

Приложение № 55

к приказу

от 21.06.2024 № 30/1-н

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

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

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»**

Составитель:

Бобровский П.П., педагог дополнительного образования высшей категории

Красноярск 2024

Настоящая рабочая программа разработана 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 планом внеурочной деятельности программа дополнительного образования «Радиотехническая лаборатория» изучается в 10 или 11 классах в объеме 4 часов в неделю в течение года обучения, всего 136 часов.

Занятия радиоэлектроникой и радиотехникой являются одним из самых сложных видов технического творчества обучающихся. Они требуют от обучающихся не только углубленных знаний в области физики и математики при занятиях схемотехникой, экспериментальной проверки и отработки на макетах различных электронных схем, но также творческих способностей как конструктора-дизайнера при создании законченных конструкций различных электронных приборов. От обучающихся требуются математические и логические навыки при отладке изготовленных устройств, при выявлении допущенных ошибок при изготовлении электронной платы и монтаже радиокомпонент. Ввиду такой сложности занятий радиотехническим конструированием программа предназначена для обучающихся старших классов общеобразовательных школ.

Актуальность программы заключается в том, что интенсивность технического прогресса в современном мире присутствует во всех технологических и информационно-коммуникационных сферах. Сейчас, практически, невозможно найти сферы деятельности, где бы не применялись радиотехника и электроника. Трудно представить какую-либо отрасль промышленности, строительства, транспорта, а также торговлю и сферу обслуживания без надежной связи и систем управления, без компьютерной техники и радиотехнической охраны. В последнее время наблюдается развитие современных биологических, медицинских и инженерных технологий в области нейробиологии, нейрохирургии и нейроуправления. Радиоэлектроника и радиотехника окружают нас повсюду. Это не только всевозможные аудио и видеосистемы, но также холодильники с электронным управлением, швейные и стиральные машины с программным управлением, электронные средства связи, защиты и сигнализации, нейробиологии и нейрохирургии. Не стоит недооценивать роль радиотехники и электроники в военных областях. Столь плотное окружение электроникой требует знаний потребительских качеств используемой радиотехнической аппаратуры и электронного оборудования, а также даёт возможность понять и изучить принцип действия различных радиоэлектронных устройств. И как следствие открывает перспективу найти себе место либо как специалиста-эксплуатационника всевозможных радиотехнических средств, либо как специалиста-разработчика радиоэлектронной аппаратуры, либо как специалиста, осуществляющего поверку, ремонт и восстановление радиоэлектронной техники.

Важным аспектом программы является её практическая направленность. Программа разработана на основе индивидуально-ориентированного обучения конструкторско-технологического направления, поскольку предполагает работу детей по собственным проектам. Такая постановка вопроса обучения и воспитания позволяет расширить индивидуальное поле деятельности каждого ребенка, усилить его проектно-технологический уклон, одновременно ненавязчиво, направляя этот процесс в нужное русло.

Целью программы являются:

1. Передача обучающимся базовых знаний и основных практических навыков в области любительской и профессиональной радиосвязи для их дальнейшего профессионального самоопределения по военным и гражданским специальностям, связанным с радио и электроникой.

2. Удовлетворение образовательных потребностей и интересов учащихся, расширение кругозора школьников.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи:

1. Используя технические возможности обеспечить максимальное практическое участие обучающихся в учебном процессе.

2. Повышение уровня мотивации к изучению отдельных предметов школьного курса;

3. Углубление знаний учащихся по отдельным темам, относящимся к предметам школьных курсов астрономии, географии, физики, а также приобретения практических навыков в слесарном деле, радиомонтажных работах и др.

Программа реализуется в виде модулей:

- Модуль “Основы радиоэлектроники”
- Модуль “Аналоговая и цифровая электроника” (по выбору)
- Модуль “Основы радиосвязи” (по выбору)
- Модуль “Разработка гаджетов: основы и приложения радиоэлектроники и программирования” (по выбору)

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

В результате занятий у детей могут быть развиты такие личностные качества как целеустремленность, трудолюбие, логическое и творческое мышление.

### **Предметные универсальные учебные действия:**

- различать и определять различные виды электро- и радиотехнических материалов. Определять типы и измерять диаметр обмоточных проводов.
- проводить подготовку, монтаж и демонтаж радиодеталей, проводников, полупроводниковых приборов.

- читать и исполнять простые электрические схемы. Различать структурные и принципиальные схемы радиоприемников. Разрабатывать простую технологическую и техническую документацию.
- рассчитывать параметры электрических цепей. Использовать для практических расчетов закон Ома. Выполнять простые расчеты катушек индуктивности, трансформаторов, дросселей, реактивного сопротивления конденсатора цепи переменного тока.
- различать типы резисторов, конденсаторов, основные типы полупроводниковых приборов, определять их параметры и применять в проектах.
- определять номиналы радиодеталей по цифро-буквенным и цветовым маркировкам.
- определять характеристики источников питания и применять в электронной радиоаппаратуре и приборах. Восстанавливать некоторые источники питания. Создавать и проводить опыты с альтернативными источниками питания. Проектировать собственные источники питания и испытывать их.
- использовать печатные платы, источники вторичного электропитания, пробники и приборы для анализа и контроля эл. схем и радиоэлементов, устройств, содержащих усилители, приборы и игрушки, содержащие генераторы, радиоприемные и радиопередающие устройства.
- различать различные типы радиопередающих и приёмных антенн. Использовать для расчета антенн компьютерные моделировщики MMANA, MMANA-GAL, GAL-ANA.
- конструировать и разрабатывать собственные проекты. Проверять качество и устранять неисправности.

**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 гармонично физического и духовного развития человека в исторических обществах и в современную эпоху;

*в сфере трудового воспитания:*

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

- уважение к труду и результатам трудовой деятельности человека;

- формирование интереса к различным сферам профессиональной деятельности;

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

*в сфере экологического воспитания:*

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

*в понимании ценности научного познания:*

- сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития исторической науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, способствующего осознанию своего места в поликультурном мире;
- осмысление значения истории как знания о развитии человека и общества, о социальном и нравственном опыте предшествующих поколений;
- совершенствование языковой и читательской культуры как средства взаимодействия между людьми и познания мира;
- овладение основными навыками познания и оценки событий прошлого с позиций историзма, готовность к осуществлению учебной проектно-исследовательской деятельности в сфере истории;
- приобщение к истокам культурно-исторического наследия человечества, интерес к его познанию за рамками учебного курса и школьного обучения.

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

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

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

*владение базовыми логическими действиями:*

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

*владение базовыми исследовательскими действиями:*

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

*работа с информацией:*

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

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

*общение:*

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

*осуществление совместной деятельности:*

- осознавать значение совместной деятельности людей как эффективного средства достижения поставленных целей;

- планировать и осуществлять совместную работу, коллективные учебные проекты, в том числе на региональном материале;
- определять свое участие в общей работе и координировать свои действия с другими членами команды;
- проявлять творчество и инициативу в индивидуальной и командной работе;
- оценивать полученные результаты и свой вклад в общую работу;

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

*владение приемами самоорганизации своей учебной и общественной работы:*

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

*владение приемами самоконтроля:*

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

*принятие себя и других:*

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

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Модуль “Основы радиоэлектроники”	68 часов
Модуль “Аналоговая и цифровая электроника” (по выбору)	34 часа
Модуль “Основы радиосвязи” (по выбору)	34 часа
Модуль “Разработка гаджетов: основы и приложения радиоэлектроники и программирования” (по выбору)	34 часа

### Модуль “Основы радиоэлектроники”

#### Раздел 1. Основы электроники – 10 часов.



Задачи курса. Организационные вопросы. Техника безопасности в помещениях коллективных радиостанций, лабораториях и при работе с приборами и инструментами

Электрический ток и напряжение. Постоянный и переменный ток. Сопротивление. Закон Ома

Основные электронные компоненты (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы). Принципы работы, характеристики компонентов, обозначение на схеме.

Измерения в электрических цепях.

Источники питания. Последовательное и параллельное включение источников постоянного тока

## **Раздел 2. Основы антенностроения – 20 часов.**

Что такое антенна. Типы и виды антенн. Назначение антенн. Презентация книги И.Гончаренко «Расчет и моделирование антенн»

Знакомство с моделировщиками антенн MMANA, MMANA-GAL, GAL-ANA, NEC

Выбор модели, работа над собственными моделями антенн.

Фидеры и фидерные линии, питание антенн, согласование антенн

Знакомство с антенным анализатором

Изготовление антенны

## **Раздел 3. Собственные разработки – 20 часов.**

### **ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

№ п/п	Тема	Количество часов
	<b>Основы электроники и схемотехники</b>	<b>10</b>
	Техника безопасности при работе на радиостанции и с электронными приборами	2
	Электрический ток и напряжение. Постоянный и переменный ток. Сопротивление. Закон Ома. Мощность в электрической цепи	2
	Основные электронные компоненты (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы). Принципы работы, характеристики компонентов, обозначение на схеме	2
	Измерения в электрических цепях	2
	Источники питания. Последовательное и параллельное включение источников постоянного тока	2
	<b>Основы антенностроения</b>	<b>22</b>
	Что такое антенна. Типы и виды антенн. Назначение антенн. Презентация книги И.Гончаренко «Расчет и моделирование антенн»	2
	Знакомство с моделировщиками антенн MMANA, MMANA-GAL, GAL-ANA, NEC	4
	Выбор модели, работа над собственными моделями антенн.	4
	Фидеры и фидерные линии, питание антенн, согласование антенн	4
	Знакомство с антенным анализатором	4

	Изготовление антенны	4
	<b>Собственные разработки</b>	<b>30</b>
	<b>Представление проектов</b>	<b>6</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>68</b>

**Модуль “Аналоговая и цифровая электроника”  
Тематическое планирование**

<b>№ п/п</b>	<b>Тема</b>	<b>Количество часов</b>
1	Измерение основных параметров: напряжения тока сопротивления.	2
2	Светодиоды и индикаторы.	1
3	Релейные схемы.	1
4	Базовые электрические схемы на диодах.	1
5	Базовые электрические схемы на транзисторах.	1
6	Мультивибраторы.	1
7	Генераторы.	1
8	Источники питания.	2
9	Практическая реализация схем	7
1	Цифровая схемотехника.	1
1	Логические элементы.	1
1	Устройства на логических элементах.	1
1	Мультиплексоры.	1
1	Дешифраторы.	1
1	Триггеры и элементы памяти.	1
1	Вычислительная цифровая техника.	2
1	ЭВМ	2
1	Практическая реализация схем	7
	<b>Итого</b>	<b>34</b>

**Список практических работ**

1. Реализация простого радиоприемника
2. Реализация простого радиопередатчика
3. Реализация простого блока питания
4. Реализация мультивибратора
5. Реализация игр на логических элементах

**Модуль «Основы радиосвязи»**

<b>№ п/ п</b>	<b>Тема</b>	<b>Количество часов</b>
<b>1</b>	<b>Основы электроники и схемотехники</b>	<b>5</b>

	Техника безопасности при работе на радиостанции и с электронными приборами	1
	Электрический ток и напряжение. Постоянный и переменный ток. Сопротивление. Закон Ома. Мощность в электрической цепи	1
	Основные электронные компоненты (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы). Принципы работы, характеристики компонентов, обозначение на схеме	1
	Измерения в электрических цепях	1
	Источники питания. Последовательное и параллельное включение источников постоянного тока	1
<b>2</b>	<b>Основы любительской радиосвязи</b>	<b>7</b>
	История возникновения радиолюбительства. Кто такие радиолюбители	1
	Фонетический алфавит	1
	Позывной сигнал – «имя» радиостанции	1
	Изучение Q-кода	1
	Радионаблюдения за работой любительских радиостанций	1
	Аппаратный журнал любительской радиостанции. Знакомство с основными программами для ведения журналов	1
	Самостоятельная работа в эфире	1
<b>3</b>	<b>Радиоспорт</b>	<b>5</b>
	Радиоспорт – что это такое	1
	Знакомство с прикладными компьютерными программами для радиоспорта и компьютернымилогами для соревнований	1
	Знакомство с правилами по радиоспорту. Спортивные нормативы. Календарь соревнований.	1
	Наблюдения за работой любительских радиостанций в соревнованиях	1
	Учебные соревнования на КВ и календарные соревнования	1
<b>4</b>	<b>Радиотелеграфия</b>	<b>2</b>
	Телеграфная азбука. История возникновения телеграфа. Применение телеграфа. Телеграфные ключи и их виды	1
	Изучение телеграфной азбуки. Компьютерные программы для изучения телеграфа	1
<b>5</b>	<b>Антенны</b>	<b>6</b>
	Распространение радиоволн	1
	Колебательный контур. Заземление. Детекторный приёмник. Изготовление и настройка детекторного приёмника.	1
	Простые антенны и способы их подключения и согласования	1
	Компьютерное моделирование антенн	1
	Изготовление антенны. Настройка антенны	1
	Измерения параметров антенно-фидерных устройств. Работа с антенными анализаторами.	1
<b>6</b>	<b>Радиопередатчики</b>	<b>5</b>
	Основы радиопередачи. Типы передатчиков и усилителей	1
	Кварцевые резонаторы и генераторы. Генерация сигналов	1
	Знакомство со схемотехникой передатчиков и усилителей	1
	Изготовление простейшего радиомаяка для «Охоты на лис»	1
	Ламповые и транзисторные усилители мощности передатчиков	1
<b>7</b>	<b>Представление проектов и сдача экзамена на радиолюбительскую категорию</b>	<b>4</b>

	Представление проектов	2
	Сдача экзамена на радиолюбительскую категорию	2
	<b>ИТОГО</b>	<b>34</b>

### Модуль “Разработка гаджетов: основы и приложения радиоэлектроники и программирования”

№ п/п	Тема	Количество часов
1.	Получение и обработка информации реального мира. История разработки измерительных систем. Способы обработки информации. Виды измерительных систем. Первичные и вторичные измерения.	2
2.	Виды датчиков и особенности работы с ними. Физические основы работы датчиков. Генераторные датчики. Параметрические датчики. Источники погрешностей измерений.	5
3.	Микроконтроллеры. Виды, назначение, особенности. Существующие платформы микроконтроллерных систем (STM32, ESP32, AVR).	1
4.	Среда разработки для микроконтроллеров. Среда Arduino, µPython. Моделирование как способ разработки.	1
5.	Основы программирование микроконтроллеров. Мигание лампочкой с помощью микроконтроллера.	1
6.	Программирование микроконтроллеров в среде Arduino.	8
7.	Оцифровка сигналов датчиков. Особенности цифровой обработки информации. Аналогово-цифровой преобразователь. Особенности квантования измерений. Выбор частоты дискретизации. Теорема Котельникова.	2
8.	Калибровка датчиков. Способы уменьшения погрешности измерений.	2
9.	Сложные измерительные системы. Сонар, Радар, Лидар, Спутниковая навигация.	2
10.	Программирование микроконтроллеров в среде µPython.	6
11.	Схемотехнические решения при работе с микроконтроллерами. Основы электроники. Закон Ома. Правила Кирхгофа. Путь от макета к изделию.	2
12.	Моделирование устройства на базе микроконтроллера. Внешний вид, понятия эргономичности, практичности, надежности.	2

## ФОРМЫ РАБОТЫ

Формами занятий, предусмотренных программой, является: практические занятия, лекции, контрольные занятия, соревнования, походы, экскурсии, 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 мастерской обучающиеся могут выполнять практическую часть своего индивидуального проекта.

## ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Основная форма контроля – презентация обучающимися результатов своей деятельности в рамках выставок, презентаций, конкурсов.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Рэд Э. Справочник по радиолобительской схемотехнике. «Мир», 1990 г.
2. Рэд Э. Схемотехника радиоприемников». «Мир», 1989 г.
3. Ротхаммель К. Антенны. ДОСААФ, 1975 г.
4. Инструкция о порядке регистрации и эксплуатации любительской радиостанции. Москва, 1986 г.
5. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ компьютерное моделирование. «РадиоСофт» Москва, 2004 г.
6. Радиопередающие устройства. Учебник для ВУЗов, Москва, «Радио и связь», 1990г.
7. «Справочная книга радиолобителя-конструктора» Москва, «Радио и связь»1993г.
8. «Компьютер на коллективной радиостанции», Москва, 2003г.
9. «Монтаж оборудования радиосвязи, радиовещания, телевидения и антенно-фидерных устройств» М.А. Слуцкер Москва «Радио и связь» 1987г.
10. «Энциклопедия юного радиолобителя-конструктора» «солон-р», В.Г. Борисов Москва 2001.
11. Даль Э.Н. Простая электроника для детей. Девять простых проектов с подсветкой, звуками и многое другое / Э. Н. Даль ; под редакцией Ю. П. Батырева ; перевод Ф. Г. Хохлова. - Простая электроника для детей. Девять простых проектов с подсветкой, звуками и многое другое, 2024-01-01. - Электрон. дан. (1 файл)col. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 96 с.
12. Сворень Р.А. Электроника шаг за шагом : Практическая энциклопедия юного радиолобителя / Р. А. Сворень. - Москва : Детская литература, 1986. 431 с.

13. Гололобов В.Н. Электроника для любознательных / СПб.: Наука и Техника. 2018.
14. Ревич Ю.В. Занимательная электроника. 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 672 с.
15. Блум Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 529 с.
16. Михеев В.П., Просандеев А.В. Датчики и детекторы: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007. – 172 с.
17. Петин В.А., Проекты с использованием контроллера Arduino. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015.
18. Спаннер Г. MicroPython для микроконтроллеров. – Elektor, 2021.

### **Дополнительная литература**

1. Иида Ёсикадзу, Ямада Гарэки Занимательная физика. Электрические цепи 2016.
2. Кадзухиро Фудзитаки, Мацуда Занимательная физика. Электричество 2014.
3. Масамори Эндо, Мари Маниси Занимательная физика. Электромагнетизм 2017.
4. MicroPython [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://micropython.org/>
5. Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.>