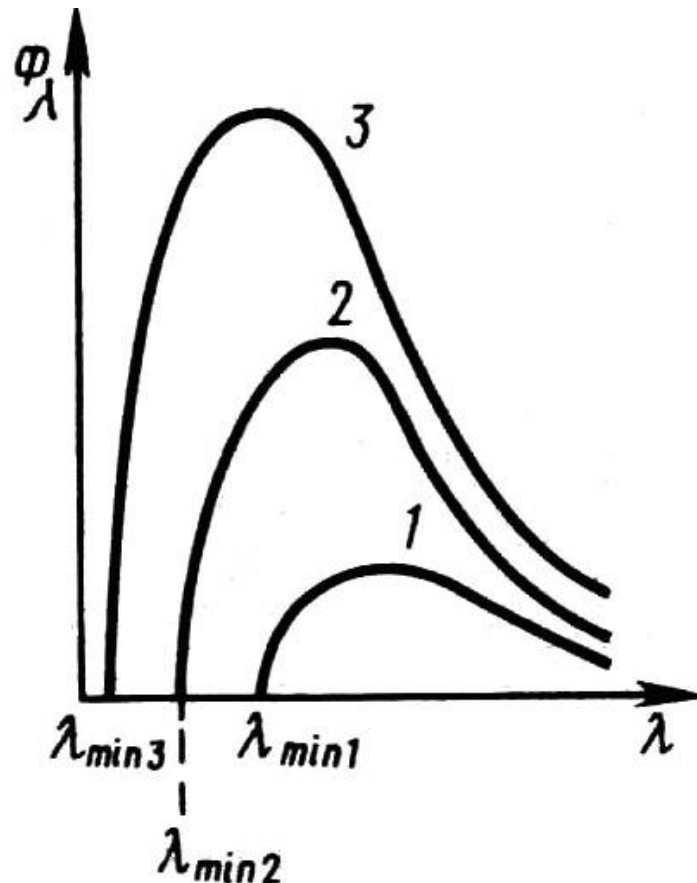
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ

Вращающийся анод



В рентгеновское излучение превращается примерно 5%, остальная энергия выделяется в виде тепла. Поэтому анод изготавливается из тугоплавкого материала.

Спектр тормозного рентгеновского излучения ($U_1 < U_2 < U_3$)



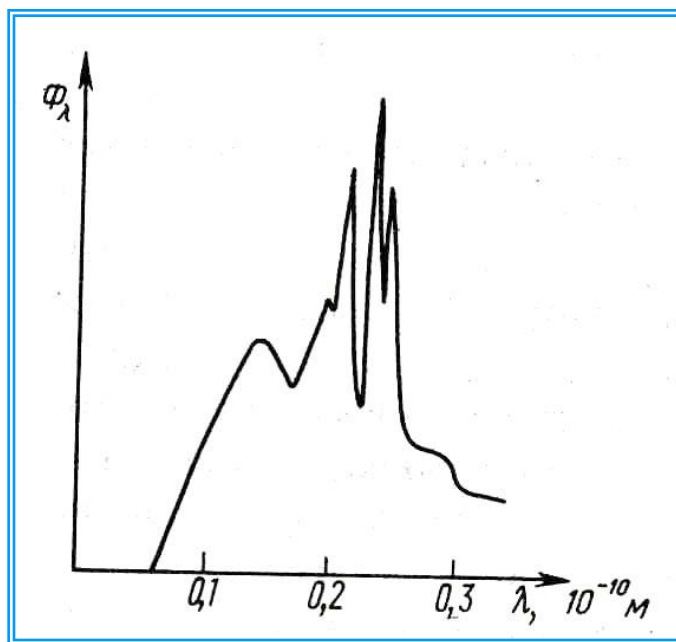
$$eU = h \cdot \nu_{\max} = hc / \lambda_{\min};$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU} \quad \lambda_{\min} = \frac{12,3}{U}$$

**$\Phi = kIU^2Z$ – поток
рентгеновского
излучения
 $k=10^{-9} \text{ В}^{-1}$**

Спектр характеристического рентгеновского излучения

$$\sqrt{\nu} = A(Z - B)$$



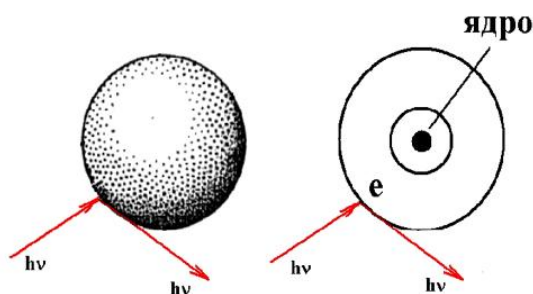
Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

Когерентное
рассеяние

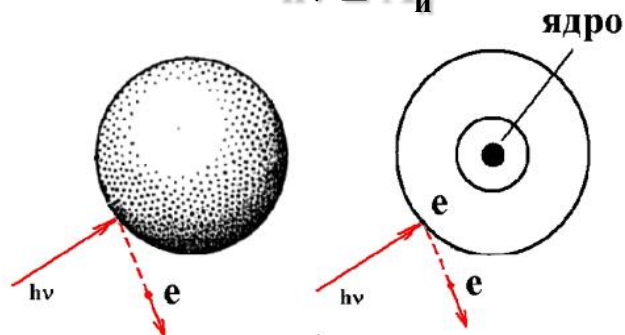
Фотоэффект

Некогерентное
рассеяние

$$h\nu < A_{\text{и}}$$



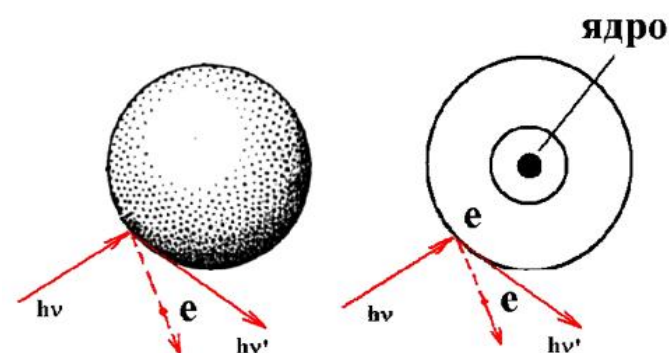
$$h\nu \geq A_{\text{и}}$$



$$h\nu = A_{\text{в}} + E_{\text{к}}$$

– уравнение
Эйнштейна

$$h\nu \gg A_{\text{и}}$$



$$h\nu = A_{\text{в}} + E_{\text{к}} + h\nu'$$

– уравнение
Комптона

Закон ослабления рентгеновского излучения

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\mu x}$$

μ —

Линейный коэффициент ослабления

$$\mu = \mu_k + \mu_{нк} + \mu_\phi$$

Линейный коэффициент ослабления

μ_m —

Массовый коэффициент ослабления

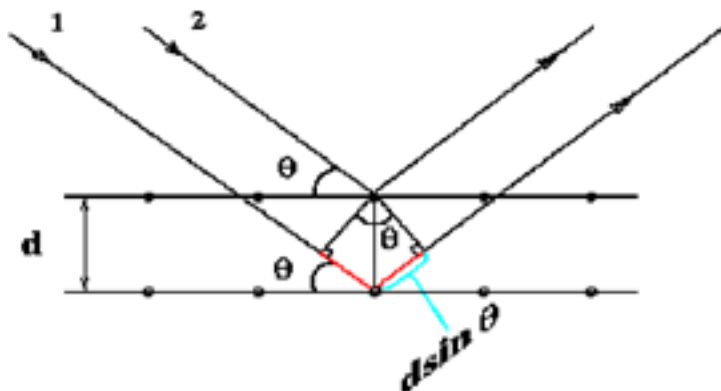
$$\mu_m = \mu / \rho$$

Не зависит от плотности вещества

$$\mu_{m \text{ кости}} / \mu_{m \text{ воды}} = 68$$

Дифракция рентгеновских лучей

Формула Вульфа-Брэггов:



$$2d\sin\theta = k\lambda$$

где d — межплоскостное расстояние в кристалле,

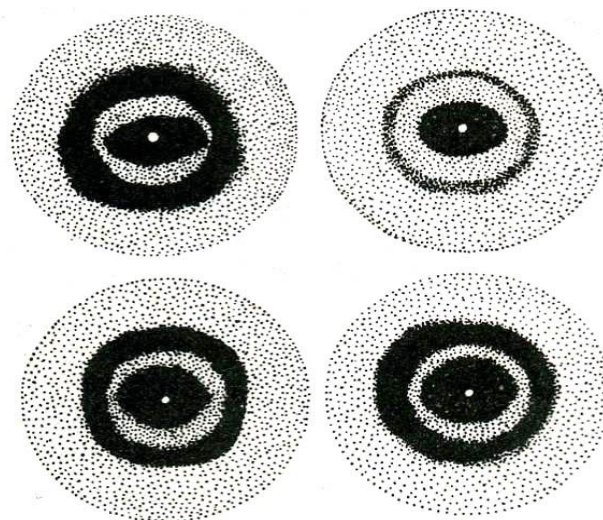
θ — угол между плоскостью кристалла и падающим рентгеновским лучом (угол скольжения),

λ — длина волны рентгеновского излучения.

Рентгеноструктурный анализ

метод определения структуры вещества по исследованию закономерностей дифракции рентгеновского излучения на изучаемых образцах.

Рентгенограмма белков



Рентгенодиагностика (до 120 кэВ)

Рентгенография

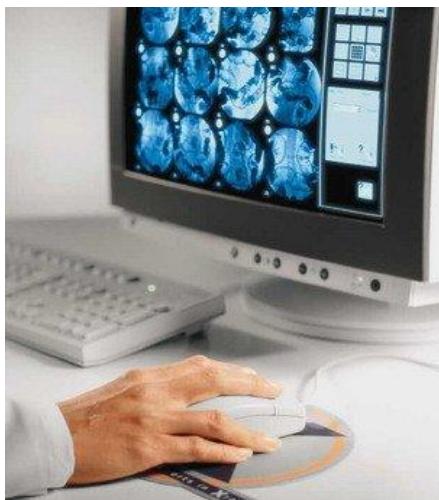
Изображение на фотопленке

Рентгеноскопия

Изображение на
рентгенолюминесцирующем
экране

Рентгенотерапия
150-200 кэВ

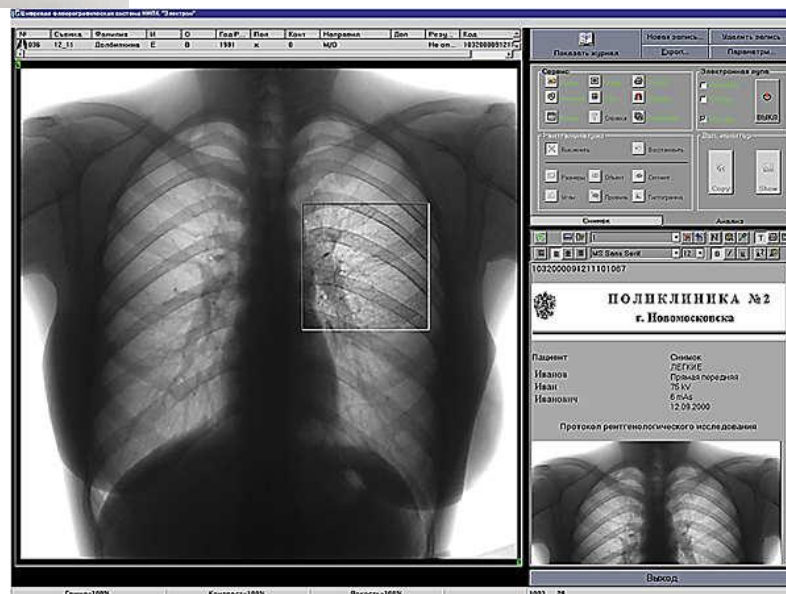
Цифровая рентгенография



Аппарат для цифровой рентгенографии

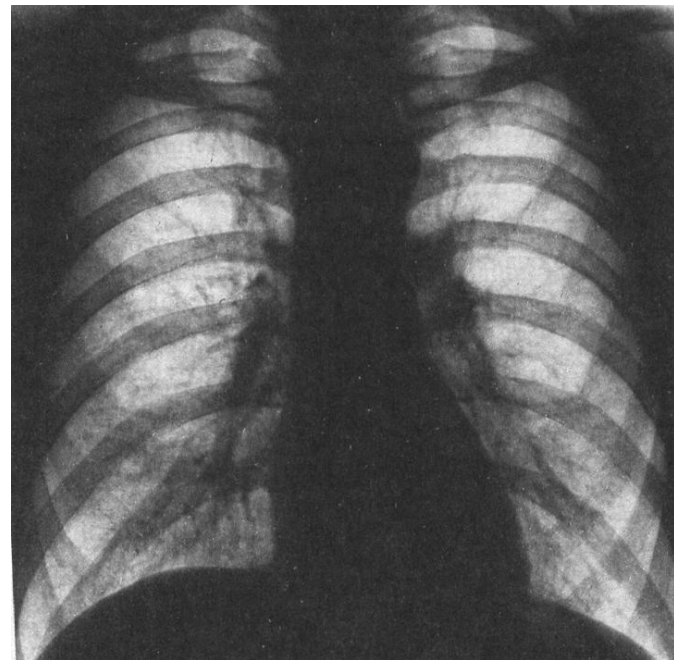


Рентгенограмма челюсти



Цифровая рентгенограмма

Флюорография



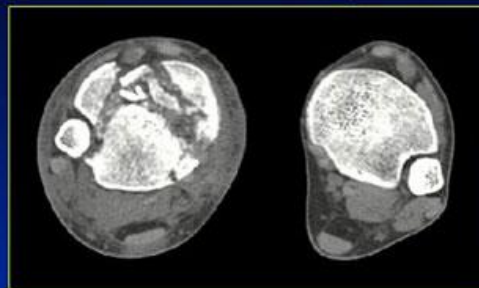
Рентгеноскопия, рентгенография



Рентгеновская томография – послойное изображение органов и тканей

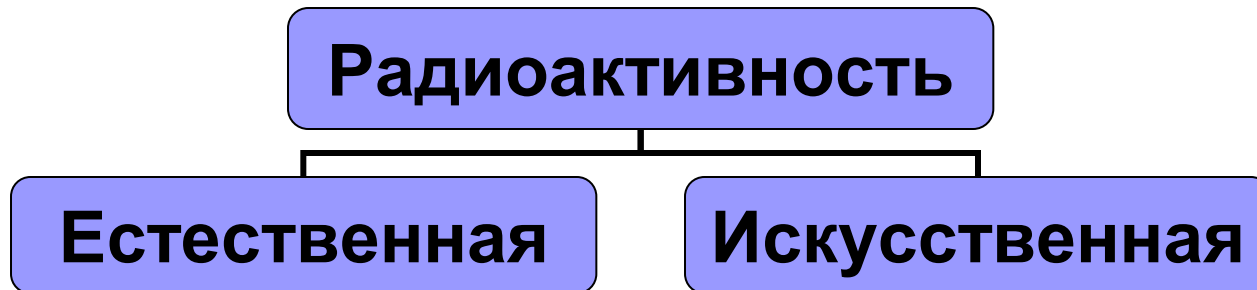


КТ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА (перелом большеберцовой и малоберцовой костей)



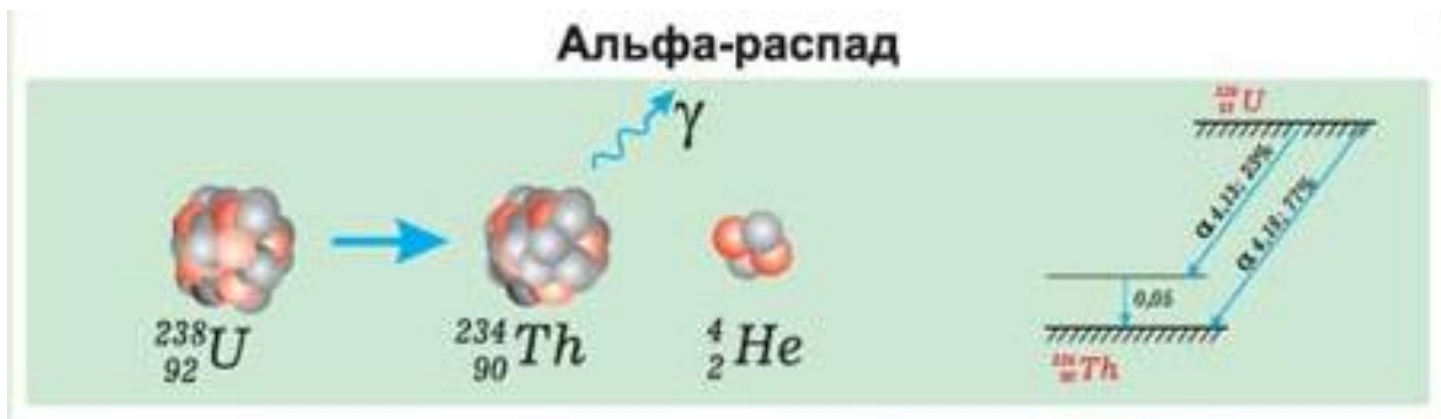
Радиоактивность

— это самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер и элементарных частиц



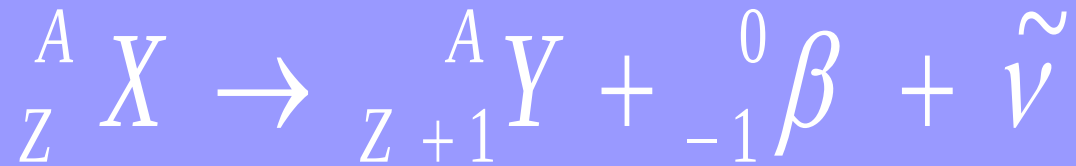
Виды радиоактивного распада:

■ Альфа – распад



Бета – распад

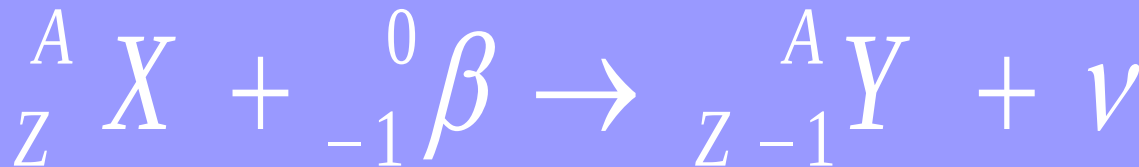
а) отрицательный



б) положительный

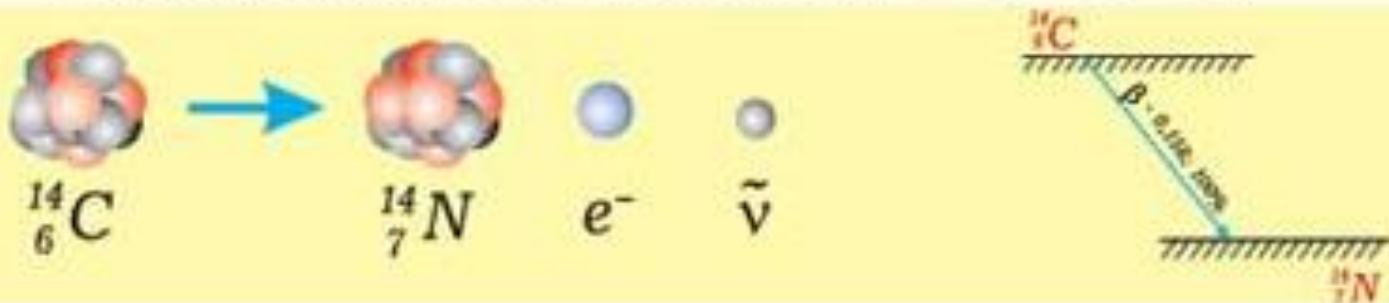


в) е – захват

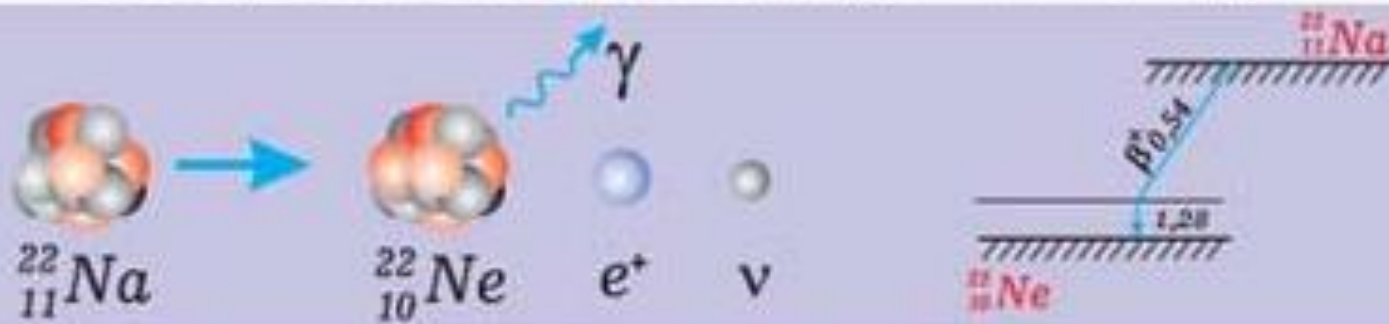


Бета – распад

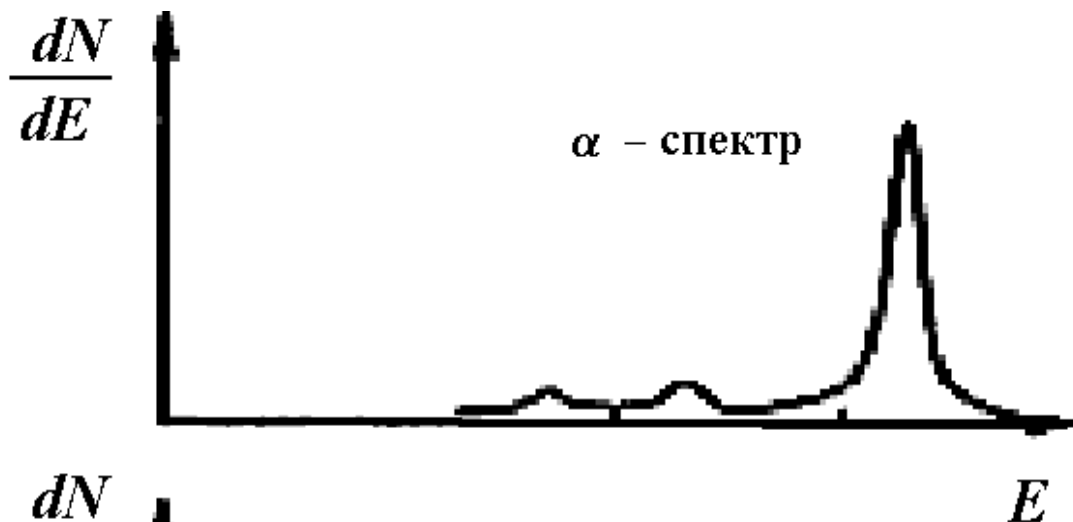
Электронный бета-распад ($n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$)



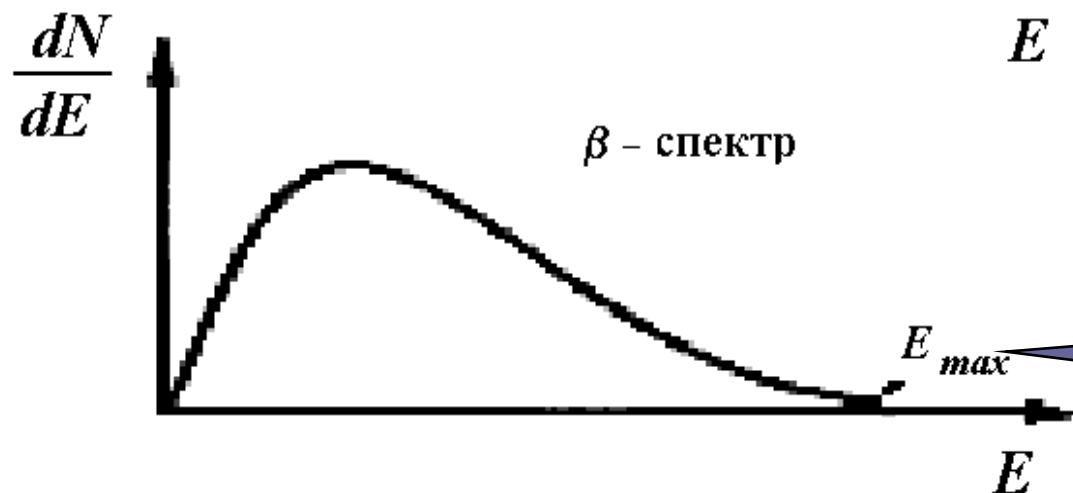
Позитронный бета-распад ($p \rightarrow n + e^+ + \nu$)



Спектры альфа и бета распада



ДИСКРЕТНЫЙ



СПЛОШНОЙ

ОСНОВНОЙ ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Радиоактивный распад – статистическое явление.

$$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt;$$

N - общее число
радиоактивных ядер

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

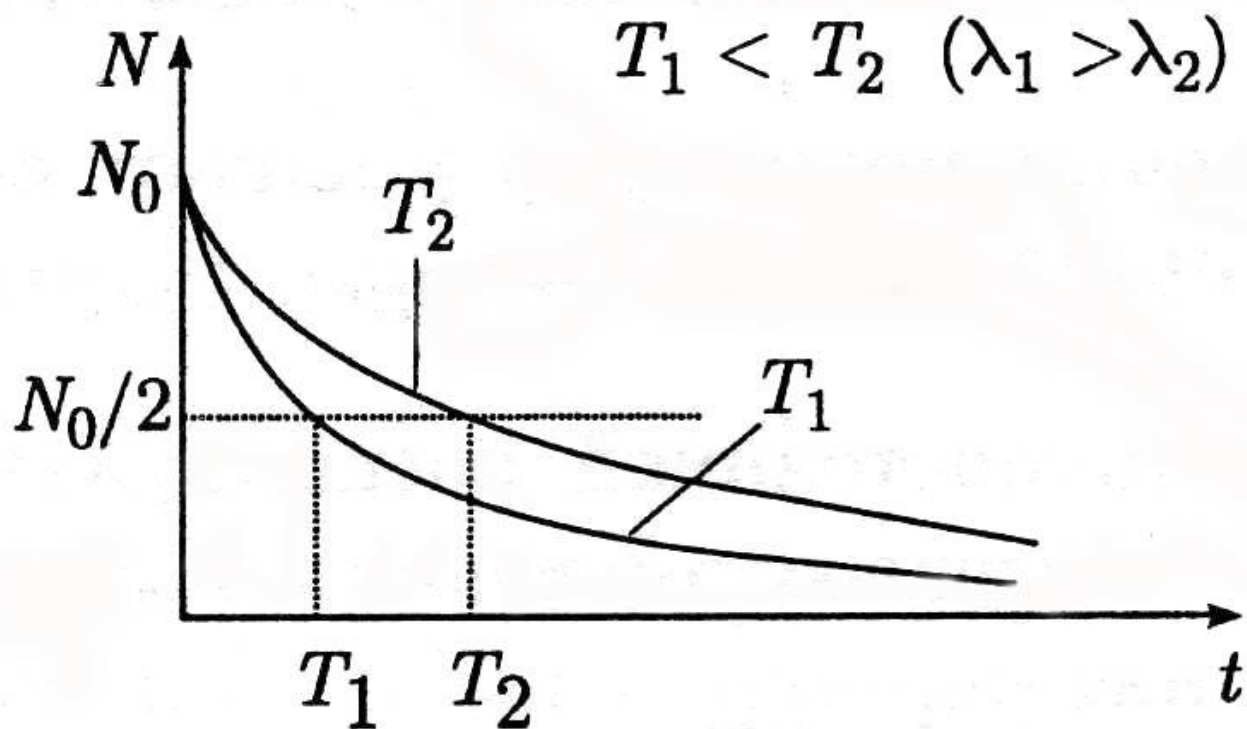
ОСНОВНОЙ ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Число **нераспавшихся** радиоактивных ядер убывает со временем по экспоненциальному закону

λ - постоянная распада

График закона радиоактивного распада



$$T = \ln 2 / \lambda = 0,69 / \lambda$$

T – период полураспада

АКТИВНОСТЬ

характеризует скорость распада.

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \frac{N}{T} \ln 2$$

[A] = беккерель (Бк) = 1 распад/секунду

[A] = кюри (Ки)

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$$

[A] = резерфорд (Рд); $1 \text{ Рд} = 10^6 \text{ Бк}$



ПЕРВИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ:

1. Ионизация и возбуждение
2. Увеличение скорости молекулярно-кинетического движения
3. Характеристическое рентгеновское излучение
4. Радиолюминесценция
5. Химические процессы.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Количественные оценки взаимодействия

Линейная плотность
ионизации

Линейная тормозная
способность

Средний линейный
пробег

Линейная плотность ионизации

- это отношение ионов одного знака, dn образованных заряженной ионизирующей частицей на элементарном пути dL , к длине этого пути. $I = dn/dL$

Линейная тормозная способность

- это отношение энергии dE , теряемой заряженной ионизирующей частицей при прохождении элементарного пути dL , к длине этого пути. $S = dE/dL$

Средний линейный пробег

- это расстояние, которое ионизирующая частица проходит в веществе без столкновения. ***R***

Взаимодействие с веществом

Характеристики	<i>α- излучение</i>	<i>β- излучение</i>
Скорость, см/с	$2 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{10}$
Энергия, МэВ	7	0,01 — 3
Пробег (воздух)	2 — 9 см	10 — 1000 см
Пробег (ткань)	0,01 см	1 — 1,5 см
Плотность ионизации (пар ионов/см)	$50 \cdot 10^3$	40-50

Элементы дозиметрии

- Доза излучения (поглощенная доза) – отношение энергии, переданной веществу, к его массе.

$$D = \frac{E}{m}$$

$$[D] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 1 \text{ Грей (Гр)}$$

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$$

$$\left[\frac{D}{t} \right] = \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

Элементы дозиметрии

- **Экспозиционная доза X** – мера ионизации воздуха рентгеновским или гамма-излучением

$$[X] = \frac{Kл}{кг}$$

$$\left[\frac{X}{t} \right] = \frac{A}{кг}$$

1 рентген – экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой в результате полной ионизации 1см^3 сухого воздуха при н.у. образуются ионы, несущие заряд, равный 1 ед.СГС каждого знака.

$$1Р = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}; \quad D = fX$$

Эквивалентная доза

Позволяет сравнивать биологические эффекты, вызванные различными радиоактивными излучениями

К – коэффициент качества (ОБЭ)

показывает во сколько раз эффективность биологического действия данного вида излучения больше, чем рентгеновского или гамма-излучения.

$$H = KD [H] = \text{Зиверт (Зв)} \quad 1\text{бэр} = 0,01 \text{ Зв}$$

Единицы измерения мощности доз:

$$\frac{Гр}{с}; \frac{Рад}{с};$$

$$\frac{А}{с}; \frac{Р}{с}; \frac{Зв}{с}; \frac{Бэр}{с}$$

ДЗ составляет **5 Бэр в год**

Минимальная летальная доза
гамма-излучения **600 Бэр**

ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ

$$P = \frac{\kappa_{\gamma} A}{R^2}$$

где P – мощность дозы;

A – активность препарата;

R – расстояние от источника излучения
до места воздействия;

κ_{γ} – постоянная радиоактивного изотопа.

Защита от излучения

1) временем

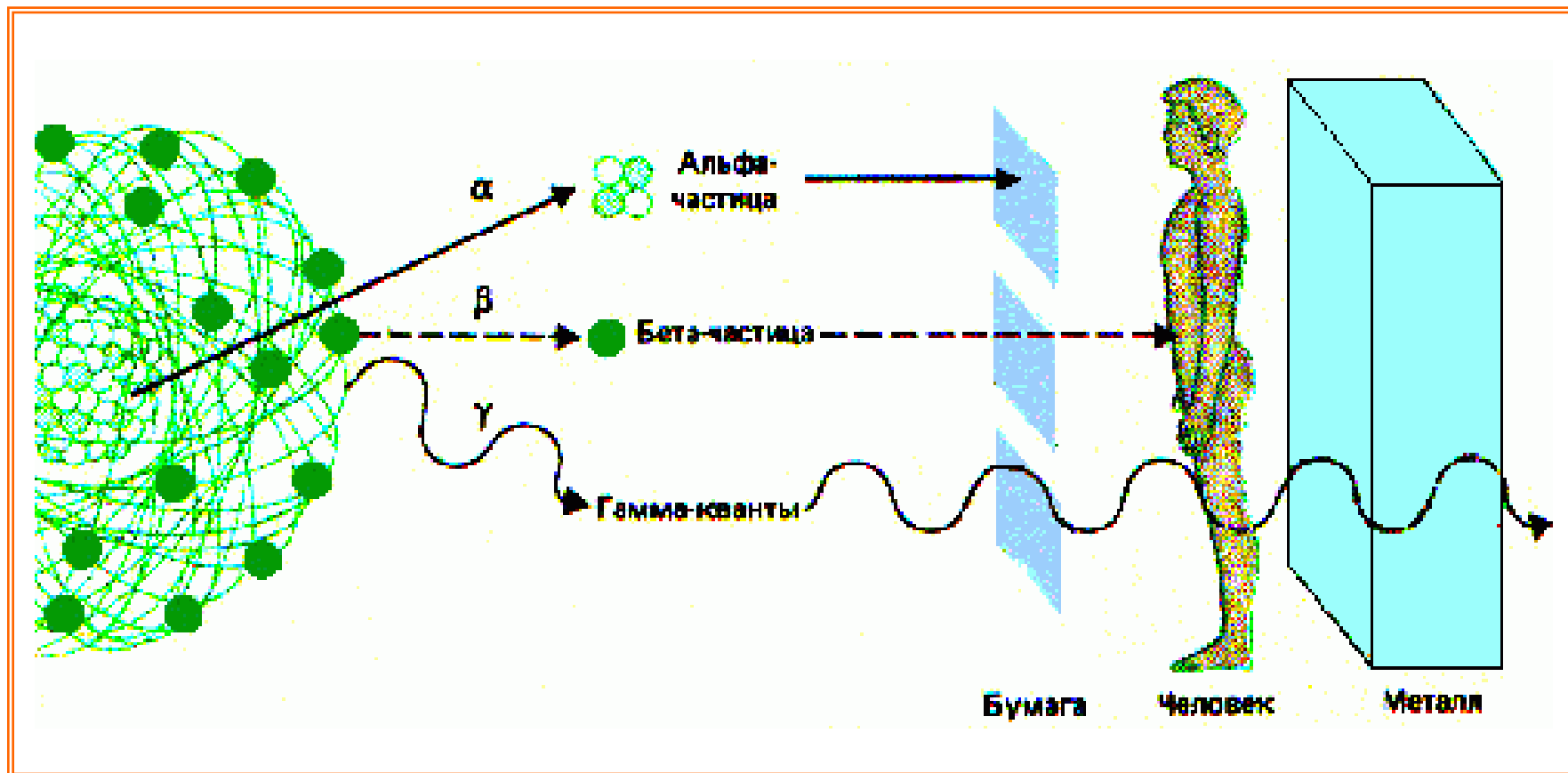
2) расстоянием

Для минимизации поражающего действия необходимо находиться, как можно дальше от источника излучения и по возможности меньшее время. Если это невыполнимо, то необходима защита

3) материалом

(бетон толщиной 1-2 м, свинец 1-2 см)
в рентгеновских кабинетах часто используют резиновый просвинцованный фартук.

Проникающая способность



Зависимость коэффициента качества от вида радиоактивного излучения

Вид излучения	К
Рентгеновское, γ – , β – излучения	1
Тепловые нейтроны (до 0,01эВ)	3
Нейтроны (5 МэВ)	7
Нейтроны (0,5 МэВ), протоны	10
α – излучение	20

Естественные источники радиации



Дозиметрические приборы

радиометр — прибор для измерения активности или концентрации радиоактивных изотопов.



Рентгенометр

рентгенометр — прибор для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения; детектором является ионизационная камера; заряд, протекающий в цепи камеры, пропорционален экспозиционной дозе, а сила тока — ее мощности.





Заключение:

В лекции рассмотрены:

- понятие рентгеновского излучения и способы его получения
- взаимодействие рентгеновского излучения с веществом
- виды радиоактивности
- основы дозиметрии ионизирующего излучения
- способы защиты от проникающей радиации



Тест-контроль

Рентгеновское излучение – это:

1. электромагнитная волна
2. поток электронов
3. поток протонов

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Обязательная:

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник. -М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.-

Дополнительная:

1. Федорова В.Н., Е. В. Фаустов. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии: учебное пособие. -М.:ГЭОТАР-Медиа,2010 .-
2. Антонов В.Ф., А. М. Черныш, Е. К. Козлова [и др.] Физика и биофизика. Курс лекций: учебное пособие.-М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.-
3. Ремизов А.Н., Максина А.Г. Сборник задач по медицинской и биологической физике: учеб. пособие для вузов. М. : Дрофа, 2010.
4. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике для самост. работы студентов /сост. О.Д. Барцева и др. Красноярск: Литера-принт, 2009.-
5. Сборник задач по медицинской и биологической физике: учебное пособие для самост. работы студентов / сост. О.П.Квашнина и др. -Красноярск: тип.КрасГМА, 2007.-
6. Физика. Физические методы исследования в биологии и медицине: метод. указания к внеаудит. работе студентов по спец. – педиатрия / сост. О.П.Квашнина и др. -Красноярск: тип.КрасГМУ, 2009.-

Электронные ресурсы:

1. ЭБС КрасГМУ
2. Ресурсы интернет
3. Эдельман Е.Д. Физика с элементами биофизики. [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970425244.html>



Красноярский
Государственный
Медицинский
Университет
им. проф.
В.Ф.Войно-Ясенецкого



**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ**