

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Министерство образования и молодежной политики
Свердловской области
Управление образования Артемовского муниципального округа
МАОУ "Лицей № 21"

РАССМОТРЕНО

кафедрой предметов естественно-научного цикла, математики и информатики (протокол от 30.08.2025 № 1)

СОГЛАСОВАНО

заместителем директора по учебно-методической работе

_____ Л.Н. Рубцова

УТВЕРЖДЕНО

и.о. директора
МАОУ "Лицей № 21"
(приказ от 01.09.2025 № 87/5)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«Проект «Космический класс. Аэродинамика и баллистика»»
для обучающихся 8-х классов

Артемовский, 2025

Пояснительная записка

Направленность

Направленность рабочей программы естественнонаучная. Данная программа составлена с учетом нормативных требований к программам дополнительного образования детей.

Актуальность

Актуальность данной программы определяется запросом со стороны профессионального сообщества аэрокосмической отрасли на профессионально-ориентированную программу, сфокусированную на воспитание в учащихся патриотизма, интереса к инженерно-техническому творчеству, особенно в аэрокосмической отрасли Российской Федерации.

Данная программа предполагает изучение основ аэродинамики и баллистики.

Знание аэродинамики и баллистики является фундаментом для формирования инженерных кадров нового поколения, которые будут направлены на решение задач, связанных с реализацией Федеральной космической программы Российской Федерации.

Цель программы

Целью программы является интенсивное и всестороннее изучение внешней баллистики и основ аэродинамики, а также формирование соответствующей базы знаний и умений, которая в дальнейшем будет способствовать ведению научной, исследовательской и инженерной деятельности учащихся, избравших для себя аэрокосмическую отрасль.

Задачи

Обучающие:

- изучить основы внешней баллистики;
- сформировать знания основных понятий и законов аэродинамики.

Развивающие:

- развить навыки сбора и анализа информации;
- развить навыки применения полученных знаний для описания процессов аэродинамики и баллистики, включая космическую;
- развить софт-компетенции, необходимые для успешной работы вне зависимости от выбранной профессии.

Воспитательные:

- воспитать дисциплинированность, ответственность;
- воспитать в обучающемся навыки логического мышления;
- сформировать проектное мировоззрение и творческое мышление.

Группа/категория учащихся: 13-14 лет (8 класс).

Форма работы

Основной формой работы являются групповые занятия. Занятия проходят 1 раз в неделю. Продолжительность 1 занятия составляет 45 минут (1 академический час).

Срок реализации программы

Срок реализации программы – 34 академических часа, 17 учебных недель.

Планируемые результаты

Личностные результаты:

- информирование учащихся о мире профессий в целом и профессиях, востребованных в аэрокосмической отрасли и оказание помощи в осознанном построении индивидуальной образовательной траектории с учётом устойчивых познавательных интересов;
- формирование мотивации изучения аэродинамики и баллистики и стремления к самосовершенствованию в технической области знаний;
- осознание возможностей самореализации в технических науках средствами проектной деятельности;
- формирование основ проектной компетенции в технических науках;

- развитие целеустремлённости, творческого подхода в вопросах проектирования, инициативности, трудолюбия, дисциплинированности.

Метапредметные результаты:

- развитие умения осуществлять анализ результатов и способов проведения исследования на уровне наблюдения и первичного эксперимента и вносить необходимые коррективы;
- развитие умения устанавливать причинно-следственные связи, строить логические рассуждения, умозаключения (индуктивное, дедуктивное и аналоговое) и делать выводы;
- развитие умения создавать, применять и преобразовывать знаково-символические средства, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач;
- развитие умения адекватно и осознанно использовать технические средства в соответствии с проектными задачами: для планирования и регуляции своей деятельности; владение логикой изложения проблематики задачи и результатов решения;
- развитие исследовательских учебных действий, включая навыки работы с информацией: поиск и выделение нужной информации, её обобщение и фиксацию;
- развитие анализа технических решений, включая умение выделять проблему, прогнозировать возможные решения, формировать критерии эффективности, проводить анализ решений, устанавливать логическую последовательность основных фактов.

Предметные результаты:

- умение формировать технические решения в процессе командно-ролевой деятельности;
- формирование этапов и организация процесса выполнения проекта;
- умение формировать критерии эффективности проектных решений;
- умение взаимодействия в команде;

- умение моделировать технические решения на основе знаний об уровне технологического развития науки и техники;
- умение проводить анализ чертежей и технических схем по заданным критериям;
- формирование навыков инженерной культуры.

Содержание программы

Учебный (тематический) план:

№ п/п	Наименование темы	Количество часов			Форма контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Введение в аэродинамику	2	1	1	
1.1	Обзор курса	1	1	-	Опрос
1.2	Возникновение и развитие аэродинамики как науки	1	-	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №1
2	Земная атмосфера	2	1	1	
2.1	Строение земной атмосферы	1	1	-	Задания из рабочей тетради Практическая работа №2, 3
2.2	Воздух и его основные параметры	1	-	1	Задания из рабочей тетради Тестирование
3	Основные законы аэродинамики	9	6	3	
3.1	Способы создания подъемной силы.	1	1	-	Задания из рабочей тетради Практическая работа №4
3.2	Обтекание плоского крыла воздушным потоком. Угол атаки. Силы, действующие на летательный аппарат	1	1	-	Задания из рабочей тетради Практическая работа №5
3.3	Закон Бернулли	2	1	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №6
3.4	Обтекание воздушным потоком твердых тел различной формы. Симметричное и несимметричное обтекание	2	1	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №7
3.5	Динамические критерии подобия. Число Рейнольдса	1	1	-	Задания из рабочей тетради Практическая работа №8
3.6	Особые режимы полета	2	1	1	Задания из рабочей тетради Тестирование
4	Баллистический полет	3	2	1	
4.1	История возникновения баллистики	1	1	-	Задания из рабочей тетради Практическая работа №9

4.2	Теория полета снаряда в пустоте. Практическое применение	2	1	1	Задания из рабочей тетради Тестирование
5	Ракетный полет	9	6	3	
5.1	Характеристики твердого топлива	3	2	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №10
5.2	Скорость Циолковского. Потери скорости	4	3	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №11
5.3	Траектории управляемых ракет. Отличие баллистической ракеты от крылатой.	2	1	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №12 Тестирование
6	Космический полет	7	4	3	
6.1	Траектории космических объектов. Законы Кеплера	3	2	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №13
6.2	Межорбитальные переходы.	2	1	1	Задания из рабочей тетради Практическая работа №14
6.3	Межпланетные перелеты	2	1	1	Задания из рабочей тетради Тестирование
7	Итоговое занятие	2	1	1	Итоговый тест
	Итого:	34	21	13	

Содержание учебного (тематического) плана:

Тема 1.1. Введение.

Теоретическое занятие (1 ак.час) Цели, задачи и темы курса. Основные вопросы курса аэродинамики. Понятие о внешней и внутренней баллистике.

Тема 1.2. Возникновение и развитие аэродинамики как науки.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Понятие аэродинамики. Вклад в развитие аэродинамики Исаака Ньютона, Леонардо да Винчи, М.В. Ломоносова, Леонарда Эйлера, Даниила Бернулли, Д.И. Менделеева, Отто Лилиентала, Л. Прандтля, О. Рейнольдса.

Тема 2.1.Строение земной атмосферы.

Теоретическое занятие (1ак.ч.) Определение понятия атмосферы. Структура атмосферы Земли. Зависимость давления и температуры воздуха от высоты. Корреляция скорости ветра с распределением температуры по высоте.

Тема 2.2.Воздух и его основные параметры.

Практическое занятие (1ак.ч.) Тестирование по теме "Земная атмосфера".

Тема 3.1.Способы создания подъемной силы.

Теоретическое занятие (1ак.ч.) Способы создания подъемной силы. Параметры создания подъемной силы. Аэростатический, аэродинамический и реактивный способы.

Тема 3.2. Обтекание плоского крыла воздушным потоком. Угол атаки. Силы, действующие на летательный аппарат.

Теоретическое занятие (1ак.ч.) Силы, действующие на летательный аппарат в полете и их классификация. Массовые и поверхностные силы. Угол атаки и угол установки крыла, различие между ними. Средняя аэродинамическая хорда крыла.

Тема 3.3. Закон Бернулли.

Теоретическое занятие (1ак.ч.) Структура и физический смысл уравнения Бернулли. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли. Трубка Пито-Прандтля.

Практическое занятие (1ак.ч.) Решение задач на определение скорости в узком сечении трубопровода, расхода и давления воды, пренебрегая потерями напора.

Тема 3.4. Обтекание воздушным потоком твердых тел различной формы. Симметричное и несимметричное обтекание.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Воздушная скорость. Путевая скорость. Дозвуковой аэродинамический профиль. Кривизна профиля и ее влияние на аэродинамические характеристики. Механизация крыла.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Решение задач на определение подъемной силы при заданном угле атаки, скорости потока и плотности воздуха, нахождение кривизны профиля при заданных координатах средней линии.

Тема 3.5. Динамические критерии подобия. Число Рейнольдса.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Ламинарное и турбулентное обтекание. Пограничный слой. Геометрическое и динамическое подобие. Решение задач на определение критической скорости и расхода, при смене режимов движения жидкости, определение площади живого сечения, гидравлического радиуса, расхода, режима движения жидкости при заданном динамическом коэффициенте жидкости и плотности.

Тема 3.6. Особые режимы полета.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Срыв потока. Критический угол и режим сваливания. Режим аэродинамического экрана. Отличие до- и сверхзвукового режима полета.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Тестирование по теме «Основные законы аэродинамики».

Тема 4.1. История возникновения баллистики.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Научные основы баллистики. Научные взгляды Г. Галилея, И. Ньютона, Н. Тарталья. Научные достижения Юрия Кондратюка, Константина Циолковского, Карла Рунге и Мартина Кутты.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Доклады учащихся на тему "История возникновения баллистики". Внутренняя и внешняя баллистика. Угол максимальной дальности броска. Основные идеи Юрия Кондратюка. Достижения и ошибки К.Э. Циолковского.

Тема 4.2. Теория полета снаряда в пустоте. Практическое применение.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Траектория движения снаряда. Задача максимальной дальности. Настильные и навесные траектории. Стабилизация снаряда в полете. Конструктивные особенности гладкоствольного и нарезного оружия. Эффект Магнуса.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Тестирование по теме «Баллистический полет».

Тема 5.1. Характеристики твердого топлива.

Теоретическое занятие (2 ак.ч.) Баллистическое и смесевое топливо. Формы твердотопливного заряда. Режимы горения твердотопливного заряда. Прогрессивное, регрессивное и равномерное горение. Импульс последействия

Практическое занятие (1 ак.ч.) Решение задач на определение момента времени, в который выдаст максимальную тягу твердотопливный двигатель при заданной скорости горения, определение диаметра питающего трубопровода.

Тема 5.2. Скорость Циолковского. Потери скорости

Теоретическое занятие (3 ак.ч.) Уравнение И.В. Мещерского. Формула К.Э. Циолковского. Динамика систем переменного состава. Идеальные условия полета ракеты. Виды потерь скорости и способы их уменьшения.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Решение задач на определение скорости Циолковского при заданной массе, удельном импульсе, определение гравитационных потерь ракеты при заданном расходе топлива.

Тема 5.3. Траектории управляемых ракет. Отличие баллистической ракеты от крылатой.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Отличие баллистической ракеты от крылатой. Траектория баллистической ракеты и ее основные участки. Особенности траектории ракеты-носителя. Различие масс баллистической ракеты и ракеты-носителя.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Решение задач на определение потери скорости при заданной скорости, определение отклонения от цели, если задан конечный угол, скорость и высота. Тестирование по теме «Ракетный полет».

Тема 6.1. Траектории космических объектов. Законы Кеплера.

Теоретическое занятие (2 ак.ч.) Эволюция представлений о движении планет. Системы Птолемея, Коперника, Кеплера. Траектория движения космического объекта и ее зависимость от скорости.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Решение задач на определение продолжительности перелета по эллиптической траектории при заданной продолжительности года на разных планетах.

Тема 6.2. Межорбитальные переходы.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Активный вывод и вывод с пассивным участком. Компланарный и некомпланарный межорбитальный переход. Гомановская траектория. Схемы вывода на геостационарную орбиту.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Решение задач на определение запаса топлива разгонного блока при переводе спутника на разные высоты, потребных приращений скорости для осуществления двухимпульсного перехода на геостационарную орбиту с круговой орбиты.

Тема 6.3. Межпланетные перелеты.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Гравитационная задача N тел. Критерии оптимальности траектории, «окно перелета». Пертурбационный маневр. Посадка на других планетах.

Практическое занятие (1 ак.ч.) Тестирование по теме «Космический полет».

Тема 7. Итоговое занятие.

Теоретическое занятие (1 ак.ч.) Повторение пройденного материала по курсу "Аэродинамика и баллистика". Слои атмосферы. Вязкость жидкости и газа. Аэродинамическое качество. Аэродинамическая компоновка. Уравнение неразрывности. Законцовка крыла. Число Рейнольдса. Угол максимальной дальности. Аэродинамические потери. Гомановская траектория. Гравитационная "праща".

Практическое занятие (1 ак.ч.) Выполнение итогового тестирования для оценки усвоения пройденного материала по ДОП «Аэродинамика и баллистика»

Планируемые результаты

Для достижения поставленной цели и реализации задач предмета используются следующие методы обучения:

а) Теоретические занятия проводятся в форме лекции с элементами диалога и с использованием мультимедийного оборудования для показа презентаций;

б) Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала и выработки практических навыков по данной дисциплине: решение задач, сбор информации, обработка, доклады и обсуждения.

В результате изучения программы обучающиеся должны **знать**:

- принципы формирования технических решений;
- законы аэродинамики и баллистики;
- основы аэродинамики и баллистики;
- взаимодействие космических объектов;
- основные результаты и этапы развития аэродинамики и баллистики.

В результате изучения программы обучающиеся должны **уметь**:

- решать теоретические задачи аэродинамики и баллистики космоса и прикладных задач будущей профессии;
- формировать критерии оценки технических решений;
- применять полученные знания в решении конкретных задач из различных областей аэродинамики и баллистики, связанных с космосом.

Формы контроля и оценочные материалы

В рамках программы применяются следующие формы контроля усвоения материала:

- текущий контроль;
- итоговый контроль.

Во время *текущего контроля* обучающиеся отвечают на вопросы преподавателя в форме устного опроса, выполняют задания из рабочей тетради, практические работы.

Итоговый контроль включает в себя выполнение итогового теста, который подтверждает усвоение учащимися материала программы.

Критерии оценки достижения планируемых результатов

Уровни освоения программы	Результат
Высокий уровень освоения программы	Учащиеся проявляют высокий уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют отличное знание материала, владеют терминологией и могут правильно ее использовать при описании рассмотренных технических решений. Могут грамотно формулировать собственные технические решения и предлагать области их применения. Итоговый тест показывает не менее 80% правильных ответов.
Средний уровень освоения программы	Учащиеся проявляют достаточный уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют хорошее знание материала, владеют терминологией и в основном могут её использовать при описании рассмотренных технических решений. Могут формулировать собственные технические решения с небольшим количеством ошибок. Обоснование технических решений и области применения не всегда аргументировано. Итоговый тест показывает не менее 60% правильных ответов.
Низкий уровень освоения программы	Учащиеся проявляют недостаточный уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют плохое знание материала, в недостаточной мере владеют терминологией и не всегда могут её использовать при описании рассмотренных технических решений. Не могут обосновать технические решения без большого количества ошибок и достаточного количества аргументов. Итоговый тест показывает не менее 40% правильных ответов.

Критерии оценки практических работ

– оценка «**отлично**» выставляется ученику, если решение задачи верное и выбран рациональный путь решения, оформлен отчет без замечаний;

– оценка **«хорошо»** выставляется ученику, если решение задачи верное, но выбран нерациональный путь решения или есть один – два недочета, в том числе и в оформлении отчета;

– оценка **«удовлетворительно»** выставляется ученику, если ход решения задачи и ответ верный, но было допущено несколько негрубых ошибок (в том числе в оформлении отчета) или если ход решения задачи верный, но была допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному ответу;

– оценка **«неудовлетворительно»** выставляется ученику, если в работе получен неверный ответ, связанный с грубой ошибкой, отражающей непонимание учеником используемых законов и правил или если ответ не получен.

Критерии оценивания итогового тестирования:

- оценка «отлично» - дано от 12 до 15 правильных ответов;
- оценка «хорошо» - дано от 10 до 11 правильных ответов;
- оценка «удовлетворительно» - дано от 7 до 9 правильных ответов;
- оценка «неудовлетворительно» - дано менее 7 правильных ответов.

Организационно-педагогические условия реализации программы

Материально-технические условия реализации программы

Для реализации программы необходимо наличие следующих *технических средств*:

- персональный компьютер;
- проектор;
- принтер с возможностью черно-белой или цветной печати;
- лазерная указка;

Для реализации программы необходимо наличие следующих *материальных средств*:

- бумага белая матовая формата А4;
- картриджи, совместимые с принтером;
- ручки и карандаши;
- тетради в клетку объемом 24л;
- оборудованный учебный класс.

Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

Основная литература

1. Мхитарян, А.М. Аэродинамика/ А.М. Мхитарян. - ЭКОЛИТ, 2012.
2. Бережко Е.Г. Введение в физику космоса/ Е.Г. Бережко. - ФИЗМАТЛИТ, 2014.
3. Хомич Е.О. Космос/ Е.О. Хомич. - АСТ, 2016.
4. Авдеев Ю.Ф. Космос, баллистика, человек/ Ю.Ф.Авдеев. - Высшая школа, 2013.
5. Граве И.П. Внутренняя баллистика. Пиродинамика/ И.П. Граве. - 2014.
6. Дэвис Л., Внешняя баллистика ракет / Л.Девис, Дж. Фоллин, Л. Блитцер. - Воениздат, 2000.

Дополнительная литература

1. Зоншайн, С.И. Аэродинамика и конструкция летательных аппаратов/ С.И. Зонштайн. - Высшая школа, 1988.
2. Лысенко, Л.Н. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов/ Л.Н. Лысенко, В.В. Бетанов, Ф.В. Звягин. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
3. Уимпресс, Р.Н. Внутренняя баллистика пороховых ракет/ Р.Н. Уимпресс. – Издательство иностранной литературы, 2012.
4. Карафоли, Е. Аэродинамика крыла самолета/ Е.Карафоли – АН СССР, 1991.

Интернет ресурсы

1. Возникновение и развитие аэродинамики как науки. URL: <https://students-library.com/library/>
2. Основные законы аэродинамики. URL: <http://deltaplan.kz/>
3. Космическая баллистика. URL: <https://zen.yandex.ru/>
4. Баллистико-навигационное обеспечение. URL: <https://studopedia.net/>

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 527227426247742686294735902159890388589213147321

Владелец Смирнягина Марина Валерьевна

Действителен с 17.09.2025 по 17.09.2026