

Приложение № 24  
к приказу  
от 21.06.2024 № 30/1-н

ПРИНЯТО  
на заседании кафедры  
физики ФМШ СФУ  
Протокол № 8  
от «23» 06 2024 г.

ПРИНЯТО  
на заседании Ученого  
совета ФМШ СФУ  
Протокол № 7  
от «26» 06 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО  
Директор ФМШ СФУ  
Е.А. Енгуразова  
» июня 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
СРЕДНЕГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА  
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОПТИКА»**

Составитель:  
Тырышкина Л.Е., канд. техн. наук, младший научный сотрудник лаборатории  
ФМС ИФ СО РАН

Красноярск 2024

Настоящая рабочая программа разработана на основе Федеральной образовательной программы среднего общего образования, в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования и на основе требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования физико-математической школы-интерната ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». В соответствии с учебным планом ФМШ элективный курс «Экспериментальная оптика» изучается в 10 или 11 классах по выбору обучающихся в объеме 1 час в неделю в течение года обучения, всего 34 часов.

Экспериментальная оптика – курс, организованный коллективом преподавателей СФУ, а также научных сотрудников из ИФ СО РАН, расширяющий и углубляющий общеобразовательный курс «Физика».

На элективном даются углубленные знания по разделу «оптика». Оптические приборы используются в самых различных областях науки, технике и народном хозяйстве страны, а оптические методы исследования относятся к наиболее тонким и точным. Появление современных материалов с новыми оптическими свойствами позволяет создавать оптические устройства с совершенно иными принципами работы. На лекциях и практических занятиях курса учащиеся узнают об основных и новых оптических материалах, освоят способы измерения свойств фотонных структур, попытаются ответить на открытые вопросы современной оптики и спектроскопии.

Целесообразным является поддержка курса занятиями в модуле «Экспериментальная оптика» программы дополнительного образования «Научная лаборатория».

### **Цели и задачи курса**

«Экспериментальная оптика» – элективный учебный курс, обеспечивающий подготовку учащихся в области оптики и спектроскопии, одного из основных разделов современной физики.

Данный учебный курс является одним из наиболее актуальных курсов современной системы общего образования, поскольку оптика является перспективным и востребованным направлением современной физики.

Целью курса является:

- 1) получение старшеклассниками углубленных знаний по современной оптике;
- 2) освоение старшеклассниками практических умений в работе с оптическими устройствами, измерениями, расчетами.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи:

- Познакомиться с многообразием оптических материалов и объяснить природу их свойств;
- Познакомиться с направлениями экспериментальной оптики и спектроскопии, развиваемыми учеными Красноярска;
- Научиться проводить экспериментальную работу при исследовании оптических свойств материалов;
- Научиться интерпретировать экспериментальные результаты исследований в области фотоники.

### **Образовательные результаты**

**В результате изучения курса обучающийся должен**

*Знать:*

- основные классы оптических материалов;

- основные современные экспериментальные результаты в области оптических материалов;
- принципы работы и устройство современной экспериментальной аппаратуры для исследования оптических явлений и материалов с помощью оптических методов;
- способы применения измерительных устройств оптики и спектроскопии.

*Уметь:*

- определять оптимальный метод исследования оптических материалов;
- проводить измерения при исследовании материалов для фотоники;
- интерпретировать полученные результаты.

*Владеть:*

- навыками работы с учебной и научной литературой;
- навыками работы с простейшей измерительной аппаратурой;
- основными теоретическими представлениями, позволяющими анализировать результаты экспериментальных исследований материалов фотоники;
- навыками выбора и критериями оценки оптимальных методик и оборудования для исследований новых оптических материалов.

### **Личностные результаты включают в себя:**

*в сфере гражданского воспитания:*

- сформированность гражданской позиции обучающегося как активного и ответственного члена российского общества;
- принятие традиционных национальных, общечеловеческих гуманистических и демократических ценностей;
- представление о видах идентичности, актуальных для становления человечества и общества, для жизни в современном поликультурном мире;
- готовность противостоять идеологии экстремизма, национализма, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам;
- умение взаимодействовать с социальными институтами в соответствии с их функциями и назначением; готовность к гуманитарной и волонтерской деятельности;

*в сфере патриотического воспитания:*

- сформированность российской гражданской идентичности, патриотизма, уважения к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свою страну, свой край, свой язык и культуру, прошлое и настоящее многонационального народа России;
- ценностное отношение к государственным символам, историческому и природному наследию, памятникам, традициям народов России, достижениям России в науке, технологиях, труде;

*в сфере духовно-нравственного развития:*

- сформированность нравственного сознания, этического поведения, способность оценивать ситуации нравственного выбора и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные ценности и нормы современного российского общества;
- понимание значения личного вклада в построение устойчивого будущего;
- ответственное отношение к своим родителям, представителям старших поколений, осознание значения создания семьи на основе принятия ценностей семейной жизни в соответствии с традициями народов России;
- освоение гуманистических традиций и ценностей, уважение к личности, правам и свободам человека, культурам разных народов;

*в сфере эстетического воспитания:*

- представление об исторически сложившемся культурном многообразии своей страны и мира;
- эстетическое отношение к миру, современной культуре, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, труда, общественных отношений;

*в сфере физического воспитания:*

- осознание ценности жизни и необходимости ее сохранения;
- представление об идеалах гармоничного физического и духовного развития человека в исторических обществах и в современную эпоху;

*в сфере трудового воспитания:*

- понимание значения трудовой деятельности как источника развития человека и общества;

- уважение к труду и результатам трудовой деятельности человека;

- формирование интереса к различным сферам профессиональной деятельности;

- мотивация и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;

*в сфере экологического воспитания:*

- осмысление исторического опыта взаимодействия людей с природной средой, его позитивных и негативных проявлений;

*в понимании ценности научного познания:*

- сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития исторической науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, способствующего осознанию своего места в поликультурном мире;

- осмысление значения истории как знания о развитии человека и общества, о социальном и нравственном опыте предшествующих поколений;

- совершенствование языковой и читательской культуры как средства взаимодействия между людьми и познания мира;

- овладение основными навыками познания и оценки событий прошлого с позиций историзма, готовность к осуществлению учебной проектно-исследовательской деятельности в сфере истории;

- приобщение к истокам культурно-исторического наследия человечества, интерес к его познанию за рамками учебного курса и школьного обучения.

Работа на программе способствует также развитию *эмоционального интеллекта* школьников, в том числе *самосознания* (включая способность осознавать роль эмоций в отношениях между людьми); *саморегулирования*, включающего самоконтроль, умение принимать ответственность за свое поведение, способность адаптироваться к эмоциональным изменениям и проявлять гибкость, быть открытым новому; *внутренней мотивации*, включающей стремление к достижению цели и успеху, оптимизм, инициативность, умение действовать, исходя из своих возможностей; *эмпатии* (способность понимать другого человека, оказавшегося в определенных обстоятельствах); *социальных навыков* (способность выстраивать конструктивные отношения с другими людьми, регулировать способ выражения своих суждений и эмоций с учетом позиций и мнений других участников общения).

**Метапредметные результаты включают в себя следующие умения:**

**1) в сфере универсальных учебных познавательных действий:**

*владение базовыми логическими действиями:*

- формулировать проблему, вопрос, требующий решения;

- устанавливать существенный признак или основания для сравнения, классификации и обобщения;
- определять цели деятельности, задавать параметры и критерии их достижения;
- выявлять закономерные черты и противоречия в рассматриваемых явлениях;
- разрабатывать план решения проблемы с учетом анализа имеющихся ресурсов;
- вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;

*владение базовыми исследовательскими действиями:*

- определять познавательную задачу; намечать путь ее решения и осуществлять подбор материала, объекта;
- владеть навыками учебно--исследовательской и проектной деятельности;
- выявлять характерные признаки явлений;
- раскрывать причинно--следственные связи; сравнивать события, ситуации, определяя основания для сравнения, выявляя общие черты и различия;
- формулировать и обосновывать выводы; соотносить полученный результат с имеющимся знаниями;
- определять новизну и обоснованность полученного результата;
- представлять результаты своей деятельности в различных формах (сообщение, эссе, презентация, реферат, учебный проект и другие);
- объяснять сферу применения и значение проведенного учебного исследования в современном общественном контексте;

*работа с информацией:*

- осуществлять анализ учебной и внеучебной информации (учебники, источники, научно--популярная литература, интернет -ресурсы и другие);
- извлекать, сопоставлять, систематизировать и интерпретировать информацию;
- различать виды источников информации;
- высказывать суждение о достоверности и значении информации источника (по предложенным или самостоятельно сформулированным критериям);
- рассматривать комплексы источников, выявляя совпадения и различия их свидетельств;
- использовать средства современных информационных и коммуникационных технологий с соблюдением правовых и этических норм, требований информационной безопасности;
- создавать тексты в различных форматах с учетом назначения информации и целевой аудитории, выбирая оптимальную форму представления и визуализации;

**2) в сфере универсальных коммуникативных действий:**

*общение:*

- представлять особенности взаимодействия людей в современном мире;
- излагать и аргументировать свою точку зрения в устном высказывании, письменном тексте;
- владеть способами общения и конструктивного взаимодействия, в том числе межкультурного, в школе и социальном окружении;
- аргументированно вести диалог, уметь смягчать конфликтные ситуации;

*осуществление совместной деятельности:*

- осознавать значение совместной деятельности людей как эффективного средства достижения поставленных целей;
- планировать и осуществлять совместную работу, коллективные учебные проекты, в том числе на региональном материале;
- определять свое участие в общей работе и координировать свои действия с другими членами команды;

- проявлять творчество и инициативу в индивидуальной и командной работе;
- оценивать полученные результаты и свой вклад в общую работу;

**3) в сфере универсальных регулятивных действий:**

*владение приемами самоорганизации своей учебной и общественной работы:*

- выявлять проблему, задачи, требующие решения;
- составлять план действий, определять способ решения, последовательно реализовывать намеченный план действий и другие;

*владение приемами самоконтроля:*

- осуществлять самоконтроль, рефлексию и самооценку полученных результатов;
- вносить коррективы в свою работу с учетом установленных ошибок, возникших трудностей;

*принятие себя и других:*

- осознавать свои достижения и слабые стороны в учении, школьном и внешкольном общении, сотрудничестве со сверстниками и людьми старших поколений;
- принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности;
- признавать свое право и право других на ошибку;
- вносить конструктивные предложения для совместного решения учебных задач, проблем.

При разработке учебного курса были использованы следующие принципы:

- принцип последовательности в изучении понятийного аппарата и законов оптики и спектроскопии,
- принцип системности знаний,
- принцип дифференцированности обучения,
- принцип фундаментальности знаний и умений,
- принцип доступности содержания курса,
- принцип связи теоретических знаний с практикой,
- принцип единой содержательной и процессуальной стороны обучения,
- принцип структурного единства содержания образования на разных уровнях его формирования с учетом личностного развития и становления школьника.

## Содержание курса

### ***Раздел 1. Оптические материалы (10 час.)***

Оптические материалы. Новые виды, методы получения, их свойства и области применения. Обзор оптических методов исследования материалов. Оптически прозрачные функциональные покрытия. Оборудование и методы получения оптически прозрачных функциональных покрытий. Исследования структурных, оптических и электрических свойств прозрачных функциональных покрытий. «Умные» окна. Хиральность в живой и неживой природе. Анодные оксиды для нужд фотоники. Оптика метасред. Суперлинза, плащ-невидимка.

Практическая работа: определение порога коагуляции электролита методом спектрофотометрии.

### ***Раздел 2. Волновые свойства частиц (2 час.)***

Основные понятия корпускулярно-волнового дуализма. Понятие волн Де-Бройля. Соотношения неопределенности.

Практическая работа на тренажере, имитирующем рассеяние элементарных частиц (электрон, протон, альфа-частица) на микроотверстии.

### ***Раздел 3. Спектроскопия комбинационного рассеяния света (3 часа)***

Спектроскопия комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия) как метод для изучения материалов. Углеродные материалы (графит, алмаз, графен, фуллерен) и исследование их с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света (лекция и практика).

### ***Раздел 4. Фотовольтаика (3 час.)***

Фотовольтаика: современное состояние исследований (лекция и практика). Расчет энергетических характеристик солнечного элемента.

### ***Раздел 5. Медицинская оптика (2 час.)***

Оптика глаза. Общие сведения. Оптическая система глаза, характеристики и свойства глаза. Стереоскопическое зрение, глубина резкости при наблюдении невооруженным глазом. Экспериментальные методы в биофизике.

### ***Раздел 6. Оптические методы измерений в машиностроении (3 час.)***

Оптический контроль измерительных поверхностей гладких микрометров в рамках поверки средств измерений. Определение осей отверстий для крепежных деталей на большом инструментальном микроскопе. Измерение шероховатости на двойном микроскопе МИС-11.

### ***Раздел 7. Фотонные структуры (4 час.)***

Моделирование устройств фотоники. Изготовление устройств фотоники. Изготовление фотоприемника. Измерение спектральных свойств устройств фотоники.

### ***Раздел 8. Фотосинтез (5 час.)***

Основы фотосинтеза. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата. Пигменты хлоропластов. Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Механизм поглощения и испускания света молекулой; спектры поглощения. Электронно-возбужденные состояния хлорофиллов, пути их дезактивации. Электрон-транспортная цепь фотосинтеза. Действие внешних факторов (интенсивность и качество света, фотопериод, концентрация CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, температура и др.) на фотосинтез. Другие типы световых реакций.

### ***Защита практических и лабораторных работ (1 час.)***

### ***Представление и защита научно-практической работы (1 час.)***

## **Тематическое планирование**

<b>№ п/п</b>	<b>Тема</b>	<b>Количество часов</b>	<b>Формы организации учебной деятельности</b>	<b>Формы контроля</b>
<b>1</b>	<b>Оптические материалы</b>	<b>10</b>		<b>Тест, прием практических заданий</b>

1.1	Оптические материалы. Новые виды, методы получения, их свойства и области применения.	1	лекция	
1.2	Обзор оптических методов исследования материалов.	1	лекция	
1.3	Определение порога коагуляции электролита методом спектрофотометрии.	1	Практическая работа	
1.4	Оптически прозрачные функциональные покрытия.	1	Лекция, практика	
1.5	Оборудование и методы получения оптически прозрачных функциональных покрытий.	1	Лекция, практика	
1.6	Исследования структурных, оптических и электрических свойств прозрачных функциональных покрытий.	1	Лекция, практика	
1.7	«Умные» окна.	1	Лекция	
1.8	Хиральность в живой и неживой природе.	1	Лекция, практика	
1.9	Анодные оксиды для нужд фотоники.	1	Лекция, практика	
1.10	Оптика метасред. Суперлинза, плащ-невидимка.	1	Лекция, практика	
<b>2</b>	<b>Волновые свойства частиц</b>	<b>2</b>		<b>Тест, прием практических заданий</b>
2.1	Основные понятия корпускулярно-волнового дуализма. Понятие волн Де-Бройля. Соотношения неопределенности.	1	Лекция, практика	
2.2	Практическая работа на тренажере, имитирующем рассеяние элементарных частиц (электрон, протон, альфа-частица) на микроотверстии	1	Практическая работа	
<b>3</b>	<b>Спектроскопия комбинационного рассеяния света</b>	<b>3</b>		<b>Тест, прием практических заданий</b>
3.1	Спектроскопия комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия) как метод для изучения материалов.	1	лекция	

3.2	Углеродные материалы (графит, алмаз, графен, фуллерен) и исследование их с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света.	2	лекция и практика	
<b>4</b>	<b>Фотовольтаика</b>	<b>3</b>		<b>Тест, прием практических заданий</b>
4.1	Фотовольтаика: современное состояние исследований.	2	лекция и практика	
4.2	Расчет энергетических характеристик солнечного элемента.	1	практика	
<b>5</b>	<b>Медицинская оптика</b>	<b>2</b>		<b>Прием практических заданий</b>
5.1	Оптика глаза. Общие сведения. Оптическая система глаза, характеристики и свойства глаза. Стереоскопическое зрение, глубина резкости при наблюдении невооруженным глазом.	1	лекция	
5.2	Экспериментальные методы в биофизике.	1	практика	
<b>6</b>	<b>Оптические методы измерений в машиностроении</b>	<b>3</b>		<b>Прием практических заданий</b>
6.1	Оптический контроль измерительных поверхностей гладких микрометров в рамках поверки средств измерений.	1		
6.2	Определение осей отверстий для крепежных деталей на большом инструментальном микроскопе.	1		
6.3	Измерение шероховатости на двойном микроскопе МИС-11.	1		
<b>7</b>	<b>Фотонные структуры</b>	<b>4</b>		<b>Прием практических заданий</b>
7.1	Моделирование устройств фотоники.	1	Практика	
7.2	Изготовление устройств фотоники.	1	Практика	

7.3	Изготовление фотоприемника.	1	практика	
7.4	Измерение спектральных свойств устройств фотоники.	1	практика	
<b>8</b>	<b>Фотосинтез</b>	<b>5</b>		<b>Прием практических заданий</b>
8.1	Основы фотосинтеза.	1	лекция	
8.2	Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата.	1	Лекция, практика	
8.3	Пигменты хлоропластов. Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Механизм поглощения и испускания света молекулой; спектры поглощения. Электронно-возбужденные состояния хлорофиллов, пути их дезактивации.	1	Лекция, практика	
8.4	Электрон-транспортная цепь фотосинтеза. Действие внешних факторов (интенсивность и качество света, фотопериод, концентрация CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , температура и др.) на фотосинтез.	1	Лекция, практика	
8.5	Другие типы световых реакций.	1	Лекция, практика	
	<b>Защита практических работ</b>	<b>1</b>		
	<b>Представление и защита научно-практической работы</b>	<b>1</b>		
	<b>ИТОГО</b>	<b>34</b>		

### **Формы работы**

Теоретические занятия предназначены для представления теоретических знаний по учебному курсу проводятся в виде лекций. В данном элективном курсе предполагается два вида практических занятий: решение задач и выполнение практических работ; участие в практической работе научных лабораторий СФУ и ФИЦ КНЦ СО РАН. Все темы включают в себя самостоятельную работу. Самостоятельная работа предусматривает несколько видов деятельности ученика: работу с литературой, решение задач, работу на компьютере, исследовательскую учебную работу. Исследовательская учебная работа заключается в подготовке и проведении исследования, подготовке доклада и презентации для итоговой аттестации с возможностью дальнейшего выступления на научных конференциях, где есть школьные секции.

### **Формы контроля**

Текущий контроль теоретических знаний выполняется путем тестирования. Предусмотрены тесты по разделам 1-4 курса.

Текущий контроль практических знаний выполняется в процессе сдачи-приема решенных задач, разбираемых в рамках практических занятий. Сдача задания включает в себя демонстрацию решения и ответов на контрольные вопросы.

Заключительная форма контроля – сдача научно-практической работы. Цель – проверка знаний учащегося и умений применять эти знания в практике. Защита работы выполняется в форме научного доклада.

### **Учебно-методические материалы по дисциплине**

#### **Основная литература**

1. Салех Б.Е.А., Тейх М.К. Оптика и фотоника. Принципы и применения. 2 тома. М: Интеллект, 2012 г. – 1544 с.
2. Баткин В. И., Башкатов Ю. Л., Лежнин С. И., Савченко О. Я. Физика в задачах, Специализированный учебно-научный центр НГУ. - Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2013. - 676 с
3. Физика. 7-11 кл. Опорные конспекты и разноуровневые задания. Марон А.Е. 2009 - 432 с.
4. Суптитц В. Фотоника. Применение фотонов в современных технологиях. 2019 – 104 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Бутиков Е. И. Оптика: Учебное пособие. 3-е изд., доп. — СПб.: Лань, 2012. — 608 с.
2. Алешкевич В. А. Курс общей физики. Оптика. — М.: Физматлит, 2011. —320 с.
3. Сойфер В.А. Дифракционная оптика и нанофотоника. Самара. 2014 – 607 с.
4. Taflove A. Advances in FDTD Computational Electrodynamics. Photonics and Nanotechnology. Artech House – 623 с.
5. Белотелов В.И., Звездин А.К. Фотонные кристаллы и другие метаматериалы. 2006 – 140 с.
6. Беляков В.А. Оптика фотонных кристаллов. М: МФТИ, 2013 – 74 с.
7. Тарасов Л.В. Физика в природе. Книга для учащихся. Мнемозина, 2013 – 384 с.
8. Третьяков Ю.Д. Нанотехнологии. Азбука для всех. Физматлит, 2010 – 368 с.
9. Холл Д. Фотосинтез. Издательство «Мир» Москва, 1983 – 186 с.

#### **Научная библиотека СФУ ([bik.sfu-kras.ru](http://bik.sfu-kras.ru))**

БД «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU»