

СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ.
2. СВОЙСТВА СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ.
3. СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА.
4. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ТКАНЯХ.

1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ

СВОБОДНЫЙ РАДИКАЛ –

МОЛЕКУЛА ИЛИ ЕЕ ЧАСТЬ (АТОМНАЯ ГРУППИРОВКА, ИОН), ОБЛАДАЮЩИЕ НЕСПАРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ.

ЧАСТИЦА С ОДНИМ ТАКИМ ЭЛЕКТРОНОМ - *МОНОРАДИКАЛ*, С ДВУМЯ - *БИРАДИКАЛ*.

СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ - *НЕЙТРАЛЬНЫЕ* и *ЗАРЯЖЕННЫЕ* (ИОН-РАДИКАЛЫ).

2. СВОЙСТВА СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ

1) **ВЫСОКАЯ
РЕАКЦИОННАЯ
СПОСОБНОСТЬ**

**(НАЛИЧИЕ
НЕСПАРЕННОГО
ЭЛЕКТРОНА -
НАЛИЧИЕ СВОБОДНОЙ
ВАЛЕНТНОСТИ).**

2) **ПАРАМАГНЕТИЗМ -
 $\mu > 1$,
ОТЛИЧНЫЙ ОТ НУЛЯ
МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ.**

**Свободные радикалы –
практически единствен-
ные парамагнетики в
организме,
остальные –
диамагнетики.**

3. СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

В норме у человека –
НЕБОЛЬШОЕ
КОЛИЧЕСТВО
В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ
РЕАКЦИЯХ.

Кроме того, это
ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ
ПРОДУКТЫ
всех
ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ.

- РАДИКАЛЫ ВОДЫ -
ГИДРОКСИЛЬНЫЙ OH^\bullet
ГИДРОПЕРЕКИСНЫЙ HO_2^\bullet
- РАДИКАЛЫ
НЕКОТОРЫХ ПЕРЕНОСЧИ-
КОВ ЭЛЕКТРОНА
В ДЫХАТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ
МИТОХОНДРИЙ
- НЕЙТРАЛЬНЫЙ R^\bullet и
ПЕРЕКИСНЫЙ RO_2^\bullet
РАДИКАЛЫ ЛИПИДОВ

**В РЯДЕ ПАТОЛОГИЙ,
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ
и ХИМИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ –**

**РЕЗКОЕ УСИЛЕНИЕ
ПРОЦЕССОВ
СВОБОДНОРАДИКАЛЬ-
НОГО ОКИСЛЕНИЯ
В ОРГАНИЗМЕ.**

**Это особенно
характерно для
ЛИПИДОВ -**

**РОЛЬ
ДИАГНОСТИЧЕСКОГО
ТЕСТА.**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ
КОРОТКОВОЛНОВОГО УФ,
ИОНИЗИРУЮЩЕЙ
РАДИАЦИИ**



**РАЗВИТИЕ
СВОБОДНОРАДИКАЛЬ-
НЫХ ПРОЦЕССОВ**

**В НЕСВОЙСТВЕННЫХ
СУБСТРАТАХ –**

**БЕЛКАХ И НУКЛЕИНОВЫХ
КИСЛОТАХ.**

Последствия негативные.

4. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ТКАНЯХ

ДВА ФИЗИЧЕСКИХ
МЕТОДА –
ЭПР и
ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ
ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ
СОПРОВОЖДАЕТ
НЕКОТОРЫЕ
ЭКЗЕРГОНИЧЕСКИЕ
ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ.

В ОРГАНИЗМЕ –
РЕАКЦИЯ
РЕКОМБИНАЦИИ
ПЕРЕКИСНЫХ ЛИПИД-
НЫХ РАДИКАЛОВ:
$$\text{RO}'_2 + \text{RO}'_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow (\text{продукты})^* \rightarrow$$
$$\rightarrow \text{продукты} + h\nu$$

квант х/л

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОЧЕНЬ ВЕЛИКА – ДО 10^{-14} М РАДИКАЛОВ.

ЭПР

**имеет несколько
меньшую
чувствительность,**

**но зато позволяет
фиксировать изменение
содержания
и определять вид
любых свободных
радикалов,**

**т.е. производить
не только
количественный, но и
качественный анализ.**

**Мы рассмотрим два
родственных по
физической сути
эффекта: ЭПР и ЯМР.
Но для обнаружения
свободных радикалов
используется лишь ЭПР.**

СПЕКТРОСКОПИЯ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

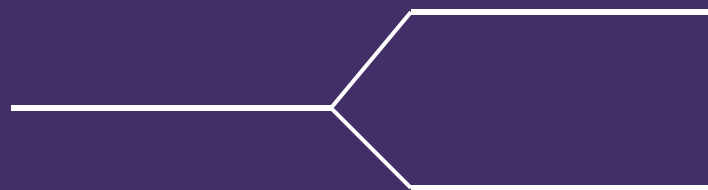
ДВА МЕТОДА:

**ЭПР -
ЭЛЕКТРОННЫЙ
ПАРАМАГНИТНЫЙ
РЕЗОНАНС**

И

**ЯМР -
ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ
РЕЗОНАНС.**

**В ОСНОВЕ –
РАСЩЕПЛЕНИЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УРОВНЕЙ ЧАСТИЦ
В ПОСТОЯННОМ
МАГНИТНОМ ПОЛЕ.**



ЯМР и ЭПР

ПРИЧИНА –
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
С ПОЛЕМ
МАГНИТНЫХ
МОМЕНТОВ
НЕСПАРЕННЫХ
ЭЛЕКТРОНОВ (ЭПР)
или
ЯДЕР (ЯМР).

ТАК КАК МАГНИТНЫЕ
МОМЕНТЫ ИМЕЮТ МНОГИЕ
ЯДРА,
СПЕКТРЫ ЯМР МОЖНО
ПОЛУЧИТЬ В РАЗНЫХ
КЛАССАХ ВЕЩЕСТВ.

- НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ
РЕГИСТРАЦИИ СПЕКТРА
ЭПР -

ПАРАМАГНЕТИЗМ
ВЕЩЕСТВА,
ЧТО И НАБЛЮДАЕТСЯ ПРИ
НАЛИЧИИ НЕСПАРЕННЫХ
ЭЛЕКТРОНОВ.

Расщепление энергетических уровней

В ОТСУТСТВИЕ ПОЛЯ
МАГНИТНЫЕ МОМЕНТЫ
ОРИЕНТИРОВАНЫ
ХАОТИЧЕСКИ.

В ПОЛЕ - ЛИШЬ ОДНИМ
ИЗ ДВУХ СПОСОБОВ:

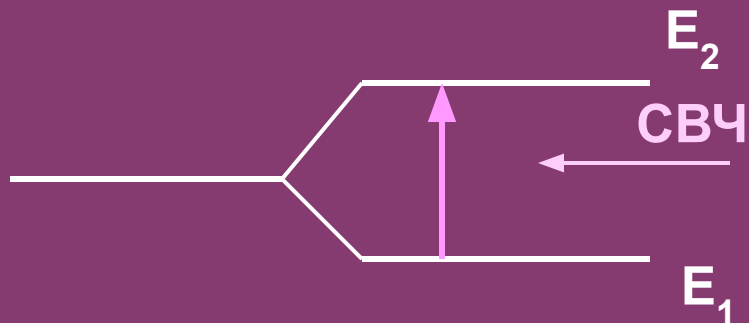
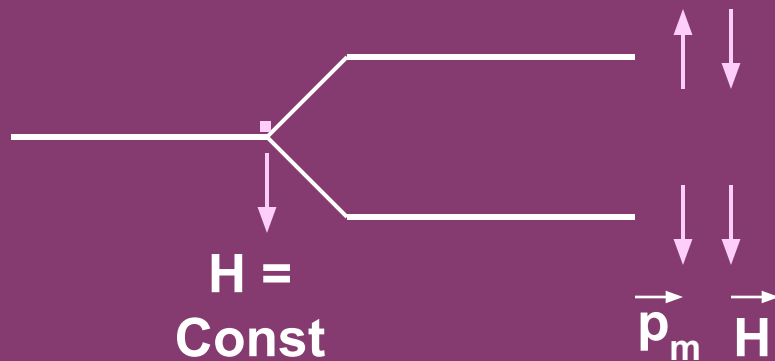
- ПО ПОЛЮ

или

- ПРОТИВ ПОЛЯ.

- В ПЕРВОМ СЛУЧАЕ
ЭНЕРГИЯ ЧАСТИЦЫ
УМЕНЬШАЕТСЯ,
- ВО ВТОРОМ -
УВЕЛИЧИВАЕТСЯ.

В РЕЗУЛЬТАТЕ
ОБРАЗУЕТСЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
СИСТЕМА
ПОДУРОВНЕЙ.



**РАЗНОСТЬ ЭНЕРГИЙ
 ПОДУРОВНЕЙ
 СООТВЕТСТВУЕТ
 ВЕЛИЧИНЕ КВАНТОВ
 ЭМ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЧ-
 ДИАПАЗОНА.**

**БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ
 МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ
 СОРИЕНТИРОВАНА
 ПО ПОЛЮ.**

ПРИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ
ВОЗДЕЙСТВИИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ
ИЗЛУЧЕНИЕМ
СВЧ-ДИАПАЗОНА
ПРОИЗОЙДЕТ
ПОГЛОЩЕНИЕ КВАНТОВ
С ЭНЕРГИЕЙ

$$h\nu = E_2 - E_1$$

И ПЕРЕХОД
С НИЖНЕГО
ПОДУРОВНЯ
НА ВЕРХНИЙ.

ЭТОТ ПЕРЕХОД
И РЕГИСТРИРУЕТСЯ
КАК СИГНАЛ МР
(ЭПР или ЯМР).

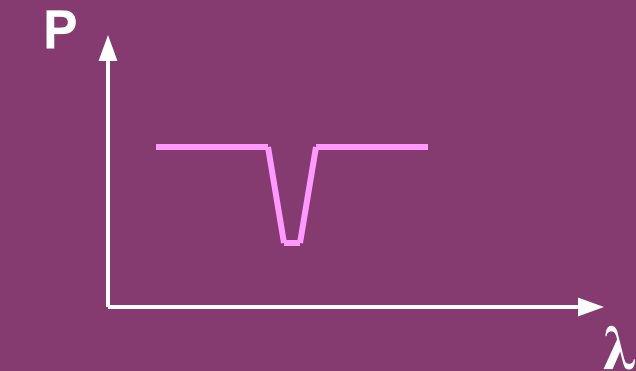
СПЕКТР МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Это
ЗАВИСИМОСТЬ
ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

- МОЩНОСТИ
ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА
ВЕЩЕСТВО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ

или

- ПОГЛОЩЕННОЙ
ВЕЩЕСТВОМ
ЭНЕРГИИ



Параметры и особенности спектра ЭПР

МЕРОЙ КОЛИЧЕСТВА
СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ
СЛУЖИТ ПЛОЩАДЬ ПОД
КРИВОЙ ПОГЛОЩЕНИЯ.

КАЧЕСТВЕННЫЙ
АНАЛИЗ –
ПО СЛЕДУЮЩИМ
ПАРАМЕТРАМ
СПЕКТРА ЭПР:

- ШИРИНА ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ
- ЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СПЕКТРЕ

НАЛИЧИЕ ТОНКОЙ
И СВЕРХТОНКОЙ
СТРУКТУРЫ:

- *ТОНКАЯ* СТРУКТУРА ВОЗНИКАЕТ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕСПАРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ДРУГ С ДРУГОМ,
- *СВЕРХТОНКАЯ* – В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕСПАРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ С ЯДРАМИ.