

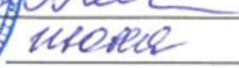
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор НОЦ «Институт
непрерывного образования»

 **Е.В. Мошкина**

 **2024 г.**

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

«Достижения и перспективы фотоники: от теории к практике»

Красноярск 2024

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Аннотация программы

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Достижения и перспективы фотоники: от теории к практике» ориентирована на научно-педагогических работников, магистрантов, аспирантов, молодых ученых Сибирского федерального университета и других российских университетов и научных центров.

Программа повышения квалификации структурирована по шести направлениям, охватывающим разные области фотоники, оптики и светотехники, с использованием лазерных, оптических и оптико-электронных технологий. Модульная структура программы способствует достижению планируемых результатов обучения и формированию компетенций в области фундаментальной и прикладной фотоники.

Обучение в рамках данной программы позволит слушателям расширить представление о современных перспективных направлениях развития фотоники, проблемах и достижениях теоретических и экспериментальных исследований по таким направлениям фотоники, как:

- искусственный интеллект в фотонике;
- квантовые коммуникации;
- креативные индустрии фотоники;
- новые оптические материалы и методы контроля их структуры и свойств;
- когерентная оптика и нелинейная фотоника;
- фотонные кристаллы, метаматериалы и топологические фазы;
- биофотоника, биосенсорика и нанотераностика.

В результате прохождения программы слушатели лучше станут понимать механизмы и принципы разработки и функционирования оптических систем, в том числе с применением машинного обучения, объективно оценивать перспективность и безопасность новых оптических материалов, композитов, структур и сенсоров на их основе для применения в науке, промышленности, биомедицине и быту.

1.2. Цель программы

Цель программы повышения квалификации — формирование компетенций научно-педагогических работников, включая молодых ученых, в области фундаментальной и прикладной фотоники.

1.3. Компетенции (трудовые функции) в соответствии с профессиональным стандартом (формирование новых или совершенствование имеющихся)

В соответствии с профессиональным стандартом 29.002 «Специалист технического обеспечения технологических процессов производства приборов квантовой электроники и фотоники», методы и формы обучения по программе направлены на формирование следующих трудовых функций:

- D/05.6 Подготовка предложений и реализация решений о переналадке оборудования и технологических линий для выпуска новых приборов или их версий с учетом особенностей нанотехнологических процессов приборов квантовой электроники и фотоники.
- E/06.6 Выявление и классификация факторов, влияющих на процесс производства приборов квантовой электроники и фотоники.
- F/01.7 Принятие решений о готовности производства к серийному выпуску нового изделия.

Программа разработана на основе квалификационных характеристик должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования, утвержденных приказом Минздравсоцразвития РФ от 11 января 2011 г. № 1н (ред. от 9 апреля 2018 г.) (ЕКСД РФ). Соответствует требованиям Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденного приказом Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499, приказа Минобрнауки России от 29 марта 2019 г. № 178, а также с учетом прогноза научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года.

Программа направлена на совершенствование компетенций (совершенствование способов и средств исполнения должностных обязанностей в соответствии с указанным выше разделом ЕКСД РФ) в части III «Должности профессорско-преподавательского состава»:

- ведет все виды учебных занятий, руководит курсовыми и дипломными проектами и научно-исследовательской работой обучающихся (студентов, слушателей), преимущественно магистров и специалистов;
- организует, руководит и ведет научно-исследовательскую работу по профилю кафедры (факультета);
- участвует в организуемых в рамках тематики направлений исследований кафедры семинарах, совещаниях и конференциях, включая международные;
- руководит работой по подготовке научно-педагогических кадров.

1.4. Планируемые результаты обучения

Слушатель, успешно освоивший программу, сможет достичь следующих результатов:

PO1. Знать основные современные направления развития и достижения в области фотоники, а именно:

- методы и технологии искусственного интеллекта в решении прогностических и аналитических задач фотоники (PO1-1);
- технологии, обеспечивающие передачу информации посредством квантовых явлений (PO1-2);
- методы разработки перспективных оптических материалов и сопутствующие методы контроля структуры и свойств новых материалов (PO1-3);

- перспективы когерентной оптики и нелинейной фотоники (PO1-4);
- теоретические и экспериментальные подходы в нанофотонике, фотонных кристаллах, метаматериалах и топологической фотонике (PO1-5);
- биофотоники (PO1-6).

PO2. Понимать механизмы и принципы разработки и функционирования новых оптических систем и материалов, лежащие в основе:

- искусственного интеллекта, включая алгоритмы машинного обучения и нейронных сетей (PO2-1);
- квантовой криптографии и памяти (PO2-2);
- оптических, электрических, спектральных свойств новых материалов и структур (PO2-3);
- получения когерентного излучения методами линейной и нелинейной оптики (PO2-4);
- оптических фильтров, сенсоров и микролазеров на основе периодических фотонных структур (PO2-5);
- оптических сенсоров и материалов биофотоники (PO2-6);

PO3. Оценивать перспективность внедрения и безопасность новых оптических материалов, композитов, структур и сенсоров на их основе для применения в науке, промышленности, биомедицине и быту.

1.5. Категория слушателей

Магистранты, аспиранты и научно-педагогические работники Сибирского федерального университета, других российских вузов и научных центров.

1.6. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение

Поступающему на обучение необходимо иметь задел знаний в области оптики и фотоники, а также в смежных областях; наличие опыта проведения научных исследований с использованием теоретических и экспериментальных методов; владение английским языком на уровне не ниже B1.

1.7. Продолжительность обучения

Продолжительность обучения по программе составляет 54 часа.

1.8. Форма обучения

Очная форма.

1.9. Требования к материально-техническому обеспечению, необходимому для реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации (требования к аудитории, компьютерному классу, программному обеспечению)

Учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, проектором или интерактивной доской. Компьютер с выходом в Интернет.

Программное обеспечение (обновленное до последней версии): MS PowerPoint, Adobe Acrobat, текстовый редактор.

1.10. Особенности (принципы) построения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Особенности построения программы повышения квалификации «Достижения и перспективы фотоники: от теории к практике»:

- сочетает в себе как современные инновационные, так и классические подходы к решению задач в области экспериментальной и теоретической фотоники;
- модульная структура программы;
- в основу проектирования программы положен компетентностный подход;
- вовлечение слушателя в процесс подачи лекционного материала в виде дискуссии, требующего практического применения знаний и умений, полученных в ходе изучения взаимосвязанных тем по шести направлениям (модулям);
- использование информационных и коммуникационных технологий, в том числе современных систем технологической поддержки процесса обучения, обеспечивающих комфортные условия для обучающихся, преподавателей.

1.11. Документ об образовании: удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа	
1.	Искусственный интеллект в фотонике	10	8	2	PO1-1, PO2-1, PO3
1.1.	Прогнозирование высокой сцинтилляционной активности металлорганических галогенидов	2	2		
1.2.	Разработка алгоритма анализа изображений молекулярного метаболического имиджинга FLIM на основе нейронных сетей	2	2		
1.3.	Оптический волоконный сенсор с тактильным интеллектом	1	1		
1.4.	Оптимизация параметров дифракционной нейронной сети, изготавливаемой методом двухфотонной лазерной литографии	1	1		
1.5.	Повышение качества восстановленного изображения с цифровых голограмм с помощью нейросети	1	1		
1.6.	Расчет спектров оптического поглощения плазмонных наночастиц с применением методов машинного обучения	1	1		
2.	Квантовые коммуникации	7	6	1	PO1-2, PO2-2, PO3
2.1.	Уязвимости систем квантового распределения ключей при высокоинтенсивном лазерном воздействии	2	2		
2.2.	Роль квантовой криптографии в современной защите информации и перспективы развития	2	2		
2.3.	Оптические квантовые вычисления	2	2		
3.	Новые оптические материалы и методы их исследования	12	10	2	PO1-3, PO2-3, PO3
3.1.	Люминофор-содержащие полифлуорены: синтез и применения в оптоэлектронике	1	1		
3.2.	Стекла, легированные Er^{3+} , для оптических широкополосных систем связи	1	1		
3.3.	Полупроводниковые наноструктуры, полученных лазерным синтезом, для фотокатализа	2	2		
3.4.	Рассеяние Мандельштама – Бриллюэна в тонких пленках и наночастицах	1	1		
3.5.	Спектроскопия и наноскопия одиночных квантовых точек	2	2		

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа	
3.6.	Терагерцовая спектроскопия художественных пигментов	1	1		
3.7.	Люминесцентная визуализация нелинейных фотофизических процессов в диэлектрических кристаллах	1	1		
3.8.	Термостимулированные процессы в собственной люминесценции широкозонных наноструктур	1	1		
4.	Когерентная оптика и нелинейная фотоника	8	7	1	PO1-4, PO2-4, PO3
4.1.	Нелинейно-оптические методы генерации ультракоротких импульсов ВУФ и рентгеновского излучения	2	2		
4.2.	Вихревые лазерные пучки и структурированный свет	1	1		
4.3.	Эффект Холла в световых полях с несколькими поляризационными сингулярностями при параксиальном распространении и острой фокусировке	1	1		
4.4.	Управление фотолюминесценцией перовскита с помощью материала с фазовой памятью	1	1		
4.5.	Сегнетоэлектрики с регулярной доменной структурой для преобразования частоты лазерного излучения	1	1		
4.6.	Пассивные резонаторные оптические гироскопы	1	1		
5.	Фотонные кристаллы, метаматериалы и топологические фазы	8	7	1	PO1-5, PO2-5, PO3
5.1.	Диэлектрическая нанофотоника, метаповерхности и блоховские поверхностные волны	2	2		
5.2.	Плазмон-усиленная оптическая наноскопия полупроводниковых структур	1	1		
5.3.	Управление электромагнитными полями в фотонных топологических структурах	2	2		
5.4.	Необычная магнитооптика пучков с орбитальным угловым моментом и наноструктур	1	1		
5.5.	«Тёмные» состояния спин-волновой электродинамики и акустики слоистых магнитных структур	1	1		
6.	Биофотоника	8	7	1	PO1-6,

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа	
6.1.	Применение методов фотоники в науках о жизни	2	2		PO2-6, PO3
6.2.	Биомедицинская нанофотоника: оптимизация диагностики и терапии	2	2		
6.3.	Применение оптоакустических и лазерно-оптических методов исследования в биологии и медицине	1	1		
6.4.	Триптофановая люминесценция белков как инструмент исследования их структуры и функции	1	1		
6.5.	О проблемах исследования биологических тканей и сред	1	1		
7.	Итоговая аттестация	1	1		PO1-PO3
	ИТОГО	54	46	8	

2.2. План учебной деятельности

Результаты обучения	Учебные действия / формы текущего контроля	Используемые ресурсы/ инструменты/технологии
PO1. Знать основные современные направления развития и достижения в области фотоники	Прослушивание лекций в очной форме (с возможностью применения дистанционных образовательных технологий) по шести разным направлениям фотоники	MS PowerPoint, Adobe Acrobat
PO2. Понимать механизмы и принципы разработки и функционирования новых оптических систем и материалов	Конспектирование основных идей и тезисов по материалам лекций. Обсуждение и анализ полученной информации в рамках прослушанных тем	Обсуждение, дискуссия, MS PowerPoint, Adobe Acrobat
PO3. Оценивать перспективность внедрения и безопасность новых оптических материалов, композитов, структур и сенсоров на их основе для применения в науке, промышленности, биомедицине и быту	Конспектирование основных идей и тезисов по материалам лекций. Обсуждение и аргументированная оценка возможностей применения оптических материалов для различных приложений	Обсуждение, дискуссия, MS PowerPoint, Adobe Acrobat

2.3. Виды и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа в рамках программы повышения квалификации включает:

1. Самостоятельное освоение теоретического материала, прослушанного во время лекций. Освоение предложенной в рамках программы литературы по темам лекций.
2. Формулирование по крайней мере одного вопроса или аргумента после прослушивания лекции.
3. Выполнение предложенных заданий в рамках обсуждения.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Учебно-методическое обеспечение, в т.ч. электронные ресурсы в корпоративной сети СФУ и сети Интернет

Темы 1.1-1.6

1. Brownlee J. Machine learning mastery with Python. Understand your data, create accurate models and work projects end-to-end. Machine learning mastery. – Independently published, 2021. – 176 p. – URL: <https://machinelearningmastery.com>.

2. Hackeling G. Mastering machine learning with scikit-learn. – Packt Publishing, 2014. – 238 p.

3. Коллекция видеороликов доктора Стива Брантона, посвященных обучению с подкреплением, гидродинамике на основе данных и машинному обучению, основанному на физике. – URL: <https://www.youtube.com/@eigensteve>.

Темы 2.1-2.3

4. Вятчанин С.П. Квантовые коммуникации и квантовые вычисления: учебное пособие. – М.: Физический факультет МГУ, 2022. – 211 с. – URL: <http://osc.phys.msu.ru/upload/4/4f/Cons2020ext.pdf>.

5. Applications of single photons to quantum communication and computing / C.Couteau, S. Barz, T. Durt [et al.] // Nature Reviews Physics. – 2023. – Vol. 5. – P. 326–338. – URL: <https://doi.org/10.1038/s42254-023-00583-2>.

6. Quantum computing / R. Rietsche, C. Dremel, S. Bosch [et al.] // Electron Markets. – 2022. – Vol. 32. – P. 2525–2536. – URL: <https://doi.org/10.1007/s12525-022-00570-y>.

Темы 3.1-3.8

7. Yang X., Wang D. Photocatalysis: from fundamental principles to materials and applications // ACS Applied Energy Materials. – 2018. – Vol. 1. – P. 6657–6693. – URL: <https://doi.org/10.1021/acsaem.8b01345>.

8. Quantum dots (QDs) for photonic applications / P. Prabhakaran, W.J. Kim, K.-S. Lee, P.N. Prasad // Optical Materials Express. – 2012. – Vol. 2. – P. 578–593. – URL: <https://doi.org/10.1364/OME.2.000578>.

9. Reddy A.A., Babu S.S., Prakash G.V. Er³⁺-doped phosphate glasses with improved gain characteristics for broadband optical amplifiers // Optics Communications. – 2012. – Vol. 285. – P. 5364–5367. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2012.08.031>.

10. Вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света в системах наноразмерных и субмикронных частиц / М.А. Карпов, А.Д. Кудрявцева, М.А. Шевченко [и др.] // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52, № 6. – С. 580–586.

11. Гигантское комбинационное рассеяние света на серебряных нанопроволочных метаповерхностях / Е.П. Кожина, С.А. Бедин, С.Н. Андреев, А.В. Наумов. – Москва: Издательство “Тривант”, 2022. – 60 с.

Темы 4.1-4.6

12. Forbes A., de Oliveira M., Dennis M.R. Structured light // Nature Photonics. – 2021. – Vol. 15. – P. 253–262. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41566-021-00780-4>.

13. Roadmap on structured light / H. Rubinsztein-Dunlop, A. Forbes, M.V. Berry [et al.] // Journal of Optics. – 2017. – Vol. 19. – Art. 013001. – URL: <https://doi.org/10.1088/2040-8978/19/1/013001>.

14. Thermally assisted growth of bulk domains created by femtosecond laser in magnesium doped lithium niobate / B.I. Lisjikh, M.S. Kosobokov, A.V. Efimov [et al.] // Ferroelectrics. – 2023. Vol. 604. – P. 47–52. – URL: <https://doi.org/10.1080/00150193.2023.2168979>.

15. All optically switchable active photonics based on the halide perovskite GST platform / O.M. Kushchenko, D.S. Gets, M.V. Rybin [et al.] // Laser and Photonics Reviews. – 2023. – Vol. 17. – Art. 2200836. – URL: <https://doi.org/10.1002/lpor.202200836>.

Темы 5.1-5.5

16. Шабанов В.Ф., Ветров С.Я., Шабанов А.В. Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 209 с. – URL: <http://kirensky.ru/zdoc/PhotCry.pdf>.

17. Photonic crystals: advances in design, fabrication and characterization / K. Busch, S. Lölkes, R.B. Wehrspohn, H. Föll. – Berlin: Wiley-VCH, 2004. – 380 p.

18. Skorobogatiy M. Nanostructured and subwavelength waveguides: fundamentals and applications. – John Wiley & Sons, Ltd, 2012. – 321 p.

19. Манцызов Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов. – М.: Физмалит, 2009. – 208 с.

20. Pisco M., Cusano A., Cutolo A. Photonic bandgap structures: novel technological platforms for physical, chemical and biological sensing. – Bentham Science Publishers, 2012. – URL: <https://doi.org/10.2174/97816080544801120101>.

21. Limonov M.F., De La Rue R.M. Optical properties of photonic structures: interplay of order and disorder. – CRC Press, 2019. – 568 p.

Темы 6.1-6.5

22. Nanophotonics: fundamentals, challenges, future prospects and applied applications / M.A. Iqbal, N. Ashraf, W. Shahid [et al.]. In "Nonlinear optics - nonlinear nanophotonics and novel materials for nonlinear optics" / B.I. Lembrikov Ed., 2022. – P. 17–38. – URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.94637>.

23. Multimodal optoacoustic imaging: methods and contrast materials / Z. Chen, I. Gezginer, Q. Zhou [et al.] // Chemical Society Reviews. – 2024. – Vol. 53. – P. 6068–6099. – URL: <https://doi.org/10.1039/D3CS00565H>.

24. Nanophotonic catheters: a lens into the body for biosensing and biomedical imaging / B.A. Taha, I.A. Al-Tahar, A.J. Addie [et al.] // Applied Materials Today. – 2024. – V. 38. – Art. 102229. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2024.102229>.

25. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения. – М.-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2011. – 296 с.

3.2. Программное обеспечение (информационные обучающие системы, системы вебинаров, сетевые ресурсы хостинга видео, изображений, файлов, презентаций и др.)

1. Российская научная электронная библиотека, интегрированная с Российским индексом научного цитирования eLibrary.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

2. Полнотекстовая база данных ScienceDirect [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com>.

3. Бесплатная поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин Google Scholar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru>.

4. Библиотечный фонд Научная библиотеки СФУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru>.

IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. Формы аттестации, оценочные материалы, методические материалы

Обучение по программе повышения квалификации предполагает участие в очных лекционных занятиях с обязательной обратной связью в виде дискуссии, выполнение предложенных на лекциях заданий в рамках как индивидуального, так и группового обсуждения.

Текущий контроль слушателей проводится на основе оценки активности и участия в дискуссиях в ходе лекционных занятий, а также качества сформулированных вопросов и предложений по 12-14 темам.

4.2. Требования и содержание итоговой аттестации

Основанием для аттестации является написанный отчет о полученных в ходе обучения по программе знаниях, методах и приложениях, которые слушатель в дальнейшем может использовать в своей педагогической и научной деятельности.

Программу составила:

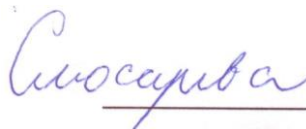
Старший преподаватель кафедры
общей физики Института инженерной
физики и радиоэлектроники СФУ



М.А. Герасимова

Руководитель программы:

Д-р физ.-мат. наук, профессор
базовой кафедры фотоники
и лазерных технологий, заместитель
директора по научной работе
Института инженерной физики
и радиоэлектроники СФУ



Е.А. Слюсарева