

УТВЕРЖДЕНА
Приказ №3-ОДК от 02.09.2026

Направленность	Естественнонаучная направленность
Курс	Математическое моделирование физических систем
Возраст обучающихся	17 лет
Количество часов	68
Количество часов в неделю	4

Паспорт программы

1.	Наименование программы	Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Математическое моделирование физических систем»
2.	Составитель программы	Педагог дополнительного образования Казимирский Семен Александрович
3.	Направленность программы	Естественнонаучная
4.	Цель программы	Формирование у старшеклассников навыков проектной и исследовательской деятельности в цифровой среде, развития критического и алгоритмического мышления
5.	Объем программы	68 часов
6.	Срок реализации программы	17 недель, 4 часа в неделю
7.	Возраст обучающихся	17 лет
8.	Форма обучения	Очная
9.	Уровень освоения	Начальный
10.	Форма организации содержания	Интегрированная, с преобладанием практической деятельности

Содержание

Раздел 1. Комплекс основных характеристик программы	4
1.1. Пояснительная записка	4
1.2. Цель и задачи программы	5
1.3. Ожидаемые результаты освоения программы	6
1.4. Способы и формы проверки результатов освоения программы	7
1.5. Учебный план	8
1.6. Содержание программы	9
Раздел 2. Комплекс организационно-педагогических условий	10
2.1. Календарный учебный график	10
2.2. Условия реализации программы	10
2.3. Кадровое обеспечение программы	10
2.4. Материально-техническое обеспечение программы	11
2.5. Методическое обеспечение программы	11
2.6. Список литературы	12

Раздел 1. Комплекс основных характеристик программы

1.1. Пояснительная записка

Математическое моделирование является универсальным языком современной науки и инженерии. Это ключевой инструмент для анализа, прогнозирования и оптимизации процессов в физике, биологии, экономике, экологии и многих других областях. В эпоху цифровизации и роста значимости Data Science (науки о данных) владение основами математического моделирования и численных методов становится важнейшей компетенцией будущего исследователя, инженера или IT-специалиста.

Программа «Математическое моделирование физических систем» дает возможность на практике освоить полный цикл моделирования: от постановки физической задачи и формализации ее в виде уравнений до создания компьютерной модели, проведения вычислительного эксперимента и анализа полученных результатов.

Учащиеся получают практические навыки программирования на языке Python, который является стандартом в научных вычислениях, научатся работать с библиотеками NumPy и Matplotlib для визуализации данных, что значительно повысит их конкурентоспособность и готовность к обучению в вузах по техническим и естественнонаучным направлениям.

При разработки дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы использованы следующие нормативные документы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Министерства просвещения РФ от 27.07.2022 № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
- Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 № 678-р (ред. от 15.05.2023) «Об утверждении Концепции развития дополнительного образования детей и признании утратившим силу Распоряжения Правительства РФ от 04.09.2014 № 1726-р» (вместе с "Концепцией развития дополнительного образования детей до 2030 года")
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 "Санитарноэпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» (вместе с "СП 2.4.3648-20. Санитарные правила...");
- Письмо Минпросвещения России от 30.11.2023 № ТВ-2357/02 «О направлении методических рекомендаций» (вместе с "Методическими рекомендациями по созданию и функционированию детских технопарков "Кванториум" на базе общеобразовательных организаций");
- Устав школы.

Направленность – естественнонаучная.

Новизна программы

Практико-ориентированный подход, объединяющий углубленную школьную физику и математику с современными IT-технологиями (язык Python, научные

библиотеки). Акцент делается не на теоретические выкладки, а на получение «живого» результата – работающей компьютерной модели.

Актуальность программы

Данная программа формирует у старшеклассников навыки проектной и исследовательской деятельности в цифровой среде, развития критического и алгоритмического мышления, что напрямую соотносится с задачами национального проекта «Образование» и «Цифровой экономики».

Педагогическая целесообразность заключается в создании условий для выявления и поддержки учащихся, мотивированных к изучению точных наук, предоставлении им инструмента для самостоятельного исследования и визуализации сложных физических законов, что способствует более глубокому и осознанному усвоению материала.

1.2. Цель и задачи программы

Цель программы: Сформировать у обучающихся системное представление о процессе математического моделирования и развить практические навыки создания, анализа и верификации компьютерных моделей физических процессов.

Задачи программы:

Образовательные:

- Сформировать понимание этапов математического моделирования (от задачи – к коду).
- Освоить базовые численные методы решения дифференциальных уравнений (метод Эйлера).
- Изучить основы программирования на Python, необходимые для научных вычислений.
- Научить создавать и исследовать модели динамических систем (кинематика, колебания, рост популяций).

Развивающие:

- Развивать алгоритмическое и абстрактное мышление.
- Развивать навыки анализа данных и визуализации результатов.
- Развивать умение проводить вычислительный эксперимент и анализировать погрешности.
- Стимулировать исследовательский интерес и проектную деятельность.

Воспитательные:

- Воспитывать научную честность, критическое отношение к результатам моделирования.
- Формировать навыки работы в команде при выполнении проектов.
- Воспитывать настойчивость, аккуратность и внимательность при работе с кодом и данными.

Отличительные особенности программы. Особый акцент делается на формировании критического мышления и исследовательской культуры: ученики не просто получают красивый график, но учатся оценивать адекватность модели, анализировать погрешности и верифицировать результаты. Таким образом, программа напрямую способствует достижению целей научно-технологического развития РФ, развивая у школьников базовые компетенции в области цифровых технологий, анализа данных и проектной деятельности.

Адресат программы – программа «Математическое моделирование физических систем» рассчитана на обучающихся 10 - 11 классов (16 - 18 лет), интересующихся физикой, математикой и программированием.

Объем и срок освоения программы, режим занятий, форма обучения. Период реализации учебной программы составляет 15 недель. Объем обучения по программе за учебный период составляет 60 академических часов. Из них 18 часов – теория, 42 часа – практические занятия. Занятия проводятся 2 раза в неделю по 2 академических часа. Продолжительность одного академического часа – 45 мин. Перерыв между учебными занятиями – 15 минут.

Форма обучения – очная.

Условия набора в коллектив: в объединение принимаются все желающие без наличия базовых знаний и специальной подготовки по итогам выявленных интеллектуальных потребностей. Программа предусматривает свободный набор учащихся в учебные группы на добровольной основе.

Условия формирования групп: состав группы может быть разновозрастным или разновозрастным.

Количество детей в группе: 10–15 человек

Формы организации деятельности:

- мини-лекции;
- практикумы за компьютером;
- решение задач, проектное моделирование;
- дискуссии;
- защита проектов.

1.3. Ожидаемые результаты освоения программы

Личностные результаты: в результате прохождения программы должны быть сформированы:

- готовность к саморазвитию и непрерывному обучению в области цифровых технологий.
- развитие логичности, системности и критичности мышления.
- формирование навыков командной работы и коммуникации при защите проектов.

Предметные результаты: в результате прохождения программы должны быть сформированы компетентности:

- принципы основных этапов математического моделирования;
- принципы построения конечно-разностных схем (метод Эйлера);
- принципы анализа данных на адекватность;
- базовый синтаксис Python и назначение библиотек NumPy, Matplotlib;
- формализации простой физической задачи в виде дифференциального уравнения или системы уравнений;
- написании программ, реализующих численный метод решения;
- визуализации результатов (строить графики, траектории).

Метапредметные результаты: в результате прохождения программы должны быть:

- умение ставить учебную задачу и планировать этапы ее решения (от идеи до кода).
- Умение использовать ИКТ для решения исследовательских задач.
- Способность осуществлять контроль и коррекцию своей деятельности на основе анализа результатов работы программы.

1.4. Способы и формы проверки результатов освоения программы

Текущий контроль: выполнение практических заданий на каждом занятии, проверка работоспособности кода, устные ответы на вопросы.

Промежуточный контроль: защита мини-проектов по итогам модулей (например, модель колебаний с затуханием).

Итоговая аттестация: разработка, реализация и защита итогового индивидуального или группового проекта. Оценка включает проверку работоспособности программы, качество визуализации, глубину анализа результатов и оформление пояснительной записки.

Форма подведения итогов реализации программы - публичная защита итоговых проектов с демонстрацией работы программы и полученных результатов.

1.5. Учебный план

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов	
			Теоретические	Практические
I	Введение в математическое моделирование и инструменты (10 часов)			
1	Введение. Цели и этапы математического моделирования. Техника безопасности в компьютерном классе.	2	2	-
2	Знакомство со средой разработки (Jupyter Notebook/Colab). Базовый синтаксис Python.	2	1	1
3	Библиотеки NumPy (массивы) и Matplotlib (графики). Первая модель: движение по закону $x(t)$.	2	1	1
4	Практикум 1: Модель тела, брошенного под углом к горизонту (без сопротивления).	2	-	2
5	Анализ модели: исследование зависимости дальности от угла броска.	2	-	2
II	Численные методы и модели, описываемые ОДУ (22 часа)			
6	Введение в численные методы. Дискретизация. Метод Эйлера.	2	1	1
7	Модель с сопротивлением ($F=-kv$): падение парашютиста. Предельная скорость.	2	1	1
8	Практикум 2: Сравнение моделей сопротивления (линейная и квадратичная).	2	-	2
9	Колебания. Гармонический осциллятор. Сведение уравнения 2-го порядка к системе.	2	1	1
10	Моделирование пружинного маятника. Фазовый портрет.	2	-	2
11	Затухающие колебания. Логарифмический декремент.	2	1	1
12	Вынужденные колебания. Явление резонанса. Построение АЧХ.	2	1	1
13	Модель «Хищник-Жертва» (Лотки-Вольтерра). Нелинейные системы.	2	1	1
14	Практикум 3: Исследование модели роста популяции (логистическое уравнение).	2	-	2
15	Защита промежуточного проекта по теме «Динамические системы».	4	2	2
III	Стохастические (вероятностные) модели (12 часов)			
16	Введение в стохастическое моделирование. Генерация случайных чисел.	2	1	1
17	Модель случайного блуждания (броуновское движение). Диффузия.	2	1	1
18	Практикум 4: Моделирование радиоактивного распада. Определение периода полураспада.	2	-	2
19	Распределение Максвелла. Моделирование скоростей молекул газа.	2	1	1
20	Модель диффузии (на основе случайных блужданий множества частиц).	2	-	2
21	Модель Монте-Карло: вычисление числа π .	2	1	1

IV	Итоговый проект (24 часа)			
22	Выбор темы проекта, постановка задачи, планирование.	2	1	1
23-26	Разработка и отладка модели. Консультации.	12	2	10
27-28	Оформление результатов: код, графики, выводы. Подготовка презентации.	6	1	5
29-30	Защита итоговых проектов. Итоговая выставка-презентация работ.	4	2	2
	Итого:	68	22	46

1.6. Содержание программы

Раздел I. Введение в математическое моделирование и инструменты (10 часов).

Теория: Понятие модели. Классификация. Основные этапы моделирования: постановка задачи, построение математической модели, выбор метода, алгоритмизация, анализ результатов. Знакомство со средой Python. Базовые типы данных, операции, функции. Библиотеки для научных расчетов (NumPy) и визуализации (Matplotlib).

Практика: Настройка рабочего окружения. Написание первых программ для расчета и построения графиков элементарных функций. Создание параметрической модели движения тела в поле тяжести Земли.

Раздел II. Численные методы и модели, описываемые ОДУ (22 часа).

Теория: Понятие дифференциального уравнения. Численное решение методом Эйлера. Модели с силой сопротивления. Колебательные системы: свободные, затухающие, вынужденные колебания. Фазовый портрет. Простейшие модели биодинамики (Лотки-Вольтерра).

Практика: Разработка программ для моделирования падения тела с сопротивлением воздуха, движения пружинного маятника, явления резонанса. Исследование зависимости поведения модели от параметров. Визуализация фазовых траекторий.

Раздел III. Стохастические (вероятностные) модели (12 часов).

Теория: Отличие детерминированных и стохастических моделей. Генераторы случайных чисел. Модели случайных процессов: броуновское движение, радиоактивный распад. Статистические распределения (на примере распределения Максвелла). Идея метода Монте-Карло.

Практика: Создание моделей, использующих случайность. Визуализация множества траекторий броуновской частицы. Построение гистограмм. Статистическая проверка физических законов.

Раздел IV. Итоговый проект (24 часа).

Теория: Принципы проектной деятельности. Требования к оформлению проекта (постановка задачи, описание модели, анализ результатов).

Практика: Самостоятельная (или в группе) работа над выбранным проектом. Примеры тем: «Орбита спутника с учетом сопротивления атмосферы», «Модель эпидемии (SIR)», «Электрический колебательный контур RLC», «Модель движения автомобиля». Написание кода, проведение расчетов, подготовка презентации и защита.

Раздел 2. Комплекс организационно-педагогических условий

2.1. Календарный учебный график

Уровень сложности	Сроки реализации, количество учебных недель в год	Количество часов/недел	Количество занятий в неделю, продолжительность одного занятия (мин)
Углубленный	15	4	2 раза в неделю по 90 мин. (с перерывом 10 минут)

2.2. Условия реализации программы

Для реализации программы «Математическое моделирование физических систем» помещение соответствует требованиям санитарных норм и правил, установленных СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», утвержденных Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 28, и СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2). Кабинет оборудован столами и стульями в соответствии с государственными стандартами, обеспечивающими эргономичные условия для работы за компьютером. Освещение соответствует нормам для кабинетов информатики.

2.3. Кадровое обеспечение программы

Педагог дополнительного образования, имеющий высшее образование в области физико-математических наук, информатики или IT, владеющий языком программирования Python и основами численных методов.

В соответствии со ст. 46 Федерального закона «Об образовании в РФ» право на занятие педагогической деятельностью имеют лица, имеющие среднее профессиональное или высшее образование и отвечающие квалификационным требованиям, указанным в квалификационных справочниках, и (или) профессиональным стандартам.

В соответствии с профессиональным стандартом к должности «педагог дополнительного образования» предъявляются следующие требования к образованию: высшее образование либо среднее профессиональное образование в рамках укрупненных групп направлений подготовки высшего образования и специальностей среднего профессионального образования «Образование и педагогические науки», либо в рамках иного направления подготовки высшего образования и специальностей среднего профессионального образования при условии его соответствия дополнительным общеразвивающим программам, дополнительным предпрофессиональным программам, реализуемым организацией, осуществляющей образовательную деятельность, и получение при необходимости после трудоустройства дополнительного профессионального образования по направлению подготовки «Образование и педагогические науки».

2.4. Материально-техническое обеспечение программы

Для успешной реализации программы необходимы помещение и учебная мебель, соответствующее СанПиН, информационные ресурсы, а также следующие **материалы и оборудование**:

Наименование	Кол-во одновременных пользователей	Количество единиц
Персональный компьютер (ноутбук) с выходом в Интернет	1	10 шт.
Проектор или интерактивная панель для демонстрации	1	1 шт.

2.5. Методическое обеспечение программы

Программа «Математическое моделирование физических систем», модифицированная, составлена на основе программы «Введение в математическое моделирование», автор С.М. Кривов, канд. физ.-мат. наук, доцент, НИУ ВШЭ, г. Москва, 2019 г.; Программы «Компьютерное моделирование в физике и технике», авторский коллектив под руководством А.Н. Горбана, ФГАОУ ВО «СУНЦ НГУ», г. Новосибирск, 2020 г.

Также использованы Методические материалы по организации проектной и исследовательской деятельности учащихся в области математического моделирования. Авторский коллектив: Петров И.И., руководитель Центра цифрового образования «IT-куб», Семенова О.Л., методист ГБОУ ДПО «Центр педагогического мастерства», г. Москва, 2021 г.

Требования техники безопасности в процессе реализации программы

В процессе реализации программы используется электрооборудование (персональные компьютеры, проектор, сетевое оборудование), которое может явиться причиной травмирования обучающихся в учебном процессе. Функциональный осмотр оборудования на предмет исправности, устойчивости, износа проводится один раз в квартал педагогами, использующими в работе данное оборудование. Визуальный осмотр оборудования на предмет видимых нарушений, очевидных неисправностей проводит педагог перед каждым занятием.

Инструктаж по технике безопасности обучающихся проводит педагог не реже двух раз в год – в сентябре (вводный) и в январе (повторный). Для обучающихся, пропустивших инструктаж по уважительной причине, – в день выхода на занятия; для обучающихся, поступивших в течение учебного года – в первый день их занятий.

Этот инструктаж включает в себя: информацию о режиме занятий, правилах поведения обучающихся во время занятий, во время перерывов в помещениях, на территории учреждения; инструктаж по пожарной безопасности и электробезопасности; правила безопасной работы за персональным компьютером (соблюдение временного регламента, расстояние до монитора, правильная осанка); правила поведения в случае возникновения чрезвычайной ситуации; правила обращения с сетевым оборудованием и электроприборами;

Непосредственно перед каждым занятием проводится промежуточный инструктаж, который напоминает обучающимся о безопасном поведении на занятиях.

2.6. Список литературы

Настоящая дополнительная общеобразовательная программа «Математическое моделирование физических систем» разработана с учетом нормативно-правовых документов:

1. Федеральный закон РФ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Федеральный закон РФ от 31.07.2020 №304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся».
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 22.09.2021 № 652н "Об утверждении профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых».
4. Приказ Министерства просвещения РФ от 27.07.2022 №629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».
5. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 03.09.2019 № 467 «Об утверждении Целевой модели развития региональных систем дополнительного образования детей».
6. Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 года № 678-р «Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года».
7. Распоряжение Правительства РФ от 29.05.2015 года № 996-р «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года».
8. СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2).
9. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 28).

Литература для педагога

1. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики (в 3-х томах).
2. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование.
3. Downey A. «Think Python: How to Think Like a Computer Scientist» (2nd ed.).

Элективные ресурсы для педагога

1. <https://www.python.org/doc/> онлайн-документация Python.
2. <https://numpy.org/doc/stable/> онлайн-документация NumPy.
3. <https://matplotlib.org/> онлайн-документация Matplotlib.
4. <https://www.coursera.org/learn/data-analysis-with-python> Курс «Анализ данных с Python».