**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**‌****Комитет по образованию города Барнаула‌**​

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение**

**«Средняя общеобразовательная школа №89 с углубленным изучением отдельных предметов»**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| РАССМОТРЕНО  руководитель МО  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  И.А.Мамонтова  Протокол №1 от «27» августа 2024 г. | СОГЛАСОВАНО  Зам.директора по УВР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  О.Н.Летягина  от «28» августа 2024 г. | УТВЕРЖДЕНО  Приказ №01-08/203  от «29» августа 2024г. |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**внеурочного курса по физике**

**«ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА»**

**9 класс**

Составитель:

*Мамонтова Ирина Александровна*,

учитель физики

**Барнаул 2024**

**2. Пояснительная записка**

Рабочая программа внеурочного курса по физике «Ядерная физика» для 9класса составлена на основе программы элективного курса «Ядерная физика» автора Ю. А. Панебратцев из сборника примерных рабочих программ. Элективные курсы для профильной школы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций /[Н. В. Антипова и др.]. — М.: Просвещение, 2019., Положения о рабочей программе МБОУ «СОШ №89».

Элективный курс «Ядерная физика» предназначен учащимся старшей школы, выбравшим естественно-научный, физико-математический про- фили или проявившим повышенный интерес к изучению физики, хи- мии, биологии, экологии. Данный курс интегрированный, он связан со- держательно с курсом физики и математики основной школы. Изучение предлагаемого элективного курса направлено на углубление и обобщение знаний школьников о современной картине мира, основанной на кван- товой механике и специальной теории относительности. Именно эти раз- делы 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 физи- ки, 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 рассматрива- ются процессы, происходящие на уровне элементарных частиц, отвечаю- щие за электромагнитные, сильные и слабые взаимодействия, и процес- сы, 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 ре- шений. В значительной степени это относится и к прикладным исследо- ваниям с применением ядерно-физических методов в радиационной био- логии, экологии, химии и медицине. Это продемонстрировано в различ- ных разделах элективного курса на примерах моделей самого современного экспериментального оборудования для фундаментальных и прикладных исследований (циклотрон и установка для синтеза сверхтяжёлых элемен- тов, сверхпроводящий ядерный коллайдер и многоцелевой детектор, им- пульсный реактор нейтронов, глубоководный детектор для изучения фи- зики нейтрино, ускорительный комплекс для протонной терапии).

**Общая характеристика курса.** Предлагаемый элективный курс по- свящён 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 происхожде- ние 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 рабо- там, бóльшая часть которых имеет исследовательский характер.

**2.1 Цель и задачи учебного курса.**

**Цель курса:** расширение, углубление и обобщение знаний о физиче- ских процессах в области ядерной физики, причинах и механизмах их протекания, развитие познавательных интересов и творческих способно- стей 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 интере- сов, 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, био- логии;
* использование межпредметных связей физики с математикой, биоло- гией, химией, историей, экологией, рассмотрение значения этого кур- са для успешного освоения смежных дисциплин;
* совершенствование экспериментальных умений и навыков в соответ- ствии с требованиями правил техники безопасности;
* рассмотрение связи ядерной физики с жизнью, с важнейшими сфера- ми деятельности человека;
* развитие у учащихся умения самостоятельно работать с дополнитель- ной литературой и другими средствами информации;
* формирование у учащихся умений анализировать, сопоставлять, при- менять теоретические знания на практике;
* формирование умений по решению экспериментальных и теоретиче- ских задач.

**Основные идеи курса:**

* единство материального мира;
* внутри- и межпредметная интеграция;

взаимосвязь науки и практики;

* взаимосвязь человека и окружающей среды.

**2.2. Общая характеристика учебного 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 происхожде- ние 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 рабо- там, бóльшая часть которых имеет исследовательский характер.

Предлагаемое тематическое планирование — примерное, так же как и распределение времени по темам. Авторы оставляют за учителем право вносить изменения в распределение часов на прохождение материала и проведение практикума, изменять содержательное наполнение уроков, а также корректировать демонстрационный и лабораторный эксперимент, исходя из возможностей образовательной организации.

**2.3. Описание места учебного курса в учебном плане.**

Элективный курс «Ядерная физика» предназначен для учащихся 9 класса, для тех, кто проявил повышенный интерес к изучению физики и математики. Курс рассчитан на 35/70 ч (1 или 2 ч в неделю).

**3. Планируемые результаты освоения учебного 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 со- временной научной картины мира и в практической деятельности че- ловека, взаимосвязь между физикой и другими естественными наука- ми;
* объяснять и анализировать роль и место физики в формировании со- временной научной картины мира, в развитии современной техники и технологии, в практической деятельности людей;
* характеризовать взаимосвязь между физикой и другими естественны- ми науками;
* понимать и объяснять целостность физической теории, различать гра- ницы 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 доказа- тельств;
* самостоятельно планировать и проводить физические эксперименты;
* решать практико-ориентированные качественные и расчётные физиче- ские задачи с опорой как на известные физические законы, законо- мерности 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 фи- зических задач, находить адекватную предложенной в задаче физиче- скую 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 фи- зических 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 ис- пользования частных законов;
* формулировать и решать новые задачи, возникающие в ходе учебно- исследовательской 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 экспе- римента.

**4. Содержание курса**

**Введение (1/2 ч)**

Излучение абсолютно чёрного тела и квантовая гипотеза Планка, от- крытие Дж. Дж. Томсоном электрона. Открытие рентгеновского излучения. Открытие А. А. Беккерелем радиоактивности. Опыты Пьера и Марии Кю- ри. Создание А. Эйнштейном специальной теории относительности. Взаи- мосвязь между массой и энергией. Главная формула XX в.: *E*0 = *mc*2.

Эксперимент Э. Резерфорда по открытию «планетарной» модели атом- ного ядра. Квантование энергии и модель Н. Бора.

Последствия этих открытий для создания квантовой механики и ядер- ной физики как основы технического прогресса человечества в XX и

XXI вв., создания картины микро- и макрокосмоса на основе Стандарт- ной 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. Ди- фракция электронов на кристаллах. Фотоэффект и эффект Комптона. Принцип неопределённости Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волно- вая функция и её вероятностная интерпретация. Квантовый эффект тун- нелирования.

Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип запрета Паули. Электронные оболочки атомов и Периодический закон Менде- леева.

Молекулы. Спектры атомов и молекул.

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

Основные постулаты специальной теории относительности. Преобра- зования Галилея и Лоренца. Инвариантность интервала.

Масса в классической механике и теории относительности. Преобра- зования Лоренца для импульса и энергии. Масса — релятивистский ин- вариант. Связь энергии и массы покоя *E*0 = *mc*2. Примеры перехода мас- сы в энергию и энергии в массу. Дефект массы и энергия связи ядер. Массы и энергия составных систем. Релятивистская кинематика и зако- ны 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. Ядер- ные модели: ферми-газ, капельная, оболочечная и обобщённая модель ядра.

Короткодействующие нуклонные корреляции в ядрах и кумулятивный ядерный эффект.

Радиоактивность. Виды радиоактивности: a-, b-, g-распад, спонтанное

деление.

Границы стабильности атомных ядер. Закон радиоактивного распада.

Период полураспада. Активность радиоактивного источника.

*Качественные и расчётные задачи.*

*Математический практикум* «*Статистический характер радиоак- тивного распада*»*.*

**Тема 4. Ядерные реакции (2/2 ч)**

Ядерные превращения в экспериментах Резерфорда. Открытие прото- на и нейтрона. Реакции деления ядер. Цепная ядерная реакция. Термо- ядерные реакции. Подпороговые реакции. Рождение антипротонов. Изу- чение 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 звёз- дах. Взрывы сверхновых звёзд и нейтронные звёзды.

**Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (1/2 ч)**

Трансурановые и трансфермиевые элементы. «Остров стабильности» и синтез новых сверхтяжёлых элементов. Лаборатория ядерных реакций имени академика Г. Н. Флёрова. Модель циклотрона и детектора для ре- гистрации сверхтяжёлых элементов. Как регистрируют сверхтяжёлые эле- менты.

**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 ком- плекса 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 воз- действие на живые организмы. Пилотируемые полёты в космос и радиа- ционные 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 веще- ством.

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

Различные типы детекторов: газовый, фотоэмульсии, пузырьковая ка- мера, сцинтилляционный, полупроводниковый, детектор на основе ми- кроканальных пластин. Съём сигнала с детектора. Энергетические и вре- мя-пролётные спектры. Современные методы съёма и оцифровки инфор- мации.

**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)**

**4. Содержание учебного предмета**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Количество**  **часов** | **Название раздела** |
|  | 1/2 | Введение |
| 1 | 3/3 | Квантовый мир атомов и молекул |
| 2 | 2/4 | Масса и энергия в релятивистской теории |
| 3 | 3/4 | Атомные ядра и радиоактивность |
| 4 | 2/2 | Ядерные реакции |
| 5 | 2/4 | Происхождение элементов во Вселенной |
| 6 | 1/2 | Синтез новых сверхтяжёлых элементов |
| 7 | 2/4 | Ускорители и коллайдеры |
| 8 | 1/3 | Исследование столкновений релятивистских ядер |
| 9 | 1/3 | Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества |
| 10 | 1/3 | Ядерная физика и медицина |
| 11 | 1/3 | Ядерная физика с нейтронами |
| 12 | 1/3 | Радиобиология |
| 13 | 1/3 | Взаимодействие излучения с веществом |
| 14 | 1/3 | Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов |
| 15 | 2/4 | Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» |
| 16 | 2/4 | Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» |
| 17 | 2/4 | Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии |
| 18 | 2/4 | Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер |
| 19 | 2/4 | Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT |
| 20 | 1/2 | Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT |
| итого | 34/68 |  |

**Тематическое планирование**

*Курс рассчитан на 34/68 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 практику- ма. Автор оставляет за учителем право изменять содержательное напол- нение уроков, а также корректировать демонстрационный и лаборатор- ный эксперимент, исходя из возможностей образовательного учреждения.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Основное содержание** | **Количество часов** | |
| **35** | **70** |
| **Введение (1/2 ч)** | | | |
| Великие открытия конца XIX — нача- ла XX в. | Излучение абсолютно чёрного тела и квантовая гипотеза Планка, откры- тие Дж. Дж. Томсоном электрона.  Открытие рентгеновского излучения. Открытие А. А. Беккерелем радиоак- тивности. Опыты Пьера и Марии Кюри. Создание А. Эйнштейном специальной теории относительно- сти. Взаимосвязь между массой и энергией. Главная формула XX в.:  *E*0 = *mc*2.  Эксперимент Э. Резерфорда по от- крытию планетарной модели атом- ного ядра. Квантование энергии и модель Н. Бора. Последствия этих открытий для создания квантовой механики и ядерной физики как ос- новы технического прогресса челове- чества в XX и XXI вв., создания картины микро- и макрокосмоса на основе Стандартной модели | 1 | 2 |
| **Тема 1. Квантовый мир атомов и молекул (3/3 ч)** | | | |
| Основные принци- пы квантовой меха- ники | Модель атома Бора и линейчатые спектры. Квантование энергии. Вол- ны материи Л. де-Бройля. Корпуску- лярно-волновой дуализм. Дифракция | 1 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Основное содержание** | **Количество часов** | |
| **35** | **70** |
|  | электронов на кристаллах. Фотоэф- фект и эффект Комптона. Принцип неопределённости Гейзенберга |  |  |
| Уравнение Шредин- гера. Понятие вол- новой функции.  Квантовое тунелли- рование | Уравнение Шредингера. Волновая функция и её вероятностная интер- претация. Квантовый эффект тунне- лирования | 1 | 1 |
| Квантование угло- вого момента. Спин электрона. Принцип Паули | Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип запрета Паули. Электронные оболочки ато- мов и Периодический закон Менде- леева.  Молекулы. Спектры атомов и моле- кул | 1 | 1 |
| **Тема 2. Масса и энергия в релятивистской теории (2/4 ч)** | | | |
| Основные постула- ты специальной те- ории относительно- сти | Основные постулаты специальной теории относительности. Преобразо- вание Галилея и Лоренца. Инвари- антность интервала | 1 | 2 |
| Масса, энергия, импульс в реляти- вистской физике | Масса в классической механике и теории относительности. Преобразо- вания 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 зако- ны сохранения энергии и импульса. Примеры физических процессов.  *Решение задач* | 1 | 2 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Основное содержание** | **Количество часов** | |
| **35** | **70** |
| **Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (3/4 ч)** | | | |
| Основные свойства атомных ядер | Основные свойства атомных ядер: состав, размер, форма, заряд, масса ядра, энергия связи. Изотопы. Гра- ницы стабильности атомных ядер. Спин протона и нейтрона. Угловой момент ядра | 1 | 1 |
| Ядерные модели | Ядерные силы. Классическая про- тон-нейтронная модель ядра. Ядер- ные модели: ферми-газ, капельная, оболочечная и обобщённая модель ядра.  Короткодействующие нуклонные корреляции в ядрах и кумулятивный ядерный эффект | 1 | 1 |
| Радиоактивность. Виды радиоактив- ности | Радиоактивность. Виды радиоактив- ности: a-, b-, g-распад, спонтанное деление.  Границы стабильности атомных ядер. Закон радиоактивного распада. Пери- од полураспада. Активность радиоак- тивного источника.  *Качественные и расчётные задачи. Математический практикум*  *«Статистический характер радио- активного распада»* | 1 | 2 |
| **Тема 4. Ядерные реакции (2/4 ч)** | | | |
| Ядерные реакции | Ядерные превращения в экспери- ментах Резерфорда. Открытие прото- на и нейтрона. Реакции деления ядер. Цепная ядерная реакция. Тер- моядерные 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.  *Качественные и расчётные задачи* |  |  |
| **Тема 5. Происхождение элементов во Вселенной (2/4 ч)** | | | |
| От большого взрыва до атома водорода | Фундаментальные взаимодействия. Стандартная модель. Большой взрыв. Атомы водорода и легчайших эле- ментов | 1 | 2 |
| Синтез элементов в звёздах | Синтез элементов в звёздах. Взрывы сверхновых звёзд и нейтронные звёзды | 1 | 2 |
| **Тема 6. Синтез новых сверхтяжёлых элементов (1/2 ч)** | | | |
| Синтез новых сверхтяжёлых эле- ментов | Трансурановые и трансфермиевые элементы. «Остров стабильности» и синтез новых сверхтяжёлых элемен- тов. Лаборатория ядерных реакций имени академика Г. Н. Флёрова.  Модель циклотрона и детектора для регистрации сверхтяжёлых элемен- тов. Как регистрируют сверхтяжёлые элементы | 1 | 2 |
| **Тема 7. Ускорители и коллайдеры (2/4 ч)** | | | |
| Ускорители, прин- ципы их работы | Принципы работы линейных и ци- клических ускорителей. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. В. И. Векслер: принцип автофазировки. А. М. Буд- кер: идея электронного охлаждения и первые встречные кольца | 1 | 2 |
| Современные кол- лайдеры протонов и ядер | Большой адронный коллайдер (LHC) в Европе и коллайдер релятивист- ских ядер (RHIC). Модель ускори- тельного комплекса НИКА — рос- сийского коллайдера тяжёлых ионов | 1 | 2 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Основное содержание** | **Количество часов** | |
| **35** | **70** |
| **Тема 8. Исследование столкновений релятивистских ядер (1/3 ч)** | | | |
| Столкновения ядер при высоких энер- гиях и их регистра- ция | Что происходит при столкновениях релятивистских ядер. Детекторы для регистрации продуктов ядерных ре- акций. Основные характеристики реакций. Триггер для отбора собы- тий. Время-проекционная камера. Электромагнитный калориметр, си- ликоновые детекторы для определе- ния вершины взаимодействия | 1 | 3 |
| **Тема 9. Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества 1/3 ч)** | | | |
| Ядерная энергетика и глобальные проблемы человече- ства | Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества. Ядерные ре- акторы. Природные ядерные реакто- ры.  *Решение качественных и расчёт- ных задач. Интерактивная модель ядерного реактора* | 1 | 3 |
| **Тема 10. Ядерная физика и медицина (1/3 ч)** | | | |
| Ядерная физика и медицина | Ядерная физика и медицина. Мо- дель ускорительного комплекса для протонной радиотерапии | 1 | 3 |
| **Тема 11. Ядерная физика с нейтронами (1/3 ч)** | | | |
| Ядерная физика с нейтронами | Ядерные исследования с нейтрона- ми. Свойства нейтронных пучков. Модель исследовательского импульс- ного 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** |
| **Тема 12. Радиобиология (1/3 ч)** | | | |
| Радиобиология | Что изучает радиобиология. Состав космического излучения и его воз- действие на живые организмы. Пи- лотируемые полёты в космос и ра- диационные риски. Астробиоло- гия.  Моделирование радиационных по- вреждений клеток в среде GEANT | 1 | 3 |
| **Тема 13. Взаимодействие излучения с веществом (1/3 ч)** | | | |
| Взаимодействие за- ряженных частиц с веществом | Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом | 1 | 3 |
| **Тема 14. Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов (1/3 ч)** | | | |
| Детекторы заряжен- ных частиц и гам- ма-квантов | Различные типы детекторов: газо- вый, фотоэмульсии, пузырьковая ка- мера, сцинтилляционный, полупро- водниковый, детектор на основе ми- кроканальных пластин. Съём  сигнала с детектора. Энергетические и время-пролётные спектры. Совре- менные методы съёма и оцифровки информации | 1 | 3 |
| **Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» (2/4 ч)** | | | |
| *Проведение вирту- альной лаборатор- ной работы «Осно- вы измерения сиг- налов с детекторов»* | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2 | 4 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Основное содержание** | **Количество часов** | |
| **35** | **70** |
| **Тема 16. Виртуальная лаборатория «Сцинтилляционный телескоп для изучения космических лучей» (2/4 ч)** | | | |
| *Проведение вирту- альной лаборатор- ной работы*  *«Сцинтилляцион- ный телескоп для изучения космиче- ских лучей»* | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2 | 4 |
| **Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (2/4 ч)** | | | |
| *Проведение вирту- альной лаборатор- ной работы «Гам- ма-спектроскопия»* | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2 | 4 |
| **Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (2/4 ч)** | | | |
| *Проведение вирту- альной лаборатор- ной работы «Спон- танное деление ядер»* | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2 | 4 |
| **Тема 19. Математический практикум по обработке результатов измерений в среде ROOT (2/4 ч)** | | | |
| *Проведение мате- матического прак- тикума по обра- ботке результатов измерений в среде ROOT* | Обработка полученных результатов и оформление работы | 2 | 4 |
| **Тема 20. Математический практикум по моделированию радиационных повреждений клетки в среде GEANT (2/4 ч)** | | | |
| *Проведение мате- матического прак-* | Обработка полученных результатов и оформление работы | 1 | 2 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тема** | **Основное содержание** | **Количество часов** | |
| **34** | **68** |
| *тикума по модели- рованию радиаци- онных повреждений клетки в среде GEANT* |  |  |  |

**6. Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения образовательной деятельности.**

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. — М.: Наука, 1965.

**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.