

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК «КВАНТОРИУМ»
В ГОРОДЕ НЕВИННОМЫССКЕ»

Принята на заседании
педагогического совета
от «29» августа 2025 года
Протокол № 1

УТВЕРЖДАЮ
Директор АНО ДО «Кванториум»
Чилхачоян Т.В.
от «29» августа 2025 года
Приказ № 135



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

технической направленности

«Космоквантум»
(название программы)

Уровень программы: базовый
Возрастная категория: от 11 до 14 лет
Состав группы: до 14 человек
Срок реализации: 1 год – 144 ч.

Автор-составитель:
Холощак Э.А., педагог
дополнительного образования
Сасин А.В., педагог
дополнительного образования

г. Невинномысск, 2025 год

Содержание

1 Информационная карта программы.....	3
2 Пояснительная записка.....	5
3 Цели и задачи программы.....	10
4 Содержание программы.....	12
5 Содержание учебно-тематического плана.....	18
6 Ожидаемые результаты и способы их проверки.....	23
7 Способы и формы проверки результатов освоения программы.....	25
8 Методическое обеспечение.....	27
9 Материально-техническое обеспечение.....	30
Список литературы.....	34

1 Информационная карта программы

Наименование учреждения	Автономная некоммерческая организация дополнительного образования «Детский технопарк «Кванториум» в городе Невинномысске»
Адрес учреждения	Ставропольский край, г. Невинномысск, ул. Белово 4
ФИО ПДО	Холощак Элла Александровна
Название программы	«Космоквантум. Базовый модуль «Основы астрономии, ракетостроения, спутникостроения»
Тип программы	Дополнительная общеразвивающая
Направленность	Техническая
Срок реализации	1 год
Общий объем программы в часах	144
Целевая аудитория обучающихся	11 -14 лет
Аннотация программы	Программа выполняет как образовательную, так и профориентационную роль и позволяет учащемуся приобрести базовые компетенции в области астрономии, ракетостроения, спутникостроения и смежных наук и направлений. Базовая программа направления Космоквантум охватывает области, связанные с астрономией, ракетостроением, спутникостроением освоением космоса, системами жизнеобеспечения в космических аппаратах, дистанционного зондирования земли и т.д. Программа позволяет повысить интерес обучающихся к изучению предметов естественнонаучного, инженерного профиля, через освоение ряда дисциплин, не рассматриваемых в базовом школьном курсе, а также через ведение учебно-исследовательской деятельности в рамках этих дисциплин. Образовательная программа включает использование современного оборудования. Обучающиеся знакомятся со структурными уровнями космической среды, строением и принципом действия космических аппаратов (ракет, спутников). Работа на современном оборудовании лаборатории Космоквантума позволит закрепить и углубить теоретические знания на практике.
Планируемые результаты (компетенции)	В результате освоения образовательной программы обучающиеся должны уметь: - принимать или намечать учебную задачу, её конечную цель; - применять математический аппарат для решения специфических задач; - представлять и понимать физику процессов поставленной задачи; - разрабатывать алгоритмы управления простейшими системами и датчиками,

	интегрирования их с моделью спутника; - прогнозировать результаты работы; - планировать ход выполнения задания; - рационально выполнять задание; - руководить работой группы или коллектива; - высказываться устно в виде сообщения или доклада; – высказываться устно в виде рецензии на ответ товарища; – представлять одну и ту же информацию различными способами
--	--

2 Пояснительная записка

Современная космонавтика решает, в основном, прагматические задачи: погода, связь, навигация, съемка Земли из космоса, не за горами появление массового космического туризма. В то же время, космос - не рынок, это идея. Он просто требуется человечеству, каждому из нас по собственным причинам: желания свободы, новых открытий, путешествий, независимости, просто ощутите, какие возможности содержит космос! При этом космос не может и не должен оставаться самоценным: все технологии, созданные для покорения космического пространства, находят своё применения на Земле, дав людям доступ к технологиям, меняющим их жизнь.

Данная общеразвивающая программа удовлетворяет творческие, познавательные потребности заказчиков: детей и их родителей. Досуговые потребности, обусловленные стремлением к содержательной организации свободного времени, реализуются в практической деятельности учащихся.

Программа включает в себя изучение ряда направлений в области космонавтики, ракетостроения, астрономии и электроники. Все знания и практические навыки, полученные на занятиях в Космоквантуме, учащиеся могут применять в повседневной жизни, при изучении школьной программы.

Обучение строится с учётом знаний, умений и навыков, приобретаемых обучающимися на занятиях.

В процессе проведения занятий обучающиеся должны получить навыки поиска информации по интересующей тематике, решения поставленных задач, а также выполнить проектную работу по выбранной тематике. В процессе получения знаний обучающиеся научатся правильно ставить цели, планировать наиболее рациональные пути их достижения, самоорганизовываться и организовывать других для решения поставленных задач, достигать практически значимых общественно полезных результатов, применять инженерные подходы в решении поставленных задач.

Направленность образовательной программы - техническая. Данная программа является базовой.

Новизной данной программы является абсолютно новый подход к обучению обучающихся, основанный на кейсовой технологии и взаимопосещаемости между квантумами.

Данная общеразвивающая программа реализуется в рамках проекта Агентства стратегических инициатив.

Актуальность и необходимость данной дополнительной общеразвивающей программы продиктована развитием космонавтики и увеличением доли частной космонавтики в России и во всем мире. Помимо прочего, данная программа позволяет учащимся самостоятельно выбрать актуальную проблемную область и создать проект, конечный результат которого будет представлять собой полноценную инженерную разработку в области космических технологий.

Отличительные особенности программы. Особенностью данной общеразвивающей программы является то, что она предполагает после ознакомления с теоретической базой аэрокосмической инженерии и ее техническими средствами используемые при проектировании ракет ,сделать обязательный выбор собственного уникального проекта как индивидуально, так и для каждой микро-группы (3-4 чел.). в рамках программы «Практическое проектирование ракет» и полноценную его реализацию под руководством куратора-педагога. При этом всю работу, от постановки технического задания на разработку до выпуска продукта учащиеся выполняют самостоятельно.

Стартовый уровень предполагает общедоступную и универсальную форму подачи материала, минимальную сложность освоения материала. На данном уровне происходит введение в образовательную программу, обучение основам преподаваемых направлений, знакомство и усвоение основной терминологии и особенностей программного обеспечения, а также овладение основами научно-исследовательской и проектной деятельности.

По завершении стартового уровня – защита проекта или участие в соревнованиях, конкурсах.

Форма занятий: индивидуальная, фронтальная, групповая.

Наполняемость группы: до 14 человек. Состав группы постоянный, разновозрастный, набор детей свободный.

Перед началом обучения проводится входное тестирование, которое выявляет начальный уровень знаний и умений по выбранному направлению. Группы формируются в зависимости от уровня владения предметными компетенциями по данной траектории обучения, а также в зависимости от возрастных особенностей учащихся.

Режим проведения занятий: занятия проводятся 2 раза в неделю по 2 часа учебных занятий, 4 часа в неделю.

Основные принципы, лежащие в основе реализации программы, следующие:

1. Принцип активности учащегося, личностно-ориентированный подход.

Ответственность за итоги работы по программе возлагается не только на педагогов, но и на обучающихся. В рамках реализации образовательного процесса создается свобода выбора индивидуальной образовательной траектории, которая реализуется за счет индивидуальных занятий по выбранному направлению проектной деятельности, выполнения индивидуальных или групповых заданий.

2. Принцип системности

Обучение происходит в рамках вытягивающей образовательной модели, когда на каждом этапе учащемуся сообщается минимально необходимый для перехода на следующий уровень объем знаний, умений и навыков.

3. Компетентностный подход и ориентирование на практическую деятельность

Программа состоит из последовательности кейсов – проблемных ситуаций, в ходе решения которых учащийся приобретает компетенции двух

типов. Гибкие навыки (soft skills) – универсальные компетенции, которые будут полезны в любой области деятельности (поиск и анализ информации, коммуникативность, умение работать в команде и т. д.) Профессиональные навыки -конкретные знания и навыки, а также методологическая база из данной области деятельности.

4. Принцип вариативности. Содержание программы, в частности последовательность тем занятий и кейсов может варьироваться в зависимости от текущей педагогической ситуации. Для более качественного преподнесения материала к ведению некоторых занятий могут привлекаться узкие специалисты из реального сектора экономики, ученые, госслужащие или преподаватели вузов.

5. Принцип тьюторского сопровождения обучения. Взаимоотношения обучающихся и педагогов строятся по принципу тьюторства, а не менторства. Под тьюторством понимается такое сопровождение образовательного процесса, при котором реализуется индивидуальная образовательная траектория для каждого учащегося с учетом его психологических особенностей, и отдельное внимание уделяется воспитательной функции.

6. Принцип коммуникативной направленности и группового решения поставленных задач. В ходе освоения программы упор сделан на работу в малых группах, что, с одной стороны, обеспечит вовлеченность каждого в процесс, а с другой стороны, будет способствовать развитию навыков командной работы. Любые нестандартные учебные ситуации разрешаются путем диалога.

7. Принцип комплексной реализации задач обучения.

Программа не разделена по типу задач на образовательные, развивающие и воспитательные блоки. Каждое занятие способствует решению каждого типа задач.

3 Цели и задачи программы образовательные и воспитательные

Образовательная цель программы:

Целью реализации программы базового уровня является приобретение обучающимися компетенций и практических навыков по конструированию космических аппаратов, расчёту движения, а также системному проектированию в целом.

Образовательные задачи программы:

- ввести обучающихся в инженерную область космонавтики.
- сформировать базовые инженерные компетенции.
- провести профориентацию.
- выработать навык взаимодействия в команде.
- выработать навык целеполагания.
- подготовить обучающихся к проектной деятельности
- ознакомить с элементами аэродинамики летательных аппаратов, ракетостроения и проектирования;
- закрепить и расширить знания, умения, полученные на уроках физики, математики, информатики, способствования их систематизации;
- выявить интересы, увлечения, конструкторские способности, творческий потенциал;

Развивающие задачи:

- развить смекалку, изобретательность и устойчивый интерес к поисковой, творческой деятельности;
- развить интерес к техническому моделированию;
- развить мыслительные и творческие способности в технической деятельности;

Воспитательные:

- привить элементарные правила культуры труда;
- сформировать активную жизненную позицию, творческое отношение к труду, к жизни;

- воспитать умение трудиться в коллективе и для коллектива.

4 Содержание программы

Вводное занятие. Техника безопасности.

Теория: Рассказ о технопарке «Кванториум», аэрокосмическом направлении. Правила поведения и техника безопасности. (форма занятия - беседа, просмотр видеоролика, инструктаж)

Экскурсия по технопарку. Беседа об организации рабочего места в соответствии с требованиями ТБ, соблюдении норм производственной санитарии, определении потенциальных опасностей на рабочем месте._

Теория: От идей о полётах человека в космос до современных космических станций. Космодромы мира._

Практическая работа: Плюсы и минусы космодрома «Восточный».

Модуль 1. Аэродинамические основы конструирования ракет.

Теория: Аэродинамика полета ракеты. Математические расчеты и пропорции при проектировании ракеты, с учетом ее аэродинамических качеств. (форма занятия - лекция)

Практика: Разработка чертежа проектируемой ракеты с учетом пропорций аэродинамических качеств. (форма занятия - практическое занятие, самостоятельная работа)

Инженерная графика

Теория: Основы черчения. Ребята знакомятся с такими понятиями как виды на чертеже, типы линий чертежа. Постигают смысл удобочитаемости графического изображения. Изучают язык графики.

Практика: Решение задач типа определить вид детали по двум данным, восстановить частично утраченное изображение деталь, достроить главный вид симметричной детали, определение видов построение разрезов.

3 D моделирование

Теория: Изучение форм ГО ракет, создание модели в 3д редакторе.

Головной обтекатель нужен для любой ракеты, пролетающей атмосферный участок. Выполняемые функции:

- механическая защита полезной нагрузки, в том числе, защита от акустического влияния работающих ракетных двигателей;
- уменьшение силы сопротивления набегающего потока воздуха - актуально для ракет, пролетающих атмосферный участок;
- минимизация тепловых воздействий для сверхзвуковых ракет: сильный набегающий поток за счет трения нагревает головную часть.

Кейс № 1: Ребята знакомятся с программой Фьюжен 360, узнают различные способы формообразования. Знакомятся с аддитивными технологиями изготовления деталей. Итог - 3D модель ГО для модели ракеты.

Основы ракетомоделизма.

Теория: Основы ракетомоделизма. Построение модели ракеты, стартовое оборудование и техника безопасности в ракетомоделизме. (форма занятия - лекция)

Практика: Изготовление деталей модели ракеты. Сборка ракеты в одно целое. Определение ЦТ и ЦД, расчет полезной нагрузки. Изготовление системы спасения ракеты и полезной нагрузки.

Ракетостроение.

Кейса № 2: Необходимо доставить груз М 30 г На дистанцию 1 км в максимально короткий срок.

Вводный практикум: - Для того, чтобы справиться с этой задачей, участники проходят вводный практикум “Ракетостроение” и учатся делать ракеты своими руками. По итогам каждый участник конструирует и запускает свою ракету в небо.

По мере решения кейса учащиеся изучают следующие темы:
Определение основных

проектных параметров ракеты, конструирование элементов и систем ракет носителей, знакомятся с теорией статической устойчивости. Изучают систему пуска твердотопливных ракет. Форма занятия - практическое занятие, самостоятельная работа)

Испытания.

Испытания моделей на качество летных характеристик. Ученики знакомятся с регламентом поведения соревнований по ракетному моделизму и правилами безопасности при пусках моделей ракет.

Проектирование моделей ракет в Программе Open Rocket.

Теория: Понятие работы в ПО Open Rocket. Проектирование моделей ракет в ПО Rocket. (форма занятия - лекция)

Практика: Технология проектирования моделей ракет в ПО Open Rocket. (форма занятия - практическое занятие, самостоятельная работа)

Баллистика

Факторы космического полёта

Теория: Физические законы, применяемые в космическом полёте. Влияние факторов космического полёта на человека, космический аппарат. Способы противодействия, нагрузка, давление, радиация, трение, герметичность.

Практический кейс (исследовательский): Решение одной из проблем космического полёта. Как снизить перегрузки? Как снизить радиацию?

Факторы космического полёта

Теория: Физические законы, применяемые в космическом полёте. Влияние факторов космического полёта на человека, космический аппарат. Способы противодействия, нагрузка, давление, радиация, трение, герметичность.

Практический кейс (исследовательский):

Решение одной из проблем космического полёта. Как снизить перегрузки? Как снизить радиацию?

Математические модели орбитального движения (программы РС)

Теория: ребята знакомятся с использованием программ и симуляторов для расчета орбит гравитационных маневров. Orbiter – бесплатное ПО.

Сайт проекта: <http://orbit.medphys.ucl.ac.uk/>. Примеры учебных приложений, сочетающих в себе наглядность и доступность для учащихся

школьного уровня, разработаны в рамках образовательного проекта PhET университета Колорадо, г. Боулдер. Программы называются «Gravity and Orbits», а также «My Solar System»

Практическая работа: пройти этапы обучения в игре Kerbal Space Program и выполнить суборбитальный полет и полет вокруг спутника Муна планеты Кербал и вернуться обратно на планету.

Модуль 2.

Система управления движением, ориентацией, стабилизацией космических аппаратов

Электропитание спутника

Теория. Бортовые системы пилотируемых и автоматических аппаратов.

Практика: Делитель и стабилизатор напряжения.

Лабораторная работа: Исследуем закон Ома для участка цепи.

Кейс № 5. Кванторианцам предлагается собрать систему питания спутника от энергии солнечного света. Решение данного кейса должно дать ученикам представление об основах системной инженерии, создании собственного инженерного проекта и об устройстве систем электропитания (СЭП) космического аппарата. По итогам занятия ученики должны получить черновой проект подсистемы.

Системы управления КА

Лекция: датчики на спутнике. Потенциометр и датчик тока

Практическая работа: Собрать цепь с датчиками проверить их работу

Кейс № 6. Сборка стенда солнечной батареи. Стенд солнечной батареи представляет собой систему управления, способную определить самый сильный источник освещения, повернуть солнечную батарею к этому источнику и определить время до полного заряда батареи. Определение источника освещения осуществляется путем измерения интенсивности света датчиками. Поворот солнечной батареи осуществляется передачей управляющего сигнала сервоприводу, осуществляющему поворот солнечной батареи.

В процессе работы ученики не только научатся считывать данные с датчиками, но и напишут управляющую программу для работы стенда.

Тепло и холод.

Теория:

проблемы отведения тепла в условиях космоса.

В природе существуют несколько способов передачи тепла: теплопроводность при непосредственном контакте двух тел разных температур, конвекция - передача тепла перемешиванием слоев газов или жидкостей различных температур излучение процесс передачи тепла за счет излучения телами электромагнитных волн. Ниже мы рассмотрим каждый тип передачи тепла.

Лабораторная работа: Контейнер термостат ледяного куба.

Исследуем способы сохранения нормальной температуры внутри КА.

Практическая работа: Регистрация температуры при помощи датчиков DS18B20

Кейс № 7. Спроектировать и собрать модель терма-спутника.

В данном модуле идет разработка защиты спутника от теплового излучения солнца. На группу из 10 человек предполагается 3 набора. На практике ученикам предстоит собрать стенд, задачей которого является наглядно показать, с какими трудностями приходится столкнуться инженерам, и попытаться эти проблемы решить. Тестирование П.О.

Стендовые испытания.

Практика: Стендовые испытания.

Учащиеся тестируют свои наиболее удачные проектные работы и готовятся к защите.

Модуль 6.

В модуле астрономия изучаются практические основы астрономии, солнечная система, звёзды и другие звёздные системы.

Практическая работа. Приобретение навыков работы с картой звёздного неба, приложением Sky Map, телескопами с механическим и электроприводами, фильтрами и фото камерой.

Модуль 7. Межквантовые модули.

Практика:

Модуль № 1. Разработка и изготовление деталей спроектированной ракеты с использованием технологий 3D принтера и лазерной резки (IT и хайтек кванториумы).

Модуль № 2. Проектирование ракеты для соревнований по Junior Skills-профиль аэрокосмическая инженерия по ТЗ (ITкванториум).

Модуль № 3. Изготовление деталей спроектированной модели ракеты согласно ТЗ с использованием 3D технологий и технологий лазерной резки (IT и хайтек кванториумы).

Модуль № 4. Ros CanSat лига Юниор и ГИРД. Механика. Микроэлектроника.

Модуль № 5. Микроэлектроника. Сборка, настройка и программирование узлов и блоков проектируемой ракеты. (форма занятия - практическое занятие, самостоятельная работа).

5 Содержание учебно-тематического плана

Данная общеразвивающая программа изучается в течение одного учебного года.

Название программы: «Основы астрономии, ракетостроения, спутникостроения». Возраст: 11-14 лет.

Уровень: Стартовый. Срок реализации: 36 недель - 144 часа, 4 часа в неделю.

№ раздела и темы	Название разделов и тем	Количество часов		
		всего	теория	практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности	2	2	0
2.	Модуль 1. Ракетостроение	58	17	41
3.	Модуль 2. Спутникостроение	42	20	22
4.	Модуль 3. Симуляция космических полётов	4	2	2
5.	Модуль 4. Напланетная робототехника	4	2	2
6.	Модуль 5. Приём и обработка данных со спутника.	6	2	4
7.	Модуль 6. Астрономия	10	7	3
8.	Всего:	144	58	86

Календарный учебный график

Месяц	Название разделов и тем	Форма занятия	Количество часов		
			всего	теория	практика
Сентябрь, октябрь	Вводное занятие. Техника безопасности.	беседа, просмотр видеоролика, инструктаж	2	2	0
	Модуль 1. Ракетостроение Кейс 1. Введение в космонавтику. Исторические аспекты. Основоположники мировой	лекция, практическое занятие, самостоятельная работа	2	2	0

	космонавтики.				
Сентябрь, октябрь	Кейс 1. Виды космической техники. Факторы космического полёта. Ракеты. Ракетные двигатели, космические аппараты.	лекция, практическое занятие, самостоятельная работа	6	6	0
Сентябрь, октябрь	Кейс 1. Сравнение параметров выбранных ракет с определением преимуществ и недостатков каждого типа.	практическое занятие, самостоятельная работа	2	2	0
Сентябрь, октябрь	Кейс 1. Создание 3D прототипов космических аппаратов	самостоятельная работа	6	0	6
Сентябрь, октябрь	Кейс 1. Представление работ		2		
	Всего часов :		20 ч.		
Октябрь, ноябрь	Модуль 1. Кейс 2. Основы ракетомоделизма. Введение. Конструирование корпуса модели. Формирование команд.	лекция, практическое занятие, самостоятельная работа	4	1	3
Октябрь, ноябрь	Расчёт стабилизаторов.	самостоятельная работа	2	0	2
Октябрь, декабрь	Изготовление стабилизаторов	самостоятельная работа	4	0	4
Октябрь, декабрь	Расчёт и изготовление системы спасения	самостоятельная работа	4	0	4
Октябрь, декабрь	Сборка модели. Пуск.	самостоятельная работа	4	0	4
Октябрь, декабрь	Расчёты гидро ракеты	самостоятельная работа. Лекция.	4	2	2
Октябрь, декабрь	Конструирование модели ракеты	самостоятельная работа	4	0	4
Октябрь, декабрь	Запуск моделей. Рефлексия.		4		4

		Всего часов :	30 ч.		
Ноябрь, Декабрь	Модуль 1. Кейс 3. Проектирование моделей ракет в Программе Open Rocket	лекция, практическое занятие, самостоятельная работа ПРИШЛИ МАЛЬЧИКИ	8	2	6
	Всего часов:	8 часов			
Декабрь	Модуль2. Спутникостроение Кейс 1. Баллистика Введение. Уравнение движения ракет. Космические скорости Движение по орбите. Типы орбит. Параметры орбиты	Лекция.	6	6	0
Январь	Расчёт гравитационной воронки.	самостоятельная работа	2	2	0
Январь	Создание гравитационной воронки. Проведение экспериментов. Моделирование полётов на орбите.	самостоятельная работа	2	0	2
Февраль	Проведение экспериментов с тканым стендом. Анализ движения нескольких тел в системе.	практическое занятие, самостоятельная работа	2	0	2
Февраль, март	Проведение экспериментов по межпланетному перелёту.	практическое занятие	2	0	2
Февраль, март		Всего часов:	14 ч		
Февраль, март	Кейс 2. Система электропитания космических аппаратов. Введение. Электростатика.	Лекция.	2	2	0

Февраль, март	Постоянный ток.	Лекция	2	2	0
	Переменный ток.	Лекция	2	2	0
	Знакомство с контроллером Arduino. Основы проектирования и моделирования электронного устройства на базе Arduino.	Лекция	6	6	0
	Источники питания. Проектирование системы электропитания.	Лекция и самостоятельная работа.	4	2	2
	Солнечные батареи на борту КА	Лекция.	4	4	0
	Расчёт энерго баланса КА на орбите.	Лекция и самостоятельная работа.	4	2	2
	Сборка прототипа КА с нагрузкой с СБ, АБ	самостоятельная работа.	2	0	2
	Испытания. Отладка работы всех элементов.	Самостоятельная работа.	2	0	2
	Всего часов в месяц:		28 часов		
Март	Модуль 3. Симуляция космических полётов	Самостоятельная работа.	4	2	2
		Всего часов:	4 ч.		
Март	Модуль 4. На планетная робототехника	Лекция. Самостоятельная работа.	4	2	2
		Всего часов:	4 ч.		
Апрель	Модуль 5. Приём и обработка данных со спутника.	Лекция. Самостоятельная работа.	6	2	4
		Всего часов:	6ч.		
Апрель	Модуль 6. Астрономия	лекция, самостоятельная работа.			

		Наблюдения			
	Практические основы астрономии	Лекция, практическая работа.	4	1	3
	Солнечная система	Лекция, практическая работа.	2	2	
	Солнце и звёзды.	Лекция	2	2	
	Строение и эволюция Вселенной.	Лекция	2	2	
	Всего часов:		10 часов		
ИТОГО			144	58	86

6 Ожидаемые результаты и способы их проверки

Пройдя курс обучения, учащиеся должны обладать следующими компетенциями:

Hard Skills:

- уметь производить аэродинамические расчеты простых ракет;
- уметь пользоваться инструментами приборами и приспособлениями;
- уметь проектировать ракетную технику в ПО;
- владеть навыками работы на 3D принтере;
- собирать простейшие ракеты;
- знать классификацию ракетной техники, их устройств и область применения;
- владеть основными законами аэродинамики;
- знать параметры микроэлектроники и единицы их измерения;
- знать методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Soft Skills:

- владение способами организации целеполагания, планирования, анализа, рефлексии, самооценки.
- владение основами разработки, реализации и защиты различного типа проектов (групповых, индивидуальных; исследовательских, информационных, игровых, практических, творческих; долгосрочных, краткосрочных, мини-проектов) в предметных сферах.
- владение культурой мышления, сформированная способность к восприятию, анализу и обобщению информации, постановке цели и выбору путей её достижения.
- готовность к работе в команде. Стремление к саморазвитию, самообразованию и самовоспитанию. Критическая оценка собственных достоинств и недостатков, выбор путей и средств развития первых и устранения последних.

- осознание значимости своей индивидуальной траектории в составе проектной команды в достижении общей конечной цели проекта, высокая мотивация к выполнению своей работы в составе команды.

- способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях.

- применение полученных знаний в области теории и истории изучаемого предмета, основ коммуникации, анализа и интерпретации исходных текстов в собственной научно- исследовательской деятельности.

В результате освоения образовательной программы обучающиеся должны знать:

- исторические аспекты космонавтики;
- основы аэродинамики и баллистики;
- основные принципы ракетостроения;
- базовые понятия в небесной механике;
- особенности выведения спутников на орбиту;
- основы построения системы электропитания на космических аппаратах и управления ею;
- физические принципы построения систем электропитания;
- состав типового космического аппарата, виды полезной нагрузки, состав модуля служебных систем и специфику его элементов;
- конструктивные особенности космических аппаратов;
- уметь работать в средах 3D-моделирования.

7 Способы и формы проверки результатов освоения программы

Виды контроля:

- вводный, который проводится перед началом работы и предназначен для закрепления знаний, умений и навыков по пройденным темам;
- текущий, проводимый в ходе учебного занятия и закрепляющий знания по данной теме;
- итоговый, проводимый после завершения всей учебной программы.

Формы аттестации

Формой подведения итогов усвоения программы может быть проведена самостоятельная работа, контрольное занятие, опрос, защита рефератов, презентация творческих работ, коллективный анализ работ, самоанализ, персональная выставка. Также используются такие формы подведения итогов усвоения программы как участие в научно – практических конференциях, участие в конкурсах, выставках, мастер-классах.

При этом учитывается:

- правильность и осознание выполнения изделия или изложения материала, широты раскрываемой темы;
- умение использовать полученные знания и навыки в личной практике.

Оценочные материалы

Способы мониторинга: педагогическое наблюдение, беседа, игровые задания, участие в конкурсах, соревнованиях, олимпиадах, опрос, научно-практическая конференция, открытые занятия.

Формы подведения итогов:

1. Опросы и беседы с учащимся.
2. Проверка выполненных практических работ по каждой теме.
3. Выставки в детских объединениях.
4. Выступление с проектом и самостоятельно изготовленным изделием на научно-практических конференциях.
5. Демонстрация освоенных навыков на примере решения простейших технологических кейсов.

6. Участие в конкурсах, олимпиадах, соревнованиях технической направленности.

8 Методическое обеспечение

Приемы и методы организации учебного процесса.

Методы, в основе которых лежит способ организации занятия:

- словесный (устное изложение, беседа) - обеспечивает высокую культуру слуховых восприятий и мышления, требует умений анализа и синтеза, конкретизации и противопоставления, суждения и умозаключения, развивает навыки чтения, устную и письменную речь;
- наглядный (показ иллюстраций, показ (исполнение) педагогом, работа по образцу) - предназначается для наглядно-чувственного ознакомления учащихся с явлениями, процессами, объектами в их натуральном виде или в символическом изображении с помощью всевозможных рисунков, репродукций, схем и т.п.;
- практический (тренинг, упражнения, практическая работа) - используется для познания действительности, формирования навыков и умений, углубления знаний;
- объяснительно-иллюстративный (дети воспринимают и усваивают готовую информацию) - в процессе учебной работы используются иллюстрации, то есть наглядное пояснение, или же демонстрируются те или иные учебные пособия, которые могут, с одной стороны облегчать восприятие и осмысление изучаемого материала, а с другой – выступать в качестве источника новых знаний;
- репродуктивный (учащиеся воспроизводят полученные знания и освоенные способы деятельности) - учащиеся воспроизводят способы деятельности по определенному алгоритму, таким образом обеспечивается возможность передачи большого по объему учебной информации за минимально короткое время, без больших затрат усилий;
- частично-поисковый — участие детей в коллективном поиске, решение поставленной задачи совместно с педагогом;
- исследовательский (самостоятельная творческая работа учащихся) -

выявление проблем, выработка и постановка гипотез, наблюдения, опыты, эксперименты, а также сделанные на их основе суждения и умозаключения. Таким образом путь ребенка к знанию пролегает через собственный творческий, исследовательский поиск.

- коллективный (организация проблемно-поискового или творческого взаимодействия между всеми детьми) - позволяет реализовать потенциалы индивидуальной, парной, групповой и коллективной деятельности учащихся, так как каждый учащийся по очереди работает с каждым, выполняя то роль обучаемого, то обучающего;

- групповой (организация работы малыми группами (от 2 до 7 человек) - основывается на активности каждого субъекта образовательного процесса, возможности самостоятельно принимать решения и осуществлять выбор, а также на сосуществовании различных точек зрения и свободном их обсуждении;

- индивидуальный (индивидуальное выполнение заданий, решение проблем) - позволяет полностью адаптировать содержание, методы и темпы учебной деятельности ребенка к его особенностям, следить за каждым его действием и операцией при решении конкретных задач; вносить вовремя необходимые коррекции в деятельность как обучающегося, так и учителя, приспосабливать их к постоянно меняющейся, но контролируемой ситуации со стороны учителя и со стороны ученика.

Формы проведения занятий: фронтальная, групповая, индивидуальная.

Формы занятий по способам коммуникации: инструктаж, беседа, просмотр фильмов, дискуссия, консультация, практикум, лекция, проектная работа и др.

В процессе воспитательной работы используются такие формы и методы, как беседа, экскурсия, мастер-класс, участие в акциях, субботники. Беседы с учащимися проводятся по разным направлениям: гражданское, патриотическое, социальное воспитание. На занятиях используются методы

самовоспитания (самонаблюдение, самоанализ) и метод педагогической оценки (одобрение, похвала, благодарность).

Дидактический материал:

- макеты ракет;
- кейсы, тесты и вопросники по темам Космоквантума

9 Материально-техническое обеспечение

Наименование модулей	Наименование обязательного оборудования
Модуль «Ракетостроение»	Набор для запуска моделей ракет (Набор "Ракетостроение" на 15 учащихся (курс "Космическая профориентация", производитель Образование будущего) – 2 шт.; Конструктор водных моделей ракет с пусковым устройством – 1 шт.; Набор для участия в соревнованиях (Набор для участия в соревнованиях) – 3 шт.; Набор для конструирования твердотопливной ракеты (без двигателя) ("КЗ_МАХ" Братья Вольт/Образование будущего) – 1 шт.
Модуль «Спутникостроение»	Образовательный комплекс для изучения спутникостроения на основе конструктора (Комплект "Спутникостроение" на 15 учащихся (курс "Космическая профориентация" или IntroSat), производитель Образование будущего)- 1 шт.; Образовательный комплекс для изучения энергобаланса и теплообмена космических аппаратов (Комплект расширений "Энергобаланс и теплообмен" линейки IntroSat или наборы "Электропитание спутника" и "Тепло и холод в космосе" курса "Космическая профориентация", 15 учащихся, производитель Образование будущего) – 2 шт.; Образовательный комплект для изучения механических конструкций космических аппаратов – 2 шт.; Учебный конструктор микроспутников ("Орбикрафт" (производитель Спутникс)) – 3 шт.; Подвес для спутников" (Орбикрафт" (производитель Спутникс)) – 3шт.; Образовательный комплекс для изучения систем орбитального маневрирования (Набор "Орбитальное маневрирование" на 15 учащихся, производитель "Спектралазер Системс") – 1 шт.; Испытательный аэростол – 1шт.; Лабораторная оснастка для работы с учебными моделями спутников ("Терра" (производитель Спутникс)) – 1 шт.; Образовательный комплекс для изучения темы баллистики – 2 шт.;

Модуль «Симуляция космических полетов»	Программное обеспечение симулятора космических полетов с режимом соревнований (ПО "Орбита" лицензия 1 год) – 1 шт.;
Модуль «Напланетная робототехника»	Образовательный комплекс для изучения напланетной робототехники (Курс робототехники на основе Robot Operating System (Linux) и аппаратной платформы TurtleBro комплектация MAX (Братя Вольт)) – 1 шт.;
Модуль «Прием и обработка данных со спутников»	Набор для конструирования напланетного ровера (Робототехническая платформа космического Ровера «BRover-E1») – 1 шт.;
Модуль «Астрономия»	Образовательный комплект для изучения приема данных со спутников (Образовательный комплект для изучения приема данных со спутников) – 1 шт.;
Модуль «Астрономия»	Учебная приёмная станция спутниковых данных УКВ-диапазона (Вьюнок) – 1 шт.;
Модуль «Астрономия»	Телескоп с объективом от 250 мм (Телескоп с объективом от 250 мм) – 1шт.;
Модуль «Астрономия»	Ноутбук тип 1 (Dell Vostro 5490 14"(1920x1080 (матовый))/Intel Core i5 10210u(1.6Ghz)/8192Mb/256SSDGb/noDVD/Ext:nVidia GeForce X230(2048Mb) /Cam/BT/WiFi/42WHr/war 1y/1.49kg/grey/Win 10 Home) – 10 шт.;
Модуль «Астрономия»	Ноутбук тип 2 (Dell G3-3590 15.6"(1920x1080 (матовый) IPS)/Intel Core i7 9750H(2.6Ghz)/8192Mb/512SSDGb/noDVD/Ext:nVidia GeForce GTX1660Ti(6144Mb)/Cam/BT/WiFi/war 1y/2.53kg/ Black / Win 10 Home + Backlit) – 1шт.;
Модуль «Астрономия»	Манипулятор типа мышь – 11 шт.;
Модуль «Астрономия»	Аккумуляторы универсальные (Аккумулятор ROBITON 3.4/Li18650) – 15 шт.;
Модуль «Астрономия»	Аккумулятор ROBITON 3.4/Li18650 (Аккумулятор ROBITON 3.4/Li18650) – 5шт.;
Модуль «Астрономия»	Аккумуляторы Крона (Аккумулятор ROBITON RTU270MH-1) – 5 шт.;
Модуль «Астрономия»	Весы (Настольные весы фасовочные ВСП-3/0,5-1) – 1 шт.;
Модуль «Астрономия»	Дрель аккумуляторная (Metabo BS 14.4 602206530) – 2шт.;
Модуль «Астрономия»	Инструмент для зачистки провода (Proskit 1PK-3001E 00087112) – 2шт.;

Канцелярский нож – 20 шт.;
 Компас жидкостный спортивный тип П-02 – 2 шт.;
 Компас жидкостный спортивный тип П-02 (ТОРЕХ 5 шт. 32D755) – 2шт.;
 Лазерная указка – 3 шт.;
 Электролобзик (Ryobi ONE+ R18JS-0 5133002158) – 3 шт.;
 Лупа с зажимом для проводов (REXANT 12-0250)- 3 шт.;
 Металлическая линейка- 3 шт.;
 Ножницы по бумаге – 20 шт.;
 Паяльная станция (LUKEY-853D) – 3 шт.;
 Дымоуловитель АТР-7015 – 1 шт.;
 Пила – 5 шт.;
 Пинцет – 10 шт.;
 Рулетка (FIT 17225) – 5 шт.;
 Струбцина (MATRIX 250x100x401мм) – 5 шт.;
 Транспортёр – 5шт.;
 Штангенциркуль – 2 шт.;
 Моноблочное интерактивное устройство (ИНТЕРАКТИВНЫЙ ДИСПЛЕЙ SMART SBID-MX265-V2) – 1 шт.;
 Напольная мобильная стойка для интерактивных досок с площадкой для крепления проекторов к стойке – 1 шт.;
 Флипчарт магнитно-маркерный Attache 70x100 см на роликах – 1 шт.;
 1-портовый преобразователь USB (ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ UPORT 1110) – 2 шт.;
 SDR-приемник – 2 шт.;
 Универсальное зарядное устройство (MasterCharger 850) – 2 шт.;
 Зарядное устройство (ROBITON MasterCharger Pro) – 1 шт.;
 Одноплатный компьютер тип 1 (Raspberry PI 4 1 ГБ) – 4 шт.;
 Модуль GPS (GPS модуль NEO-6M) – 2 шт.;
 Микроконтроллерная платформа тип 1 (Плата Arduino Micro) – 5 шт.;
 Микроконтроллерная платформа тип 2 (Плата Arduino Uno) – 15 шт.;
 Провода "мама-мама" 10 упаковок;
 Провода "мама-папа" 10 упаковок;
 Набор датчиков (37 в 1 Набор датчиков) – 5 шт.;
 Панель солнечных батарей (Солнечная батарея Exmork ФСМ-20М 20 ватт 12В Моно) – 2 шт.;
 Солнечные элементы – 100 шт.;
 Ручная радиостанция (Рация Vostok ST-55) – 1 шт.;

Токовые клещи/ мультиметр (APPA 30R, Клеши токовые AC/DC (Госреестр РФ)) – 3 шт.;

Фен строительный (Metabo HE 20-600 602060500) – 1 шт.;

Набор инструментов (Jonnesway S04H524128S) – 2 шт.;

Комплект расходных материалов общего назначения;

Расходные материалы и запасные части к специальному оборудованию;

Расходные материалы и запасные части (доп. комплект);

Комплект мебели – 1 шт.;

Стол ученический СМАРТ 76S045 – 14 шт.;

Кресло ученическое Bit 2.0 - 14 шт.;

Пуф Чикко-40 – 5 шт.;

Стол преподавателя Комплект СМАРТ 76S047+76T008 – 1 шт.;

Шкаф универсальный ПРАКТИК ML 11-50У – 1 шт.;

Кресло преподавателя Yes – 1 шт.;

Система хранения Комплект шкафов серии СМАРТ 76Н114.0013.1022 +76Н014.2043 +76Н004.2013.2013 – 1 шт.;

Стол для паяльных работ серии Garage Set 2 в необходимой комплектации для полноценной работы – 3 шт.;

Стеллаж для хранения мелких деталей MS STRONG с разделителями полок для более удобного хранения деталей (1850x1000x400) – 5 шт.;

Вешалки для халатов – 2 шт.;

Стеллаж для рюкзаков КАЛЛАКС 16 – 1 шт.;

Комплект кабелей и переходников Фильтр SVEN SF-05L 1,8 м (5 розеток) черный - 1 шт.

Список литературы

По законодательству, педагогике и психологии:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Концепция развития дополнительного образования детей (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 4 сентября 2014 г. № 1726-р);
3. Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам (утвержден Приказом Минобрнауки России от 29 августа 2013 г. N 1008
4. Письмо Минобрнауки России от 11 декабря 2006 г. № 06-1844 «О примерных требованиях к программам дополнительного образования детей»
5. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 4 июля 2014 г. N 41 г. Москва "Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей».
6. Устав АНО ДО «Детский технопарк «Кванториум»
7. Акентьева Л. Р., А. В., Кисина Т. С. Педагогический контроль в дополнительном образовании (метод. рекомендации педагогам доп. образования). – Ярославль: ОЦДЮ, 1997. – 48 с.
8. Антропозэкологические подходы в современном образовании. Ч.1. Сборник научно-методических материалов. – Новокузнецк: Изд. ИПК, 1999. – 172 с.
9. Белухин Д. А. Основы личностно-ориентированной педагогики. – М.: МПСИ, 2006. – 310 с.
10. Бережнова Е. В. Основы учебно-исследовательской деятельности студентов: учебник / Е. В. Бережнова, В. В. Краевский. – М.: Академия, 2005. – 128 с.

11. Беспалько В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. – М.: Педагогика, 2009.
12. Борытко Н. М. Диагностическая деятельность педагога / Под ред. В. А. Сластенина, И. А. Колесниковой. – М.: Академия, 2008. – 288 с.
13. Бурлачук Л. Ф., Морозов С. М. Словарь-справочник по психодиагностике. – СПб.: Питер, 2006. – 528 с.
14. Воронов В. В. Технология воспитания: Пос. для преподават. вузов, студ. и учителей / В. В. Воронов – М.: Школьная Пресса, 2000. – 96с.
15. Дополнительное образование как система современных технологий сохранения и укрепления здоровья детей. Учебное пособие. /Под общей ред. Н. В. Сократова. – Оренбург: Изд. ОГПУ, 2003. – 260 с.
16. Дружинин В. Н. Психология общих способностей. – СПб.: Питер, 2006. – 249 с.
17. Жарова Л. В. Учить самостоятельности. – М.: Просвещение, 1993. – 205 с.
18. Запятая О. В. Формирование и мониторинг общих умений коммуникации учащихся: методическое пособие. – Красноярск: Торос, 2007. – 136 с.
19. Золотарёва А. В. Дополнительное образование детей. Методика воспитательной работы. – Ярославль: Академия развития, 2004. – 304 с.
20. Иванчикова Т. В. Речевая компетентность в педагогической деятельности: учебное пособие. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2010. – 224 с.
21. Колесникова И. А. Коммуникативная деятельность педагога. Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений /И.А. Колесникова под ред. В. А. Сластёнина. – М.: Академия, 2007. – 336 с.
22. Кэнфилд Джек, Сикконэ Фрэнк. 101 совет о том, как повысить самооценку и чувство ответственности у школьников. – М.: УРСС, 1997. – 360 с.

23. Лебединцев В. Б. Методика проектирования учебных занятий в разновозрастном коллективе // Школьные технологии. – 2008. – № 2. – С. 99 - 108.
24. Мижериков В. А., Юзефовичус Т. А. Введение в педагогическую деятельность. – М.: Педагогическое общество России, 2005. – 352 с.
25. Морева Н. А. Современная технология учебного занятия. – М.: Просвещение, 2007. – 158 с.
26. Мудрик А. В. Социальная педагогика: Учеб. для студентов пед. вузов / А. В. Мудрик / Под ред. В. А. Сластенина. – М.: Академия, 2007. – 200 с.
27. Научное общество учащихся Дворца детского и юношеского творчества им. А. А. Алексеевой /составитель Субботина О. В. – Череповец: ЦПК УО мэрии, 2002. – 41 с.
28. Немов Р. С. Психология: Учеб. для студентов высш. пед. учеб. заведений: В 3 кн. Кн. 1. Общие основы психологии. – М.: Просвещение: Владос, 1997. – 688 с.
29. Немов Р. С. Психология: Учеб. для студентов высш. пед. учеб. заведений: В 3 кн. Кн. 2. Психология образования. – М.: Просвещение: Владос, 1998. – 608 с.
30. Немов Р. С. Психология: Учеб. для студентов высш. пед. учеб. заведений: В 3 кн. Кн. 3. Психодиагностика. Введение в научное психологическое исследование с элементами математической статистики. – М.: Просвещение: Владос, 1999. – 632 с.
31. Организация научно-исследовательской деятельности: Методическое пособие для учащихся. – Ярославль: Провинциальный колледж, 2003. – 16 с.
32. Педагогические технологии: Учебное пособие для студентов педагогических специальностей / Под общей ред. В.С. Кукушина. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д". Издательский центр «МарТ», 2004. — 336 с. (Серия «Педагогическое образование»)

33. Педагогические технологии: учебное пособие / сост. Т. П. Сальникова. - ное пособие / Г. Ю. Ксензова. - Москва: Педагогическое общество России, 2005. М.: ТЦ Сфера, 2007. - 128 с.

34. Психология подростка. Практикум. Тесты, методики для психологов, педагогов, родителей. / Под ред. члена-корреспондента РАО А.А. Реана (серия «Мэтры психологии»). – СПб.: прайм-ЕВРО-ЗНАК, 2003. – 128 с.

35. Роль диагностики в педагогическом процессе учреждений дополнительного образования. К курсу повышения квалификации специалистов УДО «Актуальные проблемы аттестации». Раздел «Диагностика». – СПб.: Речь, 2001. – 50 с.

36. Рюкбейль Д. А. Экология и мировоззрение. / Авторская программа по экологическому образованию и воспитанию детей среднего школьного возраста. – М.: ИСАР, 1998. – 36 с. 51.
http://www.researcher.ru/methodics/teor/f_1abucy/a_1abuip.html -
 информационный Интернет-портал нового поколения для обеспечения исследовательской деятельности.

Литература, рекомендованная для учителя:

1. Алатырцев А. А., Алексеев А. И., Байков М. А. и др. Под ред.: Солодов А. В. Инженерный справочник по космической технике // Изд.2, перераб. и доп., 1977.

2. Биндель Д., Овчинников М. Ю., Селиванов А. С., Тайль Ш., Хромов О.Е. Наноспутник GRESAT. Общее описание, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 21, 2009

3. Гарбук С. В., Гершензон В. Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, Москва, издательство «А и Б», 1997 г.

4. Иванов Д. С., Ткачев С. С., Карпенко С. О., Овчинников М. Ю. Калибровка датчиков для определения ориентации малого космического аппарата, Препринт Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН No 28, 2010.

5. Иванов Д. С., Карпенко С. О., Овчинников М. Ю., Ролдугин Д. С., Ткачев С. С. Лабораторные испытания алгоритмов управления ориентацией микроспутника 'Чибис-М', Препринт Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН No 40, 2011

6. Краткое пособие для системного инженера, участвующего в проекте создания микроспутника. С. Карпенко, МГТУ им. Баумана, 2003г., http://acs.scanex.ru/Documents/library/summary/prj_ok.doc

7. Карпенко С. О., Овчинников М. Ю. Лабораторный стенд для полунатурной отработки систем ориентации микро- и наноспутников, Препринт Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН No 38, 2008

8. Мирер С.А, Механика космического полета. Орбитальное движение, Москва, Резолит, 2007

9. Малые космические аппараты информационного обеспечения, Под ред. проф. В. Ф. Фатеева, М.: Радиотехника, 2010/ Издательство «Радиотехника».

10. Раушенбах Б. В., Овчинников М. Ю.. Лекции по механике космического полета, М.: МФТИ, 1997, 188с.

11. Овчинников М. Ю. “Малыши” завоевывают мир. В сборнике научно-популярных статей – победителей конкурса РФФИ 2007 года. Выпуск 11 / Под ред. чл.-корр. РАН В. И. Конова. – М.: Изд-во “Октопус”, 2008, с.17-29.

12. Овчинников М. Ю.. Наноспутники и современные проблемы освоения космоса. В кн.: Пространства жизни. К 85-летию академика Б. В. Раушенбаха. М: Наука, 1999, с.172-180.

13. Овчинников М. Ю. Малые спутники и проблемы их ориентации. Современные проблемы прикладной математики. Сборник научно-популярных статей. Под ред. акад. А. А. Петрова. М.: МЗ Пресс, 2005. С.197-231.

14. Овчинников М. Ю., Пеньков В.И., Кирюшкин И. Ю., Немучинский

Р. Б., Ильин А. А., Нохрина Е. Е. Опыт разработки, создания и эксплуатации магнитных систем ориентации малых спутников, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 53, 2002.

15. Овчинников М.Ю., Середницкий А.С., Овчинников А.М. Лабораторный стенд для отработки алгоритмов определения движения по снимкам звездного неба, Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН No 43, 2006.

16. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортескью, Г. Суайнерда, Д.Старка; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 765 с.

17. Space Mission Analysis and Design, Edited by J.R.Wertz, Kluwer Academic Publishers, 2005.

18. Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control, F. Landis Markley and John L. Crassidis, 2014.

19. How Spacecraft Fly, Swinerd, 2008.

20. The Dream Machines A Pictorial History of the Spaceship in Art, Science and Literature, Ron Miller, Krieger Publishing, 1993.

21. International Study on Cost Effective Earth Observation Missions, Rainer Sandau, 2006.

22. Space Modeling and Simulation, Larry B. Rainey, 2004.

23. Small Satellite Missions for Earth Observation, Sandau, et al., 2010.

24. Satellite Technology: An Introduction, Andrew F. Inglis and Arch C. Luther, 1997.

25. The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook, 2nd Ed., Elbert, 2014.

26. The Art of Systems Architecting, 3rd Ed., Maier, 2009.

27. Introduction to the Mechanics of Space Robots, Genta, 2012.

28. Emergence of Pico- and Nanosatellites for Atmospheric Research and Technology Testing, Shiroma/Thakker, 2010.

29. Space Technologies, Materials, Structures, Paton, CRC Press, 2003.

30. Spacecraft Formation Flying, Alfriend et al, 2010.
31. Fundamentals of Space Systems - 2nd Ed., Vincent L. Pisacane and Robert C. Moore, 2005.

Литература, рекомендованная для учащегося:

1. В. В. Белецкий, Очерки о движении космических тел, Изд. ЛКИ, 2009.
2. Илон Маск: Tesla, SpaceX и поиски фантастического будущего, Эшли Вэнс, Олимп-Бизнес, 2015
3. Л. В. Ксанфомалити, Парад планет, Издательство: Наука, 1997
4. Space Mission Engineering: The New SMAD (SME-SMAD), Wertz, Everett and Puschell, 2011
5. The Logic of Microspace, Rick Fleeter, Microcosm/Kluwer, 2000
6. Reducing Space Mission Cost, James R. Wertz and Wiley J. Larson, 1996
7. Small Satellites Past, Present and Future, Helvajian and Janson, 2009
8. Журнал "Новости космонавтики", регулярное российское издание, онлайн-версия; www.novosti-kosmonavtiki.ru

Список интернет-ресурсов

1. YouTube-канал «Твой сектор космоса»: лекции по космонавтике, записи курса «Основы космической техники» в МГТУ им. Н. Э. Баумана
2. Онлайн-курс «Конструирование космической техники»: <https://stepik.org/course/2119>
3. Онлайн-курс «Современная космонавтика»: <https://stepik.org/course/650/>
4. Отсканированные книги по космонавтике «Эпизоды комонавтики» <http://epizodyspace.ru/>
5. Сайт Альфа Центавра с подробностями о запусках КА и ракетносителей: <https://thealphacentauri.net/>
6. Группы ВКонтакте: «Море ясности», «Открытый космос» статьи, видеоролики, переводы зарубежных статей о современной космонавтике.