

С.Ж.АСФЕНДИЯРОВАТЫНДАҒЫ  
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ МЕДИЦИНА  
УНИВЕРСИТЕТІ



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.ДАСТАНОВА

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ БИОФИЗИКИ, ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

# Презентация на тему: Использование ЯМР и ЭПР в медицинских исследованиях. Томография.

Подготовила:  
Алпыс Алтынай  
Факультет: Общая Медицина  
Группа: 031-2

## План презентации:

1. История открытия явления ЭПР
2. Электронный парамагнитный резонанс
3. ЯМР
4. Классификация МРТ
5. Клиническое применение

## *История открытия явления ЭПР*

Метод был открыт Евгением Константиновичем Завойским в Казанском Университете в 1944 году. Он заметил, что монокристалл  $\text{CuCl}_2$ , помещенный в постоянное магнитное поле **поглощает радиоволны в микроволновом диапазоне.**

Пионерами применения ЭПР в биологических исследованиях были Л.А. Блюменфельд и А.Э. Калмансон, которые в 1958 с помощью метода ЭПР обнаружили свободные радикалы полученные под действием ионизирующего излучения на белки.

# Электронный парамагнитный резонанс

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР, EPR, ESR) - один из основных прямых методов обнаружения и идентификации (изучения строения) **свободных радикалов** и комплексов **металлов переменной валентности**, имеющих **неспаренный электрон** на молекулярной орбитали.

В основе метода лежит резонансное поглощение электромагнитного излучения неспаренными электронами, помещенными в магнитное поле.



Электрон в атоме участвует в двух **видах движения**:

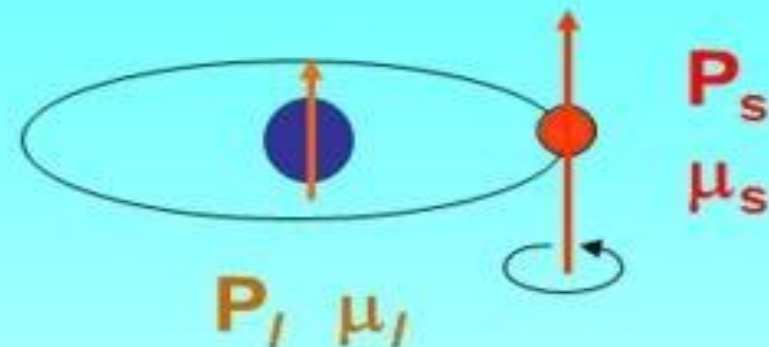
1. **Орбитальном** ( $l$ ) - вокруг ядра атома и
2. **Спиновом** ( $s$ ) - вокруг собственной оси.

# Взаимосвязь механического и магнитного моментов

Из классической механики известно, что момент количества движения электрона на круговой орбите радиуса  $R$

$$P = mvR,$$

где  $m$  - масса электрона, а  $v$  - его скорость.



Движение заряженной частицы по такому же контуру, создает магнитный момент, подобный тому, что возникает при движении тока

$$\mu = IS,$$

где  $I$  - сила тока в контуре ( $I = ve/2\pi R$ ), а  $S$  - площадь контура ( $S = \pi R^2$ ) или

$$\mu = veR/2$$

или, учитывая ( $P = mvR$ )

$$\mu = -eP/2m \text{ (или } \mu/P = -e/2m)$$

Из квантовой механики известно, что

$$P = nh/2\pi,$$

# Суммарный магнитный момент

Таким образом, для орбитального движения

$$\mu_l/P_l = -e/2m$$

Для спинового движения

$$\mu_s/P_s = -e/m$$

Суммарный магнитный момент равен:

$$\mu_j = \mu_l + \mu_s,$$

А суммарный механический равен:

$$P_j = P_l + P_s$$

Однако

$$\mu_j/P_j \neq \mu_l/P_l \neq \mu_s/P_s$$

поэтому вводят коэффициент пропорциональности (g)

$$\mu_j/P_j = -g^*e/2m,$$

где g это g-фактор, т.е. коэффициент, показывающий вклад орбитального и спинового момента в суммарный момент.

В конечном итоге, поскольку  $\mu_l \ll \mu_s$ , то  $\mu_j \approx \mu_s$  и

# Энергия электрона в магнитном поле

равна

$$E = \mu * H * \cos(\mu, H),$$

где  $\mu$  - суммарный магнитный момент электрона,

$H$  - напряженность магнитного поля,

$\cos(\mu, H)$  - угол между векторами  $\mu$  и  $H$  (обычно = 1 или -1),

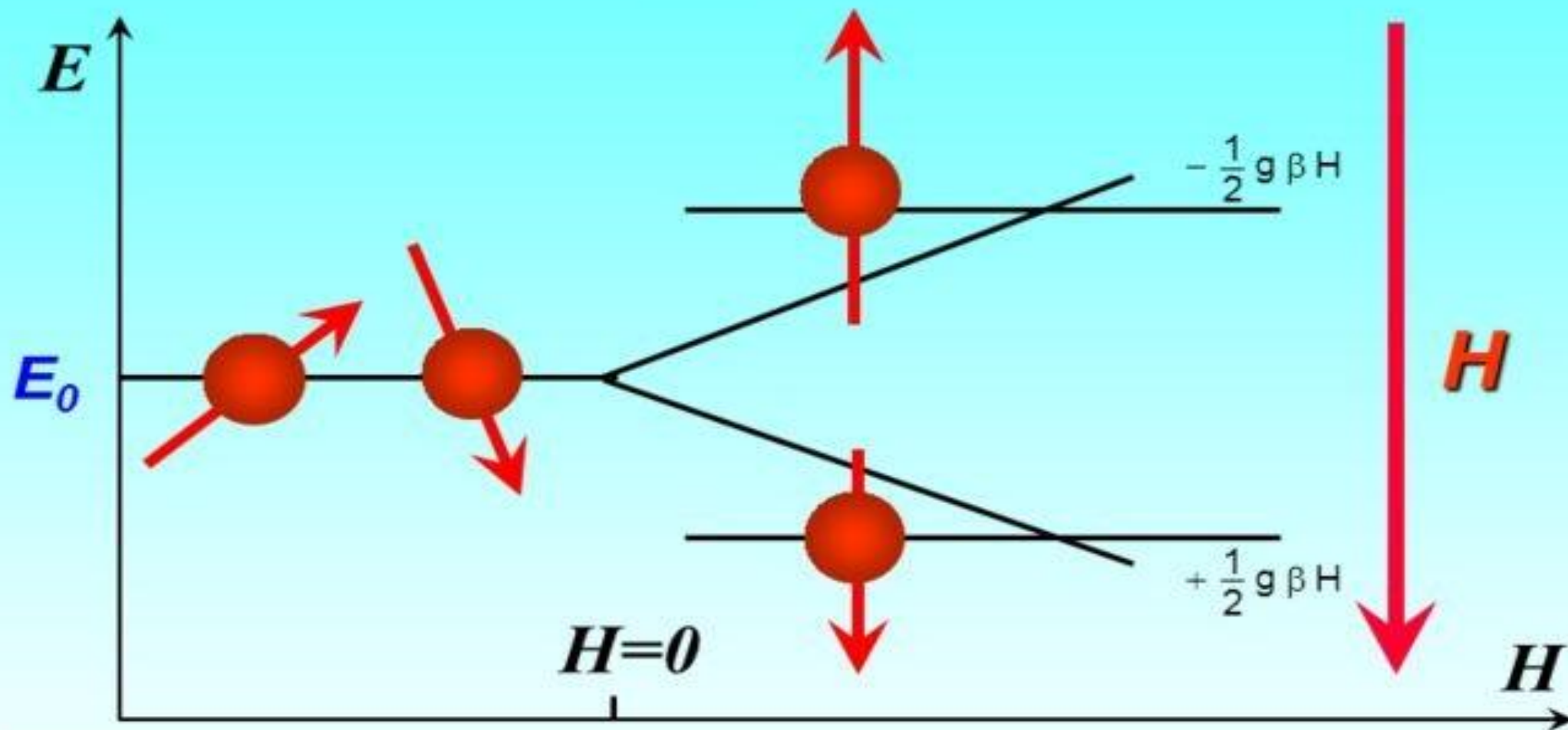
тогда подставив значение  $\mu$  получим

$$E = -g\beta SH,$$

Где  $S$  - спиновое квантовое число = +1/2 или -1/2. В итоге

$$E = \pm 1/2 g\beta H$$

# Расщепление энергетических уровней в магнитном поле (эффект Зеемана)

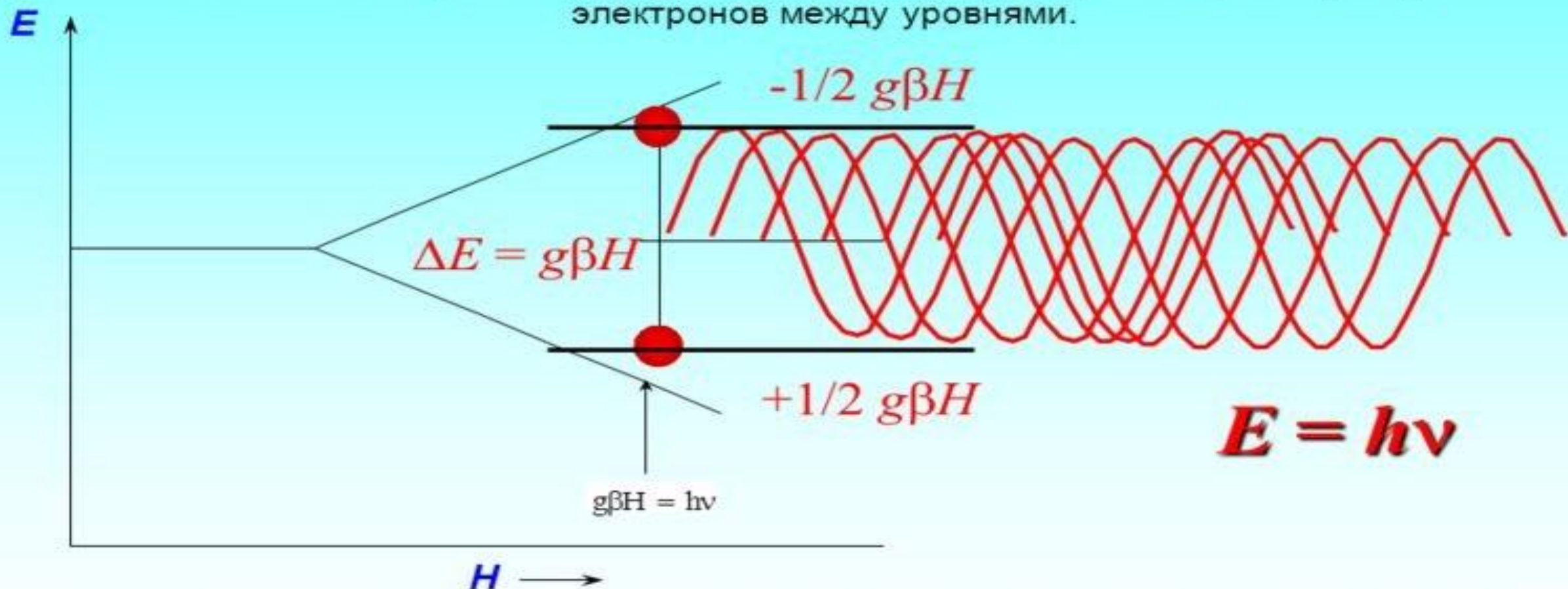


В отсутствие внешнего магнитного поля электроны ориентированы случайным образом и имеют практически одинаковую энергию ( $E_0$ )



# Поглощение электромагнитных волн (явление ЭПР)

Система, где электроны распределены между двумя энергетическими уровнями, может **поглощать электромагнитное излучение**. При определенных значениях величины энергии падающего кванта ( $h\nu$ ), будут происходить переходы электронов между уровнями.



Поглощение будет происходить при условии равенства энергий поглощаемого кванта и энергии перехода между уровнями, т.е. когда

# Почему ЭПР можно наблюдать только у парамагнетиков?



$n_{S=1/2}$  - число электронов с  $S=1/2$ .



$n_{S=-1/2}$  - число электронов с  $S=-1/2$ .



парамагнетик

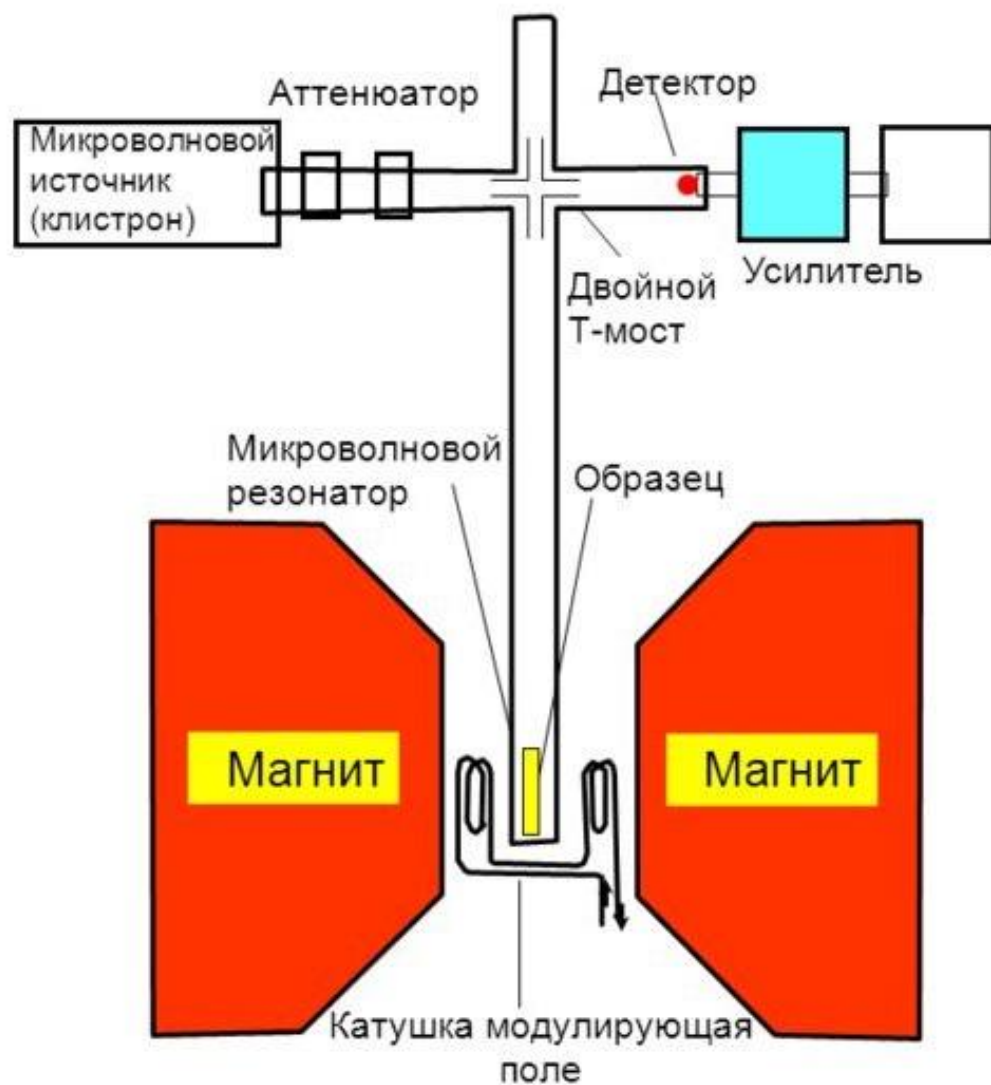
диамагнетик

Разность между числом электронов (*заселенностью*) на двух разных энергетических уровнях в парамагнетиках определяется уравнением Больцмана:

$$\frac{n_{s=1/2}}{n_{s=-1/2}} = e^{-\frac{\Delta E}{kT}} = e^{-\frac{g\beta H}{kT}}$$

$$\frac{n_{s=1/2}}{n_{s=-1/2}} \Big|_{H=0.3T} = 0.002; \Big|_{H=1T} = 0.05$$

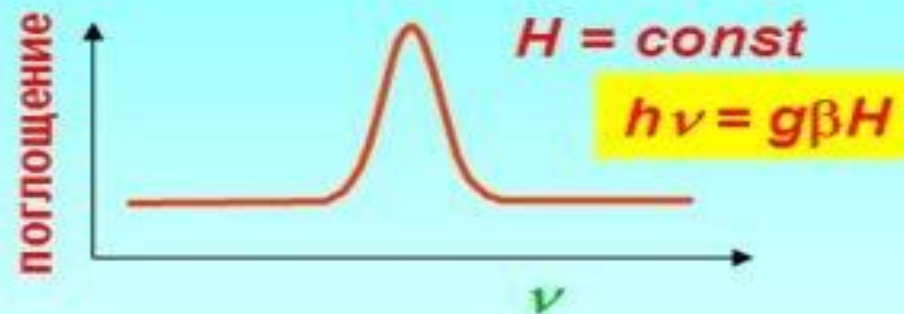
# ЭПР спектрометр



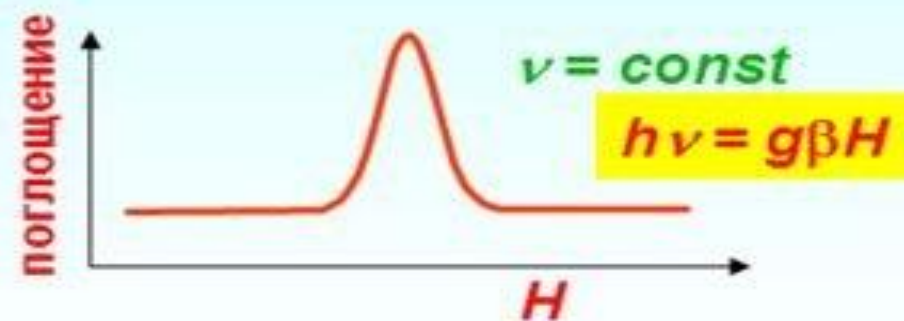
# Как получить сигнал ЭПР ?

Поглощение электромагнитных волн в радиоспектрометре ЭПР можно определять двумя способами:

**1** - При постоянном магнитном поле, мы можем **изменять частоту излучения**. Максимальное поглощение будет наблюдаться при резонансе, когда  $h\nu = g\beta H$ . При этом ожидаемый спектр будет таким:

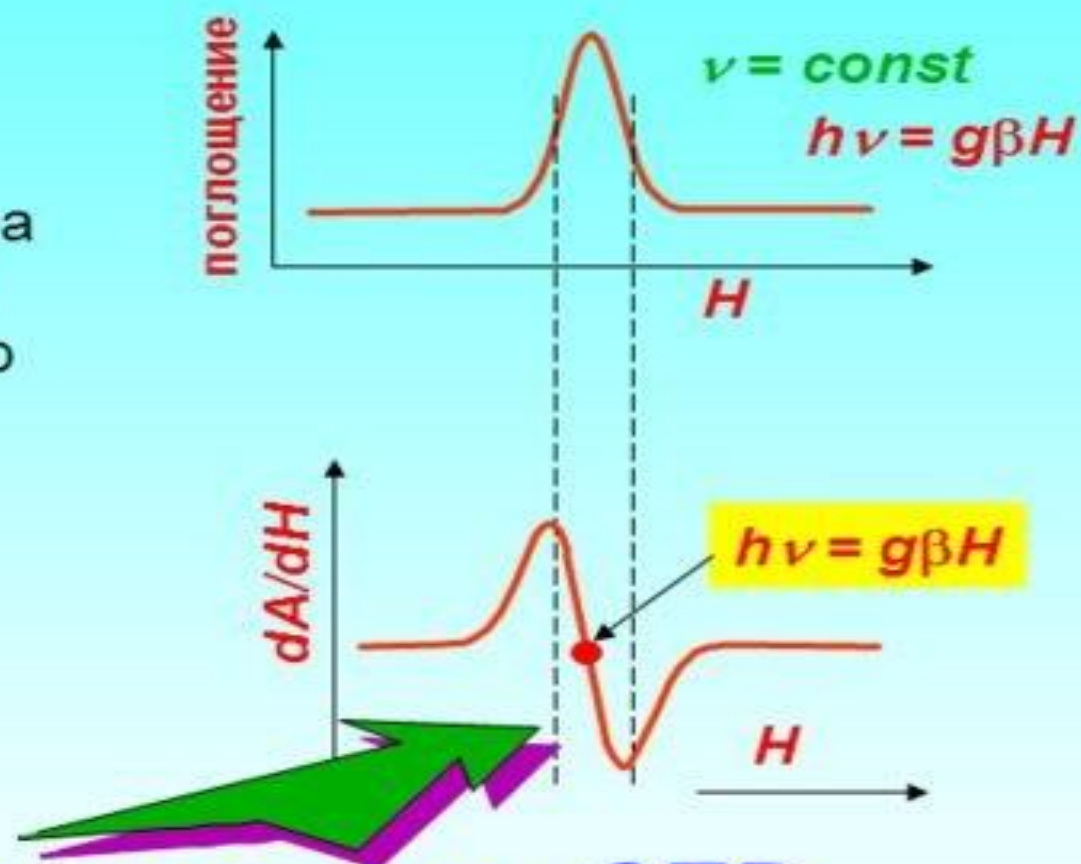


**2** - По техническим причинам мы поступаем по другому: мы используем микроволновое излучение при постоянной частоте волн и **изменяем магнитное поле**.



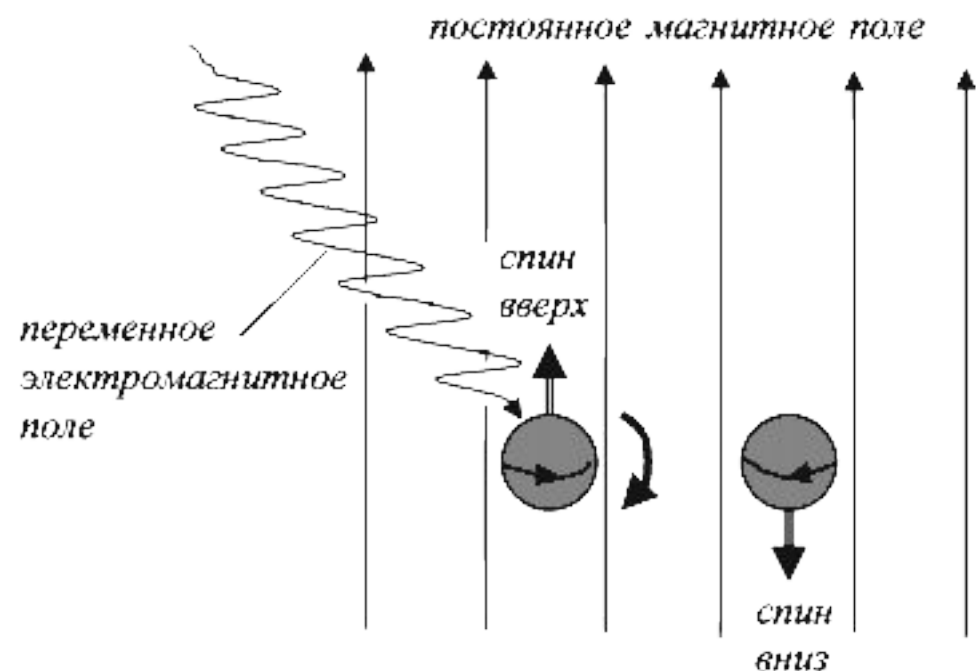
# Что такое сигнал ЭПР ?

Кроме того, в результате усиления сигнала ЭПР (путем его модуляции) мы получаем не поглощение  $A$ , а - первую производную поглощения по полю  $dA/dH$ .



**Вот это мы называем сигналом ЭПР**

ЯМР - общепризнанное сокращение словосочетания **«ядерный магнитный резонанс»** - метод основан на измерении электромагнитного отклика ядер атомов водорода на возбуждение их определённой комбинацией электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряженности.



В 1946 году Феликс Блох из Стенфордского университета и Эдвард Парселл из Гарвардского университета независимо друг от друга открыли явление ядерного магнитного резонанса. В 1952 году оба они были удостоены Нобелевской премии по физике «за развитие новых методов для точных ядерных магнитных измерений и связанные с этим открытия». В период с 1950 по 1970 годы, ЯМР развивался и использовался для химического и физического молекулярного анализа. В 1972 году прошел клинические испытания первый компьютерный томограф (КТ), основанный на рентгеновском излучении. Эта дата стала важной вехой в истории МРТ, так как показала, что медицинские учреждения были готовы тратить большие суммы денег на оборудование для визуализации.

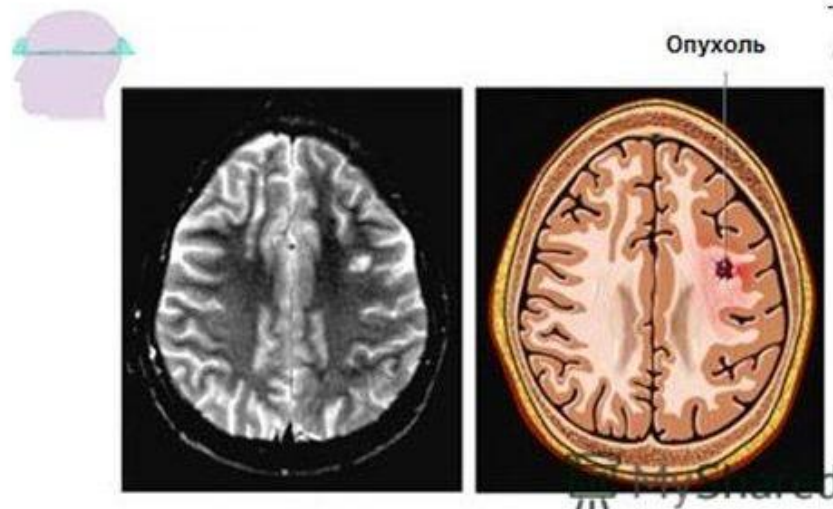


Феликс Блох



Эдвард Парселл

Некоторое время существовал термин ЯМР-томография, который был заменён на МРТ в 1986 году в связи с развитием радиофобии у людей после Чернобыльской аварии. В новом термине исчезло упоминание на «ядерность» происхождения метода, что и позволило ему достаточно безболезненно войти в повседневную медицинскую практику, однако и первоначальное название также имеет хождение.

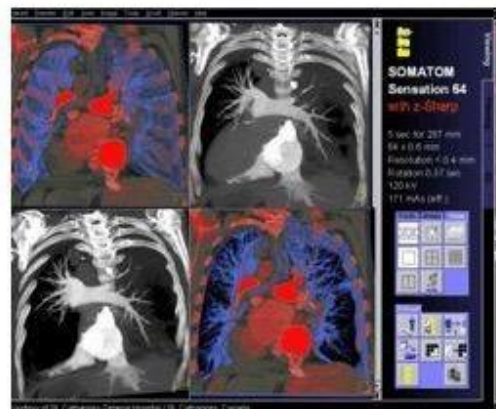
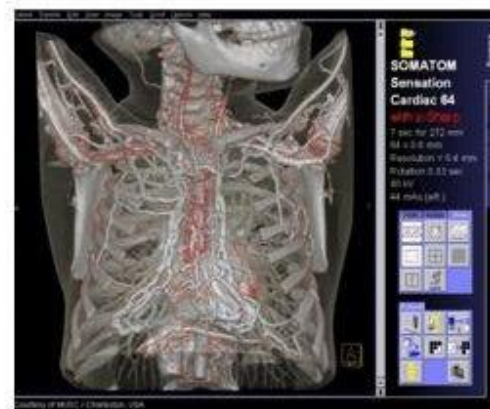
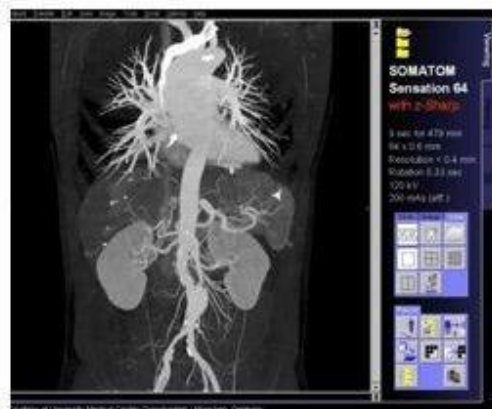




Первые томографы для исследования тела человека появились в клиниках в 1980-1981 годах, а сегодня томография стала целой областью медицины. Магнитно-резонансный томограф (МРТ) – один из наиболее эффективных современных инструментов диагностики, позволяющий визуализировать с высоким качеством головной, спинной мозг и другие внутренние органы. Современные методики МРТ делают возможным неинвазивного исследования функции органов — измерять скорость кровотока, тока спинномозговой жидкости, определять уровень диффузии в тканях, видеть активацию коры головного мозга при функционировании органов, за которые отвечает данный участок коры (функциональная МРТ). По мнению многих ученых, именно появление КТ и МРТ послужило стимулом для невиданного прогресса современной медицины в последние годы.



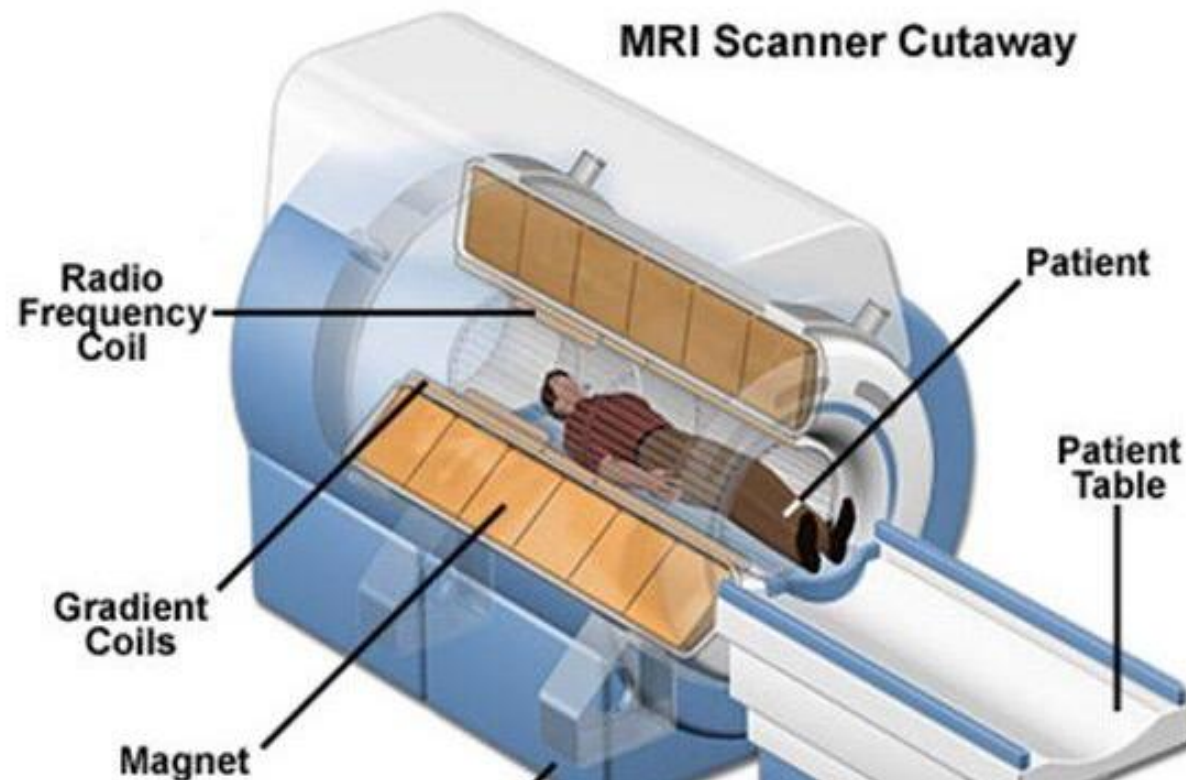
**MPT** – метод исследования мозга, внутренних органов и тканей с использованием физического явления ядерного магнитного резонанса. Метод основан на измерении электромагнитного отклика ядер атомов водорода на возбуждение их определенной комбинацией электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряженности



MyShared

**Во время проведения сканирования пациент находится в туннеле аппарата. Очень важно, чтобы пациент не шевелился во время исследования, потому что даже небольшое движение может снизить качество получаемых изображений.**

**В туннеле сканера хорошее освещение, и есть вентилятор, который обдувает больного и обеспечивает приток свежего воздуха.**



## Классификация МРТ

По типу источника основного магнитного поля	<ul style="list-style-type: none"><li>-Постоянные</li><li>-Резистивные</li><li>-Сверхпроводящие</li><li>-Гибридные системы</li></ul>
По напряженности основного магнитного поля	<ul style="list-style-type: none"><li>-Со сверхнизким полем</li><li>-С низким полем</li><li>-С средним полем</li><li>-С высоким полем</li><li>-Со сверхвысоким полем</li></ul>
По виду конструкции	<ul style="list-style-type: none"><li>-Закрытые</li><li>-Открытые</li></ul>

# Клиническое применение

- При заболевании головного мозга для уточнения результатов КТ
- При исследовании печени, селезенки, почек и надпочечников
- Выявление опухолей средостения и шеи, кроме случаев выявления мелких гемангиом
- Исследования молочных желез
- Уточнение природы образований
- Ранняя диагностика раковых опухолей
- Оценка множественных опухолей
- Определение степени распространения рака после операции
- Оценка эффективности химиотерапии