



СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

- 1017 *М.С. Мурга.* Эволюция углеродных частиц от стадии звёзд асимптотической ветви гигантов до планетарных туманностей: наблюдения, эксперименты, теория
- 1046 *А.В. Галева, А.С. Казаков, Д.Р. Хохлов.* Терагерцовое зондирование топологических изоляторов: фотоэлектрические эффекты
- 1059 *П.Ю. Бабенко, А.Н. Зиновьев, А.П. Шергин.* О торможении и рассеянии в веществе атомов с энергиями порядка килоэлектронвольт
- 1082 *Н.М. Аристова, С.В. Онуфриев, А.И. Савватимский.* Термодинамические свойства нитрида циркония в конденсированном состоянии

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

- 1095 *А.Я. Буринский.* Решение Керра–Ньюмана объединяет гравитацию с квантовой теорией
- 1108 *В.М. Розенбаум, И.В. Шапочкина, Л.И. Трахтенберг.* Квантовая частица в V-образной яме произвольной асимметрии. Броуновские моторы
- 1118 *М.Ю. Романовский.* О формуле Р.Л. Стратоновича перехода от динамических измерений к вероятностным и её связи с операциями над функциями распределения случайных величин
- 1128 *Ю.Н. Ерошенко.* Новости физики в сети Internet: октябрь 2024



Москва
Редакция журнала
«Успехи физических наук»

УФН

ISSN 0042 — 1294. УФН. 2024, октябрь. Т. 194, № 10. 1017 — 1128.

УФН • ТОМ 194 № 10 1017 — 1128 2024

Успехи физических наук



Журнал основан в 1918 г.

успехи

2024 октябрь
ТОМ 194

№ 10

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, Р.А. СУРИС, 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 нею 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.

Вниманию читателей!

*Подписка на печатную версию журнала
"Успехи физических наук" (УФН) (ISSN:0042-1294),
может быть осуществлена по каталогам подписных агентств:*

- *Урал-пресс (тел. +7(343) 275-80-71)*
 - *Пресса России (индекс 71004)*
 - *интернет-каталогу агентства*
- *Книга-сервис (тел. +7(495) 680-89-87)*
- *Подробнее о подписке см. на сайте УФН
(<https://ufn.ru/subscription.html>)*

*Электронные препринты статей,
опубликованных в журнале УФН,
доступны через Internet с 26 декабря 1994 года
(сайт www.ufn.ru)*

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

REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS

- 1017** *M.S. Murga.* Evolution of carbon particles from the stage of asymptotic giant branch stars to planetary nebulae: observations, experiments, and theory
- 1046** *A.V. Galeeva, A.S. Kazakov, D.R. Khokhlov.* Terahertz probing of topological insulators: photoelectric effects
- 1059** *P.Yu. Babenko, A.N. Zinoviev, A.P. Shergin.* Stopping and scattering of keV-range atoms in matter
- 1082** *N.M. Aristova, S.V. Onufriev, A.I. Savvatimskiy.* Thermodynamic properties of zirconium nitride in the condensed state

METHODOLOGICAL NOTES

- 1095** *A.Ya. Burinskii.* Kerr–Newman solution unites gravitation with quantum theory
- 1108** *V.M. Rozenbaum, I.V. Shapochkina, L.I. Trakhtenberg.* Quantum particle in a V-shaped well of arbitrary asymmetry. Brownian motors
- 1118** *M.Yu. Romanovsky.* On R.L. Stratonovich's formula for transition from dynamic to probabilistic measurements and its connection with operations on distribution functions of random variables
- 1128** *Yu.N. Eroshenko.* Physics news on the Internet: October 2024

Успехи физических наук, т. 194, № 10
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 02.08.2024 г. Подписано к печати 04.10.2024 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 № 2304.
Условия оформления подписки на журнал "Успехи физических наук" на 2024 г. см. на сайте УФН 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
Тел./факс (499) 190-42-44, (499) 190-34-52. E-mail: 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: (495) 650-38-80, e-mail: izv-udprf.ru