

## НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ В ПРЕЦЕССИИ СПИНА ИЗОТОПОВ

Бабаев Р.Г., Шикерун К.Т.

Научный руководитель: В.Ф. Мышкин,

Томский политех

E-mail: [ShikerunK@gmail.com](mailto:ShikerunK@gmail.com), [Bobontuber@inbox.ru](mailto:Bobontuber@inbox.ru)

Большинство химических элементов представлены двумя и более изотопами, отличающихся спином ядра. Известен магнитный изотопный эффект (МИЭ) – сепарация изотопов со спиновыми и безспиновыми ядрами в химических реакциях в жидкости между радикалами, протекающими во внешнем магнитном поле. Развиваются исследования, связанные с действием спиновых ядер ионов изотопов  $^{25}\text{Mg}$ ,  $^{57}\text{Fe}$ ,  $^{67}\text{Zn}$  на скорость биохимических процессов. Например, при взаимодействии иона  $\text{Mg}^{+}$  и молекул АТФ возможно индуцирование радикальных пар и изменение скорости химической реакции с участием изотопов с парамагнитными ядрами.

Без магнитного поля пространственная ориентация спина не определена, все ориентации спинов равновероятны. В магнитном поле наблюдается прецессия спина валентного электрона относительно направления магнитного поля. При этом уменьшается количество возможных комбинаций взаимных пространственных ориентаций сталкивающихся радикалов и наблюдается изменение скорости физико-химических процессов. На условия формирования химической связи между двумя радикалами влияют два фактора: энергия и спин. При этом влиянию магнитного поля на газофазные химические реакции уделяется мало внимания.

Цель работы: анализ парамагнитных явлений в низкотемпературной плазме, помещенной во внешнее магнитное поле.

Подходы, используемые для жидкофазных реакций, для газофазных реакций не пригодны. В настоящее время возможности влияния парамагнитных явлений на газофазные химические реакции, из-за значительно большего значения времени конверсии спиновых пар по сравнению со временем контакта исходных радикалов, не рассматриваются.

При превышении порога реакции более быстрые частицы сталкиваются чаще и поэтому имеют большую вероятность образования химической связи. Без магнитного поля оба изотопа имеют одинаковую и постоянную во времени вероятность формирования синглетных пар. Молекулы, образующиеся из быстрых частиц обладают большей избыточной энергией, и соответственно имеют большую вероятность самопроизвольного развала.

В условиях плазмы для описания химической кинетики используется уравнение Паули, учитывающее распределение атомов реагентов по электронным возбужденным состояниям. С учетом распределения атомов в возбужденных состояниях необходимо учитывать в химической реакции вклад всех возбужденных состояний, отличающихся значением  $g$ -фактора. В магнитном поле частота прецессии спина, кроме  $g$ -фактора, определяется также спином ядра.

Можно выделить  $n=2\pi/\Delta\varphi$  диапазонов фазы при прецессии спина валентного электрона радикала, реализующихся при различных физико-химических процессах как «дискретные» состояния.

Время прецессии спином валентного электрона радикалов диапазона неопределенности  $\Delta\varphi$  по углам прецессии составляет

$$\Delta t = \frac{h}{n g \mu_B (H + a)} .$$

Изотопы одного элемента отличаются значениями  $g$  и  $a$ . Поэтому, в зависимости от частоты столкновений (давления и температуры), разные изотопы могут сталкиваться со вторым радикалом в последовательных актах столкновения в разных фазах прецессии спина. При этом вероятность каждого столкновения со вторым радикалом в фазе прецессии его спина, способного образовать синглетное состояние, составляет  $1/3n$ . Поэтому изотопы с вероятностью 1,0 вступают в химическую реакцию через менее  $3n$  столкновений.

**ВЫВОДЫ.** Прецессию спина в магнитном поле следует считать дискретным по угловой координате. Константу химической реакции между радикалами в магнитном поле можно вычислить из газокинетических параметров, температуры и давления.