НОВОСТИ НАУКИ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

МГУ имени М. В. Ломоносова № 2 / 2024

Ректор принял участие в заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ

13 июня в подмосковной Дубне на базе Объединенного института ядерных исследований под председательством президента В. В. Путина состоялось очередное заседание Совета по науке и образованию при Президенте Российской Федерации, в котором принял участие ректор МГУ, академик В. А. Садовничий.

В начале своего выступления на Совете В. А. Садовничий напомнил о тесной научной связи Московского университета и Объединенного института ядерных исследований в Дубне, обратив внимание на портреты ученых в конференц-зале института, большая часть которых — это сотрудники физического факультета МГУ. «Это аксиома, что мы к институту имеем самое непосредственное отношение. Им долгие годы руководили наши профессора», — подчеркнул ректор, поблагодарив за приглашение и возможность здесь находиться.

Развивая предложения, посвященные повышению эффективности государственной политики в научно-образовательной сфере, приоритетному развитию в России инновационно ориентированной экономики, Виктор Антонович задался вопросом, какие институты развития мы должны создавать, чтобы делать это общее дело. В этой связи ректор напомнил о научно-технологической долине Московского университета — первом в стране примере создания университетского инновационного научно-технологического центра с миссией трансфера фундаментального знания в прикладные технологии. «17 гектаров земли, 7 кластеров, из которых два уже построены, два строятся, один из которых — за счет внебюджетных средств. Там уже 160 компаний, 6 тысяч заявок, уже несколько миллиардов оборота. Таким образом, долина уже состоялось», — отметил В. А. Садовничий. Он призвал помочь Московскому университету полностью реализовать потенциал этого уникального проекта в качестве одного из важнейших институтов поддержки развития технологий.

Второй тезис своего выступления Виктор Антонович посвятил организации инновационной работы в университетах. «Традиционно в университетах есть факультеты, и они, конечно, замкнуты на своих направлениях: математики — на математических,

СОДЕРЖАНИЕ

1 ..... Новости науки

19 ..... Премии / награды

20 ..... Конференции

23 ..... Диссертации

24 ..... Диссертационные Советы

26 ..... Ученые физфака МГУ

ISSN 2500–2384

биологии — на биологических, а наука сегодня другая. В Московском университете наряду с факультетами созданы семь междисциплинарных научно-образовательных школ. Эти школы по комплексным направлениям. Они занимаются не только математикой, но и космосом, мозгом и т.д. Осуществляется их грантовая поддержка. В этих школах сегодня работают 1,5 тысячи ученых, и большая часть — молодые. Такая поддержка межфакультетской тематики оказалось очень важной», — сказал ректор.

«И еще один проект, который сегодня работает в университетах. Это создание институтов внутри университетов по таким новейшим направлениям как, например, искусственный интеллект, — отметил В. А. Садовничий. — В Московском университете мы создали двадцать таких институтов перспективных исследований, в них работают тысячи ученых. В МГУ сохранилось 3,5 тысячи научных работников, которые активно работают в них наряду с профессорами».

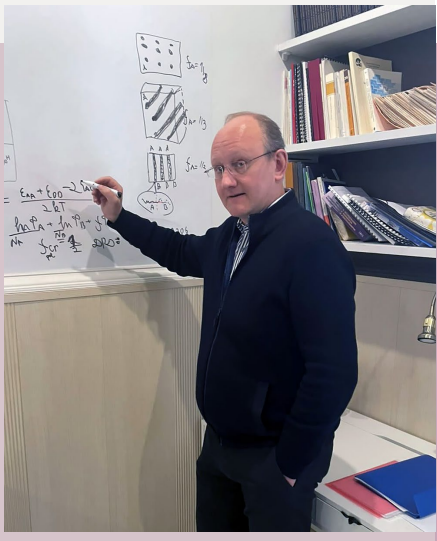
Виктор Антонович также привлек внимание членов Совета к проекту формирования при поддержке государства и частных инвесторов на свободной территории на Воробьевых горах нового кампуса Московского университета. «Многие нобелевские лауреаты говорили, что будущее любого университета — это его кампус. Вспомним 1953 год — строительство нового кампуса Московского университета, трудное время для страны, но оно перевернуло взгляд на университетское образование в мире. Высотка МГУ стала символом образования. Кампус сыграл в этом колоссальную роль», — отметил Виктор Антонович, предложив включить Московский университет в программу создания в России сети университетских кампусов мирового уровня.

Ранее в Интеллектуальном центре — Фундаментальной библиотеке МГУ прошло совместное заседание Ученого совета Московского университета и Объединённого института ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна). В рамках заседания ректор МГУ академик В. А. Садовничий и директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников подписали соглашение о сотрудничестве. На его основе два ведущих научно-образовательных центра страны в настоящее время реализуют совместные планы по расширению деятельности созданного в Дубне Филиала МГУ, по интенсификации научно-образовательных контактов. Среди научных приоритетов соглашения — исследования по физике элементарных частиц и атомного ядра и физике конденсированного состояния вещества с использованием ядерно-физических методов, а также астрофизические исследования в космических экспериментах и многое другое.

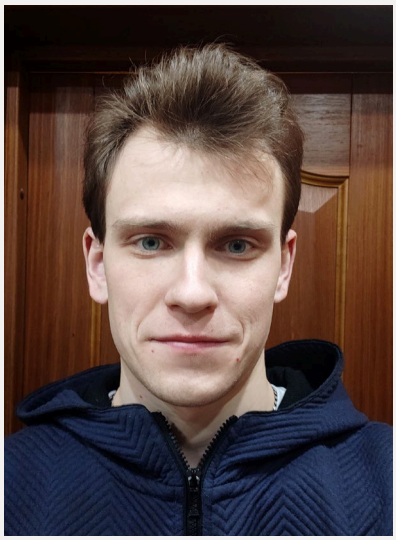
Сравнение когезионных свойств комплексов кольцевых и линейных пептидов с ПАВ: компьютерное моделирование

Петровский В. С.

Одной из актуальных задач науки о полимерах является поиск полимерных систем, эффективно связывающих биологические ткани и способствующих ускорению заживления ран. Сложность решения данной проблемы обусловлена широким набором требований, соблюдение которых является необходимым условием для возможности клинического применения таких материалов. Соответствующий биологический клей должен сочетать в себе биосовместимость и биоразлагаемость с прочностью и способностью реагировать на рост ткани во время заживления. Подходящими свойствами, например, обладают природные адгезивы, выделяемые морскими организмами и представляющие собой белковые полиэлектролитные комплексы, однако получение таких комплексов из живых организмов затруднено.



Потемкин И. И.



Жолудев С.И.

Более эффективным оказался метод имитации усредненного аминокислотного состава с помощью эластиноподобного заряженного пептида со структурой –[Val-Pro-Gly-X-Gly]n-, где X — Lys или Val [1]. К катионному раствору пептидов добавлялись анионные ПАВ, что приводило к комплексообразованию за счет притяжения разноименных зарядов. Полученный комплекс пептид — ПАВ по своим адгезионным свойствам не уступает синтетическим клеям [2].

Широко известным фактом является то, что топология полимерной (или пептидной) цепи оказывает значительное влияние на свойства полимерного раствора. В недавней работе мы изучали комплексы с кольцевыми и линейными пептидами с целью найти наиболее перспективный тип топологии и понять, что именно лежит в основе их прочности. Исследование осуществлялось путём полноатомного моделирования. Основной целью исследований были силовые компьютерные эксперименты, проводимые с комплексами, где к пептидной цепочке прикладывалась гармоническая сила. Такой компьютерный эксперимент позволяет узнать прочностные свойства объекта и очень близок к результатам, получаемым на атомно-силовом микроскопе (рисунок 1).

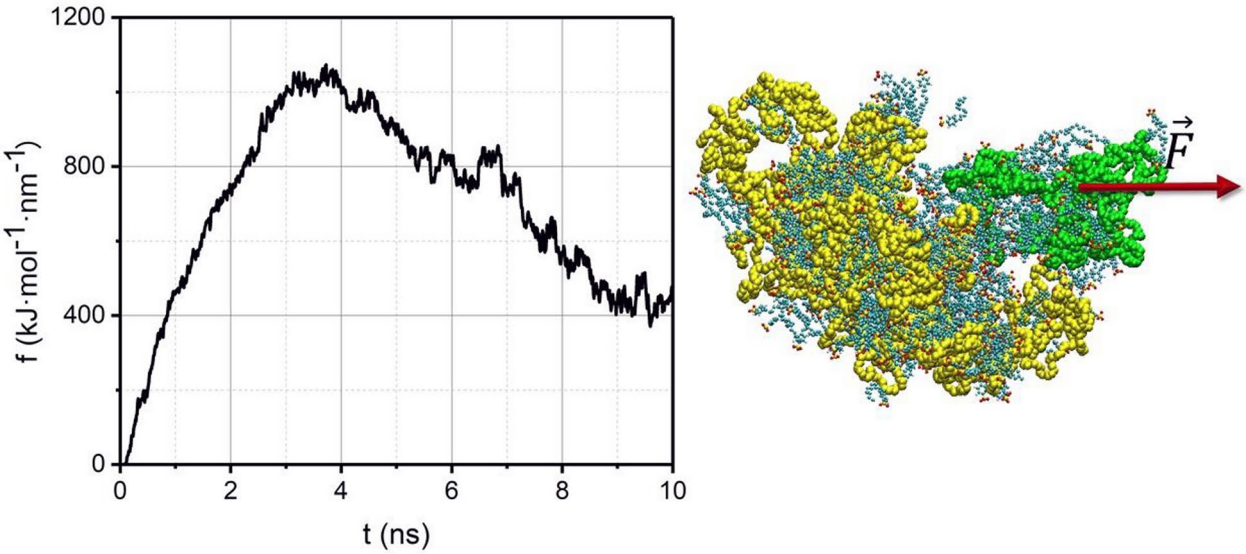


Рис. 1. Вид характерной зависимости удельной силы, прикладываемой к вытягиваемой из комплекса цепочки, от времени эксперимента (слева), а также мгновенный снимок комплекса кольцевых полипептидов с ПАВ в растворе (справа).

Как оказалось кольцевой и линейный пептид при равной молекулярной массе обеспечивают достаточно близкие значения прочности комплекса, однако достигались они разным путем. Так, линейный пептид при комплексообразовании образует большое число зацеплений с другими цепочками, в то время как кольцевой пептид эффективнее взаимодействует с молекулами ПАВ, которые связывают между собой одноименно заряженные цепочки. Эти результаты были опубликованы в журнале Soft Matter [3].

Сейчас ведутся исследования с разветвленными пептидами и пептидами с градиентным распределением заряда. С другой стороны, мы исследуем и вопрос взаимодействия комплексов пептид-ПАВ с разными поверхностями. Комбинируя данные таких всесторонних исследований, позволит в дальнейшем улучшить прочность и клейкость медицинского адгезива. Все упомянутые исследования проводились на суперкомпьютере Ломоносов 2 и при поддержке гранта РНФ.

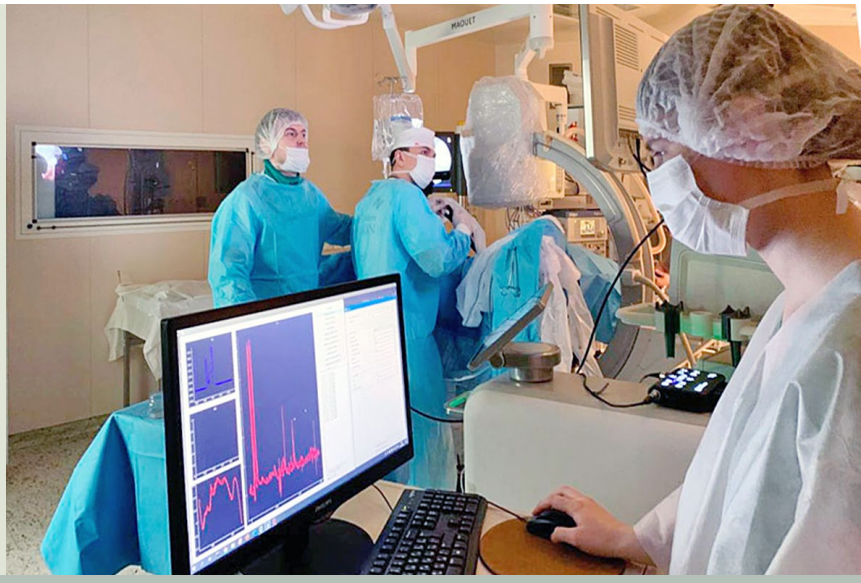
Литература:

[1] Ma C., Malessa A., Boersma A. J., Liu, K., Herrmann, A. Advanced Materials. 32 (20), 1905309 (2020).

[2] C. Ma, J. Sun, B. Li, Y. Feng, Y. Sun, L. Xiang, B. Wu, L. Xiao, B. Liu, V. S. Petrovskii, B. Liu, J. Zhang, Z. Wang, H. Li, L. Zhang, J. Li, F. Wang, R. Göstl, I. I. Potemkin, D. Chen, H. Zeng, H. Zhang, K. Liu, A. Herrmann. Nature Communications 12 (1), 3613 (2021).

[3] Petrovskii V.S., Zholudev S.I., Potemkin I.I. Soft Matter 20, 388–396 (2024).

Методика анализа состава камней в почках во время операции



Сотрудниками физического факультета и МНОЦ МГУ — участниками Научно-образовательной школы «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» — разработана оптическая методика, позволяющая определить состав камней в почках прямо во время операции. Это открывает возможность для автоматического подбора оптимального режима лазерной литотрипсии — процедуры, при которой камни дробятся с помощью лазерного инфракрасного излучения.

P. S. Tseregorodtseva, G. S. Budylin, N. V. Zlobina, Z. A. Gevorkyan, D. A. Filatova, D. A. Tsigura, A. G. Armaganov, A. A. Strigunov, D. M. Kamalov, E. V. Afanasyevskaya, E. A. Mershina, N. I. Sorokin, V. E. Sinitsyn, A. A. Kamalov, E. A. Shirshin. "Multiwavelength Fluorescence and Diffuse Reflectance Spectroscopy for an In Situ Analysis of Kidney Stones". Photonics 2023, **10**(12), 1353.

Проект реализован на базе физического факультета и МНОЦ МГУ при поддержке Программы развития МГУ, проект №23А-Ш06-04.

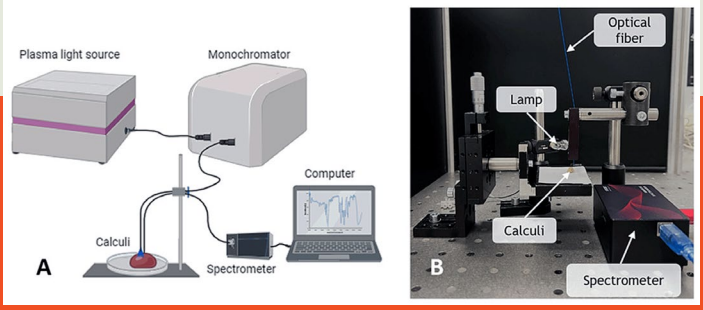
Мочекаменная болезнь — злободневная проблема мирового здравоохранения. В России ежегодно от данной болезни страдают более 100 тысяч человек. Одним из наиболее действенных способов лечения данного заболевания является лазерная литотрипсия, то есть дробление камней с помощью лазерного излучения.

«Одна из основных проблем при проведении лазерной литотрипсии — это необходимость подстраивать режим работы лазера в зависимости от химического состава и структурных особенностей камней, — объяснил ведущий научный сотрудник отдела урологии и андрологии МНОЦ МГУ Николай Сорокин. — Однако наш метод позволит определить эти параметры непосредственно во время операции, что существенно повысит ее эффективность и сократит время проведения».

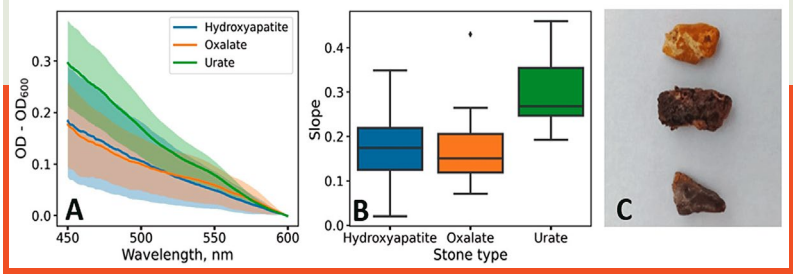
На данный момент существует ряд методов, позволяющих определять состав камней, начиная от рентгеноструктурного анализа и до химического, однако все они могут быть применены только после извлечения конкремента из организма пациента.

«Мы предлагаем использовать методы оптической спектроскопии, которые можно реализовать с помощью одноволоконной схемы. Это возможно, поскольку операции по лазерной литотрипсии проводятся с использованием многомодового оптоволокна, доставляющего излучение для дробления камня», — отметила Надежда Злобина, аспирантка физического факультета МГУ.

Для проведения эксперимента ученые создали установку, имитирующую условия в операционной. Разработанная методика анализа основана на методах оптической спектроскопии: спектроскопии диффузного отражения и многоволновой флуоресцентной спектроскопии. Было обнаружено, что для каждого типа конкрементов (уратные, оксалатные, гидроксиапатиты) в спектрах флуоресценции имеют место свои особенности. А анализ спектров поглощения камней показал, что их форма зависит от состава камня. Собранные данные послужили основой для создания классификационной модели, которая смогла различить три типа конкрементов с точностью более 90 %. Это важный шаг на пути к повышению эффективности интраоперационного принятия решений, так как он позволяет врачам быстро и точно определить состав камней и выбрать наиболее подходящий режим дробления.



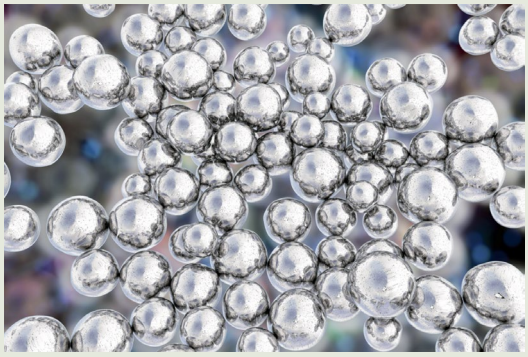
(A) Экспериментальная установка для измерения матриц возбуждения–излучения флуоресценции кальцификатов; (B) экспериментальная установка для регистрации спектров отражения диффузного света кальцификатов.



(A) Средние спектры оптической плотности (OD) трех типов камней с вычитанием OD при 600 нм. Полупрозрачные области указывают на величину стандартного отклонения. (B) Графики наклона спектров ОП для трех типов камней. Ромб показывает отклоняющийся спектр OD, обнаруженный в одном из оксалатных камней. (C) Характерный внешний вид уратного камня, оксалатов и гидроксиапатитов сверху вниз, соответственно.

Магнитные фазовые переходы наночастиц сплава железа–родия

Ученые кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ создали полевые эмиттеры электронов, в которых реализуется одноэлектронный механизм туннелирования в вакуум, обусловленный эффектом кулоновской блокады. Такие одноэлектронные эмиттеры основаны на полностью углеродных гетероструктурах, сформированных в процессе полевой эмиссии электронов из алмазных микроигл. Результаты работы поддержаны грантом РНФ. Физики МГУ совместно с коллегами из Университета ИТМО изучили фазовые магнитные переходы в наночастицах железа–родия при различных температурах. Исследование представляет интерес с фундаментальной точки зрения и может быть полезно при разработке устройств микроэлектроники.



«Наночастицы FeRh с характерным размером 10–20 нм интересны тем, что, согласно литературе, у них не наблюдается классической для этого соединения зависимости намагниченности от температуры, при которой бы наблюдался фазовый переход вблизи комнатной температуры. Поэтому мы решили выяснить, какие механизмы ответственны за наличие магнитного упорядочения в такой системе при различных температурах», — рассказал аспирант кафедры магнетизма физического факультета МГУ Алексей Комлев.

Синтез частиц проводился учеными из ИТМО. В результате удалось синтезировать наночастицы железо-родия, определить их средний диаметр, элементный и структурный состав. Оказалось, что на поверхности наночастиц в результате окисления появлялся слой оксида железа, влияние которого учитывалось при дальнейших исследованиях.

Физики измерили магнитные свойства образцов при помощи вибрационной магнитометрии в температурном диапазоне от 4 до 800 Кельвин в магнитных полях величиной от 100 до 10000 эрстед. Результаты исследований показали, что благодаря размерному фактору, температура фазового перехода частиц смещается в область гелиевых температур, при этом значительную роль в формировании магнитного порядка играют суперпарамагнитные релаксационные процессы.

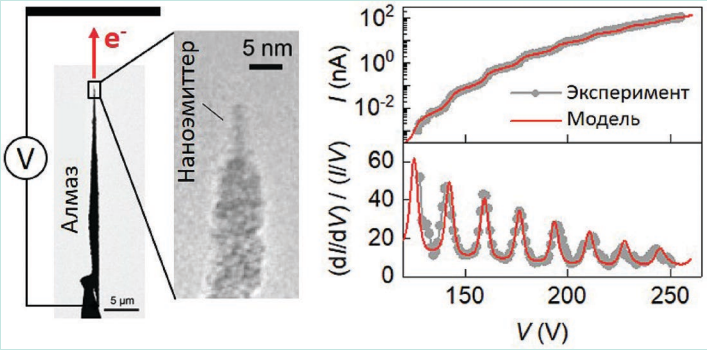
На завершающем этапе работы на кафедре общей физики и твердого тела были измерены Мёссбауэровские спектры при комнатной температуре и при температуре жидкого азота. Мёссбауэровская спектроскопия — метод ядерного гамма-резонанса, основанный на эффекте Мёссбауэра. Он заключается в резонансном поглощении без отдачи атомным ядром монохроматического гамма-излучения, испускаемого радиоактивным источником. Расшифровка этих спектров позволила учёным верифицировать выводы, которые были сделаны по данным магнитометрии.

A.S. Komlev, E.A. Koroleva, I.D. Shabalkin, V.S. Rusakov, D.I. Komleva, T.Yu Kiseleva, A.Yu Degtyarenko, V.I. Zverev, R. Gimaev, E.Y. Gerasimov, N.S. Perov, P. V. Krivoshapkin. «Temperature-induced mixed magnetic states in FeRh@FeO composite nanoparticles». Materials Chemistry and Physics. **314**, 2024, 128855.

Создание и исследование одноэлектронных полевых эмиттеров

Ученые кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ создали полевые эмиттеры электронов, в которых реализуется одноэлектронный механизм туннелирования в вакуум, обусловленный эффектом кулоновской блокады. Такие одноэлектронные эмиттеры основаны на полностью углеродных гетероструктурах, сформированных в процессе полевой эмиссии электронов из алмазных микроигл. Результаты работы поддержаны грантом РНФ.

Ст. научн. сотр.
кафедры полимеров и кристаллов
Клещ Виктор Иванович



Различные проявления одноэлектронного туннелирования, обусловленного дискретностью заряда, были подробно исследованы начиная с 1980-х годов в твердотельных полупроводниковых структурах и устройствах микрометрового масштаба, содержащих наноразмерные кластеры. Однако в макроскопически больших электронных устройствах, к которым относятся вакуумные электронные системы, с наноразмерными кластерами, выполняющими роль полевого эмиттера электронов, до недавнего времени такие эффекты практически не изучались. Исследования по разработке таких одноэлектронных полевых эмиттеров уже несколько лет ведутся в лаборатории углеродных материалов на кафедре физики полимеров и кристаллов.

Одноэлектронный полевой эмиттер представляет собой наноразмерный объект (наноэмиттер), сформированный на проводящем острие и отделенный от него тонким изолирующем слоем, сквозь который электроны могут проходить за счет туннельного эффекта. При определенных условиях в такой системе может возникать эффект кулоновской блокады аналогично тому, как это наблюдается в твердотельных одноэлектронных устройствах. Непрерывное изменение прикладываемого напряжения, вызывает дискретное изменение заряда наноэмиттера, которое приводит к дискретному изменению электрического поля и эмиссионного тока. В результате вольтамперная характеристика такого эмиттера имеет «ступенчатый» вид, который аналогичен случаю «кулоновской лестницы», наблюдаемой для твердотельных систем.

Характерные особенности полевой эмиссии в режиме кулоновской блокады были обнаружены экспериментально для полевых эмиттеров на основе алмазных микроигл и углеродных нанотрубок. Возникновение данных особенностей объясняется структурной модификацией поверхности эмиттеров, происходящей при определенных условиях в процессе эмиссии электронов. Для случая эмиттера на основе алмазной микроиглы установлено, что на его острие формируется слой аморфного углерода, оканчивающийся протяженным наноразмерным выступом — нанопроволокой. Такая нанопроволока играет роль наноэмиттера, отделенного от тела иглы туннельным барьером, аналогичного барьеру Шоттки, возникающему за счет различной степени графитизации нанопроволоки и слоя аморфного углерода. Расчет емкостных характеристик эмиттера с такой нанопроволокой показывает количественное соответствие со значениями, полученными в результате расчетов с помощью разработанной модели зарядового транспорта, основанной на традиционных подходах к описанию одноэлектронных эффектов в твердотельных структурах.

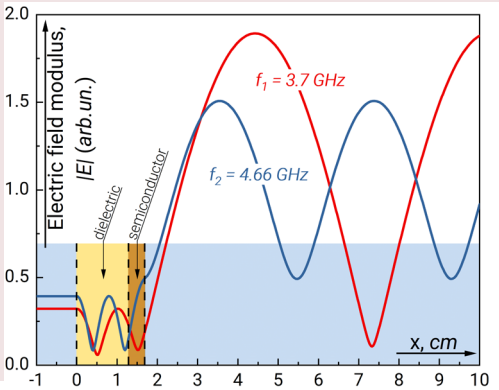
Исследованные в работе «одноэлектронные» полевые эмиттеры представляют не только научный, но и высокий практический интерес. Малая эмитирующая площадь таких эмиттеров и скоррелированность актов эмиссии (электроны в режиме кулоновской блокады эмитируются поочередно, «один за одним») позволяют формировать электронные пучки с более высокой пространственной и временной когерентностью по сравнению с традиционными точечными эмиттерами в виде металлического острия. Это может использоваться при разработке и создании когерентных точечных источников электронов для применения в электронно-лучевых устройствах, электронной микроскопии с временным разрешением, для проведения экспериментов по квантовой оптике на свободных электронах и низкоэнергетической электронной голографии.

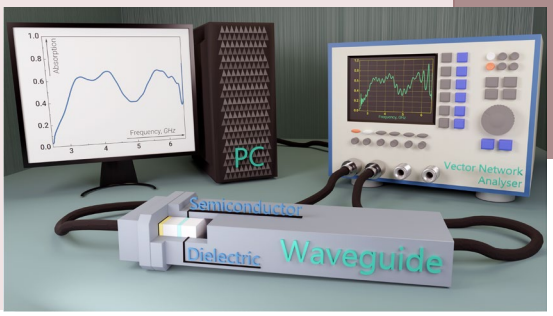
V. I. Kleshch, A. S. Orekhov, A. E. Pishchulina, I. V. Sapkov, D. N. Khmelenin, A. B. Loginov, R. R. Ismagilov, A. N. Obraztsov, All-carbon heterostructures self-assembly during field electron emission from diamond nanotip, Carbon, 118936 (2024).

Резонансное туннелирование электромагнитных волн увеличивает эффективность детекторов

Разновидности болометрических детекторов применяют для фиксации электромагнитных волн в самых разных частотных диапазонах. Общим остается одно: падающая волна должна взаимодействовать с электронным коллективом в тонкой пленке проводника, меняя его свойства и тем самым заявляя о своём существовании. И общей проблемой всех подобных детекторов является отражение принимаемого излучения от материала приёмника, в котором концентрация электронов больше критической для данной частоты.

Профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники Николай Викторович Кленов





Группа исследователей, включающая преподавателей Физического факультета МГУ, показала, что эту трудность можно преодолеть. Для этого нужно подобрать размеры и материал диэлектрической подложки под проводящим слоем так, чтобы в ней укладывалось целое число полуволн принимаемого излучения. Забавный факт: прохождение электромагнитной волны через непрозрачную область в подложку-резонатор с математической точки зрения можно при определённых условиях уподобить туннелированию квантовой частицы через запретную с точки зрения классической физики область в потенциальную яму конечной глубины.

Проведённые экспериментальные исследования убедительно продемонстрировали работоспособность предложенного подхода к увеличению чувствительности болометрических детекторов и адекватность разработанных для анализа проблемы методов расчета, построенных изначально на давно известной квантово-оптической аналогии. Но останавливаться на этом исследователи не стали: удалось показать, что при выполнении условий резонанса будет работать на увеличение эффективности взаимодействия детектора с полем и нанесённое на проводящий слой «просветляющее» диэлектрическое покрытие.

Резонансный характер описанных выше эффектов в применяемых на практике устройствах может создавать определённые трудности, так как качество приёма будет расти лишь в относительно узких полосах частот. Для устранения этой проблемы всё та же команда исследователей предложила перейти к слоистым структурам, состоящим из нескольких периодов вида «диэлектрический резонатор + проводящий слой детектора». В микромире при переходе от одной потенциальной ямы к цепочке ям отдельные разрешённые энергетические уровни превращаются в разрешённые энергетические зоны. В нашем случае теория и эксперимент согласно показали: узкие спектральные области эффективного взаимодействия болометрического детектора с излучением при переходе к слоистым структурам превращаются в «полосы», достаточные для функционирования современных телекоммуникационных устройств.

Ключевые результаты исследования:

A. V. Bogatskaya, N. V. Klenov, A. M. Popov, A. E. Schegolev, P. A. Titovets, M. V. Tereshonok, and D. S. Yakovlev. "Multilayer bolometric structures for efficient wideband communication signals reception". Nanomaterials, **14**(2):00141, 2024.

A. V. Bogatskaya, N. V. Klenov, A. M. Popov, A. E. Schegolev, P. A. Titovets, and M. V. Tereshonok. "Peculiarities of resonant absorption of electromagnetic signals in multilayer bolometric sensors". Sensors, **23**(3):1549, 2023.

A. Neilo, S. Bakurskiy, N. Klenov, I. Soloviev, and M. Kupriyanov. "Spin-valve-controlled triggering of superconductivity". Nanomaterials, **14**(3):245, 2024.

A. V. Bogatskaya, N. V. Klenov, A. M. Popov, A. E. Schegolev, P. A. Titovets, M. V. Tereshonok, and D. S. Yakovlev. "Multilayer bolometric structures for efficient wideband communication signals reception. Nanomaterials", **14**(2):00141, 2024.

Нейтрино высоких энергий от радиоярких блазаров

В последнее время был достигнут огромный прогресс в наблюдении нейтрино высоких энергий. Уже более десятилетия нейтринная обсерватория IceCube регистрирует астрофизические нейтрино с энергиями от ТэВ до ПэВ, а недавно к ней присоединился нейтринный телескоп на озере Байкал, Baikal-GVD. Однако определение происхождения таких нейтрино остается сложной задачей из-за невысокой точности экспериментов и большого фона неастрофизических событий. Появляется всё больше доказательств того, что заметная часть таких нейтрино связана с блазарами — ядрами активных галактик, выбрасываемые которыми релятивистские потоки вещества движутся прямо на наблюдателя.

Полина Кивокурцева

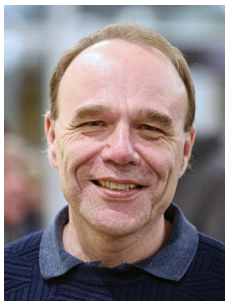
Первая ассоциация между нейтрино и блазаром была замечена в 2017 году, но тогда речь шла всего об одном источнике TXS 0506+056. Статистическая связь между радиоблазарами и нейтрино высоких энергий была установлена в 2020 г. и вызвала бурные дискуссии. В недавней работе [1] были использованы новые, опубликованные после 2020 года, данные IceCube. Анализ подтвердил, что набор статистики привел к увеличению значимости ассоциаций, которая достигла 3.6 стандартных отклонений. Кроме того, были обнаружены новые индивидуальные совпадения с яркими блазарами, среди которых — второе высокоэнергичное нейтрино от блазара PKS 1741-038, выделенного в числе наиболее вероятных источников в 2020 году.

A.V. Plavin, Y.Y. Kovalev, Y.A. Kovalev, S.V. Troitsky. Growing evidence for high-energy neutrinos originating in radio blazars. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **523** (2023) 1799.

A.I. Suray, S.V. Troitsky. Neutrino flares of radio blazars observed from TeV to PeV. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. Letters **527** (2024) L26.

O.E. Kalashev, P.I. Kivokurtseva, S.V. Troitsky. Neutrino production in blazar radio cores. J. Cosmol. Astropart. Phys. **12** (2023) 007.

Радиоблазары как популяция связывались и с нейтрино несколько меньших энергий, однако оставалось неизвестным, каков диапазон энергий нейтрино, испускаемых каждым отдельно взятым радиоблазаром — одни и те же источники испускают нейтрино с энергиями от ТэВ до тысяч ТэВ, или же разные подклассы блазаров отвечают за разные диапазоны энергий. Ответ на этот вопрос был получен в статье [2], представляющей результаты курсовой работы, выполненной на втором курсе физфака МГУ. В ней для каждого нейтрино высокой энергии были определены значения двух величин. Одна из них определяла связь с блазарами, а другая характеризовала наличие одновременной вспышки в нейтрино более низких энергий. С помощью стандартных статистических методов была обнаружена корреляция между этими двумя наборами чисел на уровне достоверности 99.96% (значимость 3,6σ). Это подтверждает, что нейтрино, связанные с блазарами, чаще сопровождаются нейтринной вспышкой более низкой энергии, чем те, что с блазарами не связаны. Можно сделать вывод, что нейтрино с энергиями от ТэВ до ПэВ, вероятно, производятся в блазарах совместно. В рамках протон-фотонного механизма образования нейтрино полученные наблюдения указывают на присутствие большого количества рентгеновских фотонов разных энергий в области образования нейтрино.



Сергей Троицкий

Алиса Сурай

В статье [3] была построена теоретическая модель рождения нейтрино в ядрах радиоярких блазаров, объясняющая эти наблюдательные данные. Процессы, приводящие к рождению нейтрино, идут в двух пространственно разнесенных областях. Первая область — область ускорения протонов, данная область находится довольно близко к сверхмассивной черной дыре, расположенной в центре блазара. Вторая область — место рождения нейтрино, которая представляет собой стоячую ударную волну вблизи начала релятивистского выброса. Протоны, ускоренные в первой области, пролетают через вторую область и взаимодействуя с рентгеновскими фотонами, рождают нейтрино. Рентгеновские фотоны здесь образуются из рассеяния релятивистских электронов на синхротронном радиоизлу-

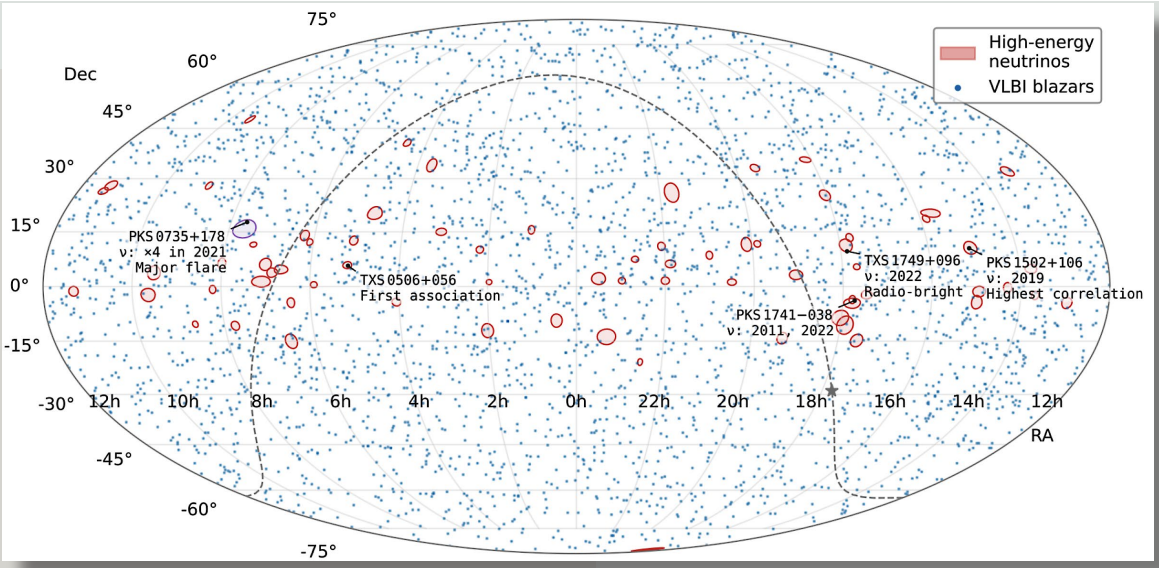


Рис. 1. На карте красными эллипсами отмечены положения высокоэнергичных нейтринных событий, а блазары, яркие в радиодиапазоне, изображены в виде синих точек.

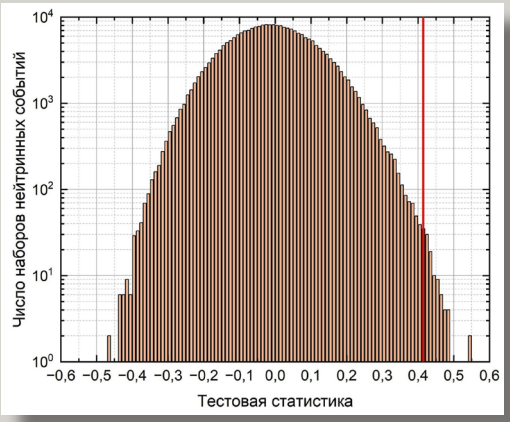


Рис. 2.

чении (обратный эффект Комптона). Поэтому данный механизм предсказывает связь между потоками радиоизлучения блазаров и нейтрино, в соответствии с наблюдательными данными.

При этом не возникает отсутствующая в реальных наблюдениях связь между нейтрино и гамма-излучением, которое рождается в другой области — ближе к черной дыре. Данный механизм решает две проблемы других подходов — предыдущие модели не предсказывали нейтрино всего диапазона от ТэВ до ПэВ, как и связь нейтрино с радиопотоками.

Опубликованные в статьях результаты подтвердили связь между блазарами и нейтрино, также было показано, что в одних и тех же блазарах могут рождаться нейтрино как высоких, так и низких энергий. Более того, был выдвинут механизм рождения нейтрино в блазарах, который не противоречит наблюдательным данным. Предсказания этих работ уже проверяются с использованием новых данных IceCube, Baikal-GVD, рентгеновских и радиотелескопов.

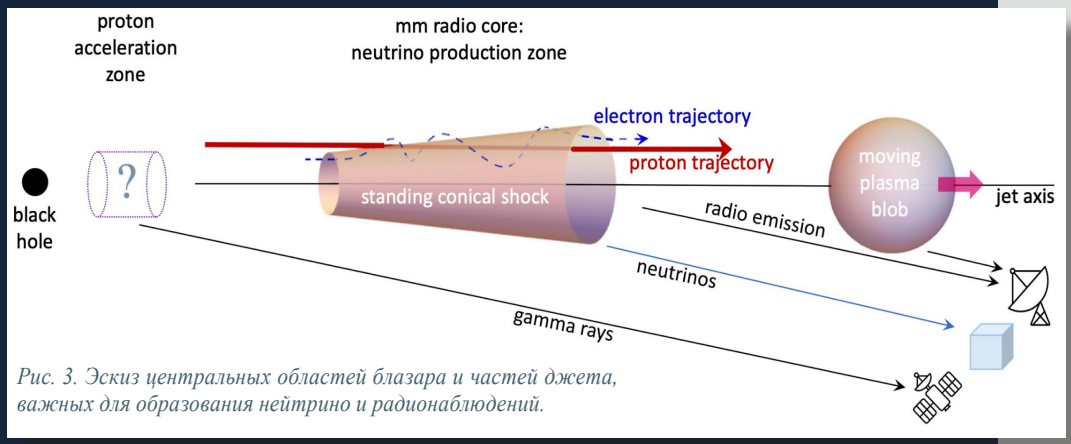


Рис. 3. Эскиз центральных областей блазара и частей джета, важных для образования нейтрино и радионаблюдений.

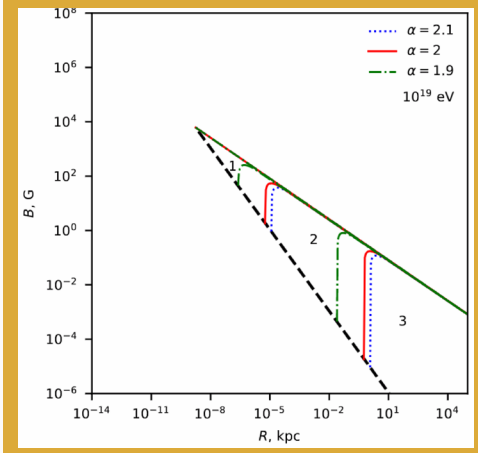
Общие ограничения на ускорители космических лучей сверхвысоких энергий

На кафедре физики частиц и космологии МГУ были уточнены общие ограничения на космические лучи сверхвысоких энергий и астрофизические нейтрино. Данные результаты были графически представлены в виде так называемой диаграммы Хилласа, на которой линии ограничивают области параметров, которые могут иметь ускорители частиц. В работе учтены потери, связанные с взаимодействием протонов с фотонной средой источника. Наиболее сильные ограничения получены для компактных и ярких объектов, такие как центральные области активных галактических ядер.

Космические лучи сверхвысоких энергий, которые содержат в себе важную информацию о структуре астрофизических объектов являются активным объектом изучения астрофизиков. Однако, несмотря на десятилетия достаточно упорных исследований в этой области, до сих пор не удалось однозначно определить их источники и механизм ускорения до таких колоссальных энергий.

Существует ряд критериев или условий, которые помогают сузить область поиска потенциальных ускорителей. Например, так называемый геометрический критерий (или его еще называют критерий Хилласа): частица не должна покидать область ускорителя пока не наберет достаточную энергию. Другими словами: ларморовский радиус частицы не превышает линейный размер ускорителя. Данное ограничение может быть представлено графически в виде диаграммы Хилласа магнитное поле–размер источника (см. рис.).

В качестве еще одного критерия может быть использован тот факт, что заряженная частица (коими и являются космические лучи) при движении в магнитном поле неизбежно теряет энергию на излучение. Поэтому ограничение может быть сформулировано так: потери на излучение не должны превышать приобретаемой энергии. Данное условие также может быть отображено на вышеуказанной диаграмме. В результате мы можем получить линии на диаграмме, которые ограничивают область параметров, которые могут иметь источники для того чтобы ускорить частицы до заданной энергии.



По вертикали: магнитное поле в гауссах, по горизонтали — линейный размер источника в килопарсеках. Черная штриховая линия — геометрический критерий, цветные линии ограничения на взаимодействие и излучение. Область 1+2+3 для светимостей 10^5 солнечных, область 2+3 для 10^{10} солнечных, область 3 для 10^{15} солнечной. Индекс α — есть спектральный индекс источников. Данные линии ограничивают область параметров, которые могут иметь источники, чтобы ускорять протоны до 10^{19} эВ и выше.

В рамках бакалаворской работы студента 1 курса магистратуры кафедры физики частиц и космологии Сотирова Симона эти диаграммы были обновлены [1], посредством учета потерь на взаимодействия протонов с излучением (фотонами) источника. То есть теперь критерий можно переформулировать так: потери частиц на взаимодействия со средой и на излучение не превышают приобретаемой энергии. Как результат на диаграммах появится еще один параметр источника — болометрическая светимость. Т.е. теперь можно судить о способностях источников разгонять частицы до ультравысоких энергий, по его светимости (к слову, в ряде случаев ее и легче измерить в сравнении с магнитным полем).

Зависимость от светимости на диаграмме интуитивна понятна. Действительно, чем больше светимость источника, тем больше там фотонов, а следовательно тем больше взаимодействий будет испытывать частица, и как результат, терять больше энергии. Если это перевести на язык диаграммы, то звучать это будет так: при больших светимостях источники имеет меньшую область (магнитное поле–размер) параметров для ускорения частиц. Отметим, что достоинством данного подхода является общность, т.е. здесь не были конкретизированы источники.

В работе [1] также разбирались и вполне конкретные случаи. Так, например, из вида диаграмм можно заметить, что наиболее сильные ограничения имеют яркие компактные объекты. В качестве примера были рассмотрены центральные области активных галактических ядер. Отображая область их возможных параметров на диаграмме, можно сделать сильные ограничения на их спектральный индекс. Стоит упомянуть, что ограничения были сделаны в предположении наиболее общего в таком подходе диффузного механизма ускорения.

В качестве еще одного применения разработанного подхода был рассмотрен случай релятивистских джетов. Считается, по одной из самой популярной модели ядер галактик, что в центре располагается сверхмассивная черная дыра, окруженная падающим на нее веществом — аккреционным

диском. Из центра такой структуры вырываются потоки плазмы, называемые джетами. Полагая спектр диска тепловым, были также обновлены диаграммы Хилласа для джетов — наиболее популярным кандидатам в современной литературе, где образуются астрофизические нейтрино.

Результаты расчетов наводят на мысль, что центральные области действительно с высокой долей вероятности являются источниками космических лучей высоких энергий (а следовательно и астрофизических нейтрино). Благодаря этой работе, был начата работа по разработке и конкретизации моделей образования и ускорения частиц высоких энергий в подобных структурах.

Simon Sotirov. "General constraints on sources of high-energy cosmic rays from interaction losses". Phys. Rev. D **107**, 123018 (2023).

Аналог принципа Ферма

Ученые кафедры физики колебаний физического факультета МГУ сформулировали аналог принципа Ферма для определения расположения доменных границ при воздействии электрического поля. Этот эффект может найти применение в регистрах сдвига и других устройствах магнитной логики и памяти

В оптике принцип Ферма формулируется следующим образом: световой луч выбирает путь между двумя точками, соответствующий минимальному времени прохождения. Этот принцип объясняет феномен преломления лучей при переходе из одной среды в другую.

При проведении экспериментов по влиянию электростатического поля на доменную структуру сотрудниками, аспирантами и студентами лаборатории фотоники и спинтроники кафедры физики колебаний было обнаружено необычное для микромагнетизма явление: доменные границы, пересекающие полосковый электрод, на который подано электрическое напряжение, «преломляются». Большое количество наблюдений этого явления при различных углах между направлением доменных границ и электродом свидетельствует, что закон Снеллиуса выполняется при всех углах и величинах напряжения на электроде, а «показатель преломления» зависит от знака и величины поданного на электрод электрического напряжения по линейному закону.

Полученные результаты подтвердили ранее предложенную модель явления: вследствие неоднородного магнитоэлектрического эффекта электрическое поле меняет плотность поверхностной энергии доменной границы. Согласно сформулированному принципу, доменная граница располагается так, чтобы ее общая поверхностная энергия была минимальна. Более детальное численное моделирование, проведенное аспирантом кафедры физики колебаний Никитой Мясниковым, показывает, что доменная граница отслеживает все неоднородности электрического поля и может преломляться на одном электроде по нескольку раз — не только на его границах, но и в области под ним, там, где меняется электрическое поле.

«Этот эффект служит ещё одним красивым примером чувствительности магнитных доменных границ к электрическому полю — явления, ранее открытого в нашей лаборатории. Он может найти применение в регистрах сдвига и

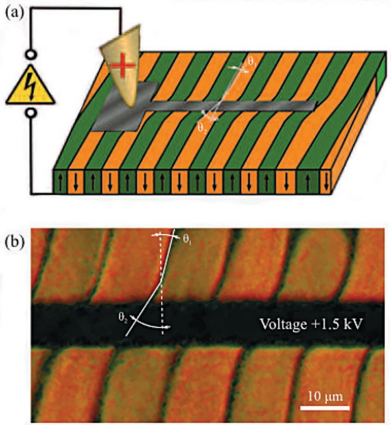


Рис. 1. (a) — Принципиальная схема эксперимента. Стрелки обозначают направление намагниченности в доменах. (b) — Магнитооптическое изображение полосовой доменной структуры и электрода при подаче положительного напряжения на электрод относительно подложки.

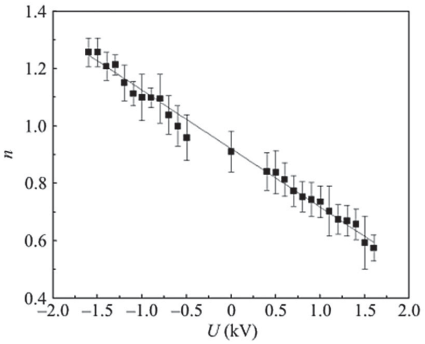


Рис. 2. Зависимость относительного показателя "преломления" от приложенного к электроду напряжения.

других устройствах магнитной логики и магнитной памяти», — резюмирует руководитель лаборатории фотоники и спинтроники профессор Александр Пятаков.

N. Myasnikov, A. Podkletnova, E. Nikolaeva, A. Pyatakov. «The iron garnet stripe domain structure "refraction" effect at the electrode location». J. of Magnetism and Magnetic Materials. **595**, 2024, 171497.

А. А. Подклетнова, М. А. Колюшенков, Н. В. Мясников, Е. П. Николаева, А. С. Каминский, А. В. Николаев, А. П. Пятаков. «Эффект "преломления" магнитных доменных границ на электрических неоднородностях». Письма в ЖЭТФ, **118**, вып. 4, с. 259–262. 2023.

Антенны на основе квантовых сверхпроводящих решёток

Учеными кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ разработаны антенны на основе квантовых сверхпроводящих решёток, применение которых в новейших приемных системах позволяет реализовывать режим прямой оцифровки широкополосных высокочастотных сигналов с последующей обработкой различных видов информационного контента с помощью цифровой фильтрации.

Современные сверхпроводниковые аналого-цифровые преобразователи (АЦП) имеют характеристики, позволяющие использовать широкополосные системы приема с прямой оцифровкой сигнала и последующим цифровым выделением поддиапазонов. Для полноценного внедрения таких широкополосных систем необходимо спроектировать и построить входной антенный тракт, не ухудшающий интегральные характеристики всего устройства. Именно такая задача по применению сверхпроводящих антенн активного типа решалась учеными МГУ.

«Наиболее сложными вопросами в процессе построения устройств на основе сверхпроводящих антенн активного типа являются вопросы их конструкционной реализации на основе теоретических расчетов. Созданные сотрудниками нашей кафедры антенны построены на базе сверхпроводящих квантовых решеток, в которых в качестве базовых элементов применяются би-сквиды* и дифференциальные квантовые ячейки, которые были разработаны нами на предыдущих этапах работ», — рассказал доцент кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ Николай Колотинский.

В процессе исследований были получены экспериментальные данные по оценке чувствительности сверхпроводящих антенн активного типа, изучено влияние нагрузки, т. е. подключённых устройств, на характеристики антенн, а также рассчитаны шумовые характеристики. В частности, результаты интересны тем, что атмосферный и другие шумы, а также собственный шум, создаваемый антенной, не оказывают существенного влияния на возможность приема сигнала.

Полученные результаты позволяют сформулировать принципы построения сверхпроводниковых телекоммуникационных систем, обеспечивающих решение вопросов качественной и надежной связи с удаленными регионами (в том числе Арктики и Антарктики), а также с объектами в космическом пространстве.

N. V. Kolotinskiy, V. K. Kornev. «On the path to superconductor broadband receivers». Physica C: Superconductivity and its Applications. **618**, 2024, 1354467.

*Би-сквид — устройство, позволяющее получить высокую линейность преобразования приложенного магнитного сигнала в выходное напряжение.

Астрономы МГУ предложили объяснение необычному гамма–всплеску

Астрономы МГУ, работающие с глобальной сетью телескопов МАСТЕР, получили самые ранние данные гамма-всплеска GRB 191221B и предложили модели, объясняющие его необычные характеристики. Работа помогает пролить свет на возможные механизмы генерации гамма-всплесков.

Гамма-всплески — наиболее яркие вспышки электромагнитного излучения во Вселенной, которые возникают при слияниях компактных объектов или при взрывах сверхновых. Они наблюдаются почти каждую неделю и обычно попадают в одну из двух категорий. Первая — длинные гамма-всплески с мягким* спектром. Считается, что они вызваны образованием сверхновой в определенных условиях, например, при быстром вращении. Вторая — короткие гамма-всплески с жестким* спектром, появляющиеся при слиянии нейтронных звезд.

В данный момент внимание учёных привлекают необычные гамма-всплески, которые не укладываются в эту простую классификацию, например, слишком длинные или короткие. Ведь именно из них, судя по всему, можно извлечь новую интересную информацию о механизме их происхождения.

Гамма-всплеск GRB 191221B попадает в категорию необычных из-за большой длительности: собственное излучение наблюдалось в течение двух часов вместо нескольких секунд или минут. Это означает, что должен существовать внутренний двигатель, обеспечивающий длительную подпитку всплеска энергией.

Глобальная сеть МАСТЕР получила самые ранние точки кривой блеска, позволяющие больше понять о механизме гамма-всплеска.

Yi-Ming Zhu, Yun Wang, Hao Zhou, V. Lipunov, D. A H Buckley, P. Balanutsa, Zhi-Ping Jin, Da-Ming Wei. "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society", **527**, Issue 2, 2024, 1638–1647.

«Изучая оптические, ультрафиолетовые, рентгеновские и радиоданные для этого события, мы показываем, что осевая двухкомпонентная модель струи может объяснить наблюдения. Анализ предполагает, что узкий компонент имеет начальный фактор Лоренца 400 и полуугол раскрытия струи 1.4 градуса, тогда как широкий компонент имеет начальный коэффициент Лоренца 25 и полуугол раскрытия струи 2.8 градусов. Узкая струя доминирует на ранней стадии взрыва, тогда как более широкая струя вызывает оптическое плато и доминирует над поздним распадом. Согласно этой модели, отсутствие рентгеновского плато обусловлено более крутым спектральным индексом широкого компонента, что приводит к менее значительному вкладу потока от более широкой струи в рентгеновских диапазонах, чем в оптических», — прокомментировал профессор кафедры астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ Владимир Липунов.

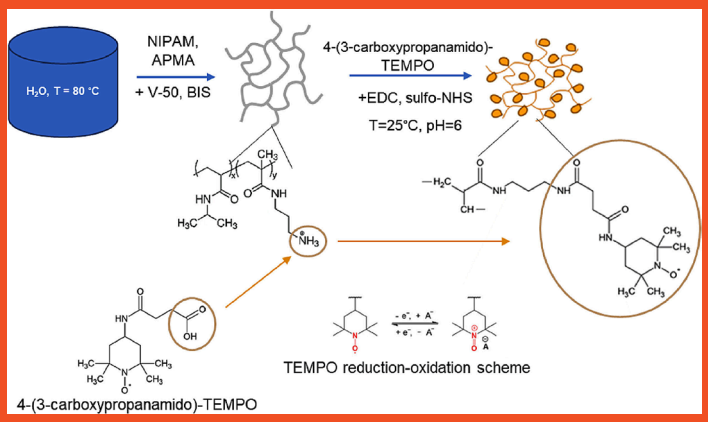
Ученые также объяснили несоответствие законов падения блеска ультрафиолетового и инфракрасного излучения около 2000 секунды доминированием излучения в обратной ударной волне, которая возникает из-за столкновения новых релятивистских снарядов продолжающей работать центральной машиной (электромагнитной пушкой-ускорителем) с более ранними, замедлившимися (обратная ударная волна).

*** Мягкий спектр подразумевает спадание спектральной плотности в области высоких энергий (более 10 МэВ). У жесткого спектра спадание начинается в диапазоне больших энергий.**

Полимерные наногели для проточных аккумуляторов

Ученые МГУ с коллегами из Российской академии наук разработали полимерные наногели для проточных аккумуляторов. Эти устройства вырабатывают электричество за счет химических реакций, протекающих в двух жидкостях, одна из которых отдает электроны, а другая принимает. Разработанные наногели могут заменить в проточных аккумуляторах дорогие и токсичные реактивы, а потому сделать такие батареи дешевле и экологичнее. Результаты исследования, поддержанного грантом РНФ

На фото: измерение электрохимической активности наногелей в трехэлектродной ячейке.



В большинстве электронных устройств — телефонах, ноутбуках, фотоаппаратах и других — используются литий-ионные аккумуляторы. Они требуют относительно частой перезарядки (раз в один или несколько дней), не всегда безопасны в эксплуатации и с течением времени могут начать разряжаться сами по себе, поэтому ученые ищут им альтернативы. Например, в последние годы активно развиваются проточные батареи — это гибридные аккумуляторы, которые состоят из двух емкостей, заполненных жидкостями, способными окисляться или восстанавливаться. Емкости разделяет тонкая мембрана, которая не позволяет жидкостям смешиваться, но пропускает содержащиеся в них ионы. Когда жидкости подходят к мембране, они химически взаимодействуют друг с другом, и в результате или окисляются (отдают электроны), или восстанавливаются (принимают электроны). Это приводит к выработке электрического тока.

Такие устройства более долговечны и экономичны, чем аналоги: их можно перезаряжать около 10 тысяч раз, тогда как литий-ионные аккумуляторы выдерживают не более тысячи циклов зарядки-разрядки, кроме того, они дольше держат заряд и не способны самовозгораться. Это позволяет использовать проточные батареи в приложениях, где требуется запасать большие количества энергии, например в промышленных и энергетических установках. Однако ученые все еще ищут оптимальные составы жидкостей для проточных аккумуляторов, поскольку традиционно в них используются экологически вредные и дорогие соли ванадия. В последнее время исследователи стали уделять внимание растворимым в воде полимерам, так как эти составы дешевые и абсолютно безопасные.

Ученые МГУ разработали органические водорастворимые полимерные наногели, способные обратимо окисляться и восстанавливаться. Процесс включал два этапа. Сначала авторы химическим путем синтезировали наноразмерные полимерные сетки из отдельных водорастворимых мономеров (органических молекул). Затем к полученным соединениям исследователи «пришили» дополнительные группы атомов, способные принимать и отдавать электроны в химических реакциях. Такие группы называются окислительно-восстановительными, и они необходимы для протекания превращений, за счет которых происходит зарядка и разрядка органических проточных аккумуляторов.

Затем физики оценили скорость, с которой проходит окисление и восстановление молекул наногеля при различном содержании в них окислительно-восстановительных групп. Эксперименты показали, что концентрация таких групп должна составлять около 50% от общего содержания органических молекул в растворе. Именно при таких условиях наногели демонстрируют оптимальную работу в качестве основного электроактивного компонента, обеспечивая надежное функционирование водных органических проточных батарей.

«В нашей работе мы впервые синтезировали полимерные наногели с окислительно-восстановительными свойствами, продемонстрировали особенности реакций окисления и восстановления таких объектов в водной среде, а также определили, насколько эффективно проходит данный процесс и с какой скоростью. Полученные нами результаты могут стать основой для разработки более дешевых и экологичных аккумуляторов. В дальнейшем мы планируем расширить “библиотеку” химических соединений, применяемых для создания электроактивных наногелей, оптимизировать их состав и в

итоге представить прототип проточного аккумулятора, где в качестве активного вещества используются водные растворы наногелей», — рассказала участник проекта, поддержанного грантом РНФ, доцент Елена Кожунова.

В исследовании также принимали участие ученые из Федерального исследовательского центра химической физики имени Н.Н. Семенова РАН, Института биохимической физики имени Н.М. Эмануэля РАН и Института биоорганической химии РАН.

E. Yu. Kozhunova, A. I. Inozemtseva, M. A. Nazarov, A. D. Nikolenko, E. S. Zhvanskaya, O. I. Kiselyova, M. V. Motyakin, S. V. Kutyakov, A. A. Pakhomov, D. M. Itkis, A. V. Chertovich, A. R. Khokhlov. «Nanoarchitectonics and electrochemical properties of redox-active nanogels for redox flow battery electrolytes». Electrochimica Acta. **475**, 2024, 143534.

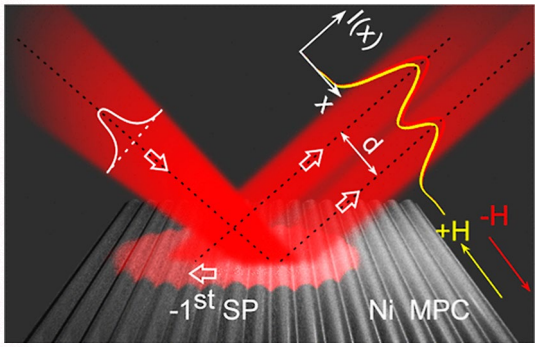
Метод управления светом в магнитоплазмонных кристаллах

Физики с кафедры нанофотоники физического факультета МГУ придумали метод модуляции пространственного распределения интенсивности света, обусловленного эффектом Гуса – Хенхена в магнитоплазмонном кристалле, с помощью приложения магнитного поля. На основе данной разработки возможно создать компактные магнитооптические устройства и сенсоры для применения в нанофотонике.

Магнитооптические эффекты, к числу которых относят эффекты Фарадея и Керра, подразумевают изменение интенсивности, поляризации и фазы света при взаимодействии с намагниченными материалами. На их основе возможно реализовать модуляторы интенсивности и поляризации света, использующиеся как изоляторы и циркуляторы в волоконно-оптических линиях связи, а также создавать другие не менее важные устройства.

Величина магнитооптических эффектов Фарадея и Керра ограничена малой магнитооптической активностью материалов. С увеличением размеров магнитного материала эффект Фарадея растет, но это ограничивает его применение в компактных чипах. Для преодоления этих проблем разрабатывают миниатюризированные магнитооптические элементы на основе различных нанофотонных структур, обладающих оптическими резонансами.

В работе использовались магнитоплазмонные кристаллы — периодически наноструктурированные поверхности никеля с характерным периодом около 600 нм и глубиной модуляции около 100 нм. При освещении таких структур в них могут возникать поверхностные волны, представляющие собой



связанные колебания электромагнитного поля и свободных электронов, называемые поверхностными плазмон-поляритонами. Сильная локализация электромагнитного поля увеличивает время взаимодействия света с магнитной средой, и за счет этого растет величина магнитооптических эффектов. Ранее в работах по усилению магнитооптических эффектов с помощью поверхностных плазмонов не рассматривалась пространственная структура отраженного или прошедшего пучка света, которая может быть существенно модифицирована за счет наличия эффекта Гуса – Хенхена.

По обычным законам геометрической оптики падающий пучок должен отразиться от точки падения, но на самом деле это не так — из-за того, что свет проникает вглубь поверхности и высвечивается в другой точке. Смещение отраженного пучка по сравнению с положением, определяемым законом геометрической оптики, и называется эффектом Гуса – Хенхена, открытым еще в 1947 г. При отражении света от поверхности эффект очень маленький — порядка одной длины волны излучения (несколько сотен нанометров), а при возбуждении поверхностных плазмонов он может быть значительно усилен (до нескольких десятков и сотен микрон). Можно даже увидеть глазом смещение пучка. Эффект Гуса – Хенхена вызывает перераспределение энергии света: возникают два пространственных максимума интенсивности отраженного света: нерезонансный (несмещенный), связанный с обычным отражением света, и резонансный (смещенный), связанный с возбуждением поверхностных плазмонов. В результате получается неоднородное по пространству распределение интенсивности, которое очень чувствительно к внешним воздействиям. На это распределение можно повлиять с помощью приложения магнитного поля.

«В данной работе нам удалось повлиять магнитным полем на пространственное распределение интенсивности отраженного света, наблюдаемого при эффекте Гуса – Хенхена в никелевом магнитоплазмонном кристалле. Модуляция интенсивности носила неоднородный характер, проявляющийся в виде резкого максимума, который располагался между двумя пиками интенсивности отраженного света, обусловленных эффектом Гуса – Хенхена. Величина модуляции значительно превышала интегральные изменения интенсивности, не учитывающие пространственную структуру отраженного пучка», — рассказал Александр Фролов, научный сотрудник кафедры нанофотоники физического факультета МГУ.

«Оказалось, что в некоторых пространственных точках величина эффекта превышала обычную (интегральную) в эксперименте в 2.5 раза. Такое существенное превышение связано с наличием пространственных областей, где локализация электромагнитного поля значительно усиливается за счет поверхностных плазмонов. Эффект Гуса – Хенхена позволил найти и пространственно визуализировать эти положения. Это открывает дорогу к созданию более эффективных и компактных модуляторов интенсивности света и оптических сенсоров», — прокомментировал Андрей Федянин, заведующий кафедрой нанофотоники физического факультета МГУ.

Результаты исследования поддержаны грантом РНФ № 20–12–00389

Anastasia V. Makarova, Anastasia A. Nerovnaya, Dmitry N. Gulkin, Vladimir V. Popov, Aleksandr Yu. Frolov, Andrey A. Fedyanin. "Goos–Hänchen Shift Spatially Resolves Magneto-Optical Kerr Effect Enhancement in Magnetoplasmonic Crystals". ACS Photonics, **11**, 4, 1619–1626. 2024.

Улучшен метод определения радиационной дозы в продуктах питания

Физики и химики МГУ улучшили «метод отпечатков пальцев», позволяющий определять дозу излучения, полученную при радиационной обработке продуктов питания. В исследовании показано, что данный метод проще и быстрее аналогов и может применяться для многих видов продуктов.

Радиационная обработка продуктов применяется во многих странах для продления сроков хранения, ингибирования прорастания, борьбы с бактериями, вирусами, плесенью и насекомыми. Например, обработка позволяет не использовать холодильники при перевозке туш крупного рогатого скота между континентами, что снижает цену перевозки.

«Для регулировки оборота обработанной продукции важно уметь определять, какую дозу получили продукты при обработке. Такие методы уже есть, но они дороги, малопроизводительны, требуют больших затрат времени, высокой квалификации оператора и недостаточно универсальны, то есть неприменимы к разным видам продукции», — рассказала Ульяна Близнюк, зав. лабораторией радиационной обработки биообъектов отдела ядерно-физических методов в медицине и промышленности НИИЯФ МГУ, старший преподаватель физического факультета.

В данном исследовании ученые усовершенствовали метод «отпечатков пальцев». Метод основан на сравнении свойств неизвестного образца с эталоном. Сначала из образца извлекают активные соединения, экстрагируя образец водой. К полученному раствору добавляют краситель и окислитель, что запускает индикаторную реакцию. Реакционную смесь периодически фотографируют в нескольких спектральных диапазонах в течение определенного времени (например, получаса), измеряя поглощение света и люминесценцию. Полученные данные обрабатывают с помощью дискриминантного анализа.

«На индикаторную реакцию влияют вещества, которые изменились при радиационной обработке продукта. Благодаря этому мы можем определить, какую дозу облучения получил продукт», — прокомментировал Михаил Беклемишев, ведущий научный сотрудник кафедры аналитической химии химического факультета МГУ.

В качестве облучаемых образцов были выбраны говядина и картофель. Из множества возможных красителей и окислителей ученые выбрали оптимальные для соответствующих продуктов. Для ускорения работы была изучена зависимость результатов от температуры, при которой проводилась экстракция образцов водой, и от ее продолжительности.

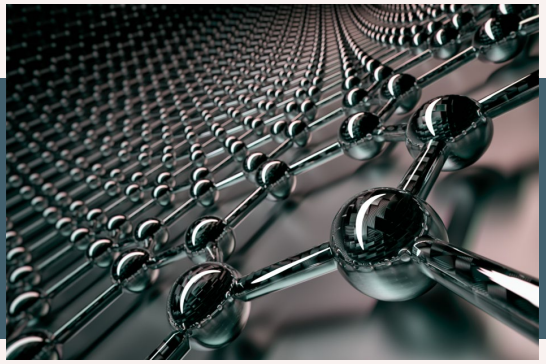
Ученые обнаружили, что можно сократить время экстракции для картофеля с 24 до 1 часа, сохранив эффективность распознавания доз. Для говядины также удалось сократить время экстракции, но при этом рекомендуется не нагревать раствор.

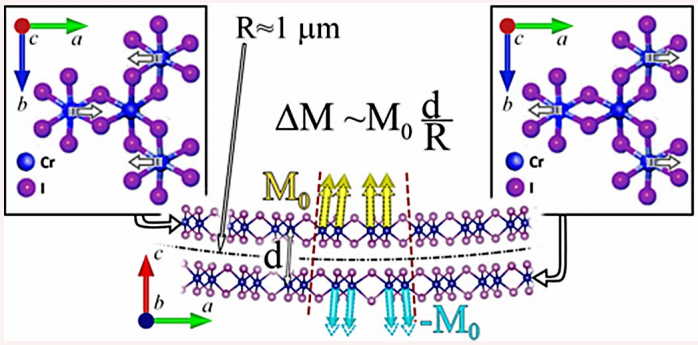
«Метод может применяться для проведения широкомасштабных скринингов в случае перехода к массовому облучению продуктов», — рассказала Яна Зубрицкая, аспирант кафедры физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета МГУ.

A.V. Shik, P.V. Sobolev, Ya.V. Zubritskaya, M.O. Baytler, I.A. Stepanova, A.P. Chernyaev, P.Yu. Borschegovskaya, S.A. Zolotov, I.A. Doroshenko, T.A. Podrugina, U.A. Bliznyuk, I.A. Rodin, M.K. Beklemishev . "Rapid testing of irradiation dose in beef and potatoes by reaction-based optical sensing technique". J. of Food Composition and Analysis **127**, March 2024, 105946.

Эффект в двумерных магнитных материалах

Ученые кафедры физики колебаний физического факультета МГУ совместно с коллегами из Шанхайского университета и Словацкой академии наук предсказали новый гигантский эффект в двумерных магнитных материалах. Этот эффект может найти применение в стрейнтронике и гибкой электронике





На рисунке схематически показан двойной слой антиферромагнитного материала CrI_3, подвергнутого изгибу. Магнитные моменты атомов показаны цветными стрелками, смещения атомов показаны серыми стрелками на вставках.

Двумерные магнитные материалы, по своим свойствам напоминающие графен, были обнаружены относительно недавно, в 2016 году, и сразу стали популярной темой в магнетизме. Сама геометрия таких материалов располагает к эффектам, связанным с их механической деформацией или изгибом. В работе аспиранта физического факультета МГУ Алексея Каминского и профессора Александра Пятакова предсказано, что в двумерных магнетиках в сотни раз усиливается флексомагнитный эффект, который заключается в возникновении намагниченности при изгибе материала.

«Флексомагнитный эффект проявляется в антиферромагнитных бислоях, то есть материалах, состоящих из двух намагниченных слоев, у которых в отсутствие деформаций один магнитный слой полностью компенсирует намагниченность другого. При изгибе верхний слой с намагниченностью “вверх” сжимается, его атомы сближаются, и магнитное взаимодействие между ними возрастает, а нижний слой, напротив, растягивается, и его намагниченность, направленная вниз, по модулю уменьшается. В результате возникает раскомпенсация магнитных моментов верхних и нижних атомов. Чем сильнее зависит намагниченность одиночного слоя от деформации и чем дальше друг от друга слои, тем сильнее эффект, а именно эти два свойства присущи двумерным магнитным материалам», — прокомментировал руководитель лаборатории фотоники и спинтроники физического факультета МГУ профессор Александр Пятаков.

Lei Qiao, J. Sladek, V. Sladek, A. S. Kaminskiy, A. P. Pyatakov, and Wei Ren. "Curvature-induced magnetization in a CrI3 bilayer: Flexomagnetic effect enhancement in van der Waals antiferromagnets". Phys. Rev. B **109**, 014410, 2024.

«В наше время слова с корнем "флекс-" почти не требуют пояснений: людям зрелого возраста он знаком по занятиям лечебной физкультурой, а у молодежи в ходу словцо "флексить"» — замечает руководитель лаборатории фотоники и спинтроники проф. А.П. Пятаков, — «занятно, что этот жаргонизм, одним из смыслов которого является "выставлять напоказ", довольно точно передает механизм явления: скрытый магнетизм выходит наружу, когда образец выгибается».

Общефакультетский научный семинар
под руководством и.о. декана физического факультета профессора Белокурова Владимира Викторовича

14 марта 2024 года состоялся доклад члена-корреспондента РАН, заведующего кафедрой физики частиц и космологии Сергея Вадимовича Троицкого «Вселенная как лаборатория физики частиц».

Краткая аннотация доклада:

На протяжении десятилетий триумфальные подтверждения успехов Стандартной модели (СМ) физики частиц в описании ускорительных экспериментов, в особенности на Большом адронном коллайдере, сопровождались ростом надежности доказательств неполноты СМ, связанных с неускорительными и астрофизическими результатами. Убедительно доказаны в различных независимых экспериментах и наблюдениях нарушение сохраняющихся в СМ лептонных квантовых чисел (осцилляции нейтрино) и существование темной материи, не находящей объяснения в рамках известной физики; при этом однозначные указания на справедливость той или иной расширяющей СМ теоретической модели отсутствуют. Экспериментальная проверка новых моделей в лабораторных условиях не только требует колоссальных затрат, но и часто невозможна в принципе. Благодаря доступным в астрофизике огромным расстояниям и временам можно искать или ограничивать слабые эффекты, связанные с новыми частицами и взаимодействиями, но не проявляющиеся в земных лабораториях. В докладе будут представлены несколько примеров поиска

проявлений физики за пределами СМ с использованием астрофизических результатов, в том числе касающихся гамма-всплеска GRB 221009A — самого мощного за всю историю наблюдений.

11 апреля 2024 года состоялся доклад профессора кафедры теоретической физики Александра Ивановича Студеникина «Нейтрино как окно в новую физику».

Краткая аннотация доклада:

Нейтрино является уникальной частицей, занимающей особое место среди элементарных частиц. Играя важнейшую роль во многих явлениях, происходящих в окружающем нас мире, нейтрино — единственная из известных элементарных частиц, наблюдаемые свойства которой не укладываются в рамки Стандартной модели взаимодействия частиц. На протяжении почти столетия, начиная с 1930 г., когда Вольфганг Паули выдвинул саму идею существования данной частицы, прогресс в постижении фундаментальных основ микромира во многом определяется развитием физики нейтрино — нейтрино открывает окно в новую физику. Присуждение Нобелевской премии по физике в 2015 г. за открытие осцилляций нейтрино окончательно подтвердило наличие у нейтрино ненулевой массы, что не укладывается в Стандартную модель и, в частности, гарантирует наличие у нейтрино ненулевых электромагнитных свойств. Явление смешивания и осцилляций нейтрино было предсказано в 1957 г. Бруно Максимовичем Понтекорво, который с 1950 г. работал в ОИЯИ (Дубна) и в течение 20 лет возглавлял кафедру на физическом факультете МГУ. В докладе кратко изложена история развития физики нейтрино, приводится информация об основных свойствах нейтрино, включая нейтринные электромагнитные характеристики, изучение которых более 30 лет является основным направлением работы научной группы физического факультета по физике нейтрино.

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

КОВАЛЬЧУК Михаил Валентинович

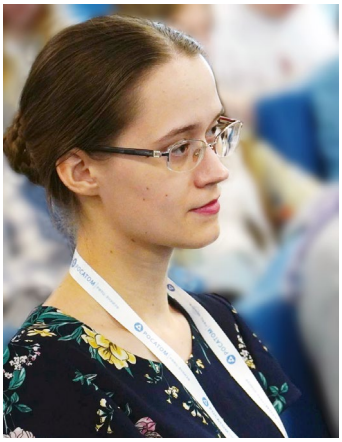
Государственная премия РФ в области науки и технологий

Государственная премия РФ в области науки и технологий за 2023 год указом президента Владимира Путина присуждена Михаилу Валентиновичу Ковальчуку — одному из ведущих учёных-физиков России, заведующему кафедрой оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета МГУ, президенту НИЦ «Курчатовский институт», д.ф.-м.н., профессору, члену-корреспонденту РАН.

Согласно указу, лауреаты премии награждены за «...цикл фундаментальных и прикладных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, которые внесли выдающийся вклад в разработку научно-технических основ, обоснование и реализацию стратегии двухкомпонентного развития ядерной энергетики РФ».

Поздравляем Михаила Валентиновича и желаем дальнейших успехов в науке!

ПОЗДРАВЛЯЕМ!



Молодые ученые физического факультета представлены к награде медалями Российской академии наук!

Такой высокой оценки были удостоены работы магистранта Николая Мартыненко по направлению «Общая физика и астрономия», а также аспирантки Крюковой Екатерины по направлению «Ядерная физика».

КРЮКОВА Екатерина

МАРТЫНЕНКО Николай

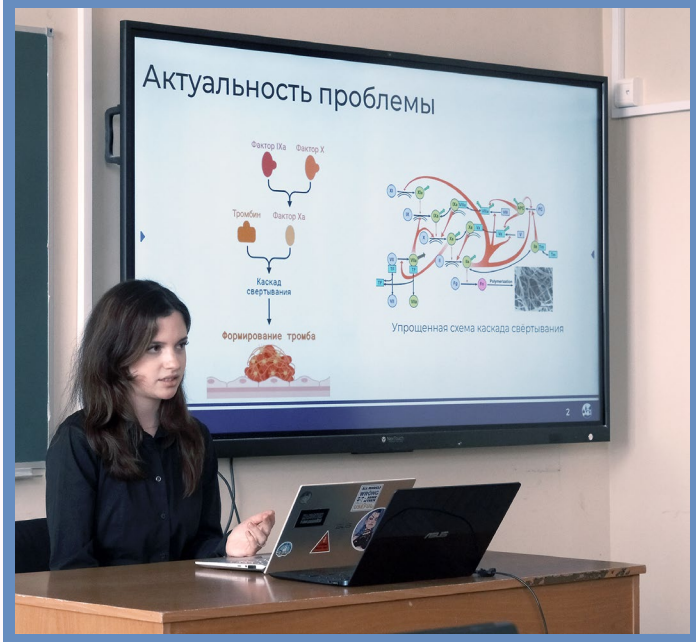
ЯКИМОВ Борис

Борис Якимов – победитель конкурса молодых учёных фонда «Интеллект»

Некоммерческий фонд развития науки и образования «Интеллект» и МГУ имени М.В. Ломоносова подвели итоги конкурса молодых ученых, проводящих фундаментальные и прикладные научные исследования в сфере ИИ.

В результате отбора экспертный совет определился с кандидатурами победителей, в число которых вошёл с.н.с. кафедры квантовой электроники Якимов Борис (научный руководитель д.ф.-м.н. Ширшин Евгений Александрович).

О конференции «Ломоносов-2024»



2024 год разделяет по времени два больших юбилея для Московского университета. В 2023 г. физическому факультету исполнилось 90 лет, а в 2025 г. Московский университет будет отмечать 270-летие. В 2024 году международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» проводится 31-й раз. Конференция проходила с 12 по 26 апреля. Всего подано 784 заявки на участие, из них авторов — 693, соавторов — 32 и слушателей — 59.

Традиционно заседания секции «Физика» проводятся за один день — «День Науки», и все студенты, кто не выполняет в это время задачи практикума, освобождаются от занятий после второй пары. В 2024 году «Днем Науки» было выбрано 16 апреля. Открытие работы секции «Физика» состоялось в центральной физической аудитории, с вступительным словом выступил и.о. декана, профессор Владимир Викторович Белокуров. Затем последовала лекция лауреата премии имени Шувалова за научную деятельность, профессора Сергея Юрьевича Стремоухова «Генерация произвольно поляризованного излучения в интенсивных лазерных полях»

Были представлены основные аспекты теоретического подхода к описанию нелинейно-оптического отклика протяженных газовых сред на воздействие интенсивного произвольно поляризованного многокомпонентного лазерного поля ультракороткой длительности.

Далее начались заседания подсекций секции «Физика», параллельные заседания проходили одновременно в 50 аудиториях физического факультета очно.

В жюри подсекций вошли ведущие сотрудники физического факультета, а также молодые ученые, добившиеся значительных успехов в науке.

Жюри секции «Физика»

1. проф. Чуличков А.И.
2. проф. Черняев А.П.
3. проф. Борисов А.В.
4. проф. Бушуев В.А.
5. проф. Галкин В.И.
6. проф. Голубцов П.В.
7. проф. Гордиенко В.М.
8. проф. Грановский А.Б.
9. проф. Засов А.В.
10. проф. Короленко П.В.
11. проф. Кульбачинский В.А.
12. проф. Лобышев В.И.
13. проф. Максимочкин В.И.
14. проф. Манцевич В.Н.
15. проф. Митрофанов В.П.
16. проф. Наний О.Е.
17. проф. Орешко А.П.
18. проф. Перов Н.С.
19. проф. Пирогов Ю.А.
20. проф. Платонов С.Ю.
21. проф. Поляков П.А.
22. проф. Попов А.М.
23. проф. Свертилов С.И.
24. проф. Твердислов В.А.
25. проф. Уваров А.В.
26. проф. Филимонов Н.Б.
27. проф. Хомутов Г.Б.
28. проф. Ягола А.Г.
29. в.н.с. Доленко Т.А.
30. в.н.с. Осминкина Л.А.
31. в.н.с. Плохотников К.Э.
32. доц. Приезжев А.В.
33. доц. Берловская Е.Е.
34. доц. Вохник О.М.
35. доц. Захаров В.И.
36. доц. Казаков К.А.
37. доц. Каменских И.А.
38. доц. Карташов И.Н.
39. доц. Князев Г.А.
40. доц. Кузнецов А.А.
41. доц. Макуренков А.М.
42. доц. Мартышов М.Н.
43. доц. Одина Н.И.
44. доц. Ормонт М.А.
45. доц. Павликов А.В.
46. доц. Потанин С.А.
47. доц. Степаньянц К.В.
48. доц. Трифонов А.С.
49. доц. Широков Е.В.
50. с.н.с. Исупов Е.Л.
51. с.н.с. Преснов Д.Е.
52. с.н.с. Долгова Т.В.
53. с.н.с. Карпенков Д.Ю.
54. н.с. Будылин Г.С.
55. н.с. Сайгин М.Ю.
56. н.с. Стручалин Г.И.

Всего было проведено 55 заседаний в рамках секции «Физика». По итогам заседаний жюри выбрало лучшие доклады. Со списком лучших докладов секции «Физика» можно ознакомиться по ссылке из QR-кода:

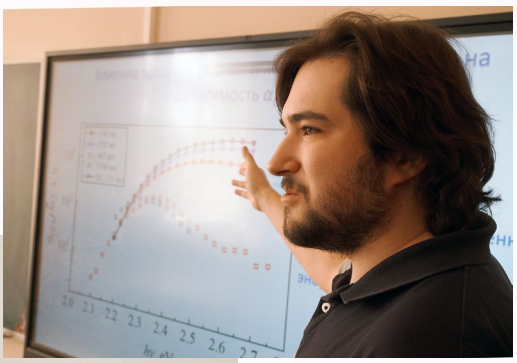
От души поздравляем лучших докладчиков! Спасибо всем участникам за интересные доклады.

Авторы наиболее интересных докладов получили рекомендацию опубликовать результаты исследований в журнале «Ученые записки физического факультета Московского университета». Со списком рекомендованных можно ознакомиться по ссылке из QR-кода:

Хотелось бы выразить благодарность председателям подсекций за отбор докладов, проведение заседаний и выбор победителей.

Сборник тезисов секции с 2019 г. публикуется только в электронном виде. Любой желающий может скачать сборник тезисов секции «Физика» по ссылке из QR-кода.

Огромная благодарность издательскому отделу, который в очень сжатый срок подготовил электронный макет сборника тезисов, причем эта работа велась одновременно для нескольких факультетских конференций.



Также большое спасибо студенческому профкому и следующим студентам нашего факультета, которые помогали с организацией и проведением конференции:

1.	Сопетик Александр Витальевич	419
2.	Самченко Серафима Викторовна	119м
3.	Андреева Ирина Владимировна	209
4.	Филиппов Егор Дмитриевич	315
5.	Лейкин Арсений Ильич	316
6.	Федотова Анастасия Евгеньевна	432
7.	Пушистова Анна Сергеевна	325
8.	Братяшин Артём Александрович	342
9.	Клушин Сергей Константинович	413
10.	Удовенко Полина Игоревна	213
11.	Базалевская Татьяна Валерьевна	313
12.	Близнюк Екатерина Сергеевна	309
13.	Волчкова Анастасия Дмитриевна	104
14.	Баля Александр Сергеевич	216
15.	Галиуллин Карим Радикович	311

Каждый год мы стараемся сделать конференцию лучше и интересней. Желаем всем участникам и их научным руководителям больших научных успехов, удачи и крепкого здоровья. Ждем ваши доклады в следующем году.

Ответственные секретари секции «Физика» Александр Паршинцев, Перова Наталья и весь коллектив научного отдела.

Старший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов Виктор Иванович Клещ

4 апреля 2024 года в диссертационном совете МГУ.013.6(01.08)

Виктор Иванович Клещ

защитил диссертацию соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности: 1.3.8 – физика конденсированного состояния

на тему:

«Эмиссия электронов из углеродных наноструктур»

Диссертационная работа представляет собой цикл экспериментальных и теоретических исследований, направленных на выявление фундаментальных особенностей автоэмиссионных свойств холодных катодов на основе углеродных материалов и разработку физических принципов их применения в науке и технике. Основное внимание уделено новым, полученным относительно недавно углеродным материалам, содержащим углеродные наноразмерные структуры с высоким аспектным отношением, таким как пленки графена, одностенные и многостенные углеродные нанотрубки, углеродные наносвитки и наностенки, а также микроразмерные монокристаллы алмаза иглоподобной формы с нанометровым радиусом окончания. В работе представлены результаты комплексного исследования автоэмиссионных, структурных, электрофизических и других характеристик данных материалов, проведенного с использованием единого научно-методического аппарата, который позволил выявить как общие свойства, присущие холодным катодам на основе углерода и других материалов, так и их уникальные особенности, связанные со спецификой углеродных наноструктур. Продемонстрирована возможность практического применения исследуемых углеродных материалов в электровакуумных устройствах, включая катодолюминесцентные лампы, рентгеновские трубки, электронные пушки для космических аппаратов и другие.

В ходе проведенных исследований был обнаружен и изучен ряд новых эффектов, наблюдаемых в системах с углеродными автоэлектронными эмиттерами. Так, впервые были обнаружены эффекты, обусловленные влиянием кулоновской блокады и резонансного туннелирования, которые наблюдались при автоэлектронной эмиссии из наноразмерных углеродных катодов. Такие эффекты могут служить основой для практической реализации точечных одноэлектронных холодных катодов, которые востребованы в электронной микроскопии с временным разрешением, низкоэнергетической электронной голографии, при проведении экспериментов по квантовой оптике на свободных электронах и в других областях.

Также, впервые был экспериментально обнаружен эффект возбуждения электромеханических автоколебаний в системах, содержащих углеродные холодные катоды, обладающие свойствами гибкости и упругости. Данное явление может использоваться для создания новых типов микроэлектромеханических устройств, таких как преобразователи постоянного напряжения в переменное, генераторы тактовых импульсов и передающие антенны.

Совокупность полученных результатов позволяет утверждать, что в диссертационной работе решена важная научная проблема, связанная с фундаментальными особенностями эмиссии электронов из углеродных материалов, а также изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки для внедрения таких катодов в различных областях современной электронной техники.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2024 г.

МГУ.011.2 (МГУ.01.06)

Председатель – Садовников Борис Иосифович, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Нефедов Николай Николаевич, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Поляков Петр Александрович, д.ф.-м.н., проф.

29.02.2024

1. **ИВАНОВ Александр Сергеевич** «Развитие методов вычисления функциональных интегралов в моделях квантовой теории поля». 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

2. **НУГУМАНОВ Айдар Гайсович** «Топологически устойчивые спиновые структуры в наноразмерных мультиферроиках». 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.3 (МГУ.01.01)

Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН
Зам. председателя – Орешко Алексей Павлович, д.ф.-м.н., доц.
Уваров Александр Викторович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Малышкина Инна Александровна, к.ф.-м.н., доц.

04.04.2024

1. **КЛЕЩ Виктор Иванович** «Эмиссия электронов из углеродных наноструктур». 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Докторская диссертация.

16.05.2024

1. **КРАВЧЕНКО Виталий Сергеевич** «Градиентные и блочные АВ сополимеры в селективном растворителе. Особенности структуры мицелл и адсорбции цепей на твердые поверхности». 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

2. **МАЦНЕВ Михаил Евгеньевич** «Обработка и анализ мессбауэровских спектров со сложной сверхтонкой магнитной и электрической структурой». 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

20.06.2024

1. **АНТИПОВА Кристина Георгиевна** «Полимерные и композиционные гидрогелевые материалы для биомедицины с регулируемыми механическими характеристиками». 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.4(МГУ.01.13)

Председатель – Андреев Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Макаров Владимир Анатольтевич, д.ф.-м.н., проф.
Стремоухов Сергей Юрьевич, д.ф.-м.н., доц.
Уч. секретарь – Коновко Андрей Андреевич, к.ф.-м.н.

27.06.2024

1. **СТРУЧАЛИН Глеб Игоревич** «Адаптивные методы в квантовой томографии». 1.3.19 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

2. **ЧЕБОТАРЕВ Артем Станиславович** «Мультимодальная нелинейно-оптическая микроскопия на основе использования ратиометрических флуоресцентных белковых сенсоров». 1.3.19 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.5 (МГУ.01.18)

Председатель – Перов Николай Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Васильев Александр Николаевич, д.ф.-м.н., проф.
Кашкаров Павел Константинович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Шапаева Татьяна Борисовна, к.ф.-м.н.

21.03.2024

1. **КОЛЧИН Александр Валерьевич** «Структурные, оптические и электрофизические свойства фазопеременных пленок Ge_2Sb_2Te5, облученных фемтосекундными лазерными импульсами». 1.3.11 – Физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

20.06.2024

1. **ЛЮ Наньнань** «Изучение механизмов тепловыделения в магнитных наночастицах, перспективных для лечения рака с помощью магнитной гипертермии: магнитотепловые свойства наночастиц феррита ZnMn». 1.3.12 – Физика магнитных явлений. Кандидатская диссертация.

2. **КОМЛЕВ Алексей Степанович** «Релаксация намагниченности в объектах различной размерности на основе сплава FeRh». 1.3.12 - Физика магнитных явлений. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.6 (МГУ.01.08)

Председатель – Салецкий Александр Михайлович, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Балакший Владимир Иванович, д.ф.-м.н., проф.
Васильев Андрей Николаевич, д.ф.-м.н.
Уч. секретарь – Косарева Ольга Григорьевна, д.ф.-м.н., доц.

23.05.2024

1. **АГАФОНОВ Александр Александрович** «Линейные и нелинейные эффекты при распространении упругих волн в твердотельных клиньях». 1.3.7 – Акустика. Кандидатская диссертация.

2. **КИСЕЛЕВ Максим Дмитриевич** «Моделирование нелинейных и сверхбыстрых ионизационных процессов в атомах в мягком рентгеновском и экстремальном ультрафиолетовом диапазоне». 1.3.6 – Оптика. Кандидатская диссертация.

20.06.2024

1. **СОКОЛОВСКАЯ Ольга Игоревна** «Влияние упругого рассеяния света на эффективность поглощения и комбинационного рассеяния света в средах с неоднородностями субмикронного размера». 1.3.6 – Оптика. Кандидатская диссертация.

2. **БАЛЫБИН Степан Николаевич** «Динамика взаимодействия и перепутывание атомных систем с квантовыми электромагнитными полями». 1.3.6 – Оптика. Кандидатская диссертация.

МГУ.016.3 (МГУ.01.15)

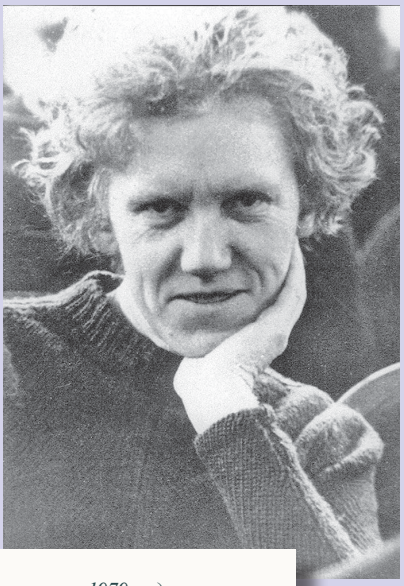
Председатель – Носов Михаил Александрович, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН
Зам. председателя – Михайлов Валентин Олегович, д.ф.-м.н., проф., чл.-корр. РАН
Смирнов Владимир Борисович, д.ф.-м.н., доц.
Уч. секретарь – Колесов Сергей Владимирович, к.ф.-м.н.

18.04.2024

1. **ВОРОТНИКОВ Дмитрий Игоревич** «Процессы переноса, обусловленные инерционно-гравитационными внутренними волнами». 1.6.17 – Океанология. Кандидатская диссертация.

2. **ЕГОРОВА Виктория Михайловна** «Вихревая динамика над неосимметричной топографией дна во вращающейся стратифицированной жидкости (в приложении к Кипрскому вихрю)». 1.6.17 – Океанология. Кандидатская диссертация.

Вера Владимировна ЛЕБЕДЕВА (1924–2020)



1979 год.

Исследование структуры линий Ar и Kr в спектре излучения в полом катоде.

Лебедева Вера Владимировна, внесшая большой вклад в становление и развитие кафедры оптики и спектроскопии (с 2014 г. кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем), родилась 26.03.1924 в г. Ленинграде в семье одного из первых сотрудников созданного в 1918 г. Государственного оптического института (ГОИ), впоследствии известного спектроскописта и астрофизика профессора В.К. Прокофьева. В 1932 г. поступила в школу, которую окончила в 1941 г. в Ленинграде. С октября 1941 г. по октябрь 1943 г. работала лаборантом в лаборатории спектрального анализа ГОИ, эвакуированного в связи с Великой Отечественной войной из Ленинграда в г. Йошкар-Олу (Марийская АССР).

В 1943 г. поступила на 1-й курс электрофизического факультета Московского энергетического института. В 1947 г. перешла на 9-й (физико-энергетический) факультет МЭИ, который окончила с отличием в 1949 г. по специальности “инженер-физик” после защиты дипломной работы на тему “Исследование температуры металлической дуги по молекулярному спектру гидроксила”.

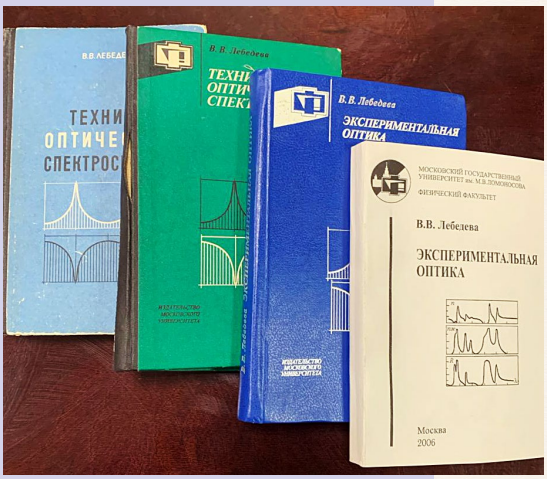
С декабря 1949 г. по декабрь 1952 г. училась в аспирантуре Московского энергетического института. В декабре 1952 г. защитила диссертацию “Соотношение интенсивностей в видимом триплете спектра ртути” (научный руководитель профессор В. А. Фабрикант), получив степень кандидата технических наук. С марта 1953 г. работала на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета Московского университета в должности ассистента (1953–1976), старшего научного сотрудника (1976–2003). Она на высоком уровне читала студентам физического факультета МГУ курсы лекций: “Физика и техника инфракрасного излучения” (1961–1965), “Техника спектроскопии” (1965–1985), “Экспериментальные методы в оптике” (1986–2003), в 1976–1977 гг. и в 1979–1981 гг. курс “Лазеры” на факультете повышения квалификации преподавателей вузов при Московском университете. Заведовала оптическим спецпрактикумом (1953–1955), лабораторией по специализации (1958–1973), с 1979 г. заведовала практикумом по спектроскопии кафедры.

В. В. Лебедева является автором раздела “Спектроскопическая диагностика плазмы” в учебном пособии “Практикум по спектроскопии”, 1976, изд-во МГУ, автором учебного пособия “Техника оптической спектроскопии”, вышедшего двумя изданиями (1977, 1986), изд-во МГУ, учебника “Экспериментальная оптика”, 1994, изд-во МГУ, переизданного Издательством физического факультета в 2006 г.

В 1996 г. В.В. Лебедева защитила докторскую диссертацию на тему “Экспериментальные методы оптики и спектроскопии в исследованиях физики газоразрядных лазеров”.

Научные интересы В. В. Лебедевой сосредоточены в области физики низкотемпературной плазмы, лазеров и лазерной спектроскопии. В 1953–1960 гг. ею выполнены исследования динамики свечения спектральных линий в плазме дугового разряда, измерения абсолютных вероятностей переходов некоторых элементов. После 1961 г. работы В. В. Лебедевой посвящены изучению физики газоразрядных

Коллектив кафедры оптики и спектроскопии. Вера Владимировна крайняя справа. Весна 1987 г.



лазеров — гелий-неонового, аргонового, криптонового и лазеров на самоограниченных переходах меди и неона. Ею проведены исследования ширин многих спектральных линий ионов аргона с целью определения времен жизни энергетических уровней, ответственных за возникновение генерации ионного аргонового лазера, изучены характеристики насыщения основных линий генерации этого лазера в многочастотном и одночастотном режимах. В активной среде одночастотного аргонового лазера получено обращение волнового фронта, измерен коэффициент отражения сигнала.

Развитые экспериментальные методы исследований применены для изучения нелинейных взаимодействий в плазме аргонового ионного лазера методом трехуровневой лазерной спектроскопии. Экспериментально и расчетным путем показаны возможности спектроскопии высокого разрешения, обеспечивающие в условиях превалирующего допплеровского уширения линий аргона получение и исследование нелинейных спектральных структур, на порядок более узких, чем естественная ширина используемых спектральных линий.

Результаты экспериментальных исследований В. В.Лебедевой отражены в 100 публикациях, а также в учебнике “Экспериментальная оптика”, хорошо известном специалистам в области оптики и спектроскопии.

В. В. Лебедева была исключительно доброжелательным человеком, ее любили и глубоко уважали сотрудники и студенты. Она консультировала по научным вопросам учащихся и научных работников как кафедры оптики, так и других кафедр физического факультета. Будучи на протяжении многих лет профоргом кафедры она многим оказывала содействие в решении бытовых и производственных вопросов.

Для всех В.В. Лебедева остается примером беспредельной преданности науке и высокой ответственности в воспитании нового поколения студентов-оптиков.

Проф., д.ф.-м.н. С.В. Чекалин

2014 г. На заседании Ученого совета физического факультета

ISSN 2500–2384

Главный редактор: В.В. Белокуров

Редакторы:
П.А. Форш, В.Н. Задков, Н.Б. Баранова

Начальник отдела оперативной печати:
Салецкая О.В.

Дизайн и верстка: И.А. Силантьева

Фотограф: С.А. Савкин

Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ».
© 2024 Физический факультет МГУ.

Подписано в печать 03.09.2024. Формат 60×90/8.
Усл.-печ. л. 1.75 Бумага мелованная.
Тираж 150 экз.
Физический факультет МГУ
имени М.В.Ломоносова,
119991, Москва ГСП-1,
Ленинские горы, д. 1, стр. 2