

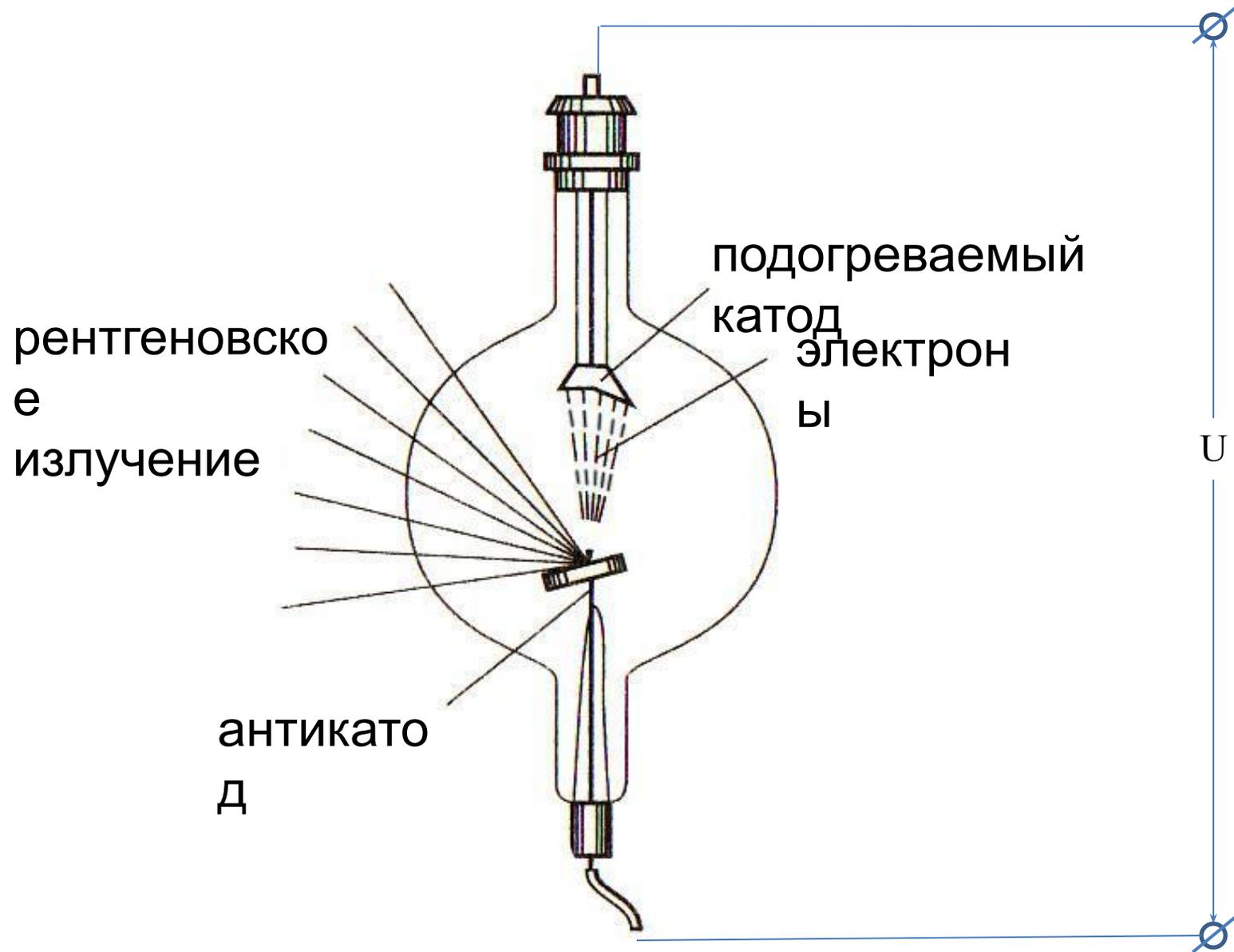
Высокие медицинские технологии

Методы рентгеновской диагностики

Рентгеноскопия. Рентгеновский прибор состоит из источника рентгеновских лучей (рентгеновской трубки) и флуоресцирующего экрана. После прохождения рентгеновских лучей через тело пациента врач наблюдает теневое его изображение. Метод дает возможность изучить функциональное состояние некоторых органов. Например, врач непосредственно может пронаблюдать движения легких, прохождение контрастного вещества по желудочно-кишечному тракту. Недостатки этого метода – недостаточно контрастные изображения и сравнительно большие дозы излучения, получаемые пациентом во время процедуры.



Устройство рентгеновской трубки



Методы рентгеновской диагностики

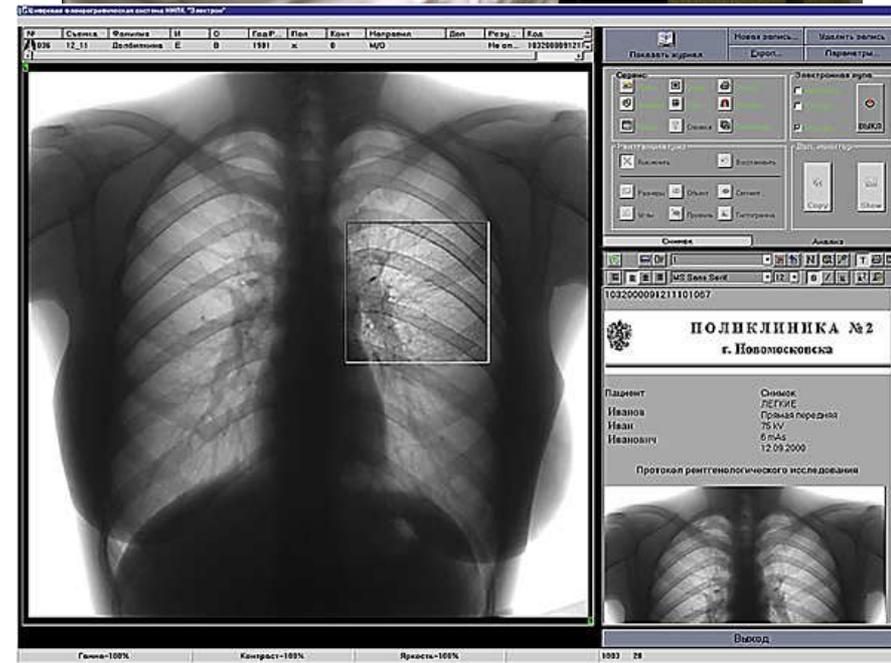
Рентгенография. (Радиография рентгеновских лучей). Это метод исследования с помощью рентгеновских лучей, в ходе которого изображение записывается на фотографическую пленку. Фотографии делаются обычно в двух перпендикулярных плоскостях. Этот метод имеет некоторые преимущества. Рентгеновские фотографии содержат больше деталей, чем изображение на флуоресцентном экране, и потому они являются более информативными. Они могут быть сохранены для дальнейшего анализа. Общая доза излучения меньше, чем применяемая в рентгеноскопии.



www.shutterstock.com · 10754653

Флюорография

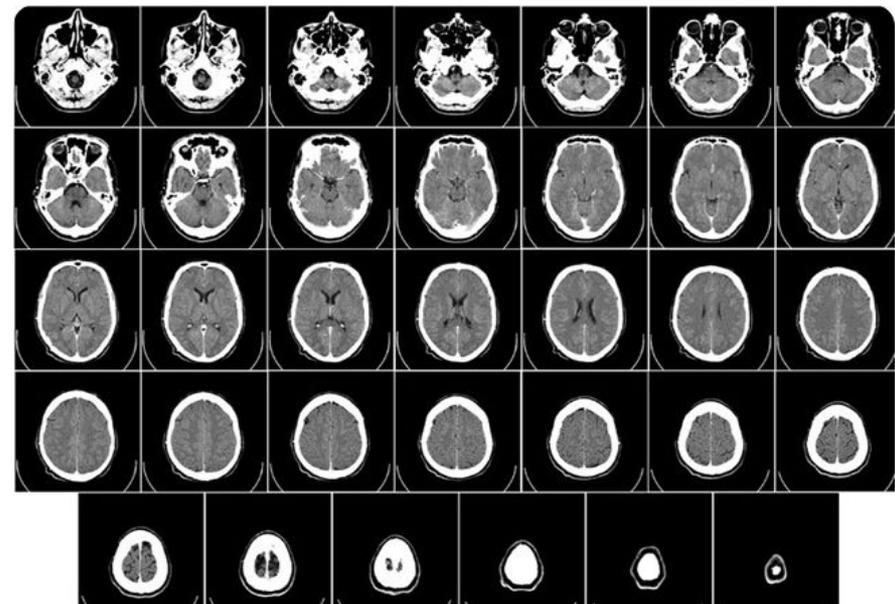
Флюорография. Метод состоит в получении фотографии с изображением части тела пациента. Используют, как правило, для предварительного исследования состояния внутренних органов пациентов с помощью малых доз рентгеновского излучения.



Компьютерная томография

Томография - объединение математических методов и технических средств позволяющих определить параметры внутренней структуры без нарушений целостности объекта.

Томография позволяет получать послойное изображение внутренней структуры объекта, с помощью различных физических полей или частиц.



Создатели метода КТ



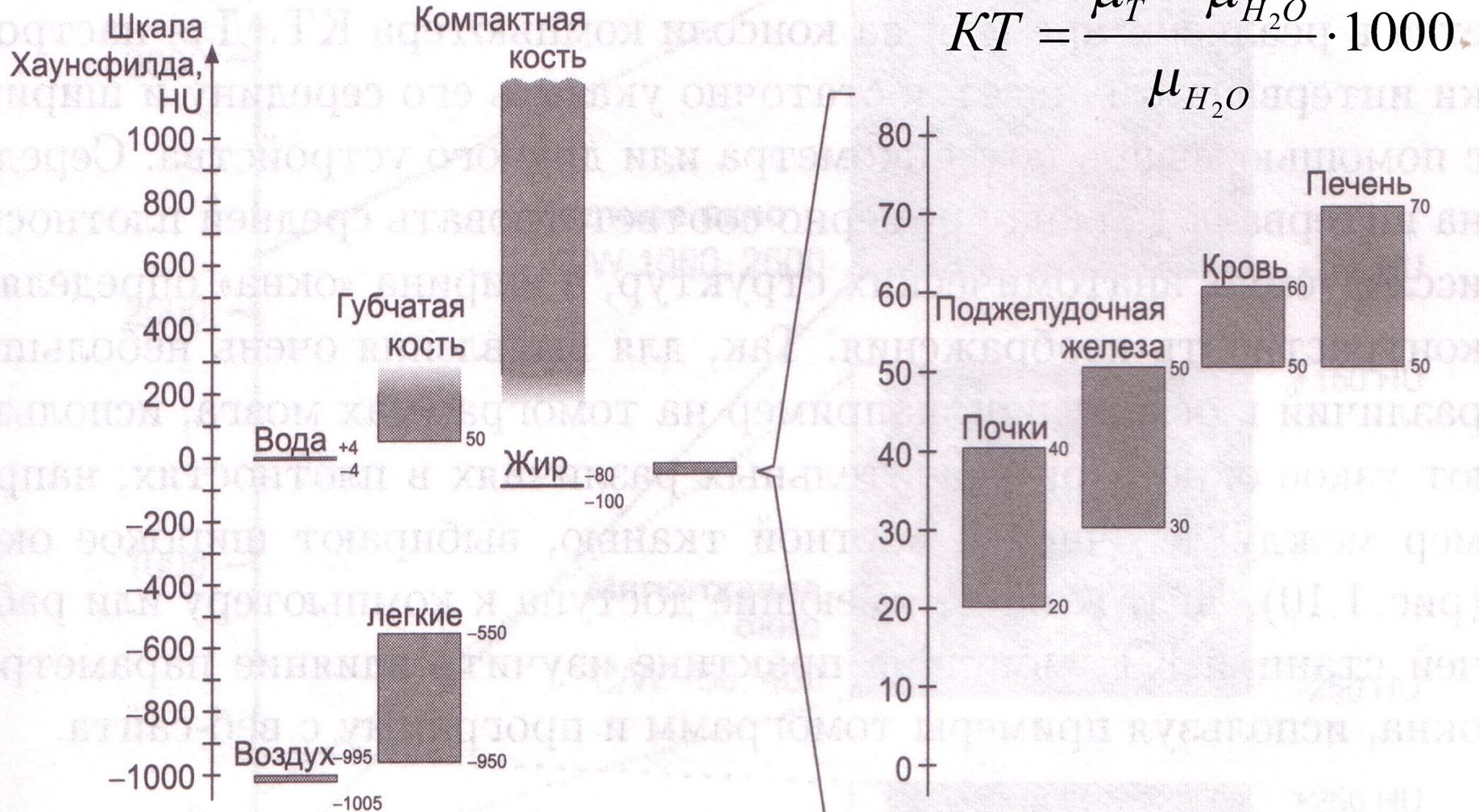
Алан М. Кормак (США). Теоретик компьютерной томографии, разработал ряд математических методов отчета поглощенной дозы излучения на основе измерений пропускания излучения.



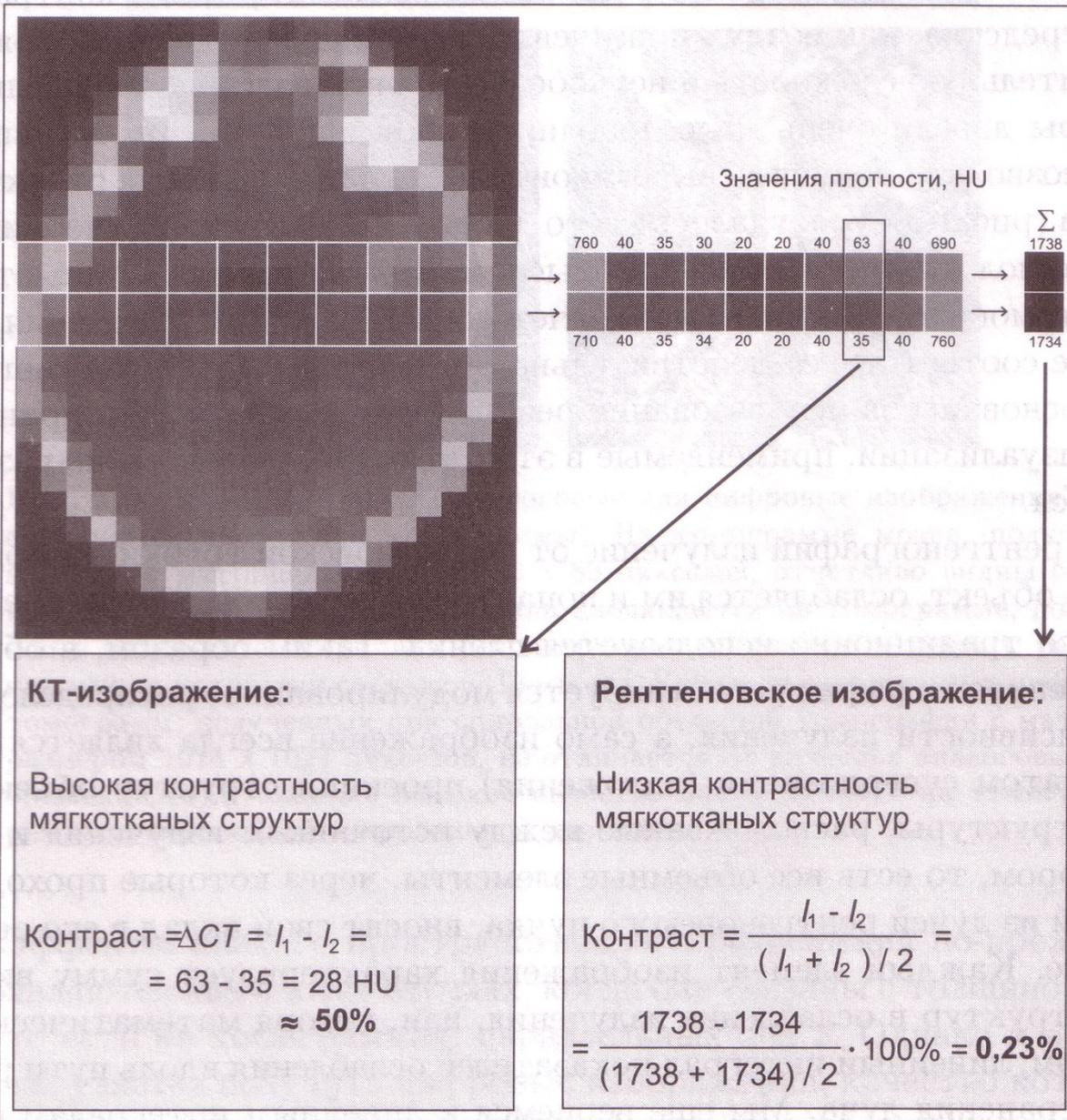
Годфри Ньюболд Хаунсфилд
(Великобритания). Инженер, создатель первого серийного сканера.

Удостоены Нобелевской премии в 1979 по физиологии и медицине за создание метода компьютерной томографии.

Шкала Хаунсфилда

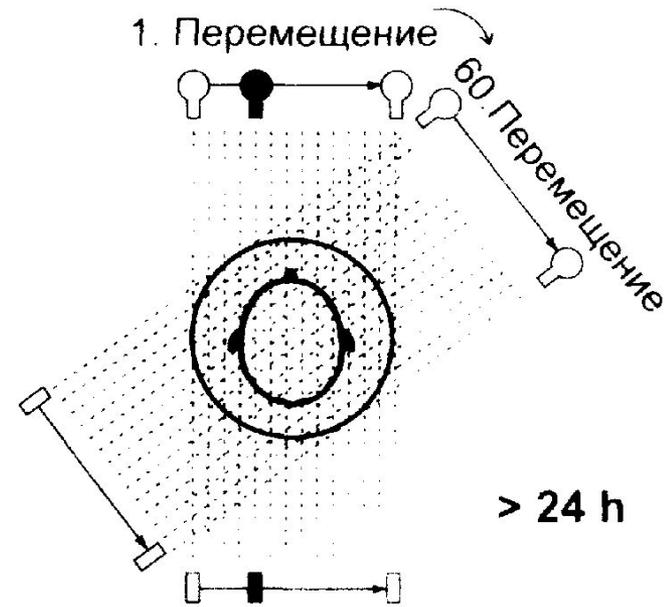


КТ-числа характеризуют линейный коэффициент ослабления тканей относительно воды и практически не зависят от спектрального состава излучения.

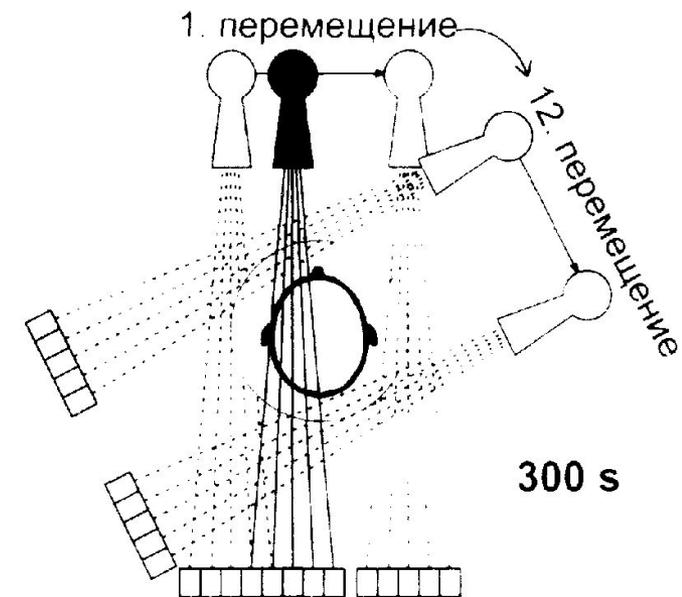


В КТ каждому пикселю изображения присваивается значение коэффициента ослабления, соответствующий одному объемному элементу. Контрастность определяется разностью коэффициентов ослабления соседних элементов. На проекционных снимках отображается сумма вкладов всех структур через которые проходит излучение. Различимы только структуры сильно различающиеся коэффициентами ослабления.

Аппарат **1-го поколения** (1973 г.) - пошаговый. Одна трубка, направленная на один детектор. Сканирование производилось шаг за шагом, делая по одному обороту на слой. Один слой изображения обрабатывался около 4 минут.

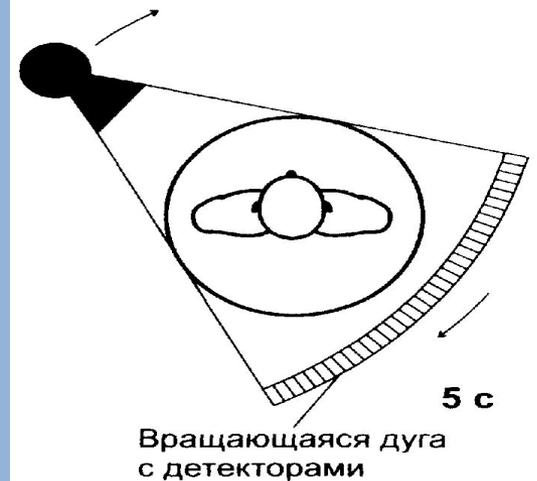


Во **2-ом поколении** КТ аппаратов использовался веерный тип конструкции. На кольце вращения напротив рентгеновской трубки устанавливалось несколько (3-5) детекторов. Время обработки изображения составило 20 секунд.

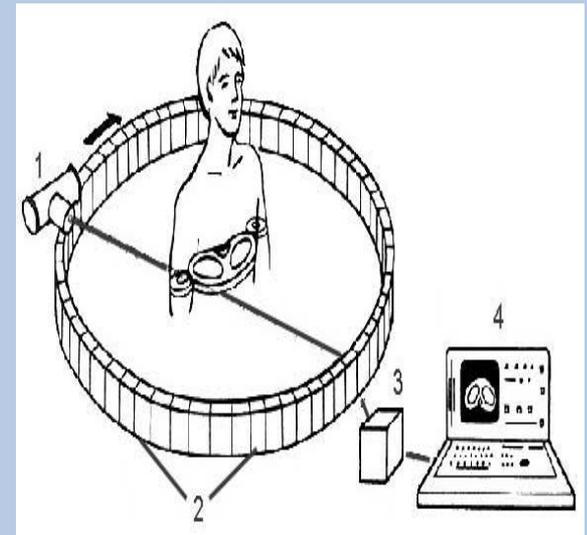


3-е поколение компьютерных томографов ввело понятие спиральной компьютерной томографии. Трубка и детекторы за один шаг стола синхронно осуществляли полное вращение по часовой стрелке, что значительно уменьшило время исследования. Увеличилось и количество детекторов. Время обработки и реконструкций заметно уменьшилось до 5 сек.

Веерный пучок излучения (1976)



4-ое поколение имеет 1088 люминесцентных датчиков, расположенных по всему кольцу [гентри](#). Вращается лишь рентгеновская трубка. Благодаря этому методу время вращения сократилось до 0,7 секунд. Но существенного отличия в качестве изображений с КТ аппаратами 3-го поколения не имеет.

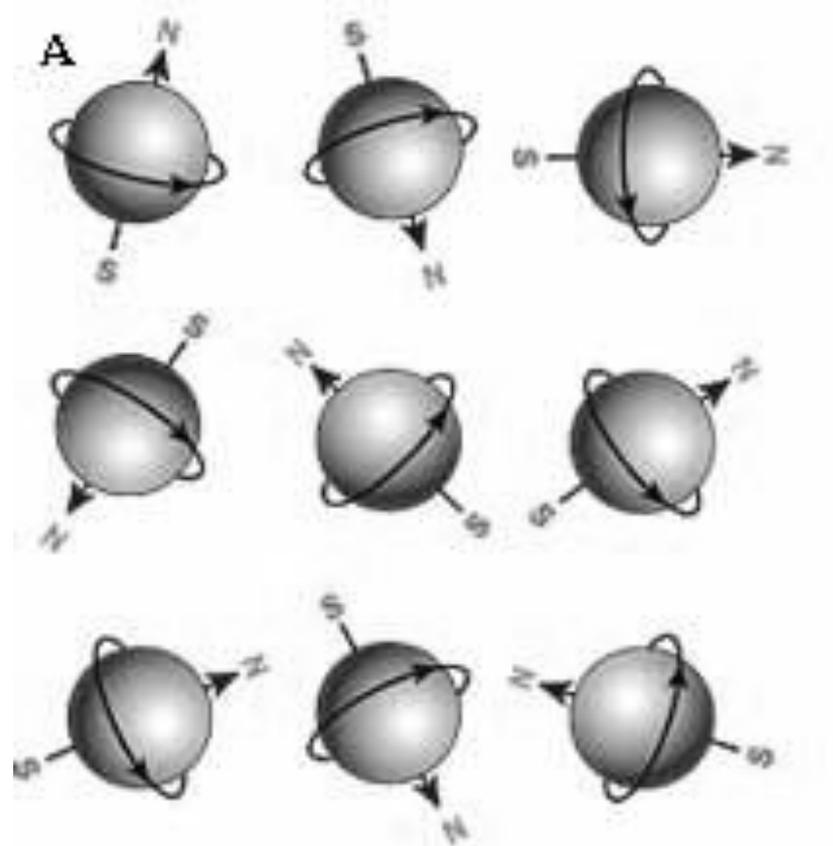


Электронный парамагнитный резонанс

- ЭПР - явление резонансного поглощения электромагнитного излучения парамагнитными частицами, помещенными в постоянное магнитное поле;
- один из методов радиоспектроскопии.
- Используется для изучения атомов, свободных радикалов, ионов и всех тех систем, которые обладают одним или несколькими неспаренными электронами.

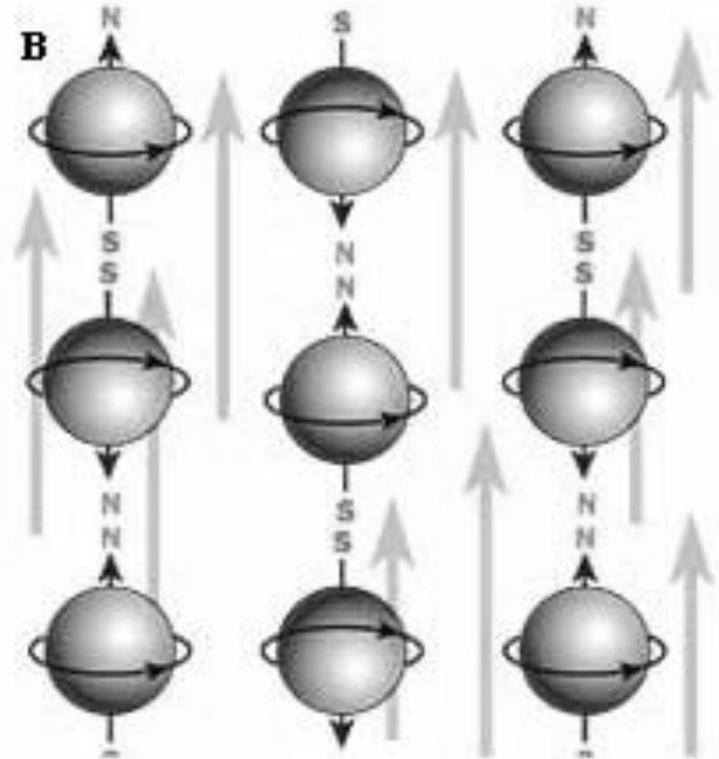
Физика явления

В **отсутствии** постоянного магнитного поля B магнитные моменты неспаренных электронов направлены **произвольно**, состояние системы таких частиц вырождено по энергии.

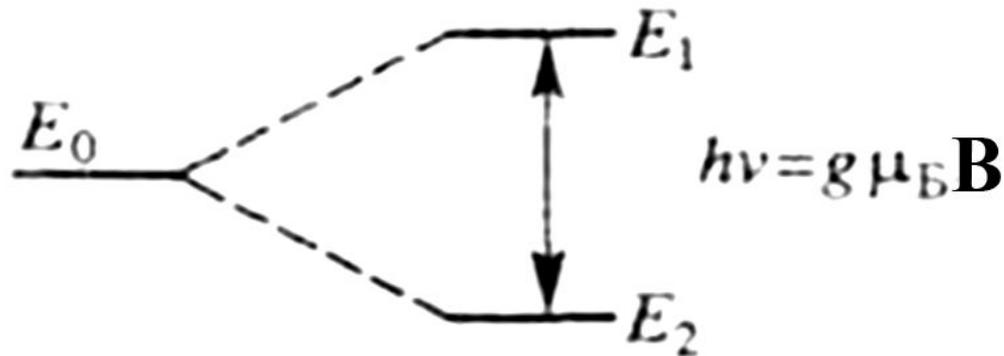


Физика явления

При **наложении поля B** проекции магнитных моментов на направление этого поля принимают **определённые** значения и вырождение снимается. Происходит расщепление уровня энергии электронов E_0 . (т.н. **эффект Зеемана**).



Расщепление энергетического уровня электрона в постоянном магнитном поле.



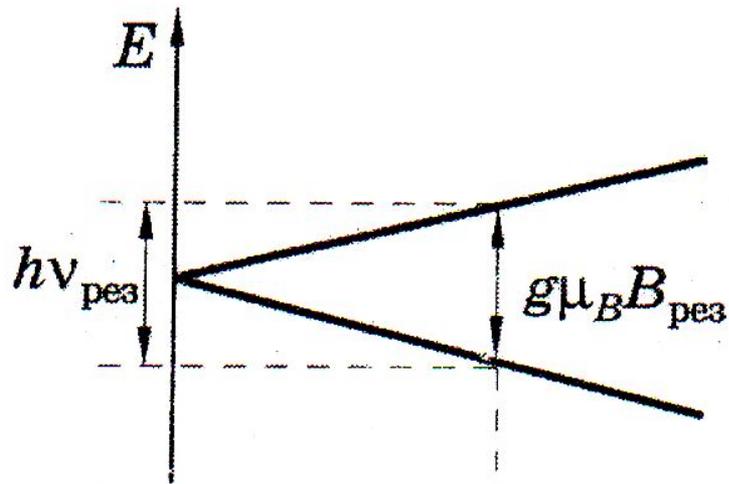
E_0 - уровень в отсутствие поля,
 E_1 и E_2 - уровни, возникающие в присутствии поля
 g – множитель Ланде

$$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m}$$

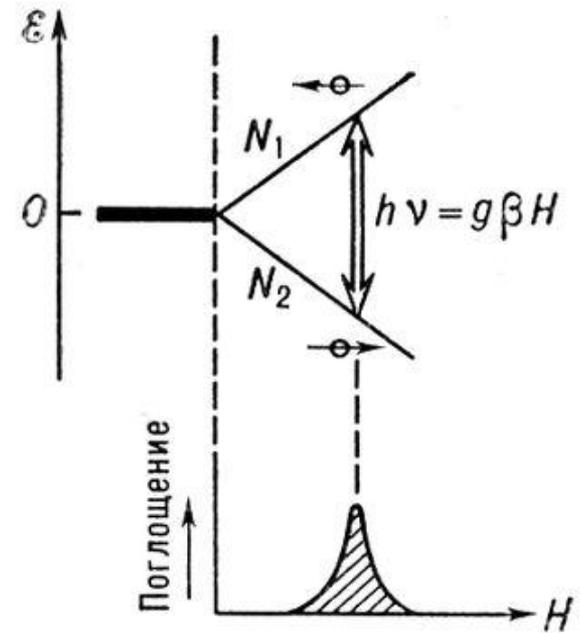
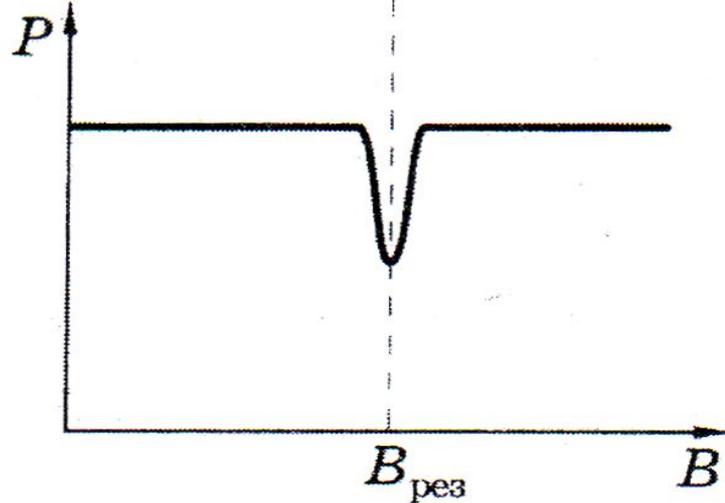
магнетон Бора

B – индукция магнитного поля

Расщепление энергетического уровня электрона в постоянном магнитном поле



Изменение мощности P электромагнитной волны, прошедший образец

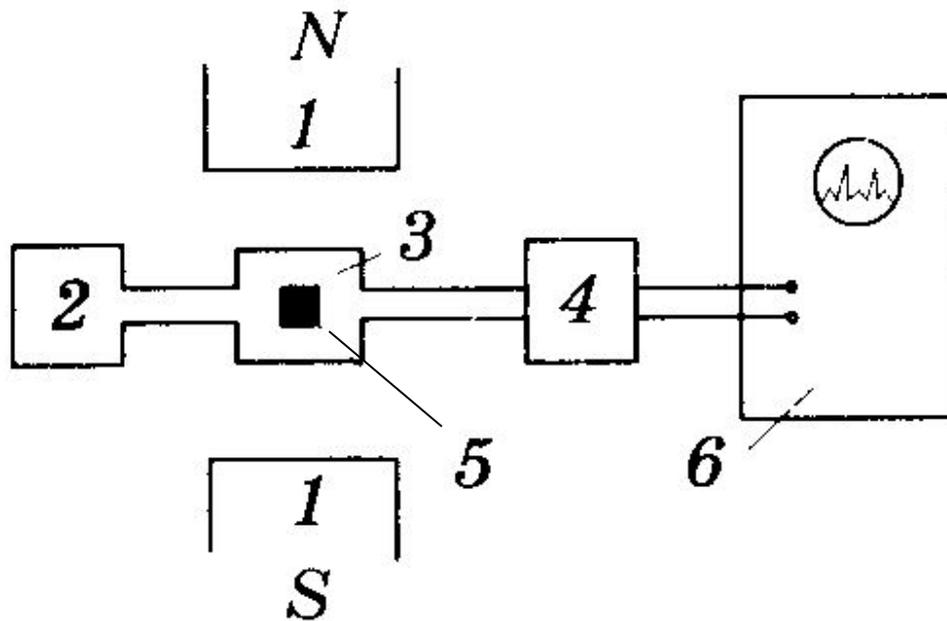


ЭПР - «самый прямой» метод изучения свободных радикалов. По наличию, амплитуде и форме сигналов (спектров) ЭПР можно судить о существовании непарных электронов в образце, определять их концентрацию, а иногда и выяснить, какова химическая структура радикалов, которые эти непарные электроны содержат.

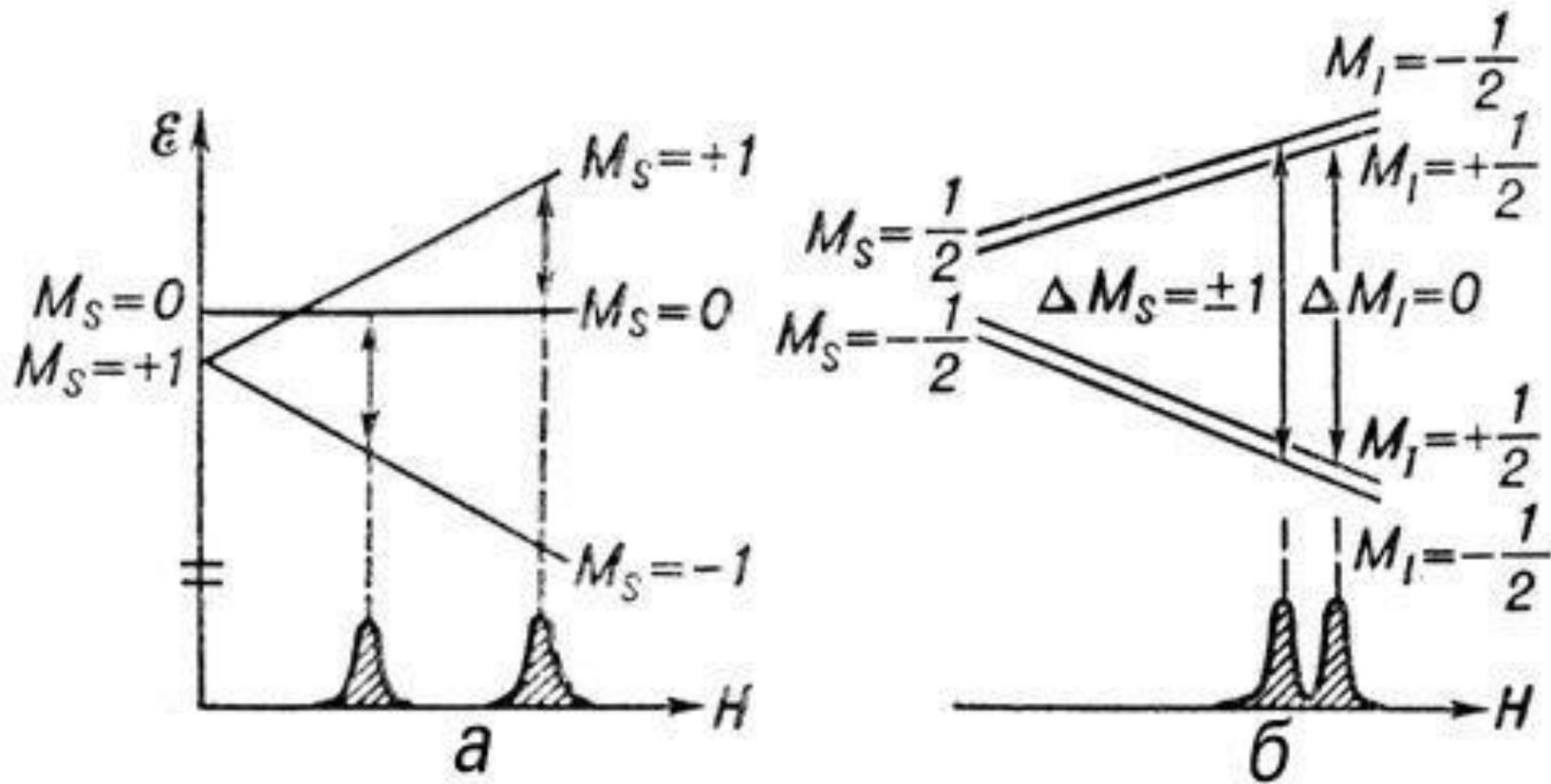
Применение ЭПР в биологии и медицине

- Исследование процессов фотосинтеза.
- Изучение канцерогенной активности веществ.
- Определение концентрации радикалов воздушной среде.
- Определение расположения групп атомов и их взаимодействие.
- Изучение связей молекул липидного слоя мембран.

Блок-схема ЭПР спектрометра



- 1 – Электромагнит, создающий сильное постоянное магнитное поле.
- 2 – Генератор СВЧ излучения переменного магнитного поля.
- 3 – Специальная ячейка.
- 4 – Электронная схема, обеспечивающая запись спектра ЭПР.
- 5 – Образец.
- 6 – Регистрирующее устройство.



а — тонкая структура спектра ЭПР. Для случая $S = 1$ наблюдаются две линии поглощения в результате расщепления уровней при $H = 0$;

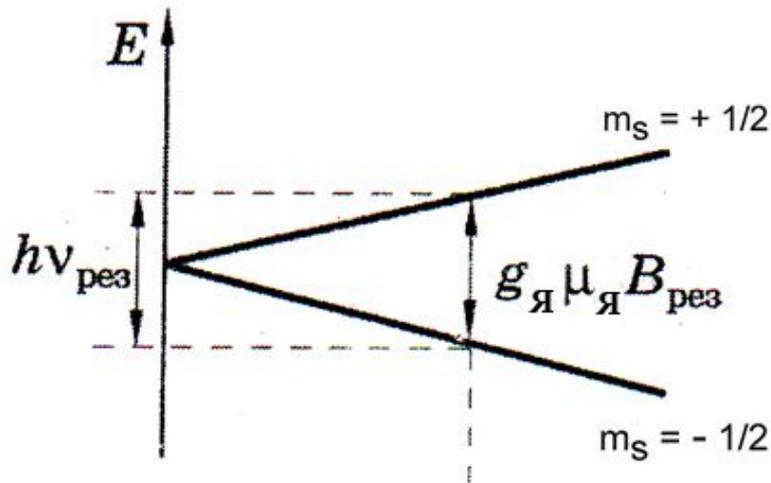
б — сверхтонкая структура спектра ЭПР.

ЭПР томограф

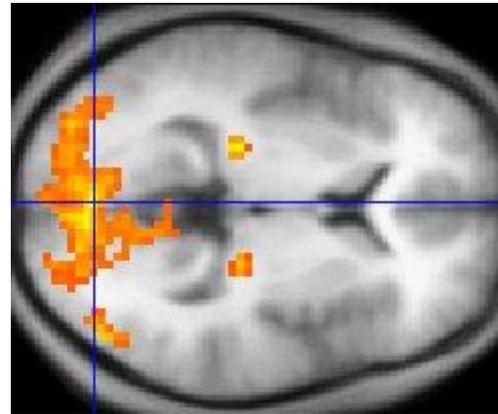


Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)

ЯМР – явление избирательного поглощения электромагнитных волн определенной частоты веществом в постоянном магнитном поле, обусловленное переориентацией магнитных моментов ядер.



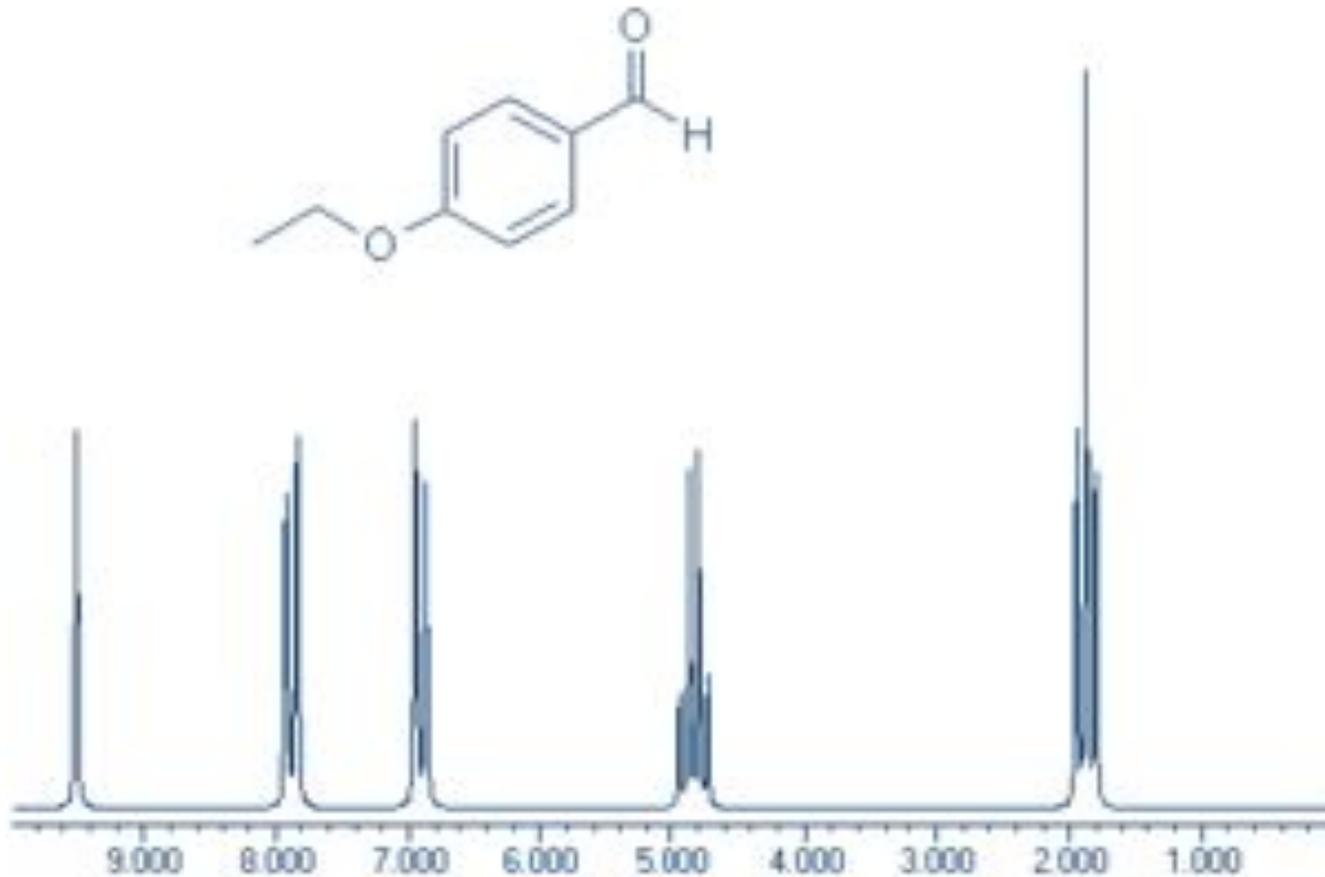
$g_я$ – ядерный множитель Ланде
 $\mu_я$ – ядерный магнетон
 B – индукция магнитного поля



Изображение мозга человека на медицинском ЯМР-томографе.

В медицине с помощью ЯМР получают пространственное изображение внутренних органов человека с разрешением 0,5-1 мм.

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)



Спектр ^1H 4-этоксibenзальдегида. В слабом поле (синглет) сигнал протона альдегидной группы, в сильном (триплет) — протонов метила этоксильной группы.

Сл



ОТКИ

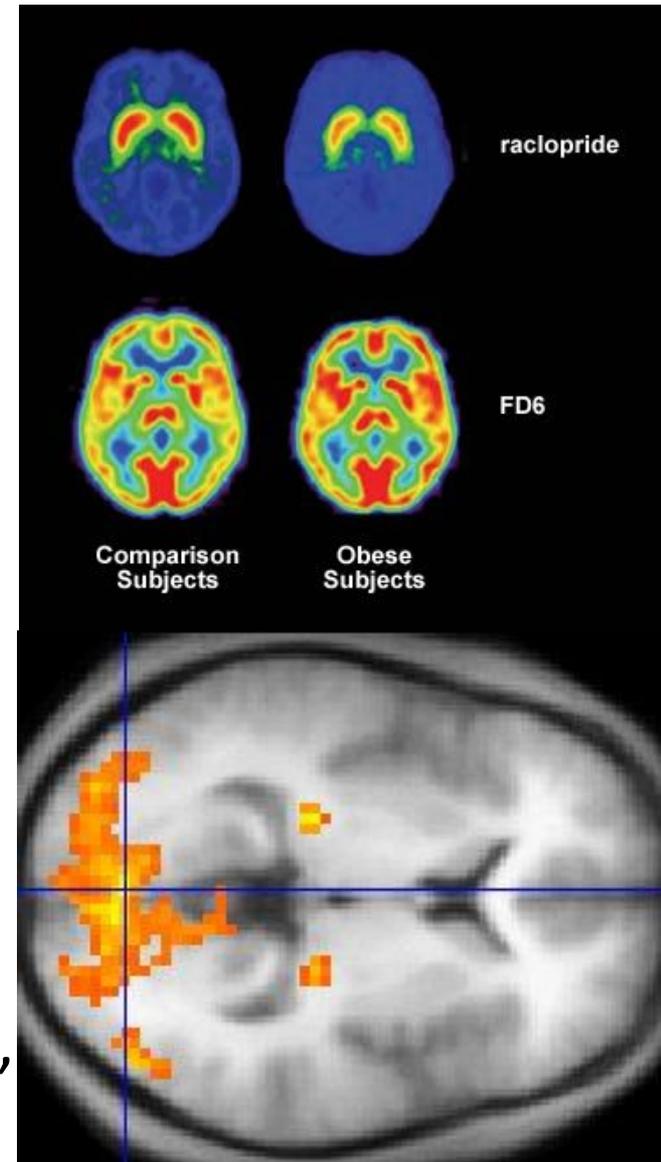
Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2003 г присуждена Полу Лотербуру и Питеру Мэнсфилду за изобретение метода магнитно-резонансной томографии.

- После включения ЯМР в число методов медицинской визуализации прилагательное “*ядерный*” опускается, т.к. в массовом сознании оно связано с ядерным оружием, катастрофами на АЭС и т.д., с которыми ЯМР ничего общего не имеет.
- ЯМР в медицине называют *магнитно-резонансной томографией*.

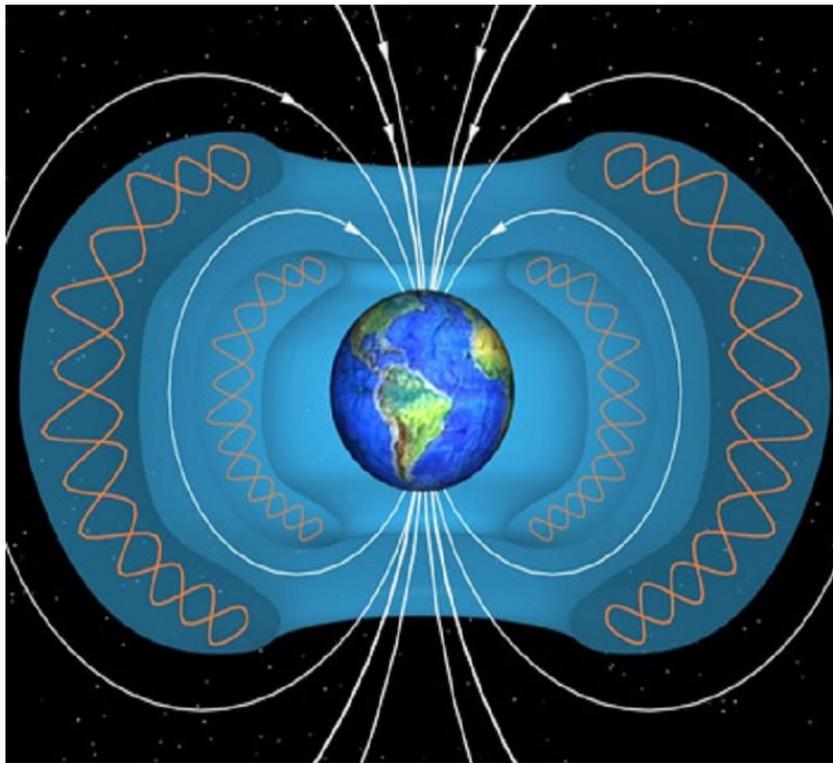
Магнитно-резонансная томография -

метод исследования внутренних органов человека с использованием физических явления ЯМР ядер атомов водорода, входящего в состав всех органических соединений.

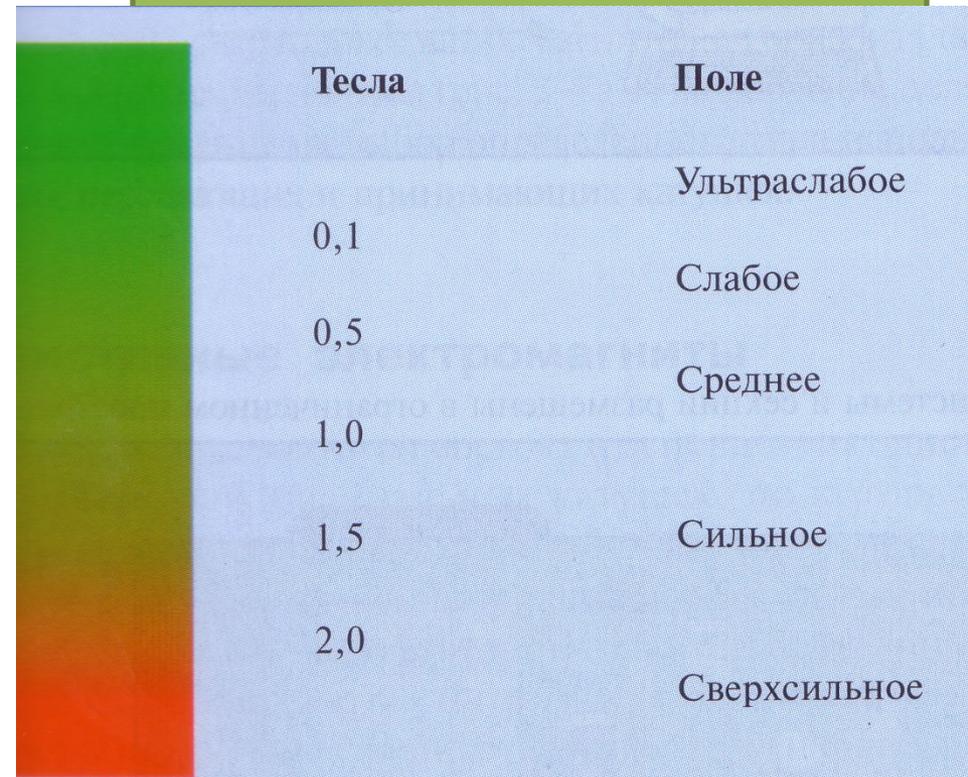
Метод позволяет с высокой четкостью визуализировать мягкие ткани человека (головной мозг, спинной мозг и др.), также позволяет неинвазивно измерить скорость кровотока, тока спинной жидкости, определить диффузию, наблюдать активацию головного мозга.



Магнитное поле Земли около
экватора
 $0.05\text{ мТл} = 0.00005\text{ Тл}$

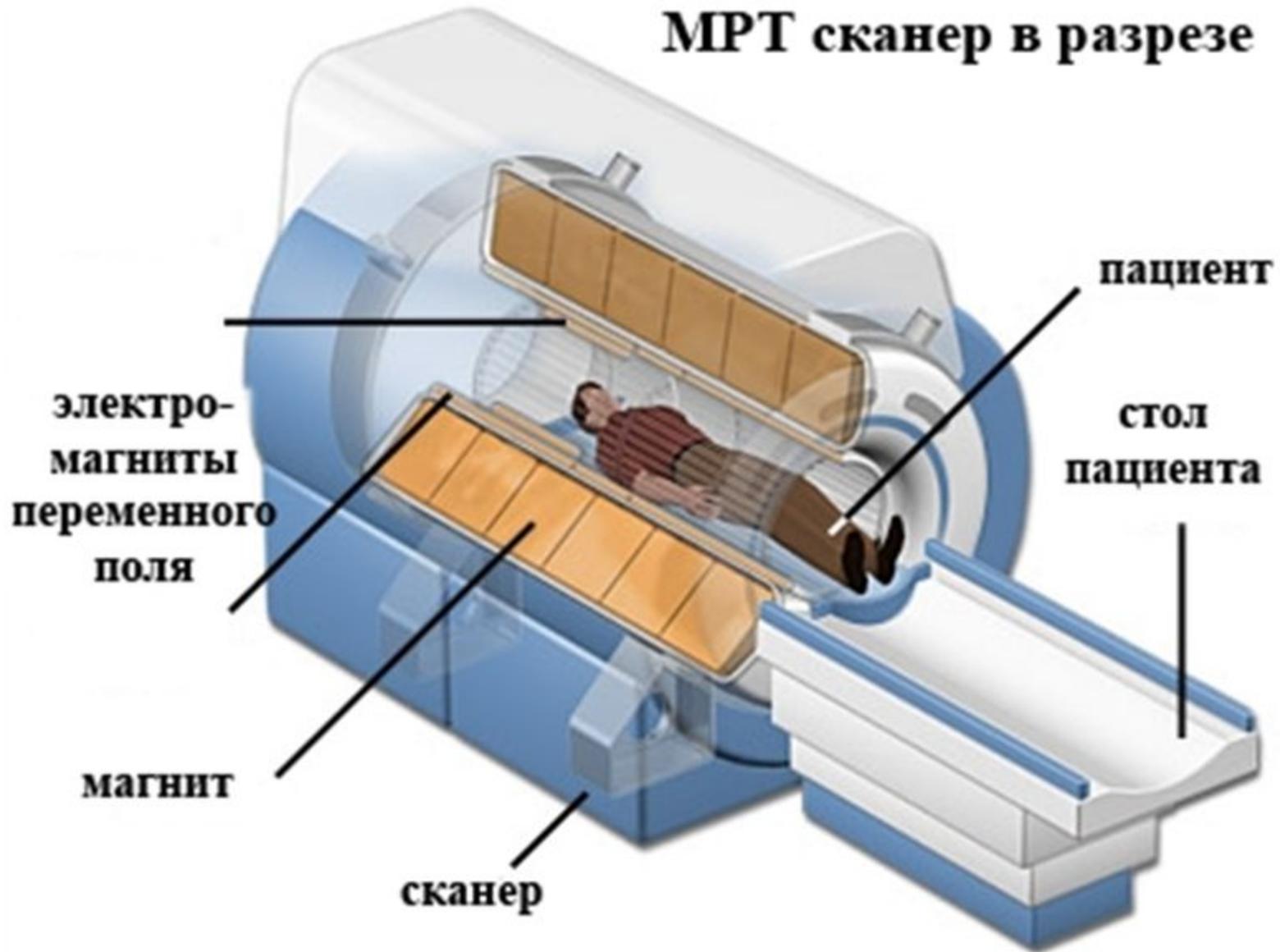


Магнитное поле МРТ
 $0,1-1,5\text{ Тл}$
В системах со слабыми
полями используют
постоянные магниты;
Сильные поля создают
сверхпроводящие
постоянные магниты



МРТ томограф

МРТ сканер в разрезе





MRT головного мозга (боковой срез)

Магнитно-резонансная ангиография



Радионуклидная (радиоизотопная) диагностика

Радионуклидная диагностика (синоним радиоизотопная диагностика) - лучевое исследование с использованием меченых радионуклидами соединений.

Основа метода: некоторые радиоактивные изотопы или меченные ими более сложные химические соединения способны избирательно и с различной скоростью поглощаться отдельными органами и тканями, в том числе и патологически измененными.

Используют: Радиофармацевтические препараты (РФП) - химические соединения, разрешенные для введения человеку с диагностической или лечебной целью, содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид.

РФП дают возможность получать изображения мест с аномальным метаболизмом, что позволяет визуализировать опухоли, воспаления или места тромбоза.

Виды радиоизотопной диагностики

*исследования в
целостном организме*

**РФП вводят в/в, per os,
в/м, ингаляционно.**

**Лучевая нагрузка на
пациента.**

*в биологических образцах
жидкостей и тканей*

**Для анализа достаточно 1-5
мл крови или другой
биологической среды.**

**Лучевая нагрузка на
пациента при этом
отсутствует.**

Виды исследований в целостном организме

методы оценки функционального состояния без получения изображения изучаемого органа (радиометрия, радиография)

Морфологические методы изучения структурно-топографических особенностей органов с последовательным получением изображения изучаемого органа в каждой его точке на бумаге (сканограмма) или одновременным изображением всех точек на дисплее ЭВМ (статическая сцинтиграмма);

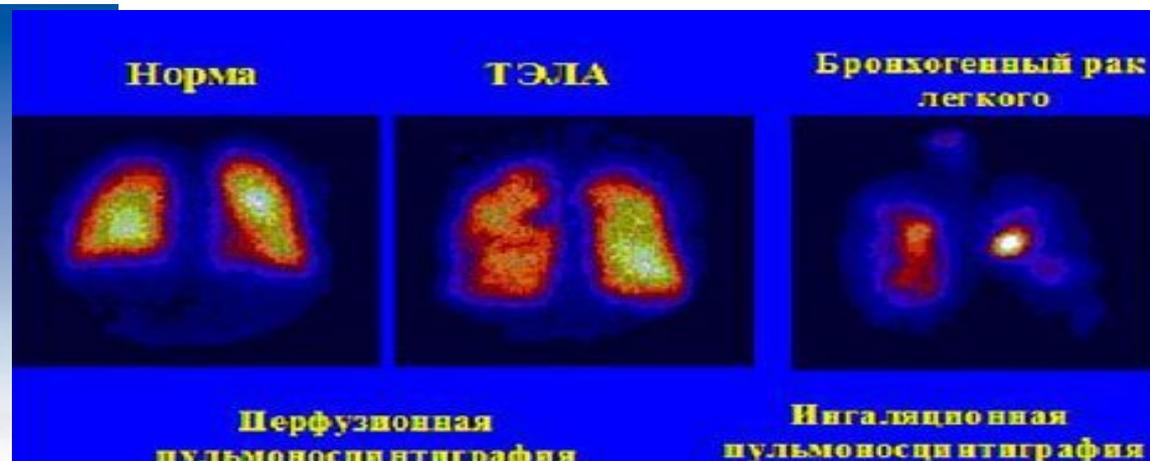
морфо-функциональные методы, обеспечивающие одновременно визуализацию внутренних органов и регистрацию их функциональной деятельности, позволяют визуализировать процессы прохождения РФП по камерам сердца, сосудам головного мозга, легких, почек и т.д.

Критерии выбора радионуклида

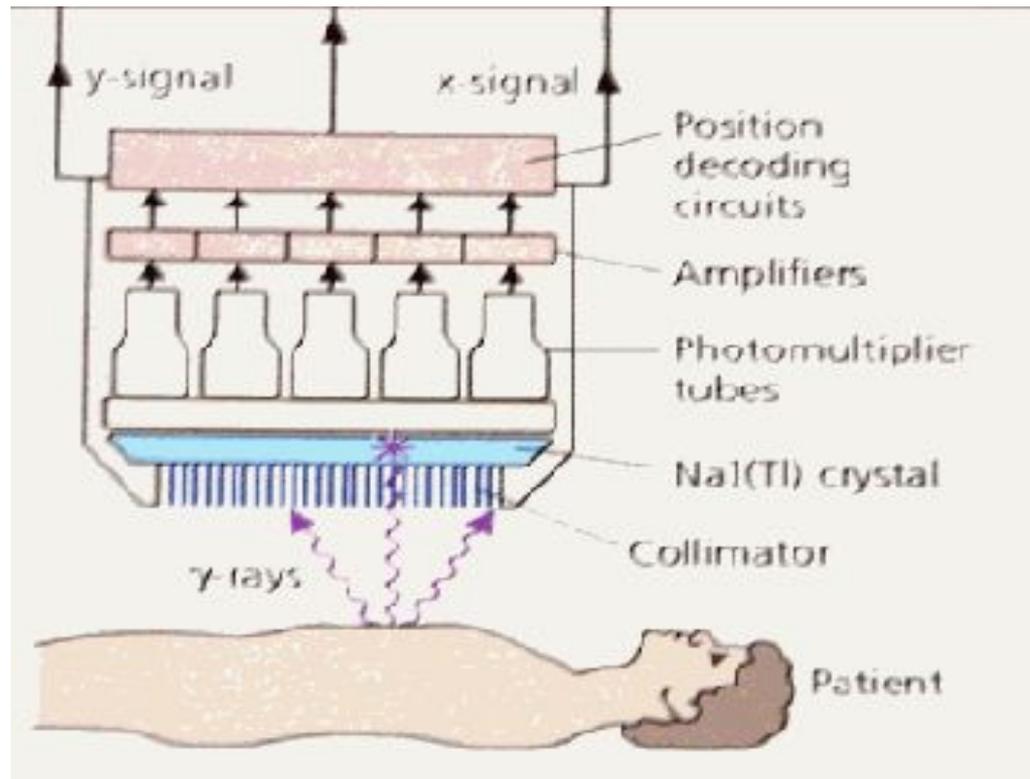
- ❑ Оптимальным нуклидом является тот, который позволяет получить максимум диагностической информации при минимальной лучевой нагрузке на больного.
- ❑ РФП должен быстро поступать в исследуемый орган и быстро выводиться из организма, тем самым снижать лучевую нагрузку.
- ❑ Должен обладать коротким периодом полураспада. Быстрый распад нуклида также обеспечивает безопасность исследования.
- ❑ Пригодность РФП обуславливается биологической характеристикой отражения функций организма или отдельного органа (например, избирательное поглощение щитовидной железой).
- ❑ РФП, вводимые внутрь организма, не должны содержать токсических примесей или радиоактивных веществ, которые в процессе распада образуют долгоживущие дочерние нуклиды.

Гамма-камера

Это основной инструмент современной радионуклидной диагностики. Гамма-камеры предназначены для визуализации и исследования кинетики радиофармпрепаратов во внутренних органах и физиологических системах организма пациента с целью ранней диагностики онкологических, сердечно-сосудистых и других заболеваний человека.



Современная гамма-камера содержит многоканальный коллиматор, с большой площадью поверхности, световод для оптической связи кристалла с гексагональной матрицей ФЭУ и блока аналоговых электронных устройств, обеспечивающих определение координат и амплитуд сигналов. Все указанные компоненты заключены в свинцовый экран достаточной толщины, чтобы свести к минимуму фон от источников радиации, находящихся вне поля зрения камеры.



Принципиальная схема устройства ядерно-медицинских приборов

детектор - воспринимающая часть прибора, обращенная непосредственно к источнику излучения - пациенту, которому введен РФП. Сцинтилляционный детектор в качестве основных элементов имеет коллиматор, кристалл йодида натрия (сцинтиллятор), фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). γ -кванты РФП, попадая на детектор, вызывают в кристалле образование световых вспышек (сцинтилляций) низкой интенсивности. Преобразование слабого светового сигнала в электрический осуществляется ФЭУ;

электронная схема усиления сигналов от детектора;

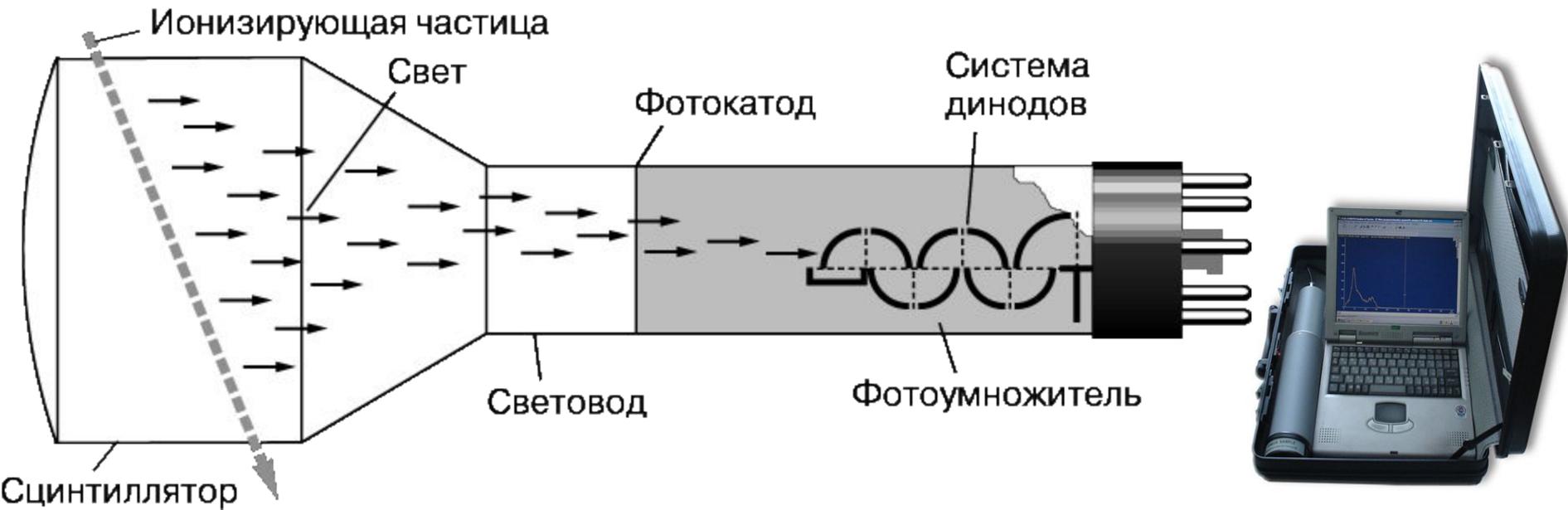
регистрирующее устройство позволяет получить информацию на фотобумаге, цифровую или графическую запись на бумаге или дисплее ЭВМ.

Аппаратура для радионуклидной диагностики

Сцинтилляционные детекторы

В основе сцинтилляционных детекторов лежат вещества, излучающие свет в видимом диапазоне (или вблизи него) при поглощении энергии ионизирующего излучения. Они используются как для регистрации (счёта) частиц, так и для визуализации с помощью радиоизотопов.

Сцинтилляционные счётчики можно использовать в качестве детекторов для визуализации с помощью радиоизотопов в области энергий 50 – 100 кэВ.



Ядерно-медицинские аппараты

В зависимости от способа и типа регистрации излучений все приборы делят на шесть групп:

- медицинские радиометры - для регистрации относительной радиоактивности в органе или в пробах биологических сред (радиометрия щитовидной железы, радиометрия гормонов в крови и др.);
- медицинские радиографы - для регистрации динамики перемещения РФП в организме с представлением информации в виде кривых (ренография, гепатография, кардиография и др.);
- дозкалибраторы - для измерения абсолютной величины активности РФП, вводимой пациенту;
- счетчики всего тела - для измерения общей активности РФП в теле пациента (определение эффективного периода полураспада нуклида, оценка тканевого этапа йодного обмена и др.);
- скеннеры - для регистрации распределения РФП в органе или теле больного с представлением данных в виде рисунка (скеннограм);
- сцинтилляционная гамма-камера, оснащенная ЭВМ - для регистрации динамики перемещения и распределения РФП с одновременным получением на дисплее ЭВМ изображения органа и кривых, отражающих его функцию. По своим функциональным возможностям заменяет радиограф и сканер.



d



e



f



g



Примеры реальных происшествий

Постоянное магнитное поле

- Пациент с установленным кардиостимулятором погиб вскоре после проведения МР-исследования. При судебной экспертизе было установлено, что смерть наступила из-за повреждения кардиостимулятора МР-томографом*.
- Пациент с зажимом (клипсой) на аневризме внутричерепной артерии погиб при попытке проведения МР-исследования головы. Клипса сдвинулась под действием магнитного поля, хотя, по-видимому, перед исследованием сотрудники всё-таки убедились, что она сделана из материала, который можно помещать в МР-томограф.
- Смещение металлических скобок, находящихся около глаза пациента, во время МР-исследования привело к потере зрения на этот глаз.
- У пациента после МР-исследования появились жалобы на двоение в глазах. При проведении повторных МРТ и КТ было обнаружено присутствие металла около глаза. Во время первого исследования пациент находился под наркозом и не мог сообщить о своем самочувствии.
- Стойка для в/в капельницы под действием притяжения магнита упала на пациента, поранив его руку. Рану пришлось зашить скобками.
- Когда медицинская сестра с ножницами вошла в помещение, где находился МР-томограф, притяжение магнита вырвало их из её рук. Ножницы попали в пациента, ранив голову.
- Магнит притянул к себе две части от автопогрузчика, массой около 40 кг каждая, которые ударили техника, сбили его с ног и нанесли серьёзные повреждения.

