

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА № 3
ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО ТРУДА В. Я. ЛИТВИНОВА
П.Г.Т. СМЫШЛЯЕВКА МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА ВОЛЖСКИЙ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
443548, Самарская область, п.г.т. Смышляевка, ул. Пионерская, д. 30, тел. 226-17-68

«Утверждаю» «Согласовано» Рассмотрено
Директор ГБОУ СОШ № 3 Зам. директора по УВР на заседании ШМО
п.г.т. Смышляевка Сатдыкова Э. М. № 4 Черненко Е.В.
_____ Трусова О. С. «28» августа 2020 г. «28» августа 2020 г.
«31» августа 2020 г.

**Рабочая программа
элективного курса
Ядерная физика
*11 класс***

2020 год

Пояснительная записка

Элективный курс «Ядерная физика» предназначен учащимся старшей школы, выбравшим естественно-научный, физико-математический профили или проявившим повышенный интерес к изучению физики, химии, биологии, экологии. Данный курс интегрированный, он связан содержательно с курсом физики и математики основной школы. Изучение предлагаемого элективного курса направлено на углубление и обобщение знаний школьников о современной картине мира, основанной на квантовой механике и специальной теории относительности. Именно эти разделы современной физики позволили понять суть структуры материи и использовать эти знания для создания ядерной энергетики, современной квантовой электроники, разработать эффективные методы диагностики и лечения различных заболеваний, сделать много других важных открытий.

Несмотря на то что отдельные вопросы квантовой и ядерной физики и специальной теории относительности изучают в школьном курсе физики, представленной в них информации недостаточно для того, чтобы в должной мере оценить и понять суть происходящих процессов. Полная картина возникает только тогда, когда ядерная физика воспринимается как часть Стандартной модели, в которой интегрировано рассматриваются процессы, происходящие на уровне элементарных частиц, отвечающие за электромагнитные, сильные и слабые взаимодействия, и процессы, происходившие на ранних стадиях развития Вселенной и затем в процессах эволюции звёзд.

Ядерная физика — наука экспериментальная. Методы и приборы для фундаментальных исследований в современной ядерной физике основаны на использовании высоких технологий и нестандартных инженерных решений. В значительной степени это относится и к прикладным исследованиям с применением ядерно-физических методов в радиационной биологии, экологии, химии и медицине. Это продемонстрировано в различных разделах элективного курса на примерах моделей самого современного экспериментального оборудования для фундаментальных и прикладных исследований (циклотрон и установка для синтеза сверхтяжёлых элементов, сверхпроводящий ядерный коллайдер и многоцелевой детектор, импульсный реактор нейтронов, глубоководный детектор для изучения физики нейтрино, ускорительный комплекс для протонной терапии).

Общая характеристика курса.

Предлагаемый элективный курс посвящён рассмотрению таких тем, как элементы квантовой механики и теории относительности в применении к атомной и ядерной физике, различные виды радиоактивности, в том числе и спонтанное деление ядер, свойства и модели атомных ядер, традиционные ядерные реакции и ядерные реакции при энергиях коллайдеров. Рассмотрено происхождение элементов во Вселенной и синтез новых сверхтяжёлых элементов в лабораториях учёных. Часть разделов посвящена ядерной энергетике и прикладным исследованиям в области радиационной биологии, экологии и применению методов ядерной физики в медицине. Значительная часть элективного курса отведена практическим работам, большая часть которых имеет исследовательский характер.

Цель курса: расширение, углубление и обобщение знаний о физических процессах в области ядерной физики, причинах и механизмах их протекания, развитие познавательных интересов и творческих способностей учащихся через практическую направленность обучения физике и интегрирующую роль физики в системе естественных наук.

Задачи курса:

- развитие естественно-научного мировоззрения учащихся;
- развитие приёмов умственной деятельности, познавательных интересов, склонностей и способностей учащихся;
- развитие мотивации учения, формирование потребности в получении новых знаний и применении их на практике;
- расширение, углубление и обобщение знаний по физике, химии, биологии;
- использование межпредметных связей физики с математикой, биологией, химией, историей, экологией, рассмотрение значения этого курса для успешного освоения смежных дисциплин;
- совершенствование экспериментальных умений и навыков в соответствии с требованиями правил техники безопасности;
- рассмотрение связи ядерной физики с жизнью, с важнейшими сферами деятельности человека;
- развитие у учащихся умения самостоятельно работать с дополнительной литературой и другими средствами информации;
- формирование у учащихся умений анализировать, сопоставлять, применять теоретические знания на практике;
- формирование умений по решению экспериментальных и теоретических задач.

Основные идеи курса:

- единство материального мира;
- внутри- и межпредметная интеграция; — взаимосвязь науки и практики;
- взаимосвязь человека и окружающей среды.

Учебно-методическое обеспечение курса включает учебное пособие для учащихся, интернет-ресурс «Виртуальная лаборатория ядерной физики», программу элективного курса и интернет-ресурс с онлайн-версией курса и системой управления учебным процессом на основе системы MOODLE.

Виды деятельности.

Учебное пособие для учащихся обеспечивает содержательную часть курса. Содержание пособия разбито на параграфы, включает дидактический материал (вопросы, упражнения, задачи, домашний эксперимент), практические работы.

На занятиях по данному курсу учащиеся углубляют свои знания о ядерной физике, современной картине мира, приборах и методах фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики.

В результате изучения курса расширяется мировоззрение учащихся, развивается их познавательный интерес, интеллектуальные и творческие способности, формируются предметные, общеучебные и специфические умения и навыки школьников.

Курс насыщен *экспериментальным материалом*: демонстрационным экспериментом, практическими работами на базе виртуальной интернетлаборатории. По желанию учителя некоторые практические работы можно перевести в разряд исследовательских.

Использование в учебном процессе практических работ способствует мотивации для обобщения учебного материала, расширяет возможности индивидуального и дифференцированного подходов к обучению, повышает творческую активность учащихся, расширяет их кругозор. Включение таких работ в элективный курс прививает школьникам исследовательский подход к выполнению практических работ, помогает овладевать доступными для учащихся научными методами исследования, формирует и развивает творческое мышление, повышает интерес к познанию физических явлений и их закономерностей. Данные практические работы связаны с определением не только качественных, но и количественных характеристик. Систематическое выполнение количественных экспериментальных задач развивает у учащихся аккуратность, способствует выработке навыков точной количественной оценки результатов эксперимента.

Каждая практическая работа включает краткие теоретические сведения и экспериментальную часть. Работы выполняются индивидуально или в группах по 3–4 человека. Выполнение исследований требует предварительной подготовки: перед проведением эксперимента учитель работает отдельно с каждой группой учащихся. Элективный курс допускает использование (по усмотрению учителя) любых современных образовательных технологий, различных организационных форм обучения: лекций, семинаров, бесед, практических и лабораторных работ, исследовательских работ, конференций.

В качестве основной организационной формы проведения занятий предлагаются лекционно-семинарское занятия, на которых даётся объяснение теоретического материала и решаются задачи по данной теме. Для повышения интереса к теоретическим вопросам и закрепления изученного материала предусмотрены демонстрационные опыты и лабораторный практикум.

Формами контроля за усвоением материала могут служить отчёты по практическим работам, самостоятельные творческие работы, тесты, итоговые учебно-исследовательские проекты. Итоговое занятие проходит в виде научно-практической конференции или круглого стола, на котором заслушиваются доклады учащихся по выбранной теме исследования, которые могут быть представлены в форме реферата или отчёта по исследовательской работе.

Содержание курса

Введение (2 ч)

Излучение абсолютно чёрного тела и квантовая гипотеза Планка, открытие Дж. Дж. Томсоном электрона. Открытие рентгеновского излучения.

Открытие А. А. Беккерелем радиоактивности. Опыты Пьера и Марии Кюри. Создание А. Эйнштейном специальной теории относительности. Взаимосвязь между массой и энергией. Главная формула XX в.: $E=mc^2$.

Эксперимент Э. Резерфорда по открытию «планетарной» модели атомного ядра.

Квантование энергии и модель Н. Бора.

Последствия этих открытий для создания квантовой механики и ядерной физики как

основы технического прогресса человечества в XX и XXI вв., создания картины микро- и макрокосмоса на основе Стандартной модели.

Тема 1. Квантовый мир атомов и молекул (3 ч)

Модель атома Бора и линейчатые спектры. Квантование энергии.

Волны материи Л. де Броиля. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах. Фотоэффект и эффект Комптона.

Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волновая функция и её вероятностная интерпретация. Квантовый эффект туннелирования.

Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип запрета Паули. Электронные оболочки атомов и Периодический закон Менделеева.

Молекулы. Спектры атомов и молекул.

Тема 2. Масса и энергия в релятивистской теории (4 ч)

Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразования Галилея и Лоренца. Инвариантность интервала.

Масса в классической механике и теории относительности. Преобразования Лоренца для импульса и энергии. Масса — релятивистский инвариант. Связь энергии и массы покоя $E_0 = mc^2$. Примеры перехода массы в энергию и энергии в массу. Дефект массы и энергия связи ядер.

Массы и энергия составных систем. Релятивистская кинематика и законы сохранения энергии и импульса.

Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (4 ч)

Основные свойства атомных ядер: состав, размер, форма, заряд, масса ядра, энергия связи.

Изотопы. Границы стабильности атомных ядер.

Спин протона и нейтрона. Угловой момент ядра.

Ядерные силы. Классическая протон-нейtronная модель ядра. Ядерные модели: ферми-газ, капельная, оболочечная и обобщённая модель ядра.

Короткодействующие нуклонные корреляции в ядрах и кумулятивный ядерный эффект.

Радиоактивность. Виды радиоактивности: а-, б-, г-распад, спонтанное деление.

Границы стабильности атомных ядер. Закон радиоактивного распада.

Период полураспада. Активность радиоактивного источника.

Качественные и расчётные задачи.

Математический практикум «Статистический характер радиоактивного распада».

Тема 4. Ядерные реакции (2 ч)

Ядерные превращения в экспериментах Резерфорда. Открытие протона и нейтрона.

Реакции деления ядер. Цепная ядерная реакция. Термоядерные реакции. Подпороговые реакции. Рождение антипротонов. Изучение структуры протонов и ядер в пучках электронов.

Качественные и расчётные задачи.

Тема 5. Происхождение элементов во Вселенной (4 ч)

Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель. Большой взрыв. Атомы водорода и легчайших элементов. Синтез элементов в звёздах. Взрывы сверхновых звёзд и нейтронные звёзды.

Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (2 ч)

Трансуранные и трансфермиевые элементы. «Остров стабильности» и синтез новых сверхтяжёлых элементов. Лаборатория ядерных реакций имени академика Г. Н. Флёрова. Модель циклотрона и детектора для регистрации сверхтяжёлых элементов. Как

регистрируют сверхтяжёлые элементы.

Тема 7. Ускорители и коллайдеры (4 ч)

Принципы работы линейных и циклических ускорителей. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном поле. В. И. Векслер: принцип автофазировки. А. М. Будкер: идея электронного охлаждения и

первые встречные кольца. Большой адронный коллайдер (LHC) в Европе и коллайдер релятивистских ядер (RHIC). Модель ускорительного комплекса НИКА — российского коллайдера тяжёлых ионов.

Тема 8. Исследование столкновений релятивистских ядер (3 ч)

Что происходит при столкновениях релятивистских ядер. Детекторы для регистрации продуктов ядерных реакций. Основные характеристики реакций. Триггер для отбора событий. Время-проекционная камера.

Электромагнитный калориметр, силиконовые детекторы для определения вершины взаимодействия.

Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества (3 ч)

Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества. Ядерные реакторы. Природные ядерные реакторы.

Решение качественных и расчётных задач.

Интерактивная модель ядерного реактора.

Тема 10. Ядерная физика и медицина (3 ч)

Ядерная физика и медицина. Модель ускорительного комплекса для протонной радиотерапии.

Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (3 ч)

Ядерные исследования с нейтронами. Свойства нейтронных пучков.

Модель исследовательского импульсного реактора на быстрых нейтронах ИБР-2.

Применение нейтронного активационного анализа в экологии.

Ядерная планетология. Поиск воды на Марсе при помощи источника нейтронов.

Тема 12. Радиобиология (3 ч)

Что изучает радиобиология. Состав космического излучения и его воздействие на живые организмы. Пилотируемые полёты в космос и радиационные риски. Астробиология.

Моделирование радиационных повреждений клеток в среде GEANT.

Тема 13. Взаимодействие излучения с веществом (3 ч)

Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом.

Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (3 ч)

Различные типы детекторов: газовый, фотоэмulsionи, пузырьковая камера, сцинтилляционный, полупроводниковый, детектор на основе микроканальных пластин.

Съём сигнала с детектора. Энергетические и время-пролётные спектры. Современные методы съёма и оцифровки информации.

Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» (4ч)

Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (4 ч)

Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (4 ч)

Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (4 ч)

Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (4 ч)

Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных

повреждений клетки в среде GEANT (4 ч)

Тематическое планирование

Курс рассчитан на 35/70 ч (1 или 2 ч в неделю).

Тема	Основное содержание	Кол-во часов
Введение (2 ч)		
Великие открытия конца XIX — начала XX в	Излучение абсолютно чёрного тела и квантовая гипотеза Планка, открытие Дж. Дж. Томсоном электрона. Открытие рентгеновского излучения. Открытие А. А. Беккерелем радиоактивности. Опыты Пьера и Марии Кюри. Создание А. Эйнштейном специальной теории относительности. Взаимосвязь между массой и энергией. Главная формула ХХ в.: $E0 = mc2$. Эксперимент Э. Резерфорда по открытию «планетарной» модели атомного ядра. Квантование энергии и модель Н. Бора. Последствия этих открытий для создания квантовой механики и ядерной физики как основы технического прогресса человечества в XX и XXI вв., создания картины микро- и макрокосмоса на основе Стандартной модели.	2
Тема 1. Квантовый мир атомов и молекул (3 ч)		
Основные принципы квантовой механики	Модель атома Бора и линейчатые спектры. Квантование энергии. Волны материи Л. де-Броиля. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах. Фотоэффект и эффект Комптона. Принцип неопределенности Гейзенberга	1
Уравнение Шредингера. Понятие волновой функции. Квантовое туннелирование	Уравнение Шредингера. Волновая функция и её вероятностная интерпретация. Квантовый эффект туннелирования	1
Квантование углового момента. Сpin электрона. Принцип запрета Паули. Молекулы. Спектры атомов и молекул	Квантование углового момента. Сpin электрона. Принцип запрета Паули. Электронные оболочки атомов и Периодический закон Менделеева. Молекулы. Спектры атомов и молекул	1
Тема 2. Масса и энергия в релятивистской теории (4 ч)		
Основные постулаты специальной теории относительности	Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразование Галилея и Лоренца. Инвариантность интервала	2
Масса, энергия, импульс в релятивистской физике	Масса в классической механике и теории относительности. Преобразования Лоренца для импульса и энергии. Масса — релятивистский инвариант. Связь энергии и массы покоя $E0 = mc2$. Примеры перехода массы в энергию и энергии в массу. Дефект массы и энергия связи ядер. Массы и энергия составных систем. Релятивистская кинематика и законы сохранения энергии и	2

	импульса. Примеры физических процессов. <i>Решение задач</i>	
Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (4 ч)		
Основные свойства атомных ядер	Основные свойства атомных ядер: состав, размер, форма, заряд, масса ядра, энергия связи. Изотопы. Границы стабильности атомных ядер. Спин протона и нейтрона. Угловой момент ядра	1
Ядерные модели	Ядерные силы. Классическая протон-нейтронная модель ядра. Ядерные модели: ферми-газ, капельная, оболочечная и обобщённая модель ядра. Короткодействующие нуклонные корреляции в ядрах и кумулятивный ядерный эффект	1
Радиоактивность. Виды радиоактивности	Радиоактивность. Виды радиоактивности: а-, б-, г-распад, спонтанное деление. Границы стабильности атомных ядер. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность радиоактивного источника. <i>Качественные и расчётные задачи.</i> <i>Математический практикум «Статистический характер радиоактивного распада»</i>	2
Тема 4. Ядерные реакции (4 ч)		
Ядерные реакции	Ядерные превращения в экспериментах Резерфорда. Открытие протона и нейтрона. Реакции деления ядер. Цепная ядерная реакция. Термоядерные реакции	2
Примеры ядерных реакций	Подпороговые реакции. Рождение антiproтонов. Изучение структуры протонов и ядер в пучках электронов. <i>Качественные и расчётные задачи</i>	2
Тема 5. Происхождение элементов во Вселенной (4 ч)		
От большого взрыва до атома водорода	Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель. Большой взрыв. Атомы водорода и легчайших элементов	2
Синтез элементов в звёздах	Синтез элементов в звёздах. Взрывы сверхновых звёзд и нейтронные звёзды	2
Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (2 ч)		
Синтез новых сверхтяжёлых элементов	Трансурановые и трансфермиеевые элементы. «Остров стабильности» и синтез новых сверхтяжёлых элементов. Лаборатория ядерных реакций имени академика Г. Н. Флёрова. Модель циклотрона и детектора для регистрации сверхтяжёлых элементов. Как регистрируют сверхтяжёлые элементы	2
Тема 7. Ускорители и коллайдеры (4 ч)		
Ускорители, принципы их работы	Принципы работы линейных и циклических ускорителей. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. В. И. Векслер: принцип автофазировки. А. М. Будкер: идея электронного охлаждения и первые встречные кольца	2
Современные коллайдеры протонов и ядер	Большой адронный коллайдер (LHC) в Европе и коллайдер релятивистских ядер (RHIC). Модель ускорительного комплекса НИКА — российского коллайдера тяжёлых ионов	2

Тема 8. Исследование столкновений релятивистских ядер (3 ч)		
Столкновения ядер при высоких энергиях и их регистрация	Что происходит при столкновениях релятивистских ядер. Детекторы для регистрации продуктов ядерных реакций. Основные характеристики реакций. Триггер для отбора событий. Время-проекционная камера. Электромагнитный калориметр, силиконовые детекторы для определения вершины взаимодействия	3
Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества (3 ч)		
Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества	Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества. Ядерные реакторы. Природные ядерные реакторы. Решение качественных и расчётных задач. Интерактивная модель ядерного реактора	3
Тема 10. Ядерная физика и медицина (3 ч)		
Ядерная физика и медицина	Ядерная физика и медицина. Модель ускорительного комплекса для протонной радиотерапии	3
Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (3 ч)		
Ядерная физика с нейтронами	Ядерные исследования с нейтронами. Свойства нейтронных пучков. Модель исследовательского импульсного реактора на быстрых нейтронах ИБР-2. Применение нейтронного активационного анализа в экологии. Ядерная планетология. Поиск воды на Марсе при помощи источника нейтронов	3
Тема 12. Радиобиология (3 ч)		
Радиобиология	Что изучает радиобиология. Состав космического излучения и его воздействие на живые организмы. Пилотируемые полёты в космос и радиационные риски. Астробиология. Моделирование радиационных повреждений клеток в среде GEANT	3
Тема 13. Взаимодействие излучения с веществом (3 ч)		
Взаимодействие заряженных частиц с веществом	Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом	3
Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (3 ч)		
Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов	Различные типы детекторов: газовый, фотоэмulsionь, пузырьковая камера, сцинтилляционный, полупроводниковый, детектор на основе микроканальных пластин. Съём сигнала с детектора. Энергетические и время-пролётные спектры. Современные методы съёма и оцифровки информации	3
Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторами» (4ч)		
Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторами»	Обработка полученных результатов и оформление работы	4
Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (4 ч)		
Проведение виртуальной	Обработка полученных результатов и оформление работы	4

<i>лабораторной работы «Сцинтиляционный телескоп для изучения космических лучей»</i>		
Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (4 ч)		
<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»</i>	Обработка полученных результатов и оформление работы	4
Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (4 ч)		
<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»</i>	Обработка полученных результатов и оформление работы	4
Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (4 ч)		
<i>Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT</i>	Обработка полученных результатов и оформление работы	4
Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT (4 ч)		
<i>Проведение математического практикума по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT</i>	Обработка полученных результатов и оформление работы	4

Планируемые результаты освоения курса

В результате изучения элективного курса на уровне среднего общего образования у учащихся будут сформированы следующие **предметные результаты**.

Учащийся научится:

- раскрывать на примерах роль ядерной физики в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности человека, взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;
- объяснять и анализировать роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологии, в практической деятельности людей;
- характеризовать взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;
- понимать и объяснять целостность физической теории, различать границы её применимости и место в ряду других физических теорий;
- владеть приёмами построения теоретических доказательств, а также прогнозирования особенностей протекания физических явлений и процессов на основе полученных теоретических выводов и доказательств;
- самостоятельно планировать и проводить физические эксперименты;
- решать практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой как на известные физические законы, закономерности и модели, так и на тексты с избыточной информацией;
- объяснять границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач;
- выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов;— объяснять принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств;
- объяснять условия применения физических моделей при решении физических задач, находить адекватную предложенной в задаче физическую модель, разрешать проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки.

Учащийся получит возможность научиться:

- описывать и анализировать полученную в результате проведённых физических экспериментов информацию, определять её достоверность;
- понимать и объяснять системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, время, материя (вещество, поле), движение, сила, энергия;
- решать экспериментальные, качественные и количественные задачи олимпиадного уровня сложности, используя физические законы, а также уравнения, связывающие физические величины;
- анализировать границы применимости физических законов, понимать всеобщий характер фундаментальных законов и ограниченность использования частных законов;
- формулировать и решать новые задачи, возникающие в ходе учебноисследовательской и проектной деятельности;
- усовершенствовать приборы и методы исследования в соответствии с поставленной задачей;
- использовать методы математического моделирования, в том числе простейшие статистические методы, для обработки результатов эксперимента.