

Приложение № 75  
к приказу  
от «21» 06 2024 г. № 30/1-н

ПРИНЯТО  
на заседании кафедры  
физики ФМШ СФУ  
Протокол № 8  
от «03» 06 2024 г.

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



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАУЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»

#### Составители:

Зотова М.В., старший преподаватель кафедры теоретической физики и волновых явлений, Институт инженерной физики и радиоэлектроники СФУ и команда преподавателей кафедры теоретической физики и волновых явлений, Институт инженерной физики и радиоэлектроники СФУ

Курагин М.М., заведующий кафедрой физики (соруководитель) ФМШ СФУ

Платонов Д.В., инженер-исследователь кафедры теплофизики, Институт инженерной физики и радиоэлектроники, СФУ

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

Зубров И.Е., аспирант Института математики и фундаментальной информатики СФУ

Зотов И.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры алгебры и математической логики Института математики и фундаментальной информатики СФУ

Дураков Б.Е., канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель кафедры алгебры и математической логики Института математики и фундаментальной информатики СФУ

Черепанова О.Н., канд. физ.-мат. наук, директор Института математики и фундаментальной информатики СФУ

Кнауб Л.В., канд. ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой МОДУС Института математики и фундаментальной информатики СФУ

Шефер Ю.Л., канд. физ.-мат. наук, ассистент кафедры математического обеспечения дискретных устройств и систем Института математики и фундаментальной информатики СФУ

Красноярск 2024

Настоящая рабочая программа разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта 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 программа дополнительного образования «Научная лаборатория» изучается в 10 классе по выбору обучающихся в рамках одного из модулей в объеме 1 час в неделю в течение года обучения, всего 34 часа.

Программа соответствует требованиям к уровню подготовки учащихся. Она позволяет сформировать у учащихся достаточно широкое представление о физической картине мира. В программе предусмотрено использование разнообразных форм организации учебного процесса, внедрение современных методов обучения и педагогических технологий, а также учета местных условий. Программа позволяет увеличить время на решение комплексных задач, выполнения индивидуального проекта учащегося, входящего в обязательную образовательную программу.

#### **Цели:**

- привлечение обучающихся к занятиям точными науками, развитие интереса к физике, занятию учебно-исследовательской деятельностью;
- формирование у обучающихся умений учебно-исследовательской деятельности;
- повышение результативности участия школьников в конкурсах исследовательских работ;
- создание условий для реализации потенциала одарённых школьников, интересующихся точными науками, обеспечение их дополнительного образования.

#### **Основные задачи:**

1. Формирование у школьников познавательной мотивации, определяющей установку на продолжение образования в области точных наук.
2. Формирование знаний, умений и навыков проведения учебного исследования физических явлений и закономерностей.
3. Демонстрация реальных примеров постановки и решения физико-математических теоретических и прикладных задач.
4. Организация получения учащимися опыта проектно-исследовательской деятельности в физико-математической сфере.
5. Создание условий для развития поисковой активности, исследовательского мышления обучающихся.
6. Развитие коммуникативной культуры, навыков самопрезентации, в том числе на иностранном языке.

### **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

По окончании курса учащиеся:

- приобретут способность к самостоятельному обучению, овладение опытом самоорганизации, самореализации, самоконтроля;
- овладеют коммуникативными навыками, навыками работы в команде;

- овладеют способами учебно-исследовательской деятельности, приобретут опыт продуктивной творческой деятельности;

- научатся объяснять результаты наблюдений и экспериментов, описывать фундаментальные опыты, представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости, воспринимать и самостоятельно оценивать эмпирическую информацию;

- смогут использовать новые информационные технологии для поиска, обработки и предъявления информации по физике в компьютерных базах данных и сети Интернет.

**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 имеющимися 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, рефлекссию 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.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

№ п/п	Модуль	Содержание	Количество часов
1	Математическое моделирование физических процессов в природе и технике	Математическое моделирование физических процессов на ЭВМ\Python. Механика. Основы МКТ. Электростатика	34
2	Экспериментальная оптика	Оптические материалы. Волновые свойства частиц. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Фотовольтаика. Медицинская оптика. Оптические методы измерений в машиностроении. Фотонные структуры. Фотосинтез	34
3	Начала современной физики	Физика как основа научного познания. Современные классическая и квантовая механики. Современная физика конденсированного состояния. Наноматериалы и нанотехнологии. Сверхпроводимость и её применения в технике и энергетике. Астрономия и астрофизика. Космология и гравитация	34
4	Астрономия	Предмет астрономии. Основы практической астрономии. Основы астрономической фотографии. Строение Солнечной системы. Законы движения небесных тел. Природа тел Солнечной системы. Солнце и звёзды. Наша галактика – млечный путь. Строение и эволюция Вселенной. Подготовка научных проектов. Жизнь и разум во вселенной.	34
5	Планиметрия	Подобные треугольники. Вписанный угол. Окружности. Площадь. Треугольники. Многоугольники.	34
6	Математическое моделирование в естественных науках	Клеточные автоматы. Метод Монте-Карло. Простейшие физические модели. Введение в теорию игр. Модели, описывающие биологические и химические процессы. Модели развития эпидемий. Моделирование биологических и эволюционных процессов	34
7	Дополнительные главы планиметрии	Треугольники. Окружность и круг. Многоугольники. Задачи на построение	34
8	Решение задач с параметрами	Линейные уравнения (неравенства) с параметром и их системы. Квадратное уравнение (неравенство) с параметром. Использование графических иллюстраций в задачах с	34

		параметром. Задачи с параметром, содержащие модуль. Уравнения и неравенства с параметром, содержащие модуль	
9	Теория групп	Основные определения и примеры групп. Действия группы на множестве. Абстрактная и комбинаторная теория групп	34
10	Теория чисел	Теория делимости. Сравнения и диофантовы уравнения. Неравенства и оценки в задачах теории чисел	34
11	Теория вероятностей и методы решения экономических задач	Случайные события и операции над ними. Комбинаторика. Вероятность события. Операции над вероятностями. Независимые повторные испытания. Дискретные случайные величины и их характеристики. Элементы математической статистики	34
12	Уравнения и неравенства	Простейшие уравнения и неравенства: уравнение и неравенства с модулями. Рациональные уравнения и неравенства. Уравнения и неравенства с радикалами. Тригонометрические уравнения и неравенства. Сложные уравнения и неравенства: Показательные уравнения и неравенства. Логарифмические уравнения и неравенства. Смешанная тригонометрия. Уравнения и неравенства с параметрами	
15			34

### Учебно-тематический план

#### Модуль «Математическое моделирование физических процессов в науке и технике»

№ п/п	Тема	Количество часов
<b>1</b>	<b>Введение в спецкурс. Математическое моделирование физических процессов на ЭВМ\Python</b>	<b>10</b>
	Методы научного познания: наблюдение, измерение, сравнение, физический и мысленный эксперимент, моделирование (вычислительный эксперимент). Эволюция ЭВМ и их роль в развитии вычислительных методов и технологий визуализации результатов компьютерного моделирования	1
	Границы применимости аналитического (точного) и численного метода решения физических задач. Современные пакеты прикладных программ для математических и инженерных расчетов: SigmaFlow, Matlab, Mathcad, Multisim, ANSYSFluent	1
	Векторы, матрицы и основные действия над ними. Уравнение прямой. Кусочно-линейная функция. Аппроксимация. Линейная интерполяция. СЛАУ. Скорость изменения функции (производная)	2
	Неопределенный интеграл. Приближенные вычисления определенных интегралов (метод прямоугольников, метод трапеций, метод парабол). ДУ 1-го и 2-го порядка. Решение ОДУ методом разделения переменных	2

	Введение в математическое моделирование с использованием языка программирования Python. Ввод и вывод данных. Условный оператор. Типы данных и модуль math. Циклы for и while	2
	Введение в списки. Функции без параметров, с параметрами и с возвратом значения. Библиотека MathPlotLib	2
<b>2</b>	<b>Механика</b>	<b>12</b>
	Кинематика и динамика материальной точки. Законы Ньютона. Работа и энергия. Законы сохранения энергии и импульса. Баллистическое движение. Механические колебания	3
	Моделирование траектории полета тела (материальной точки), брошенного под углом к горизонту: с сопротивлением среды и без. Аналитический и численный метод решения	3
	Моделирование упругого соударения тела о стенку. Столкновение тел	2
	Моделирование механических затухающих и вынужденных колебаний. Установление стационарного режима вынужденных колебаний	2
	Моделирование гравитационного взаимодействия системы тел	2
<b>3</b>	<b>Основы МКТ</b>	<b>5</b>
	Физическое описание систем с большим числом частиц. Тепловое движение молекул. Идеальный газ. Статистические закономерности МКТ. Распределение Максвелла	3
	Моделирование движения молекул идеального газа. Взаимодействие со стенкой. Начальное распределение	2
<b>4</b>	<b>Электростатика</b>	<b>5</b>
	Электрический заряд. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Векторное поле. Работа сил и потенциал электростатического поля	3
	Моделирование электростатического поля	2
<b>5</b>	<b>Итоговое тестирование по курсу</b>	<b>2</b>
	<b>Итого</b>	<b>34</b>

### Модуль «Экспериментальная оптика»

№ п/п	Тема	Количество часов	Формы организации учебной деятельности
<b>1</b>	<b>Оптические материалы</b>	<b>10</b>	
1.1	Оптические материалы. Новые виды, методы получения, их свойства и области применения.	1	Практическая работа
1.2	Обзор оптических методов исследования материалов.	1	Практическая работа
1.3	Определение порога коагуляции электролита методом спектрофотометрии.	1	Практическая работа
1.4	Оптически прозрачные функциональные покрытия.	1	Практическая работа



1.5	Оборудование и методы получения оптически прозрачных функциональных покрытий.	1	Практическая работа
1.6	Исследования структурных, оптических и электрических свойств прозрачных функциональных покрытий.	1	Практическая работа
1.7	«Умные» окна.	1	Практическая работа
1.8	Хиральность в живой и неживой природе.	1	Практическая работа
1.9	Анодные оксиды для нужд фотоники.	1	Практическая работа
1.10	Оптика метасред. Суперлинза, плащ-невидимка.	1	Практическая работа
<b>2</b>	<b>Волновые свойства частиц</b>	<b>2</b>	
2.1	Основные понятия корпускулярно-волнового дуализма. Понятие волн Де-Бройля. Соотношения неопределенности.	1	Практическая работа
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>	
3.1	Спектроскопия комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия) как метод для изучения материалов.	1	Практическая работа
3.2	Углеродные материалы (графит, алмаз, графен, фуллерен) и исследование их с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света.	2	Практическая работа
<b>4</b>	<b>Фотовольтаика</b>	<b>3</b>	
4.1	Фотовольтаика: современное состояние исследований.	2	Практическая работа
4.2	Расчет энергетических характеристик солнечного элемента.	1	Практическая работа
<b>5</b>	<b>Медицинская оптика</b>	<b>2</b>	
5.1	Оптика глаза. Общие сведения. Оптическая система глаза, характеристики и свойства глаза. Стереоскопическое зрение, глубина резкости при наблюдении невооруженным глазом.	1	Практическая работа
5.2	Экспериментальные методы в биофизике.	1	Практическая работа
<b>6</b>	<b>Оптические методы измерений в машиностроении</b>	<b>3</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>	
7.1	Моделирование устройств фотоники.	1	Практическая работа
7.2	Изготовление устройств фотоники.	1	Практическая работа
7.3	Изготовление фотоприемника.	1	Практическая работа
7.4	Измерение спектральных свойств устройств фотоники.	1	Практическая работа
<b>8</b>	<b>Фотосинтез</b>	<b>5</b>	
8.1	Основы фотосинтеза.	1	Практическая работа
8.2	Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата.	1	Практическая работа
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	Практическая работа
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	Практическая работа
8.5	Другие типы световых реакций.	1	Практическая работа
	<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>	

### Модуль «Начала современной физики»

№ п/п	Тема	Количество часов	Формы организации
-------	------	------------------	-------------------

			<b>учебной деятельности</b>
<b>1</b>	<b>Физика как основа научного познания</b>	<b>4</b>	
1.1	Инструктаж по технике безопасности. Что такое наука? Наука и лженаука. Карьера учёного.	1	Интерактивна я лекция
1.2	Как фундаментальная физика меняет представления о мире?	1	Интерактивна я лекция
1.3	Математическое введение: вектор, матрица, оператор, физический смысл производной и интеграла.	1	Семинар
1.4	Итоговый контроль по теме	1	
<b>2</b>	<b>Современные классическая и квантовая механики</b>	<b>4</b>	
2.1	Хаос и классическая механика.	1	Семинар
2.2	Вероятностный подход при описании классической динамики.	1	Семинар
2.3	Основы квантовой механики. Квантовая криптография и квантовые компьютеры.	1	Семинар
2.4	Ультрахолодные атомы.	1	Семинар
<b>3</b>	<b>Современная физика конденсированного состояния</b>	<b>3</b>	
3.1	Что такое твёрдое тело?	1	Семинар
3.2	Частицы, античастицы и квазичастицы. Металлы	1	Семинар
3.4	Экскурсия в ИФ СО РАН	1	Экскурсия
<b>4</b>	<b>Наноматериалы и нанотехнологии</b>	<b>6</b>	
4.1	Тренды и перспективы современной электроники. Миниатюризация и вакуумные технологии.	1	Семинар
4.2	Основные методы получения слоистых квазидвумерных материалов.	1	Семинар
4.3	Спиновая электроника и материалы спинтроники.	1	Семинар
4.4	Сдача индивидуального задания	1	Семинар
4.5	Физико-химия наночастиц и наноматериалов	1	Семинар
4.6	Углеродные наноструктуры: фуллерены, углеродные нанотрубки и графен	1	Семинар
<b>5</b>	<b>Сверхпроводимость и её применения в технике и энергетике</b>	<b>6</b>	
5.1	Основные свойства сверхпроводников.	1	Семинар
5.2	Сверхпроводящие материалы, проблема сверхпроводимости при комнатной температуре.	1	Семинар
5.3	Применения сверхпроводников в электротехнике: провода, электромагниты, электродвигатели. Магнитная антигравитация и левитирующие поезда. Применения сверхпроводников в электронике.	1	Семинар

5.4	Сверхпроводящие магниты и проблемы зелёной энергетики. Проект ИТЕР для решения проблемы глобальной энергии с помощью управляемого термоядерного синтеза.	1	Семинар
5.5	Сверхпроводимость - макроскопическое квантовое состояние вещества.	1	Семинар
5.6	Экскурсия в ИФ СО РАН	1	Семинар
<b>6</b>	<b>Астрономия и астрофизика</b>	<b>7</b>	
6.1	Интерактивные проекты.	1	Семинар
6.2	Оптическая астрономия, телескопы.	1	Семинар
6.3	Звёзды и компактные объекты.	1	Семинар
6.4	Галактики и квазары.	1	Семинар
6.5	Всеволновая астрономия.	1	Семинар
6.6	Сдача индивидуального задания.	1	Семинар
6.7	Экскурсия в астрономическую обсерваторию СФУ	1	Экскурсия
<b>7</b>	<b>Космология и гравитация</b>	<b>4</b>	
7.1	Специальная теория относительности и четырёхмерное пространство.	1	Семинар
7.2	Чёрные дыры. Гравитационные волны.	1	Семинар
7.3	Космология.	1	Семинар
7.4	Итоговая контрольная работа	1	Семинар
	<b>Итого</b>	<b>34</b>	

#### Модуль «Астрономия»

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Количество часов	Форма работы
1	Предмет астрономии	1	Практическая работа
2	Основы практической астрономии	3	Практическая работа
3	Основы астрономической фотографии	6	Практическая работа
4	Строение Солнечной системы	1	Практическая работа
5	Законы движения небесных тел	2	Практическая работа
6	Природа тел Солнечной системы	4	Практическая работа
7	Солнце и звёзды	3	Практическая работа
8	Наша галактика – млечный путь	2	Практическая работа
9	Строение и эволюция Вселенной	1	Практическая работа
10	Подготовка научных проектов	7	Практическая работа
11	Работа с профессиональной информацией астронома	3	Практическая работа
12	Жизнь и разум во вселенной	1	Практическая работа
Всего		34	

## Модуль “Планиметрия”

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
	<b>Модуль 1. Подобные треугольники</b>	<b>6</b>
1	Отрезки, заключённые между параллельными прямыми	1
2	Отношение сторон подобных треугольников	1
3	Отношение площадей подобных треугольников	1
4	Вспомогательные равные треугольники	1
5	Треугольник, образованный основаниями высот	1
6	Подобные фигуры	1
	<b>Модуль 2. Вписанный угол</b>	<b>6</b>
1	Углы, опирающиеся на равные дуги	1
2	Величина угла между двумя хордами	1
3	Угол между касательной и хордой	1
4	Связь величины угла с длиной дуги и хорды	1
5	Четыре точки, лежащие на одной окружности	1
6	Вписанный угол и подобные треугольники	1
	<b>Модуль 3. Окружности</b>	<b>6</b>
1	Касательные к окружностям	1
2	Произведение длин отрезков хорд	1
3	Касающиеся окружности	1
4	Три окружности одного радиуса	1
5	Две касательные, проведённые из одной точки	1
6	Применение теоремы о высотах треугольника	1
	<b>Модуль 4. Площадь</b>	<b>6</b>
1	Медиана делит площадь пополам	1
2	Вычисление площадей	1
3	Площади треугольников, на которые разбит четырёхугольник	1
4	Площади частей, на которые разбит четырёхугольник.	1
5	Формулы для площади четырёхугольника	1
6	Вспомогательная площадь. Перегруппировка площадей	1
	<b>Модуль 5. Треугольники</b>	<b>5</b>
1	Вписанная и описанная окружности	1
2	Прямоугольные треугольники	1
3	Правильный треугольник	1
4	Теорема Менелая	1
5	Теорема Чевы	1
	<b>Модуль 6. Многоугольники</b>	<b>5</b>
1	Четырёхугольники	1
2	Вписанные и описанные четырёхугольники	1
3	Теорема Птолемея	1
4	Правильные многоугольники	1
5	Вписанные и описанные многоугольники	1
	<b>Всего</b>	<b>34</b>

## Модуль «Дополнительные главы планиметрии»

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
	<b>Модуль 1. Треугольники</b>	<b>10</b>
1	Свойство биссектрисы внутреннего угла треугольника	2

2	Соотношения между элементами в прямоугольном треугольнике	2
3	Подобие треугольников	2
4	Медиана, высота, биссектриса треугольника	2
5	Задачи прикладного характера	2
	<b>Модуль 2. Окружность и круг</b>	<b>10</b>
1	Пропорциональные линии в круге.	2
2	Вписанная и описанная окружности	2
3	Длина окружности	2
4	Площадь круга и его частей	2
5	Задачи прикладного характера	2
	<b>Модуль 3. Многоугольники</b>	<b>6</b>
1	Площади многоугольников	2
2	Вписанные и описанные многоугольники	2
3	Правильные многоугольники	2
	<b>Модуль 4. Задачи на построение</b>	<b>8</b>
1	Приложение алгебры к геометрии	2
2	Построение отрезков	2
3	Построение формул	2
4	Построение фигур	2
	<b>Всего</b>	<b>34</b>

#### Модуль «Математическое моделирование в естественных науках»

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
	<b>Модуль 1. Клеточные автоматы</b>	<b>4</b>
1	Простейшие клеточные автоматы. Клеточный автомат «Песчаная куча»	1
2	Клеточный автомат «Жизнь»	2
3	Клеточные автоматы «Лабиринт», «Диамёба», «День-ночь», «Кораллы»	1
	<b>Модуль 2. Метод Монте-Карло и модели, описывающие случайные процессы</b>	<b>4</b>
1	Простейшие задачи, решаемые Методом Монте-Карло	1
2	Равномерное распределение	1
3	Нормальное распределение	1
4	Решение задач с помощью моделей, описывающих случайные процессы	1
	<b>Модуль 3. Простейшие физические модели</b>	<b>5</b>
1	Модели, описывающие кинематические процессы	2
2	Модели, описывающие динамические процессы	2
3	Простейшие дифференциальные уравнения.	1
	<b>Модуль 4. Введение в теорию игр</b>	<b>4</b>
1	Простейшие математические игры	1
2	Модель Шеллинга.	1
3	Дилемма заключённого	1
	<b>Модуль 5. Модели, описывающие биологические и химические процессы</b>	<b>6</b>

1	Биологические модели. Мурмурация	1
2	Химическая кинетика	1
3	Модель Лотки-Вольтерры	1
4	Модификации модели Лотки-Вольтерры	2
5	Реакция Белоусова-Жаботинского	1
<b>Модуль 6. Модели развития эпидемий</b>		<b>4</b>
1	Модель SIR	1
2	Модель SEIR	1
3	Модель SIS	1
4	Модель SIRS	1
<b>Модуль 7. Моделирование биологических и эволюционных процессов</b>		<b>7</b>
1	Модель «хищник-жертва»	1
2	Модификации модели «хищник-жертва»	1
3	Моделирование конкурирующих популяций	1
4	Моделирование эволюции в популяциях	3
5	Моделирование частиц	1
<b>Всего</b>		<b>34</b>

### Модуль “Решение задач с параметрами”

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
<b>Модуль 1. Линейные уравнения (неравенства) с параметром и их системы</b>		<b>6</b>
1	Аналитический способ решения линейного уравнения (неравенства) с параметром	1
2	Возможное количество решений линейного уравнения	1
3	Практикум	1
4	Исследование систем линейных уравнений	1
5	Определение и некоторые свойства неравенств	1
6	Структура решений линейного неравенства	1
<b>Модуль 2. Квадратное уравнение (неравенство) с параметром</b>		<b>9</b>
7	Решение квадратного уравнения (неравенства) с параметром	1
8	Решение квадратных уравнений с помощью дискриминанта и с применением теоремы Виета	1
9	Расположение параболы в зависимости от коэффициентов квадратного уравнения	1
10	Теоремы о расположении корней квадратного трёхчлена	1
11	Равносильные уравнения	1
12	Уравнение - следствие	1
13	Структура решений квадратных неравенств, их геометрическая интерпретация	1
14	Примеры решения квадратных неравенств с параметрами	1
15	Исследование квадратного трёхчлена $f(x) = ax^2 + bx + c$	1

<b>Модуль 3. Использование графических иллюстраций в задачах с параметром</b>		<b>7</b>
16	Графическое решение задач с параметром	1
17	Практикум	2
18	Определение существования решений, установление их количества и вычисление значений в зависимости от параметра $a$	1
19	Алгоритм рассуждений, анализа	1
20	Практикум	2
<b>Модуль 4. Задачи с параметром, содержащие модуль. Уравнения и неравенства с параметром, содержащие модуль</b>		<b>12</b>
21	Задачи с параметром, содержащие модуль	1
22	Практикум	1
23	Способы решения уравнений и неравенств с параметром, содержащие модуль	1
24	Уравнения с параметром, содержащие модуль	1
25	Неравенства с параметром, содержащие модуль	1
26	Задачи с параметрами ЕГЭ	1
27	Решение задач с параметрами (ЕГЭ)	1
28	Решение задач (содержащие модуль) с параметрами (ЕГЭ)	1
29	Решение задач (рациональные) с параметрами (ЕГЭ)	1
30	Решение задач (тригонометрические) (ЕГЭ)	1
31	Решение задач с параметрами (ЕГЭ)	1
32	Итоговое занятие	1
<b>Всего</b>		<b>34</b>

### Модуль “Уравнения и неравенства”

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
<b>Модуль 1. Простейшие уравнения и неравенства</b>		<b>17</b>
<b>1</b>	<b>Уравнения и неравенства с модулями</b>	<b>3</b>
	Уравнения с модулями. Раскрытие модулей - стандартные схемы. Метод интервалов при раскрытии модулей	1
	Неравенства с модулями. Простейшие неравенства. Схемы освобождения от модулей в неравенствах	1
	Эквивалентные замены разностей модулей в разложенных и дробных неравенствах	1
<b>2</b>	<b>Рациональные уравнения и неравенства</b>	<b>4</b>
	Представление о рациональных алгебраических выражениях. Дробно-рациональные алгебраические уравнения	1
	Общая схема решения. Метод замены при решении дробно-рациональных уравнений	1
	Общая схема решения методом сведения к совокупностям систем	1
	Метод интервалов решения дробно-рациональных алгебраических неравенств. Метод замены при решении неравенств	1
<b>3</b>	<b>Уравнения и неравенства с радикалами</b>	<b>5</b>
	Иррациональные уравнения	1



	Иррациональные уравнения сложного формата	1
	Иррациональные уравнения с заменами	1
	Иррациональные неравенства	1
	Обобщенный метод интервалов	1
<b>4</b>	<b>Тригонометрические уравнения и неравенства</b>	<b>5</b>
	Тригонометрические уравнения	2
	Тригонометрические уравнения и неравенства.	1
	Системы тригонометрических уравнений и неравенств	1
	Способы решений тригонометрических уравнений и неравенств и их систем	1
	<b>Модуль 2. Более сложные уравнения и неравенства</b>	<b>17</b>
<b>1</b>	<b>Показательные уравнения и неравенства</b>	<b>5</b>
	Свойства показательных функций. Основные свойства степеней	2
	Методы решения показательных уравнений и неравенств: функционально – графический метод; метод уравнивания показателей; метод введения новой переменной	2
	Метод интервалов при решении показательных неравенств	1
<b>2</b>	<b>Логарифмические уравнения и неравенства</b>	<b>6</b>
	Основное логарифмическое тождество. Формулы преобразования логарифмов	1
	Эквивалентные переходы, позволяющие избавиться от логарифмов	1
	Основные методы решения логарифмических уравнений и неравенств: функционально – графический метод; метод потенцирования; метод введения новой переменной	4
<b>3</b>	<b>Смешанная тригонометрия</b>	<b>3</b>
	Тригонометрические методы решения уравнений, методы решения уравнений с радикалами	2
	Методы решения уравнений, содержащие модули	1
<b>4</b>	<b>Решение уравнений с параметрами</b>	<b>3</b>
	Уравнения с параметрами. Способы и методы решения уравнений с параметрами.	2
	Графический метод.	1
	<b>Всего</b>	<b>34</b>

### Модуль “Теория чисел”

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
	<b>Модуль 1. Теория делимости</b>	<b>12</b>
1	Свойства делимости	1
2	Теорема о делении с остатком	1
3	Разложение на множители	1
4	Простые и составные числа	1
5	Основная теорема арифметики	1
6	НОД и НОК	1
7	Остатки	1
8	Алгоритм Евклида	1
9	Взаимно простые числа	1
10	Мультипликативные функции	1

11	Число и сумма делителей натурального числа	1
12	Функция Эйлера	1
	<b>Модуль 2. Сравнения и диофантовы уравнения</b>	<b>16</b>
1	Сравнения по модулю	2
2	Свойства сравнений	1
3	Китайская теорема об остатках	2
4	Признаки делимости и другие системы счисления	2
5	Линейные уравнения в целых числах	2
6	Нелинейные уравнения и системы уравнений в целых числах	3
7	Разные задачи на целые числа	2
8	Теорема Ферма и Эйлера	2
	<b>Модуль 3. Неравенства и оценки в задачах теории чисел</b>	<b>6</b>
1	Среднее арифметическое. Неравенство о средних	2
2	Неравенства и оценки	2
3	Последовательности и прогрессии	2
	<b>Всего</b>	<b>34</b>

### Модуль “Теория групп”

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
	<b>Модуль 1. Основные определения и примеры групп</b>	<b>6</b>
1	Симметрии, определение группы	1
2	Перестановки	1
3	Основы теории множеств, отношение эквивалентности	1
4	Гомоморфизмы	1
5	Теорема Лагранжа	1
6	Группы малых порядков	1
	<b>Модуль 2. Действия группы на множестве</b>	<b>16</b>
1	Орбиты и стабилизаторы	2
2	Лемма Бернсайда	3
3	Классы сопряженности	2
4	Подстановочное представление групп	2
5	Цикловой индекс группы подстановок	2
6	Производящая функция запаса	2
7	Теорема Пойа	2
8	Раскраски многогранников	1
9	Перечисление графов	1
	<b>Модуль 3. Абстрактная и комбинаторная теория групп</b>	<b>12</b>
1	Нормализатор и централизатор	1
2	Центр и коммутант	1
3	Фактор-группа	1
4	Теоремы Коши и Силова	2
5	Свободные группы	1

6	Порождающие группы. Определяющие соотношения	2
7	Использование системы GAP для исследования групп	4
	<b>Всего</b>	<b>34</b>

### Модуль “Теория вероятностей и методы решения экономических задач”

№ п/п	Раздел	Кол-во часов
	<b>Модуль 1. Случайные события и операции над ними</b>	<b>2</b>
1	Случайные события, элементарные случайные события. Достоверное и невозможное события.	1
2	Отношения между событиями. Операции над событиями.	1
	<b>Модуль 2. Комбинаторика</b>	<b>4</b>
1	Общие правила комбинаторики.	1
2	Размещения. Перестановки. Сочетания.	1
3	Генеральная совокупность без повторений и выборки без повторений.	1
4	Генеральная совокупность с повторениями и выборки с повторениями.	1
	<b>Модуль 3. Вероятность события. Операции над вероятностями</b>	<b>6</b>
1	Классическое понятие вероятности.	0,5
2	Статистическое понятие вероятности события. Геометрическое понятие вероятности.	0,5
3	Вероятность объединения несовместных событий.	0,5
4	Вероятность объединения совместных событий.	0,5
5	Условные вероятности.	1
6	Независимость случайных событий и правило произведения вероятностей. Независимость в совокупности.	1
7	Формула полной вероятности.	1
8	Формула Байеса	1
	<b>Модуль 4. Независимые повторные испытания</b>	<b>2</b>
	Схема Бернулли и формула Бернулли.	2
	<b>Модуль 5. Дискретные случайные величины и их характеристики</b>	<b>3</b>
1	Понятие случайной величины. Дискретность и непрерывность случайной величины.	1
2	Закон распределения дискретной случайной величины.	1
3	Математическое ожидание дискретной случайной величины. Свойства математического ожидания.	0,5
4	Дисперсия дискретной случайной величины. Свойства дисперсии.	0,5
	<b>Модуль 6. Элементы математической статистики. Первичная обработка выборок</b>	<b>6</b>
1	Генеральная совокупность и выборка.	1
2	Вариационный ряд. Графики вариационных рядов – полигон и гистограмма.	2
3	Эмпирическая функция распределения.	1

4	Числовые характеристики выборки.	2
	<b>Модуль 7. Текстовые задачи на проценты. Банковские задачи</b>	<b>11</b>
1	Определение процентов. Чтение чисел, дробей и процентов. Из истории процентов. Лексическая специфика текста. Логический анализ формулировок. Задачи на изменение величин	1
2	Простой процентный рост. Сложный процентный рост	1
3	Задачи, связанные с изменением цены	1
4	Задачи о вкладах и займах	4
5	Банковские задачи	4
	<b>Всего</b>	<b>34</b>

### ФОРМЫ РАБОТЫ

Формами занятий, предусмотренных программой, является: практические занятия, интерактивные лекции, семинары, контрольные занятия, самостоятельная творческая работа учащихся, которая активизирует учеников на дальнейшее успешное освоение учебного материала. Учебно-воспитательный процесс носит практико-ориентированный характер. Все темы включают в себя самостоятельную работу. Самостоятельная работа предусматривает несколько видов деятельности ученика: работу с литературой, работу в лаборатории, работу на компьютере, исследовательскую учебную работу. В рамках работы научной лаборатории обучающиеся могут выполнять практическую часть своего индивидуального проекта.

### ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Текущий контроль теоретических знаний выполняется путем тестирования, представления результатов практических заданий, устных выступлений, а также в формате обсуждения со школьниками теоретических вопросов в рамках интерактивных лекций и семинаров.

Итоговый контроль – представление результатов образовательной деятельности пройдет в форме публичной презентации проекта.

### МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

- персональный компьютер;
- презентационное оборудование с возможностью подключения к компьютеру — 1 комплект;
- флипчарт с комплектом листов/маркерная доска, соответствующий набор письменных принадлежностей — 1 шт.;
- единая сеть Wi-Fi;
- расходные материалы.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Адриан Шонесси. Как стать дизайнером, не продав душу дьяволу / Питер.
2. Акопян А.В. Геометрия в картинках // М.: МЦНМО, 2017.
3. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М., и др. Физические величины. –М.: Энергоатомиздат, 1991, 1232 с.
4. Бутузов В.Ф., Кадомцев С.В. и др. Планиметрия. Пособие для углубленного изучения математики. - М.: Физматлит, 2005. - 488с.
5. Вайнштейн Б.К. Современная кристаллография. – Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/1920>

6. Введение в физику. А.И. Китайгородский. Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы, 1973, 688 с.
7. Видеозаписи лекций визит-профессора Джона Ли по теме «Биоломинесценция» на сайте института фундаментальной биологии и биотехнологии СФУ, режим доступа: <http://bio.institute.sfu-kras.ru/?page> (на английском языке).
8. Вишняков А.Э. Биоломинесценция. Курс лекций СПГУ [http://zoology.bio.spbu.ru/Education/Vishnyakov/Bioluminescence/r\\_bioluminescence.php](http://zoology.bio.spbu.ru/Education/Vishnyakov/Bioluminescence/r_bioluminescence.php)
9. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия: учебник для 10 класса средней школы. М.: Просвещение, 1983.
10. Гордин Р.К. ЕГЭ. Математика. Геометрия. Планиметрия. Задача 16 (профильный уровень) // М.: МЦНМО, 2022
11. Гордин Р.К. ЕГЭ. Математика. Решение задачи 16 (профильный уровень) // М.: МЦНМО, 2022.
12. Дмитриева, Н. А. Краткая история искусств / Н. Дмитриева. - Москва: АСТ-Пресс: Галарт, 2008. - 623 с.
13. Доклады участников Сибирской конференции молодых ученых по высокотемпературной сверхпроводимости ОКНО-2023, 7-8 сентября 2023, СФУ, Красноярск. Программа на сайте: <https://news.sfu-kras.ru/node/27476>.
14. Жанна Лидтка, Тим Огилви. Думай, как дизайнер. Дизайн-мышление для менеджеров / Манн, Иванов и Фербер.
15. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела. – Режим доступа: [http://www.newlibrary.ru/book/zinenko\\_v\\_i\\_sorokin\\_b\\_p\\_turchin\\_p\\_p/osnovy\\_fiziki\\_tvyordogo\\_tela.html](http://www.newlibrary.ru/book/zinenko_v_i_sorokin_b_p_turchin_p_p/osnovy_fiziki_tvyordogo_tela.html)
16. Киренский Л.В. Магнетизм. М., Наука, 1966, 195 с.
17. Крамор В. С. Повторяем и систематизируем школьный курс геометрии // М.: Мир и Образование, 2008.
18. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. М., Изд-во Моск. ун-та, 1976, 367 с.
19. Кудряшева, Н.С. Физико-химические основы биоломинесцентного анализа: / Н.С Кудряшева, В.А. Кратасюк, Е.Н. Есимбекова - Красноярск: КрасГУ, 2002. – 154 с. (доступно в интернет: [http://window.edu.ru/window/catalog?p\\_rid=26509](http://window.edu.ru/window/catalog?p_rid=26509))
20. Куланин Е.Д, Федин С.Н. Геометрия треугольника в задачах: Учебное пособие // М: Либроком, 2009.
21. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008.
22. Майкл Джанда. Сожги своё портфолио! То, чему не учат в дизайнерских школах / Питер.
23. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж. и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – Режим доступа: <https://obuchalka.org/2014051877443/nanotehnologii-dlya-mikro-i-optoelektroniki-martines-duart-dj-m-martin-palma-r-dj-agullo-rueda-f-2009.html>
24. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж. и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – Режим доступа: <https://obuchalka.org/2014051877443/nanotehnologii-dlya-mikro-i-optoelektroniki-martines-duart-dj-m-martin-palma-r-dj-agullo-rueda-f-2009.html>
25. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учеб. пособие для студентов старших курсов вузов. – Режим доступа: [http://ipmras.ru/UserFiles/publications/mironov/RUS\\_Fundamentals\\_SPM.pdf](http://ipmras.ru/UserFiles/publications/mironov/RUS_Fundamentals_SPM.pdf)
26. Мишин Д.Д. Магнитные материалы. Уч. пос. – М. Высш. Школа, 1981, 335 с.
27. Носков Ф. М. История искусства: учеб.-метод. пособие в форме презентации / Сиб. федер. ун-т, Политехн. ин-т ; сост. Ф. М. Носков. - Электрон. текстовые дан. (PDF, 29 Мб). - Красноярск: СФУ, 2014.

28. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., А.В. Зотов, Катаяма М., Введение в физику поверхности. М.: Наука, 2006.
29. Полонский В.Б., Рабинович Е.М., Якир М.С. Учимся решать задачи по геометрии // Киев: Магистр-S, 1996
30. Прасолов В.В. Задачи по планиметрии // М.: МЦНМО, 2007.
31. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортескью, Г. Суайнерда, Д.Старка; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 765 с.
32. Смирнов Е.В. Сканирующая микроскопия в измерениях нанообъектов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 6. URL: <http://engjournal.ru/catalog/nano/hidden/809.html>
33. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии. – Режим доступа: <https://obuchalka.org/20200917125049/materiali-i-metodi-nanotehnologii-starostin-v-v-2012.html>
34. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии. – Режим доступа: <https://obuchalka.org/20200917125049/materiali-i-metodi-nanotehnologii-starostin-v-v-2012.html>
35. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. Пер. с японского. – М.: Мир, 1987, 419 с.
36. Фискович Т. Т. Геометрия для старшеклассников и абитуриентов // М.: Добросвет, 2000.
37. Харрисон У. Теория твердого тела. – Режим доступа: <http://alexandr4784.narod.ru/harrison.html>
38. Харрисон У. Теория твердого тела. – Режим доступа: <http://alexandr4784.narod.ru/harrison.html>
39. Хокинг С., Млодинов Л. Кратчайшая история времени. СПб.: Амфора, 2014.
40. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. Изд.2-е, М.: МЦНМО, 2009.
41. Штокман Х.–Ю. Квантовый хаос: введение. М.: Физматлит, 2004.
42. Электронный фотобиологический справочник - <http://www.photobiology.info/>
43. Элементарный учебник физики под ред. Г.С. Лансберга. Т II . – М.: Наука, 1966, 472 с.

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

БД «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU»

Информационно-поисковая система «Задачи по геометрии» – <https://zadachi.mccme.ru>.