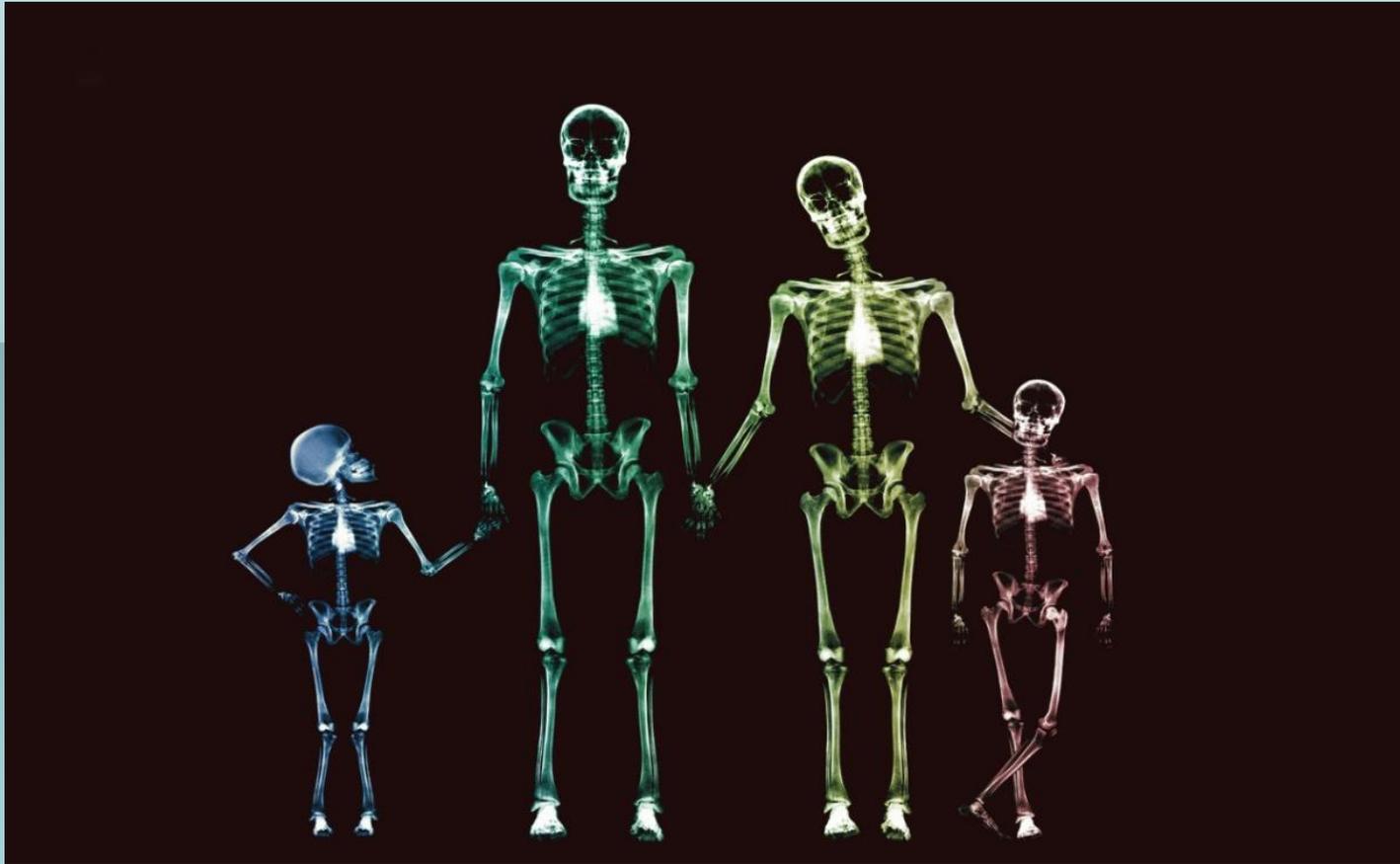


РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ



*Выполнил: старший преподаватель
кафедры математики
Ромашкина Е.П.*

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ПЛАН:

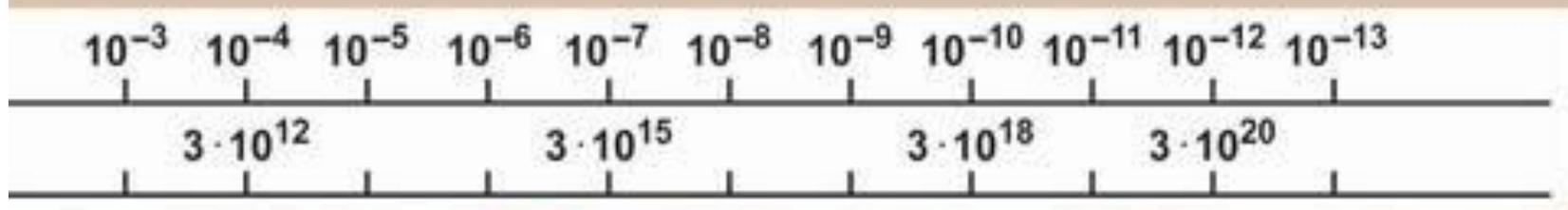
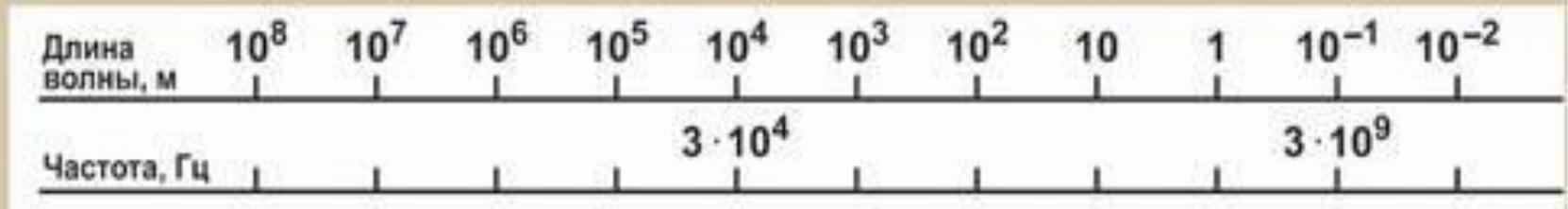
1. Общая характеристика рентгеновского излучения.
2. Устройство рентгеновской трубки.
3. Тормозное рентгеновское излучение.
4. Характеристическое рентгеновское излучение.
5. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.
6. Применение рентгеновского излучения в медицине.

Рентгеновское излучение –

это электромагнитное ионизирующее излучение, занимающее спектральную область между гамма- и ультрафиолетовым излучением в пределах длин волн \AA от 10^{-4} до 10^3 (от 10^{-12} до 10^{-5} см).

$$1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{ м}$$

ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН





*Вильгельм Конрад
Рентген*

(27 марта 1845 — 10 февраля 1923)



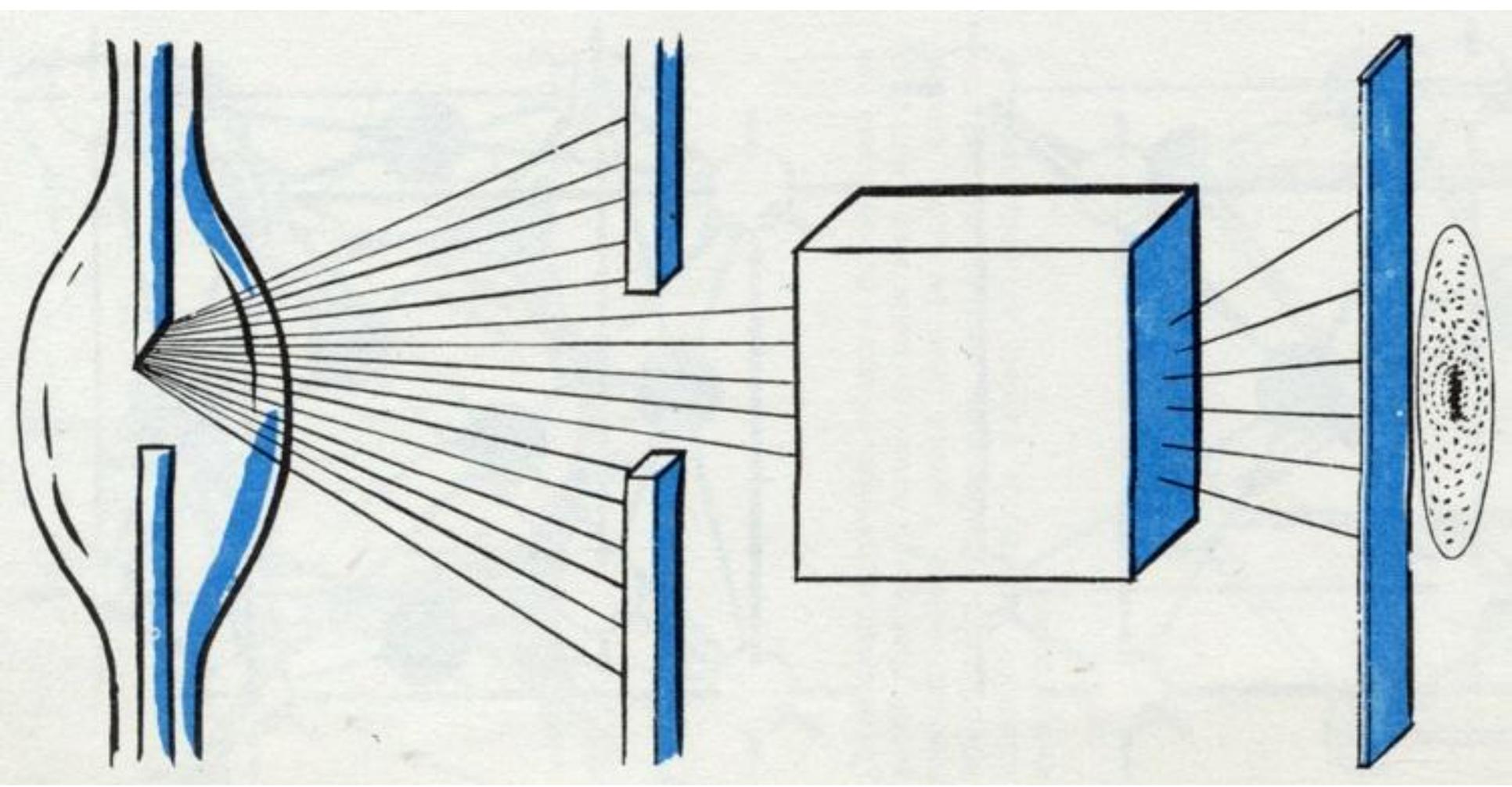
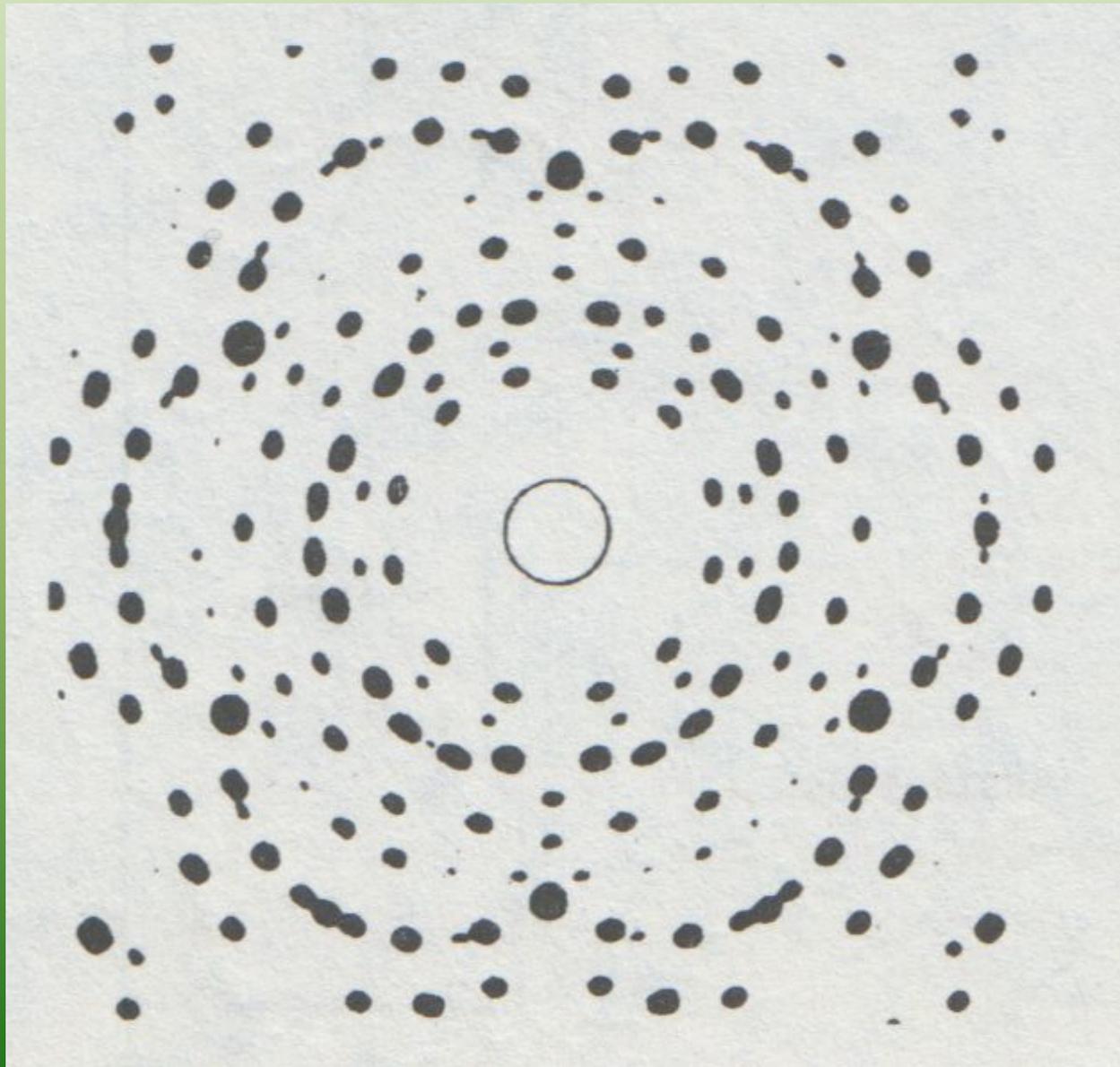


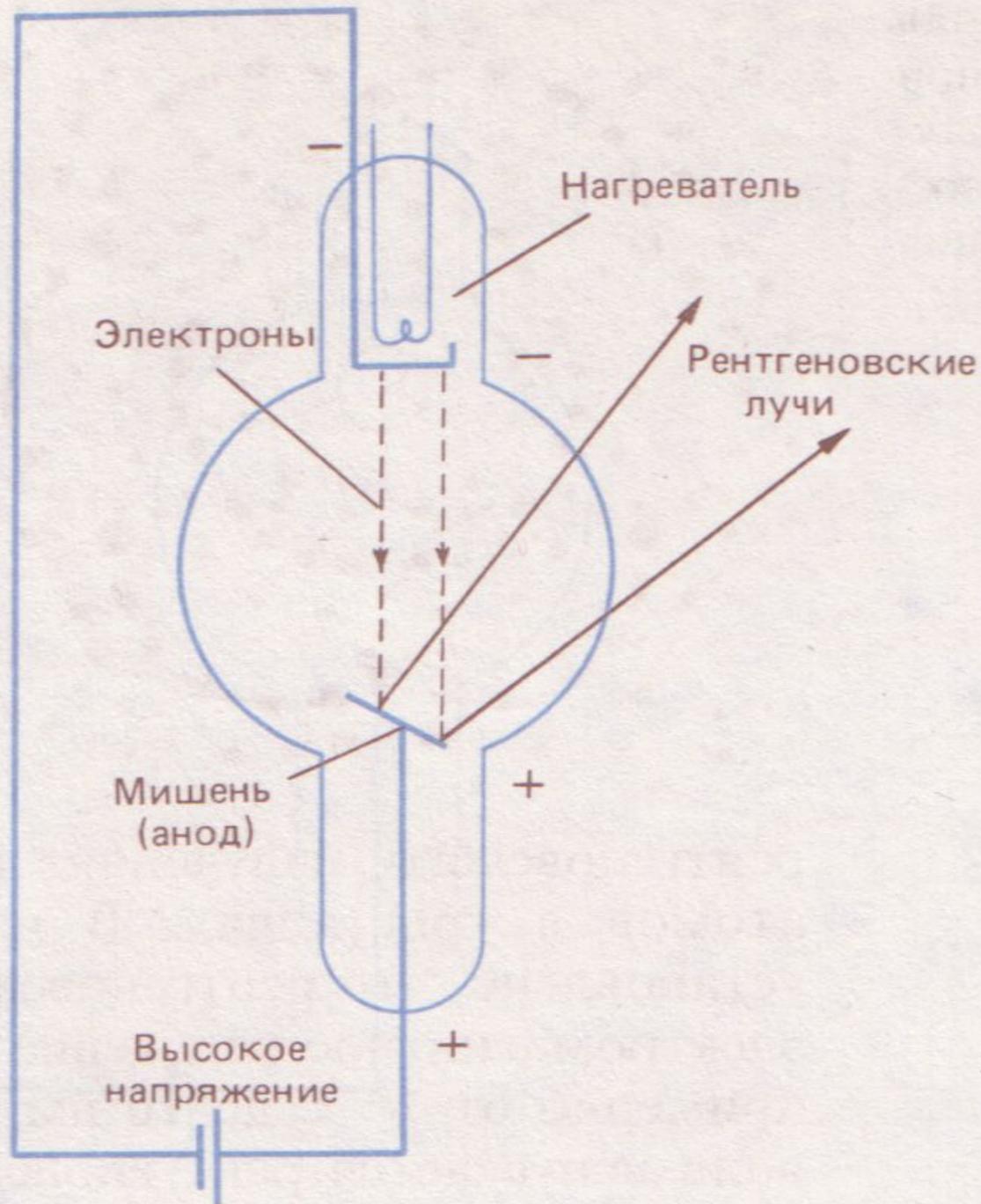
Схема опыта Лауэ

(дифракция рентгеновских лучей на кристалле)

Лауэграмма монокристалла берилла



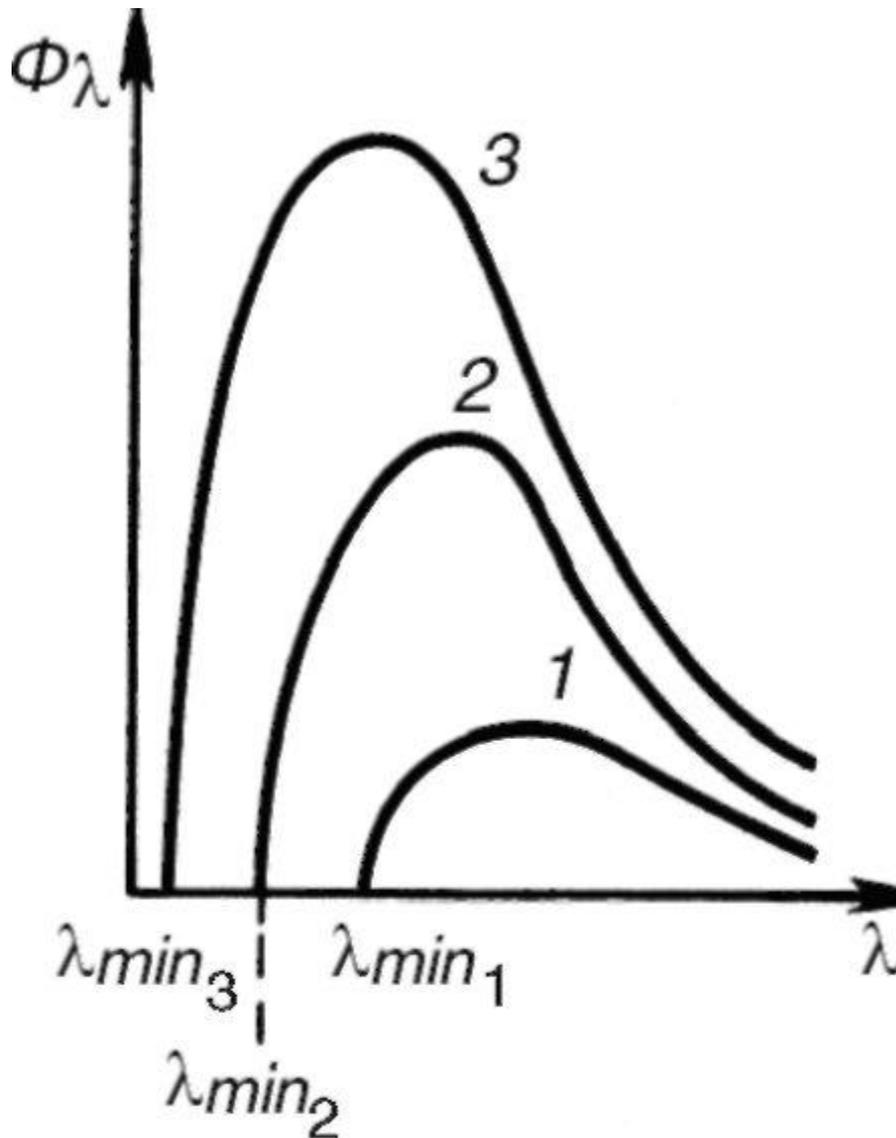
Устройство рентгеновской трубки



Тормозное рентгеновское излучение возникает при торможении электронов, движущихся с большой скоростью, электрическими полями атомов анода.

Условия торможения отдельных электронов не одинаковы. В результате в энергию рентгеновского излучения переходят различные части их кинетической энергии.

Спектры тормозного рентгеновского излучения при разных напряжениях на трубке



$$U_3 > U_2 > U_1$$

Со стороны коротких волн спектр ограничен длиной волны λ_{\min} .

Такое наиболее коротковолновое излучение возникает, когда электрон отдает всю свою кинетическую энергию одному фотону в одно соударение.

Энергия фотона: $E_{\phi} = h \cdot \nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$

Энергия электрона: $E_e = e \cdot U$,

где e – заряд электрона, $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

h – постоянная Планка, $h \approx 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

c – скорость света в вакууме, $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Кинетическая энергия электрона
полностью переходит в энергию кванта:

$$E_e = E_{\phi}$$

$$e \cdot U = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

Минимальная длина волны в спектре:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$$

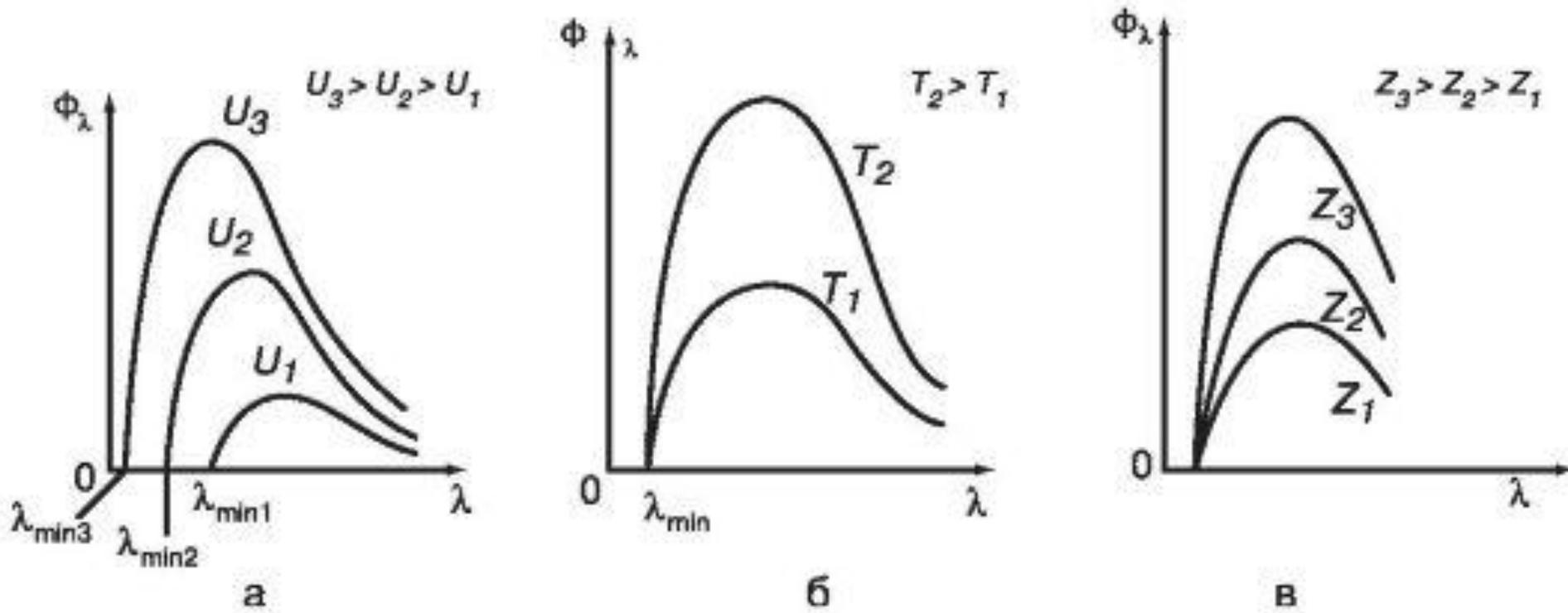
Минимальная длина волны в спектре:

$$\lambda_{\min} \approx \frac{12,3}{U},$$

$$[\lambda_{\min}] = [\overset{\boxtimes}{\text{Å}}]$$

$$1 \overset{\boxtimes}{\text{Å}} = 10^{-10} \text{ м}$$

$$[U] = [\kappa B]$$



Спектры тормозного рентгеновского излучения (Φ_λ):

а - при различном напряжении U в трубке;

б - при различной температуре T катода;

в - при различных веществах анода, отличающихся атомным номером Z

Мощность рентгеновского излучения

$$\Phi = k \cdot I \cdot Z \cdot U^2,$$

где U и I – напряжение и сила тока в рентгеновской трубке,

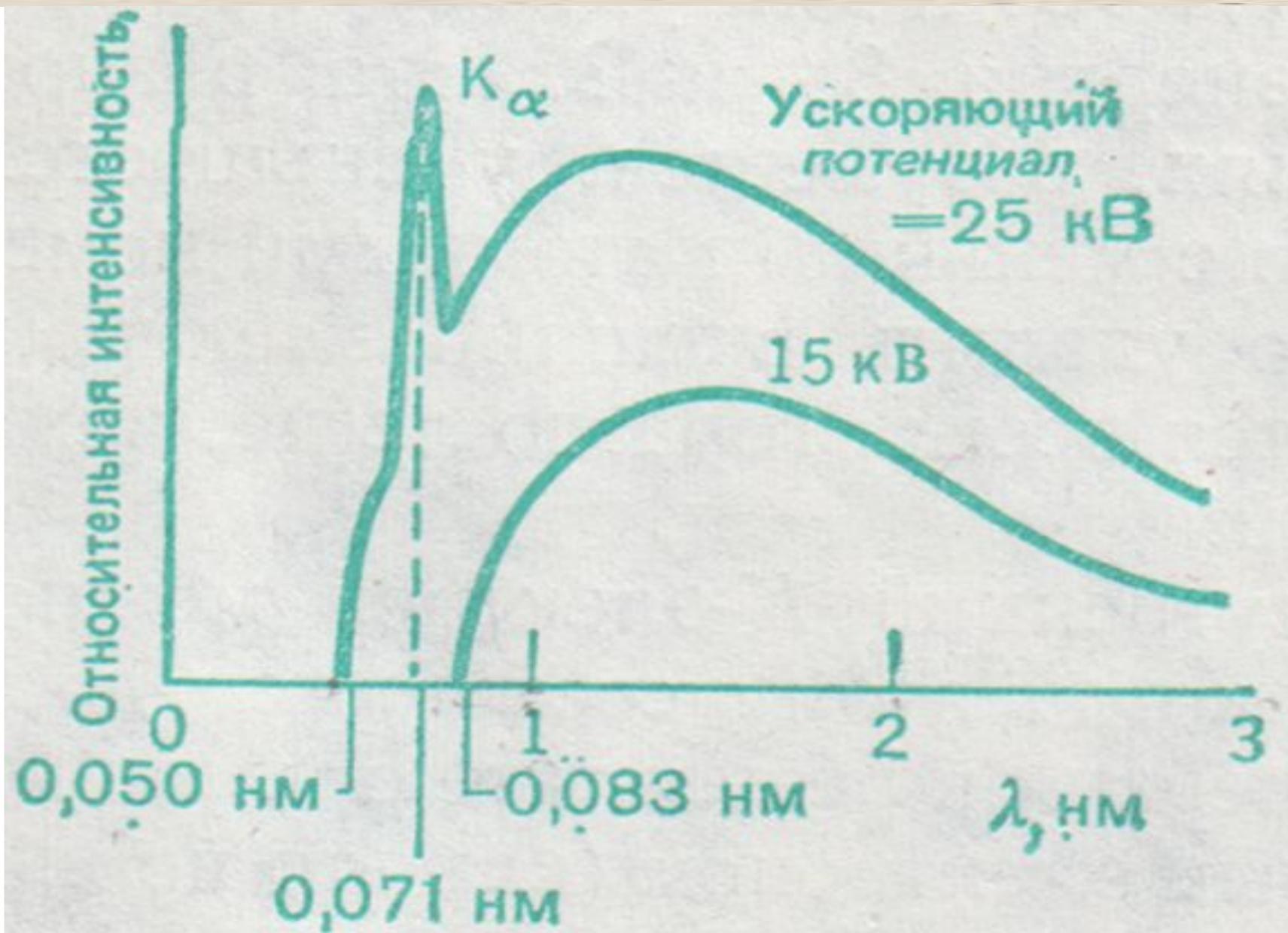
Z – порядковый номер вещества анода,

k – коэффициент пропорциональности,

$$k \approx 10^{-9} \text{ В}^{-1}$$

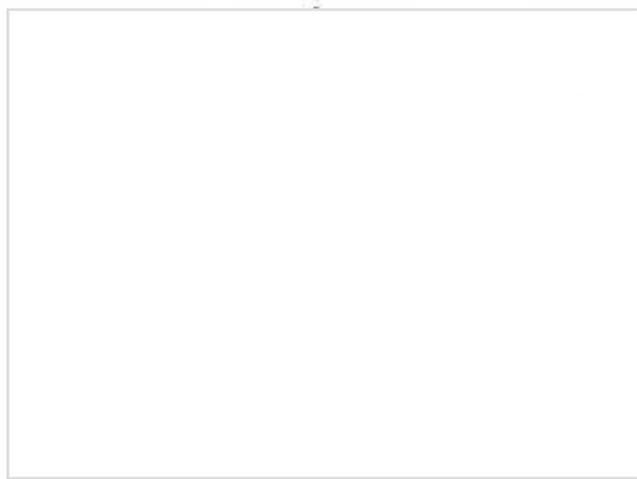
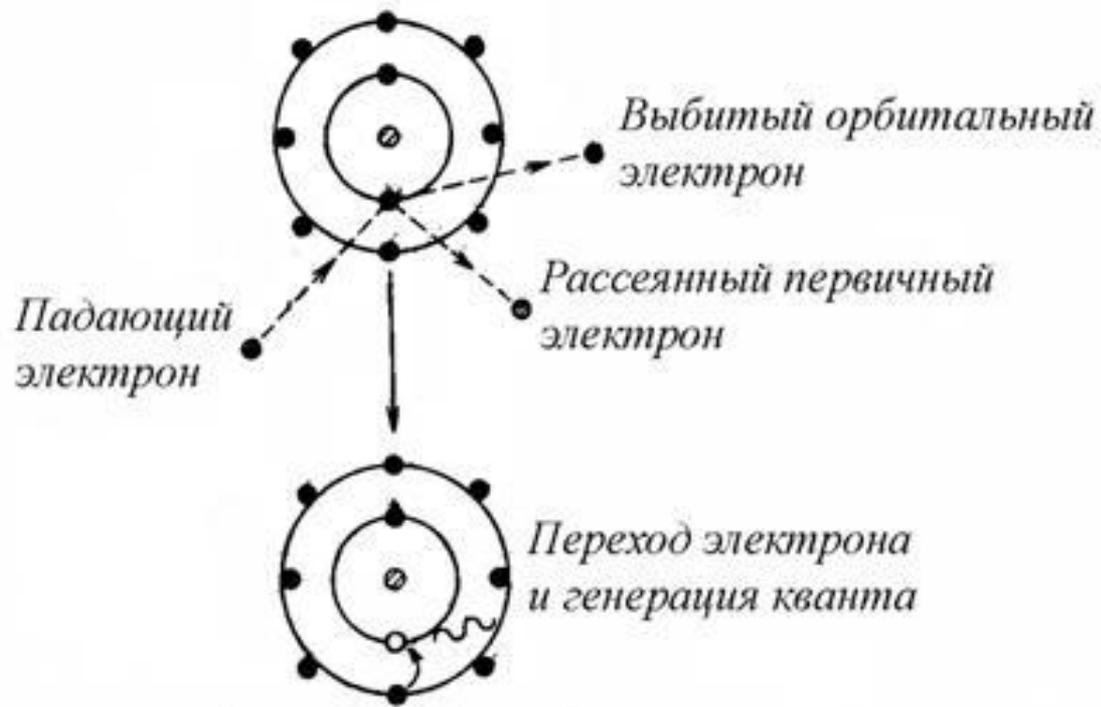


Спектр характеристического рентгеновского излучения



Характеристическое рентгеновское излучение образуются при выбивании электрона одного из внутренних слоёв атома вещества анода с последующим переходом на освободившуюся орбиту электрона с какого-либо внешнего слоя.

Схема процесса генерации характеристического рентгеновского излучения



Основные первичные процессы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом

1. Когерентное рассеяние
2. Фотоэффект
3. Некогерентное рассеяние (эффект Комптона)

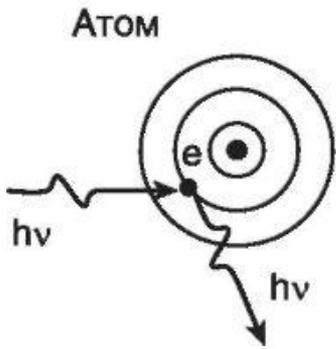


Схема когерентного рассеяния

Когерентное рассеяние происходит, когда энергия рентгеновского фотона $h\nu$ недостаточна для внутренней ионизации атома.

При этом изменяется направление движения фотона, а его энергия и длина волны не изменяются.

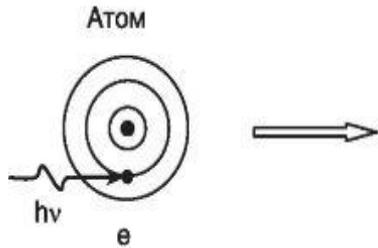


Схема фотоэффекта

Фотоэффект возникает, когда энергия фотона $h\nu$ достаточна для ионизации атома: $h\nu > A_u$

При этом рентгеновский квант поглощается, а его энергия расходуется на ионизацию атома и сообщение кинетической энергии выбитому электрону $E_k = h\nu - A_u$

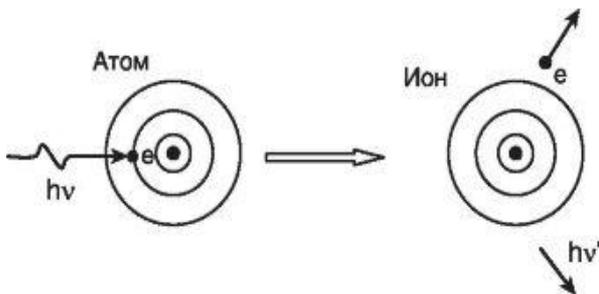


Схема некогерентного рассеяния

Некогерентное (комptonовское) рассеяние происходит, когда энергия фотона намного больше энергии внутренней ионизации A_u : $h\nu \gg A_u$

При этом электрон отрывается от атома и приобретает кинетическую энергию E_k . Направление движения фотона изменяется, а его энергия уменьшается.

Закон Бугера:

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

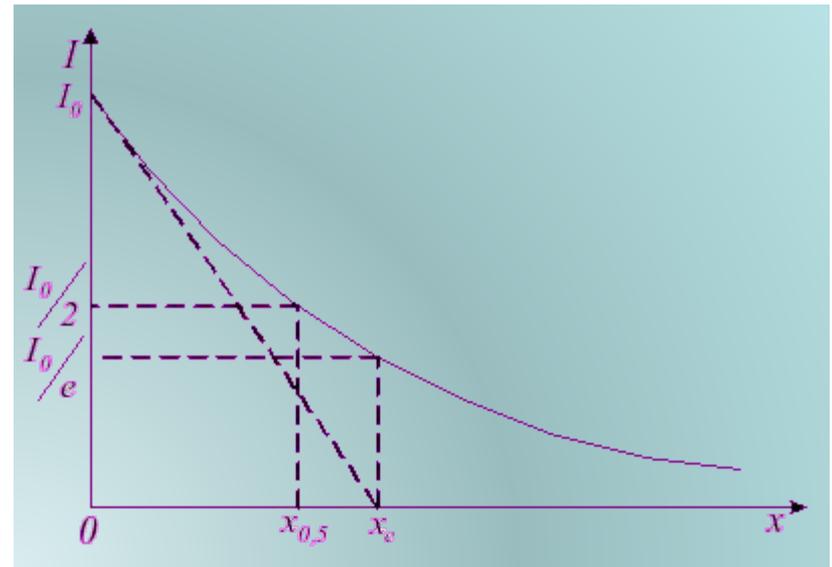
где I_0 – интенсивность параллельного пучка излучения, падающего на поверхность,

I_x – интенсивность излучения на глубине x от поверхности,

μ – линейный коэффициент ослабления

$$\mu = \mu_n + \mu_p$$

$$\mu_n = k \cdot \rho \cdot \lambda^3 \cdot Z^4$$

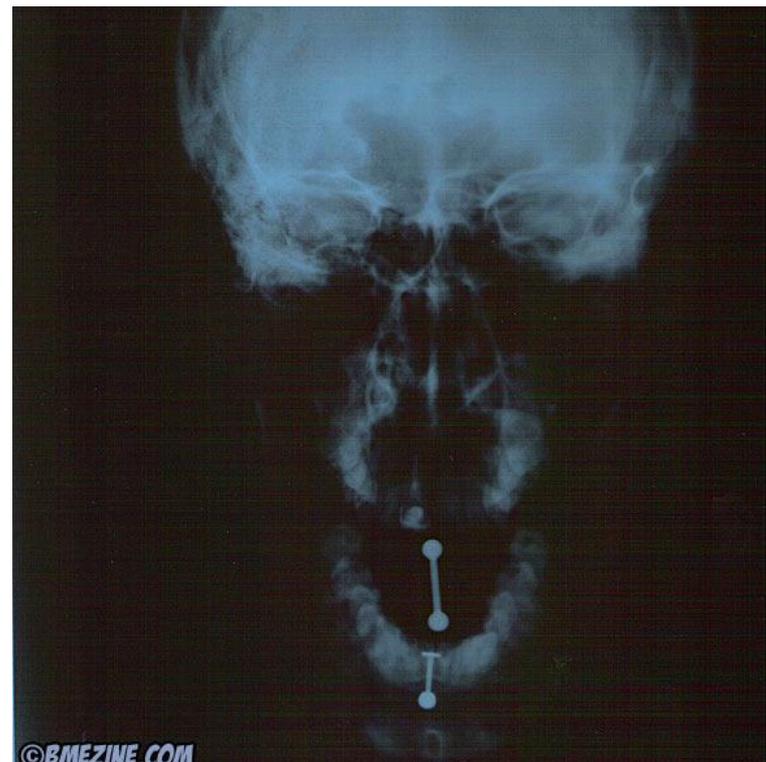


Рентгенодиагностика - методы получения изображений внутренних органов с использованием рентгеновских лучей

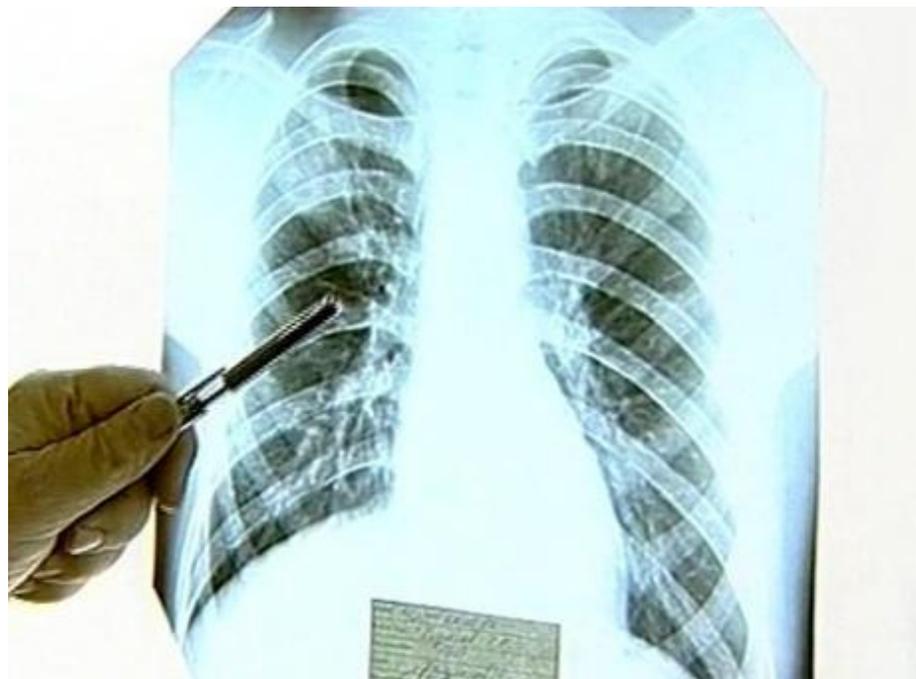
1. ***Рентгеноскопия***: изображение формируется на флуоресцирующем экране



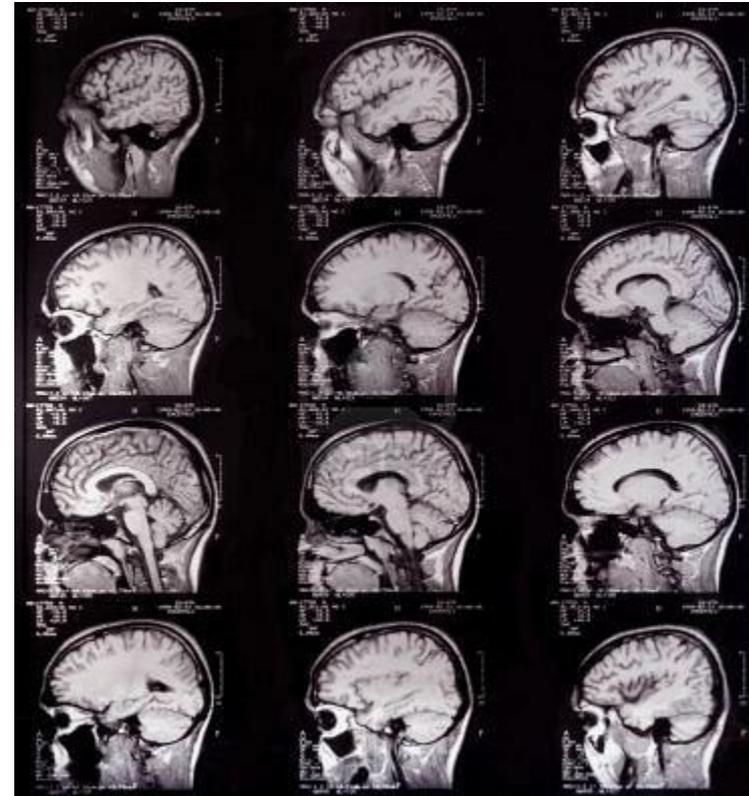
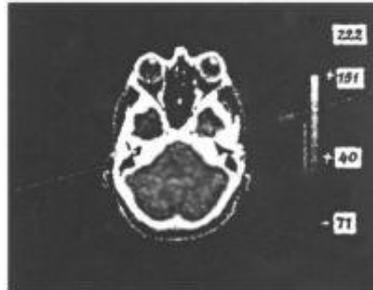
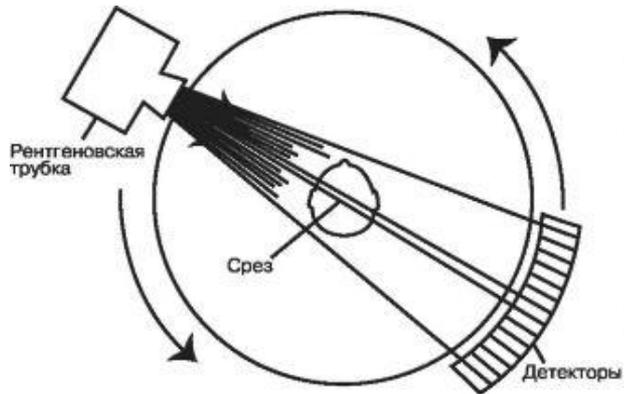
2. *Рентгенография*: изображение формируется на специальной рентгеночувствительной пленке



3. **Флюорография:** изображение, полученное на экране, фотографируется на чувствительную малоформатную пленку



4. *Рентгеновская компьютерная томография*: позволяет получить послойное изображение сечения тела толщиной несколько мм.



Рентгенотерапия - использование рентгеновского излучения для уничтожения злокачественных образований.

Применяется рентгеновское излучение с энергией от 10 до 250 кэВ.

С увеличением напряжения на рентгеновской трубке увеличивается энергия излучения; вместе с этим его проникающая способность в тканях возрастает от нескольких миллиметров до 8—10 см.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

