

государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Самарской области средняя  
общеобразовательная школа №3 городского округа Чапаевск Самарской области

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>«РАССМОТРЕНО»<br/>на заседании МО<br/>учителей точных дисциплин<br/>протокол № 1<br/>от «20»_08_2020 г<br/>руководитель <u>Л.В.Быкова</u><br/>Л.В.Быкова</p> | <p>«ПРОВЕРЕНО»<br/>заместитель директора по<br/>УВР<br/><u>Н.Н.Рачейская</u> / Н.Н.Рачейская<br/>«20»_08_2020 г</p> | <p>«УТВЕРЖДАЮ»<br/>директор ГБОУ СОШ №3<br/>г.о. Чапаевск<br/><u>Е.А.Кочеткова</u> / Е.А.Кочеткова<br/>приказ № 28-од<br/>от «20»_08_2020 г</p> |
|---|---|---|

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА»**  
**10 КЛАСС**

2020-2021 гг.

## Пояснительная записка

Программа элективного курса по физике составлена на основе авторской программы Ю.А. Панебратцева. (Сборник примерных рабочих программ. Элективные курсы для С23 профильной школы : учеб. пособие для общеобразоват. организаций / [Н. В. Антипова и др.]. — М. : Просвещение, 2019. — 187 с.— (Профильная школа).)

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 интегрированно 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.

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 организаци-онных форм обучения: лекций, семинаров, бесед, практических и лабораторных работ, исследовательских работ, конференций.

В качестве основной организационной формы проведения занятий предлагаются лекционно-семинарские 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 (1/2 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.:  $E_0 = mc^2$ .

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 (3/3 ч)

Модель атома Бора и линейчатые спектры. Квантование энергии. Волны материи Л. де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах. Фотоэффект и эффект Комптона. Принцип неопределённости 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. Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразования Галилея и Лоренца. Инвариантность интервала.

Масса и энергия в релятивистской теории.(2 ч)

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 (3/4 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-нейтронная модель ядра. Ядерные модели: ферми-газ, капельная, оболочечная и обобщённая модель ядра.

Короткодействующие нуклонные корреляции в ядрах и кумулятивный ядерный эффект.

Радиоактивность. Виды радиоактивности:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -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 (2/2 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 (2/4 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 сверхтяжелых элементов.(1 ч.)

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

## Тема 7. Ускорители и коллайдеры (2/4 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 (1/3 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 (1/3 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 (1/3 ч)

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

## Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (1/3 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 (1/3 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 (1/3 ч)

Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом.

#### Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (1/3 ч)

Различные типы детекторов: газовый, фотоэмульсии, 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» (2/4 ч)

Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (2/4 ч)

Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (2/4 ч)

Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (2/4 ч)

Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (2/4 ч)

Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT (2/4 ч).

## Тематическое планирование

*Курс рассчитан на 35/70 ч (1 или 2 ч в неделю). Итоговое занятие проходит в форме научно-практической конференции.*

Предлагаемое тематическое планирование — примерное, так же как и распределение часов на прохождение материала и проведение практикума. Автор оставляет за учителем право изменять содержательное наполнение уроков, а также корректировать демонстрационный и лабораторный эксперимент, исходя из возможностей образовательного учреждения.

| Тема              | Основное содержание | Количество |    |
|-------------------|---------------------|------------|----|
|                   |                     | 35         | 70 |
| Введение (1 /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 XX в.:<br>$E_0 = mc^2$ .<br>Эксперимент Э. Резерфорда по открытию планетарной модели атом- | 1 | 2 |
|---|---|---|---|

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

|                                      |  |   |   |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Основные принципы квантовой механики | Модель атома Бора и линейчатые спектры. Квантование энергии. Волны материи Л. де-Бройля. | 1 | 1 |
|--------------------------------------|--|---|---|

| Тема  | Основное содержание   | Количество часов |    |
|---|---|------------------|----|
|   |   | 35               | 70 |
|   | электронов на кристаллах. Фотоэффект и эффект Комптона. Принцип неопределённости Гейзенберга            |                  |    |
| Уравнение Шредингера. Понятие волновой функции. Квантовое тунелирование | Уравнение Шредингера. Волновая функция и её вероятностная интерпретация. Квантовый эффект тунелирования | 1                | 1  |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип Паули    | Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип запрета Паули. Электронные оболочки атомов и Периодический закон Менделеева. Молекулы. Спектры атомов и молекул  | 1 | 1 |
| <b>Тема 2. Масса и энергия в релятивистской теории (2/4 ч)</b> |  |   |   |
| Основные постулаты специальной теории относительности          | Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразование Галилея и Лоренца. Инвариантность интервала  | 1 | 2 |
| Масса, энергия, импульс в релятивистской физике                | Масса в классической механике и теории относительности. Преобразование 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. Примеры физических процессов.<br><i>Решение задач</i> | 1 | 2 |

| Тема  | Основное содержание   | Количество часов |    |
|---|---|------------------|----|
|   |   | 35               | 70 |
| <b>Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (3/4 ч)</b> |   |                  |    |
| 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                | 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                | 1  |
| Радиоактивность. Виды радиоактивности                 | Радиоактивность. Виды радиоактивности: $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -распад, спонтанное деление. Границы стабильности атомных ядер. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность радиоактивного источника. <i>Качественные и расчётные задачи. Математический практикум «Статистический характер радиоактивного распада»</i> | 1                | 2  |
| <b>Тема 4. Ядерные реакции (2/4 ч)</b>                |   |                  |    |
| Ядерные реакции                                       | Ядерные превращения в экспериментах Резерфорда. Открытие протона и нейтрона. Реакции деления ядер. Цепная ядерная реакция. Термоядерные реакции   | 1                | 2  |
| Примеры ядерных реакций                               | Подпороговые реакции. Рождение антипротонов. Изучение структуры   | 1                | 2  |

| Тема  | Основное содержание   | Количество часов |    |
|---|---|------------------|----|
|   |   | 35               | 70 |
|   | протонов и ядер в пучках электронов. <i>Качественные и расчётные задачи</i>   |                  |    |
| <b>Тема 5. Происхождение элементов во Вселенной (2/4 ч)</b> |   |                  |    |
| От большого взрыва до атома водорода                        | Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель. Большой взрыв. Атомы водорода и легчайших элементов   | 1                | 2  |
| Синтез элементов в звёздах                                  | Синтез элементов в звёздах. Взрывы сверхновых звёзд и нейтронные звёзды   | 1                | 2  |
| <b>Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (1/2 ч)</b>  |   |                  |    |
| Синтез новых сверхтяжёлых элементов                         | Трансурановые 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 | 1                | 2  |
| <b>Тема 7. Ускорители и коллайдеры (2/4 ч)</b>              |   |                  |    |
| 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  | 1                | 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   | 1                | 2  |

| Тема  | Основное содержание   | Количество часов |    |
|---|---|------------------|----|
|   |   | 35               | 70 |
| <b>Тема 8. Исследование столкновений релятивистских ядер (1/3 ч)</b>        |   |                  |    |
| 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, кремниевые детекторы для определения вершины взаимодействия | 1                | 3  |
| <b>Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества 1/3 ч)</b> |   |                  |    |
| Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества                       | Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества. Ядерные реакторы. Природные ядерные реакторы.<br><i>Решение качественных и расчётных задач. Интерактивная модель ядерного реактора</i>   | 1                | 3  |
| <b>Тема 10. Ядерная физика и медицина (1/3 ч)</b>                           |   |                  |    |
| Ядерная физика и медицина   | Ядерная физика и медицина. Модель ускорительного комплекса для протонной радиотерапии   | 1                | 3  |
| <b>Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (1/3 ч)</b>                         |   |                  |    |
| 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                | 1                | 3  |

| Тема   | Основное содержание   | Количество часов |    |
|--|---|------------------|----|
|  |   | 35               | 70 |
| <b>Тема 12. Радиобиология (1/3 ч)</b>  |   |                  |    |
| 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  | 1                | 3  |
| <b>Тема 13. Взаимодействие излучения с веществом (1/3 ч)</b>                               |   |                  |    |
| Взаимодействие заряженных частиц с веществом   | Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом  | 1                | 3  |
| <b>Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (1/3 ч)</b>                        |   |                  |    |
| Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов  | Различные типы детекторов: газовый, фотоэмульсии, пузырьковая камера, сцинтилляционный, полупроводниковый, детектор на основе микроканальных пластин. Съём сигнала с детектора. Энергетические и время-пролётные спектры. Современные методы съёма и оцифровки информации | 1                | 3  |
| <b>Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» (2/4 ч)</b>   |   |                  |    |
| <i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»</i> | Обработка полученных результатов и оформление работы  | 2                | 4  |

| Тема  | Основное содержание                                  | Количество часов |    |
|---|--|------------------|----|
|   |  | 35               | 70 |
| <b>Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (2/4 ч)</b>      |  |                  |    |
| <i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей»</i>    | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2                | 4  |
| <b>Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (2/4 ч)</b>   |  |                  |    |
| <i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»</i>   | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2                | 4  |
| <b>Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (2/4 ч)</b>  |  |                  |    |
| <i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»</i>                                     | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2                | 4  |
| <b>Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (2/4 ч)</b>                |  |                  |    |
| <i>Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT</i>                    | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2                | 4  |
| <b>Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT (2/4 ч)</b> |  |                  |    |
| <i>Проведение математического прак-</i>   | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2                | 4  |

| Тема   | Основное содержание | Количество часов |    |
|--|---------------------|------------------|----|
|  |                     | 35               | 70 |
| <i>тикума по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT</i> |                     |                  |    |

### 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.

### Средства обучения и воспитания

- Компьютерный класс.
- Интерактивная доска.
- Интернет-ресурсы.
- Мультимедийный проектор.
- Видеофильмы.

### *Список литературы*

1. *Окунь Л. Б.* Элементарное введение в физику элементарных частиц / Л. Б. Окунь. — М.: Наука, 1985.
2. *Эйнштейн А.* Эволюция физики / А. Эйнштейн, Л. Инфельд. —