

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа № 16»  
Чистопольского муниципального района Республики Татарстан

Рассмотрено  
на заседании ШМО  
\_\_\_\_\_ Смирнова Т.А./  
протокол № 1  
от \_\_\_.08.2021 г.

Согласовано  
Заместитель директора  
МБОУ «СОШ №16»  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/  
«\_\_» августа 2021г.

Утверждаю  
Директор МБОУ «СОШ №16»  
\_\_\_\_\_/И.А. Коновалова/  
Приказ № \_\_\_\_\_  
от «\_\_» августа 2021 г.

**Рабочая программа  
учебного курса по выбору  
«Ядерная физика»  
для 11 класса  
Самсоновой Татьяны Анатольевны**

2021– 2022 учебный год

## **Пояснительная записка**

Курс по выбору «Ядерная физика» разработан на основе учебного пособия для общеобразовательных организаций М. А. Панебратцева «Элективные курсы для профильной школы» Москва «Просвещение» 2018г.

Данный курс интегрированный, он связан содержательно с курсом физики и математики основной школы. Изучение предлагаемого курса направлено на 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 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 курс по выбору 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.

**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.

### **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 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 эксперимента.

## **Содержание курса**

### **Введение (1 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.:  $E0 = mc2$ . 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.

### **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 (2 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  $E0 = mc2$ . 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 импульса.

### **Тема 3. Атомные ядра и радиоактивность (3 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: 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 (2 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 (1 ч)**

Трансуранные и трансфермийевые 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 (2 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 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 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 ч)**

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

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

Взаимодействие заряженных частиц, фотонов и электронов с веществом.

#### **Тема 14. Детекторы заряженных частиц**

##### **и гамма-квантов (1 ч)**

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.

#### **Тема 15. Виртуальная лаборатория «Основы измерения сигналов с детекторов» (2 ч)**

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

#### **Тема 17. Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии (2 ч)**

#### **Тема 18. Виртуальная лаборатория спонтанного деления ядер (2 ч)**

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

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

## Календарно- тематическое планирование.

№ урока (сквозная нумерация)	Раздел, тема	Количе ство часов	Дата проведен ия по плану	Дата проведен ия по факту
1	Великие открытия конца XIX — начала XX в.	1	1.09	
2	Основные принципы квантовой механики	1	8.09	
3	Уравнение Шредингера. Понятие волновой функции. Квантовое туннелирование	1	15.09	
4	Квантование углового момента. Спин электрона. Принцип Паули	1	22.09	
5	Основные постулаты специальной теории относительности	1	29.09	
6	Масса, энергия, импульс в релятивистской физике	1	6.10	
7	Основные свойства атомных ядер	1	13.10	
8	Ядерные модели	1	20.10	
9	Радиоактивность. Виды радиоактивности	1	27.10	
10	Ядерные реакции	1	10.11	
11	Примеры ядерных реакций	1	17.11	
12	От большого взрыва до атома водорода	1	24.11	
13	Синтез элементов в звёздах	1	1.12	
14	Синтез новых сверхтяжёлых элементов	1	8.12	
15	Ускорители, принципы их работы	1	15.12	
16	Современные коллайдеры протонов и ядер	1	22.12	
17	Столкновения ядер при высоких энергиях и их регистрация	1	12.01	
18	Ядерная энергетика и глобальные проблемы человечества	1	19.01	
19	Ядерная физика и медицина	1	26.01	
20	Ядерная физика с нейtronами	1	2.02	
21	Радиобиология	1	9.02	
22	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	1	16.02	
23	Детекторы заряженных частиц и гамма-квантов	1	23.02	
24	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	1	2.03	
25	Проведение виртуальной лабораторной работы «Основы измерения сигналов с детекторов»	1	9.03	
26	Проведение виртуальной лабораторной работы	1	16.03	

	<i>«Сцинтиляционный телескоп для изучения космических лучей»</i>			
27	<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Сцинтиляционный телескоп для изучения космических лучей»</i>	1	23.03	
28	<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»</i>	1	6.04	
29	<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Гамма-спектроскопия»</i>	1	13.04	
30	<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»</i>	1	20.04	
31	<i>Проведение виртуальной лабораторной работы «Спонтанное деление ядер»</i>	1	27.04	
32	<i>Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT</i>	1	4.05	
33	<i>Проведение математического практикума по обработке результатов измерений в среде ROOT</i>	1	11.05	
34	Заключительное занятие	1	18.05	

### **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. — 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.