

Институт физики им. Б.И. Степанова – на доске почета Академии наук. Председатель Президиума НАН Беларуси академик В.Г. Гусаков вручает памятный диплом директору Института академику С.В. Гапоненко, 2024 г.

# Высокая наука — основа высоких технологий



**Сергей Гапоненко,**  
директор Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, академик



**Екатерина Жарникова,**  
ученый секретарь Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук

Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси имеет богатую историю, насыщенную достижениями и открытиями в области физической науки, не только обогатившими научное сообщество, но и внесшими вклад в развитие страны и национальный суверенитет. Юбилей Института – это не только повод для празднования, но и возможность проанализировать достигнутые результаты, обсудить новые научные направления и укрепить позиции Института как ведущего научного центра Республики Беларусь.

**И**нститут физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси – уникальное учреждение в истории белорусской науки и национальное достояние нашей страны. Созданный 17.01.1955 г., за относительно короткий исторический период он вырос в крупный научный центр международного класса. Благодаря таланту и энергии основателей – А.Н. Севченко, Б.И. Степанова, Ф.И. Федорова, М.А. Ельяшевича, Н.А. Борисевича и их многочисленных учеников и соратников – в нашей стране появились научные школы мирового уровня в области оптики и спектроскопии, лазерной и теоретической физики и физики плазмы. 70-летняя история Института физики подтверждает, что высокие технологии вырастают из высочайшей науки.

Мы гордимся разработками в области лазерной техники и оптического приборостроения, космическими приборами, системами мониторинга атмосферы, национальными эталонами и стандартами, созданными нашими учеными. Институт физики стал подлинной школой лидеров: среди наших ученых – руководители государственных органов, Национальной академии наук, высших учебных заведений. Сегодня мы развиваем новейшие направления с большим практическим потенциалом: квантовую оптику и квантовую информатику, широкозонную микроэлектронику и нанофотонику, лазерную физику и технологии, современную прикладную спектроскопию и фотобиофизику. Прорабатываются новые идеи в физике плазмы, создаются уникальные научные приборы (некоторые из них задействованы в антарктических экспедициях), по-прежнему на высоте теоретические исследования фундаментальных взаимодействий, успешно работает опытное производство с уникальными специалистами. Институт организует и координирует государственные программы научных исследований, научно-технические программы и программы Союзного государства, эффективно взаимодействует с органами госуправления, университетами и предприятиями. Традиции, сформированные первыми поколениями сотрудников учреждения, продолжает наша замечательная молодежь.

На протяжении всей истории Института в нем были представлены все фазы инновационного процесса. Во-первых, академики А.Н. Севченко, Б.И. Степанов, Ф.И. Федоров и М.А. Ельяшевич организовали в БГУ кафедры и активно преподавали, что обеспечило непрерывный приток в науку талантливой

молодежи. Во-вторых, научные лидеры всегда ориентировались на передовые мировые достижения и ставили задачи соответствующего уровня. В-третьих, в Институте была сформирована и культивировалась творческая атмосфера и чувство коллективизма – то, что сегодня называют корпоративным духом. В результате были образованы, успешно действуют и развиваются международно признанные научные школы:

- *академика Степанова: лазерная физика, нелинейная оптика (более 50 докторов наук, среди них академики П.А. Апанасевич, В.С. Бураков, А.Н. Рубинов, А.С. Рубанов, В.А. Орлович, С.Я. Килин, С.В. Гапоненко, члены-корреспонденты А.А. Афанасьев, В.П. Грибковский, А.П. Иванов, Н.В. Тарасенко);*
- *академика Федорова: теоретическая физика, кристаллооптика, ядерная физика (более 40 докторов наук, среди них академики Б.В. Бокуть, А.М. Гончаренко, Н.С. Казак, В.Н. Белый, члены-корреспонденты А.А. Богуш, Л.М. Томильчик, В.П. Редько, И.В. Семченко);*
- *академика Севченко: атомная и молекулярная спектроскопия, фотобиофизика (около 20 докторов наук, среди них академики В.А. Пилипович, Г.П. Гуринович, член-корреспондент К.Н. Соловьев);*
- *академика Ельяшевича: атомная спектроскопия и физика плазмы (около 20 докторов наук, среди них академик Л.И. Киселевский);*
- *академика Борисевича: молекулярная спектроскопия (16 докторов наук, среди них академики А.П. Войтович, В.А. Толкачев, А.П. Шкадаревич, член-корреспондент С.А. Тихомиров).*

Уже через 10 лет после своего образования Институт физики насчитывал примерно 300 сотрудников и успешно участвовал в решении задач всесоюзного и мирового уровня в области теории лазеров (создание новых лазеров и лазерных систем; построение теории распространения электромагнитного излучения в сложных средах, его взаимодействие с веществом и воздействие на материалы); исследования плазмы и физических процессов при вхождении космических аппаратов в атмосферу; развития ковариантных методов в физике элементарных частиц, кристаллооптике и кристаллоакустике; оптического зондирования атмосферы и океана; фотофизики биомолекул, спектроскопии свободных молекул; оптического приборостроения. Впоследствии к указанным направлениям добавились исследование Земли из космоса и космическое приборостроение, оптика

полупроводников, лазерная медицина, научное приборостроение.

К концу 1980-х гг. в составе Института было более 20 лабораторий, конструкторское бюро, опытное производство, действовало отделение в Могилеве. Образование суверенной Республики Беларусь, формирование национальной системы управления исследованиями и разработками, эффективное взаимодействие с государственной системой повлияли на развитие Института в XXI в.: ученые учреждали предприятия, организовывали крупные прикладные направления государственных научных и научно-технических программ, участвовали в многочисленных международных проектах.

Наличие сильных научных школ позволило внести существенный вклад в решение важной государственной задачи по созданию полноценной национальной системы эталонов и стандартов, без которой невозможны ни деятельность современных предприятий, ни международная торговля. Под руководством В.А. Длугуновича в Институте физики разработано 10 из 66 эталонов, образующих сегодня государственную систему эталонов Республики Беларусь.

Среди ученых Института физики немало создателей и руководителей предприятий. Академик В.С. Бураков организовал и несколько лет руководил приборостроительным предприятием «ОПТРОН», которое специализируется на разработке и выпуске высокотехнологичной инновационной продукции в области механики и мехатроники, высокоэффективных изделий для предприятий агропромышленного комплекса, пожарного оборудования и персонального электрического транспорта.

Академик А.П. Шкадаревич создал и по сей день возглавляет научно-производственный центр

«ЛЭМТ» БелОМО – одно из передовых предприятий оптической отрасли Республики Беларусь в области наукоемких высокотехнологичных лазерно-оптических, оптико-механических и оптико-электронных приборов, изделий, узлов и лазерных систем для промышленности, медицины, строительства и военного дела.

А.М. Русецкий долгие годы руководил объединением «ПЛАНАР», где на базе самых современных технологий и синтеза последних достижений науки и техники в различных областях знаний разрабатывается специализированное технологическое оборудование для микроэлектроники.

В.Е. Матюшков являлся директором научно-производственного предприятия «Конструкторское бюро точного электронного машиностроения» («КБТЭМ-ОМО»), вице-президентом концерна «ПЛАНАР». Под его руководством и при его непосредственном участии создано более 30 видов лазерного оптико-механического технологического оборудования для электронной промышленности, причем установки лазерной ретуши фотошаблонов и лазерные генераторы изображений были освоены в серийном производстве на несколько лет раньше зарубежных аналогов.

Доктор технических наук Л.С. Корочкин – организатор и директор РУП «Криптотех» ГОЗНАКА – одного из самых современных полиграфических предприятий Беларуси, специализирующихся на выпуске пластиковых карт различного уровня и назначения, бланков ценных бумаг, документов и специальных материалов, используемых для защиты продукции от подделки.

Кандидат физико-математических наук С.С. Дворников – создатель и директор ЗАО «СОЛАР», которое на протяжении 30 лет является отечественным инновационным разработчиком и производителем оборудования для клинично-диагностических лабораторий медицинских учреждений, лабораторий в области химии, биологии, экологии, ветеринарии, агрохимии, криминалистики, судебной медицины, энергетики и др.

Кандидат физико-математических наук, лауреат Государственной премии Республики Беларусь В.А. Кононов – организатор и директор белорусско-японского предприятия «ЛОТИС ТИИ», занимающегося разработкой и выпуском импульсно-периодических лазеров с ламповой накачкой, перестраиваемых лазеров на кристаллах титан-сапфира и форстерита, оптических параметрических генераторов, пикосекундных лазеров и специальных лазерных систем для научного и технологического при-

## Институт физики в цифрах

7500	Научных статей Института размещены в библиометрической базе Scopus
142	Сотрудника Института физики стали докторами наук
19	Сотрудника Института физики возглавили вузовские кафедры
2	Работы отмечены Ленинскими премиями
8	Работ удостоены Государственных премий СССР
17	Государственных премий БССР и Республики Беларусь
21	Сотрудник Института избран академиком
11	Сотрудников стали членами-корреспондентами Академии наук БССР и НАН Беларуси
10	Национальных эталонов создано учеными Института физики



Победители конкурса «Топ-10 результатов НАН Беларуси» в 2020 г.: А.В. Микулич, В.Ю. Плавский, А.И. Третьякова, И.А. Леусенко

менения, а также многофункциональных лазерных комплексов для обучения студентов.

Доктор физико-математических наук, лауреат Государственной премии Республики Беларусь Л.В. Танин создал предприятия «Магия света» и «Голографическая индустрия». Первое разрабатывает и производит голографическую продукцию, популяризирует художественную голографию, тесно сотрудничая с музеями, Министерством образования, Белорусской православной церковью (по созданию голографических образов икон). Второе специализируется на выпуске голографической продукции для маркировки и идентификации широкого круга товаров, ценных бумаг и документов.

Сегодня в 15 научных центрах Института физики работает около 200 научных сотрудников (среди них 33 доктора и 85 кандидатов наук), действует научно-производственный отдел по разработке и выпуску мелких партий уникальных оптических и лазерных изделий. Ключевыми направлениями, характеризующими наши научные исследования, сегодня являются:

- *квантовая оптика, квантовая информатика, искусственные нейронные сети* (С.Я. Килин, Д.С. Могилевцев, А.П. Низовцев, А.Б. Михайчев, В.Н. Чижевский, Л.И. Ридико);
- *физика фундаментальных взаимодействий, ядерная физика и астрофизика* (Ю.А. Курочкин, В.М. Редьков, Д.В. Шелковий, Н.О. Прокопеня);
- *фотобиофизика, биофотоника, лазерная и плазменная медицина* (Б.М. Джагаров, В.Ю. Плавский, Л.В. Симончик, А.В. Казак);
- *эффективные твердотельные лазерные системы, генерирующие импульсы нано-, пико- и фемтосекундной длительности*

- (Г.И. Рябцев, В.А. Орлович, С.А. Тихомиров, М.В. Богданович, А.В. Григорьев и др.);
- *широкозонная микро- и оптоэлектроника* (Г.П. Яблонский, Е.В. Луценко и др.);
- *физика наноструктур, нанофотоника, наноплазмоника, незрмитова оптика* (С.В. Гапоненко, Д.В. Новицкий, О.Н. Третинников, Н.В. Тарасенко, О.С. Кулакович и др.);
- *новая спектроскопия: бесселевы пучки, метаматериалы, терагерцовая техника* (В.Н. Белый, С.Н. Курилкина, А.А. Рыжевич, П.К. Петров, А.В. Ляхнович);
- *оптическая и лазерная метрология* (В.А. Длугунович, А.В. Исаевич, С.В. Никоненко и др.);
- *лазерные промышленные технологии* (И.С. Никончук, М.С. Леоненя, Е.С. Жарникова и др.);
- *научное, аналитическое, промышленное приборостроение* (М.В. Бельков, В.Ю. Плавский, А.Н. Чумаков, В.С. Калинов и др.);
- *мониторинг атмосферы от Европы до Антарктики и создание соответствующей аппаратуры* (А.П. Чайковский, А.В. Малинка, М.М. Король и др.).

## Наиболее яркие научные результаты последних лет

Под руководством академика С. Я. Килина активно развивается квантовая информатика – новое направление на стыке квантовой механики, оптики, теории информации и программирования, дискретной математики, лазерной физики и спектроскопии. Оно включает в себя вопросы квантовых вычислений, компьютеров, телепортации, криптографии, проблемы декогеренции и спектроскопии одиночных молекул и примесных центров. Нашими учеными впервые предложено и обосновано применение NV-центров (центров азот-вакансия) в алмазе для квантовых технологий. Ими реализована первая в СНГ волоконно-оптическая система квантовой криптографии на основе временного кодирования однофотонных импульсов. Серия разработанных и созданных уникальных высокоскоростных генераторов случайных бит на одиночных фотонах используется в системах защиты информации. В ближайшие годы планируется создать эмулятор 30-кубитного квантового компьютера. Кроме того, предложено использовать оптоэлектронную пару «вертикально-излучающий полупроводниковый



Участник белорусской антарктической экспедиции 2023–2024 гг. Владислав Базылевич готовится к натурному эксперименту в Антарктиде. На вставке – настройка аппаратуры в лаборатории



В центре «Широкозонная нано- и микроэлектроника»

лазер – однофотонный лавинный фотодиод» как основу искусственного нейрона. Экспериментально реализована сеть из 6 искусственных нейронов.

В области физики фундаментальных взаимодействий отметим участие 6 сотрудников Института во главе с Ю.А. Курочкиным в коллаборации ATLAS, сообщившей в 2012 г. об открытии бозона Хиггса. Сегодня Д.В. Шелковый и другие сотрудники участвуют в международном мегапроекте COMET, направленном на развитие Новой физики, то есть физики за рамками Стандартной модели. В.М. Редьков с сотрудниками работает над теорией элементарных частиц в пространствах Лобачевского, Римана, де Ситтера. Научный коллектив под руководством Ю.А. Курочкина показал, что, в отличие от плоского,

в трехмерных пространствах постоянной кривизны операторы сохраняющихся величин в задачах квантовой механики образуют не алгебру Ли, а новые структуры – деформированные алгебры. Особое внимание заслуживает участие сотрудников Института физики в ядерно-физических экспериментах в ОИЯИ (Дубна), а также создание погружного гамма-спектрометра для исследования радиоактивного загрязнения морских акваторий (А.В. Науменко, по заказу Института океанографического приборостроения, КНР).

В области фотобиофизики, биофотоники, лазерной и плазменной медицины активно работают ученые нескольких научных центров Института физики. Под руководством В.Ю. Плавского установлена важная роль эндогенных порфиринов как внутренних фотосенсибилизаторов, ответственных за разрушение раковых клеток при воздействии излучением синего диапазона. Развита принципы антимикробной фотодинамической терапии, основанной на фотодеструкции микроорганизмов при сочетанном воздействии красителя-сенсибилизатора и оптического излучения. Совместная работа физиков и микробиологов показала возможность фотоинактивации различных типов микробных клеток без применения экзогенных фотосенсибилизаторов. Под руководством Б.М. Джагарова выполнены систематические исследования фотоиндуцированных процессов в гемоглобине и миоглобине с использованием метода лазерной кинетической спектроскопии в растворах и золь-гель матрицах, а также методом молекулярной динамики. Продолжается разработка фотосенсибилизаторов нового поколения с активными и пассивными системами доставки, в качестве которых изучены белки плазмы крови, наночастицы цеолита и алмаза (В.А. Лапина с сотрудниками). Построены алгоритмы анализа биомедицинских данных на основе искусственного интеллекта (М.В. Войткова). Создан аппарат генерации воздушной плазменной струи «Алоэ» на основе тлеющего микроразряда в воздухе для деконтаминации поверхностей медицинского оборудования при атмосферном давлении и заживления ран, который в настоящее время находится на стадии клинических испытаний (Л.В. Симончик, А.В. Казак).

Активно развивается направление, связанное с разработкой лазерной и оптической аппаратуры для исследования атмосферы, методик анализа результатов наземных и спутниковых измерений. Под руководством А.П. Чайковского созданы новые лазерные лидары для стран Евросоюза (Рамочная программа ЕС)

и Китая (Институт океанографического приборостроения Академии наук провинции Шандунь), а также серия приборов для Белорусской антарктической станции. В ходе 15-летних наблюдений (с 2008 г.) с участием сотрудников Института физики в составе антарктических экспедиций получены данные о долговременных изменениях содержания взвешенных частиц в атмосфере Антарктиды, выявлена тенденция увеличения концентрации мелких частиц в нижней стратосфере (10–20 км). Разработан новый метод восстановления параметров аэрозоля по данным, полученным с помощью наземных радиометрических станций и спутникового лидара.

В области физики наноструктур и нанофотоники разработаны и реализованы новые методы получения наночастиц полупроводников (квантовые точки), металлов и их оксидов (центр «Физика плазмы», рук. Н.В. Тарасенко, и центр «Нанофотоника», рук. Д.В. Новицкий). Построена последовательная теория гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) света в металлodieлектрических наноструктурах с учетом усиления локального поля изменения локальной плотности фотонных состояний и разработаны эффективные методы описания плазмонных эффектов для различных оптических и фотоиндуцированных процессов (С.В. Гапоненко, Д.В. Гузатов); обнаружено, исследовано и применено в изучении объектов культурного наследия усиленное комбинационное рассеяние неорганическими микрокристаллами в составе художественных пигментов (Е.В. Шабуня-Клячковская с сотр.), впервые получено плазмонное усиление фотолюминесценции полупроводниковых нанокристаллов, а также реализовано плазмонное уси-

ление фотолюминесценции ряда меченых антител (О.С. Кулакович с сотр.). Д.В. Новицкий предсказал ряд особенностей динамики распространения и столкновений импульсов света в резонансных средах, обнаружил эффект самозахвата импульса света в нелинейных фотонных кристаллах, изучил условия локализации излучения в разупорядоченных нелинейных слоистых структурах и начал систематические исследования в области неэрмитовой фотоники, включая взаимодействие излучения с РТ-симметричными структурами. О.Н. Третьников с сотрудниками разработал метод синтеза люминесцирующих нанокластеров серебра в полимерной пленке. В центре «Фотоника и фотохимия молекул» А.Ю. Панариным и С.Н. Тереховым разработаны принципы создания эффективных ГКР-активных подложек на основе металлизированного пористого кремния. Под руководством Н.В. Тарасенко сформировано новое научное направление – плазмоактивированный синтез наноразмерных частиц металлов, их сплавов и химических соединений в жидкости, определены условия контролируемой модификации наночастиц под действием лазерного излучения.

Под руководством Г.П. Яблонского и Е.В. Луценко в центре «Широкозонная нано- и микроэлектроника» успешно развиваются исследования в области широкозонной микроэлектроники на основе молекулярно-пучковой эпитаксии GaN-гетероструктур. Применение высокотемпературной аммиачной молекулярно-пучковой эпитаксии зародышевых и буферных слоев AlN на подложках сапфира позволило получить рост слоев ступеньками из двух атомных слоев, что привело к уменьшению плотности



Молодые сотрудники Института физики НАН Беларуси, 2024 г.

дислокаций и увеличению кристаллического качества слоев AlN. Последующая оптимизация температуры аммиачной эпитаксии слоев AlGaIn и гетероструктур транзисторов с высокой подвижностью электронов AlGaIn/GaN позволили вырастить на сапфире гетероструктуры с двумерным электронным газом на уровне лучших мировых образцов. Обсуждается возможность перехода к технологии «нитрид галлия на карбиде кремния».


Под руководством Г.И. Рябцева и М.В. Богдановича разработана серия современных твердотельных лазеров повышенной эффективности, отличающихся использованием полупроводниковых диодных лазеров как источников оптического возбуждения, высоким качеством генерируемого излучения, широким интервалом температуры окружающей среды (от  $-40$  до  $+50$  °C). Такие приборы являются практически безальтернативными источниками излучения для систем дальнометрии, спектроскопии, медицины, космических применений и целого ряда устройств специального назначения, составляя основу уникальных научных комплексов, разрабатываемых в других научных подразделениях Института физики и успешно работающих в Европе, Азии и в Антарктиде.

В центре «Диагностические системы» под руководством В.Н. Белого развиваются новейшие направления современной спектроскопии: генерация бес-

селевых лазерных пучков, создание метаматериалов, терагерцовая спектроскопия. В настоящее время значительное внимание во всем мире уделяется исследованию искусственных структур, которые обладают необычными физическими свойствами, не присущими естественным материалам. Среди таких материалов наибольший интерес вызывают метаматериалы и метаповерхности в оптическом, терагерцовом и СВЧ-диапазонах спектра.

Учеными Института физики исследованы особенности возбуждения в метаматериалах плазмонов, благодаря которым возможно наблюдение наноразмерных деталей изображения с помощью суперлинзы. Впервые обнаружен и изучен новый тип плазмонов, локализованных у границы раздела диэлектрика и металла – бесселевы мультиплазмоны, характеризующийся наличием ярко выраженных, симметрично расположенных в приосевой области сверхузких (с размером несколько десятков нанометров) максимумов интенсивности. Показано, что он перспективен для нового вида виртуальных оптических квазибездифракционных зондов для ближнепольной микроскопии.

Эффективно работает Научно-производственный центр оптико-электронного приборостроения (рук. Л.И. Будник), в котором разрабатываются и производятся специализированные компоненты лазерной и оптической техники. Работают отраслевые лаборатории, созданные совместно с Министерством промышленности и Государственным комитетом по стандартизации.

Ученые Института физики вносят большой вклад в развитие современной науки, используя накопленный потенциал, опираясь на проведенные исследования и научно-технические разработки. У нас замечательная молодежь: 75 молодых ученых, аспирантов и магистрантов проводят конференции, активно участвуют во всех номинациях научных конкурсов (стипендии Президента Республики Беларусь, конкурсы на соискание именных премий Национальной академии наук, «100 идей для Беларуси», «100 инноваций молодых ученых»), в общественных и спортивных мероприятиях Академии наук. Активно работает Совет молодых ученых во главе с Дарьей Василевской. Наши ученые читают лекции в университетах, организуют выполнение лабораторных работ в стенах своего научного учреждения, работают с талантливыми школьниками в лицеях, гимназиях, Детском технопарке. В XXI век Институт физики вошел уверенно: с новыми лидерами, идеями и направлениями, он активно работает на благо сильной и процветающей Беларуси. 



Наша молодежь: будущее Института в надежных руках