

## PERSONALIA

## Кев Минуллинович Салихов

(к 80-летию со дня рождения)

PACS number: 01.60.+q

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2016.11.037988>

3 ноября 2016 г. исполняется 80 лет выдающемуся учёному, научному руководителю Казанского физико-технического института Казанского научного центра Российской академии наук (КазНЦ РАН), академику Кеву Минуллиновичу Салихову.

К.М. Салихов является одним из лидеров теоретической химической физики. Он внёс основополагающий вклад в становление и развитие новой области науки — спиновой химии, в создание теоретических основ магнитных эффектов в химических реакциях и эффектов гиперполяризации электронных и ядерных спинов в ходе спин-зависимых процессов. Его результаты в теории спиновой химии были удостоены в коллективе авторов Ленинской премии (в 1986 году).

Кев Минуллинович (К.М.) заложил теоретические основы современных импульсных методов спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Им получены фундаментальные результаты по теории релаксации спиновой когерентности (фазовой релаксации) в парамагнетиках, вызванной диполь-дипольным взаимодействием между парамагнитными центрами, а также по теории модуляции сигналов спинового эха, обусловленных сверхтонким взаимодействием электронов с магнитными ядрами и спин-спиновым взаимодействием между парамагнитными центрами в спиновых кластерах (парах, тройках и т.д.). Работы К.М. в теории спинового эха создали теоретическую базу для изучения пространственного распределения парамагнитных центров, которые образуются при облучении веществ, а также для развития нанометрологии, основанной на измерении величины диполь-дипольного взаимодействия между парамагнитными центрами (спиновыми метками). В настоящее время в молекулярной биологии импульсные методы ЭПР широко применяются для исследования структуры и молекулярной подвижности путём адресного присоединения спиновых меток к изучаемым молекулам и анализа сигналов электронного спинового эха.

К.М. внёс выдающийся вклад в теорию переноса электронной спиновой когерентности и релаксации спиновой когерентности, вызванной обменным взаимодействием в ходе бимолекулярных столкновений парамагнитных частиц (спиновых зондов). Им предложены кинетические уравнения для спиновой матрицы парамагнитных частиц с учётом бимолекулярных столкновений. Кинетические уравнения получены как для нейтральных частиц, так и заряженных частиц. В случае заряженных частиц рассмотрены растворы электролитов. Кинетические уравнения получены для произвольной кинематики



Кев Минуллинович Салихов

прохождения сталкивающимися частицами области их эффективного обменного взаимодействия. С помощью этих уравнений рассчитаны скорости бимолекулярного спинового обмена при столкновениях свободных радикалов, парамагнитных комплексов ионов переходных элементов, триплетных экситонов, атомов позитрония. Спиновый обмен нередко служит модельным процессом для определения частоты двойных столкновений молекул в растворах. Поэтому развитая К.М. детальная теория спинового обмена оказалась весьма востребованной, особенно в молекулярной биофизике и биохимии, например, для изучения доступности активных участков фермента низкомолекулярными субстратами.

Ярким направлением в научной деятельности К.М. Салихова является исследование с помощью ЭПР

спин-коррелированных систем типа пар Эйнштейна–Подольского–Розена–Бома (ЭПРБ). Примером могут служить электрон-дырочные пары (ион-радикальные пары), которые образуются на первичной стадии ассимиляции солнечной энергии в реакционных центрах фотосинтетических систем. Эти пары разделённых зарядов рождаются в синглетном спиновом состоянии. К.М. теоретически предсказал, что во время разрешённых экспериментах интенсивности линий ЭПР должны осциллировать и что сигналы спинового эха должны иметь аномальную фазу. Эти замечательные особенности спектров ЭПР обязаны спиновой когерентности начального состояния разделённых зарядов и последующей спиновой динамике. К.М. обнаружил ещё одно удивительное проявление спиновой когерентности ЭПРБ пар в эксперименте. В спин-коррелированных парах при косвенном наблюдении эффекта ЭПР, например, при оптическом детектировании ЭПР, могут регистрироваться чрезвычайно узкие линии двухквантовых переходов даже в отсутствие взаимодействия между спинами пары. Работы К.М. продемонстрировали значительный потенциал ЭПР в исследовании когерентных состояний спиновых систем. Эти результаты имеют большое значение для реализации квантовых вычислений с использованием неспаренных электронов парамагнитных центров в качестве кубитов.

В настоящее время научные интересы К.М. Салихова сконцентрированы на развитии новых методов исследования и их приложениях к системам, перспективным для квантовой информатики, спинтроники, оптоэлектроники. Особенно большое внимание он уделяет развитию квантовых вычислений с использованием спинов электронов в качестве кубитов. К.М. Салихов предложил протокол квантовой телепортации в системе электронных спинов. Главной особенностью этого протокола является использование спин-зависимых элементарных

химических актов в качестве логических элементов в реализации алгоритма квантового вычисления. Под его руководством реализуется программа работ по практической реализации квантовых алгоритмов с помощью спинов. Впервые предложен протокол для реализации квантовой операции контролируемый-НЕ (CNOT) при использовании электронных спинов в качестве кубитов. Теоретически и экспериментально показано, что в экспериментах ЭПР с применением многоимпульсных последовательностей проявляется известный в квантовой информатике эффект (парадокс) Зенона.

Пионерские работы К.М. Салихова принесли ему широкое признание. Ему присуждена Государственная премия Республики Татарстан в области науки и техники, ряд международных премий, он награждён орденами "За заслуги перед Отечеством" IV степени, "Знак Почёта", "За заслуги перед Республикой Татарстан", он избран почётным гражданином г. Казани, почётным членом международного общества ЭПР (International EPR/ESR Society, 2014) и международного общества магнитного резонанса (ISMAR, 2015).

Полёт творческой мысли юбиляра, его потрясающая креативность, неиссякаемый оптимизм и заразительный энтузиазм вызывают искреннее восхищение и вдохновляют всех, кому посчастливилось знать его и сотрудничать с ним. Его творческая молодость — залог новых открытий и свершений.

Друзья, коллеги и ученики от всего сердца поздравляют Кева Минуллиновича и желают ему крепкого здоровья, счастья и новых достижений.

*А.Ф. Андреев, С.Н. Багаев, В.К. Воронкова,  
А.А. Калачёв, Ю.Н. Молин, Л.В. Мосина,  
И.В. Овчинников, Р.З. Сагдеев, В.Ф. Тарасов,  
В.В. Устинов, Ю.Д. Цветков, И.А. Щербаков*