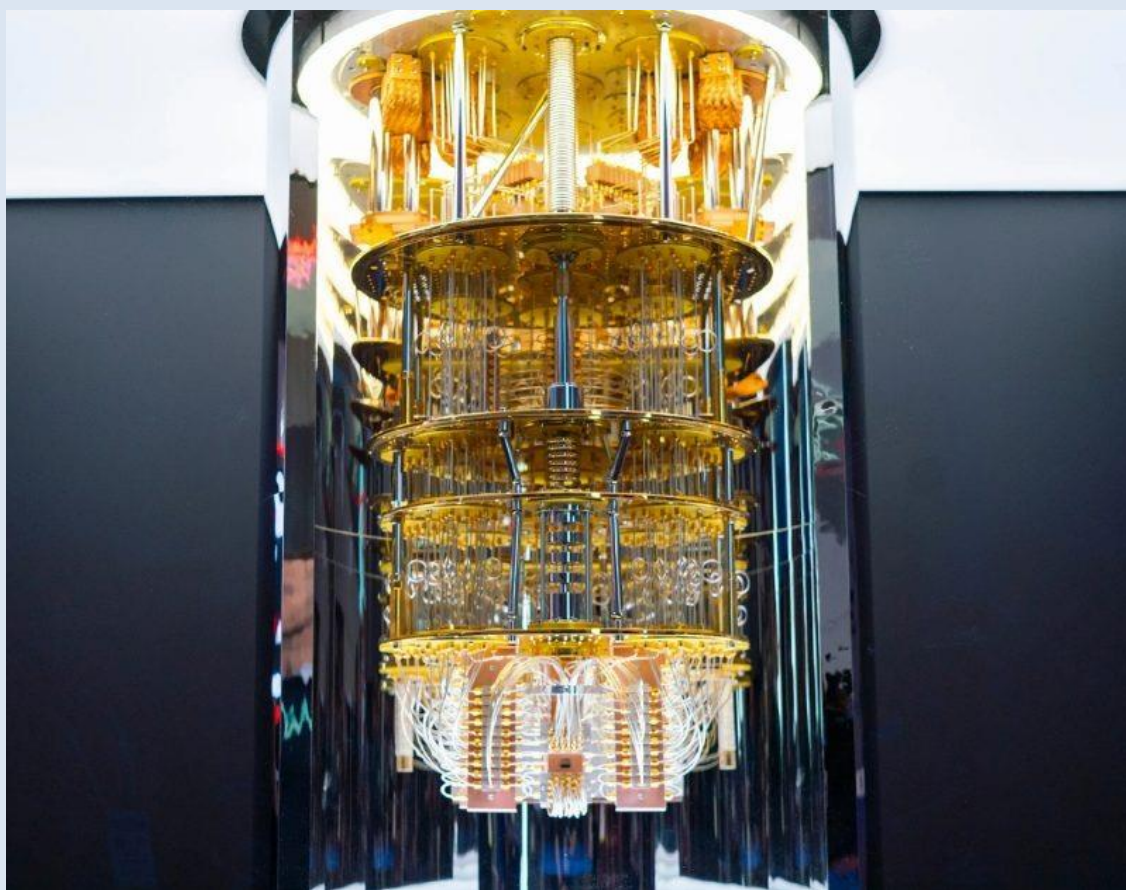


Перст

Информационный бюллетень
перспективные технологии
наноструктуры сверхпроводники фуллерены

Том 32, выпуск 6

июнь 2025 г.



Квантовый компьютер <https://dzen.ru/a/Z8TJrzFJlg1A2ZXL>

Черноголовка

Том 32, выпуск 6

июнь 2025 г.

В этом выпуске:

ФОТОНИКА

Квантовая кухня: с резонатором квантовые состояния готовятся быстрее

Перспективными объектами для квантовых вычислений являются одиночные нейтральные атомы. Нейтральные атомы, в отличие от ионов, не отталкиваются электростатически, что позволяет увеличить плотность кубитов. Атомы захватываются оптическим пинцетом. В оптической ловушке формируют и считывают квантовые состояния: под воздействием лазерного излучения атом переходит в нужное состояние, а для считывания детектируют его флуоресценцию. Однако время жизни атома в определенном состоянии достаточно велико, и время измерений будет большим, что ограничивает скорость передачи информации в сетях квантовых вычислений.

В недавней статье ученых из Univ. of Science and Technology of China (Китай) [1], предложен метод ускорения этого процесса. Метод основан на взаимодействии атома со специально созданным резонатором Фабри-Перо. Это взаимодействие обусловлено эффектом Парселла (Purcell effect), заключающемся в увеличении вероятности спонтанного излучения, а также безызлучательных переходов осциллятора, помещенного в резонатор высокой добротности.

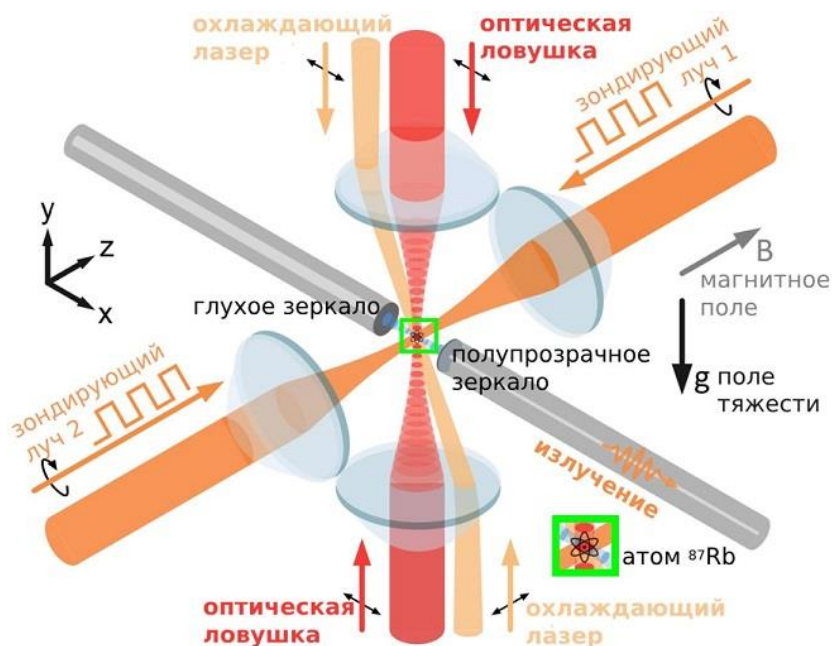


Рис. 1. Схема экспериментальной установки в статье [1].

И далее ...

СПИНТРОНИКА

- 3 Дилемма “курицы и яйца”: сценарии фазовых переходов в сплаве FeRh

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

- 5 Итоги ФКС-2025

ТОРЖЕСТВО

- 6 Золотые медали РАН за 2024 год

КОНФЕРЕНЦИИ

- 7 2-я Международная конференция по передовым лазерным технологиям ALT`25, 22 – 26 сентября 2025 года, Казань, Россия

В эксперименте (рис.1) атом рубидия помещали в оптическую ловушку, создаваемую двумя сфокусированными через систему конфокальных линз лазерными лучами. Атом охлаждается с помощью так называемого сизифова охлаждения, в котором атом подобно мифическому персонажу вынужден раз за разом подниматься к вершинам периодического потенциального рельефа, теряя кинетическую энергию, а затем под оптическим воздействием “охлаждающих” лазеров снова оказывается на дне. Зондирующие лучи используются для перевода атома в возбужденное состояние. Вдоль оси z приложено магнитное поле, снимающее вырождение состояний атома за счет эффекта Зеемана. Резонатор Фабри-Перо состоит из глухого зеркала, полностью отражающего свет, и полупрозрачного зеркала, через которое выводится излучение флуоресценции. Резонатор настроен на частоту перехода исследуемого квантового состояния.

Для демонстрации влияния эффекта Парселла исследователи измерили временные и спектральные характеристики флуоресценции. На рис.2. представлен график зависимости интенсивности флуоресценции от времени для атома в ловушке без резонатора и с резонатором. По графику рассчитано, что в системе с резонатором флуоресценция затухает в 10 раз быстрее, чем без резонатора.

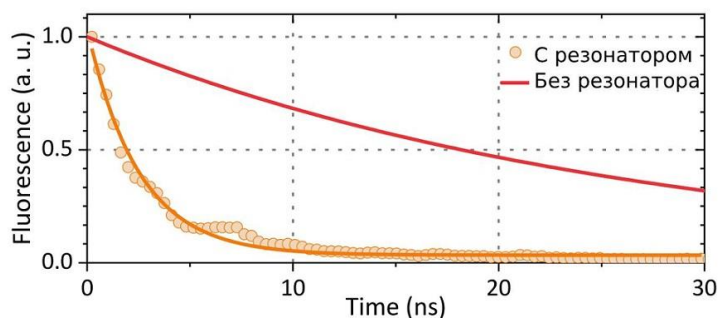


Рис. 2. Интенсивность флуоресценции в зависимости от времени.

Таким образом, уменьшается и время считывания информации о квантовом состоянии. В работе проведены расчеты динамики количества фотонов и надежности считывания состояния. Время считывания состояния с надежностью 99,2% составило 200 нс.

Проведенные исследования, возможно, станут одним из драйверов дальнейшего использования нейтральных атомов в качестве кубитов в квантовых компьютерах. В конце прошлого года российские ученые из МГУ им. Ломоносова и Российского квантового центра уже со-

здали квантовый компьютер на атомах рубидия [2], и безусловно, нас ждет дальнейшее техническое усовершенствование этих систем.

3. Пятакова

1. J.Wang et al., *Phys. Rev. Lett.* **134**, 240802 (2025).

2. <https://cqt.phys.msu.ru/ru/press/news/2025-01/quantum-computer-prototype>

СПИНТРОНИКА

Дилемма “курицы и яйца”: сценарии фазовых переходов в сплаве FeRh

Сплав железо-родий (FeRh) при концентрации компонентов, близкой к эквиатомной, является уникальным материалом, демонстрирующим ярко выраженные магнитокалорические, барокалорические и эластокалорические эффекты, и находящим применения от стрейнтроники и энергосберегающих технологий до биомедицины [1]. Этими свойствами FeRh обязан необычному фазовому переходу из антиферромагнитного в ферромагнитное состояние (АФМ-ФМ), который возникает при повышении температуры выше некоторой критической и сопровождается изотропным расширением со значительным (на 1%) увеличением объема кристаллической ячейки. В связи с этим возникает вопрос о механизме перехода, сходного с логической проблемой о том, что появилось раньше, курица или яйцо. В попытках понять, вызывают ли превращения в спиновой подсистеме перестройку кристалла, или, напротив, фазовый переход в решеточной подсистеме меняет характер взаимодействия между магнитными атомами, исследователи обратились к методам сверхбыстрого магнетизма [2,3]: мощный импульс фемтосекундного лазера (накачка) служит причиной сверхбыстрого разогрева, а повторный импульс меньшей амплитуды (зонд), следующий за накачкой с задержкой, регулируемой на субпикосекундном уровне точности, позволяет отследить динамику намагниченности по магнитооптическому эффекту. В частности, было замечено, что спиновая динамика после накачки начинается не сразу, “время ожидания” составляет больше десятка пикосекунд [3].

В недавней публикации [4], международная команда ученых (в т.ч. российских), собранная А.В. Кимелем из Radboud Univ. (Нидерланды) привнесла новый фактор в исследования сверхбыстрой спиновой динамики — сильные магнитные поля, что позволило выявить

несколько маршрутов фазовых переходов в FeRh, характерные времена которых отличаются на порядок – от единиц до десятков пикосекунд (рис. 1).

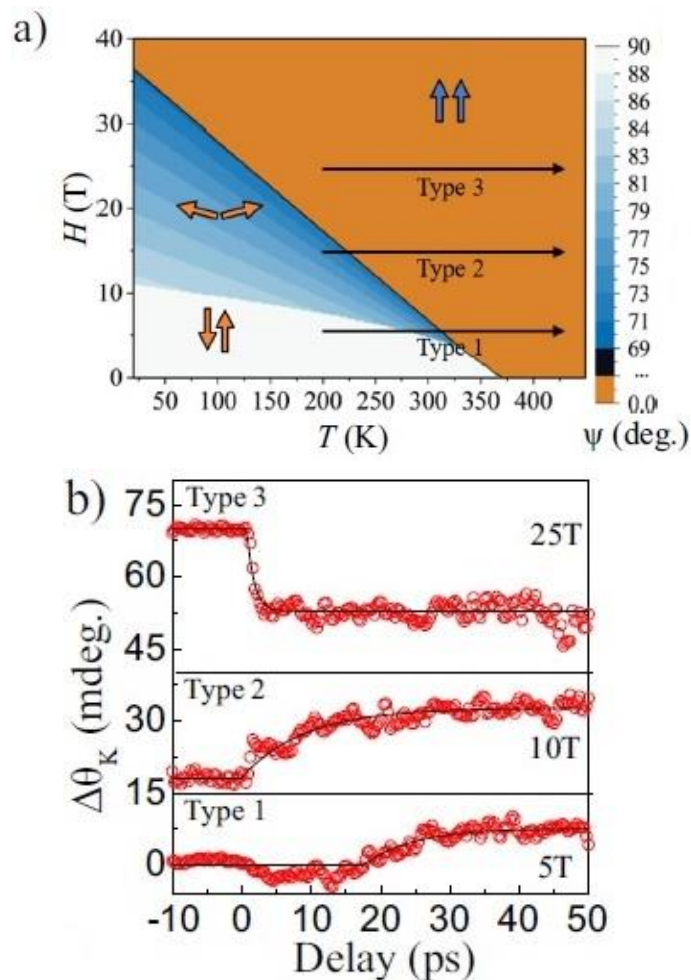


Рис. 1. Фазовые переходы в FeRh.

а) – Фазовая диаграмма в осях магнитное поле – температура, цветом показан угол скоса магнитных подрешеток. Белой области соответствует коллинеарное антиферромагнитное состояние, синей – фаза спин-флопа со скошенными подрешетками, оранжевой зоне – ферромагнитное состояние. Черные стрелки показывают три маршрута, по которым происходят фазовые превращения в FeRh при нагреве от 200 К, они отличаются стартовыми состояниями: коллинеарная АФМ фаза (Type 1), скошенные спины (Type 2), ФМ фаза (Type 3).

б) – Динамика намагниченности, измеренная по зависимости угла керровского вращения $\Delta\theta_K$ от времени (красные кружки – экспериментальные данные, черные линии – аппроксимация, для $H = 5$ Тл, 10 Тл, и 25 Тл, соответствующие трем маршрутам на фазовой диаграмме; для маршрута время ожидания составляет $\Delta\tau = 17.0 \pm 0.6$ пс).

В сильном магнитном поле антиферромагнетики перед тем, как перейти в ферромагнитное состояние, проходят фазу спин-флопа, в которой намагниченности подрешетки “падают” в

плоскость, перпендикулярную полю, при этом возникает скос намагниченностей подрешеток, увеличивающийся с ростом поля (см. фазовую диаграмму на рис. 1а). В соответствии с этим возможны несколько типов спиновой динамики при увеличении температуры: в случае магнитных полей, не превышающих 5 Тесла, переход проходит “по старому маршруту” из коллинеарного антиферромагнитного в ферромагнитное (стрелка “Type 1” на фазовой диаграмме), и, как и ранее, спиновая динамика начинается через время ожидания 17 пс после импульса накачки. В полях выше критического поля спин-флопа материал нагревается уже из состояния со скошенными подрешетками (Type 2). Примечательно, что в этом случае динамика спинов наблюдается сразу после накачки. Такое различие двух маршрутов – с временем ожидания и без него – имеет простое объяснение в рамках механики вращательного движения: неколлинеарное расположение спинов во втором случае позволяет им прецессионировать в поле обмена, в то время как в фазовом переходе по первому маршруту начальное расположение спинов таково, что момент силы, действующий на них со стороны поля обмена, равен нулю, и хотя это равновесие неустойчиво подобно перевернутому маятнику, требуется дополнительное возмущение, чтобы вывести систему из точки равновесия.

Наконец, возможен и третий маршрут, при очень больших полях (> 20 Тл): нагрев системы начинается уже в ферромагнитном состоянии, и дальнейшее повышение температуры приводит только к уменьшению намагниченности за счет приближения к точке Кюри (Type 3). В этом случае эволюция намагниченности проявляется в виде скачкообразного падения за время порядка 2 пс.

Новые данные позволили снова подступить к проблеме “курицы и яйца”: рассматривая две альтернативы, авторы склоняются к сценарию, при котором изменение обменного поля происходит на временах, характерных для процесса расширения решетки, то есть эволюция спиновой подсистемы не предшествует решеточной, и оба процесса развиваются одновременно.

А. Пятаков

1. А.А.Амиров, А.М.Тишин, О.В.Пахомов, *ФТТ* **64**, 395 (2022).

2. G.Ju et al., *Phys. Rev. Lett.* **93**, 197403(2024).

3. G.Li et al., *Nature Commun.* **13**, 2998 (2022).

4. I.A.Dolgikh, T.G.H.Blank, A.G.Buzdakov, G.Li, K.H.Prabhakara, S.K.K.Patel, R.Medapalli, E.E.Fullerton, O.V.Koplak, J.H.Mentink, K.A.Zvezdin, A.K.Zvezdin, P.C.M.Christianen, A.V.Kimel, *NPJ Spintronics* 3, 5 (2025).

ВЕСТИ С КОНФЕРЕНЦИЙ

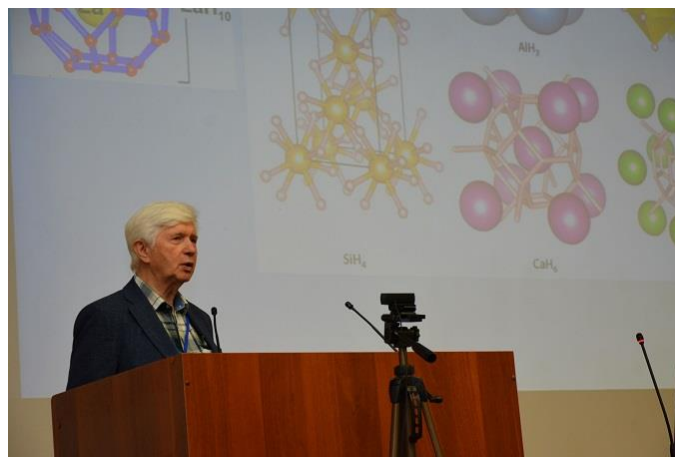
Итоги ФКС-2025

Со 2-го по 6-июня 2025 года в Черноголовке, на базе ИФТТ РАН состоялась IV Международная конференция “Физика конденсированных состояний” (ФКС-2025).

Тематика конференции охватывала широкий спектр фундаментальных и прикладных проблем физики твердого тела: фазовые превращения; спектроскопия твердых тел; физика дефектов; кластеры и нанобъекты; сверхпроводимость; низкоразмерные структуры и физика поверхности; физическое материаловедение.

На открытии мероприятия директор ИФТТ РАН член-корр. РАН А.А. Левченко пожелал участникам конференции плодотворной работы и содержательных докладов, подчеркнув, что целью конференции является не только обсуждение новых достижений в области физики конденсированных состояний, но и вовлечение в научную деятельность молодых исследователей. Также во время работы конференции А.А. Левченко представил собравшимся академика РАН Н.В. Мушников, избранного Ученым советом института в 2025 году почетным членом ИФТТ РАН, и вручил ему диплом и медаль почетного члена ИФТТ РАН.

Научную Программу ФКС-2025 открыл приглашенный доклад руководителя ЦВСиКМ ФИАН академика РАН В.М. Пудалова “О сверхпроводимости при нормальных условиях”. С приглашенными докладами на ФКС-2025 также выступили: академик АН Республики Башкортостан Р.З. Валиев, академик АН Республики Татарстан Л.Р. Тагиров, академик РАН Н.В. Мушников, д.ф.-м.н. О.А. Алексеева, д.ф.-м.н. Астафьев О.В., чл.-корр. РАН М.М. Коршунов, чл.-корр. РАН Д.В. Рошупкин и д.ф.-м.н. В.В. Малащенко. Устный доклад на тему “Деформация кристаллитов и усиление шероховатости поверхности меди, облучаемой наносекундным лазерным импульсом в режиме нагревов до плавления” представил чл.-корр. РАН Н.А. Иногамов.

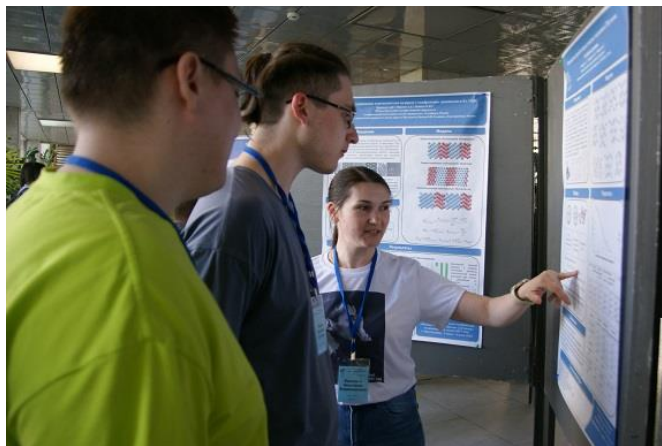


Выступление академика РАН В.М. Пудалова

За пять дней работы конференции было заслушано более 300 докладов, из них 9 приглашенных, более 160 устных и более 150 стендовых докладов, 18 докладов были представлены в онлайн-формате. Активное участие в работе конференции приняли молодые исследователи, среди них 36 студентов и 75 аспирантов. География российских участников охватывала научные организации и ВУЗы от Санкт-Петербурга до Иркутска (ФИАН, ФИЦ КазНЦ РАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, МФТИ, МГУ им. М.В. Ломоносова, АО ГНЦ “Центр Келдыша”, Сколтех, СПбГУ, Университет ИТМО, НИТУ МИСИС, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИУ ВШЭ, ЮФУ, СГУ имени Питирима Сорокина, ИФ им. Х.И. Амирханова ДФИЦ РАН, ДонФТИ, ИФ им. Л.В. Киренского СО РАН, ИГХ СО РАН и др.). Международный статус конференции подтверждало участие в работе конференции ученых из Германии, Казахстана, Узбекистана и Азербайджана.

Большое количество докладов было посвящено исследованию материалов на основе редкоземельных металлов: Н.В. Мушников (ИФМ УрО РАН), А.Ф. Банишев и О.А. Алексеева (НИЦ “Курчатовский институт”), А.М. Зубарева и А.Н. Докудовская (К(П)ФУ). В работе М.С. Пудовкина (К(П)ФУ) показана перспективность создания люминофоров на основе РЗМ (Ce, Y, Tb) для визуализации температурных полей. Живое обсуждение вызвали доклады молодых ученых С.А. Кузьмичева (ФИАН) и Е.М. Фоминой (МГТУ им. Н.Э. Баумана), посвященные изучению механизма сверхпроводимости. О результатах исследования процессов формирования лабораторных аналогов межзвездных и околозвездных льдов с использованием терагерцевого излучения рассказал А.А. Гавдуш (ИОФ РАН).

Программа Конференции включала не только доклады о результатах фундаментальных научных исследованиях, но и о конкретных разработках. М.В. Дорохин (ННГУ им. Н.И. Лобачевского) представил технологические решения по созданию холловских датчиков магнитного поля на основе тонких плёнок InSb/GaAs, подчеркнув, что в настоящее время доступность высококачественных датчиков магнитного поля в России сильно ограничена.



Обсуждение стендовых докладов.

Параллельно с ФКС-2025 в ИФТТ РАН работала Седьмая школа молодых ученых “Новые материалы и технологии для систем безопасности” (3-4 июня 2025 года), организованная при поддержке Российского научного фонда. В очередной раз школа молодых ученых стала местом обсуждения современного состояния и перспектив исследований, связанных с разработкой физических принципов детектирования электромагнитных волн терагерцового диапазона, созданием новых метаматериалов, позволяющих усиливать оптические сигналы, развитием перспективных технологий для производства микроэлектронных структур. Ежегодный формат проведения школы продиктован актуальностью ее тематики.

Подводя итоги работы конференции, председатель организационного комитета А.А. Левченко поблагодарил участников за интересные и содержательные доклады, за активную дискуссию и пригласил принять участие в следующей конференции, которая запланирована к проведению в 2027 году.

О. Камынина

ТОРЖЕСТВО

Золотые медали РАН за 2024 год



30 мая 2025 года на общем собрании членов Российской академии наук состоялась торжественная церемония вручения золотых медалей имени выдающихся учёных за 2024 год.

Ведущие российские и иностранные исследователи удостоены высших наград Академии — Большой золотой медали РАН им. М.В. Ломоносова, Большой золотой медали РАН им. Н.И. Пирогова и золотых медалей имени выдающихся учёных.

Большая золотая медаль РАН им. М.В. Ломоносова ежегодно присуждается российским и иностранным учёным за выдающиеся работы в области естественных и гуманитарных наук.

Лауреаты 2024 года — Герой Труда Российской Федерации академик РАН Александр Николаевич Коновалов, отмеченный наградой за выдающийся вклад в развитие фундаментальных и прикладных основ нейрохирургии, и профессор Лукас Разулич (Сербия), награждённый за выдающийся вклад в развитие фундаментальных и прикладных основ нейрохирургии.

Александр Николаевич прославился успехами в нейрохирургии головного мозга, научно обосновал, развил и внедрил новое направление нейрохирургии - микронейрохирургию, что позволило сделать доступными для щадящего хирургического вмешательства практически любую область внутричерепного пространства и любое образование головного мозга. Профессор Л. Разулич известен успехами в области нейрохирургии периферийных нервов и, в частности плечевого сплетения.

Большая золотая медаль Российской академии наук им. Н.И. Пирогова, ежегодно присуждается российским и иностранным учёным за выдающиеся достижения в области медицинских наук.

Этой награды удостоены академик РАН Александр Григорьевич Румянцев за научные исследования в области детской онкологии, гематологии и иммунологии, за реализацию и внедрение инновационных научно-технологических и организационных решений в оказании специализированной медицинской помощи, снижении заболеваемости, инвалидности и смертности среди населения от генетических и онкоге-

матологических заболеваний. Этой медалью награжден также профессор Ханс Дитер Окс (США) за научные исследования в области молекулярной биологии и иммунологии.

Поздравляем лауреатов и желаем дальнейших творческих успехов на благо науки!

КОНФЕРЕНЦИИ

2-я Международная конференция по передовым лазерным технологиям ALT`25, 22 – 26 сентября 2025 года, Казань, Россия

Тематика конференции

- Взаимодействие лазерного излучения с веществом
- Лазерные системы и материалы
- Биомедицинская фотоника
- Лазерная диагностика и спектроскопия
- Нелинейная и терагерцовая фотоника
- Фотоника в квантовых технологиях
- Нанопотоника

Основные даты конференции

- 05 июня 2025 г. - срок подачи тезисов
- 15 июня 2025 г. - принятие тезисов
- 10 июля 2025 г. - программа конференции
- 22-26 сентября 2025 г. - конференция

Техническая программа конференции включает пленарные, приглашенные, устные и стендовые доклады. Официальный язык конференции – английский.

Подробную информацию и новости можно найти на *сайте конференции*
<https://alt25.altconference.org/>

**Информационный бюллетень ПерсТ
издается информационной группой ИФТТ РАН**

Главный редактор: И. Чугуева, e-mail: ichugueva@yandex.ru

Научные редакторы К. Кугель, Ю. Метлин

В подготовке выпуска принимали участие: О. Камынина, А. Пятаков, З. Пятакова

Выпускающий редактор: И. Фурлетова