



# Успехи физических наук



Журнал основан в 1918 г.

УФН • ТОМ 194 № 9 905 — 1016 2024

# уфн

2024 сентябрь  
ТОМ 194

№ 9



## СОДЕРЖАНИЕ

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

#### ОБЗОРЫ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

- 905 П.А. Фори, С.Ю. Стремоухов, А.С. Фролова, К.Ю. Хабарова, Н.Н. Колачевский. Квантовые мемристоры — новый подход к нейроморфным вычислениям
- 917 И.Н. Завестовская, А.В. Колобов, В.А. Рябов. Современное состояние и развитие ядерно-физических методов протонной терапии в ФИАН
- 941 С.Ю. Гуськов. Лазерный термоядерный синтез и физика импульсной плазмы со сверхвысокой плотностью энергии
- 951 А.В. Леонидов. Физика сильных взаимодействий при высоких энергиях

#### ФИЗИКА НАШИХ ДНЕЙ

- 960 А.К. Федоров, Е.О. Киктенко, Н.Н. Колачевский. Вычислимое и невычислимое в квантовом мире: утверждения и гипотезы

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

- 967 С.М. Стишов. К термодинамике простых систем
- 974 И.М. Арбеков, С.Н. Молотков. Квантовые генераторы случайных чисел, экстракция доказуемо случайных битовых последовательностей из траекторий цепи Маркова
- 994 В.Л. Горшенин, Б.Н. Нугманов, Ф.Я. Халили. О полосах "кота Шрёдингера"

#### ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

- 999 А.С. Лидванский. Кто и когда открыл космические лучи?
- 1007 О.В. Овчинников, А.Н. Латышев, М.С. Смирнов. К 100-летию открытия субмиллиметровых электромагнитных волн
- 1016 Ю.Н. Ерошенко. Новости физики в сети Internet: сентябрь 2024



Москва  
Редакция журнала  
«Успехи физических наук»

УФН

ISSN 0042 — 1294. УФН. 2024, сентябрь. Т. 194, № 9, 905 — 1016.

УФН • ТОМ 194, № 9, 905 — 1016, 2024



# 90 ЛЕТ ФИЗИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ им. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



## Специальные номера журнала "Успехи физических наук", посвящённые 90-летию ФИАН

### УФН, т. 194, № 8, август 2024:

*Н.Н. Колачевский.* Физическому институту им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН) — 90 лет

*А.О. Барвинский, В.Н. Ваховский.* Техника Швингера–ДеВитта в квантовой гравитации

*С.Ф. Лихачёв, Т.И. Ларченко.* От проекта "Спектр-Р" к проекту "Спектр-М": веки космической радиоастрономии

*С.А. Горбунов, А.Е. Волков, К.И. Жуков, Н.С. Коновалова, Н.Г. Полухина, Н.И. Старков, Т.В. Щедрина.* Трековая методика в современной физике атомного ядра и элементарных частиц, астрофизике и нанотехнологиях

*Н.М. Зубарев, Г.А. Месяц, М.И. Яландин.* Условия генерации убегающих электронов в воздушном зазоре с неоднородным электрическим полем: теория и эксперимент

*И.Н. Тиликин, Н.В. Пестовский, С.Н. Цхай, Т.А. Шелковенко, С.А. Пикуз, С.Ю. Савинов.* Когерентные свойства излучения сильно-точных наносекундных разрядов

*Е.Н. Рагозин.* Рентгеновская и вакуумная ультрафиолетовая спектроскопия в ФИАНе

*И.А. Щербаков.* К 60-летию Нобелевской премии за открытие лазерно-мазерного принципа

*Ю.Н. Ерошенко.* Новости физики в сети Internet: август 2024

### УФН, т. 194, № 9, сентябрь 2024:

*П.А. Форш, С.Ю. Стремouxов, А.С. Фролова, К.Ю. Хабарова, Н.Н. Колачевский.* Квантовые мемристоры — новый подход в нейроморфных вычислениях

*И.Н. Завестовская, А.В. Колобов, В.А. Рябов.* Современное состояние и развитие ядерно-физических методов протонной терапии в ФИАН

*С.Ю. Гуськов.* Лазерный термоядерный синтез и физика импульсной плазмы со сверхвысокой плотностью энергии

*А.В. Леонидов.* Физика сильных взаимодействий при высоких энергиях

*А.К. Федоров, Е.О. Киктенко, Н.Н. Колачевский.* Вычислимое и невычислимое в квантовом мире: утверждения и гипотезы

*С.М. Стишов.* К термодинамике простых систем

*И.М. Арбеков, С.Н. Молотков.* Квантовые генераторы случайных чисел, экстракция доказуемо случайных битовых последовательностей из траекторий цепи Маркова

*В.Л. Горшенин, Б.Н. Нугманов, Ф.Я. Халили.* О полосах "кота Шрёдингера"

*А.С. Лидванский.* Кто и когда открыл космические лучи?

*О.В. Овчинников, А.Н. Латышев, М.С. Смирнов.* К 100-летию открытия субмиллиметровых электромагнитных волн

*Ю.Н. Ерошенко.* Новости физики в сети Internet: сентябрь 2024

## Поздравляем коллектив ФИАН со славным юбилеем и желаем дальнейших творческих успехов!



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК. 2024, том 194. Журнал издаётся с апреля 1918 г.

Главный редактор О.В. РУДЕНКО

Редационный 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). Список указателей к вышедшим томам помещался на первой странице годового указателя статей в декабрьских номерах 1990–1995, 1997–2010, 2013–2016 гг.

Адрес редакции: 119991 Москва, Ленинский проспект 53, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Редакция журнала "Успехи физических наук". Тел. (499) 132-62-65. Тел./факс (499) 132-63-48  
Тел./факс (499) 190-42-44, (499) 190-34-52. E-mail: ufn@ufn.ru

© Физический институт им. П.Н. Лебедева  
Российской академии наук, "Успехи физических наук" 2024



## CONTENTS

### To the 90th ANNIVERSARY of the P.N. LEBEDEV PHYSICAL INSTITUTE (LPI)

#### REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS

- 905 *P.A. Forsh, S.Y. Stremoukhov, A.S. Frolova, K.Y. Khabarova, N.N. Kolachevsky.* Quantum memristors: a new approach to neuromorphic computing
- 917 *I.N. Zvestovskaya, A.V. Kolobov, V.A. Ryabov.* Current status and development of nuclear physics methods of proton therapy at the Lebedev Physical Institute
- 941 *S.Yu. Gus'kov.* Laser thermonuclear fusion and physics of pulsed plasma with ultrahigh energy density
- 951 *A.V. Leonidov.* Physics of strong interactions at high energies

#### PHYSICS OF OUR DAYS

- 960 *A.K. Fedorov, E.O. Kiktenko, N.N. Kolachevsky.* Computable and noncomputable in the quantum domain: statements and conjectures

#### METHODOLOGICAL NOTES

- 967 *S.M. Stishov.* On the thermodynamics of simple systems
- 974 *I.M. Arbekov, S.N. Molotkov.* Quantum random number generators, extraction of provably random bit sequences from Markov chain trajectories
- 994 *V.L. Gorshenin, B.N. Nougmanov, F.Ya. Khalili.* On "Schrödinger's cat" fringes

#### FROM THE HISTORY OF PHYSICS

- 999 *A.S. Lidvansky.* Who discovered cosmic rays, and when?
- 1007 *O.V. Ovchinnikov, A.N. Latyshev, M.S. Smirnov.* On the centenary of the discovery of submillimeter electromagnetic waves
- 1016 *Yu.N. Eroshenko.* Physics news on the Internet: September 2024

Успехи физических наук, т. 194, № 9  
Выпускающий научный редактор *С.М. Аленко.*  
Редактор *М.С. Аксентьева.*

Литературные редакторы *Т.Б. Ларионова, Е.А. Фример, Е.В. Хиль.*  
Стилистическое редактирование английских текстов *К. Франчук.*  
Редактор-библиограф *Е.В. Захарова.*

Сдано в набор 01.07.2024 г. Подписано к печати 09.09.2024 г. Формат 60 × 88/8.  
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,72. Усл. кр.-отг. 14,22.  
Физ. л. 14,0. Уч.-изд. л. 17,17. Тираж 150 экз. Заказ № 2024.

Условия оформления подписки на журнал "Успехи физических наук" на 2024 г. см. на сайте УФН [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru).  
Стоимость отдельного номера журнала за 2018–2023 гг. для организаций — 1000 руб.;  
для индивидуальных подписчиков — 500 руб.

(заказ в Редакции журнала "Успехи физических наук" по тел. (499) 190-34-52, (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 (499) 190-42-44, (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.*

Юбилейный логотип ФИАН: *А.М. Доев.*

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: (495) 650-38-80, e-mail: [izv-udprf.ru](mailto:izv-udprf.ru)