

Ядерный магнитный резонанс

Якубович Владислав Игоревич

Белорусский государственный медицинский университет, Минск

Научный(-е) руководитель(-и) – кандидат физико-математических наук, доцент

Медведева Ирина Фёдоровна, Белорусский государственный медицинский университет, Минск

Ядерный магнитный резонанс — это резонансное поглощение электромагнитной энергии парамагнитными ядрами, находящимися в сильном магнитном поле при наложении более слабого радиочастотного магнитного поля. Это явление характерно только для ядер с ненулевым спином. Целочисленный спин $I = 1$ имеют ядра с четными массовыми числами и нечетными зарядами (^2H , ^{14}N), полуцелый $I = 1/2$ — ядра с нечетными массовыми числами (^1H , ^{13}C).

Цель работы: систематизация материала по явлению ядерного магнитного резонанса, определение его физических основ на примере атомов водорода, оценка преимуществ использования в медицине в виде магнитно-резонансной томографии.

Рассмотрим физическую основу ядерного магнитного резонанса на примере ядер атомов водорода, являющихся одиночными обособленными протонами. Известно, что вращение положительно заряженного парамагнитного ядра водорода вокруг своей оси обуславливает наличие у него магнитного момента μ и собственного момента количества движения L , которые параллельны друг другу и направлены вдоль оси вращения. При помещении отдельного протона в постоянное внешнее магнитное поле, вектор магнитного момента будет прецессировать, описывая коническую поверхность вокруг вектора индукции B_0 внешнего магнитного поля. Для макроскопического образца суммарный вектор прецессирующих протонов с одинаковой частотой, но разной фазой будет соответствовать вектору макроскопической намагниченности M , совпадающему с направлением внешнего магнитного поля B_0 . Обнаружение макроскопической намагниченности на фоне более сильного внешнего магнитного поля B_0 возможно при отклонении ее вектора M от оси данного поля при воздействии электромагнитным импульсом резонансной частоты. Совпадение частоты прецессии ядра и частоты внешнего переменного поля вызывает увеличение амплитуды прецессии, вследствие чего и возникает поглощение ядром электромагнитной энергии. После отключения радиочастотного излучения прецессирующий вектор M будет формировать постепенно убывающий магниторезонансный сигнал, который можно зарегистрировать специальными приборами.

Явление ядерного магнитного резонанса нашло применение в виде ядерной магнитной резонансной спектроскопии для определения и обнаружения веществ в аналитической химии и нефтяной промышленности.

Ядерный магнитный резонанс используется в медицине в виде магнитно-резонансной томографии для получения томографических медицинских изображений при исследовании внутренних органов и тканей. Наиболее интересными для медицины являются ядра углерода ^{13}C , натрия ^{23}Na , фосфора ^{31}P и водорода ^1H . Последние являются удобным объектом для исследования, т.к. входят в состав всех органических молекул клетки.

Воздействие мощного магнитного поля во время процедуры на тело пациента вызывает резонирование разных атомов в различных частях тела на разных частотах поля. Обнаружение ядер атомов водорода формирует сигнал, который можно принять и преобразовать в изображение.

Преимущества ядерной магнитной резонансной томографии: в высокой разрешающей способности исследования (можно увидеть самые малые объекты), чувствительности к различным химическим связям у различных молекул (более контрастное изображение), возможности изображения сосудистого русла без дополнительного контрастирования с определением параметров кровотока, минимальной лучевой нагрузки на пациента и врача.