



## СОДЕРЖАНИЕ

### 2025 ГОД — МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД КВАНТОВЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ

- ii *От редакционной коллегии.* К 100-летию квантовой физики  
2 *Г. Лойхе.* Квантовая наука — замечательный путь, ведущий к техническому прогрессу

### ОБЗОРЫ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

- 3 *Р.А. Хмельницкий, Н.Б. Родионов, А.Г. Трапезников, В.П. Ярцев, В.П. Родионова, А.Н. Кириченко, А.В. Красильников.* Проблемы гомоэпитаксиального роста алмаза методом CVD и пути их решения  
34 *А.В. Щепетильников, И.В. Кукушкин.* Электронный спиновый резонанс в двумерных электронных системах

### К 90-ЛЕТИЮ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РАН (ФИАН)

- 50 *В.С. Лебедев, А.Д. Кондорский.* Оптика плазмон-экситонных наноструктур: теоретические модели и физические явления в системах металл/J-агрегат

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

- 94 *Д. Д'Абрамо.* О выводе гравитационного сдвига частоты из закона сохранения энергии

### ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

- 101 *М.И. Брызгунов, А.В. Бублей, Н.С. Диканский, Н.С. Кремнев, В.А. Лебедев, И.Н. Мешков, А.Н. Скринский, Б.Н. Сухина, В.В. Пархомчук, Д.В. Пестриков, В.Б. Рева.* Полвека развития электронного охлаждения в Институте ядерной физики СО РАН  
112 *Ю.Н. Ерошенко.* Новости физики в сети Internet: январь 2025



Москва  
Редакция журнала  
«Успехи физических наук»

УФН

ISSN 0042 — 1294. УФН. 2025, январь. Т. 195, № 1. 1–112.

УФН • том 195 № 1 1–112 2025

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ISSN 0042-1294

# Успехи физических наук

Журнал основан в 1918 г.

# успехи

2025 январь  
том 195

*№1*



## 2025 год — Международный год квантовых наук и технологий (к 100-летию квантовой физики)



### ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Организация Объединённых Наций провозгласила 2025 год Международным годом квантовых наук и технологий. Празднование 100-летия квантовой физики должно привлечь внимание общественности к особой важности этой науки и её приложений в жизни каждого человека.

Основы квантовой механики были заложены фактически в течение трёх лет — с 1925 по 1927 годы. Ещё в 1900 году Макс Планк предположил, что энергия излучения атомов существует в виде дискретных порций. Альберт Эйнштейн назвал их квантами. Однако быстрое развитие квантовой теории произошло чуть позже — в середине 1920-х годов, благодаря работам Нильса Бора, Вернера Гейзенберга, Эрвина Шрёдингера, Макса Борна и других выдающихся учёных.

В 1923 году Луи де Бройль предположил, что частицы могут проявлять волновые свойства. Эта идея лежит в основе волновой механики, изобретённой Эрвином Шрёдингером. Практически одновременно, в 1925 году, Вернер Гейзенберг, Макс Борн и Паскуаль Йордан разработали матричную механику. В 1925 году Вольфганг Паули сформулировал принцип запрета. В 1926 году было предложено релятивистское обобщение уравнения Шрёдингера (Клейн–Фок–Гордон). В 1927 году Вернер Гейзенберг открыл соотношение неопределённостей, а Нильс Бор сформулировал принцип дополнительности. Поль Дирак предложил релятивистское уравнение для фермионов в 1928 году.

Квантовая физика лежит в основе всех явлений и давно вошла в повседневную жизнь. Одним из первых и важнейших приложений было создание оружия, основанного на делении тяжёлых и синтезе лёгких ядер. Радикальные изменения произошли благодаря созданию лазеров, их применению в задачах связи и в технологиях. Принципиально новыми, удивительными явлениями оказались макроскопические квантовые эффекты — сверхпроводимость и сверхтекучесть. Современная электроника (интегральные схемы, транзисторы, микропроцессоры) используется даже в быту. Нельзя представить современную медицину без электронных микроскопов, ЯМР-томографов, изотопов и жёстких излучений, позитронно-аннигиляционной спектроскопии. Сегодня большое внимание привлекает проблема создания квантовых компьютеров, квантовые вычисления, квантовая связь и криптография.

Широкая популяризация квантовой физики за рамками профессионального сообщества направлена на развитие фундаментальной науки, создание новых технологий, улучшение качества жизни людей и в конечном итоге на прогресс всего человечества.

Отмечая этот юбилей, редакционная коллегия журнала "Успехи физических наук" (УФН) планирует в 2025 году опубликовать ряд обзоров и статей в юбилейной рубрике "Квантовые науки и технологии: к 100-летию квантовой механики".

*Редколлегия УФН*

---

#### РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК 2025, том 195. Журнал издаётся с апреля 1918 г.

Главный редактор О.В. РУДЕНКО

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: Е.Б. АЛЕКСАНДРОВ, Ф.И. АТАУЛЛАХАНОВ, Ю.В. ГУЛЯЕВ, С.П. ДЕНИСОВ, Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ, О.А. КОЧАРОВСКАЯ, Г.Н. КУЛИПАНОВ, А.Г. ЛИТВАК, Г.А. МЕСЯЦ, Р.А. СЮНЯЕВ, А.Р. ХОХЛОВ, А.М. ЧЕРЕПАЩУК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: М.С. АКСЕНТЬЕВА (ответственный секретарь), П.И. АРСЕЕВ, В.С. БЕСКИН, А.Е. БОНДАРЬ, В.В. БРАЖКИН, М.А. ВАСИЛЬЕВ, М.И. ВЫСОЦКИЙ, И.М. ДРЕМИН, А.М. ЖЁЛТИКОВ, Г.Р. ИВАНИЦКИЙ, Д.И. КАЗАКОВ, В.В. КВЕДЕР, Н.Н. КОЛАЧЕВСКИЙ, З.Ф. КРАСИЛЬНИК, Е.А. КУЗНЕЦОВ, С.А. НИКИТОВ, В.Ф. ОБРАЗЦОВ, П.Н. ПАХЛОВ, К.А. ПОСТНОВ, В.И. РИТУС, Г.И. РУБЦОВ, М.В. САДОВСКИЙ, А.М. СЕРГЕЕВ, Б.М. СМИРНОВ, Д.Р. ХОХЛОВ, М.В. ЧЕХОВА, Е.М. ЧУРАЗОВ

"Успехи физических наук" (сокращенно УФН) — журнал, публикующий обзоры современного состояния наиболее актуальных проблем физики и смежных с ней наук. Предназначается для научных работников, аспирантов, студентов-физиков старших курсов, преподавателей. Выходит 12 раз в год (1 том, включающий 12 номеров; при цитировании статей 1990–1993 гг. обязательно указывается номер журнала).

Адрес редакции: 119991 Москва, Ленинский проспект 53,  
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Редакция журнала "Успехи физических наук"  
Тел./факс +7 (499) 190-42-44, +7 (499) 190-34-52. E-mail: [ufn@ufn.ru](mailto:ufn@ufn.ru)

© Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,  
"Успехи физических наук" 2025



## CONTENTS

### 2025 — INTERNATIONAL YEAR OF QUANTUM SCIENCE AND TECHNOLOGY

- ii *From the Editorial Board.* On the 100th Anniversary of Quantum Physics  
2 *G. Leuchs.* Quantum Science — a wonderful journey, ultimately empowering Technology

### REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS

- 3 *R.A. Khmel'nitsky, N.B. Rodionov, A.G. Trapeznikov, V.P. Yartsev, V.P. Rodionova, A.N. Kirichenko, A.V. Krasilnikov.* Problems in homoepitaxial growth of diamonds using CVD method and ways to solve them  
34 *A.V. Shchepetilnikov, I.V. Kukushkin.* Electron spin resonance in two-dimensional electron systems

### ON THE 90TH ANNIVERSARY OF THE P.N. LEBEDEV PHYSICAL INSTITUTE (LPI)

- 50 *V.S. Lebedev, A.D. Kondorskiy.* Optics of plasmon-exciton nanostructures: theoretical models and physical phenomena in metal/J-aggregate systems

### METHODOLOGICAL NOTES

- 94 *G. D'Abramo.* On gravitational frequency shift derived from energy conservation

### FROM THE HISTORY OF PHYSICS

- 101 *M.I. Bryzgunov, A.V. Buble, N.S. Dikansky, N.S. Kremnev, V.A. Lebedev, I.N. Meshkov, A.N. Skrin'skiy, B.N. Sukhina, V.V. Parkhomchuk, D.V. Pestrikov, V.B. Reva.* Half a century of electron cooling development at BINP SB RAS  
112 *Yu.N. Eroshenko.* Physics news on the Internet: January 2025

Успехи физических наук, т. 195, № 1  
Выпускающий научный редактор *С.М. Апенко.*  
Редактор *М.С. Аксентьева.*  
Литературные редакторы *Т.Б. Ларионова, Е.А. Фример.*  
Стилистическое редактирование английских текстов *К. Франчук.*  
Редактор-библиограф *Е.В. Захарова.*

---

Сдано в набор 02.11.2024 г. Подписано к печати 09.01.2025 г. Формат 60 × 88/8.  
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,72. Усл. кр.-отт. 14,22.  
Физ. л. 14,0. Уч.-изд. л. 17,64. Тираж 150 экз. Заказ № 3324.  
Условия оформления подписки на журнал "Успехи физических наук" на 2025 г. см. на сайте УФН [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru).  
Стоимость отдельного номера журнала за 2018–2024 гг. для организаций — 1000 руб.;  
для индивидуальных подписчиков — 500 руб.  
(заказ в Редакции журнала "Успехи физических наук" по тел. +7 (499) 190-34-52, +7 (499) 190-42-44.  
или по адресу 123182 Москва, ул. Щукинская д. 12, корп. 1).

---

Адрес редакции: 119991 Москва, Ленинский проспект 53, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН,  
Редакция журнала "Успехи физических наук". Сайт журнала УФН: [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)  
Тел./факс +7 (499) 190-42-44, +7 (499) 190-34-52. E-mail: [ufn@ufn.ru](mailto:ufn@ufn.ru)

---

Оригинал-макет подготовлен в Редакции журнала "Успехи физических наук".  
Компьютерный набор и верстка: *Н.В. Грибкова, М.А. Моргунова.*  
Компьютерная графика и фотоработы: *А.В. Бобков.*  
Поддержка компьютерной системы и информационное администрирование:  
*Д.А. Олемской, Е.В. Захарова, Ю.Н. Ерошенко, Е.А. Фример, Д.Е. Чебуков.*  
Номер набран и сверстан с использованием системы Advent 3B2 Total Publishing System (предоставлена фирмой Turpion Ltd.)

---

Отпечатано с предоставленных готовых файлов в полиграфическом центре ФГУП Издательство "Известия"  
127254 Москва, ул. Добролюбова д. 6, телефон: +7 (495) 650-38-80, e-mail: [izv-udprf.ru](mailto:izv-udprf.ru)