



СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

- 1137 *Ю.А. Щекшинов, Е.О. Васильев, Б.М. Шустов.* Начальные эпизоды химической эволюции межгалактической среды

ФИЗИКА НАШИХ ДНЕЙ

- 1162 *А.К. Фёдоров, Е.О. Киктенко, К.Ю. Хабарова, Н.Н. Колачевский.* Квантовая запутанность, телепортация и случайность: Нобелевская премия по физике 2022 года

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

- 1173 *Г.В. Мурастов, А.А. Липовка, М.И. Фаткуллин, Р.Д. Родригес, Е.С. Шеремет.* Лазерное восстановление оксида графена: локальное управление свойствами материала

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

- 1205 *Ю.А. Агеева, П.К. Петров.* Соотношение унитарности и унитарные ограничения для теории скалярных полей с разными скоростями звука
- 1214 *А.М. Гайфуллин, В.В. Жвик.* Ламинарные затопленные струи несжимаемой жидкости при больших числах Рейнольдса
- 1227 *В.В. Бражкин.* "Квантовые" значения экстремумов "классических" макроскопических величин
- 1237 *Г.В. Парадеженко, А.А. Первишко, Д.И. Юдин.* Машинное обучение для поиска топологических спиновых структур
- 1248 *Ю.Н. Ерошенко.* Новости физики в сети Internet: ноябрь 2023



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ISSN 0042-1294

Успехи физических наук

Журнал основан в 1918 г.

УФН • ТОМ 193 № 11 1137 – 1248 2023

уофн

2023 ноябрь
ТОМ 193

№11

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. ЧЕРЕПАШУК

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)*
- *Информнаука (тел. +7(495) 787-38-73)*

*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" 2023



CONTENTS

REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS

- 1137 *Yu.A. Shchekinov, E.O. Vasiliev, B.M. Shustov.* Initial episodes of the chemical evolution of the intergalactic medium

PHYSICS OF OUR DAYS

- 1162 *A.K. Fedorov, E.O. Kiktenko, K.Yu. Khabarova, N.N. Kolachevsky.* Quantum entanglement, teleportation, and randomness: Nobel Prize in Physics 2022

INSTRUMENTS AND METHODS OF INVESTIGATION

- 1173 *G.V. Murastov, A.A. Lipovka, M.I. Fatkullin, R.D. Rodriguez, E.S. Sheremet.* Laser reduction of graphene oxide: local control of material properties

METHODOLOGICAL NOTES

- 1205 *Yu.A. Ageeva, P.K. Petrov.* Unitarity relation and unitarity bounds for scalars with different sound speeds
1214 *A.M. Gaifullin, V.V. Zhvick.* Laminar submerged jets of incompressible fluid at large Reynolds numbers
1227 *V.V. Brazhkin.* ‘Quantum’ values of the extrema of ‘classical’ macroscopic quantities
1237 *G.V. Paradezhenko, A.A. Pervishko, D.I. Yudin.* Machine learning for the search for topological spin structures
1248 *Yu.N. Eroshenko.* Physics news on the Internet: November 2023

Успехи физических наук, т. 193, № 11
Выпускающий научный редактор *С.М. Апенко.*
Редактор *М.С. Аксентьева.*
Литературный редактор *Т.Б. Ларионова.*
Стилистическое редактирование английских текстов *К. Франчук.*
Редактор-библиограф *Е.В. Захарова.*

Сдано в набор 01.09.2023 г. Подписано к печати 06.11.2023 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. 18,06. Тираж 150 экз. Заказ № 2470.
Условия оформления подписки на журнал "Успехи физических наук" на 2023 г. см. на сайте УФН www.ufn.ru.
Стоимость отдельного номера журнала за 2018–2022 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, Г.В. Варванца.*
Поддержка компьютерной системы и информационное администрирование:
Д.А. Олемской, Е.В. Захарова, Ю.Н. Ерошенко, Е.А. Фример.
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