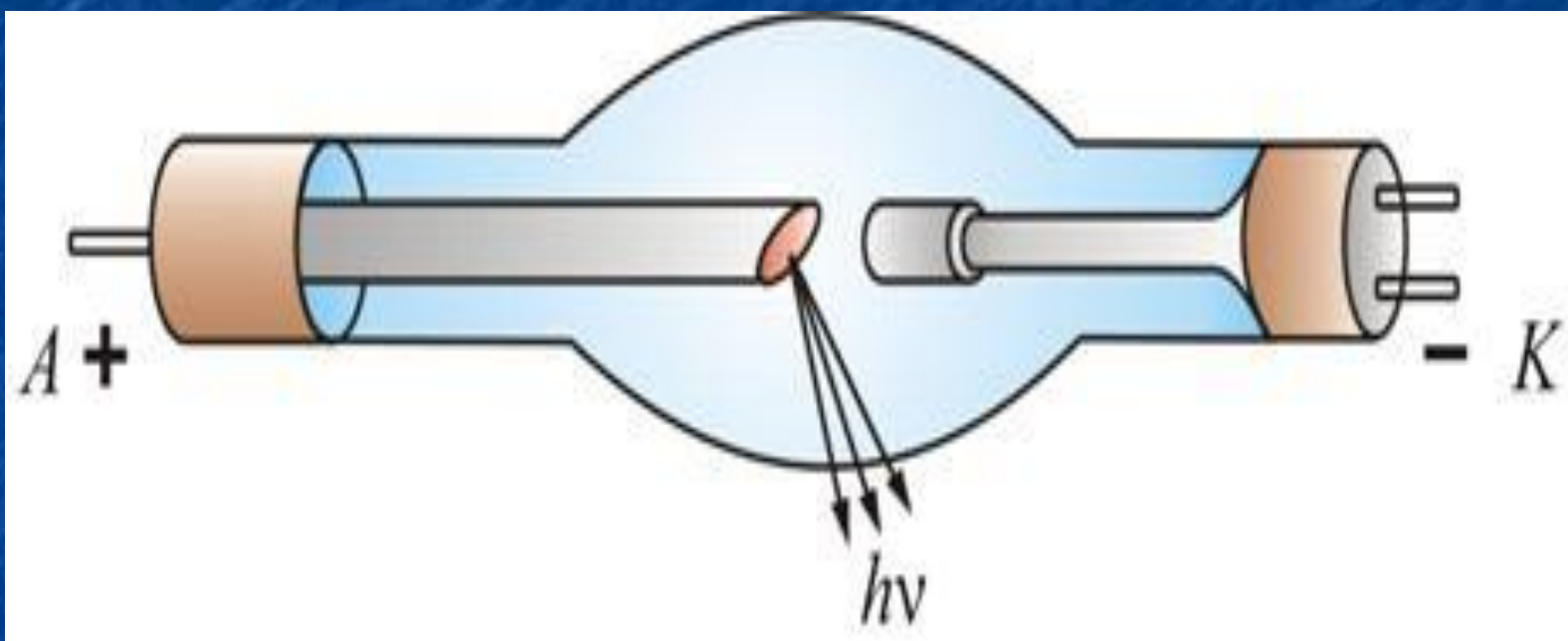


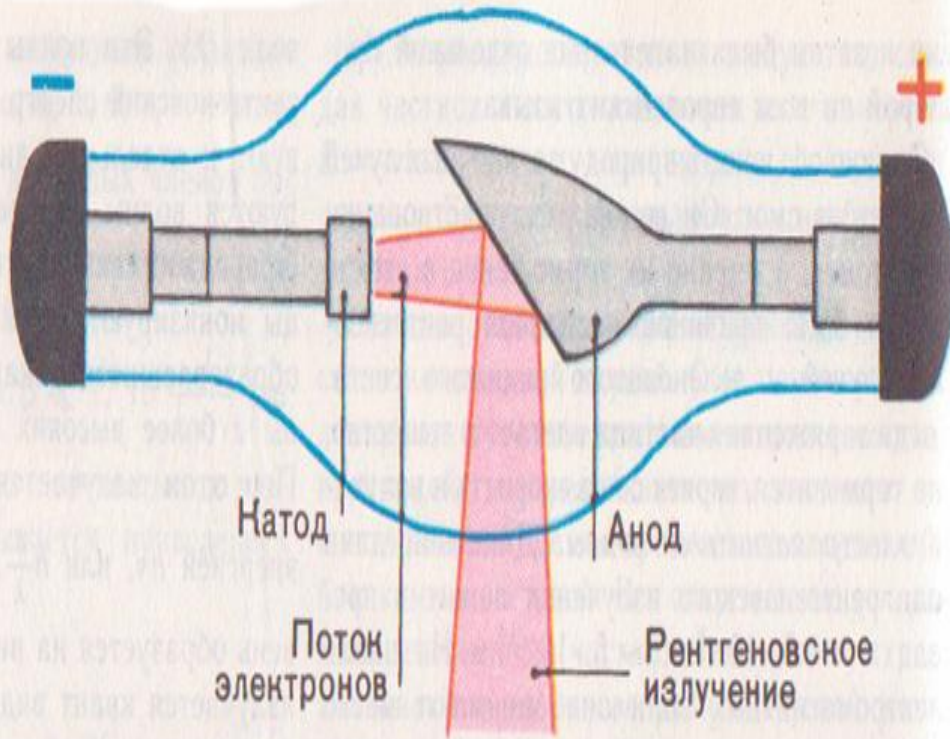
Рентгеновское излучение



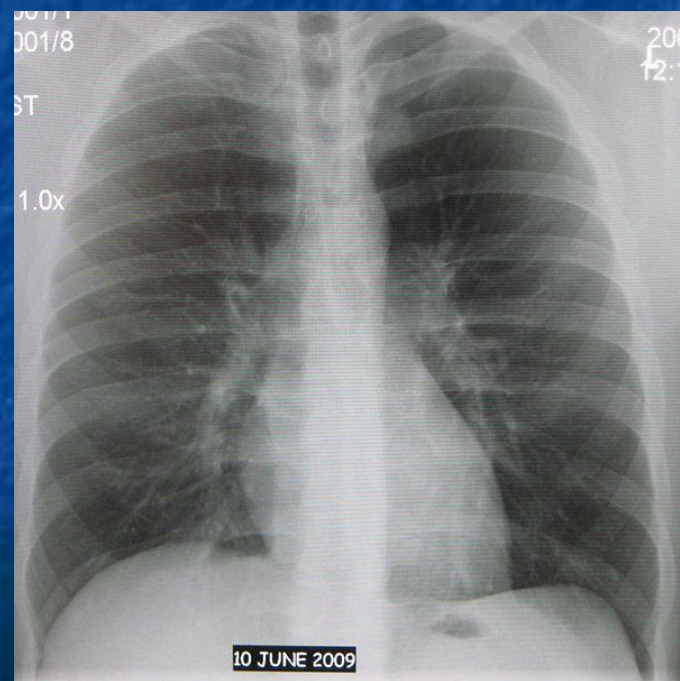


План

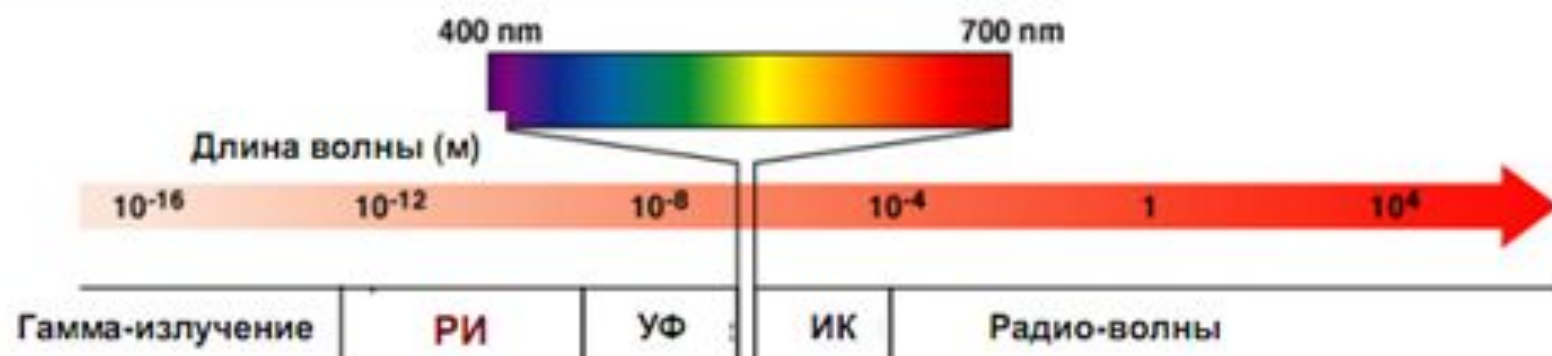
1. Исторические аспекты.
2. Получение рентгеновских лучей. Рентгеновская трубка
3. Виды рентгеновского излучения:
 - Тормозное,
 - Характеристическое.
4. КПД рентгеновской трубки.
5. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.
6. Ослабление потока рентгеновского излучения веществом.
7. Физические основы рентгеноскопии и рентгенографии.
8. Рентгеновская компьютерная томография.



Флюорография-
(частный случай рентгенографии) получение косвенного
уменьшенного теневого рентгеновского изображения на пленке
малых размеров (от 24x24 мм до 10x12 см) при помощи
фотографирования рентгеновской картины органов
человеческого тела на флюоресцирующем экране



➔ Рентгеновское излучение (РИ) – это электромагнитные волны с длиной волны λ от 10^{-5} нм до 80 нм

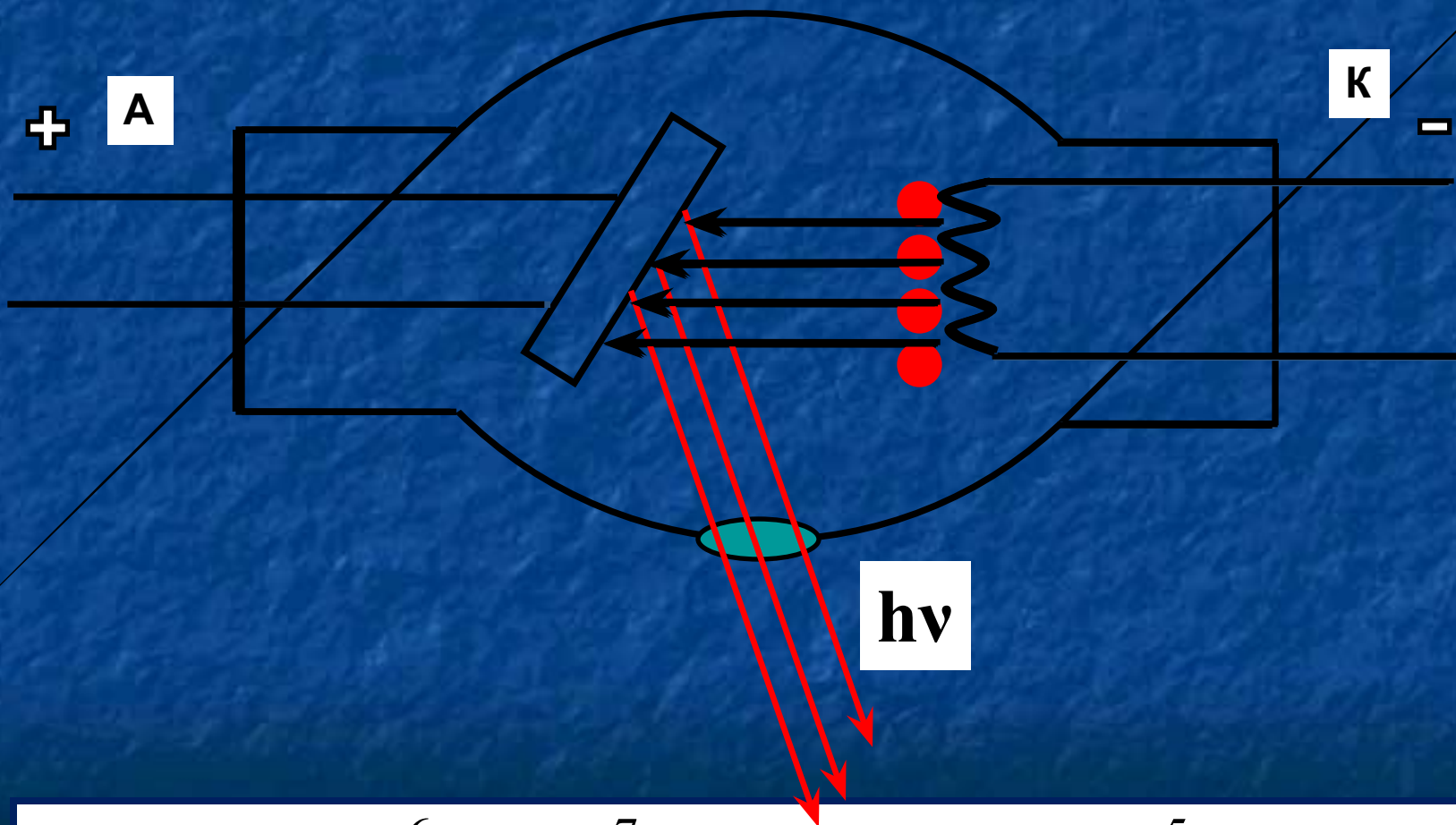


История открытия

- В 1895г. немецкий физик Рентген открыл проникающее излучение.
- В 1901г. была присуждена Нобелевская премия за открытие рентгеновских лучей.
- Волновая природа рентгеновского излучения была установлена в опытах по дифракции в 1912г. ученым Лауэ.



Рентгеновская трубка – источник рентгеновского излучения



$P=10^{-6} - 10^{-7}$ мм рт. ст., $U=10^5$ ЭВ

- В основе работы рентгеновской трубки- явление **термоэлектронной эмиссии (ТЭ)**.
- **ТЭ-испускание** электронов нагретыми металлами.

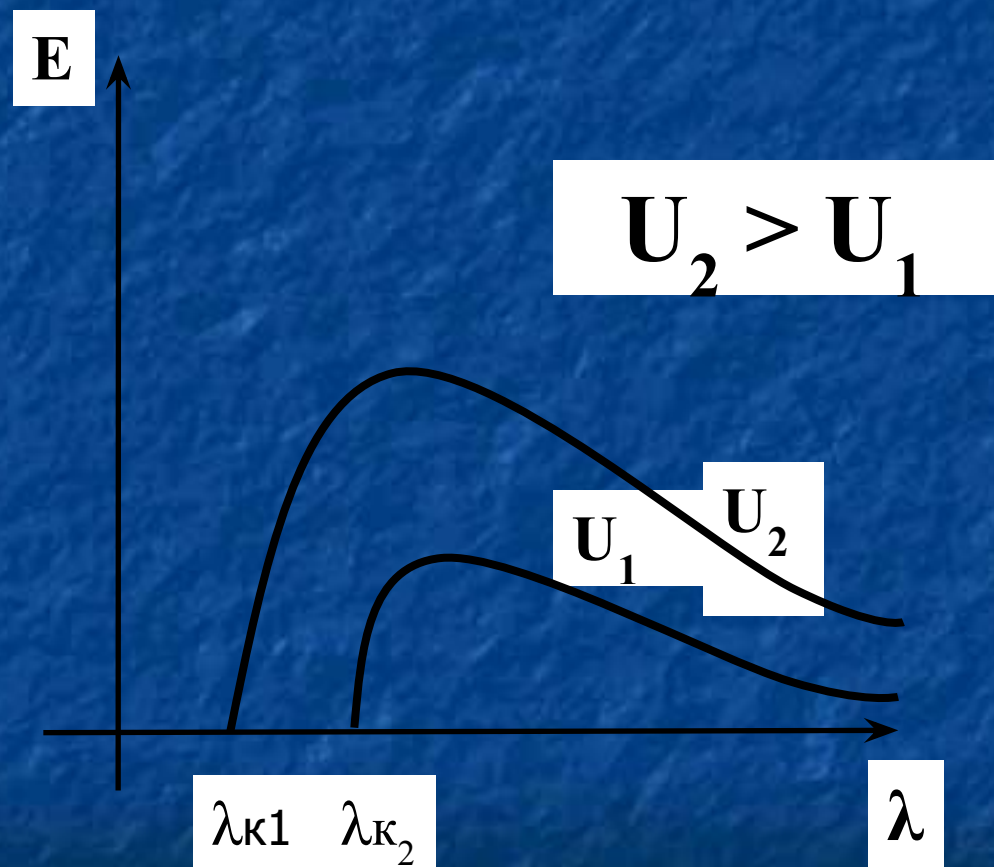
Виды рентгеновского излучения:

- тормозное излучение**
- характеристическое**

Тормозное излучение

- Падающие на мишень электроны испытывают внутреннее торможение в поле атомных ядер.
- **Торможение – процесс движения с отрицательным ускорением, но ускоренно движущиеся заряды излучают в окружающее пространство электромагнитные волны.**
- Электроны теряют часть энергии в виде электромагнитного излучения. Оно и представляет собой тормозное рентгеновское излучение.
- Условия торможения для различных электронов различны, поэтому излучаемые фотоны имеют самую различную энергию и излучение имеет сплошной спектр.

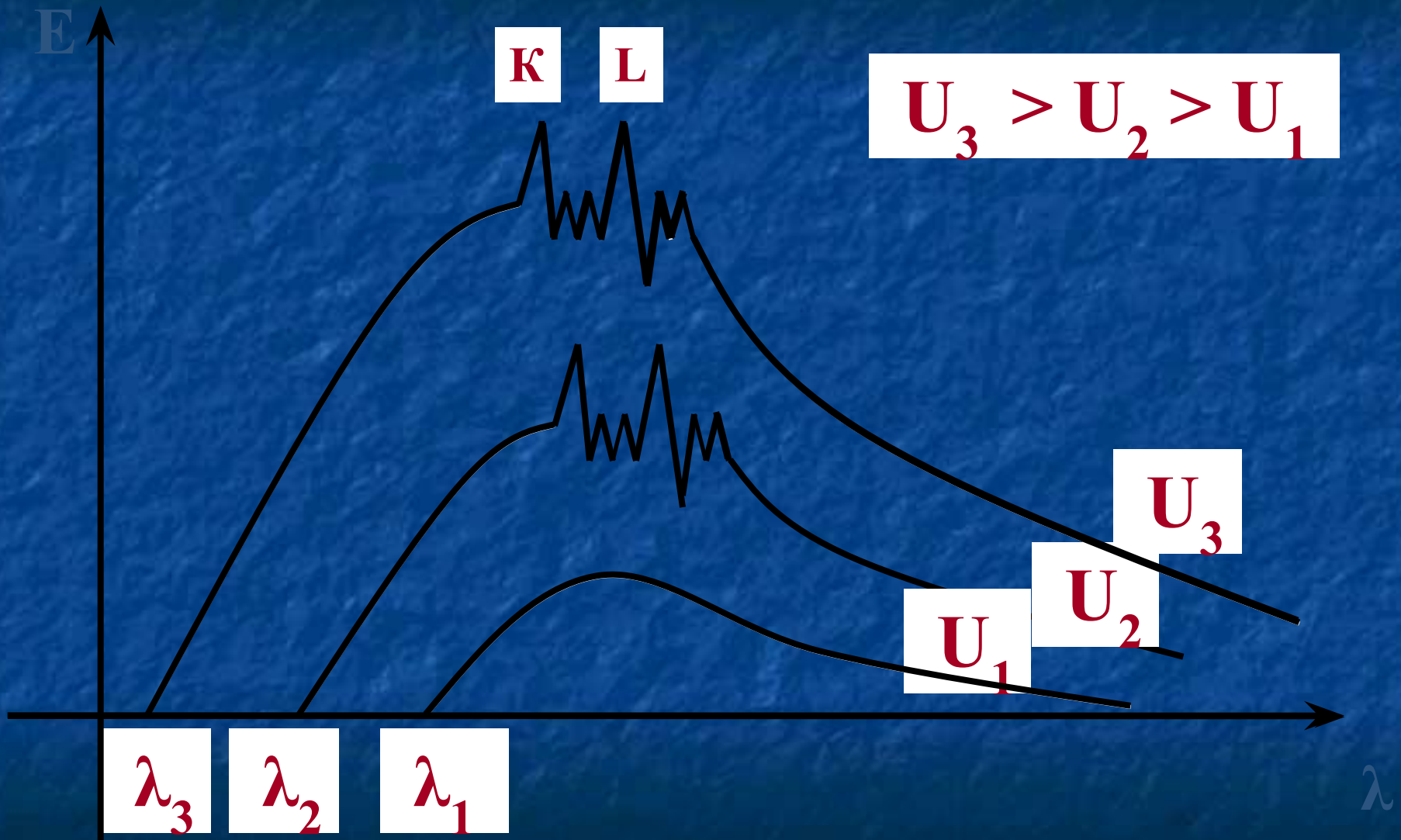
Спектр тормозного излучения



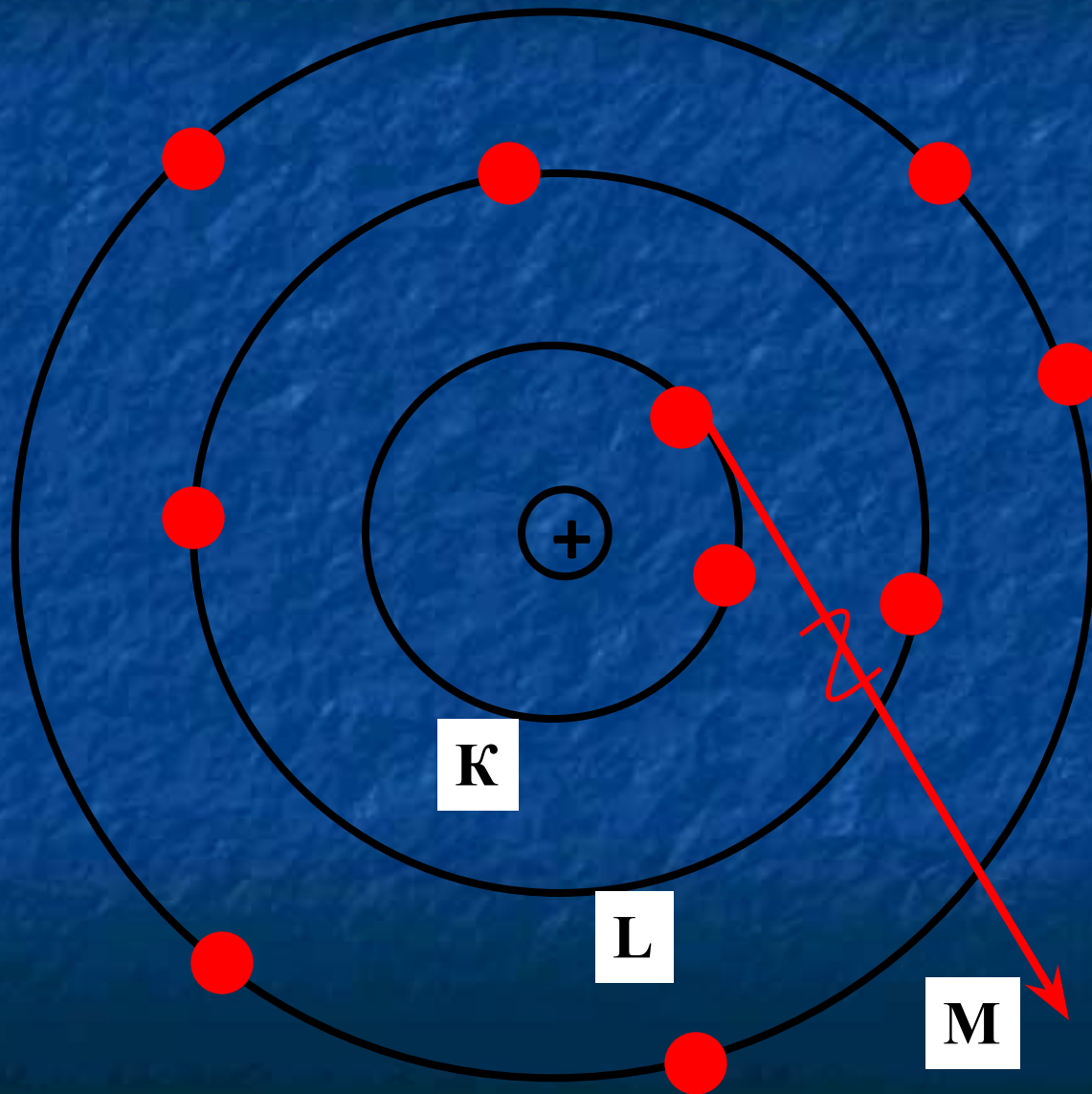
Характеристическое излучение

- Характеристическое излучение возникает в результате взаимодействия ускоренных электронов с внутренними электронами атомов вещества анода.
- При достаточной энергии падающего электрона, могут быть выбиты электроны из любой оболочки атома мишени, например, К-слой.
- В результате будет происходить целый каскад переходов электронов между выше и нижележащими уровнями энергии. Они сопровождаются образованием фотонов.
- При увеличении атомного номера (Z), происходит смещение спектров в область высоких частот, т. е. коротких длин волн.

Спектр характеристического излучения



Механизм образования характеристического излучения



Катод

Вещество
анода

$h\nu$ –квант
характеристическо
го излучения

Поток рентгеновского излучения

(мощность)-это энергия, излучаемая рентгеновской трубкой в единицу времени со всей площади.

$$\Phi = \kappa I U^2 Z$$

КПД рентгеновской трубки

$$\text{КПД} = \frac{N_n}{N_3} \times 100\%$$

$$N_{\text{п}} = \Phi$$

$$\Phi = KJU^2Z$$

$$N_3 = JU$$

$$\text{КПД} = \frac{KJU^2Z}{JU} \times 100\% = KUZ \times 100\%$$

КПД рентгеновской трубки – очень мал

- 3% - электронов преобразуют свою энергию в энергию рентгеновского излучения.
- 97% - энергии уходит на тепловой эффект.
- Так как рентгеновская трубка сильно нагревается, ее необходимо охлаждать.

$U=1000\text{кВ}$

$U=43\text{кВ}$

К.п.д.=9%

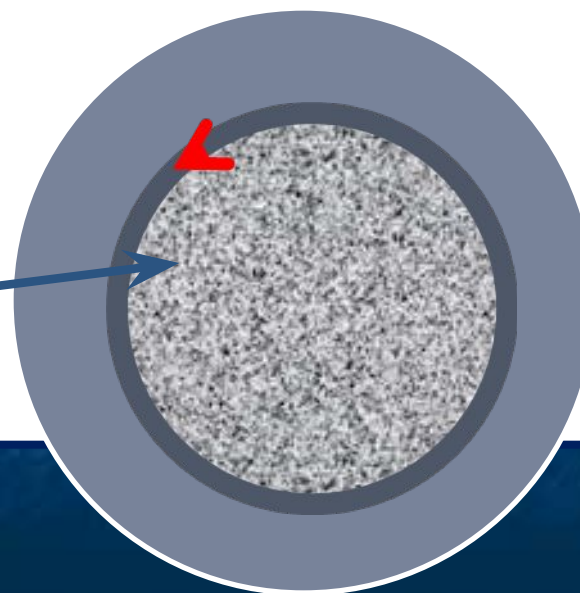
К.п.д.=0,46%



Способы охлаждения рентгеновской трубки

- Воздушное и масляное охлаждение
- Анод изготавливают из веществ с высокой t плавления и большой теплопроводностью.
- Анод изготавливают вращающимся

зеркальце

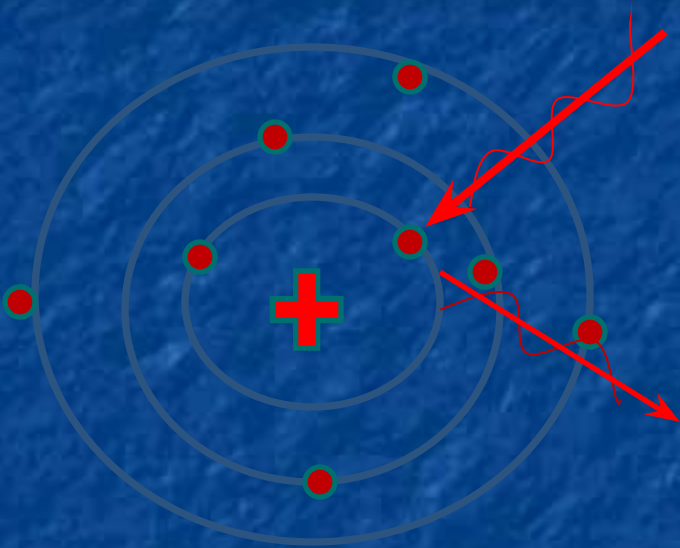


Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

- Когерентное рассеяние**
- Фотоэффект**
- Некогерентное рассеяние (Комптон-эффект)**

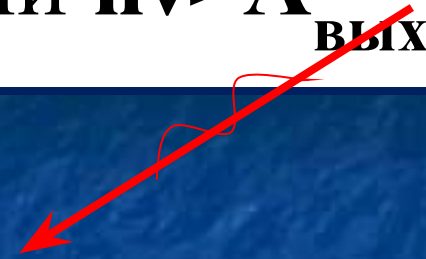
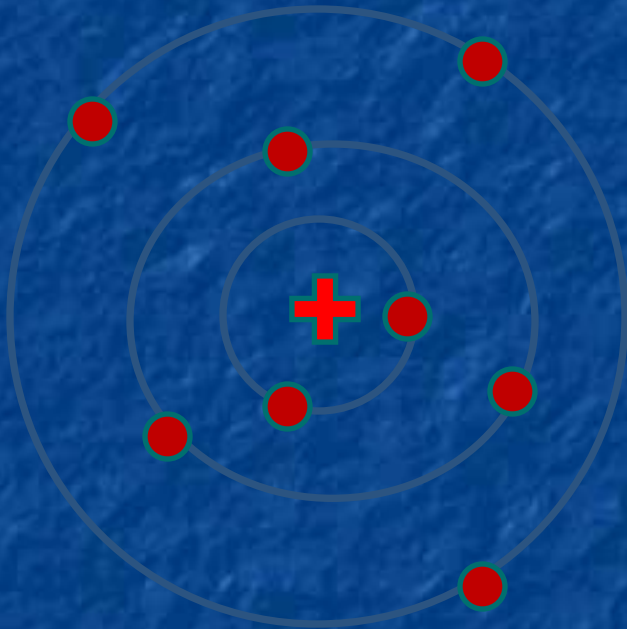
Когерентное рассеяние -возможно, если

$$h\nu < A_{\text{ВЫХ}}$$



$h\nu$ – энергия падающего кванта рентгеновского излучения
 $A_{\text{ВЫХ}}$ – работа выхода электрона

Фотоэффект-возможен, если $h\nu > A_{\text{вых}}$



$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2}$$

-Кинетическая энергия электрона

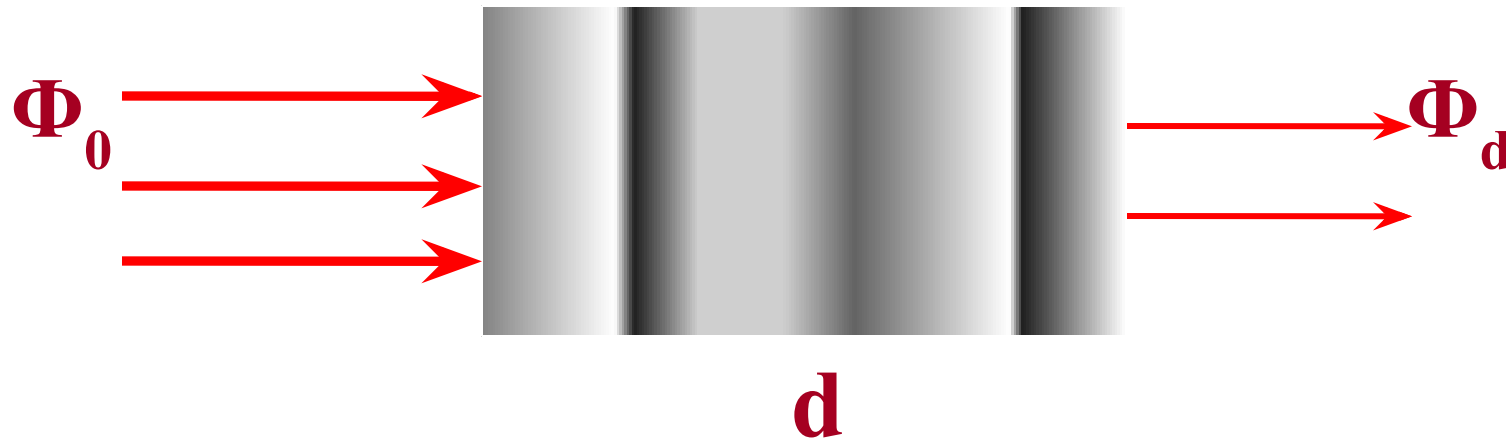
Комптон эффект-возможен, если $h\nu \gg A_{\text{вых}}$



$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} + h\nu'$$

$h\nu'$ - Энергия вторичного кванта

Закон ослабления потока рентгеновского излучения



Φ_0 -падающий поток

Φ_d – прошедший поток

d – толщина слоя вещества

μ - коэффициент ослабления

e – основание натурального логарифма

$$\Phi_d = \Phi_0 e^{-\mu d}$$

Физические основы рентгенодиагностики и рентгенографии

Рентгенодиагностика – получение теневого изображения внутренних органов при помощи рентгеновского излучения.

Рентгенодиагностика использует два основных метода:

- ▣ **рентгеноскопию** (просвечивание)
- ▣ **рентгенографию** (снимок).

**В основе рентгенодиагностики и терапии
лежит формула**

$$\mu = k \rho \lambda^3 Z^4$$

μ - линейный коэффициент ослабления.

k — коэффициент пропорциональности

λ - длина волны

Z – порядковый номер элемента вещества,
через которое проходит рентгеновское
излучение

Все ткани организма можно разделить на две группы:

- мягкие**
- твёрдые**



Мягкие ткани (O_2 , C, H_2) Z=1-8

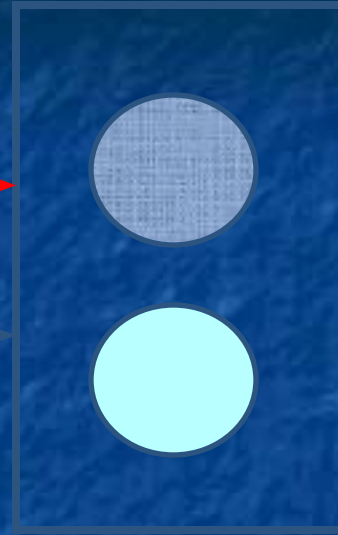
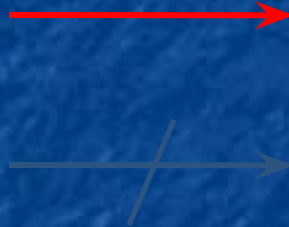
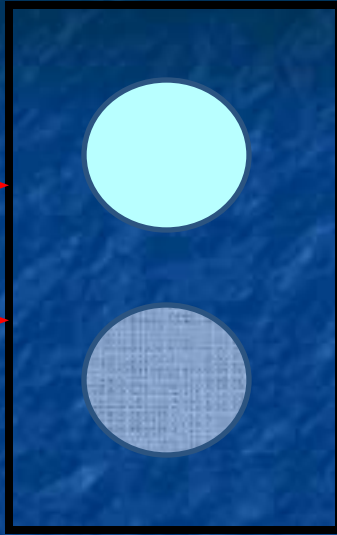
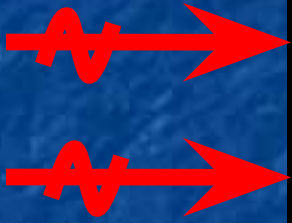


Твердые ткани (Ca, P, Mg) Z=8-20

Объект

Фотоизображение

Р.И.



Мягкие ткани ($Z=1-8$) $\mu=\kappa\lambda^3Z^4$ –низкий

Твердые ткани ($Z=8-20$) $\mu=\kappa\lambda^3Z^4$ -высокий



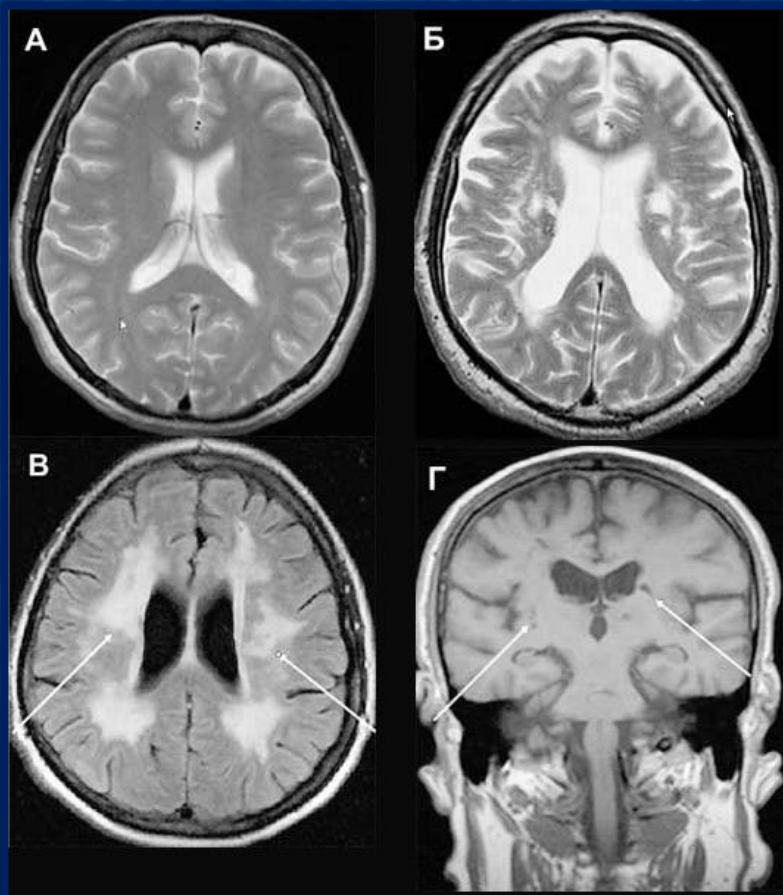
**Рентгенограмма
в начале
изменений.**

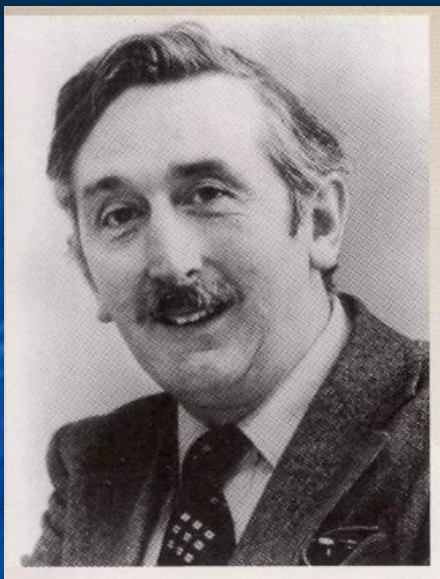
Демонстрация
типичной эрозии
большого и среднего
пальцев, а также
локтевого
шиловидного
отростка

Рентгеновская компьютерная томография

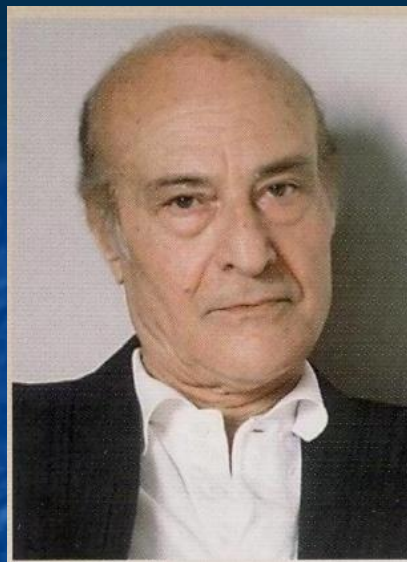


Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)- это послойное теневое изображение внутренних органов с помощью рентгеновского излучения, обработанного компьютером.





Годфри Хаунсфилд



Аллен Кормак

1979г – Хаунсфилд (Англия), Кормак (США) – получили Нобелевскую премию за разработку и внедрение РКТ.

Поколения РКТ

- **I поколение-** однодетекторные.
Время исследования- $t = 4-20$ мин, $D = 14 - 16$ рад.
- **II поколение** – число детекторов увеличено до 8.
Время исследования $t = 20 - 60$ с
- **III поколение-** 256-512 ксеноновых детекторов
Время исследования- $t = (3 - 5)$ с
- **IV поколение-** 1400 до 1800 детекторов
Время исследования- $t = (1 - 1.5)$ с внутри 8
холодильников.
- **V поколение-** Работают в реальном масштабе
времени. Время исследования $t = 50$ мс.

Наиболее важные области применения РКТ-диагностика заболеваний:

- неврологических,
- сердечных,
- Онкологических,

Системы КТ постоянно совершенствовались, и сегодня они, по общему признанию, являются одними из наиболее передовых средств медицинской визуализации.

Устройство РКТ

- сканирующая система «Гентри»
- пульт управления
- ЭВМ

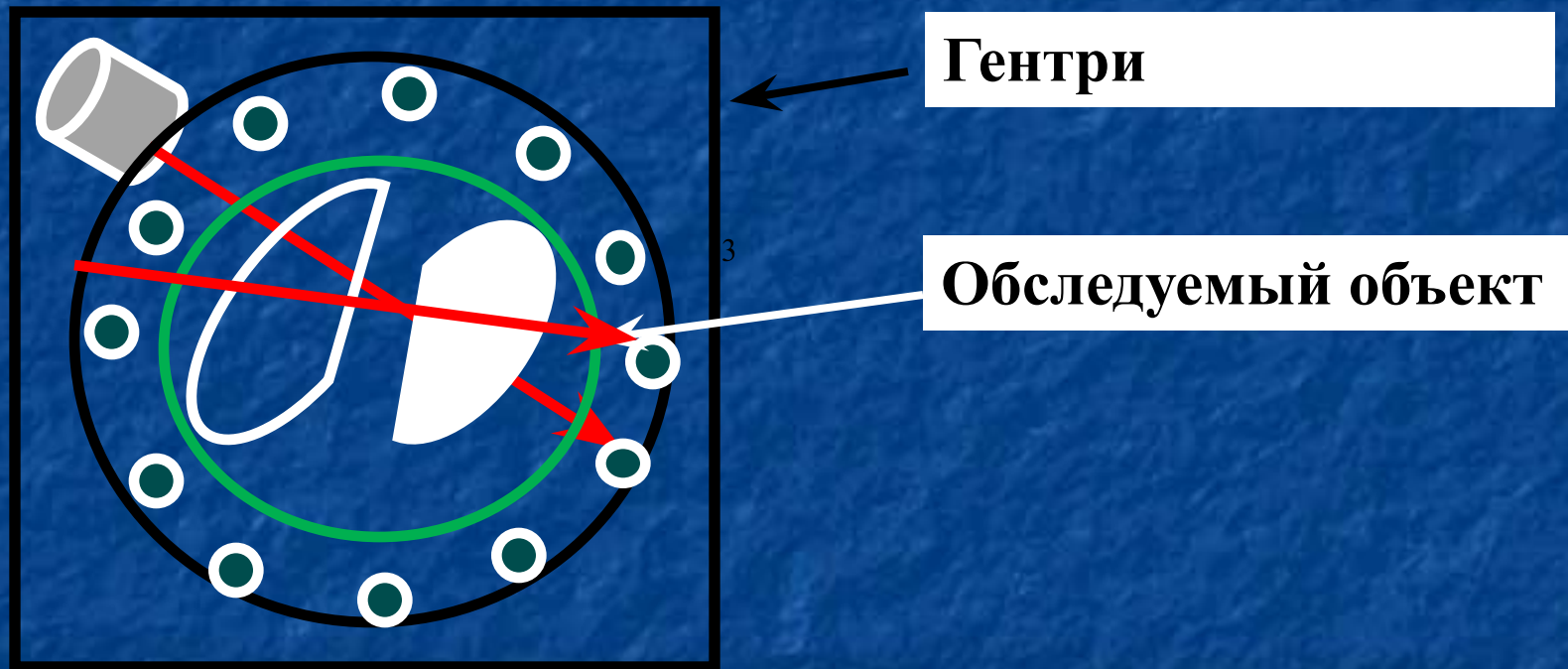






Детектор –преобразует рентгеновский луч в импульс тока. Сигнал с детектора поступает в компьютер. Затем источник сдвигается по кругу на 3° и снова производит съёмку объекта. Источник за 1 секунду обходит весь круг, совершая 120 съёмок органа. Стол с пациентом сдвигается на один шаг. Далее цикл повторяется.

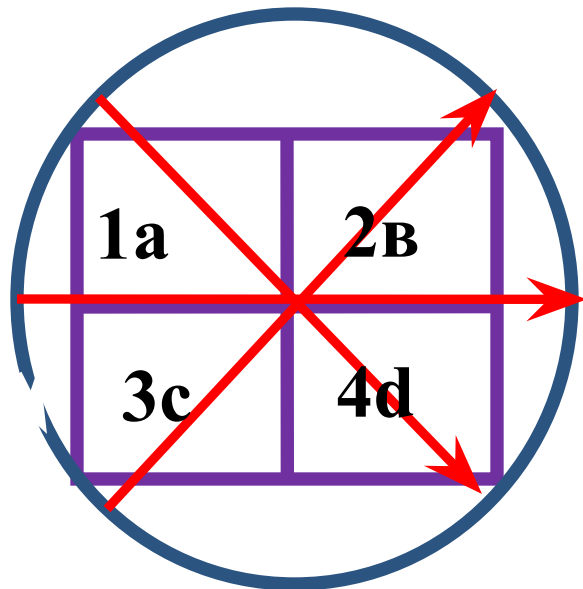
Р. тр



● Детектор –преобразует рентгеновский луч в импульс тока

Реконструкция изображения

В основе реконструкции изображения лежит теория матриц. Простейшая матрица состоит из четырех ячеек.



$$1+4=a+d$$

$$1+2=a+b$$

$$3+2=c+b$$

.

.

Компьютер решает систему уравнений и находит плотность в каждой ячейке.

цифра- номер ячейки

буква- плотность вещества в ячейке

- В томографе строится матрица **2048*2048** элементов.
- Всего получается **4194304** элементов, каждый из которых имеет свой коэффициент ослабления.
- Столько же получается уравнений, которые решаются компьютером, т. е. определяется величина плотности в каждой ячейке.
- На экране получается цифровая картина, отражающая распределение плотностей тканей по ячейкам.
- Разным числовым значениям коэффициентов ослабления приписывают разные яркости точек изображения на мониторе.
- Затем цифровая картина переводится в теневую картину.
- Плотность ткани определяется по шкале Хаундсфилда.

Шкала Хаунсфилда

- **Единица измерения – единица Хаунсфилда(HU)**
- **Каждая ткань имеет свою плотность от -1000 HU до 3000 HU**

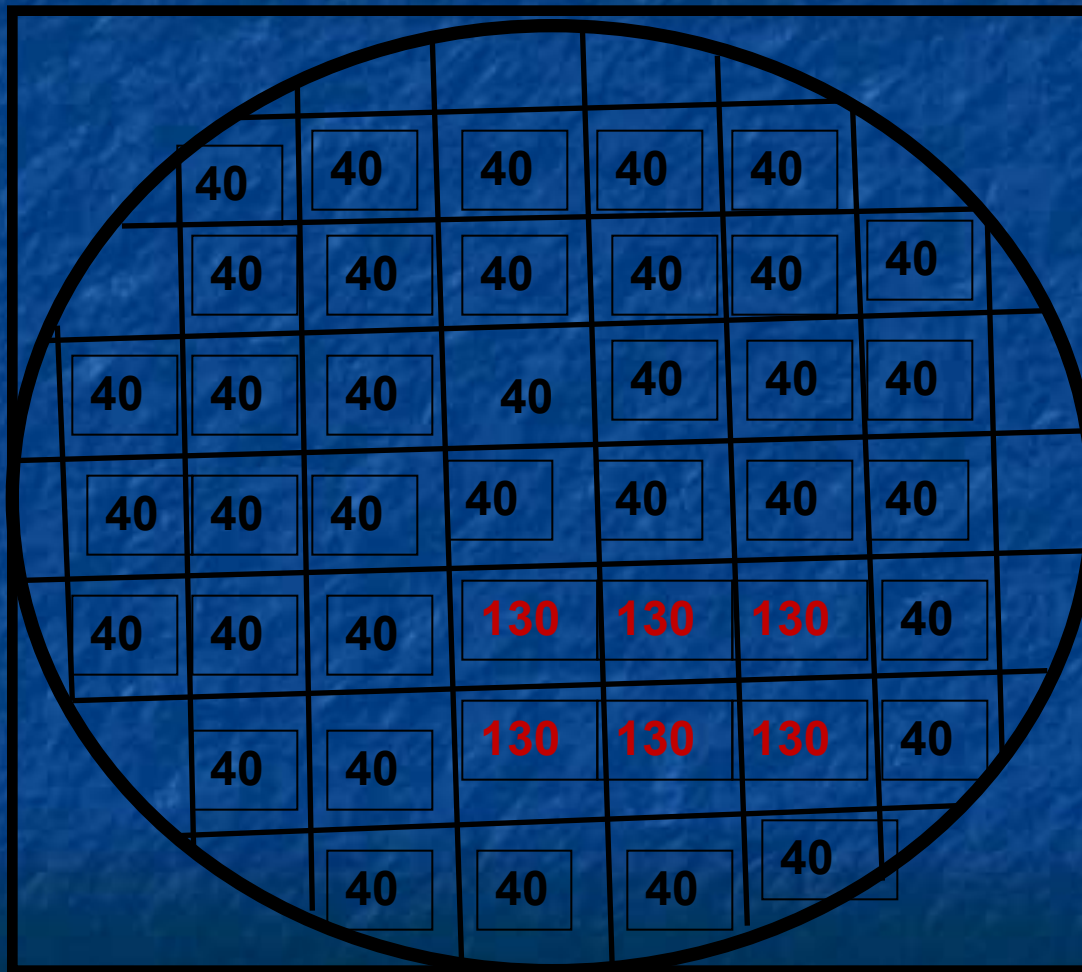
Шкала Хаунсфилда



❖	Воздух	-1000
❖	Вода	0
❖	Кровь	20-60
❖	Жир	100
❖	Кости	1000
❖	Плотных кости	3000

Получается цифровая картина

Почки-плотность равна 40



Спиральное сканирование

заключается в одновременном выполнении двух действий:

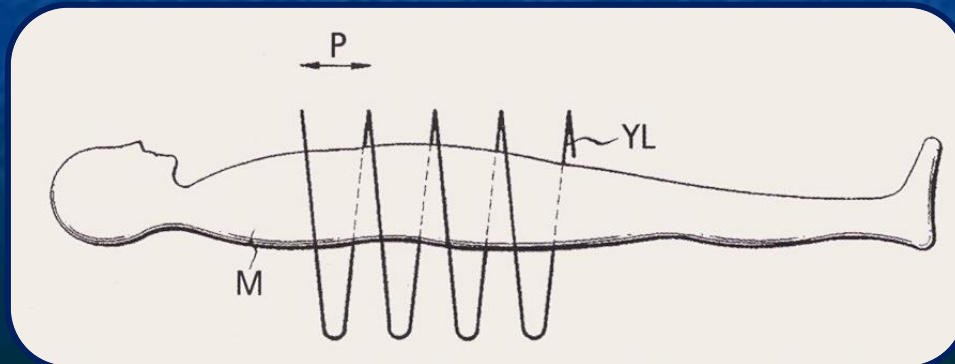
- ❖ непрерывного вращения рентгеновского луча вокруг тела пациента,
- ❖ непрерывного поступательного движения стола с пациентом вдоль оси сканирования.

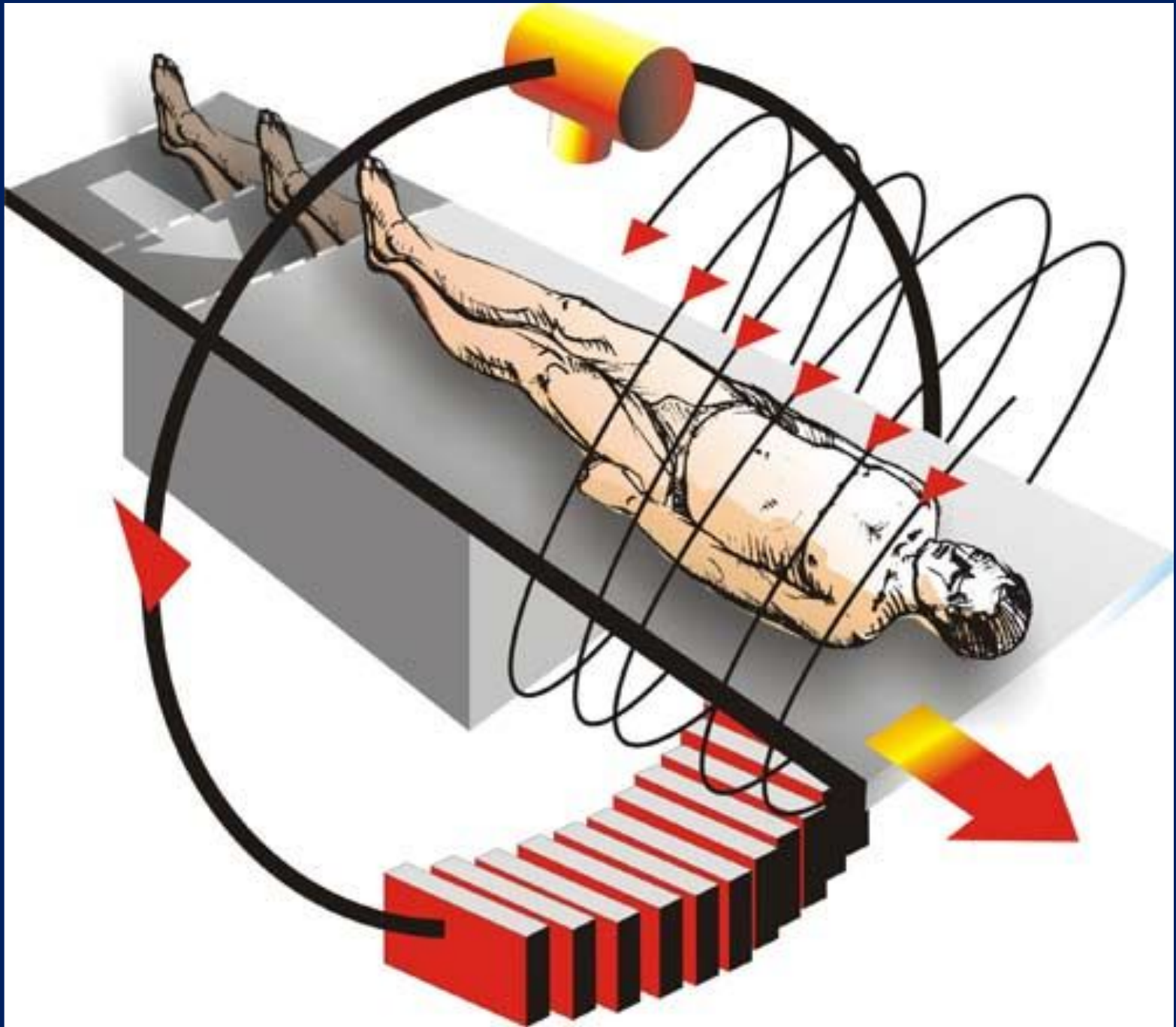
За один оборот источника- 64 среза.

Толщина среза-0,6 мм.

Длительность спирали- 100с.

Сканируется всё тело за одно обследование.





Возможности спиральной КТ ангиографии

Проведение с помощью спирального КТ ангиографии с внутривенным введением контрастного вещества и возможность получения трехмерного изображения сосудов открывают широкие возможности изучения патологии сосудистой системы:

- аневризмы аорты,
- стеноз почечных артерий,
- сосудистые анастомозы,
- наличие внутрисосудистых бляшек

Компьютерная томография обладает рядом преимуществ перед обычным рентгенологическим исследованием высокой чувствительностью, что позволяет дифференцировать отдельные органы и ткани друг от друга по плотности в пределах:

- 1—2%,
- до 0,5% на томографах III и IV поколения ;
- на обычных рентгенограммах этот показатель составляет 10—20%.

Качество изображений растёт при увеличении:

- числа детекторов,
- количества регистрируемых проекций.

Совершенствование сканирующих систем –

- уменьшение времени исследования
- увеличение информационных параметров.

Литература:

1. А.И. Позмогов, С.И. Терновой «Томография грудной клетки»
2. А.Н. Коновалов «Компьютерная томография в нейрохирургии»
3. Р.И. Габуня «Компьютерная томография в клинической медицине»